نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی
سال سیزدهم | شماره پنجاه و یکم | پاییز ۱۴۰۱
وصول: ۱۴۰۰/۰۵/۰۴ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۷
صص ۱۹۷-۱۸۳

بهینه‌یابی فرم سایبان برای بازشوهای خانه‌های سنتی شهر خرم‌آباد با استفاده از نرم‌افزار Ecotect Analysis (نمونه موردی: خانه کشفی)

حسین ناصری*[۱]، زهرا امینی فارسانی[۲]
۱- کارشناسی ارشد مهندسی معماری، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول
۲- استادیار و عضو هیئت علمی گروه آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان

چکیده

مصرف بالای انرژی، یکی از دغدغه‌های مهم جهانی در دهه‌های گذشته بوده است. ازآن‌جا که یکی از محورهای نیل به توسعه پایدار، بهینه سازی مصرف انرژی می‌باشد، ارائه راهکارهایی دراین زمینه، به ویژه در بخش ساختمان و مسکن، از اهمیت فراوانی برخوردار است. درحال حاضر استفاده از سایبان‌ها، یکی از روش‌های متداول برای بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان و ایجاد شرایط آسایش محیطی می‌باشد. پژوهش حاضر، با هدف دست‌یابی به آسایش حرارتی در محیط‌های مسکونی، به بهینه‌یابی فرم سایبان برای بازشوها، نه فقط برای مواقع خاص، بلکه برای استفاده در تمام طول سال پرداخته است. جامعه آماری پژوهش حاضر، خانه‌های سنتی دورهٔ قاجار در شهر خرم‌آباد است که از بین این بناها، خانه کشفی به عنوان نمونه مورد بررسی قرار گرفته است. نوآوری پژوهش حاضر، بهره‌گیری از اطلاعات اقلیمی در کنار دانش معماری در جهت فرم‌یابی بهینه سایبان در جهت دست‌یابی به آسایش حرارتی است. برای رسیدن به فرم بهینه سایبان برای بازشوها، با استفاده از تحلیل اطلاعات دمایی شهر خرم‌آباد در بازه زمانی دوازده سال و برای ساعات مختلف، تقویم نیاز به سایه و آفتاب این شهر برای تمامی طول سال به دست آمد. با شبیه‌سازی سه بعدی خانه کشفی در نرم‌افزار Ecotect Analysis و وارد نمودن اطلاعات جغرافیایی و آب و هوایی شهر خرم‌آباد به وسیله نرم‌افزار Element، نقاب سایه بازشوها در هر طبقه به دست آمد. که در نهایت با انطباق نقاب سایه بازشوها با تقویم نیاز به سایه و آفتاب بر روی نمودار مسیر حرکت خورشید، محدوده‌ای که توسط سایبان مورد طراحی باید پوشش داده شود مشخص شد. در نهایت سایبانی را برای بازشوهای این بنا بر اساس بررسی اطلاعات دمایی دوازده ساله طراحی کرده که نه تنها برای مواقع مشخصی از سال پوشش دهنده و تأمین کننده آسایش حرارتی بنا باشد، بلکه درتمامی طول سال بر اساس نیازهای حرارتی عمل کند و آسایش ساکنان را مرتفع نماید.

کلید واژه‌ها: آسایش حرارتی، سایبان، اکوتکت، خرم‌آباد.

* نویسنده مسئول: ۰۹۹۱۰۴۳۰۹۵۸ Email: hosein.n.aseri@jsu.ac.ir

مقدمه

هنر و معماری هر کشور پیوندی استوار، ثابت و ناگسستنی با فرهنگ، جغرافیا و نیازهای زمان آن کشور دارد. آن‌چنان که هر تغییری در شیوهٔ زندگی و جامعه منجر به تغییراتی مشابه در هنر و معماری جامعه می‌گردد و این تغییرات نیاز به معماری پویا و زنده‌ای دارد که بتواند نیازهای جدید انسان را پاسخگو باشد. در این میان به دلیل شرایط خاص آب و هوای ایران، تأثیر اقلیم بر فرهنگ و متعاقباً بر معماری مسئله‌ای است که بارها به آن پرداخته شده‌است. درجه حرارت از دیرباز به عنوان تأثیرگذارترین عنصر اقلیمی در ویژگی‌های معماری ساختمان‌های مسکونی بوده و ریخت شناسی بسیاری از اجزاء معماری ایران تابعی از عملکرد آن‌ها در دست‌یابی به منطقه آسایش است (حیدری و برزگر، ۱۳۹٦).

منظور از شرایط آسایش، مجموعه شرایطی است که از نظر حرارتی برای ۸۰ درصد از افراد مناسب باشد، یا به عبارت دیگر انسان در آن شرایط احساس گرما و سرما نکند. حالت خنثی بودن حرارتی نیز شرایطی است که ارگانیسم انسانی می‌تواند حرارت خود را به بهترین شکل موجود حفظ کند، بدون اینکه دچار کمبود یا مازاد انرژی شود. در شکل‌گیری شرایط آسایش انسان از دیدگاه اقلیمی چهار عنصر دما، رطوبت، باد و تابش نقش عمده‌ای دارند. در این عناصر دما و رطوبت تأثیر بیشتری بر سلامت و راحتی انسان دارند و به همین دلیل بیشتر مدل‌ها و شاخص‌های سنجش آسایش انسان بر این دو عنصر استوار شده است (شبانکاری و همکاران، ۱۳۹۵).

امروزه تلاش زیادی به منظور کاهش مصرف انرژی و بهبود شرایط آسایش درساختمان‌ها صورت می‌گیرد. یکی از عوامل مهم برای بهبود بهره‌وری انرژی ساختمان و ایجاد شرایط آسایش، به خصوص در شرایط آب‌وهوایی متنوع ایران با داشتن شرایط اقلیمی مختلف و نواحی با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد، کنترل تابش خورشید است (grynning et al, 2014). در جریان بحران انرژی و توجه مجامع جهانی به مصرف بهینه‌ی انرژی، به‌خصوص در ساختمان‌ها، جداره‌های خارجی بناها تبدیل به یکی از مهم‌ترین بخش‌های جالب توجه در روند طراحی شد (هود و همکاران، ۱۳۹۷). امروزه یکی از وظایف اصلی جداره‌های خارجی بناها، تعیین میزان انتقال حرارت و جریان هوا بین محیط داخلی و خارجی است (هود و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به اینکه پنجره‌های قرار گرفته در جداره‌های خارجی بنا، تنها بخش در ساختمان است که به طور مستقیم می‌تواند تابش خورشید را وارد فضا کند؛ بنابراین استفاده از سایبان، جهت کنترل نفوذ نور طبیعی و گرمای خورشید به داخل فضا ضروری است (grynning et al, 2014). از این‌رو در شرایطی که بحران کمبود انرژی و توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر مورد توجه جامعه جهانی قرار گرفته است و با توجه به تأثیر استفاده از سایبان در آسایش حرارتی و بصری ساکنین، می‌توان در معماری امروز از آن بهره گرفت تا قدمی در جهت کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در راستای معماری همساز بااقلیم برداشت (مهدوی‌نیا و وهابی، ۱٤۰۰). اساساً برای دست‌یابی به آسایش گرمایی در داخل ساختمان باید کارکرد قسمت‌های باز و بستهٔ جدار آن را با دقت تمام هماهنگ کرد و در مواقع نیاز به سایه از افزایش دمای هوای داخل، جلوگیری به عمل آورد. بنابراین هدف اساسی از طراحی سایبان‌ها متناسب نمودن آن‌ها با مواقع نیاز به سایه و آفتاب در هر منطقه خواهد بود، به گونه‌ای که در مواقع نیاز به سایه مانع نفوذ مستقیم اشعه خورشید به داخل اتاق شد و در مواقع نیاز به آفتاب اجازه ورود این اشعه را به داخل اتاق بدهیم (نادری، ۱۳۷۹).

به هر تقدیر، با وجود همهٔ این مسائل، امروزه باید در حداقل فضای ممکن خانه‌هایی ساخته شود که نیاز آسایش انسان را در تمام فصول سال برآورده سازد. شاید احداث خانه‌هایی که با حداقل انرژی فسیلی آسایش انسان را در فصول مختلف فراهم آورد، کار چندان مشکلی نباشد. بهترین الگوی این گونه خانه‌ها در معماری سنتی کشور ما یافت می‌شود. از آن‌جا که در عمل، رفع نیاز به سایه، در ارتباط با راحتی گرمایی سالیانه مطرح است، طراحی سایبان پنجره و نورگیر برای یک لحظهٔ معین کافی نیست و باید مشکل نیاز به سایه روی پنجره و نورگیر را برای همهٔ مواقع سال حل کرد (رازجویان، ۱۳۹۳).

پژوهش حاضر به دنبال پاسخ‌گویی به این پرسش است که: چگونه می‌توان از طریق اطلاعات آب و هوایی هر شهر، به فرم بهینه سایبان برای بازشوهای بناهای آن شهر دست

یافت؟ لذا پژوهش حاضر با هدف بهینه‌یابی فرم سایبان برای بازشوها، با به دست آوردن تقویم نیاز سایه و آفتاب شهر خرم‌آباد از طریق ترسیم نمودارهای میانگین نوسان دمای هوا در بازه زمانی دوازده سال، به یافتن فرم بهینه سایبان برای خانه‌های تاریخی این شهر پرداخته که از میان این بناها، خانه کشفی به عنوان نمونه، مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که نوآوری پژوهش حاضر، بهره‌گیری از اطلاعات اقلیمی در کنار دانش معماری، همچنین بهره‌گیری از نرم‌افزارهای تخصصی تحلیلی در جهت فرم‌یابی بهینه سایبان در جهت دست‌یابی به آسایش حرارتی است.

پیشینه پژوهش

در مقالات و پژوهش‌های مختلفی به بررسی آسایش حرارتی در اقلیم‌های مختلف و چگونگی برقراری شرایط آسایش به وسیله عناصر موجود در بنا و عناصر الحاقی پرداخته شده است. در ادامه به برخی از این پژوهش‌ها که در نگارش این مقاله از آن‌ها بهره گرفته شده، اشاره شده است: کامیابی و همکاران (۱۳۹٦) در کتاب کاربرد شاخص‌های آسایش حرارتی در طراحی معماری، به ارائه نکات و مباحث لازم برای طراحی معماری بر اساس شاخص‌های آسایش حرارتی پرداخته‌اند. رازجویان (۱۳۹۳) در کتاب آسایش در پناه معماری همساز با اقلیم، در فصول مختلف به بررسی شیوه‌های تبادل حرارت بدن انسان با محیط اطراف یا عناصر اقلیمی، شاخص‌های آسایش، روش ترسیم تقویم نیاز اقلیمی و موارد استفاده از آن، نقاب سایه و روش ترسیم آن و همچنین ترسیم سایبان الگو پرداخته است. کسمایی(۱۳۹٤) در کتاب اقلیم و معماری، در ابتدا به معرفی عناصر مؤثر بر شرایط آسایش و تعاریف اولیه آن‌ها پرداخته و انواع آن‌ها را توضیح داده است؛ در ادامه تأثیر هرکدام از این عوامل بر بدن انسان و ایجاد تعادل حرارتی بین بدن انسان و محیط پیرامون را شرح داده ؛ سپس تأثیر هر یک از این عوامل بر منطقه آسایش را مورد ارزیابی قرار داده است. در ادامه به بررسی انرژی تابشی خورشید و تابش حاصل از آن بر انواع سطوح تخت و شیب‌دار و همچنین مقاومت حرارتی و ظرفیت حرارتی مصالح مورد استفاده در جداره‌های بنا پرداخته است. همچنین در زمینه شرایط آسایش اقلیمی انواع روش‌های ایجاد شرایط آسایش در اقلیم‌های مختلف را شرح داده است. شبانکاری و همکاران (۱۳۹۵) در مقالهٔ ارزیابی شاخص‌های زیست اقلیمی مؤثر بر آسایش انسان مطالعه موردی منطقه آزاد اروند، آسایش یا عدم آسایش انسان در منطقهٔ آزاد اروند را بر اساس مدل‌ها و شاخص‌های زیست اقلیمی بیکر، ترجونگ، دمای مؤثر، اقلیم توریستی(TCI)، نظر متوسط پیش‌بینی شده(PMV)، و دمای معادل فیزیولوژیک(PET) با استفاده از داده‌های آماری ٦۰ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۰) ایستگاه هواشناسی آبادان مورد بررسی قرار داده و بیشترین زمان برای انجام فعالیت‌های محیط و گردشگری در این شهر را تعیین کردند. صبوری و رحیمی (۱۳۹٦) در مقالهٔ تحلیل زمانی آسایش اقلیمی شهرها با رویکرد کاهش مصرف انرژی مطالعهٔ موردی شهرهای تهران، تبریز، اصفهان، شیراز، یزد و بندرعباس، با استفاده از روش تحلیل اطلاعات آماری اقلیمی شهرها بر مبنای استاندارد اشری ۵۵-۲۰۰٤، ضمن معرفی آسایش حرارتی و تدابیر انرژی، بهترین تدابیر انرژی را بر اساس ویژگی‌های اقلیمی برای شهرهای مورد مطالعه معرفی کرده‌اند. طاهباز و همکاران (۱۳۹۵) در مقالهٔ ارزیابی آسایش حرارتی در کلاس درس در اقلیم گرم و خشک مطالعات میدانی دبستان دخترانه در شهر کاشان، آسایش حرارتی دانش‌آموزان دختر پایه ابتدایی ۱۱-۱۰ سال در دو کلاس درس مدرسه‌ای در شهر کاشان ارزیابی کرده‌اند. ارزیابی شامل دو بخش کمی و کیفی، شامل استفاده همزمان از پرسش‌نامه و اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی بوده است؛ سپس با مقایسهٔ نتایج حاصل از تحلیل با استانداردهای آسایش حرارتی از جمله اشری ۵۵ و ایزو ۷۷۳۰ به این نتیجه دست یافته که احساس حرارتی دانش آموزان متفاوت از بزرگسالان بوده و با استانداردهای متداول قابل ارزیابی نیست. پورجعفر و همکاران (۱۳۹٦) در مقالهٔ نقش و تأثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری بررسی موردی طراحی پیاده راه طمقاچی‌ها در کاشان، به بررسی میزان تأثیرگذاری عناصر الحاقی نما، سایبان و پوشش سطوح آب به عنوان پر کاربردترین ابزار طراحی مؤثر بر کیفیت آسایش حرارتی عابرین پیاده در نواحی گرم و خشک پرداخته‌اند. حیدری و برزگر در مقالهٔ بررسی نقش عمق و سایه ورودی خانه‌های سنتی در تأمین آسایش حرارتی بیرونی نمونه موردی بافت

قدیم شیراز، با هدف تأمین آسایش حرارتی بیشتر ورودی‌های بنا، به بررسی رابطهٔ این پارامتر در ورودی خانه‌های سنتی شیراز با کمک تکنیک‌های سایه‌اندازی و عمق ورودی پرداخته‌اند. هود و همکاران (۱۳۹۷) در مقالهٔ استقراریابی بهینه سایبان‌های نماهای دوپوسته با هدف دست‌یابی به آسایش حرارتی در اقلیم گرم، پیکره‌بندی‌های مختلف نمای دو پوسته را در اقلیم کیش مورد بررسی قرار داده‌اند؛ نویسندگان در این پژوهش با استفاده از شبیه‌سازی در نرم‌افزار فلوئنت و روش‌های کمی و تحلیل‌های عددی به این نتیجه دست یافته که مناسب‌ترین محل برای استقراریابی ابزار سایه‌انداز، در فضای داخلی و پشت نمای دوپوسته است. محمدی و آیت‌اللهی (۱۳۹۰) در مقالهٔ طراحی سایبان الگو در بوشهر، با استفاده از داده‌های کمی ده ساله و نقاب سایه الگی، سایبان الگویی را برای پنجره‌های جبهه‌های مختلف یک ساختمان در بوشهر طراحی کرده‌اند. نادری (۱۳۷۹) در مقالهٔ طراحی اقلیمی پنجره‌های ساختمان، به بررسی مهم‌ترین اهداف طراحی اقلیمی در شهر کرمان پرداخته است؛ بدین صورت که این طراحی اقلیمی بتواند ضمن هماهنگی با محیط پیرامون خود و بهره‌گیری هر چه بیشتر از نیروهای طبیعی موجود در محل، حتی الامکان محیط طبیعی مناسبی برای استفاده کنندگان ایجاد نماید. اصغری و همکاران (۱۳۹۷) در مقالهٔ بررسی تأثیر سایبان و عایق گرمایی بر بار سرمایشی ساختمان اداری در سه اقلیم گرم و مرطوب، معتدل و سرد، با استفاده از شبیه‌سازی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر، تأثیر سایبان بر بار سرمایشی را در سه شهر تهران، تبریز و اهواز مورد بررسی قرار داده که در نهایت این نتیجه به دست آمده که برای شهر تهران و اهواز استفاده از عایق گرمایی با ضخامت های متفاوت و برای شهر تبریز استفاده از سایبان با عمق‌های مختلف ارجحیت دارد. حقانی و همکاران (۱۳۹۶) در مقالهٔ بررسی تأثیر سایبان‌های کرکره‌ای در صرفه‌جویی در مصرف انرژی ساختمان‌های اداری تهران، از طریق شبیه‌سازی کرکره بر روی پنجره در چهار جهت اصلی و در حالت‌های مختلف کرکره، میزان بار سالانه و مقدار خیرگی فضا را به دست آورده‌اند؛ در نهایت به این نتیجه رسیده که وجود کرکره تأثیر بسزایی بر بار کل فضا و همچنین میزان خیرگی فضا در مقایسه با حالت بدون کرکره دارد. همچنین در این زمینه چندین مقاله خارجی نیز نگاشته شده که می‌توان به مقالات زیر اشاره کرد: ژو و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله‌ای به طراحی بهینه سایبان برای ساختمان‌های منطقه کوهستانی چیبا در فلات تبت پرداخته که در این پژوهش از نرم افزار اکوتکت برای تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری پژوهش استفاده شده است. در پژوهشی دیگر لین و همکاران (۲۰۲۰) به طراحی سایبان بر اساس مکانیزم چرخش دستی پره‌های سایبان از طریق طناب متصل به پره‌ها پرداخته‌اند. در این پژوهش، در نهایت طرح بهینهٔ سایبان برای کنترل دمای فضاهای داخل بنا ارائه شده است. بورگ و هین (۲۰۲۱) در پژوهشی دیگر با تحلیل آب و هوای منطقهٔ جغرافیایی مورد نظر، سایبانی با قابلیت عدم نفوذ نور خورشید جهت انطباق با شرایط اقلیمی طراحی کرده‌اند.

با توجه به موضوعات بررسی شده در این زمینه، می‌توان به این جمع‌بندی رسید که اکثر این پژوهش‌ها صرفاً در فاز مطالعاتی می‌باشند و در نهایت به ارائهٔ راهکار یا نتیجه کلی دست یافته‌اند و کمتر پژوهشی به طراحی و دستاوردی برای دست‌یابی به شرایط آسایشی در فصول مختلف گرم و سرد سال ختم شده است، لذا کمبود مدارک در موضوع طراحی سایبان در جهت دستیابی به آسایش اقلیمی در بناهای سنتی به عنوان نمونه‌ای که در مبحث معماری اقلیمی کمتر بررسی شده و به عنوان یادگاری از گذشتگان، دلیل انجام پژوهش حاضر است.

مبانی نظری

آسایش حرارتی

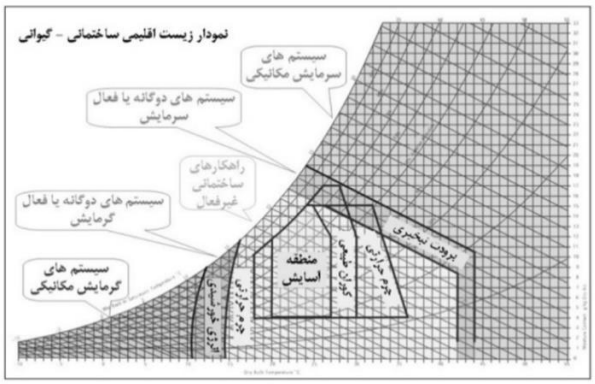
آسایش حرارتی در تعریف اولیه آن، عکس‌العمل بدن به شرایط محیطی در فضاهای داخلی و خارجی است. تعریف دقیق‌تر این شرایط در سه گروه قابل خلاصه شدن است. تعریف روان‌شناختی به بیان مغز از رضایت نسبت به دمای محیط باز می‌گردد. تعریف حرارتی- فیزیولوژیکی که به عکس‌العمل بیولوژیکی بدن و سیستم عصبی به تأثیرات خارجی بر گیرنده‌های حرارتی پوست مرتبط است و تعریف سوم که به تعادل میان جریان حرارت به داخل و خارج از بدن باز می‌گردد(Taleb and Taleb, 2014: 254).

واژه آسایش حرارتی عموماً به عنوان نوعی شرایط ذهنی و فیزیکی تعیین می‌گردد که بیانگر رضایت‌مندی انسان در

رابطه با محیط حرارتی اطراف است (Hensen, 1990: 310). اعتقاد بر این است که تعریف آسایش تعریف ساده‌ای نیست؛ چرا که عوامل محیطی و اختصاصی فراوانی در به وجود آمدن آن دخالت دارند. در تعریف اصطلاح آسایش حرارتی نیز تعابیر متفاوتی وجود دارد (بشارتی زاده، ۱۳۹۰). نیلسن می‌گوید آسایش حرارتی عبارت است از احساس رضایت فرد از محیطی مشخص. آسایش گرمایی از فردی تا فرد دیگر متفاوت بوده و غیر از وجوه فیزیولوژیکی، جنبه‌های روان‌شناختی را هم دربرمی‌گیرد. همچنین محدودیت‌های آسایش گرمایی همگام با درجه سازگاری با محیط روانی–اجتماعی و اقلیم تغییر می‌کند (نیلسن، ۱۳۸۵). اشری آسایش حرارتی را شرایطی ذهنی می‌داند که رضایتمندی شخص را از شرایط حرارتی محیط خویش بیان می‌کند (Ashrae55, 2010). طبق تعریف استاندارد CIBSE منظور از شرایط آسایش انسان یا به اصطلاح منطقه آسایش، مجموعاً شرایطی است که از نظر حرارتی حداقل برای ۸۰ درصد از افراد مناسب باشد. آسایش حرارتی انسان به عوامل متعددی از جمله چهار عناصر اقلیمی، دمای هوا، رطوبت هوا، تابش آفتاب و جریان هوا، بستگی دارد. البته احساس نهایی انسان در برابر شرایط محیطی به عوامل غیراقلیمی مانند نوع لباس، قدرت سازگاری و عادت به شرایط اقلیمی، سن، جنسیت، شکل ظاهری، مقدار چربی زیر پوست، وضعیت بدن از نظر تندرستی، نوع غذا و نوشیدنی‌های مصرف شده و رنگ پوست نیز بستگی دارد (کسمایی، ۱۳۷۲). در بین عناصر آب و هوایی، دما و رطوبت تأثیر بیشتری در آسایش انسان دارد و به این دلیل بیشتر مدل‌های سنجش آسایش بر این دو عنصر استوار است (علیجانی، ۱۳۷۵). به طور کلی طبق استاندارد CIBSE، دمای آسایش در زمستان بین ۱۸ الی ۲۳ درجه سانتی گراد و در تابستان زیر ۲۷ درجه سانتی گراد در نظر گرفته می‌شود (Adler, 1999).

تدابیر فعال و غیر فعال برای آسایش حرارتی

برای دست‌یابی به آسایش حرارتی می‌توان از تدابیر فعال و غیرفعال استفاده کرد. گیونی جایگاه کدام از تدابیر را در نمودار سایکرومتریک بررسی و معرفی کرده است (تصویر۱) (گیونی، ۱۹۹۲). تدابیر غیرفعال خورشیدی، امکان نفوذ آفتاب در زمستان برای بهره‌گیری از انرژی خورشیدی را فراهم می‌کند و در تابستان مانع ورود خورشید برای جلوگیری از ایجاد گرمای نامطلوب می‌شود. تدابیر فعال با استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر به تأمین آسایش حرارتی کمک می‌کند (صبوری و رحیمی، ۱۳۹۶).



تصویر ۱- معیار زیست اقلیمی ساختمانی گیونی (مأخذ: طاهباز، ۱۳۸۸)

استفاده از سایبان به عنوان راهکاری غیر فعال در تامین آسایش حرارتی

آفتاب‌گیرها، عناصری هستند که با بهره‌گیری از تفاوت فصلی زاویه تابش خورشید، بر روی سطوح شفاف ساختمان در فصول گرم، سایه ایجاد کرده و در عین حال اجازه نفوذ اشعه خورشیدی به فضای داخلی ساختمان را نیز در فصول سرد فراهم می‌کنند (Wienold et al, 2011). اساساً برای دسترسی به آسایش گرمایی در داخل ساختمان باید کارکرد قسمت‌های باز و بسته جدارهای آن را با دقت تمام هماهنگ

کرد و در مواقع نیاز به سایه، از افزایش دمای هوای داخل اتاق، به هر طریق ممکن جلوگیری به عمل آورد. یکی از اهداف عمده در طراحی اقلیمی، کنترل و استفاده بهینه از تابش و انرژی خورشید می‌باشد. از جمله اینکه باید ورود مستقیم اشعه خورشید به داخل اتاق جلوگیری کرد. برای این منظور یکی از اصول ضروری طراحی پنجره و نورگیر، یعنی مسئلهٔ طراحی سایبان را باید بدانیم. بنابراین هدف اساسی طراحی سایبان‌ها، متناسب نمودن آنها با مواقع نیاز به سایه و آفتاب شهر مورد مطالعه خواهد بود. به گونه‌ای که در مواقع نیاز به سایه، مانع نفوذ مستقیم اشعه خورشید داخل اتاق شود و در مواقع نیاز به آفتاب اجازه ورود این اشعه را به داخل اتاق بدهد (نادری، ۱۳۷۹).

ایجاد سایه بر روی پنجره‌ها یا دیوارهای شیشه‌ای، مانع تابش مستقیم آفتاب به سطح شیشه می‌شود و در نتیجه، حرارت ایجاد شدهٔ ناشی از تابش آفتاب در فضای پشت شیشه به شدت کاهش می‌یابد. این مقدار کاهش به محل سایهٔ ایجاد شده بستگی دارد. سایبان‌های خارجی می‌توانند تا ۹۰ درصد وسایبان‌های داخلی (پرده کرکره) تنها ۲۰ تا ۲۵ درصد اثر حرارتی تابش آفتاب را در داخل یک اتاق کاهش دهند (سجادزاده و همکاران، ۱۳۹٤). همچنین دکتر حبیب در طرح تحقیقاتی خود بیان نموده که تأثیر سایه‌اندازی و بهره‌گیری از تکنیک‌های مربوط به آن، علاوه بر تأمین آسایش حرارتی داخلی، تأثیر بسزایی در ایجاد شرایط مطلوب حرارتی و دریافت‌های حرارتی افراد درمحیط‌های بیرونی می‌گذارد (حبیب، ۱۳۹۱). کارایی آفتاب‌گیرهای مختلف، از حاصل تقسیم میزان کل انتقال انرژی خورشیدی از یک پنجره استاندارد و دارای آفتاب‌گیر (سیستم) به میزان کل انتقال انرژی خورشیدی از یک پنجره استاندارد ولی بدون آفتابگیر، محاسبه می‌شود (تصویر۲)(Yao & Yan, 2011)

میزان کل انتقال انرژی خورشیدی آفتاب‌گیر (G-Value) = پنجره (G-Value) / سیستم (G-Value)

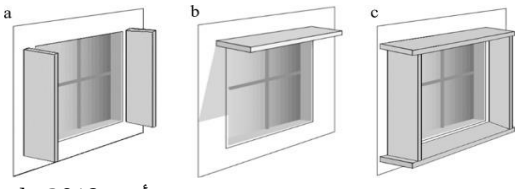
تصویر۲.نحوهٔ محاسبهٔ میزان کل انتقال انرژی خورشیدی در آفتاب‌گیرهای مختلف (مأخذ: کریم‌پور و همکاران، ۱۳۹٦)

با توجه به این ضریب، از میان انواع آفتاب‌گیرها، نوع خارجی، اشعه تابشی خورشید را بین سطح شیشه‌ای و آفتاب‌گیر، حفظ کرده و لذا میزان انتقال انرژی خورشیدی در آن‌ها کمتر و برای کاهش جذب گرما از طریق پنجره، نسبت به سایه اندازهای داخلی مؤثرتر هستند Wienold et al, (2011).

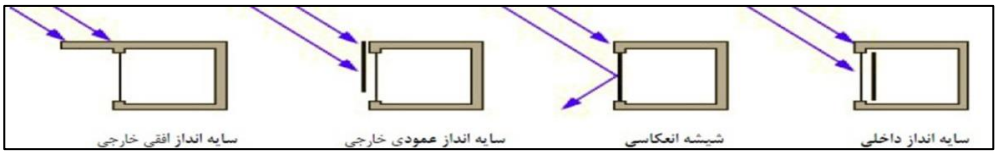
انواع سایبان

از آن‌جا که مسیر حرکت خورشید و در نتیجه زوایای تابش آفتاب در تابستان و زمستان متفاوت است، می‌توان از تابش آفتاب در تابستان جلوگیری کرد در حالی که در زمستان از آن استفاده نمود. تصویر ۲ تأثیر این تغییر مسیر بر عبور تشعشع مستقیم از پنجره دارای سایبان را نشان می‌دهد (شیخ زاده و همکاران، ۱۳۸۵). طبقه‌بندی سایبان‌ها: الف) بر اساس موقعیت چیدمان: سایبان‌های افقی، سایبان‌های عمودی و سایبان‌های قابی شکل (تصویر۳).

ب) براساس قابلیت متحرک بودن: سایبان‌های ثابت، سایبان‌های متحرک (قابل تنظیم)، سایبان‌های یکپارچه و سایبان‌های چند بخشی (سجادزاده و همکاران، ۱۳۹٤). همچنین براساس موقعیت قرارگیری سایبان داخل و یا خارج از ساختمان نیز تقسیم‌بندی دیگری برای سایبان‌ها همان‌طور که در تصویر ٤ نشان داده شده است وجود دارد: وسایل سایه‌انداز و آفتاب‌گیر داخلی، شیشه‌های انعکاسی و وسایل سایه‌انداز و آفتاب‌گیر خارجی (شیخزاده و همکاران، ۱۳۸۵).



تصویر ۳- انواع سایبان افقی، عمودی و قابی شکل (مأخذ: Xue et al., 2019)



تصویر ٤- انواع سایبان بر اساس موقعیت قرارگیری (مأخذ: شیخ زاده و همکاران، ۱۳۸۵)

مواد و روش‌ها

روش تحقیق

روش تحقیق با توجه به هدف پژوهش، از نوع کاربردی و از نظر راهبرد و ماهیت، از نوع شبیه‌سازی و مدل‌سازی و استدلال منطقی است. در این پژوهش در ابتدا با روش اندازه‌گیری متغیرهای اقلیمی- محیط، در راستای بهینه‌یابی فرم سایبان خانه کشفی در شهر خرم‌آباد به این طریق عمل شد که: ۱- میانگین تغییرات دمای هر ساعت در طول روز در بازه زمانی دوازده سال برای شهر خرم‌آباد را در جدولی ثبت شد ۲- در این جدول، مشخصات لحظاتی را که دمای هوا به ۲۰ درجه سانتی گراد می‌رسد، تعیین و محل آن لحظات را با نقطه در نمودار دیگری که شامل متغیرهای دما و روزهای ماه برای یک ساعت مشخص است علامت گذاری گردید. ۳- از اتصال نقاط به دست آمده بر روی نمودار تقویم نیاز سایه و آفتاب و با توجه به ساعات طلوع و غروب خورشید، محدودهٔ نیاز به سایه در طول روز برای بازه زمانی دوازده سال به دست آمد.٤- با انتقال نقاط به دست آمده بر روی نمودار مسیر حرکت خورشید، منطقهٔ نیاز به سایه و آفتاب بر روی این نمودار مشخص شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Ecotec analysis، نقاب سایه برای بازشوی مورد نظر را به دست آورده و با انطباق منطقه نیاز به سایه و آفتاب بر روی نمودار مسیر خورشید با نقاب سایه بازشوی مورد نظر، شکل مناسب سایبان برای بازشو به دست آمد.

بستر پژوهش

معرفی شهر خرم‌آباد

شهر خرم‌آباد مرکز استان لرستان در ٤٨ درجه و ٢١ دقیقه طول شرقی و ٣٣ درجه و ٢٩ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (وارثی و همکاران، ۱۳۸۷). مساحت شهر معادل ۹/۳٤٥۳ هکتار و جمعیت آن مطابق با سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ معادل با ٥٠٦٤٧١ نفر با ١٤٤٩٥٨ خانوار بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). این شهر از سه منطقه و ۱۱ ناحیه شهری برخوردار می‌باشد. شهر خرم‌آباد به صورت خطی و به طور عمده در جهت شمال و جنوب و دربستر عرصه‌های مسطح و وسیع این مناطق هدایت شده و به صورت کاملاً متراکم و فشرده با بافت قدیمی و شبکه معابر پر پیچ و خم و باریک می‌باشد (قنواتی و همکاران، ۱۳۸۸). وضع قرار گرفتن کوه‌ها و دره‌ها به شهر موقعیت اقلیمی خاصی بخشیده و موجب جریان دائمی رودخانه خرم‌آباد در آن شده است و از آب و هوایی معتدل و نیمه مرطوب برخوردار می‌باشد (زیویار و همکاران، ۱۳۹۲).

معرفی خانه کشفی

این بنا در خیابان ٢٤ متری حکیم‌آباد و کوچهٔ کشفی واقع شده و از آثار دورهٔ قاجار به شمار می‌آید و در حال حاضر متروکه می‌باشد. خانه کشفی در مساحتی برابر ۳۷۵۰ متر و زیربنای ۲۲۵۰ متر مربع، در دو طبقه و در جهت شرقی- غربی ساخته شده است. مصالح مورد استفاده در بنا خشت و گل و در روکار آجر است. از آجرکاری نیز برای تزیین بنا استفاده شده است (ملازاده و محمدی، ١٣٨٦). در تصویر ٥ موقعیت خانهٔ کشفی بر روی نقشه شهر خرم‌آباد نشان داده شده است.

یافته‌های تحقیق

تقویم نیاز به سایه و آفتاب شهر خرم‌آباد بر روی نمودار مسیر خورشید

برای به دست آوردن تقویم نیاز سایه و آفتاب در شهر خرم‌آباد، ابتدا مطابق جدول ۱ میانگین نوسان دمای هوا در طول دوازده سال در هر ساعت را از طریق سایت اطلاعات آب و هواشناسی به دست آمده است. سپس ساعاتی مشخص از دو ماه متوالی را که بازه نوسان دمای هوا در آن

به ۲۰ درجه سانتی گراد بالغ می‌شود، مشخص و ثبت گردیده است.

تصویر ۵- تصویر سمت چپ موقعیت بافت تاریخی شهر خرم‌آباد بر روی نقشه، تصویر سمت راست موقعیت خانه کشفی در بافت تاریخی و در مجاورت قلعه فلک‌الافلاک (مأخذ: طاهباز، ۱۳۸۸)

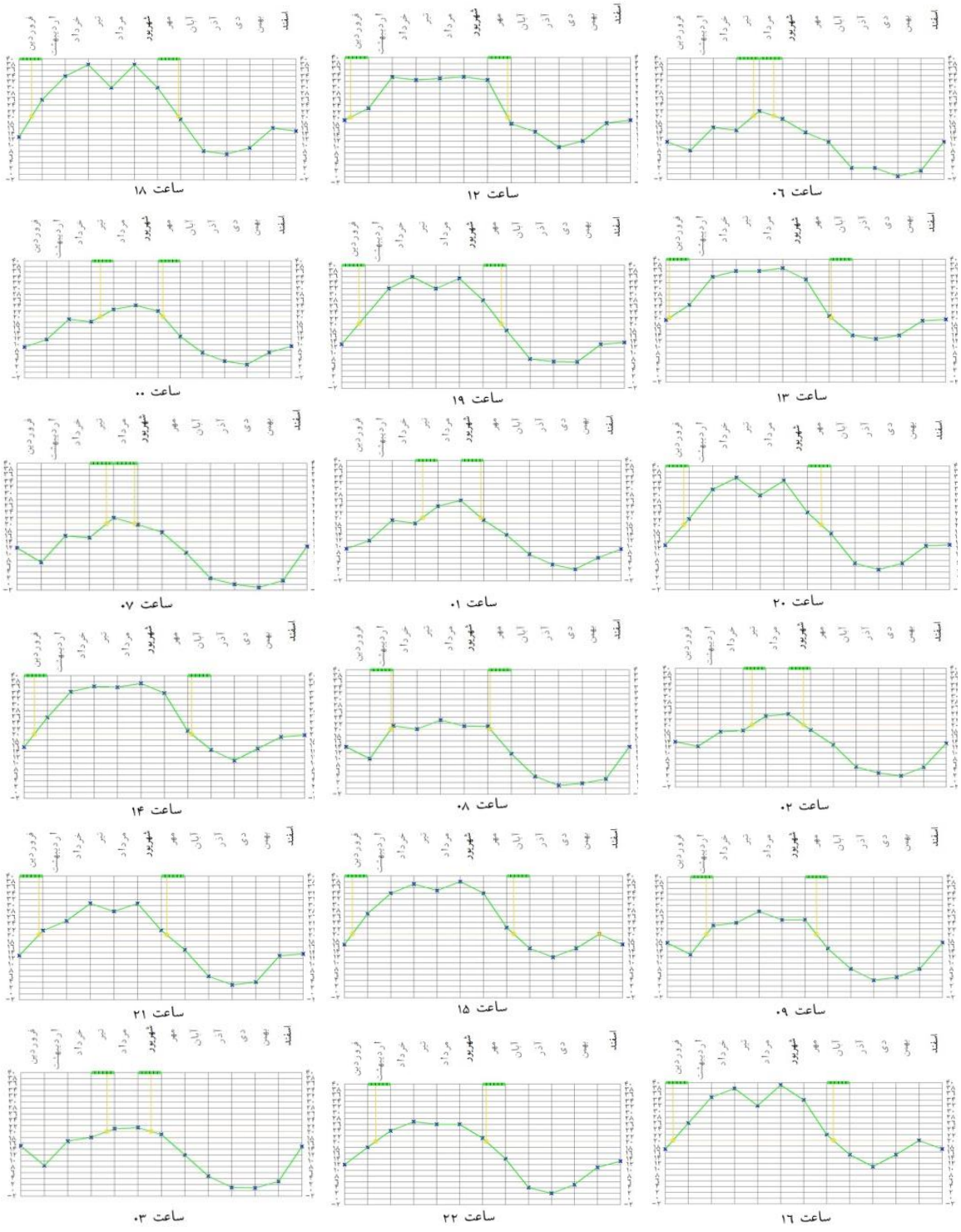
جدول ۱- میانگین نوسان دمای هوا در بازه زمانی دوازده سال در هر ساعت برای شهر خرم‌آباد (مأخذ: نویسندگان)

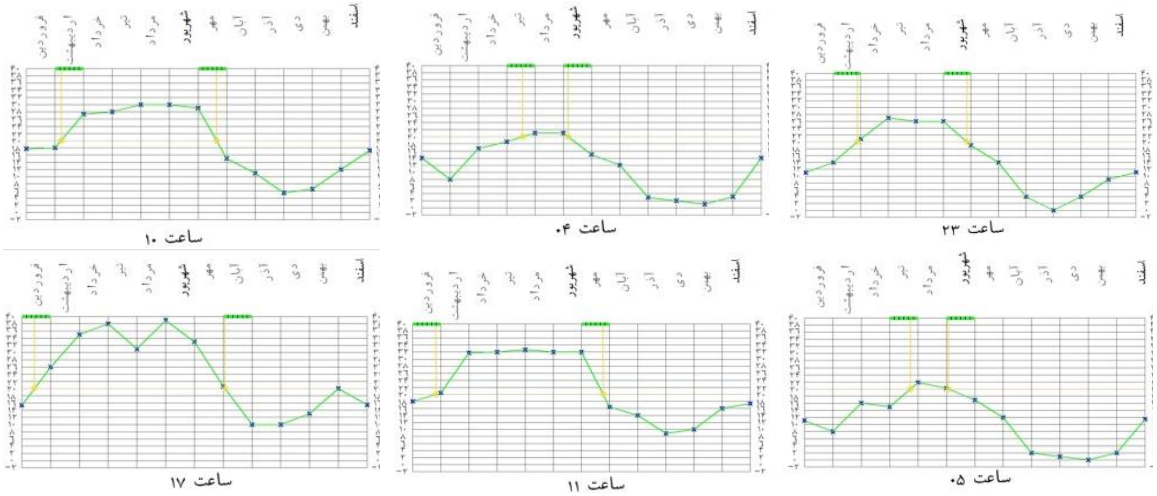
ماه / ساعت	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
۰۰:۰۰	۹/۱	۱۲/۳	۱۹/۲	۱۸/۶	۲۲/۸	۲۴/۲	۲۲/۱	۱۳/۷	۷	۴/۳	۲/۴	۷/۲
۰۱:۰۰	۹/۶	۱۲/۱	۱۹/۷	۱۸/۲	۲۴/۲	۲۶/۱	۱۹/۵	۱۴	۷/۶	۳/۵	۲/۳	۶/۱
۰۲:۰۰	۱۴/۳	۱۲/۴	۱۷/۷	۱۸	۲۳/۳	۲۳/۹	۱۸/۴	۱۳/۲	۵	۳/۱	۲/۲	۵/۱
۰۳:۰۰	۱۵/۲	۸/۵	۱۶/۶	۱۸/۳	۲۰/۹	۲۱/۱	۱۹/۲	۱۲	۵/۲	۱/۳	/۷	۳/۳
۰۴:۰۰	۱۴/۳	۸	۱۴/۵	۱۸/۴	۲۱	۲۱/۳	۱۵/۳	۱۲/۱	۲/۹	۱/۸	۳/۱	۲/۲
۰۵:۰۰	۱۱	۷/۹	۱۶/۳	۱۴/۸	۲۱/۶	۲۱/۶	۱۶/۹	۱۲/۳	۱/۸	۱/۳	/۲	۱/۹
۰۶:۰۰	۱۰/۸	۸/۲	۱۵/۹	۱۵	۲۱/۴	۱۹/۲	۱۵/۵	۱۱/۹	۲	۲/۱	-۱/۲	/۹
۰۷:۰۰	۱۲/۱	۷/۵	۱۶	۱۵/۲	۲۲/۲	۱۹/۳	۱۶/۹	۱۰/۵	۱/۹	/۱	-۱/۲	/۸
۰۸:۰۰	۱۳/۹	۱۰/۲	۲۱/۳	۲۰/۲	۲۳/۱	۲۱/۲	۲۰/۸	۱۱/۲	۳/۸	۱	۱/۹	۳/۱
۰۹:۰۰	۱۷/۳	۱۳	۲۴/۲	۲۳/۹	۲۳/۳	۲۴/۹	۲۵	۱۵/۱	۷/۹	۴/۱	۵/۲	۷/۸
۱۰:۰۰	۱۷/۹	۱۸/۱	۲۷/۱	۲۸	۳۰/۳	۲۹/۸	۲۹/۲	۱۵	۱۱/۲	۵/۶	۶/۳	۱۱/۹
۱۱:۰۰	۱۸/۲	۲۰/۷	۳۱/۶	۳۲/۲	۳۲/۷	۳۲	۳۱/۹	۱۶/۸	۱۴	۸/۹	۱۰/۱	۱۶/۲
۱۲:۰۰	۱۸/۸	۲۲/۹	۳۳/۷	۳۲/۴	۳۳/۱	۳۳/۳	۳۲/۲	۱۷/۶	۱۵	۹/۸	۱۲/۲	۱۷/۸
۱۳:۰۰	۱۹/۱	۲۴/۷	۳۴/۲	۳۶/۳	۳۶	۳۶/۹	۳۳/۲	۲۰/۴	۱۴/۱	۱۰/۹	۱۴	۱۹/۳
۱۴:۰۰	۱۵/۶	۲۵/۴	۳۴/۶	۳۶/۱	۳۵/۹	۳۷/۴	۳۴/۲	۲۱/۳	۱۴/۸	۱۰/۹	۱۵/۳	۱۹
۱۵:۰۰	۱۶/۵	۲۶/۸	۳۴/۲	۳۷/۳	۳۴/۸	۳۷/۹	۳۴/۱	۲۲/۴	۱۵/۱	۱۲/۲	۱۴/۹	۱۹/۸
۱۶:۰۰	۱۵/۲	۲۵/۹	۳۵/۱	۳۸/۱	۳۲	۳۸/۹	۳۴	۲۲/۲	۱۵/۲	۱۰/۹	۱۵/۱	۲۰
۱۷:۰۰	۱۵/۷	۲۶/۱	۳۴/۹	۳۸/۳	۳۱	۳۹/۲	۳۲/۹	۲۰/۸	۱۰/۳	۱۰	۱۲/۸	۱۹/۹
۱۸:۰۰	۱۳/۳	۲۵/۹	۳۴/۲	۳۸	۲۹/۹	۳۷/۸	۳۰/۳	۱۹/۱	۸	۶/۹	۹/۲	۱۶/۱
۱۹:۰۰	۱۳	۲۲/۷	۳۲	۳۵/۹	۳۲/۱	۳۵/۵	۲۸/۲	۱۷/۳	۷/۸	۷/۴	۷	۱۳/۲

۲۰:۰۰	۱۳/۱	۲۲/۳	۳۲/۱	۳۶/۲	۳۰/۳	۳۴/۹	۲۴/۴	۱۷/۱	۶/۹	۴/۶	۶/۹	۱۲/۹
۲۱:۰۰	۱۳	۲۱/۴	۲۴/۹	۳۰/۶	۲۷/۸	۳۰/۸	۲۱/۴	۱۵/۱	۶/۳	۳/۱	۳/۸	۱۳
۲۲:۰۰	۱۱/۹	۱۸/۲	۲۲/۷	۲۶/۸	۲۶/۲	۲۵/۹	۲۱/۱	۱۴	۳/۹	۲/۲	۴/۸	۱۰/۸
۲۳:۰۰	۱۱/۲	۱۴/۳	۲۰/۹	۲۷/۲	۲۶	۲۶/۳	۱۸/۸	۱۳/۹	۴/۲	۰	۳/۹	۷/۲

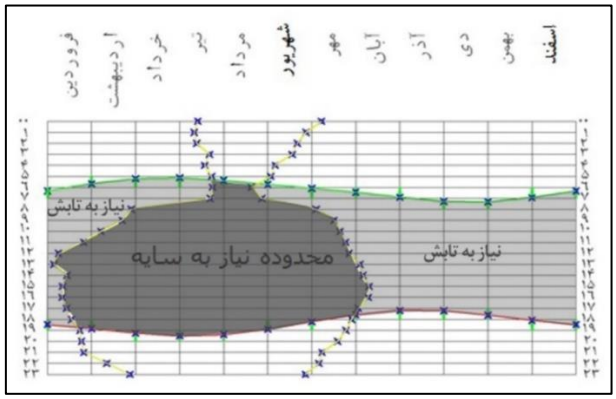
در ادامه در نمودارهای جدول ۲ محل آن لحظات، در نمودار نوسان دمای هوا به وسیلهٔ نقاطی علامت گذاری شده است.

جدول ۲- نمودارهای میانگین تغییرات دمای هوا برای هر ساعت در بازه زمانی دوازده سال (مأخذ: نویسندگان)



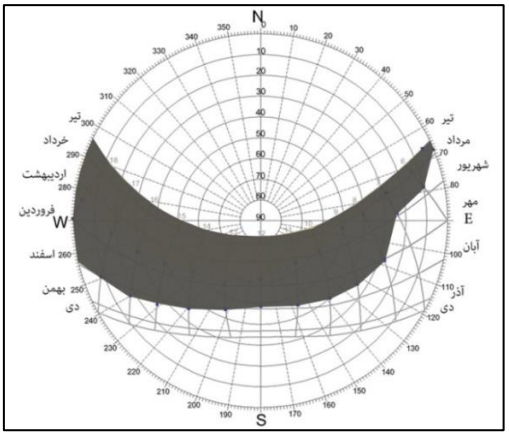


پس از تعیین مختصات زمانی کلیه مواقعی که دمای هوا به ۲۰ درجه سانتی گراد بالغ می‌شود، جای آن نقاط را به یک جدول خالی انتقال داده و از اتصال نقاط مشخص شده به یکدیگر مطابق تصویر ٦، تقویم نیاز سایه و آفتاب خرم‌آباد به دست آمده است.



تصویر ٦- تقویم نیاز سایه و آفتاب خرم‌آباد (مأخذ: نویسندگان)

در ادامه با مشخص شدن محدودهٔ نیاز به سایه و تابش بر روی تقویم نیاز سایه و آفتاب، مطابق تصویر ۷ نقاط به دست آمده را بر روی نمودار مسیر خورشید انتقال داده تا محدودهٔ نیاز به سایه و تابش بر روی این نمودار مشخص گردد.



تصویر ۷- منطقهٔ نیاز به سایه و آفتاب خرم‌آباد روی نمودار مسیر خورشید (مأخذ: نویسندگان)

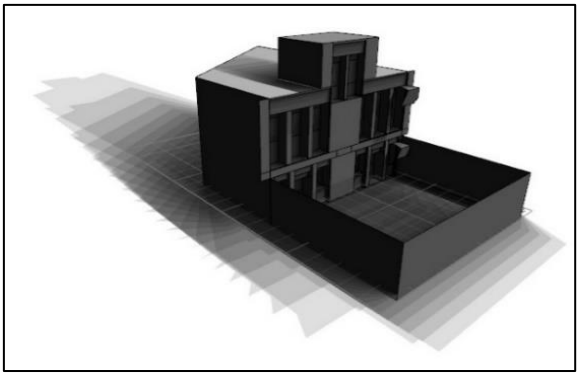
تحلیل نقاب سایه بازشوها در خانه کشفی

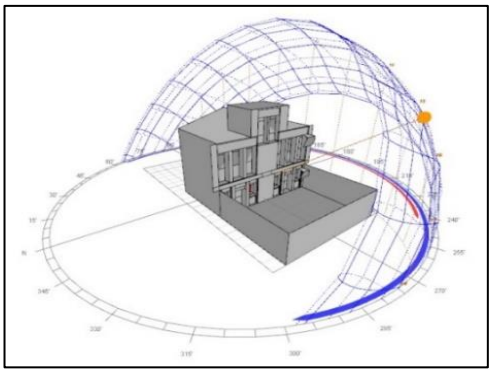
با استفاده از نرم‌افزار اکوتکت و مدل‌سازی خانه کشفی در این نرم‌افزار و اختصاص دادن مختصات جغرافیایی شهر

خرم‌آباد به محیط این نرم‌افزار و همچنین قرار دادن مدل سه‌بعدی این بنا در جهتی که نسبت به شمال جغرافیایی قرار دارد، نمودار مسیر خورشید و ایجاد سایه بنا در طول یک روز معین در محیط نرم‌افزار به دست آمد که در تصویر ۸ و ۹ نشان داده شده است.

در ادامه همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، در محیط نرم‌افزار دو نمونه از بازشوها در هر طبقه انتخاب و نقاب سایه آن‌ها بر روی نمودار مسیر حرکت خورشید به دست آمد.

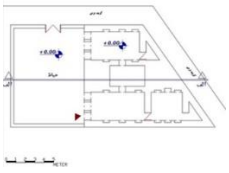
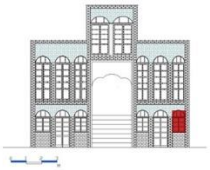
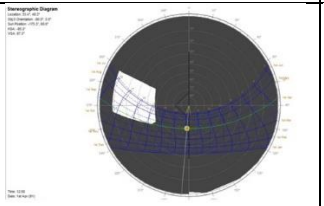
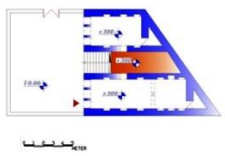
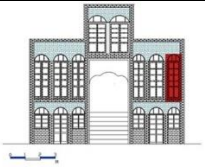
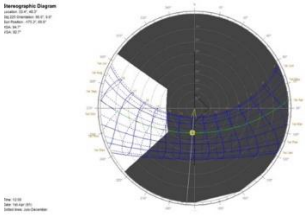
با به دست آوردن نقاب سایه دو نمونه از بازشوها و تطبیق نقاب سایه بازشوها با منطقه نیاز به سایه و آفتاب خرم‌آباد بر روی نمودار مسیر خورشید، منطقه نیاز به سایه که با طراحی سایبان باید اعمال شود مشخص گردید. لذا با طراحی سایبان مناسب در نرم افزار اکوتکت می‌توان به نتیجه مناسب دست یافت. این فرآیند در جدول شماره ٤ نمایش داده شده است.





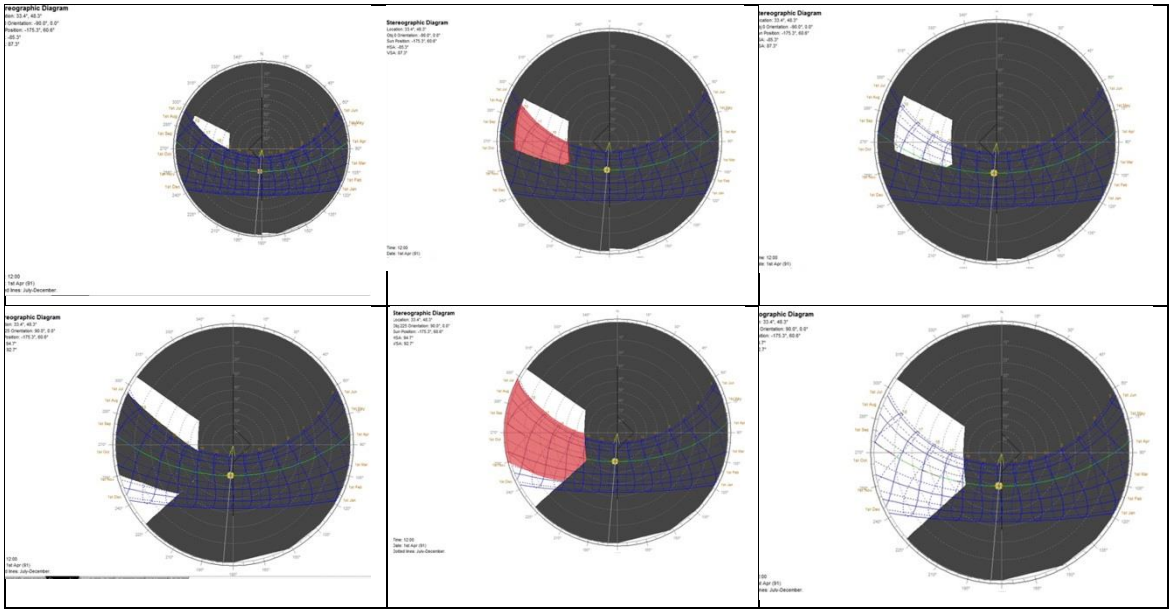
تصویر۸- نمودار مسیر حرکت خورشید در نرم‌افزار اکوتکت (مأخذ: نویسندگان) تصویر۹. وضعیت سایه بنا در طول یک روز معین در نرم‌افزار اکوتکت (مأخذ: نویسندگان)

جدول ۳- موقعیت و نقاب سایه دو نمونه از بازشوها در طبقه اول و دوم در نرم‌افزار اکوتکت (مأخذ: نویسندگان)

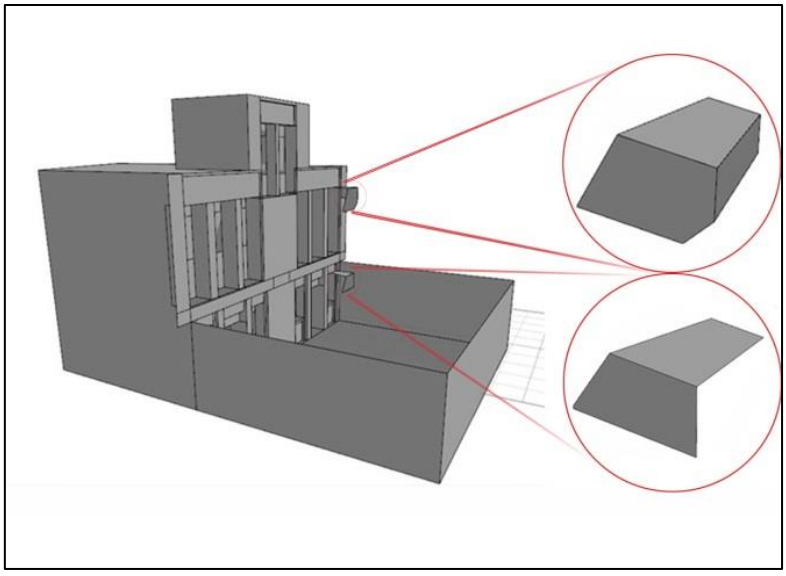
تصویر بازشوهای خانه کشفی	پلان خانه کشفی	موقعیت بازشو در نما	نقاب سایه بازشو
			
			

جدول ٤- نمودارهای نقاب سایه بازشوها قبل و بعد از طراحی سایبان در نرم‌افزار اکوتکت (مأخذ: نویسندگان)

نقاب سایه بازشو قبل از طراحی سایبان	تطبیق نقاب سایه بازشو و منطقه نیاز به سایه و آفتاب در شهر خرم‌آباد	نقاب سایه بازشو با سایبان طراحی شده



در تصویر شماره ۱۰ مدل سه بعدی سایبان‌های طراحی شده در محیط نرم‌افزار اکوتکت نشان داده شده است.



تصویر ۱۰- مدل سه‌بعدی خانه کشفی و سایبان‌های طراحی شده در نرم‌افزار اکوتکت (مأخذ: نویسندگان)

نتیجه گیری

بر اساس اطلاعات به دست آمده از تحلیل دمای شهر خرم آباد در بازه زمانی دوازده سال و به دست آمدن تقویم نیاز سایه و آفتاب این شهر و انتقال آن بر روی نمودار مسیر حرکت خورشید، مواقع نیاز به سایه و آفتاب برای بازشوهای بناها در این شهر به دست آمد. با مدل‌سازی بنای تاریخی کشفی در محیط نرم‌افزار اکوتکت و به دست آوردن تقویم نیاز به سایه و آفتاب برای بازشوهای مورد بررسی و انطباق آن با نمودار نیاز سایه و آفتاب، محدودهٔ نیاز به سایه و آفتاب که توسط سایبان باید پوشش داده شود مشخص گردید؛ با مشخص شدن محدودهٔ به دست آمده در نمودار نیاز به سایه و آفتاب شهر خرم‌آباد، ویژگی‌ها و مشخصات سایبانی که محدودهٔ مورد نظر را پوشش می‌دهد، به دست آمد. لذا با توجه به اینکه دیوارهای جانبی حیاط بنا خود به عنوان سایبان‌های عمودی جانبی برای بازشوهای طبقه اول عمل می‌کنند، سایبان بازشوی طبقه اول نیاز به سایبان جانبی

عمودی ندارد. ولی سایبان طبقه دوم به دلیل عدم وجود این امکان دارای سایبان عمودی جانبی نیز می‌باشد. در نهایت پس از تحلیل‌ها و بررسی‌های صورت گرفته در پژوهش حاضر، فرم بهینه سایبان برای بازشوهای خانه کشفی به دست آمد که این فرم بهینه در فصول مختلف مناسب‌ترین عملکرد را در برابر تغییرات دمایی و تابش خورشید دارد.

منابع

1. Adler,D. (1999), Metric Handbook Planning and Desing Data, Architectural Press.UK.
2. Alijani, B. (1996). A new approach in the use of water and meteorology in resource management and development of the country (The role of weather in housing design). Journal of Geographical Research, 9(35), 41-65.
3. Asghari, M., Poolaei, Z., & Yazdani, H. (2019). Evaluation of Window overhang and External wall thermal Conductivity reduction Effect On office Cooling load in 3 Climates Hot and Humidity, Mild and Cold. Mechanical Engineering Journal of Tabriz University, 48(4), 331-335. https://tumechj.tabrizu.ac.ir/article_8430_63819b1dd674b30498a16e3c4764e745.pdf.
4. ASHRAE 55(2010), ANSI/ASHRAE Standard 55-2010, ASHRAE Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta, Ga, USA: American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc.
5. Barzegar, Z., & Heidari, S. (2017). A Study of the Functions of Traditional House Entrances' Depth and Shadow on Outdoor Thermal Comfort in the Historical Context of Shiraz. Journal of Architecture in Hot and Dry Climateis, 5(5), 21-32. https://dorl.net/dor/20.1001.1.26453711.1396.5.5.2.9
6. Besharati, A. (2016). Urban design guide for providing thermal equipment in urban space. Master's thesis. Shahid Beheshti University.
7. Borgue, O., & Hein, A. M. (2021). A Zero-Radiation Pressure Sunshade for Supporting Climate Change Mitigation. arXiv preprint arXiv:2112.13652.
8. Ghanavati, E., Ghalami, Sh., & Abdoli, A. (2009). Empowering urban crisis management in order to reduce natural disasters (earthquake) Case example: Khorramabad city. Journal of natural geography, 1(4), 15-24.
9. Habib, F., & Barzegar, Z. (2012). Evaluation of building direction on the efficiency of vertical canopies. Research Project. Tehran: Faculty of Art and Architecture, Science and Research Branch, Islamic Azad University.
10. Haghani, M., Kari, B., & Fayaz, R. (2017). The Assessment of Window Blinds effect on Conserving Energy Consumption of Office Building in Tehran. Modares Mechanical Engineering; 17(4) ,17-28. http://mme.modares.ac.ir/article-15-2268-fa.html.
11. Halger, N. (2006). Natural ventilation - Guide to climate design in hot regions, translated by Mohammad Ahmadinejad. Isfahan: Khak publication.
12. Hedayati Rad, F., Shabankari, M., & Zarghamiyan, M. (2016). Evaluation of the bioclimatic indices influencing human comfort (Case study: Arvand Free Zone). Journal of Environmental Science and Technology, 18(winter), 21-41. https://jest.srbiau.ac.ir/article_10351.html
13. Hensen J. L. M. (1990), Literature Review on Thermal Comfort in Transient Conditions. Building and Environment, 25 (4), 309-316. https://doi.org/10.1016/0360-1323(90)90004-B
14. Hood, S. D., Mahmoodi Zarandi, M., & Kamyabi, S. (2018). Optimal placement of shadow tools of double-skin facade with the aim of achieving thermal comfort in hot climate. Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning, 8(3), 171-177. http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-30719-fa.html
15. Hood, S. D., Mahmoudi Zarandi, M., & Kamyabi, S. (2020). Achievement of Design Principles of Double-Skin Facades with Emphasis on Creating Chimney Ventilation in Hot and Humid Climates. Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning, 10(2), 109-119. URL: http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-40881-fa.html
16. Iran Statistics Center, General Population and Housing Census. (2016).
17. Kamyabi, S., Sharifyan, A., Delzendeh, A., & Zarabadi, M. (2017). Application of thermal comfort indices in architectural design. Qazvin: Jahad Daneshgahi publication.

Conservation: Case of Tehran, Tabriz, Isfahan, Shiraz, Yazd and Bandar Abbas. Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research, 3(1), 7-35. Retrieved from http://epprjournal.ir/article-1-285-fa.html.

28. Sajjadzadeh, H., Ghanbargonbadi, M., & Ghanbari, F. (2015). Understanding the effect of the physical characteristics of the canopy in reducing energy consumption (case studies: Yazd). National Conference on Civil Engineering and Architecture with Focus on Sustainable Development. Islamic azad university, Fouman and Shaft branch.
29. Sheikhzadeh, G.a., Khorasanizadeh, H., Sabzpoushani, H. (2006). Investigating building canopies and determining their effect on building cooling loads. 5th Conference on Energy Conservation in Building. Tehran: Fuel consumption optimization organization.
30. Tahbaz, M. (2009). The method of meteorology data analyzing for climatic architectural design. Honar-Ha-Ye-Ziba: Memary Va Shahrsazi, 1(38), 61-72. https://dorl.net/dor/20.1001.1.22286020.1388.1.38.6.0
31. Taleb, H. & Taleb D. (2014), Enhancing the thermal comfort on urban level in a desert area: Case study of Dubai, United Arab Emirates, Urban Foresty & Urban Greening, 13, 253-260. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.01.003
32. Varesi, H.R., Mohammadi, Jamal., & Shahivandi, A. (2008). Location of urban green space using geographical information system, a case study of Khorramabad city, Journal of Geography and Regional Development, 6(10), 83-103.
33. Wienold, J., Frontini, F., Herkel, S. & Mende, S. (2011). Climate based simulation of different shading device systems for comfort and energy demand. Proceedings of Building Simulation. 12th Conference of International Building Performance Simulation Association. November 14-16, (pp. 2680-2686). Sydney: ISAAC. Retrieved June 23, 2014, http://www.ibpsa.org/proceedings/bs2011/p_1833.pdf.
34. Yao, J., & Yan, C. (2011). Evaluation of The Energy Performance of Shading Devices based on Incremental Costs. World Academy of Science, Engineering and Technology, 5(5), 450-452. Retrieved May 16, 2014, from http://doi.org/10.5281/zenodo.1072215.
18. Karimpour, A., Diba, D., & Etessam, I. (2019). Economic Analysis and Assessing Energy Performance of Simulation-Powered Optimal Window Type and Window to Wall Ratio for Residential Buildings in Tehran. Hoviatshahr, 13(3), 19-34. https://dorl.net/dor/20.1001.1.17359562.1396.11.2.2.6
19. Kasmaei, M. (1993). Climatic zoning of Iran, housing and residential environments. Tehran: Publications of the Building and Housing Research Center.
20. Lin, S., Wang, W., Wang, H., Zhang, X., Xie, Y., Song, Y., ... & Liu, J. (2020). Design of ropes driven sunshade deployment mechanism. In AOPC 2020: Telescopes, Space Optics, and Instrumentation (Vol. 11570, p. 1157009). International Society for Optics and Photonics. https://doi.org/10.1117/12.2576380
21. Mahdavinia, M., & Vahabi, V. (2021). An Analytic Study of the Effect of the Movable Shading Devices Attached to Semi-Open Spaces on the Annual Energy Consumption A Case Study of Residential Buildings in Tehran. Journal of Architecture and Urban Planning, 13(30), 23-41. https://dorl.net/dor/20.1001.1.27171299.1400.13.30.2.9
22. Mohammadi, A., & Ayatollahi, S. M. H. (2012). Designing a Model Shading Device for Booshehr City. Soffeh, 21(3), 45-56. https://dorl.net/dor/20.1001.1.1683870.1390.21.3.4.6
23. Molazadeh, K., & Mohammadi, M. (2007). Historical houses, first edition. Tehran: Soureh Mehr publication.
24. Naderi, A. A. (2000). Climate-Based Design of Buildings' Windows. Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 9(35), 20-25. http://www.sepehr.org/article_28617.html
25. Razjoyan, M. (2014). Comfort in the shelter of climate compatible architecture, second edition. Tehran: Printing and Publishing Center of Shahid Beheshti University.
26. S. Grynning, B. Time, B. Matusiak. (2014), Solar shading control strategies in cold climates–Heating, cooling demand and daylight availability in office spaces, Solar energy, Vol. 107, pp. 182–194, 2014. https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.06.007
27. Sabouri, S., & Rahimi, L. (2017). Using Climatic Thermal Comfort for Energy

35. Zhu, Y., Wang, X., & Fan, X. (2021). On Optimization Design of Sunshade Components for Qinba Mountain Buildings. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 632, No. 2, p. 022026). IOP Publishing.
36. Zivyar, P., Teymoori, S., & Norouzi, M. (2013). Feasibility of Tourism Industry in Khorram Abad based on SWOT Analytical Model. Territory, 10(39), 75-90. https://sarzamin.srbiau.ac.ir/article_6147.html.