ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI:10.22034/AAUD.2019.185696.1881

بهینه‌سازی ابعاد پنجره با توجه به عوامل نور و حرارت در ساختمان‌های مسکونی اقلیم سرد؛ مورد مطالعاتی: شهر ایلام*

میلاد حیرانی‌پور[۱]- ریما فیاض[۲]- مجتبی مهدوی‌نیا[۳]**

۱. کارشناسی ارشد انرژی و معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران.
۲. دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
۳. استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۲۴ تاریخ اصلاحات: ۹۸/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۸/۰۵/۲۲ تاریخ انتشار: ۰۰/۰۶/۳۱

چکیده

یکی از عناصر ساختمان که می‌تواند تأثیر زیادی بر صرفه‌جویی انرژی بگذارد جداره‌های خارجی آن در جبهه‌های مختلف است. جداره خارجی ساختمان شامل سه بخش شفاف، نیمه شفاف و کدر است. هدف از این پژوهش طراحی مدل پارامتریک برای تعیین ابعاد بهینه پنجره با رویکرد کاهش مصرف انرژی و حداکثر استفاده از روشنایی طبیعی در ساختمان‌های مسکونی اقلیم سرد (شهر ایلام) است. در این راستا، ابتدا مدل پایه شبیه‌سازی با توجه به تیپولوژی ساختمان‌های مسکونی شهر ایلام تعیین‌شده و در ادامه با استفاده از آمار به‌دست‌آمده از اداره آب و هواشناسی شهر ایلام، فایل آب و هوایی مورد استفاده در شبیه‌سازی اعتبارسنجی شد. سپس مدل‌سازی و شبیه‌سازی بر اساس پارامترهای مصرف انرژی و همچنین محدودیت‌های در نظر گرفته‌شده در نرم‌افزار راینو[۱] پلاگین هانی‌بی[۲] و لیدی‌باگ[۳] صورت گرفت و درنهایت ابعاد بهینه پنجره در حالت‌های مختلف برای دو جبهه شمالی و جنوبی ارائه شد. نتایج نشان می‌دهند که میزان سطح بهینه پنجره به دیوار در جبهه جنوبی در حالت بدون سایه‌بان برابر ۲۴ درصد و همراه سایه‌بان پیشنهادی مبحث ۱۹ برابر ۱۹ و در جبهه شمالی برابر ۴ درصد است.

واژگان کلیدی: سطح بهینه پنجره، صرفه‌جویی انرژی، نور و حرارت.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد با عنوان «بهینه‌سازی ابعاد پنجره با توجه به عوامل نور و حرارت در ساختمان‌های مسکونی اقلیم سرد نمونه موردی: شهر ایلام» با راهنمایی نویسنده دوم و مشاور نویسنده سوم در دانشکده معماری و شهرسازی، سال۱۳۹۷ می‌باشد.

** E_mail: fayaz@art.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه مسئله صرفه‌جویی انرژی برای تأمین آسایش حرارتی در ساختمان اهمیت ویژه‌ای یافته و کشورهای مختلف آیین‌نامه‌هایی برای صرفه‌جویی انرژی تدوین کرده‌اند. ناسازگاری بین معماری و نوع اقلیم باعث افزایش مصرف انرژی حرارتی و روشنایی در ساختمان‌ها می‌شود و این امر هم ازنظر اقتصادی و هم ازنظر زیست‌محیطی تأثیرات منفی می‌گذارد.

بر اساس آمار وزارت نیرو بیش از ۴۴ درصد از انرژی‌های اولیه موجود در کشور صرف گرمایش و سرمایش فضای داخلی ساختمان به‌منظور تأمین آسایش حرارتی می‌شود که حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد از این میزان از طریق در و پنجره‌ها اتلاف می‌شود (کسمائی، محمدکناری و نظری، ۱۳۸۹). همچنین در ایران ۳۴ درصد از انرژی الکتریکی در ساختمان‌های مسکونی صرف روشنایی می‌شود (حیدری، ۱۳۹۱)، درنتیجه استفاده از نور طبیعی می‌تواند تا حد زیادی سبب صرفه‌جویی در انرژی الکتریکی ساختمان‌های مسکونی شود. بهره‌برداری از نور روز به‌عنوان یک عامل مهم در آسایش حرارتی و بصری در معماری، علاوه بر تأمین نیازهای روانی و روحی، منجر به کاهش مصرف انرژی می‌شود. ساده‌ترین شیوه برای بهره‌گیری از انرژی خورشید در ساختمان‌های مسکونی به‌کارگیری پنجره آفتابی است؛ یعنی پنجره‌ای با شیشه تک یا دوجداره و دارای جهت‌گیری ویژه برای دریافت حداکثر تابش خورشید در اوقات سرد سال.

با توجه به لزوم تعیین ابعاد بهینه بازشو برای تمام نقاط ایران، لازم است ویژگی‌های اقلیمی و عناصر معماری هر منطقه را بررسی و بر اساس آن ابعاد بهینه را تعیین کرد. با توجه به ویژگی‌های اقلیم سرد و زیاد بودن مصرف انرژی به‌خصوص در بخش گرمایش در این مناطق، ضرورت صرفه‌جویی و کاهش بار حرارتی ساختمان در این مناطق بیش‌ازپیش باید مدنظر قرار بگیرد.

هدف از این پژوهش طراحی یک مدل پارامتریک برای بهینه‌سازی ابعاد پنجره ساختمان با توجه به دو عامل نور و حرارت است، به‌گونه‌ای که میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان در بخش‌های گرمایش و روشنایی بدون افزایش بار سرمایش، به حداقل ممکن برسد. درنتیجه یافتن طول و عرض بهینه پنجره، درصد بهینه جدار نور گذر در نمای ساختمان، سایه‌بان بهینه و مناسب در جداره‌های مختلف، کاهش میزان خیرگی و عدم آسایش در حضور پنجره، بررسی تأثیر نوع مصالح پنجره و جداره بر روی میزان مصرف انرژی ساختمان در اقلیم سرد و کاهش میزان مصرف انرژی مصرفی ساختمان ازجمله اهداف این تحقیق به شمار می‌رود. با توجه به این‌که تاکنون هیچ پژوهشی به تعیین سطح بهینه پنجره با توجه به دو عامل نور و حرارت در ساختمان‌های مسکونی شهر ایلام نپرداخته است، هدف اصلی این مقاله ارائه این ابعاد بهینه است.

۲. روش پژوهش

در این پژوهش ویژگی‌های عناصر موجود در طرح ازجمله جزییات جداره‌ها و پوسته‌های خارجی ساختمان، محدوده آسایش حرارتی و روشنایی افراد و همچنین سایر پارامترهای موردنیاز برای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای تعیین می‌شوند. در ادامه بر اساس این اطلاعات، مدل پارامتریک به کمک پلاگین گرس‌هاپر[۴] نسخه ۰.۰.۰۰۷۶ در نرم‌افزار راینو s5sr7 64-bit و پلاگین‌های هانی‌بی نسخه ۰.۰.۶۳ و لیدی‌باگ نسخه ۰.۰.۰۶۶ که در آن انرژی حرارتی با موتور انرژی پلاس[۵] و مقادیر روشنایی با موتور اوپن استودیو[۶] محاسبه می‌شود، علت انتخاب پلاگین‌های هانی بی و لیدی باگ به دلیل امکان ایجاد یک مدل پارامتریک برای بررسی و توسعه در آینده و استفاده از موتورهای اعتبارسنجی شده مانند: انرژی پلاس و اوپن استودیو می‌باشد. همچنین میزان شدت روشنایی موردنیاز برای فضای موردنظر از استاندارد مقررات ملی ساختمان اقتباس‌شده و بر این اساس تعداد لامپ‌ها با استفاده از نرم‌افزار دیالوکس[۷] Light 12 محاسبه شد. پس از به دست آوردن داده‌های موردنیاز برای محاسبات حرارتی و روشنایی، اطلاعات آب و هوایی ۳۰ سال گذشته شهر ایلام از اداره هواشناسی استان تهیه و با فایل داده‌های اقلیمی موردنیاز برای شبیه‌سازی مقایسه شد. فایل داده‌های آب و هوایی شهر ایلام با استفاده از نرم‌افزار متئونرم[۸] نسخه ۷.۱.۳.۱۸۸۷۲ به‌دست‌آمده است. این نرم‌افزار با استفاده از اطلاعات چند شهر نزدیک شهر موردمطالعه که اطلاعات آب و هوایی آن موجود است می‌تواند با دقتی قابل‌قبول اطلاعات آب و هوایی شهر موردنظر را محاسبه و در اختیار کاربر قرار دهد

۳. پیشینه تحقیق

با توجه به تأثیرگذاری خصوصیات پنجره بر روی میزان مصرف انرژی (گرمایش، سرمایش و روشنایی) ساختمان، محققان بسیاری طی سالیان متمادی به دنبال یافتن ابعاد بهینه از دید صرفه‌جویی در مصرف انرژی بوده و هستند و در این راستا پژوهش‌های متعددی در زمینه‌های مختلف موضوع صورت گرفته است که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

بر اساس مطالعات انجام‌شده، بررسی تأثیر نسبت جدار شفاف به دیوار[۹] (WWR) بر میزان مصرف انرژی ساختمان از سال ۱۹۸۰-۱۹۷۰ آغازشده است. در استانداردهای کشورهای مختلف برای یک محاسبه سرانگشتی، نسبت گشایش پنجره به کف[۱۰] (WFR) به صورت درصد بیان می‌شود. این نسبت مطابق با استاندارد نهایی اروپایی و بر اساس نور روز تعیین می‌شود که در مناطق جنوب اروپا معادل ۱۰ درصد و در مناطق شمالی آن معادل ۲۵ درصد است. همچنین درصد (WWR) با توجه به عوامل مختلفی از جمله عمق اتاق، نوع شیشه و جهت‌گیری

متغیر است و به‌طور کلی نباید از ۵۰ درصد بیش‌تر شود (قیابکلو، ۱۳۹۲). در کتاب معماری و روشنایی، در بخش اندازه پنجره با توجه به ملاحظات دیگر آمده است که بر اساس آیین‌نامه زلزله ایران، میزان (WWR) حداکثر ۲۰ درصد در نظر گرفته می‌شود که بر اساس تحقیق و تحلیل صورت گرفته با نتایج رفتار نور و حرارتی پنجره نیز مطابقت دارد (حیدری،۱۳۸۰). اوچاو و همکاران (Ochoa, Aries, Van Loenen, & Hensen, 2012) نسبت مناسب سطح پنجره به دیوار از دیدگاه آسایش بصری، روشنایی و حرارتی و صرفه‌جویی در انرژی، در جهات مختلف ساختمان با کاربری اداری در هلند با آب‌وهوای اقیانوسی را بررسی کردند و مقادیر بهینه را برای جهت‌های مختلف نما به دست آوردند. جیاوو و همکاران (Goia, 2013) در یک پژوهش به بررسی نسبت بهینه جدار شفاف در واحدی از نمای ساختمان به جدار غیر شفاف از دیدگاه صرفه‌جویی در انرژی حرارتی، سرمایشی و روشنایی در یک ساختمان اداری در سوئد پرداختند، بر اساس این پژوهش مقدار WWR مناسب در جدار جنوبی ۳۵-۴۵ درصد است. براساس تحقیق ملندو و همکاران (Melendo & Roche, 2009) WWR مناسب بر اساس اتلاف انرژی حرارتی و استفاده از روشنایی روز در ساختمان اداری واقع در لس‌آنجلس، اقلیم مدیترانه‌ای به ابعاد ۴*۴*۳ متر، ۳۰ درصد در جدار جنوب به‌دست‌آمده است. اسکات و همکاران (Scott et al., 2009) برای پنجره‌های یک ساختمان اداری به بررسی دو نوع شیشه تک و دو جداره روی آن، در چهار جهت اصلی ساختمان، در سه شهر با عرض جغرافیایی متفاوت در استرالیا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بدون توجه به عرض جغرافیایی و نوع شیشه، WWR بهینه از دید مصرف انرژی سرمایشی و روشنایی ۱۰ درصد می‌باشد. فیاض (۱۳۹۲) در یک پژوهش، سطح بهینه پنجره برای ساختمان‌های مسکونی دو شهر اردبیل و تهران با هدف تأمین بخشی از نیاز گرمایشی ساختمان را مطالعه و پیشنهاد کرد. این بررسی نشان داد که می‌توان سطح مناسبی برای پنجره‌های جنوبی ساختمان‌های مسکونی این دو شهر را تعیین کرد به نحوی که در اوقات سرد سال بخشی از نیاز گرمایشی فضاها از تابش خورشید تأمین شود و در اوقات معتدل دمای داخل در حد آسایش باقی بماند.

منتصرکوهساری، فیاض و محمدکاری (۱۳۹۳) در یک مقاله که به بررسی و تعیین ابعاد بهینه پنجره از دیدگاه نور و حرارت در شهر رشت پرداختند، مقدار WWR بهینه برای جبهه جنوبی را بین ۲۹-۱۸ درصد سطح خارجی دیوار، به‌گونه‌ای که سایه‌بان افقی با زاویه ۶۰ درجه برای رفع خیرگی وجود داشته باشد، به دست آوردند. به‌طورکلی ابعاد پنجره بهینه حداکثر ۱۰ درصد بر میزان مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد. بختیاری و کاری (بختیاری و کاری، ۱۳۹۲) در یک مقاله به بررسی تأثیر جانمایی و تعیین وضعیت بهینه پنجره در نمای ساختمان از نقطه نظر مصرف انرژی و بهره‌گیری حداکثر از روشنایی طبیعی پرداختند. در مقاله‌ای وتاشی (Alwetaishi, 2017) به بررسی انواع نسبت‌های پنجره به دیوار در اقلیم‌های مختلف که شامل گرم و خشک، گرم و مرطوب و معتدل کشور عربستان پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که سمت جنوب و شرق به دلیل جذب تابش زیاد، بدترین قسمت برای ایجاد بازشو هستند، برای اقلیم گرم خشک و گرم مرطوب بهترین نسبت ۱۰ درصد و برای اقلیم معتدل ۲۰ درصد سطح جدار خارجی است.

بر اساس تحقیقات صورت گرفته، عمق نفوذ نور در ساختمان را می‌توان ۱.۵ تا ۲.۵ برابر ارتفاع بخش فوقانی پنجره از کف اتاق در نظر گرفت. همچنین در یک فضا بهتر است فاصله میان حداکثر و حداقل روشنایی تا حد ممکن کم باشد. از این‌رو پنجره‌های افقی و پنجره مربعی زیر سقف، علاوه بر تأمین روشنایی متوسط بیش‌تر روی صفحه کار، روشنایی کم‌تری در اطراف پنجره‌ها ایجاد می‌کنند؛ لذا گزینه‌های بهتری به شمار می‌روند که در تحقیقات صورت گرفته نیز این نکته رعایت و اثبات‌شده است. همچنین در دیوارهای طویل پیشنهاد می‌شود که پنجره افقی و ممتد برای نورپردازی بدون ایجاد تضاد استفاده شود. البته در بخش ملاحظات طراحی پنجره، حداقل ارتفاع پنجره را ۱.۲۵ متر و حداقل عرض آن نصف عرض دیوار پیشنهادشده است. همچنین مساحت پنجره اتاق نشیمن کم‌تر از ۷ درصد فضای اتاق نباشد (قیابکلو، ۱۳۹۲). همچنین بر اساس کتاب معماری و روشنایی برای محاسبه عمق اتاق بر مبنای عرض آن رابطه ۱ و برای محاسبه مساحت پنجره رابطه ۲ بیان‌شده است. در این رابطه ارتفاع اتاق سه متر در نظر گرفته‌شده است. در نتیجه برای یک اتاق با عرض پنج متر، عمق اتاق برای آن‌که بتوان از نور روز استفاده کرد نباید از ۶.۲۵ متر بیش‌تر باشد (حیدری،۱۳۹۱).

$$(\frac{L}{W}) \times (\frac{L}{3}) < (\frac{20}{6}) \quad (۱)$$

L = (m) عمق اتاق

W = (m) عرض اتاق

$$S_{window} = h \times w \times 20\% \quad (۲)$$

H = (m) ارتفاع کف تا زیر آستانه بالایی پنجره

W = (m) عرض اتاق

۴. معرفی محدوده مورد مطالعه

شهر ایلام از نظر موقعیت جغرافیایی در ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و از نظر موقعیت محلی در جنوب غربی ایران قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۳ متر است (شکل ۱). این شهر در دره‌های کوهستانی بـه مساحت تقریبی ۲۵ کیلومتر مربع

در سلسله جبال زاگرس واقع‌شده است (اکبری، حسین زاده و شیری، ۱۳۹۵، ۳۲). شهر ایلام، مرکز استان ایلام است که در حصاری از کوه‌ها و ارتفاعات جنگلی استقرار یافته و آب‌وهوای معتدل کوهستانی دارد.

شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی استان ایلام در کشور

(https://fa.wikipedia.org/wiki)

۵. شبیه‌سازی

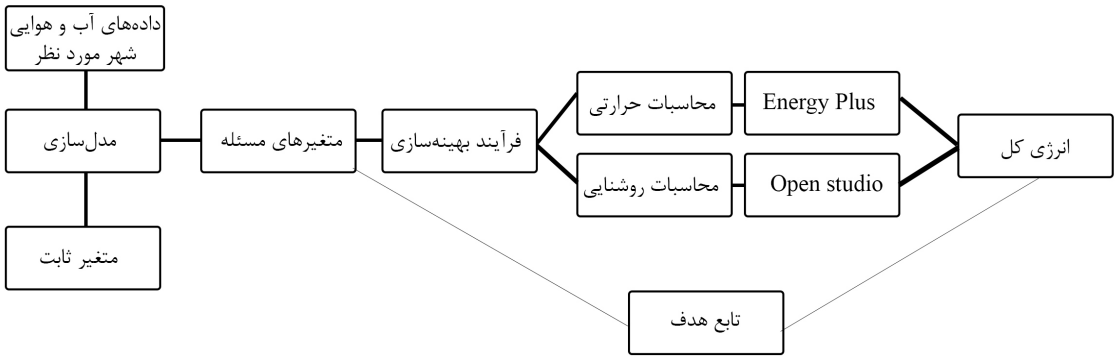
هدف از مدل‌سازی و شبیه‌سازی ساختمان، طراحی یک‌روند مناسب برای محاسبه تأثیر پنجره بر کاهش انرژی مصرفی ساختمان است. برای این منظور دو پارامتر مهم که پنجره بر آن تأثیرگذار است انتخاب‌شده است: پارامتر حرارتی و برودتی بنا که بر میزان مصرف برق یا گاز در گرمایش ساختمان نقش دارد، در کنار پارامتر روشنایی که بر میزان مصرف برق ساختمان تأثیرگذار است و در نتیجه تأثیر ساختار پنجره بر انرژی کل مصرفی ساختمان بررسی‌شده است. بدیهی است که پارامترهای دیگری از جمله نحوه همسایگی، مصالح عناصر ساختمان، تهویه و غیره نیز بر این میزان مصرف تأثیر خواهند داشت به همین دلیل مدل انتخابی به صورت پارامتریک ایجاد شده تا در آینده و در طی تحقیقات دیگر بتوان تأثیر سایر عوامل را نیز بررسی کرد.

فرآیند مدل‌سازی مصرف انرژی از نظر نور و حرارت دارای سه بخش اصلی پارامترهای ورودی، محاسبات تحلیلی و نتایج خروجی می‌باشد. در شکل ۲ فرآیند مدل‌سازی و بهینه‌سازی نمایش داده‌شده است. این مدل ترکیب چهار بخش اصلی تعریف حجم فیزیکی و ساختمان مورد بررسی و شرایط آن، محاسبات روشنایی و تعریف پارامترهای ورودی آن، محاسبات حرارتی و تعریف پارامترهای ورودی آن و فرآیند بهینه‌سازی و تعریف الگوریتم آن می‌باشد. هدف نهایی این پژوهش یافتن راهی برای کاهش هرچه بیش‌تر مصرف انرژی در بخش‌های گرمایش، سرمایش و روشنایی در ساختمان است. به این منظور تابع هدف به صورتی تنظیم‌شده است که در نهایت مصرف انرژی در هر سه بخش به کمینه برسد (مقدار عددی A در کم‌ترین حالت قرار بگیرد).

$$A = \sum Ec + \sum Eh + \sum El$$

A= مقدار مصرف انرژی سالیانه (kWh)
Ec = مقدار مصرف انرژی سالیانه برای سرمایش (kWh)
Eh= مقدار مصرف انرژی سالیانه برای گرمایش (kWh)
El= مقدار مصرف انرژی سالیانه برای روشنایی (kWh)

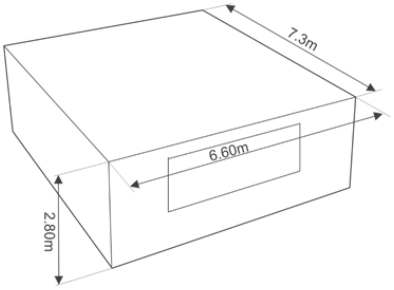
شکل ۲: فرآیند بهینه‌سازی ابعاد پنجره و نحوه محاسبات نور و حرارت



۵-۱- مدل شبیه‌سازی

برای تعیین ابعاد مناسب اتاق نشیمن در شهر ایلام از تحقیقات صورت گرفته توسط دکتر ماریا کردجمشیدی (۱۳۸۹) که به تعیین تیپولوژی ساختمان‌های مسکونی شهر ایلام از دیدگاه انرژی پرداخته است، استفاده‌شده است. نتایج حاصل از بررسی نمونه‌های مسکونی شهر ایلام نشان می‌دهد تعداد ساختمان‌های ساخته‌شده با مصالح بنایی بیش‌تر از ساختمان‌های با ساختار اسکلت (فولادی و بتنی) است (۶۲.۶ درصد با ساختار مصالح بنایی هستند) و متوسط مساحت به‌دست‌آمده برای فضای هال در نمونه‌های بنایی ۳۸ متر مربع و در نمونه‌های اسکلت ۵۰.۲۵ متر مربع می‌باشد با در نظر گرفتن این اعداد، متوسط مساحت به‌دست‌آمده برای هال در مسکن در حدود ۴۸ مترمربع به دست می‌آید. درنتیجه برای شبیه‌سازی فضایی با ابعاد ۷.۳*۶.۶ متر با ارتفاع ۲.۸۰ متر که پنجره در جداره جنوبی آن قرار دارد، در نظر گرفته شد. در این مدل کف روی خاک و جداره‌های شمالی و غربی به صورت بی‌دررو در نظر گرفته‌شده و سایر جداره‌ها در مجاور فضای خارج قرار دارند (شکل۳).

شکل ۳: ابعاد فضای نشیمن موردبررسی



۵-۲- مصالح عناصر ساختمانی

از مشکلات ساختمان‌های موجود در شهر ایلام تبادل حرارتی زیاد بین محیط داخل و هوای آزاد به دلیل عدم درزگیری مناسب اطراف بازشوها و فقدان عایق حرارتی در پوسته خارجی بنا شامل دیوارها و سقف است (کردجمشیدی، ۱۳۸۹). در این بخش با توجه به وضعیت حرارتی نامناسب جداره‌های موجود، از روش تجویزی پیشنهادشده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان برای تعیین حداقل مقاومت حرارتی جداره‌های ساختمانی استفاده می‌کنیم. در نتیجه مقاومت حرارتی جداره‌های ساختمان به شرح جدول ۱ تعیین‌شده است.

جدول ۱: مقاومت حرارتی جداره‌های مدل شبیه‌سازی‌شده

مقاومت حرارتی دیوار m^2K/W	مقاومت حرارتی بام m^2K/W	مقاومت حرارتی کف m^2K/W	مقاومت حرارتی پنجره m^2K/W
۱.۲	۱.۷	۰.۳	۰.۳۴

۵-۳- تعیین برنامه زمان‌بندی حضور افراد و سایر پارامترهای موردنیاز

از جمله پارامترهای مؤثر در میزان مصرف انرژی حرارتی و برودتی هر زون حرارتی می‌توان به برنامه حضور افراد در محیط، میزان انرژی حرارتی تولیدشده در داخل از جمله حرارت ایجادشده توسط لامپ، افراد، وسایل داخل فضا، میزان نفوذ هوای ناخواسته اشاره کرد (جدول ۲). سیستم تأسیساتی در نظر گرفته‌شده در این تحقیق ایده آل در نظر گرفته‌شده است. براساس نشریه ۱-۱۱۰ (مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی ساختمان) شدت روشنایی پیشنهادی برای فضای پذیرایی مسکونی برابر ۲۰۰ لوکس درنظر گرفته شد.

جدول ۲: پارامترهای ثابت برای شبیه‌سازی براساس استاندارد اشری

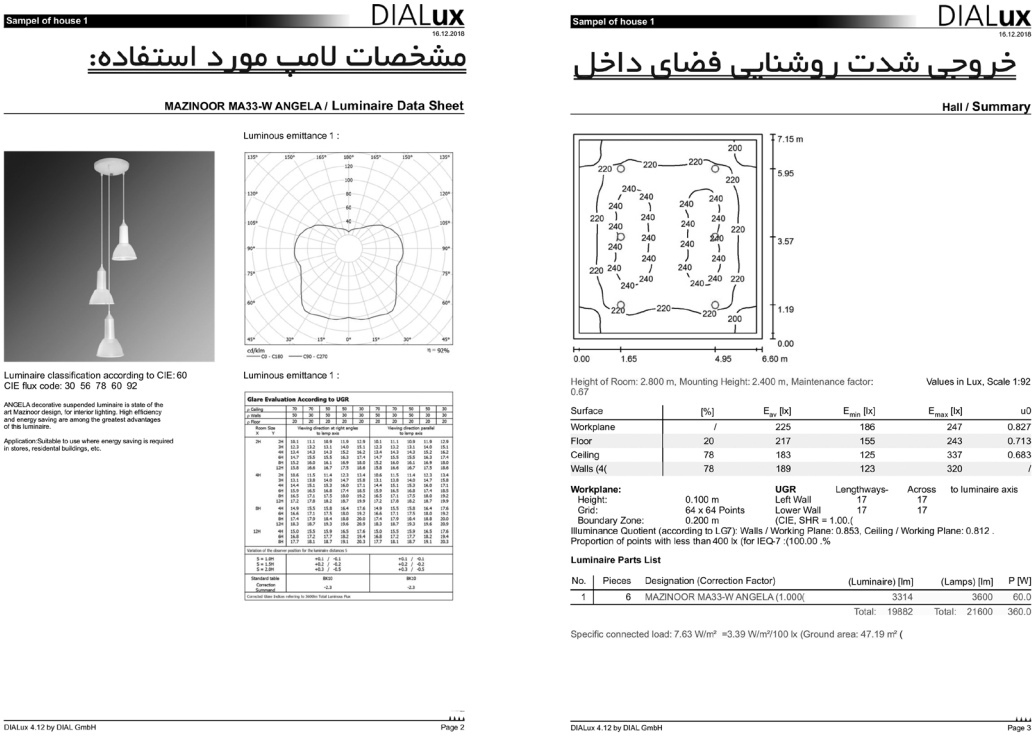
بار حرارتی وسایل به ازای هر مترمربع (W/m^2)	بار حرارتی لامپ‌ها به ازای هر مترمربع (W/m^2)	تعداد افراد به ازای هر مترمربع	درصد نفوذ هوا به ازای هر مترمربع	میزان تهویه به ازای هر فرد (m^3/s)
۱	۲.۴۵	۰.۰۳	۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۷۵

(Ashrea, 2000)

۵-۴- تعیین توان مصرفی لامپ

برای تعیین تعداد لامپ‌های موردنیاز و همچنین شدت روشنایی، فضای نشیمن در نرم‌افزار دیالوکس مدل‌سازی و موردبررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل بعد نشان داده‌شده است. برای فضای موردبررسی تعداد ۶ عدد لامپ ۶۰ W از شرکت مازی نور انتخاب شد (شکل ۴). در نتیجه شدت روشنایی درون فضا برابر $7.63\,W/m^2$ می‌باشد.

شکل ۴: نوع و شدت لامپ‌های انتخاب‌شده برای فضای موردبررسی و شدت روشنایی ایجادشده (دیالوکس)



Sampel of house 1 — DIALux 16.12.2018

خروجی شدت روشنایی فضای داخل

Hall / Summary

Height of Room: 2.800 m, Mounting Height: 2.400 m, Maintenance factor: 0.67 — Values in Lux, Scale 1:92

Surface	[%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u0
Workplane	/	225	186	247	0.827
Floor	20	217	155	243	0.713
Ceiling	78	183	125	337	0.683
Walls (4(	78	189	123	320	/

Workplane:
Height: 0.100 m
Grid: 64 x 64 Points
Boundary Zone: 0.200 m

UGR — Lengthways- Across — to luminaire axis
Left Wall 17 17
Lower Wall 17 17
(CIE, SHR = 1.00.(

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.853, Ceiling / Working Plane: 0.812 .
Proportion of points with less than 400 lx (for IEQ-7 :(100.00 .%

Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	(Luminaire) [lm]	(Lamps) [lm]	P [W]
1	6	MAZINOOR MA33-W ANGELA (1.000(	3314	3600	60.0
			Total: 19882	Total: 21600	360.0

Specific connected load: 7.63 W/m² =3.39 W/m²/100 lx (Ground area: 47.19 m² (

DIALux 4.12 by DIAL GmbH — Page 3

Sampel of house 1 — DIALux 16.12.2018

مشخصات لامپ مورد استفاده:

MAZINOOR MA33-W ANGELA / Luminaire Data Sheet

Luminaire classification according to CIE: 60
CIE flux code: 30 56 78 60 92

ANGELA decorative suspended luminaire is state of the art Mazinoor design, for interior lighting. High efficiency and energy saving are among the greatest advantages of this luminaire.

Application:Suitable to use where energy saving is required in stores, residential buildings, etc.

Luminous emittance 1 :

cd/klm — η = 92%

Luminous emittance 1 :

Glare Evaluation According to UGR

ρ Ceiling	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Walls	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Floor	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Room Size x	Viewing direction at right angles to lamp axis					Viewing direction parallel to lamp axis				
2H	14.1	14.3	14.9	15.0	15.1	14.1	14.3	14.9	15.0	15.1
3H	13.4	13.6	14.2	14.3	14.4	13.4	13.6	14.2	14.3	14.4
4H	13.1	13.3	13.9	14.0	14.1	13.1	13.3	13.9	14.0	14.1
6H	12.9	13.1	13.7	13.8	13.9	12.9	13.1	13.7	13.8	13.9
8H	12.9	13.1	13.7	13.8	13.9	12.9	13.1	13.7	13.8	13.9
12H	12.9	13.1	13.7	13.8	13.9	12.9	13.1	13.7	13.8	13.9

Variation of the observer position for the listed glare distance S

S = 1.0H	+0.1 / -0.1	+0.1 / -0.1
S = 1.5H	+0.2 / -0.2	+0.2 / -0.2
S = 2.0H	+0.3 / -0.3	+0.3 / -0.3
Standard table	IES3	IES3
Correction Summand	-2.3	-2.3

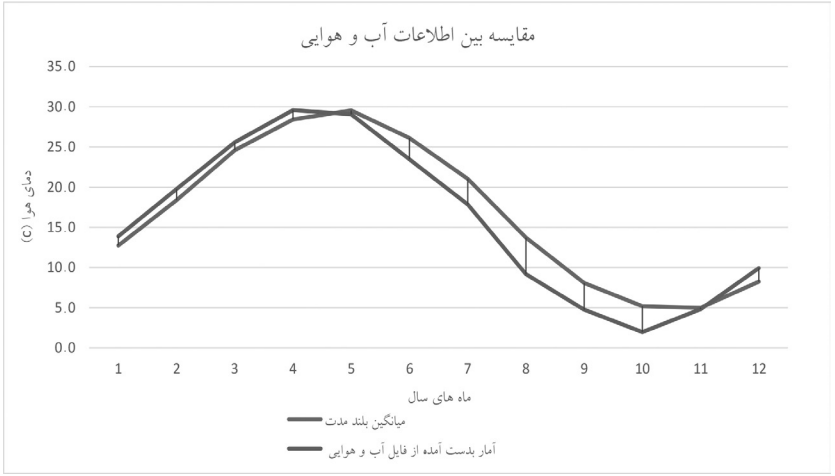
Corrected Glare Indices referring to 3000lm Total Luminous Flux

DIALux 4.12 by DIAL GmbH — Page 2

۵-۵- اعتبار سنجی اطلاعات آب و هوایی

برای شبیه‌سازی‌های انرژی نیاز به اطلاعات کامل آب‌وهوایی شهر مورد نظر می‌باشد که این اطلاعات شامل پارامترهای دمای خشک، دمای تر، جهت و سرعت باد، میزان رطوبت نسبی، تعداد روزهای یخبندان، ساعات آفتابی، درصد پوشش ابر آسمان، جهت و شدت تابش آفتاب و غیره است. این اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز اطلاعات هواشناسی مانند متئونرم به‌دست‌آمده است و با استفاده از آمار ۳۰ ساله اداره کل هواشناسی شهر ایلام اعتبار سنجی شده است. خطای جذر میانگین مربعات بین اطلاعات در حدود ۶ درصد می‌باشد که قابل قبول است (شکل ۵).

شکل ۵: مقایسه و اعتبار سنجی اطلاعات آب و هوایی



۵-۶- محدودیت‌های در نظر گرفته‌شده برای ابعاد پنجره

در این پژوهش محدودیت‌هایی برای مکان قرارگیری پنجره در نظرگفته شده است. فاصله پنجره از سقف به دلیل ضخامت سقف معادل ۴۰ سانتی‌متر، از دیوارهای کناری معادل ۳۰ سانتی‌متر و ۸۰ سانتی‌متر از کف به دلیل ارتفاع میز کار و شوفاژ و غیره، همچنین مرکز پنجره در وسط عرض دیوار در نظر گرفته‌شده است. فرآیند بهینه‌سازی در این محدوده صورت می‌گیرد (شکل ۶).

پارامترهای متغیر برای یافتن بهترین نتیجه بهینه‌سازی برای ابعاد پنجره شبیه‌سازی‌شده به شرح زیر است:
الف. عرض پنجره
ب. ارتفاع پنجره
با توجه به تغییر این پارامترها، تمامی حالات ممکن برای قرارگیری پنجره با درنظر گرفتن دامنه تغییر ۱۰ سانتی‌متر برای ابعاد محاسبه‌شده است و به این صورت ابعاد پنجره در این محدوده از صفرتا عرض۳ متر و طول ۱.۶ متر تغییر خواهد کرد.

شکل ۶: محدودیت در نظر گرفته‌شده برای فرآیند بهینه‌سازی

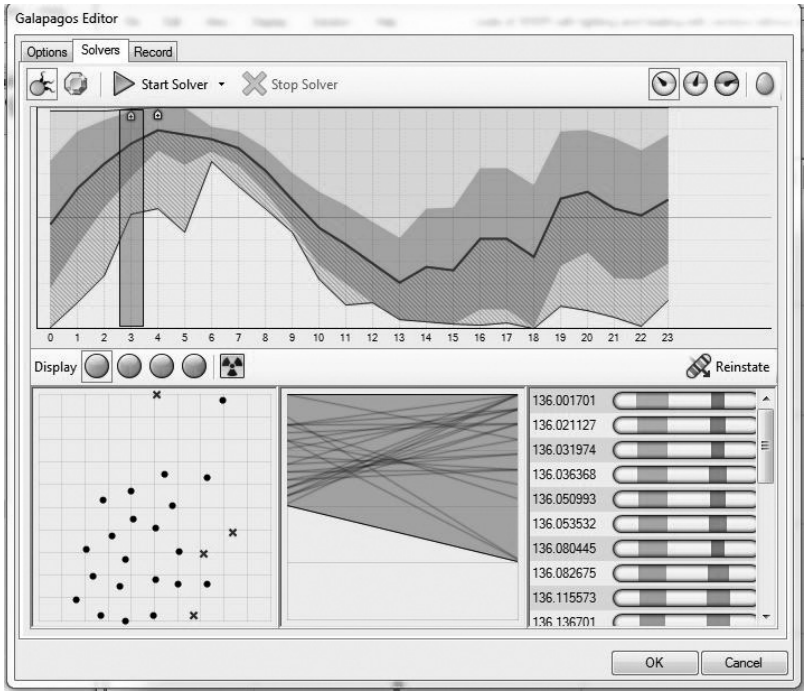
۶. بررسی نتایج حاصل از شبیه‌سازی

در این مرحله نتایج حاصل از محاسبه انرژی کل مصرفی برای سرمایش، گرمایش و روشنایی در ۴۸۰ حالت از ابعاد پنجره در دو حالت بدون سایه‌بان و با سایه‌بان براساس مبحث ۱۹ در جدارهای جنوبی و شمالی محاسبه و باهم مقایسه شده است. این روند به کمک افزونه بهینه‌سازی گالاپاگوس که با الگوریتم ژنتیک کار می‌کند بهینه‌سازی شده است. فرآیند بهینه‌سازی می‌تواند به صورت نامحدود ادامه یابد و این کاربر است که با توجه به‌دقت مورد نظر خود، با تشخیص دست‌یابی به نتایج مطلوب عملیات را متوقف می‌کند. برای آن‌که بتوان در مورد مناسب بودن جواب‌های به‌دست آمده اطمینان نسبی حاصل کرد، لازم است تا با استفاده از تکنیک‌های همچون جهش ژنتیکی (در الگوریتم ژنتیک) و تکرار عملیات (هم در الگوریتم ژنتیک و هم در الگوریتم تبرید شبیه‌سازی‌شده) سعی در کشف حالات بهینه احتمالی نمود که ممکن است در بهینه‌سازی‌های اولیه کشف نشده باشند. در این‌جا، روند تکرار عملیات بهینه‌سازی تا جایی که جواب‌های به‌دست‌آمده مشابه جواب‌های پیشین باشد ادامه می‌یابد و نیز هر چرخه بهینه‌سازی، بسته به تعداد متغیرهای مورد مطالعه، بین ۴۰۰ تا ۴۰۰۰ حالت تحلیل می‌شود. گذشته از این، با توجه به این‌که دامنه تفاوت میان بهترین جواب‌ها در کلیه چرخه‌ها بررسی‌شده، عدد ناچیزی است (کم‌تر از ۱ درصد) می‌توان احتمال وجود پاسخ یا پاسخ‌های بهینه کشف نشده را بسیار کم و قابل‌چشم‌پوشی تلقی نمود. محاسبات در این تحقیق به صورت سالانه و در تمامی ماه‌های سال بررسی‌شده است. همان‌طور که در بخش‌های پیشین ذکر شد با توجه به محدودیت‌های درنظرگرفته شده، بیشترین ابعاد پنجره برابر عرض ۶ متر و ارتفاع ۱.۶ متر خواهد بود که با توجه به دیوار درنظرگرفته شده حداکثر WWR برابر است با ۵۲ درصد می‌باشد.

۱-۶- بهینه‌سازی ابعاد پنجره جنوبی بدون سایه‌بان

متغیرهای طول، عرض و مکان قرارگیری پنجره در حالت بدون سایه‌بان در ۴۸۰ حالت آنالیز و بهینه‌سازی صورت گرفته که درنتیجه پنجره با ابعاد ۲.۸ متر عرض، ۱.۶ متر ارتفاع و در ارتفاع ۰.۸ متر از کف قرار دارد (شکل ۷). میزان WWR در این حالت برابر ۲۴ درصد است و میزان مصرف انرژی برابر ۱۳۶ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال است که از این مقدار ۱۹ کیلووات ساعت بر مترمربع مربوط به بخش روشنایی است و ۱۱۷ کیلووات ساعت بر مترمربع اختصاص به بخش حرارتی دارد.

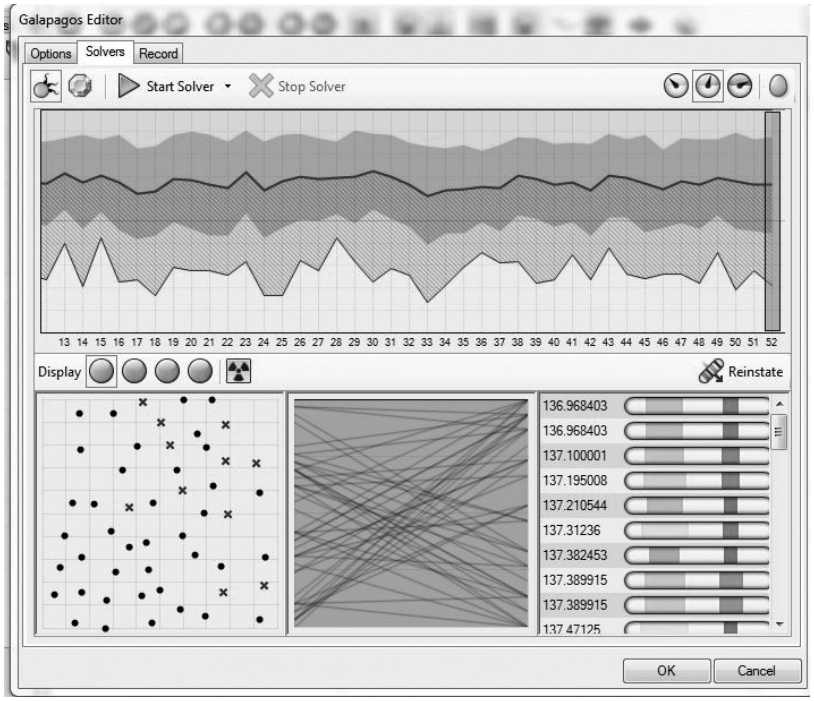
شکل ۷: ابعاد و مکان بهینه‌سازی پنجره جنوبی بدون سایه‌بان در کامپونت گالاپاگوس



۶-۲- بهینه‌سازی ابعاد پنجره جنوبی با استفاده از سایه‌بان

در این‌جا نیز متغیرهای طول، عرض و مکان قرارگیری پنجره در ۴۸۰ حالت مختلف آنالیز و بهینه‌سازی صورت گرفته است. در این الگوریتم تعداد هر نسل ۵۰ داده درنظر گرفته‌شده است که افزونه پس از یافتن نزدیک‌ترین جواب به حالت بهینه ۵۰ نسل داده دیگری تولید می‌کند تا از جواب حاصله تا حدی اطمینان حاصل کند. همان‌طور که در شکل ۸ دیده می‌شود، حالت بهینه برابر ۲.۴ عرض و ۱.۵ ارتفاع و در ارتفاع ۰.۸ متر از کف قرار دارد. میزان WWR در این حالت برابر ۱۹ درصد است و میزان مصرف انرژی برابر ۱۳۷ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال است که از این مقدار ۲۰ کیلووات ساعت بر مترمربع مربوط به بخش روشنایی و ۱۱۷ کیلووات ساعت بر مترمربع مربوط به بخش حرارتی است.

شکل ۸: نتیجه ابعاد و مکان بهینه‌سازی پنجره جنوبی با سایه‌بان استاندارد

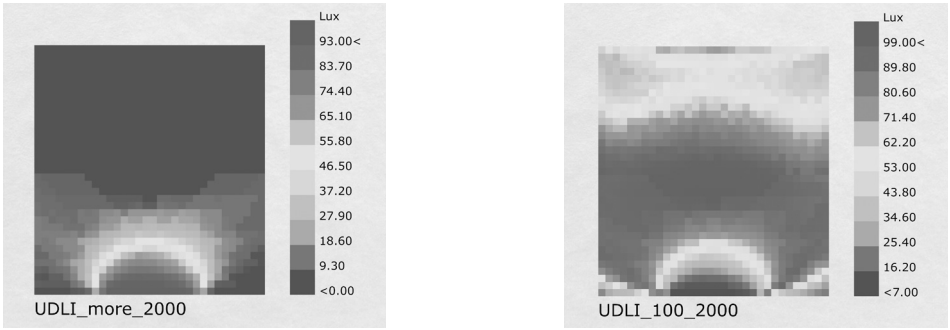


۶-۳- بررسی کیفیت روشنایی در نمونه‌های پنجره جنوبی بهینه‌سازی شده

یکی از پارامترهایی که با استفاده از آن می‌توان میزان روشنایی و کیفیت آن را در فضای اتاق به صورت سالیانه بررسی نمود شاخص UDI می‌باشد. محدوده این پارامتر از ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس درنظر گرفته‌شده است. به‌طوری‌که روشنایی در این بازه قابل تحمل خواهد بود و بیش از ۲۰۰۰ لوکس سبب خیرگی شده و کم‌تر از ۱۰۰ لوکس نیز نور کافی و خوشایندی نیست. ارتفاع موردبررسی برابر ارتفاع میز کار یعنی معادل ۰.۸۰ متر از سطح کف در نظر گرفته‌شده است.

پنجره بهینه جبهه جنوبی به‌دست‌آمده از نظر شاخص UDI موردبررسی قرار گرفت. در حالت اول پنجره جنوبی بدون سایه‌بان بررسی شد. همان‌طور که در شکل زیر مشخص‌شده است در مناطق نزدیک پنجره خیرگی ایجادشده است، اما بیش‌تر فضای اتاق دارای نور مناسب است و در محدوده آسایش بصری قرار دارد (شکل ۹). با استفاده از سایه‌بان پیشنهادی در مبحث ۱۹ می‌توان خیرگی را نزدیک پنجره کاهش داد و شرایط متعادل‌تری ایجاد کرد اما با این کار عمق نفوذ نور در فضا کاهش می‌یابد (شکل ۱۰). هر چند با استفاده از سایه‌بان میزان انرژی مصرفی بیش‌تر از حالت بدون سایه‌بان است (۱ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال) (جدول ۳)؛ اما در این حالت خیرگی کم‌تری را در نزدیک پنجره شاهد هستیم (شکل ۱۰).

شکل ۹: بررسی شاخص UDI در پنجره جنوبی بدون سایه‌بان



شکل ۱۰: بررسی شاخص UDI در پنجره جنوبی با سایه‌بان

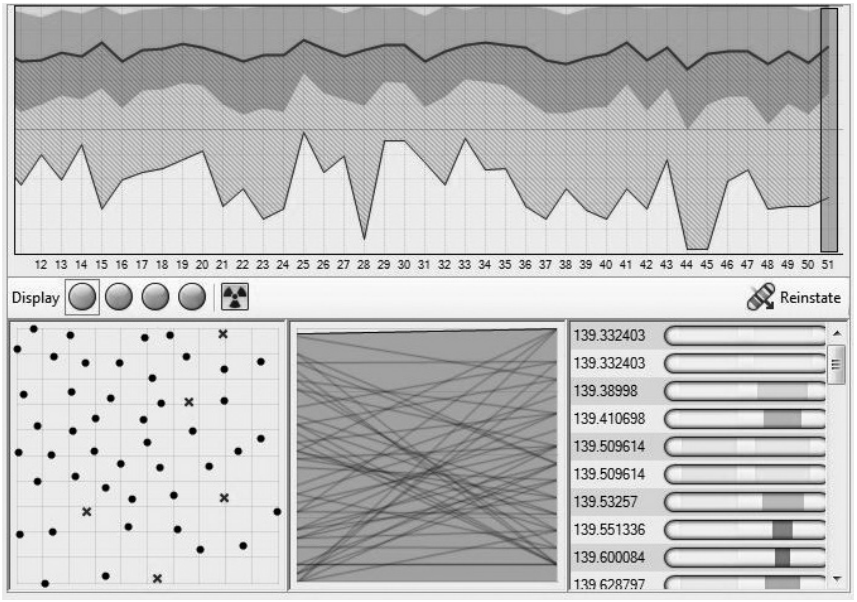
جدول ۳: مقایسه انرژی مصرف در حالت‌های مختلف پنجره جنوبی

انرژی مصرفی(kwh)	حرارتی	روشنایی	جمع سالیانه
بدون سایه‌بان	۱۱۷	۱۹	۱۳۶
با سایه‌بان پیشنهادی مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان	۱۱۷	۲۰	۱۳۷

۶-۴- بهینه‌سازی ابعاد پنجره شمالی بدون سایه‌بان

با توجه به تیپولوژی‌های تعیین‌شده برای شهر ایلام، فضای نشیمن در دو جبهه شمالی یا جنوبی قرار دارد. به همین منظور بهینه‌سازی برای جبهه شمالی نیز انجام‌شده است. درنتیجه ابعاد بهینه برای این جبهه برابر ۱ متر عرض و ۰.۸۰ متر ارتفاع و در ارتفاع ۰.۸ متر از کف قرار دارد و میزان WWR در این حالت برابر ۴ درصد است و میزان مصرف انرژی برابر ۱۴۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال است که از این مقدار ۲۱ کیلووات ساعت بر مترمربع مربوط به بخش روشنایی و ۱۲۴ کیلووات ساعت بر مترمربع بخش حرارتی است (شکل ۱۱).

شکل ۱۱: نتیجه ابعاد و مکان بهینه‌سازی پنجره شمالی بدون سایه‌بان



۷. نتیجه‌گیری

در این مقاله ابعاد بهینه پنجره در ضلع شمالی و جنوبی اتاق نشیمن متداول در یک ساختمان مسکونی در شهر ایلام از دو دیدگاه نور و حرارت به‌دست آمد. در این فرآیند دو پارامتر روشنایی روز و مصرف انرژی ساکنین به‌طور هم‌زمان مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت تا با بهینه‌سازی ابعاد پنجره میزان مصرف انرژی سالیانه به حداقل ممکن برسد.

به‌طورکلی از تحلیل‌های انجام‌شده نتیجه می‌شود که یک اتاق نشیمن نمونه در شهر ایلام به عرض ۶.۶۰ متر و طول ۷.۱۵ متر و به ارتفاع ۲.۸۰ متر، به‌گونه‌ای که جبهه جنوب و شرق آن با فضای بیرون در ارتباط باشد و سایر اضلاع بی درو در نظر گرفته شود، از میان چهار جهت اصلی برای قرارگیری پنجره، جهت جنوب بهترین حالت است. در این جبهه WWR در حالت بدون سایه‌بان برابر ۲۴ درصد و میزان مصرف انرژی برابر ۱۳۶ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال است که از این مقدار ۱۹ کیلووات ساعت بر مترمربع مربوط به بخش روشنایی است و ۱۱۷ کیلووات ساعت بر مترمربع اختصاص به بخش حرارتی دارد و WWR در حالت با سایه‌بان مبحث ۱۹ برابر ۱۹ درصد است و میزان مصرف انرژی برابر ۱۳۷ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال است که از این مقدار ۲۰ کیلووات ساعت بر مترمربع مربوط به بخش روشنایی و ۱۱۷ کیلووات ساعت بر مترمربع مربوط به بخش حرارتی است که در این حالت می‌توان از ایجاد پدیده خیرگی جلوگیری کرد. در جبهه شمالی میزان WWR برابر ۴ درصد است و میزان مصرف انرژی برابر ۱۴۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال است که از این مقدار ۲۱ کیلووات ساعت بر مترمربع مربوط به بخش روشنایی و ۱۲۴ کیلووات ساعت بر مترمربع اختصاص بخش حرارتی دارد.

حائز اهمیت است که این نتایج محدوده بهینه، می‌تواند در پژوهش‌های آتی با درنظر گرفتن پارامترهای دیگری چون تهویه، رطوبت، آسایش بصری و غیره در کنار دو پارامتر روشنایی و حرارتی به طور هم‌زمان، نسبت دقیق سطح بهینه پنجره را در شهر ایلام مشخص کند.

پی‌نوشت

1. Rhinoceros
2. Honeybee
3. Ladybug
4. Grasshopper
5. EnergyPlus
6. Open Studio
7. DiaLux
8. Meteonorm
9. Window Wall Ratio
10. Window Floor Ratio

فهرست منابع

- اکبری، طیبه؛ حسین‌زاده، جعفر؛ و شیری، اردشیر. (۱۳۹۵). «بررسی مطلوبیت فضاهای گذران اوقات فراغت شهروندان ایلام (مطالعه موردی : فضاهای سبز شهری)»، *فرهنگ ایلام*، ۲۵-۳۹ . http://www.farhangeilam.ir/&url=http:/www.farhangeil-am.ir/article_47058.html?lang=en
- بختیاری، وحید، و محمدکاری، بهروز. (۱۳۹۲). «تعیین وضعیت بهینه پنجره در نماهای ساختمان‌های اداری شهر شیراز، همایش تخصصی روشنایی و نورپردازی ایران. https://civilica.com/doc/239655/
- حیدری، شاهین. (۱۳۹۱). معماری و روشنایی. دانشگاه تهران.
- حیدری، شاهین. (۱۳۸۰). معماری و روشنایی، چاپ‌اول، تهران، انتشارات دانشگاه‌تهران.
- فیاض، ریما. (۱۳۹۲). «سطح بهینه پنجره ساختمان‌های مسکونی در اردبیل و تهران»، نامهی معماری و شهرسازی، *دوفصلنامه دانشگاه هنر*، شماره ۱۰. https://dx.doi.org/10.30480/aup.2013.122
- قیابکلو. زهرا. (۱۳۹۲). مبانی فیزیک ساختمان ۵، نور روز. جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، ۳۸.
- کردجمشیدی، ماریا. (۱۳۸۹). شناسایی تیپولوژی مسکن در ایلام بر مبنای شاخصهای بهینه سازی مصرف انرژی، طرح پژوهشی درون دانشگاهی. دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ایلام.
- کسمائی، مرتضی؛ محمدکناری، بهروز؛ و نظری، نادره. (۱۳۸۹). مشخصات کاربردی و جزئیات عایق کاری حرارتی ساختمان در پهنه های مختلف اقلیمی ایران، نشر وزارت مسکن و شهرسازی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- منتصر کوهساری، آیدا؛ فیاض، ریما؛ و محمدکاری، بهروز. (۱۳۹۳). ابعاد بهینه پنجره از دیدگاه نور و حرارت در ساختمان‌های مسکونی اقلیم معتدل و مرطوب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده معماری و شهرسازی. دانشگاه هنر. https://civilica.com/doc/353524
- Alwetaishi, M. (2019). Impact of Glazing to Wall Ratio in Various Climatic Regions: A Case Study. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 31(1), 6-18. https://doi.org/10.1016/j.jksues.2017.03.001
- Ashrae. (2000). ANSl/ASHRAE Standard 55-2000, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Goia, F. (2016). Search for the Optimal Window-to-wall Ratio in Office Buildings in Different European Climates and the Implications on Total Energy Saving Potential. *SolarEnergy*, 132,467-492. https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.03.031
- Ochoa, C.E., Aries, M.B., Van Loenen, E.J., & Hensen, J.L. (2012). Considerations on Design Optimization Criteria for Windows Providing Low Energy Consumption and High Visual Comfort. *Applied Energy*, 95, 238-245. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.02.042
- Scott, C., Bekker, A., Reinhard, C., & Lyons, T.W. (2009). Late Archean Euxinia as a Window into Early Biogeochemical Cycles. In AGU Fall Meeting Abstracts, B13A-0510. https://ui.adsabs.harvard.edu/#abs/2009AGUFM.B13A0510S/abstract
- https://fa.wikipedia.org/wiki/ایلام

نحوه ارجاع به این مقاله

حیرانی‌پور، میلاد؛ فیاض، ریما؛ و مجتبی مهدوی‌نیا. (۱۴۰۰). بهینه‌سازی ابعاد پنجره با توجه به عوامل نور و حرارت در ساختمان‌های مسکونی اقلیم سرد؛ مورد مطالعاتی: شهر ایلام. نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۱۴(۳۵)، ۹۱-۱۰۱.

DOI:10.22034/AAUD.2019.185696.1881

URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_135471.html

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Armanshahr Architecture & Urban Development Journal. This is an open- access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/