Archive of SID

ISSN: 2538-2594; Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2019;9(2):117-123

Optimization of Window Proportions with an Approach to Reducing Energy Consumption in Office Buildings

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Moulaii M.M.[1] *PhD,*
Pilechiha P.*[2] *PhD,*
Shadanfar A.[2] *MSc*

How to cite this article
Moulaii M.M, Pilechiha P, Shadanfar A. Optimization of Window Proportions with an Approach to Reducing Energy Consumption in Office Buildings. Modares Mechanical Engineering. 2019;9(2):117-123.

[1]Architecture Department, Art & Architecture Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[2]Architecture Department, Kosar Institute of Higher Education, Qazvin, Iran

Correspondence
Address: Architecture Department, Kosar Institute of Higher Education, Rah Ahan Street, Qazvin, Iran. Postal Code: 3416886837
Phone: +98 (21) 44967564
Fax: +98 (21) 77803321
p.pilechiha@modares.ac.ir

Article History
Received: June 18, 2019
Accepted: July 6, 2019
ePublished: September 21, 2019

ABSTRACT

Aims Optimizing energy consumption in buildings, which includes a large part of the total energy consumed in the country, is very important. The window is also part of the interface inside and outside the building. The purpose of this research is to optimize the opening in the office in Tehran in terms of obtaining enough daylight and reducing energy consumption.

Methods Simulation and optimization of the window performed parametrically in the Grasshopper and analysis of the objectives using the Honeybee and Ladybug plugins. The spatial Daylight Autonomy (sDA) and the Energy Use Intensity (EUI) calculated for proportions and varied window positions in eight variable directions.

Findings The windows on the eastern north rotation and later in the east rotation had the best results. The window to wall ratio was 20% to 28%, with an average length of 6.53 and 0.9 meters, respectively, for the research model, the most ideal response. The distance between the windows to wal and the sillheight were respectively 0.65 and 2.22 meters.

Conclusion Using modern simulation techniques enables building designers to have more intelligent choices in design with scientific approaches. The repeatable framework presented in this study can be used for buildings with different user positions or proportions, and ultimately enable designers to play an effective role in sustainable development by increasing their design productivity.

Keywords Window; Parametric Design; Optimum Level; Natural Light; Day Light; Reducing Energy Consumption

CITATION LINKS

[1] Simulation of energy saving in Iranian buildings using integrative modelling for ... [2] Energy performance of windows in office buildings considering daylight integration and visual comfort in hot ... [3] Aspects and issues of daylighting assessment: a review ... [4] Useful daylight illuminances: a replacement for daylight ... [5] Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation–A literature ... [6] Analysis of effective key factors in adaptability of a building in the future with an emphasis on flexibility in historical buildings ... [7] Dynamic daylight performance metrics for sustainable building ... [8] The daylit area–Correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability ... [9] Approved method: IES spatial Daylight autonomy (sDA) and annual sunlight exposure ... [10] Useful daylight illuminances: A replacement for daylight ... [11] Review of building energy-use performance benchmarking .... [12] An investigation of daylighting performance and energy saving in a daylit ... [13] Daylighting handbook: fundamentals, designing with the ... [14] Effects of luminous environment on worker productivity in building ... [15] Considerations on design optimization criteria for windows providing low energy consumption and high visual ... [16] Lighting and cooling energy consumption in an open-plan office using solar film ... [17] A review of daylight illuminance determinations and energy ... [18] An ideal window area concept for energy efficient integration of daylight and artificial light in ... [19] Impact of window blinds on daylight-linked dimming and automatic on/off lighting ... [20] Properties, requirements and possibilities of smart windows for dynamic daylight and solar energy control in buildings: a state-of-the-art ... [21] Optimising energy consumption in offices as a function of window area and room ... [22] Efficient lighting in buildings: The lack of legislation in ... [23] Estimation of" daylight autonomy" and" useful daylight illuminances" for industrial parks of ... [24] A simulated-based neural network algorithm for forecasting electrical energy consumption in ... [25] The effect of window position and window size on the energy demand for heating, cooling and electric ... [26] Daylighting impacts on human performance in ... [27] Development and validation of a Radiance model for a translucent ...

Copyright© 2019, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

www.SID.ir

Archive of SID

بهینه‌سازی تناسبات بازشو و جبهه نورگیری با رویکرد کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری

محمدمهدی مولایی PhD
گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
پیمان پیله‌چی‌ها* PhD
گروه معماری، موسسه آموزش عالی کوثر، قزوین، ایران
عطیه شادانفر MSc
گروه معماری، موسسه آموزش عالی کوثر، قزوین، ایران

چکیده
اهداف: بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها که بخش بزرگی از کل انرژی مصرف‌شده در کشور را شامل می‌شوند، اهمیت زیادی دارد. پنجره نیز به‌عنوان رابط محیط داخل و خارج ساختمان بخش تاثیرگذاری بر این مساله است. هدف از این پژوهش، بهینه‌سازی بازشو در فضای اداری در شهر تهران از نظر دریافت نور کافی و کاهش مصرف انرژی است.
روش‌ها: شبیه‌سازی و بهینه‌سازی بازشو به‌صورت پارامتریک در گرسهاپر و آنالیز اهداف با استفاده از پلاگین هانیبی و لیدیباگ صورت گرفت. اتونومی فضایی نور روز و شدت مصرف انرژی برای تناسبات و موقعیت‌های متنوع پنجره در هشت جهت متغیر محاسبه شد.
یافته‌ها: پنجره در جبهه شمال شرقی و بعد از آن در شرق، بهترین نتایج را داشته‌اند. نسبت پنجره به دیوار ۲۰ تا ۲۸% با طول و عرض به‌ترتیب به‌طور میانگین ۶/۵۳ و ۰/۹متر برای مدل پژوهش ایده‌آل‌ترین پاسخ ممکن بود. فاصله جداره پنجره‌ها از لبه دیوار و فاصله لبه بالای پنجره از کف به‌ترتیب به‌طور میانگین ۰/۶۵ و ۲/۲۲متر بود.
نتیجه‌گیری: استفاده از روش‌های نوین شبیه‌سازی مقداری طراحان را قادر سازد تا با رویکردهای علمی، انتخاب‌های آگاهانه‌تری در فرآیند طراحی داشته باشند. چارچوب قابل تکرار ارایه‌شده در این پژوهش می‌تواند برای ساختمان‌هایی با کاربری یا موقعیت و تناسباتی متفاوت به کار گرفته شود و درنهایت طراحان را قادر سازد که با افزایش بهره‌وری فضا، نقشی موثر در توسعه پایدار داشته باشند.
کلیدواژه‌ها: پنجره، طراحی پارامتریک، سطح بهینه، روشنایی طبیعی، نور روز، کاهش مصرف انرژی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۱۵
*نویسنده مسئول: p.pilechiha@modares.ac.ir

مقدمه

ساختمان‌ها یکی از مهم‌ترین قسمت‌هایی هستند که امروزه انرژی زیادی مصرف می‌کنند و تلاش برای افزایش کارآیی مصرف در آنها، می‌تواند اثرات مفید گسترده و قابل توجهی در بهینه‌سازی مصرف انرژی داشته باشد. آمار منتشرشده نشان می‌دهد مصرف انرژی در بخش ساختمان حدود ۳۷% کل انرژی مصرفی کشور بوده، که در این میان ساختمان‌های عمومی و دولتی ۷۰% مصرف این انرژی را به خود اختصاص داده‌اند[1].

پنجره با ابعاد بهینه، یکی از عناصر مهم ساختمان‌ها است که در صرفه‌جویی مصرف انرژی الکتریکی و حرارتی بسیار موثر است[2]. در ساده‌ترین نگاه و تعریف در مورد پنجره‌های ساختمان می‌توان گفت، پنجره‌ها یکی از بخش‌های اصلی ساختمان هستند که وظیفه تامین روشنایی داخل ساختمان در طول روز، تهویه و دید به بیرون را فراهم می‌آورند، اما در این تعریف هیچ‌گونه دید مهندسی لحاظ نشده است، حال آن که تناسبات و محل قرارگیری پنجره‌ها نقش مهمی در بهره‌وری انرژی ساختمان بر عهده دارند. به همین جهت تلاش شده است در مقاله پیش‌رو با روش مدل‌سازی ساختمانی اداری در شهر تهران و شبیه‌سازی میزان نور طبیعی دریافتی و نیز مصرف انرژی، اندازه مناسب بازشو به دست آید.

هدف از این پژوهش یافتن سطح بهینه بازشو در جهات مختلف جبهه‌های ساختمانی برای دریافت نور کافی و مفید روز و همچنین کاهش مصرف انرژی در ساختمان است. به عبارت دیگر هدف، یافتن اندازه پنجره‌ای است که در عین حالی که مناسب‌ترین میزان نور روز را برای فضا تامین می‌کند، مصرف انرژی را در ساختمان به حداقل برساند.

چهارچوب نظری تحقیق

شاخص‌های پژوهش

با وجود تلاش‌های بی‌وقفه‌ای که هر روزه جامعه علمی در زمینه رشد و توسعه روش‌های سنجش و ارزیابی نور طبیعی شاهد است، تا به امروز هیچ‌کدام از شاخص‌های شناخته‌شده ارزیابی روشنایی طبیعی تضمین کافی برای نیل به کیفیت روشنایی طبیعی مناسب را ارایه ننموده است[3-5]. منظور از کیفیت نوری مناسب دستیابی به حالتی است که علاوه بر افزایش کارآیی، خوانایی و مصرف بهینه انرژی، جذابیت، شادابی و سلامت ساکنین را نیز مد نظر قرار دهد. اگرچه انجام محاسبات روشنایی براساس شاخص‌های شناخته‌شده موجود شرط لازم برای رسیدن به کیفیت نوری مناسب است ولی به‌منظور حصول نتیجه مطلوب کماکان به دانش، تجربه و سابقه طراح در فرآیند طراحی نیاز است[6].

در حالت کلی دو نوع ارزیابی ایستا و پویا نور روز در ساختمان وجود دارد. در ارزیابی پویا با توجه این که مجموعه‌ای از اطلاعات اقلیمی مستخرج از فایل آب و هوایی منطقه استفاده می‌شود، بنابراین برای ارزیابی کمیت و کیفیت نور روز که ذاتاً به‌صورت لحظه‌ای متغیر است مناسب‌تر بوده و امروزه بیش شبیه‌سازی نوع ایستا مورد توجه و استفاده کاربران قرار دارد. در روش شبیه‌سازی پویا پس از انتخاب دوره مشخصی از سال یا تمام طول سال، میزان مصرف انرژی، نحوه و میزان روشنایی فضا در طول آن دوره (براساس تغییرات میزان نور روز وابسته به تغییرات آب و هوایی در طول سال) اندازه‌گیری می‌شود[7].

شاخص‌های متداولی برای ارزیابی روشنایی طبیعی پویا تعریف شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. اتونومی نور روز از شاخص‌های ارزیابی نور روز پویا بوده و برای یک نقطه معین در فضای داخلی معادل است با درصدی از زمان‌های مورد استفاده ساختمان در سال که در آن سطح روشنایی مورد نیاز آن فضا که براساس نوع کاربری آن

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین می‌شود، به‌تنهایی توسط روشنایی طبیعی قابل دسترس باشد[8]. از آنجایی که این شاخص شناختی فضایی از نور در محیط ارایه نمی‌دهد، شاخص دیگری به نام اتونومی فضایی نور روز تعریف شده است[9]. این واحد ارزیابی روشنایی، درصدی از سطح فضای کاری داخلی را که به روشنایی طبیعی کافی دسترسی دارند تعیین می‌کند. براساس پیشنهاد جامعه مهندسان روشنایی به‌منظور تامین روشنایی کافی در هر نقطه از سطح فضای کاری، حداقل اتونومی نور ۵۰% با حداقل روشنایی طبیعی مورد نیاز ۳۰۰لوکس در زمان‌های کاری بین ۸ صبح تا ۶ بعدازظهر تعریف شده است. پس این شاخص به‌صورت $sDA_{300/50}$ تعریف می‌شود[9]. در بعضی پژوهش‌ها از شاخص دیگری استفاده می‌شود که برای کران بالای نور نیز محدودیت قائل می‌شود تا از احتمال وقوع خیرگی اجتناب کند. این شاخص که روشنایی مفید روز نام دارد، همانند اتونومی نور روز، از شاخص‌های پویا بوده و همان‌گونه که از اسم آن بر می‌آید نشان‌دهنده آن است که روشنایی طبیعی در دسترس در ساختمان، در چه میزان از کل زمان‌های مورد اشغال آن مفید و قابل استفاده (بین ۱۰۰ تا ۲۰۰۰لوکس) بوده و نیز چه درصدی از آن خیلی تاریک (کمتر از ۱۰۰لوکس) یا خیلی روشن (بیش از ۲۰۰۰لوکس) است[4, 10]. در این پژوهش شاخص اتونومی فضایی نور روز مورد استفاده قرار گرفته است تا ضمن ایجاد درک فضایی از کفایت نور در اتاق، به شبیه‌سازی یکپارچه نور و انرژی هم کمک کند. برای شبیه‌سازی انرژی هم از شاخص شدت مصرف انرژی استفاده شده است. این شاخص که برای بررسی کارآیی مصرف انرژی به کار می‌رود، برابر با متوسط میزان مصرف انرژی ساختمان در یک مترمربع است[11].

پیشینه پژوهش

همان‌طور که گفته شد گسترش روزافزون نیاز به انرژی، محدودیت منابع فسیلی، آلودگی محیط زیست، گرم‌شدن کره زمین و اثرات پدیده گلخانه‌ای، لزوم صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی و توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر را ضروری ساخته است. نور روز نه‌تنها از لحاظ کیفیت بیشترین تطابق را با پاسخ‌های دیداری انسان دارد[12]، بلکه بر سلامت روان و حس آرامش افراد در فضا نیز تاثیرگذار بوده[13] و در ایجاد احساس آرامش و نیز افزایش بهره‌وری و رضایتمندی در محیط‌های کاری موثر است[14].

در میان اجزای ساختمانی، پنجره‌ها همواره از نظر انتقال حرارت از نقاط ضعیف ساختمان محسوب می‌شوند[2]. در ایران که روی کمربند آفتابی زمین در نیمکره شمالی واقع شده است، نقش پنجره از نظر دریافت نور طبیعی و رایگان و همین‌طور انتقال گرمای نابشی خورشید به داخل اهمیت بسیار دارد.

در مورد پنجره‌ها و تاثیر آنها در نور و انرژی تحقیقات بسیاری صورت گرفته است که دامنه وسیعی از موضوعات را شامل می‌شوند[15-20]. این تحقیقات در چند شاخه اصلی هستند که از جمله آنها می‌توان به سطح بهینه پنجره از نظر دریافت تابش خورشید و اتلاف حرارت، میزان سطح بهینه برای دریافت نور روز و بررسی تاثیر اجزای پنجره مانند انواع شیشه‌ها از نظر اتلاف حرارت و دریافت نور روز، بهینه‌سازی قاب پنجره‌ها، درزبندی‌ها و غیره اشاره کرد. در تحقیق صورت‌گرفته برای سطح پنجره مناسب در ساختمان‌های اداری برای هفت شهر در برزیل و یک شهر در انگلستان در عمق‌های مختلف اتاق، نتایج نشان می‌دهد برای عمق بیشتر اتاق و عرض کمتر نما، سطح پنجره بزرگ‌تری نیاز است تا نور و حرارت کافی در اتاق تامین شود[21].

در بسیاری از کشورها اندازه‌گیری کمی شدت روشنایی و انرژی مصرفی از الزامات قانونی در طراحی است تا بتوان سیاست‌ها و استراتژی‌های لازم را برای کاهش انرژی مصرفی با حفظ کیفیت روشنایی به‌خصوص شدت روشنایی، اتخاذ نمایند[22]. نورپردازی همواره بخش تفکیک‌ناپذیر از محیط زندگی انسان را تشکیل می‌دهد و حدود ۸۰ تا ۸۵% تاثیرگذاری ما از جهان از طریق ارتباط بصری با محیط حاصل می‌شود[23]. در فضایی که نور طبیعی منبع اصلی روشنایی است، با توجه به نوع کاربری، میزان یا محدوده معینی از روشنایی مورد نیاز است[8]. بنابراین انتخاب موقعیت و تناسبات پنجره‌ها که تعیین‌کننده مصرف انرژی و الگوهای راحتی دید در ساختمان‌ها هستند، بخشی از تصمیمات اولیه و اساسی روند طراحی است که بعداً به سختی تغییر خواهد کرد. بنابراین ابعاد پنجره باید نتیجه یک فرآیند دقیق باشد که چند بعد را به‌طور همزمان در نظر بگیرد[15].

در میان هدف‌گذاری جوامع برای رسیدن به توسعه پایدار، کاهش مصرف انرژی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو دستیابی به راهکارهای کاهش مصرف انرژی به خصوص در ساختمان‌ها که اکثراً از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌نمایند، اهمیتی مضاعف می‌یابد. در این میان این راهکارها، استفاده از نور طبیعی در فضا، نقش موثری در بهره‌وری انرژی و جلوگیری از اتلاف انرژی الکتریسیته خواهد دارد. معدل سالانه مصرف انرژی الکتریکی در کشور ما حدود ۱۰۰کیلووات ساعت بر مترمربع است[24]. با احتساب حدود ۴۰% مربوط به بخش ساختمان[1]، مشخص است که صرفه‌جویی انرژی در این بخش، سرمایه ملی و ذخیره انرژی کشور را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر مطالعات نشان داده است که مصرف کلی انرژی اولیه برای روشنایی بخش اعظمی از کل مصرف انرژی را برای گرما، سرما روشنایی به خود اختصاص داده است[25]. خاموش‌کردن چراغ‌ها زمانی که نور روز می‌تواند به اندازه کافی روشنایی را تامین کند می‌تواند حجم اعظمی از هزینه‌های مربوط به انرژی روشنایی را ذخیره نماید زیرا نور روز نسبت به نور لامپ حرارت کمتری وارد فضا کرده و به دنبال آن هزینه‌های خنک‌کنندگی نیز به همین ترتیب کاهش خواهند یافت[26].

روش تحقیق

در این مقاله برای یک اتاق نمونه اداری، درصد بهینه مساحت پنجره به مساحت دیوار بیرونی و نیز مقدار بهینه عمق فضا با توجه به بهره‌مندی مناسب و حداکثری از نور طبیعی و کاهش مصرف انرژی برای هریک از جهات چهارگانه شمال، جنوب، شرق و غرب محاسبه

www.SID.ir

Archive of SID

شده است. اتاق اداری که به‌عنوان نمونه در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است در شهر تهران واقع شده و هیچ‌گونه سایه‌اندازی از طرف ساختمان‌های اطراف خود ندارد. اگرچه کلیه محاسبات و ارزیابی‌های انجام‌شده در این مقاله مختص به این اتاق نمونه است ولی از آنجایی که این مقاله بیشتر بر روند طراحی تاکید دارد، می‌توان از همین روند برای طراحی فضاهایی با تناسب تفاوت، کاربری متفاوت یا جهت‌گیری متفاوت در منطقه آب و هوایی دیگر نیز استفاده نمود.

سئوالاتی که انتظار می‌رود در پایان این تحقیق به آنها پاسخ داده شود شامل موارد زیر هستند:

۱) در طراحی بازشو برای ساختمان اداری در شهر تهران، در کدام جهت ساختمان بیشترین دریافت نور مفید روز و کمترین مصرف انرژی وجود دارد؟

۲) مناسب‌ترین نسبت سطح پنجره به دیوار در شهر تهران به‌صورت میانگین و همچنین به تفکیک برای هر جبهه چقدر است؟

۳) میانگین طول و عرض بهینه پنجره با توجه به اهداف پژوهش برای شهر تهران چقدر است؟

ابعاد اتاق اداری درنظرگرفته‌شده براساس اتاق اداری مرجع رینهارت با طول ۸، عرض ۴ و ارتفاع ۴متر در محیط راینو شبیه‌سازی شده است[27]. اتاق مورد نظر در شهر تهران و در ارتفاع ۱۵متری از سطح زمین (در طبقه چهارم) قرار گرفته است. بازشو به‌صورت پارامتریک در محیط گرسهاپر به‌صورتی که فاصله ضلع پایینی پنجره از کف اتاق ۷۶سانتی‌متر و فاصله ضلع بالایی پنجره از کف اتاق حداکثر ۲۲۸سانتی‌متر باشد، شبیه‌سازی شده است. در این مدل پارامتریک، فاصله لبه‌های بازشو از دیوارهای کناری می‌تواند بین ۱۰ تا ۷۰سانتی‌متر با پرش‌های ۲۰سانتی‌متری تغییر کند. همان‌طور که ذکر شد موقعیت لبه پایینی پنجره ثابت فرض شده است و لبه بالایی پنجره می‌تواند بین ۹۶ تا ۲۲۸سانتی‌متری از کف با پرش‌های ۲۰سانتی‌متری واقع شود. بر این اساس در چنین مدل پارامتریکی تعداد متنوعی از اندازه و موقعیت بازشو در تنها یک جهت چرخش ساختمان قابل تولید است. خصوصیات عناصر موجود در مدل پژوهش و ویژگی‌های هر کدام به‌صورت خلاصه در جدول ۱ بیان شده‌اند.

جدول ۱) خصوصیات جداره‌های دفاتر اداری

عناصر ساختمان	توضیحات
سقف	۸۰% بازتاب
دیوارها	۶۰% بازتاب
کف	۳۰% بازتاب
پنجره	۴۰% انتقال بصری
پرده پنجره	به‌طور کامل کنار زده‌شده

در ابتدا برای هر مدل از بازشو در محیط هانیبی شبیه‌سازی نور به‌صورت سالیانه صورت می‌گیرد. براساس نتیجه شبیه‌سازی، شاخص اتونومی نور فضایی محاسبه شده و علاوه بر این براساس نیاز فضا به نور مناسب، برنامه زمان‌بندی استفاده از تجهیزات الکتریکی روشنایی تدوین می‌شود. با مشخص‌شدن برنامه زمان‌بندی استفاده از تجهیزات الکتریکی، شبیه‌سازی مصرف انرژی به‌صورت به‌هم‌پیوسته با نور روز انجام شده و نتیجه آن با شاخص میزان شدت مصرف انرژی گزارش می‌شود.

پس از درنظرگرفتن تمامی مفروضات و تکمیل الگوریتم، با استفاده از گالاپاگوس بهینه‌سازی را در گرسهاپر اجرا شده است. نکته حائز اهمیت این است که مراحل تغییر اندازه پنجره‌ها و بهینه‌سازی اندازه‌ها با استفاده از گالاپاگوس برای هر کدام از ۸ جهت جغرافیایی به‌صورت جداگانه اجرا و گزارش شده است. به این صورت در انتهای کار ۸ فایل اکسل به‌عنوان خروجی (داده‌های عددی) به دست می‌آید که هر کدام به یک زاویه چرخش اتاق اختصاص دارند.

پس از انجام بهینه‌سازی برای هر هشت جهت، بهترین گزینه برای هر جهت انتخاب و در قالب جداول و نمودارها با هم مقایسه شده‌اند. در مرحله بعدی بهترین جبهه ساخت پنجره در بهترین پاسخ انتخاب شده و به بحث و بررسی در مورد آن جبهه پرداخته شده است. تلاش شده است با ارایه طیف متنوعی از مدل‌ها در جبهه مذکور، آزادی عمل طراحان در انتخاب گزینه‌های متنوع مورد لحاظ قرار گیرد.

یافته‌ها

برای بررسی و ارزیابی نتایج به‌دست‌آمده ابتدا نمونه‌ها را براساس میزان مصرف انرژی به‌صورت نزولی مرتب شدند. پاسخ‌هایی که کمترین میزان مصرف انرژی را داشته‌اند، در جدول ۲ به‌صورت تفصیلی ارایه شده‌اند.

از مقایسه مصرف انرژی مدل‌های برگزیده جدول فوق مشخص می‌شود که بازشو شماره ۱ کمترین مصرف انرژی را داشته است، بنابراین بهترین حالت قرارگیری جبهه نورگیر ساختمان در شهر تهران از نظر اهداف پژوهش در زاویه ۴۵درجه است (جهت‌گیری به سمت شمال شرقی)، و بعد از آن بهترین جبهه در زاویه ۹۰درجه قرار دارد (جهت‌گیری به سمت شرق). به همین روش مشخص می‌شود که بیشترین مصرف انرژی در قرارگیری پنجره ساختمان در زاویه ۱۸۰درجه نسبت به شمال ایجاد می‌شود (یعنی قرارگیری آن در جبهه جنوبی ساختمان). مقایسه نسبت پنجره به دیوار در بهترین مدل‌ها در تمامی جبهه‌ها نشان‌دهنده این است که نسبت پنجره به دیوار ۲۰ تا ۲۸% در شهر تهران، کمترین میزان مصرف انرژی را به دنبال دارد. با مقایسه طول و عرض مدل‌های بهینه اتاق اداری استاندارد رینهارت مشخص شده است که طول پنجره بهینه برای شهر تهران در چنین اتاقی بین ۶/۴۰متر تا ۶/۸۰متر (به‌طور میانگین ۶/۵۳متر) بوده، همچنین عرض پنجره بهینه بین ۰/۸ تا یک‌متر (به‌طور میانگین ۰/۹متر) است. با مقایسه اطلاعات فاصله جداره پنجره‌ها از لبه دیوارهای نزدیک خود مشخص می‌شود که فاصله پنجره بهینه از دیوارهای اتاق باید بین ۰/۵ تا ۰/۷متر یا به‌طور میانگین ۰/۶۵متر است.

www.SID.ir

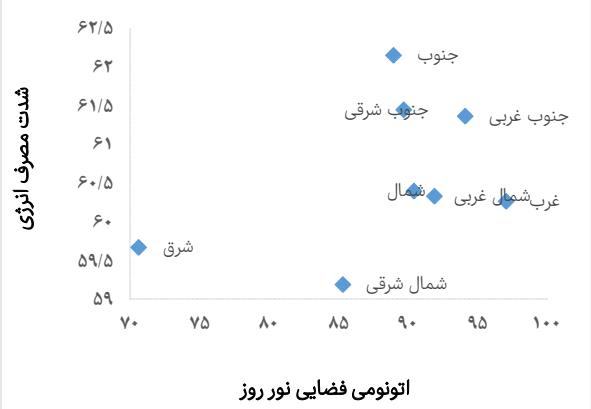
Archive of SID

همان‌طور که در بخش روش تحقیق ذکر شد، در این پژوهش، تراز بالایی پنجره از نظر ارتفاعی در محدوده ۰/۹۶ تا ۲/۲۸متری از کف واقع شده است و تراز لبه پایینی پنجره نیز ثابت و در ارتفاع ۰/۷۶متری در نظر گرفته شده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که فاصله لبه بالایی پنجره بهینه از کف به‌طور میانگین باید ۲/۲۲متر باشد.

برای مقایسه مصرف انرژی و نور دریافتی در میان گزینه‌های بهینه جبهه‌های مختلف، نمودار ۱ ترسیم شده است.

جدول ۲) مدل‌های بهینه یافت‌شده در فرآیند بهینه‌سازی برای هر جبهه ساختمانی ساختمان اداری در شهر تهران

شماره مدل	فاصله لبه پنجره از دیوار چپ (متر)	فاصله لبه پنجره از دیوار راست (متر)	فاصله لبه بالایی پنجره از کف اتاق (متر)	جبهه ساختمان (متر)	طول پنجره (متر)	عرض پنجره (متر)	نسبت پنجره به دیوار (%)	اتونومی نور روز (%)	شدت مصرف انرژی (kWh/m²)
۱	۰/۷	۰/۷	۲/۳۲	شمال شرقی	۶/۴	۰/۸۲	۲۰/۳۶	۸۵/۲۹	۵۹/۱۹
۲	۰/۵	۰/۷	۲/۳۲	شرق	۶/۶	۰/۸۲	۲۱/۱۰	۷۰/۵۹	۵۹/۶۷
۳	۰/۷	۰/۷	۲/۲۱۲	غرب	۶/۴	۱/۰۲	۲۶/۶۴	۹۷/۰۶	۶۰/۲۷
۴	۰/۷	۰/۷	۲/۳۲	شمال غربی	۶/۴	۰/۸۲	۲۰/۳۶	۹۱/۹۱	۶۰/۳۴
۵	۰/۷	۰/۷	۲/۳۲	شمال	۶/۴	۰/۸۲	۲۰/۳۶	۹۰/۴۴	۶۰/۴۰
۶	۰/۵	۰/۵	۲/۱۲	جنوب غربی	۶/۸	۱/۰۲	۲۸/۷۲	۹۴/۱۲	۶۱/۳۷
۷	۰/۵	۰/۷	۲/۱۲	جنوب شرقی	۶/۶	۱/۰۲	۲۷/۶۷	۸۹/۷۱	۶۱/۴۵
۸	۰/۷	۰/۵	۲/۱۲	جنوب	۶/۶	۱/۰۲	۲۷/۶۷	۸۸/۹۷	۶۲/۱۶
		میانگین					میانگین		
	۰/۶۳	۰/۶۵	۲/۲۲		۶/۵۳	۰/۹۲	۲۴/۱۱		

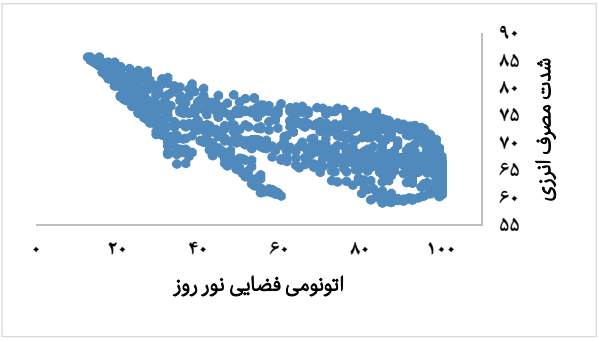


نمودار ۱) نمودار نسبت اتونومی نور فضایی به انرژی مصرفی در مدل‌های بهینه

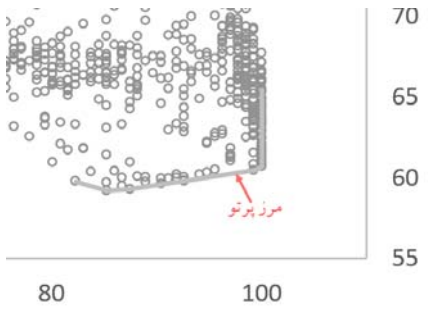
این نمودار نشان می‌دهد پنجره واقع‌شده در جبهه شرقی از نظر دریافت نور مناسب تفاوت معنی‌داری با سایر مدل‌های بهینه دارد. بنابراین طراح بهتر است به جای انتخاب پنجره در جداره شرقی از جداره‌های نزدیک به آن که بیش از ۲۰% راندمان نوری بالاتری دارند استفاده کند. با بررسی نمودار فوق از نظر مصرف انرژی مشخص می‌شود همان‌طور که پیش از این هم ذکر شد، پنجره واقع‌شده در جبهه جنوب و شمال شرقی به ترتیب بیشترین و کمترین مصرف انرژی را دارند.

براساس اهداف پژوهش تا اینجا طبق بررسی‌های انجام‌شده، به‌منظور بهینه قرارگیری بازشو در ساختمان و میانگین طول و عرض پنجره بهینه پیشنهاد داده شد. از آنجایی که پیشنهاد صرف یک گزینه برای یک جبهه تنوع مورد نظر طراحان را محدود می‌سازد، در ادامه با ارایه تحلیلی از جهت شمال شرقی، طیفی از پاسخ‌های مناسب برای انتخاب اندازه پنجره ارایه شده است. در نمودار ۲ تمامی مدل‌های (پنجره‌های) شبیه‌سازی‌شده در جبهه بهینه شهر تهران براساس مصرف انرژی و اتونومی نور فضایی نمایش داده شده‌اند.

برای انتخاب بهترین گزینه‌ها نمودار پرتو ترسیم شده است که بهینه‌ترین پاسخ‌ها را نمایش می‌دهد. این خط در نمودار ۳ که بزرگ‌نمایی قسمت نزدیک به محورهای مختصات نمودار ۲ است، بزرگ‌نمایی شده است.



نمودار ۲) نمودار مقایسه‌ای کلیه پنجره‌های واقع‌شده در جبهه شمال شرقی. مرز پرتو نزدیک‌ترین خطوط به محور مختصات را هم وصل کرده است.



نمودار ۳) نمودار بزرگ‌نمایی‌شده مرز پرتو در نمودار ۲

www.SID.ir

Archive of SID

با رسم نمودار پرتو، انتخاب بهترین پنجره‌ها از میان کلیه پنجره‌های ممکن، به پاسخ‌های روی این نمودار محدود شده‌اند. به این ترتیب برای طراح این فرصت فراهم می‌آید که برای انتخاب معقولانه‌تری برای اندازه مناسب بازشو براساس میزان دریافت نور و مصرف انرژی مد نظر داشته باشد. براساس پاسخ‌های روی این نمودار در صورتی که دریافت روشنایی مناسب برای طراح مهم‌تر از مصرف انرژی باشد می‌تواند گزینه‌های سمت راستی را انتخاب کند و در صورتی که مصرف انرژی از نظر طراح مهم‌تر باشد می‌تواند از گزینه‌های سمت چپ که روی مرز پرتو هستند، استفاده کند. در جدول ۳ مشخصات پنجره‌های واقع‌شده در نمودار پرتو را ارایه شده است.

جدول ۳) مدل‌های بهینه روی نمودار پرتو در جبهه شمال شرقی ساختمان اداری در شهر تهران

شماره مدل	فاصله لبه پنجره از دیوار چپ (متر)	فاصله لبه پنجره از دیوار راست (متر)	فاصله لبه بالایی پنجره از کف اتاق (متر)	طول پنجره (متر)	عرض پنجره (متر)	نسبت پنجره به دیوار (%)	اتونومی نور روز (%)	شدت مصرف انرژی (kWh/m^2)
۳۱۷	۰/۹	۰/۷	۲/۳۲	۶/۴	۰/۸۲	۱۹/۶۲	۸۲/۳۵	۵۹/۷۹
۷۱	۰/۷	۰/۷	۲/۳۲	۶/۶	۰/۸۲	۲۰/۳۶	۸۵/۲۹	۵۹/۱۹
۹۱	۰/۷	۰/۵	۲/۳۲	۶/۸	۰/۸۲	۲۱/۱	۸۷/۵	۵۹/۲۸
۲۱۸	۰/۷	۰/۳	۲/۳۲	۷	۰/۸۲	۲۱/۸۶	۹۰/۴۴	۵۹/۶
۲۵۷	۰/۵	۰/۱	۲/۳۲	۷/۴	۰/۸۲	۲۳/۴	۹۲/۶۵	۵۹/۷۸
۱۲۲	۰/۷	۰/۷	۲/۱۲	۶/۶	۱/۰۲	۲۶/۶۴	۹۹/۲۶	۶۰/۴۴
۱۲۹	۰/۵	۰/۷	۲/۱۲	۶/۸	۱/۰۲	۲۷/۶۷	۱۰۰	۶۰/۶۹
۸۴	۰/۳	۰/۵	۲/۱۲	۷/۲	۱/۰۲	۲۹/۷۹	۱۰۰	۶۰/۸۲
۳۲	۰/۷	۰/۵	۲/۱۲	۶/۸	۱/۰۲	۲۷/۶۷	۱۰۰	۶۰/۸۴
۲۲۱	۰/۳	۰/۷	۲/۱۲	۷	۱/۰۲	۲۸/۷۲	۱۰۰	۶۰/۸۷
۱۴۹	۰/۵	۰/۹	۲/۱۲	۶/۶	۱/۰۲	۲۶/۶۴	۱۰۰	۶۱/۰۲
۲۴۸	۰/۱	۰/۷	۲/۱۲	۷/۲	۱/۰۲	۲۹/۷۹	۱۰۰	۶۱/۰۵

حال طراح می‌تواند براساس اهمیت هر یک از فاکتورهای فاصله پنجره از لبه‌ها یا سقف یا طول و عرض پنجره از میان مدل‌های ارایه‌شده در جدول ۳، به انتخاب گزینه خود اقدام نماید و به این روش اطمینان داشته باشد که انتخاب وی از جمله نزدیک‌ترین مدل‌ها به پاسخ بهینه است.

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان تاثیر چشمگیری بر مصرف نهایی انرژی در کشور دارد. از این رو تمرکز بر بهینه‌سازی بازشوها که ضعیف‌ترین قسمت در نمای ساختمان‌های اداری بوده و انتقال انرژی بالایی دارند، اهمیت می‌یابد. این پژوهش به دنبال ارایه چارچوبی بوده است تا بتوان به‌وسیله آن، اندازه و مکان بازشو را در نمای ساختمان اداری در شهر تهران، بهینه‌سازی کرد تا در عین دریافت حداکثر نور روز، مصرف انرژی آن فضا نیز به حداقل برسد.

بر این اساس، مدل‌سازی اتاق اداری رینهارت در محیط راینو انجام شده است و با پارامتریک‌سازی اندازه و محل بازشو، مدل‌های متنوعی از پنجره در هشت جهت جغرافیایی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. بهینه‌سازی با الگوریتم ژنتیک و ابزار گالاپاگوس انجام شده است و برای هر جهت، بهترین تناسبات بازشو ارایه شده است. در عین حال در مورد بهترین گزینه که قرارگیری پنجره در جبهه شمال شرقی (۴۵درجه چرخش نسبت به شمال) است، طیفی از پاسخ‌های متنوع برای آزادبودن انتخاب طراحان ارایه شده است. نتایج نشان می‌دهد در عین مصرف انرژی پایین با استفاده از این پنجره با طول و عرض ۶/۴۰ در ۰/۸۲متر، ۸۵% فضای اتاق نور حداقل ۳۰۰لوکس را در حداقل ۵۰% از ایام سال دریافت می‌کند.

تشکر و قدردانی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است

تاییدیه‌اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است

تعارض منافع: این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد با موضوع "بهینه سازی تناسبات بازشو با رویکرد کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری" نویسنده سوم است که با راهنمایی نویسنده اول و مشاوره نویسنده دوم در موسسه آموزش عالی کوثر انجام شده است.

سهم نویسندگان: محمدمهدی، مولایی (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه (۲۰%)؛ پیمان پیله‌چی‌ها (نویسنده دوم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی/نگارنده بحث (۴۰%)؛ عطیه شادانفر (نویسنده سوم)، پژوهشگر اصلی/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۴۰%)

منابع مالی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

1- Farhanieh B, Sattari S. Simulation of energy saving in Iranian buildings using integrative modelling for insulation. Renew Energy. 2006;31(4):417-25.

2- Fasi MA, Budaiwi IM. Energy performance of windows in office buildings considering daylight integration and visual comfort in hot climates. Energy Build. 2015;108:307-16.

3- Galatioto A, Beccali M. Aspects and issues of daylighting assessment: a review study. Renew Sustain Energy Rev.

www.SID.ir

Archive of SID

16- Li DHW, Lam TNT, Wong SL, Tsang KW. Lighting and cooling energy consumption in an open-plan office using solar film coating. Energy. 2008;33(8):1288-97.
17- Li DHW. A review of daylight illuminance determinations and energy implications. Appl Energy. 2010;87(7):2109-18.
18- Ghisi E, Tinker JA. An ideal window area concept for energy efficient integration of daylight and artificial light in buildings. Build Environ. 2005;40(1):51-61.
19- Galasiu AD, Atif MR, MacDonald RA. Impact of window blinds on daylight-linked dimming and automatic on/off lighting controls. Sol Energy. 2004;76(5):523-44.
20- Baetens R, Jelle BP, Gustavsen A. Properties, requirements and possibilities of smart windows for dynamic daylight and solar energy control in buildings: a state-of-the-art review. Sol Energy Mater Sol Cells. 2010;94(2):87-105.
21- Ghisi E, Tinker J, editors. Optimising energy consumption in offices as a function of window area and room size. In: Proceedings of the 7th International IBPSA Conference; 2001 Aug 13-15; Rio de Janeiro, Brazil. Rome: Building Simulation; 2001. p. 1307-14.
22- Almeida AM, Martins AG. Efficient lighting in buildings: The lack of legislation in Portugal. Energy Policy. 2014;67:82-6.
23- Shekari S, Gholmohammadi R. Estimation of" daylight autonomy" and" useful daylight illuminances" for industrial parks of Tehran. Iran Occup Health. 2010;6(4):29-37. [Persian]
24- Azadeh A, Ghaderi SF, Sohrabkhani S. A simulated-based neural network algorithm for forecasting electrical energy consumption in Iran. Energy Policy. 2008;36(7):2637-44.
25- Bokel RM. The effect of window position and window size on the energy demand for heating, cooling and electric lighting. Build Simul. 2007:117-21.
26- Heschong L, Wright RL, Okura S. Daylighting impacts on human performance in school. J Illuminat Eng Soc. 2002;31(2):101-14.
27- Reinhart CF, Andersen M. Development and validation of a Radiance model for a translucent panel. Energy Build. 2006;38(7):890-904.
2016;66;852-60.
4- Nabil A, Mardaljevic J. Useful daylight illuminances: a replacement for daylight factors. Energy Build. 2006;38(7):905-13.
5- Yu X, Su Y. Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation–A literature review. Renew Sustain Energy Rev. 2015;52:494-503.
6- Shahbazi M, Bemanian MR, Saremi HR. Analysis of effective key factors in adaptability of a building in the future with an emphasis on flexibility in historical buildings (case study: Bu-Ali of Hamadan). Space Ontol Int J. 2017;6(1):69-78.
7- Reinhart CF, Mardaljevic J, Rogers Z. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. Leukos. 2006;3(1):7-31.
8- Reinhart CF, Weissman DA. The daylit area–Correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability metrics. Build Environ. 2012;50:155-64.
9- Heschong L, Wymelenberg V, Andersen M, et al. Approved method: IES spatial Daylight autonomy (sDA) and annual sunlight exposure (ASE). New York: Illuminating Engineering Society of North America; 2012.
10- Nabil A, Mardaljevic J. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. Energy Build. 2006;38(7):905-13.
11- Chung W. Review of building energy-use performance benchmarking methodologies. Appl Energy. 2011;88(5):1470-9.
12- Li DHW, Lam JC. An investigation of daylighting performance and energy saving in a daylit corridor. Energy Build. 2003;35(4):365-73.
13- Reinhart C. Daylighting handbook: fundamentals, designing with the sun. United States: Christoph Reinhart; 2014.
14- Abdou OA. Effects of luminous environment on worker productivity in building spaces. J Arch Eng. 1997;3(3):124-32.
15- Ochoa CE, Aries MBC, van Loenen EJ, HensenJLM. Considerations on design optimization criteria for windows providing low energy consumption and high visual comfort. Appl Energy. 2012;95:238-45.

www.SID.ir