

تحلیل عملکرد مصرف انرژی مجتمع تجاری الماس شرق بر مبنای مناسب‌ترین نوع شیشه اتریوم و رنگ آبی لاجوردی با نماد معماری اسلامی

چکیده

انتخاب نوع شیشه همواره نقش مهمی در سازه کالبدی در معماری اسلامی داشته است. این انتخاب تأثیر مستقیمی بر انرژی و مصرف آن در بناها دارد. در این میان، رنگ آبی لاجوردی به‌عنوان یکی از رایج‌ترین رنگ‌ها در معماری اسلامی مورد توجه ویژه‌ای قرار داشته است. پژوهش حاضر به موضوع نوع پنجره نورگیر داخلی در مجتمع‌های تجاری شهر مشهد به دلیل اهمیت آن در میزان بار سرمایش؛ گرمایش؛ روشنایی، تهویه و درجه حرارت داخل ساختمان پرداخته شده است. با توجه به این اهمیت، در پژوهش حاضر با استفاده از روش تحقیق تطبیقی؛ به شبیه‌سازی مناسب‌ترین نوع شیشه در مجتمع‌های تجاری دارای نورگیر داخلی با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر پرداخته می‌شود. بدین منظور ابتدا مجتمع الماس شرق شهر مشهد در نرم‌افزار شبیه‌سازی گردید و سپس به منظور تعیین مناسب‌ترین نوع شیشه نورگیر داخلی مجتمع‌های تجاری، از لحاظ تأثیر بر بارگرمایش، سرمایش، روشنایی، تهویه و درجه حرارت در مجتمع تجاری الماس شرق شهر مشهد؛ ۵ نوع شیشه انتخاب گردید و با شبیه‌سازی آن‌ها در نورگیر داخلی مجتمع تجاری مذکور در دو حالت Hvac خاموش و روشن؛ مشخص گردید که در مجتمع تجاری الماس شرق شهر مشهد به لحاظ نوع شیشه؛ شیشه ترموکورومیک مناسب‌ترین نوع شیشه در راستای کاهش درجه حرارت، میزان مصرف انرژی سرمایشی به میزان ۱۰٪، و افزایش ورود روشنایی طبیعی در مجتمع‌های تجاری اقلیم سرد و خشک شهر مشهد در هر دو حالت سیستم تهویه خاموش و روشن می‌باشد.

اهداف پژوهش:

۱. انجام شبیه‌سازی مناسب‌ترین نوع شیشه در مجتمع‌های تجاری مشهد.

۲. بررسی تأثیر نوع شیشه در مدیریت انرژی در مجتمع‌های تجاری مشهد.

سوالات پژوهش:

۱. نوع پنجره نورگیر داخلی چه تأثیری بر مدیریت جریان انرژی در مجتمع‌های تجاری مشهد دارد؟

۲. با توجه به اقلیم مشهد چه نوع شیشه‌ای برای کاربرد در مجتمع‌های تجاری مناسب‌تر است؟

کلیدواژه‌ها: نورگیر داخلی، شیشه، آسایش حرارتی، عملکرد اقلیمی، شبیه‌سازی مصرف انرژی.

مقدمه

در دهه‌های آخر قرن بیستم و در پی بحران‌های انرژی و محیط زیست لزوم کاهش مصرف انرژی و آلاینده‌های محیطی مورد توافق اغلب کشورهای جهان قرار گرفت. حدود ۵۰ درصد انرژی مصرفی جهان را ساختمان‌ها به خود اختصاص داده‌اند و از این مقدار ۲۰ درصد در ساختمان‌های تجاری امروزه استفاده می‌شود. در گذشته آتریوم به حیاط مرکزی روبروی گفته می‌شد که اتاق‌های مجاور، آن را احاطه می‌کرد. در معماری مدرن، آتریوم به فضای وسیع و گشوده‌ای اطلاق می‌شود که اغلب چندین طبقه ارتفاع داشته و با سقف شیشه‌ای یا پنجره‌های بزرگ و یا هر دو پوشانده می‌شود. در اواخر قرن ۱۹ نورپردازی طبیعی آگاهانه برای افزایش نور مطرح شد که آتریوم‌ها در این زمینه نقش ارزنده‌ای داشتند. آتریوم به نور طبیعی اجازه می‌دهد به مرکز مناطق تاریک اتاق‌های مجاور نفوذ کند و نیاز به استفاده از انرژی نورانی مصنوعی را کاهش و باعث حداکثرکردن مزایای دریافت انرژی مستقیم انرژی خورشیدی شود. آتریوم علاوه بر ایجاد ارتباط بین طبقات ساختمان فضای میانی مناسبی بین محیط داخلی و بیرونی شکل می‌دهد. نورگیرها در واقع مانند فیلتری در برابر اثرات عوامل نامناسب محیط بیرون مانند باران، برف، باد و غیره عمل کرده؛ در عین حال امکان استفاده از عوامل مطلوب محیط بیرون مانند پرتو خورشید، هوای تازه و چشم‌انداز را فراهم می‌کنند و اتلاف گرما از فضاهای مجاور را کاهش می‌دهند.

این فضاها با تحولی کالبدی از حیاط‌های مرکزی ایرانی و حیاط‌های رواق دار و اتاق‌های بدون سقف رومی تا فروشگاه‌ها و فضاهای سبز داخلی برج‌ها، در تمامی تمدن‌های بزرگ جهان مشاهده شده‌اند. پس از مشخص شدن ایجاد پدیده گلخانه‌ای در فضاهای شیشه‌ای و انباشت گرما در فضای محبوس زیر آن، روش‌هایی برای بکارگیری آن در گرمایش زمستان و تهویه تابستان برای ساختمان‌ها بدون استفاده از تأسیسات مکانیکی مطرح و با موضوع سامانه‌های ایستای خورشیدی توسعه داده شده‌اند. میزان دریافت این انرژی به شرایط اقلیمی محیط، جهت‌گیری ساختمان و ویژگی‌های کالبدی ساختمان بستگی دارد اما زمینی که بواسطه تنوع کاربری‌ها و نیازهای عملکردی بر وسعت نورگیر افزوده می‌شود و حجم آن نیز به همان نسبت بزرگ شده و سطوح وسیع شیشه‌ای پوشاننده آن به طور بالقوه تأثیرات نامناسبی به واسطه گرمایش اضافی، اتلاف حرارتی از سطوح خود، عدم هوابندی، لایه‌بندی حرارتی، اثر دودکشی و خیره‌کنندگی نور ایجاد می‌نمایند. علاوه بر این‌ها تأثیر متقابل شرایط کالبدی و محیطی بر نورگیرها از یک‌سو و شرایط درونی فضاهای مجاور نورگیر، مسائل ایمنی و تأسیساتی از سوی دیگر، طراحان را با عوامل پیچیده‌ای مواجه نموده است. از آنجا که کاهش مصرف انرژی و بکارگیری نیروهای محیطی در یک طراحی یکپارچه نیازمند تصمیماتی همه‌جانبه است، از این رو آتریوم‌ها از منظرهای مختلف و در شرایط اقلیمی متفاوت مورد بررسی و پژوهش قرار گرفته‌اند.

هدف از انجام این پژوهش، تحلیل عملکرد نوع شیشه‌نورگیر داخلی ساختمان‌های تجاری اقلیم سرد و خشک در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی است. از این رو فرضیه مطرح در نیل به این هدف این است که با شناسایی

مناسب‌ترین نوع شیشه نورگیر داخلی در ساختمان‌های تجاری اقلیم سرد و خشک می‌توان تا میزان ۲۰ درصد میزان مصرف انرژی را کاهش داد.

در دهه پنجاه جان پورتمن^۱ که مبدع به کارگیری نورگیرهای داخلی در هتل‌ها و فضاهای تجاری بود؛ آتریوم‌ها در فضاهای تجاری را مورد بررسی قرار داد و به مقایسه مفرح و گشوده آتریوم‌ها پرداخت که امکان چشم اندازی مناسب را به طبقات و سطوح ساختمان میسر می‌سازد. قابلیت‌های آتریوم‌ها در مجتمع‌های تجاری عبارتند از: مکانی برای فضاهای سبز و آب‌نما، بازی، همایش، گفتگو و کافی شاپ‌ها. در همین راستا؛ ماریا وال^۲ از عبارت فضاهایی با پوشش شیشه‌ای برای تمام فضاهای دارای نورگیرهای سقفی و گلخانه‌های بالکنی، ایوانی و حیاط‌های مرکزی مسقف استفاده کرده است. او علت برداشت‌های مختلف از عملکرد حرارتی نورگیرهای داخلی را ناشی از وابستگی شدید این فضاها به شرایط اقلیمی بیرون و عدم انطباق ویژگی‌های کالبدی نورگیر مورد مطالعه با شرایط محیط دانسته است. همچنین در پژوهشی که در سال (۲۰۱۳)، توسط گیلانی و همکارانش^۳ که با استفاده از CFDها، به تجزیه و تحلیل لایه‌بندی حرارتی ساختمان‌ها پرداختند، مشخص گردید که با کاهش سیستم‌های تهویه مطبوع می‌توان با شناخت و کنترل لایه‌بندی حرارتی در محیط داخلی ساختمان، به کارایی کارآمدتر و کنترل تهویه مطبوع دست یافت. لیلیا موسوی و همکارانش نیز در سال (۲۰۱۴) میلادی مطالعه‌ای بر روی لایه‌بندی حرارتی آتریوم به صورت تهویه طبیعی و بهره‌گیری از راهکارهای آن در طراحی انجام دادند و دریافته‌اند که تهیه هوای تازه با استفاده از تهویه طبیعی همراه با سیستم‌های غیرفعال می‌تواند لایه بندی حرارتی و تهویه آتریوم را بهبود بخشد [۱۴]. کارسلن^۴ نیز در سال (۲۰۱۶) دریافت که: مزیت احتمالی بعضی از هندسه نورگیرهای داخلی این است که: آنها می‌توانند سطح کل ساختمان را کاهش دهند. از آنجایی که انتقال حرارت معمولاً به طور مستقیم با سطح ساختمان متناسب است، این کاهش می‌تواند یک مسیر در صرفه جویی در انرژی را فراهم کند [۱۵]. سوزان باجراکاریا^۵ نیز در سال (۲۰۱۶) به شبیه‌سازی لایه‌بندی حرارتی در آتریوم‌ها با تایید ظاهر مدل‌های اولیه پرداخت و دست یافت که یک مدل ESP-r نسبتاً پایدار می‌تواند لایه‌بندی حرارتی در آتریوم‌ها را با دقت زیاد، شبیه‌سازی کند و بدین منظور علاوه بر انتقال حرارت اولیه، از نرم افزارهای شبیه‌سازی کامپیوتری استفاده می‌کند؛ الف) ظرفیت برای اجرای شبیه‌سازی با مراحل زمان تا ۱۰ دقیقه، ب) توانایی مدل‌سازی جریان توده، ج) ظرفیت انتقال تابش خورشیدی از اولین نقطه برخورد. روند اعتبار سنجی مدل، ارزش داده حرارتی را برای روزهایی با شرایط مختلف آب و هوایی متفاوت نشان داد. یک مدل شبیه‌سازی که نتایج خوبی برای داده‌های هوای یک روز را ارائه می‌دهد، لزوماً نتایج خوبی برای داده‌های آب و هوایی روزهای دیگر نیست. بنابراین مطالعات اعتبارسنجی برای مدل‌سازی آتریوم باید براساس داده‌های تجربی برای

^۱ John portman

^۲ Maria Wall

^۳ Gilani&et al

^۴ Karlsen

^۵ Susan Bajracharya

حداقل دو روز با شرایط مختلف آب و هوایی باشد. فرهودی^۶ نیز در سال (۲۰۱۶) به چگونگی ورود اشعه‌های نورخورشید به طورمستقیم به آتریوم‌های مستطیل شکل پرداخت و دریافت که اگر دیوارهای اتاق مجاور و پنجره‌ها به خوبی طراحی شده باشند، اختلاف در نفوذ نور طبیعی بین کف طبقات بالایی و میانی می‌تواند به حداقل برسد. این بدان معنی است که بین ساخت و ساز ارزان‌تر و روشنایی یکنواخت طبیعی برای مناطق نزدیک کف آتریوم مبادله‌ای وجود دارد.

تحقیق حاضر از نوع کاربردی، به لحاظ روش تحقیق از نوع شبیه‌سازی می‌باشد؛ که روش تحقیق مورد استفاده در این پژوهش براساس یک روند تجربی، اندازه‌گیری میدانی و تحلیل مقایسه‌ای است. درابتدا مطالعه عمومی از شرایط اقلیمی محدوده مرکزی، اقلیم سرد و خشک و نحوه استقرار نورگیرهای داخلی در مجتمع‌های تجاری و میزان بار سرمایش، گرمایش، روشنایی، تهویه و درجه حرارت، در شهر مشهد انجام شده و سپس مجتمع تجاری الماس شرق که دارای نورگیرداخلی در مرکز ساختمان (پوشیده شده با شیشه پلی کربنات سبز رنگ در بدنه سقف نورگیر و سازه خریا شکل می باشد) است؛ به عنوان نمونه موردی انتخاب گردید. در مرحله بعدی به وسیله نرم افزار شبیه‌ساز دیزاین بیلدر^۷ که دارای موتور تحلیل گر انرژی پلاس^۸ و قادر به تحلیل و محاسبه بار سرمایش، گرمایش، روشنایی، آسایش و تهویه در ساختمان‌ها می‌باشد؛ در طول یک سال با HVAC خاموش و روشن؛ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. (تا چگونگی میزان مصرف انرژی در خود ساختمان و آسایش حرارتی در هردو زمان خاموش و روشن بودن سیستم های HVAC مشخص شود.) زمان اندازه‌گیری‌ها از فروردین ماه تا اسفند ماه ۱۳۹۸ می‌باشد. مقدار روشنایی مطابق استاندارد اشرفی ۴۰۰ لوکس^۹ در نظر گرفته شده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به اهمیت مصرف انرژی درجهت کاهش مصرف انرژی انتقال یافته از پنجره‌ها به داخل آتریوم در مجتمع تجاری الماس شرق در شهر مشهد پرداخته شد و در این راستا جهت دستیابی به یک نوع پنجره بهینه که کمترین میزان مصرف انرژی را دارا باشد و بیشترین آسایش حرارتی را برای مراجعه کنندگان مجتمع تجاری در اقلیم سرد و خشک فراهم کند؛ میزان بهره خورشیدی، سرمایش، گرمایش، روشنایی و تهویه سالانه مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا؛ و با توجه به اهمیت میزان بهینه‌سازی مصرف انرژی در مجتمع‌های تجاری ۵ نوع شیشه (شیشه شفاف، شیشه سبز با ضخامت ۳ تا ۱۳ میلی‌متر پر شده با گاز هوا در لایه میانی، شیشه پلی کربنات، شیشه ترموکرومیک، شیشه تک لایه سبزی با ضخامت ۳ میلی‌متر و شیشه ۴ لایه لئو فیلم) انتخاب و شبیه‌سازی آن‌ها در نرم افزار دیزاین بیلدر در جهت جایگزینی شیشه نورگیر داخلی مجتمع تجاری الماس شرق انجام گردید. لازم به ذکر

^۶ FARHOUDI

^۷ Design Builderuilder

^۸ ENERGY PLUS

^۹ LUX

است که تمامی شبیه سازی هادر دو حالت HVAC خاموش و روشن انجام گرفت و مشخص گردید که در حالت HVAC خاموش (با وجود عدم توانایی ساختمان در ایجاد آسایش حرارتی)، ساختمان دارای عملکرد بهتری نسبت به HVAC روشن می‌باشد. در حالت HVAC روشن تمامی شیشه های مذکور دارای یک اندازه تهویه طبیعی بوده اند و در میزان روشنایی شیشه پلی کربنات که هم اکنون در مجتمع تجاری الماس شرق بکاررفته است؛ دارای کمترین میزان روشنایی طبیعی می‌باشد. ضمن اینکه در محاسبه بارگرمایش و سرمایش مصرفی ساختمان شیشه؛ شیشه ترموکرومیک دارای کمترین میزان بار سرمایش درساختمان و شیشه پلی کربنات کمترین میزان بار گرمایش در ساختمان تجاری الماس شرق است. در همین راستا؛ در حالت HVAC خاموش نیز شیشه ترموکرومیک دارای کمترین میزان حرارت و شیشه لئو دارای کمترین میزان رطوبت نسبی می‌باشد. برای همین مناسب ترین شیشه در مجتمع های تجاری شهر مشهد؛ شیشه ترموکرومیک با میزان تهویه و روشنایی بیشتر، درجه حرارت و میزان مصرف انرژی سرمایشی کمتر و میزان مصرف انرژی گرمایشی به مقدار ناچیزی بیشتر؛ نسبت به سایر شیشه های جایگزین و شیشه نمونه موردی(پلی کربنات)است. ضمن اینکه این نوع از شیشه ها علاوه بر جنبه عملکردی به لحاظ زیبایی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تمامی موارد انجام شده در پژوهش حاضر در صدد دستیابی به موارد ذیل صورت گرفته است:

- ایجاد رابطه بین نوع شیشه نورگیر داخلی و میزان مصرف انرژی (گرمایشی، سرمایشی، روشنایی و تهویه)
- انتخاب مناسب ترین نوع شیشه در راستای دستیابی به آسایش حرارتی و بهینه سازی مصرف انرژی را در اقلیم سرد و خشک در مجتمع های تجاری دارای نورگیر داخلی.
- راهنمایی نمودن طراحان، مهندسين و معماران مربوطه در جهت بهبود عملکرد حرارتی نورگیر داخلی در مجتمع های تجاری اقلیم سرد و خشک و همچنین بهره وری انرژی و آسایش مراجعه کنندگان .
- توسعه راه حل های ساده و کم هزینه در جهت کاهش مصرف انرژی ساختمان و هزینه های کلی عملیاتی.
- ارائه اندازه گیری تجربی برای پیشرفت الگوریتم های آینده و تایید مدل های شبیه سازی موجود.

پژوهش حاضر بیانگر بهترین نوع شیشه در جهت دستیابی به بهینه‌سازی مصرف انرژی و آسایش حرارتی در نورگیر داخلی مجتمع‌های تجاری در شهر مشهد با اقلیم سرد و خشک می‌باشد و شرایط بدست آمده از این پژوهش را می‌توان برای دیگر مجتمع‌های تجاری دارای نورگیر داخلی در شهر مشهد؛ بکار برد. ضمن اینکه جهت سنجش کاهش مصرف انرژی می‌بایست به قابلیت‌های معماری من جمله مصالح و فرم مناسب و همچنین ابعاد نورگیر داخلی پرداخته شود.

منابع:

محمودی زرنندی، مهناز. (۱۳۹۶). آتریوم‌ها و معضلات نورگیرهای مرکزی در معماری امروز ایران، کتاب نور در هنر معماری و شهرسازی ایران، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

محرابی، جهانگیر؛ کاظمیان، فرهاد. (۱۳۹۶). «عوامل موثر در کاهش مصرف انرژی در مجتمع‌های تجاری - تفریحی در راستای معماری پایدار(مطالعه موردی: شهر محمودآباد)»، دومین کنفرانس ملی یافته‌های نوع پژوهشی در عمران، معماری و شهرسازی، گرگان.

طاهباز، منصوره؛ جلیلیان، شهربانو. (۱۳۸۶). اصول طراحی معماری همساز با اقلیم در ایران، تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

Q. Luo . (۲۰۱۸). Modeling of opening characteristics of an atrium in natural ventilation, Massachusetts Institute of Technology..

J. Fernandes, C. Pimenta, R. Mateus, S. Silva, L. Bragança. (۲۰۱۵). Contribution of portuguese vernacular building strategies to indoor thermal comfort and occupants' perception, Buildings, ۵(۴۱۲۴۲-۱۲۶۴).

S.D. Christensen. (۲۰۱۴). A Model for Analyzing Heating and Cooling Demand for Atria Between Tall Buildings.

M. Niknam, N. Najafgholipour. (۲۰۱۶). The Study of Energy Efficiency by Central Atrium in Residential Complexes, INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED BIOTECHNOLOGY AND RESEARCH, ۷ ۱۶۶۴-۱۶۷۵.

L. Moosavi, N. Mahyuddin, N. Ab Ghafar, M.A.(۲۰۱۴). Ismail, Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective designs, Renewable and Sustainable Energy Reviews, ۳۴ (۲۰۱۴) ۶۵۴-۶۷۰.

L. Moosavi, N. Mahyuddin, N. Ghafar. (۲۰۱۵). Atrium cooling performance in a low energy office building in the Tropics, a field study, Building and Environment, ۹۴ ۳۸۴-۳۹۴.

N. Mak. (۱۹۹۱). Thermal stratification in atria, Bachelor of Engineering thesis, Department of Engineering, University of Wollongong.

F. Bano, M.A. Kamal. (۲۰۱۶). Examining the role of building envelope for energy efficiency in office buildings in India, Architecture Research, ۶(۵) ۱۰۷-۱۱۵.

M. Wall. (۱۹۹۶). Climate and energy use in glazed spaces, Lund University, Lund Institute of Technology, Department of Building Science.

A. Laouadi, M.R. Atif. (۲۰۰۲). Prediction model of optical characteristics for barrel vault skylights, Journal of the Illuminating Engineering Society, ۳۱(۲), ۵۲-۶۵.

S. Gilani, H. Montazeri, B. Blocken. (۲۰۱۳). CFD simulation of temperature stratification for a building space: validation and sensitivity analysis, in: ۱۳th conference of international building performance simulation association, Chambéry, France..

L. Moosavi, N. Ghafar, N. Mahyuddin. (۲۰۱۶). Investigation of thermal performance for atria: A method overview, in: MATEC Web of Conferences, EDP Sciences , pp. ۰۰۰۲۹.

L.R. Karlsen. (۲۰۱۶). Design methodology and criteria for daylight and thermal comfort in nearly-zero energy office buildings in Nordic climate, Aalborg Universitetsforlag.

S. Bajracharya. (۲۰۱۴). Simulation of Temperature Stratification in Atriums: Validation of Basic Model Features, Journal of the Institute of Engineering, ۱۰(۱) ۱۵۷-۱۷۱.