نشریه مطالعات هنر اسلامی
www.sysislamicartjournal.ir

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

سمانه زین العابدین‌زاده [۱]، حسین مدی [۲*]، مصطفی مافی [۳]

[۱] دانشجوی دکتری معماری، واحد بین‌الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی کیش، کیش، ایران. abedinzadeh@gmail.com

[۲*] (نویسنده مسئول) دکتری تخصصی، استادیار گروه معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران. hossein.medi92@gmail.com

[۳] دکتری تخصصی، استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران. m.mafi@gmail.com

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

شماره ۴۲

دوره ۱۸

صفحه ۴۴۲ الی ۴۵۷

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۸/۰۱/۰۳

تاریخ داوری: ۱۳۹۸/۱۲/۰۷

تاریخ صدور پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱

کلمات کلیدی

نورگیر داخلی،

شیشه،

آسایش حرارتی،

عملکرد اقیمی،

شبیه‌سازی مصرف انرژی.

ارجاع به این مقاله

زین العابدین زاده, سمانه, مدی, حسین, مافی, مصطفی. (۱۴۰۰). تحلیل عملکرد مصرف انرژی مجتمع تجاری الماس شرق بر مبنای مناسب ترین نوع شیشه اتریوم و رنگ آبی لاجوردی با نماد معماری اسلامی. هنر اسلامی, ۱۸(۴۲), ۴۴۲-۴۵۷.

dorl.net/dor/20.1001.1.1735708.1400.18.42.27.8

dx.doi.org/10.22034/IAS.2020.225968.1222

چکیده

انتخاب نوع شیشه همواره نقش مهمی در سازهٔ 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. باتوجه به این اهمیت، در پژوهش حاضر با استفاده از روش تحقیق تطبیقی؛ به شبیه سازی مناسب‌ترین نوع شیشه در مجتمع‌های تجاری دارای نورگیر داخلی با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر پرداخته می شود. بدین منظور ابتدا مجتمع الماس شرق شهر مشهد در نرم‌افزار شبیه سازی 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 نورگیرداخلی مجتمع تجاری مذکور در دو حالت Hvac خاموش و روشن؛ مشخص گردیدکه 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.

سؤالات 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؟

2676-7759/ © 2020 Islamic Art Press. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/)

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 درساختمان‌های تجاری امروزه استفاده می‌شود. در گذشته آتریوم به حیاط مرکزی روبازی گفته می‌شد که اتاق‌های مجاور، آن را احاطه می‌کرد. در معماری مدرن، آتریوم به فضای وسیع وگشوده‌ای اطلاق می‌شود که اغلب چندین طبقه ارتفاع داشته و با سقف شیشه ای یا پنجره های بزرگ و یا هر دوپوشانده می‌شود. در اواخر قرن۱۹ 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 برایجاد ارتباط بین طبقات ساختمان فضای میانی مناسبی بین محیط داخلی وبیرونی شکل می‌دهد. نورگیرها در واقع مانند فیلتری در برابر اثرات عوامل نامناسب محیط بیرون مانند باران، برف، باد وغیره عمل کرده؛ درعین 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، درتمامی تمدن‌های بزرگ جهان مشاهده شده‌اند. پس از مشخص شدن ایجاد پدیده گلخانه‌ای در فضاهای شیشه‌ای و انباشت گرما درفضای 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 نیزبه همان نسبت بزرگ شده و سطوح وسیع شیشه‌ای پوشاننده آن به طور بالقوه تأثیرات نامناسبی به واسطه گرمایش اضافی، اتلاف حرارتی ازسطوح 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 همه جانبه است، از این رو آتریوم‌ها از منظرهای مختلف و در شرایط اقلیمی متفاوت مورد بررسی و پژوهش قرارگرفته اند.

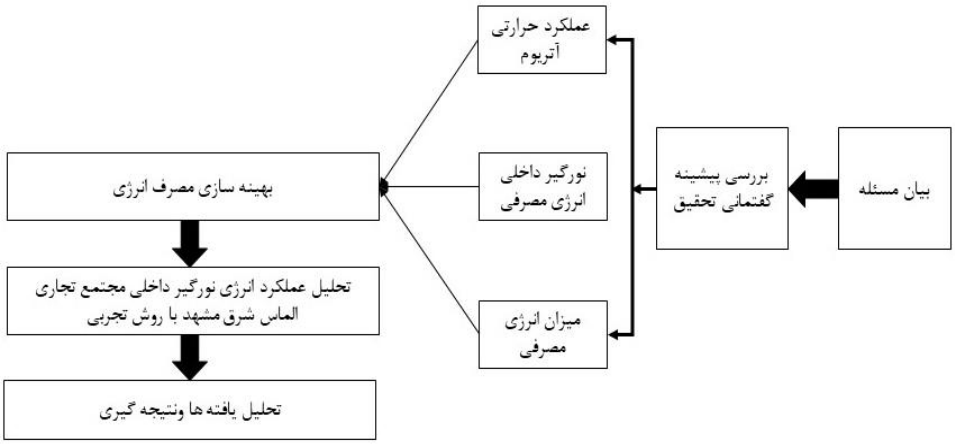
هدف از انجام این پژوهش، تحلیل عملکرد نوع شیشه نورگیر داخلی ساختمان‌های تجاری اقلیم سرد و خشک در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی است. از این رو فرضیه مطرح در نیل به این هدف این است که با شناسایی مناسب‌ترین نوع شیشه نورگیر داخلی در ساختمان‌های تجاری اقلیم سرد وخشک می‌توان تا میزان ۲۰ درصد میزان مصرف انرژی را کاهش داد.

در دهه پنجاه جان پورتمن[1]که مبدع به کارگیری نورگیرهای داخلی در هتل‌ها و فضاهای تجاری بود؛ آتریوم ها در فضاهای تجاری را مورد بررسی قرار داد و به مقایسه مفرح وگشوده آتریوم ها پرداخت که امکان چشم اندازی مناسب را به طبقات و سطوح ساختمان میسر می‌سازد. قابلیت‌های آتریوم ها در مجتمع های تجاری عبارتنداز: مکانی برای فضاهای سبز و آبنما، بازی، همایش، گفتگو وکافی شاپ ها. در همین راستا؛ ماریا وال[2]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 [3]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. لیلا موسوی و همکارانش نیز در سال(۲۰۱۴) میلادی مطالعه‌ای بر روی لایه‌بندی حرارتی آتریوم به صورت تهویه طبیعی و بهره گیری از راهکارهای آن درطراحی انجام دادند و دریافتند که تهیه هوای تازه با استفاده از تهویه طبیعی همراه با سیستم های غیرفعال می تواند لایه بندی حرارتی و تهویه آتریوم را بهبود بخشد[۱۴]. کارسلن[4]نیز در سال(۲۰۱۶) دریافت که: مزیت احتمالی بعضی از هندسه نورگیرهای داخلی این است که: آنها می‌توانند سطح کل ساختمان را کاهش دهند. ازآنجایی که انتقال حرارت معمولاً به طور مستقیم با سطح ساختمان متناسب است، این کاهش می‌تواند یک مسیر درصرفه جویی در انرژی را فراهم کند[۱۵]. سوزان باجراکاریا [5]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 شبیه سازی که نتایج خوبی برای داده‌های هوای یک روز را ارائه می‌دهد، لزوماً نتایج خوبی برای داده‌های آب و هوایی روزهای دیگرنیست. بنابراین مطالعات اعتبارسنجی برای مدل سازی آتریوم باید براساس داده‌های تجربی برای حداقل دو روز با شرایط مختلف آب وهوایی باشد. فرهودی[6]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

[1] John portman
[2] Maria Wall
[3] Gilani&et al
[4] Karlsen
[5] Susan Bajracharya
[6] FARHOUDI

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 خرپا شکل می باشد) است؛ به عنوان نمونه موردی انتخاب گردید. در مرحله بعدی به وسیله نرم افزار شبیه‌ساز دیزاین بیلدر[7] که دارای موتور تحلیل‌گر انرژی پلاس[8] 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 درخود ساختمان و آسایش حرارتی در هردو زمان خاموش و روشن بودن سیستم های HVAC مشخص شود.) زمان اندازه‌گیری‌ها از فروردین ماه تا اسفند ماه ۱۳۹۸می‌باشد. مقدار روشنایی مطابق استاندارد اشری۴۰۰ لوکس[9] در نظر گرفته شده است. مقدار روشنایی مطابق استاندارد اشری۴۰۰ لوکس[10] در نظر گرفته شده است. ضمن اینکه نتایج بدست آمده براساس نرم افزار قابل استفاده در تمامی مجتمع های تجاری اقلیم سرد و خشک دارای نورگیر داخلی در شهر مشهد می‌باشد. با توجه به اینکه تمامی مجتمع های تجاری در شهر مشهد از لحاظ تعداد طبقات یکسان هستند؛ می‌توان نتایج فوق را در دیگر مجتمع های اسن شهر نیز تعمیم داد. نمودار شکل ۱ ساختار تحقیق را نشان می‌دهد.

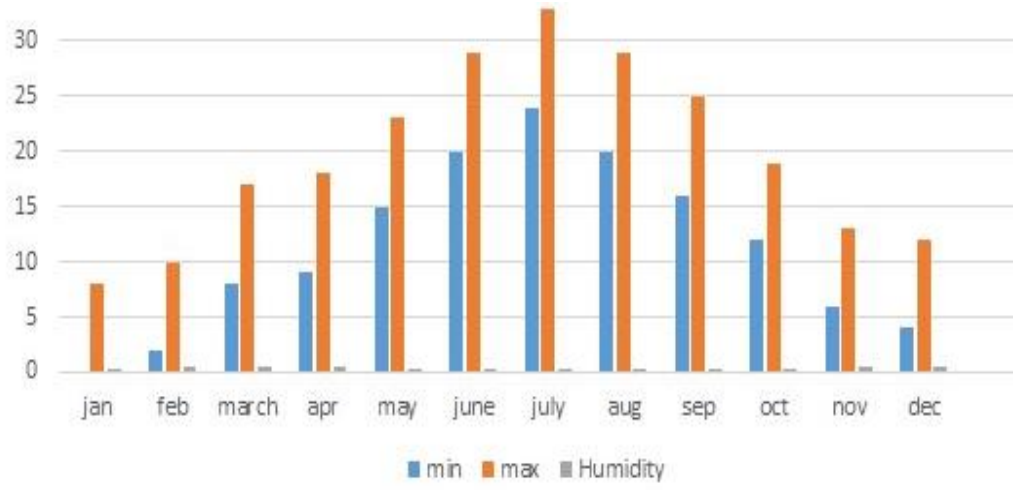


نمودار۱- مدل مفهومی تحقیق،منبع:(نگارندگان)

[7] Design Builderuilder
[8] ENERGY PLUS
[9] LUX
[10] LUX

۱.بررسی اقلیم

این پژوهش در شهر مشهد که دارای مختصات (′۳۵۹° تا ′۳۵°۶۰ درجه شرقی و′۱۲°۳۶ شمالی) است؛ انجام گرفته است. حداقل ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۷۵۰ متر و حداکثر آن ۱۸۰۰متر می‌باشد و ارتفاع متوسط شهر مشهد از سطح دریا ۹۴۳ متر است. حداکثر ارتفاع کوه‌ها در دو طرف این دره ۳۱۵۰ متر است؛ بدین ترتیب ارتفاع خط الراس کوه‌ها و خط‌القعر دره کشف رود ۲۴۰۰متر است که این امر تأثیر فراوان در تنظیم شبکه آب‌های سطح‌الارضی دارد(zahang, Bokel: 2017). بنابراین شهر مشهد دارای آب وهوای سرد وخشک می‌باشد. همانطور که درنمودار شماره ۲ نشان داده می‌شود، دمای هوا در سردترین دوره سال در این منطقه بین ۱تا۵ درجه و در گرم‌ترین روز سال ۳۵-۳۸ درجه است وحداکثر رطوبت نسبی ماهانه در مشهد ۷۲ درصد در پایان ماه دسامبر بوده و حداقل رطوبت نسبی ماهانه در ماه جولای برابر با ۱۳,۲ درصد بوده است، که این اعداد نشان دهنده این واقعیت است که اختلاف شرایط آب و هوایی در فصل های گرم و سرد زیاد است و طراحی آن دشوار است.



نمودار۲- حداقل وحداکثردمای سالانه ومتوسط رطوبت نسبی شهر مشهددر سال۲۰۱۸

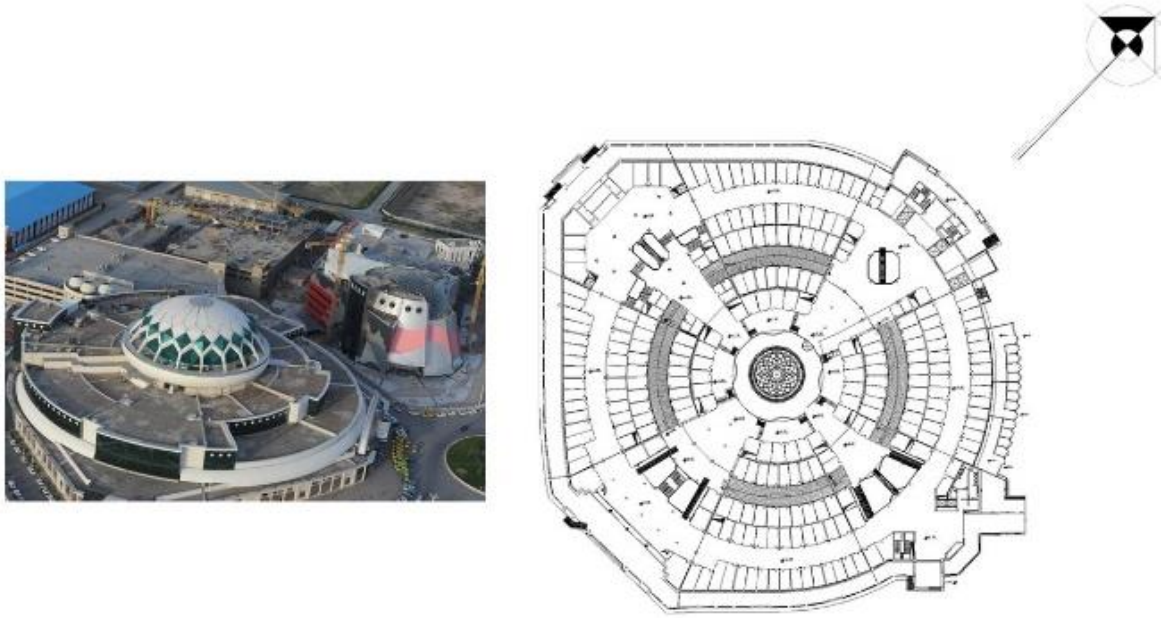
منبع: سازمان هواشناسی کشور

۲.نورگیر داخلی در مجتمع تجاری شهر مشهد

به طور کلی در مجتمع‌های تجاری شهر مشهد الگوی استفاده از نورگیرهای داخلی به صورت O شکل یا با فرم بیضی در طبقات است. نورگیرها در مجتمع های تجاری از طبقه ی ۱- شروع می‌شوند که معمولاً در طبقات۱- تا ۲+ راهروهای دسترسی به غرفه‌های تجاری ودر طبقات بالاتر (۳ + و ۴ +) محدوده‌ای از فضاهای بازی و کافی‌شاپ‌ها و رستوران‌ها را در خود جای داده‌اند و روشنایی روز را برای فضاهای مذکور تأمین می‌کنند. در برخی از مجتمع‌های تجاری ترکیب‌بندی نورگیرها شامل سازه‌های فولادی با قاب آهنی یا آلمینیومی با جداره‌ای شیشه‌ای تک جداره و دو

جداره است. معمولاً نورگیرها از نظر عایق‌بندی حرارتی، هوابندی و آب‌بندی دارای مشکل بوده و پدیده نشتی هوا، ورود باران و میعان بخار آب مشاهده شده و از سامانه‌های سایه‌بانی استفاده نشده است. در غالب نورگیرهای مجتمع‌های تجاری شهر مشهد دریچه‌های تهویه مطبوع تعبیه شده نشده است. دیوار مجاور و بدنه نورگیرها معمولاً دارای نمای سنگی یا پوشش‌های پلیمری و به رنگ روشن بوده است. مصالح به کار گرفته شده در جداره نورگیر سبک بوده و تنها درکف و سقف راهروها سازه بتنی وجود دارد و پوشش سقف نورگیرها نیز به طور معمول از پلی کربنات و در بعضی از موارد پوشش دو جداره سه لایه می‌باشد.

در این مطالعه، ابتدا، از طریق بازرسی‌های میدانی نسبت طول به عرض و ارتفاع متوسط در نورگیرهای داخلی ساختمان‌های تجاری مورد بررسی قرار گرفت. سپس از نرم‌افزار دیزاین بیلدر نسخه ۳,۲,۰,۰۷۰ جهت مدل‌سازی جنبه‌های مختلف ساختمان مانند: سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی، روشنایی و میزان مصرف انرژی استفاده شده است. ضمن اینکه مجتمع تجاری الماس شرق مشهد که دارای نورگیر داخلی می‌باشد؛ توسط نرم‌افزار عنوان شده شبیه‌سازی شده است تا اعتبار این نرم‌افزار را به عنوان یک ابزار شبیه‌سازی واقعی زیست محیطی مورد سنجش قرار دهد. همچنین اطلاعات این ساختمان مانند سیستم‌های سرمایشی، گرمایشی و میزان روشنایی در این نرم‌افزار برای شبیه‌سازی بکار گرفته شد.



شکل ۱: الف) عکس سمت راست پلان طبقه همکف الماس شرق ب) عکس سمت چپ عکس موقعیت الماس شرق

منبع: نگارندگان

جدول ۱: شرح ساختمان الماس شرق مشهد

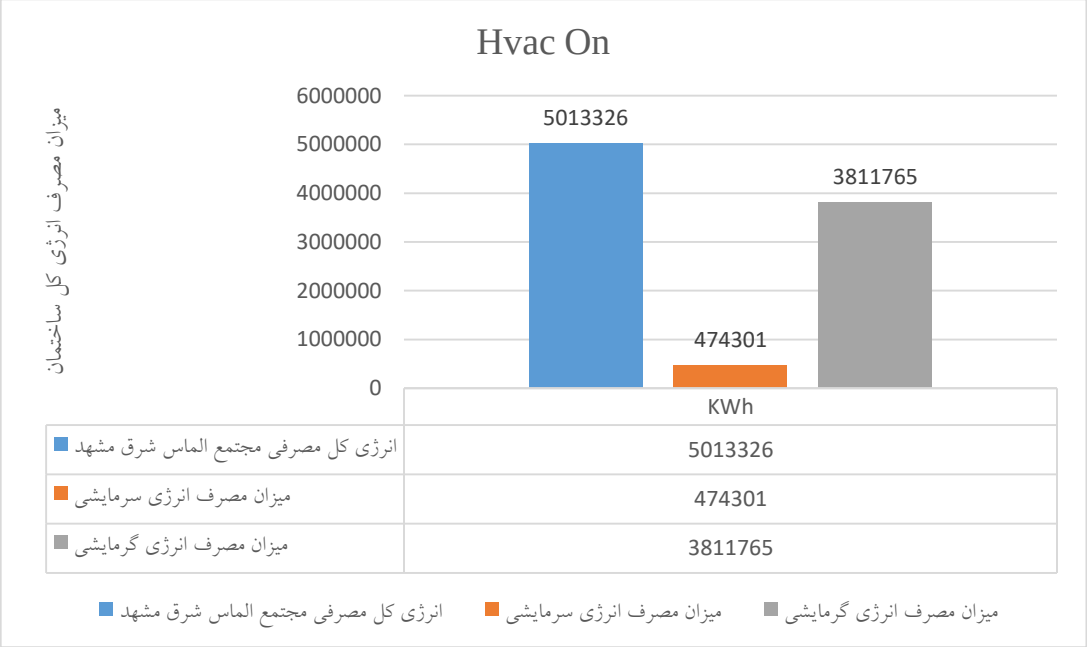
عنوان	مشخصات
نوع کاربری	تجاری
موقعیت	شهر مشهد(ایران)
فرم	دایره
تعداد طبقات	۶طبقه
مساحت زمین	حدود۵۵۰۰مترمرع
زیربنا مجتمع	۲۰۰۰۰مترمربع
ارتفاع هر طبقه	حدود۵متر
سطوح شیشه خور	۳۰۵مترمربع
درصد سطوح شیشه خور	۲۵درصد
ساعات استفاده	۹ تا۲۴

منبع: نگارندگان

مجتمع تجاری الماس شرق شهر مشهد دارای ۶ طبقه بدون احتساب پارکینگ در میدان بهارستان در شهر مشهد واقع شده است. این ساختمان دارای نورگیری به ارتفاع ۳۷متر با آسمانه کروی شکل است. قطر سیلندر در تراز کف ۱۶متر است. نورگیر از طبقه منفی یک تا طبقه چهارم توسط فضاهای مجاور خود محصور شده است و در انتها به صورت فرم کروی شکل درآمده که تنها از بدنه نورگیری دارد و شیشه‌ها از مصالح پلی کربنات به رنگ سبز تشکیل شده است. سازه ساختمان فلزی است و قاب‌های آلومینیمی شیشه دوجداره به سازه فولادی نورگیر اتصال یافته است. بازشوئی درسقف نورگیر برای مکش هوا تعبیه نشده است. بنابراین امکان ایجاد تهویه شبانه و تخلیه حرارتی در تابستان برای نورگیر وجود ندارد. از طرف دیگر، تجهیزات سایه‌اندازی و عایق‌کاری پوسته خارجی هم در این ساختمان وجود ندارد. نورگیر در تمامی طبقات دارای کانال‌های تهویه مطبوع بوده و پوشش جداره داخلی نورگیر مواد رنگی پاششی با رنگ روشن است. علاوه بر آسانسور و راه پله فولادی مارپیچی، نیز طبقات را به هم ارتباط می‌دهد.

۳.تحلیل داده‌ها با اعتبار سنجی

نتایج بدست آمده در این پژوهش براساس حل عددی و شبیه‌سازی تجربی بوده است. آتریوم مجتمع تجاری نام برده با هندسه گنبدی مورد بررسی قرار گرفت. ابعاد مدل طراحی مطابق اشکال فوق عبارت است از: مجتمع تجاری الماس شرق دارای ابعاد طول وعرض (۱۴۶×۱۳۶) متر و ارتفاع ۲۹ متر تا زیر گنبد آتریوم است، و در مرکز آن آتریومی به ابعاد ۱۶×۱۶ متر به ارتفاع۳۶/۹۷متر (از طبقه زیرزمین با احتساب ارتفاع گنبد آتریوم که۵,۴۱ مترمی باشد) قرار گرفته است. بر همین اساس؛ بعد از شبیه‌سازی ساختمان مورد نظر، میزان بهره‌برداری خورشیدی، بار سرمایش، بار گرمایش و میزان روشنایی سالانه ساختمان برای درصدهای مختلف پنجره برای شهر مشهد در مجتمع تجاری الماس شرق محاسبه شده است. لازم به ذکر است که، سیستم سرمایشی مجتمع از نوع چیلر جذبی شعله مستقیم می‌باشد و مشعل اختصاصی دارد. از ابتدای فروردین ماه سیستم سرمایشی به صورت پاره‌وقت و درگرمای بالای ۲۰ درجه محیط روشن می‌شود و عمده مصرف انرژی در ساعات بعد از ظهر همزمان با حضور حداکثر مراجعان، و از ابتدای مهرماه تا اواسط آبان‌ماه سیستم‌های سرمایش و گرمایش خاموش است. ضمن اینکه سیستم گرمایشی به دلیل گرمای طبیعی مجتمع حاصل از مراجعه‌کنندگان، نورگیر داخلی، وسایل روشنایی و... در فصول گرم مقدار بسیار کارکرد کمی دارد و با حداقل ممکن در مدار است. از این رو براساس شبیه‌سازی‌های صورت گرفته در حالت سیستم تهویه روشن مشخص گردید که: انرژی کل مصرفی مجتمع الماس شرق مشهد ۵۰۱۳۳۲۶kWh شامل انرژی‌های مصرفی در بخش سرمایش kWh ۴۷۴۳۰۱، گرمایش kWh ۳۸۱۱۷۶۵ است و میزان دریافت روشنایی ۳۲۹۵ لوکس می‌باشد. ضمن اینکه میزان مصرف انرژی درهر منطقه از کل ساختمان ۴۱۴۶۰ kWh/m^2 شامل ۳۸۱۱۷۶۵ kWh/m^2 در بخش گرمایش و kWh/m^2 ۴۷۴۳۰۱ در بخش سرمایش است و بر اساس موارد بدست آمده از قبوض گاز و برق مجتمع تجاری در طول یکسال مشخص گردید که میزان انرژی مصرفی در بخش گاز ۷۵۲۹۳۰ مترمکعب (معادل ۲۷۸۵۸۴۱ کیلووات ساعت) و میزان مصرف انرژی در بخش برق ۲۷۷۶۰۰۰ کیلووات ساعت است، (مصرف گاز در فصول گرم‌تر بیشتر از فصول سرد می‌باشد) که این امر بیانگر آن است که نتایج فوق حاکی از دقت نرم افزار دیزاین بیلدر برای مدلسازی است.



نمودار HVACنمودار ۲: مشخصات سالانه‌ی کل مصرف انرژی ساختمان در حالت روشن، (نگارندگان)

نمودار فوق (نمودار با HVAC روشن) وضعیت دمای بیرون را که مابین ۵ درجه تا۳۲/۴۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد؛ در رابطه با درجه حرارت تابشی و حرارت موثر ساختمان را در دوره یکساله و میزان گرما را به صورت kWh نشان می‌دهد. در همین راستا پنجره‌های نورگیر داخلی سبب ورود اشعه‌های خورشیدی به داخل ساختمان می‌شوند و عامل اصلی در افزایش حرارت و گرما به داخل و بالا رفتن دمای داخلی فضا در تابستان هنگامی که نفوذ خورشید از طریق پنجره‌های خارجی به داخل بیشتر از ۴۱ /kW۵۵ هستند؛ سبب بالا رفتن بار سرمایشی ساختمان می‌شود. سرمایش در ساختمان‌ها توسط دستگاه‌های خنک‌کننده در ماه‌های مارس و آوریل شروع بکار می‌کند و اوج کارکردن این دستگاه‌ها در ماه جولای هنگامی که بیشترین مصرف انرژی سرمایشی به kWh۳۶۳/۲۹ است؛ می‌باشد و قبل از ماه سپتامبر شروع به کاهش مصرف انرژی سرمایشی نمی‌کند. در همین راستا نفوذپذیری فضا در طول زمستان نسبت به تابستان به دلیل بالا بودن دما در فصل تابستان، باعث تلفات بیشتر حرارت می‌شود. لازم به ذکر است که؛ روشنایی‌های مصنوعی و موتورخانه نیز علت‌های اصلی افزایش گرما در تمام طول سال هستند. با این حال، نسبت به پنجره‌ها در سطح دوم قراردارند. همچنین انرژی سرمایشی که کارکرد وسایل‌های خنک‌کننده را در فصل تابستان شامل می‌شود؛ با وجود آتریوم و دریافت نور خورشید به داخل آن؛ طبقات بالاتر از دریافت گرمای بیشتری برخوردارند و به دلیل خنثی کردن گرمای دریافتی نیاز به انرژی سرمایشی بیشتری هست و در طبقات پایین‌تر به دلیل دریافت کمتر نور خورشید و حرارت آن، نیاز به انرژی سرمایشی کمتری هست. به همین دلیل هرچه به طبقات بالاتر می‌رویم میزان کارکرد دستگاه‌های خنک‌کننده افزایش می‌یابد. به همین جهت میزان کارکرد وسایل گرم‌کننده که بیشترین مصرف انرژی در مجتمع تجاری الماس شرق را دارا هستند؛ در طبقات بین ۱۰٪ تا۱۲٪ متغیر است. این درحالیست که مابقی

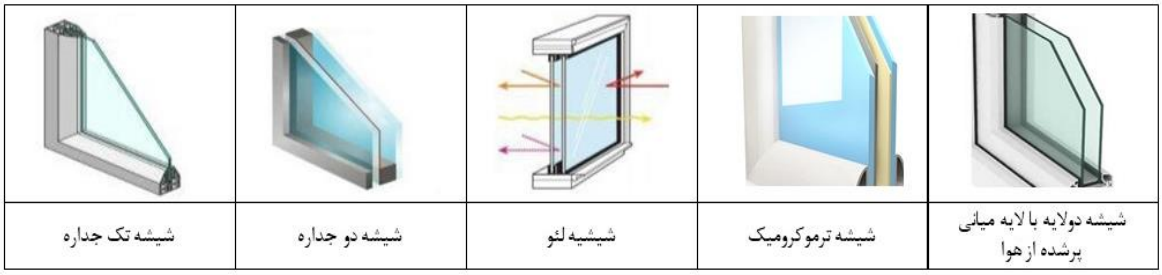
انرژی مصرفی درساختمان از ٪۱۰ تا۹۰٪ را انرژی گرمایشی در برمی‌گیرد که شامل دستگاه‌های گرم‌کننده محیط داخلی در تابستان، سیستم روشنایی، موتورخانه، کلیه سطوح داخلی اعم از دیوارها، سقف، کف، پنجره‌ها، مصالح و دیگر جرم‌های حرارتی و گرمای تولیدی توسط مراجعین و تمامی عوامل تولیدکننده حرارت در مجتمع تجاری می‌باشد. با خاموش نمودن سیستم‌های HVAC؛ درجه حرارت داخل بین ۲۰ تا۴۲/۳۳ درجه سانتیگراد و میزان رطوبت نسبی داخل در طول سال بین ٪۱۰ تا ۴۵٪ متغیر است که بیشترین آن مربوط به آپریل و کمترین آن مربوط به ماه جولای می‌باشد، چرا که در این ماه درجه حرارت بالاترین درجه (۴۲/۳۳) است. میزان شرایط غیر آسایش نیز در تابستان و با لباس تابستانی بین ۱/۹۸ تا۱۲و در زمستان با لباس زمستانی بین ۴/۸۷ تا۱۲است. بنابراین به‌صورت کلی شرایط غیر آسایش از کمترین ۰/۴۸ساعت در ماه مارچ تا بیشترین ۱۲ ساعت در ماه‌های آپریل تا سپتامبر است؛ درحالی که با سیستم‌های HVAC روشن شرایط غیرآسایش در طول سال مقدار ساعات ۲۰۰ تا۲۶۰۰ ساعت است و میزان آسایش حرارتی نیز مبنا شاخص آسایش حرارتی فانگر([1]شاخص میانگین آراء افراد نسبت به شرایط گرمایی محیط)[1]که می‌بایست بین ۰/۵-تا۰/۵+ باشد؛ در طول سال با سیستم‌های خاموش بین۰/۴۱- تا۵/۱۴ (pmv) متغیراست که نشان‌دهنده عدم توانایی این سیستم در تأمین شرایط آسایش حرارتی است. در این راستا طراحی معماری می‌تواند با شناخت انواع شیشه‌های مصرفی در سطوح خارجی و پیدا کردن بهترین نوع آن با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز دیزاین بیلدر در بهبود شرایط داخلی مجتمع‌های تجاری و همچنین در جهت تهویه‌پذیری از طریق برخی از سطوح و جداره‌ها اقدام نماید؛ تا بتواند شرایط محیط داخلی را در حد آسایش که بر اساس استاندارد فانگر می‌باشد، نگه دارد.

۴.بهسازی نوع شیشه نورگیر داخلی مجتمع تجاری الماس شرق

بهسازی در جهت بار گرمایش ساختمان نیازمند کاهش ورود اشعه‌های خورشید، کنترل نفوذ حرارت به داخل وافزایش مقاومت می‌باشد. در همین راستا بهسازی نیاز زیادی به توجه در امورجنبه های زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی برای بدست آموردن راه‌حل‌های کاربردی دارد. هدف از این پژوهش؛ اهمیت مصرف انرژی در مجتمع‌های تجاری دارای نورگیر داخلی در اقلیم سرد وخشک می‌باشد. در تابستان تابش مستقیم خورشید از ساعت ۶ صبح الی۷ بعد از ظهر است. در روزهای تابستان میزان ورود اشعه‌های خورشید از طریق پنجره‌های خارجی به داخل ساختمان تا میزان۱۰کیلووات ساعت در فضای داخلی افزوده می‌شود. از این رو می‌توان با جایگزینی شیشه‌های دیگری به جای شیشه‌های موجود به یک روش کارآمد برای کاهش نفوذ اشعه خورشید و تابش گرما تابستانی به داخل فضا؛ دست یافت. ضمن اینکه شیشه‌های مذکور دارای زیبایی بصری نیز می‌باشند «شکل ۲» و با این روش می‌توان میزان بارسرمایش، گرمایش، تهویه، درجه حرارت و روشنایی را در داخل ساختمان تنظیم نموده و به آسایش حرارتی مراجعه کنندگان کمک نمود.

---

[1] Fanger [1]
[1] Pmv(Predicted MeanVote) [2]



شکل۲: شماتیک شیشه های جایگزین در نورگیر داخلی مجتمع تجاری الماس شرق مشهد،(نگارندگان)

در نمونه موردی شیشه موجود به صورت پلی کربنات باضخامت ۴۸/۹۱۰۰۰ میلیمتر و رنگ آن نیز سبز و میزان انتقال حرارت ازشیشه۰/۲۲۱۰ W/(m-K) است. دراین راستا تاثیر جایگزینی شیشه در ارتباط با بار سرمایش، گرمایش، روشنایی، درجه حرارت و تهویه در دوحالت HVAC خاموش و روشن مورد بررسی قرار گرفت. استراتژی‌های شیشه‌های جایگزین عبارتنداز: شیشه شفاف[۱۳]شیشه سبز[۱۴]با ضخامت ۳ تا۱۳ میلیمتر پر شده با گاز هوا درلایه میانی، شیشه پلی کربنات[۱۵]شیشه ترموکرومیک[۱۶]شیشه تک لایه سبز با ضخامت ۳ میلیمتر و شیشه ۴لایه[۱۷]لئو فیلم.[۱۸]شیشه لئو دارای پوشش فلزی با ضخامت کم در یک یا چند لایه است که از لایه‌های زیر متشکل شده است: ۳میلیمتر و ۸ میلیمتر کیریپتون[۱۹] لایه خارجی از شیشه شفاف ۳ میلیمتری، کریپتون۸ میلیمتری با پوشش پلی استر با ضریب انتقال ۸۸٪، و لایه کریپتون ۳ میلیمتری در وسط و کریپتون ۸ میلیمتری و شیشه شفاف ۳ میلیمتری در لایه داخلی تشکیل شده است. دراین راستا استراتژی‌های پیشنهادی براساس شیشه‌هایی با ویژگی‌های ذیل است:

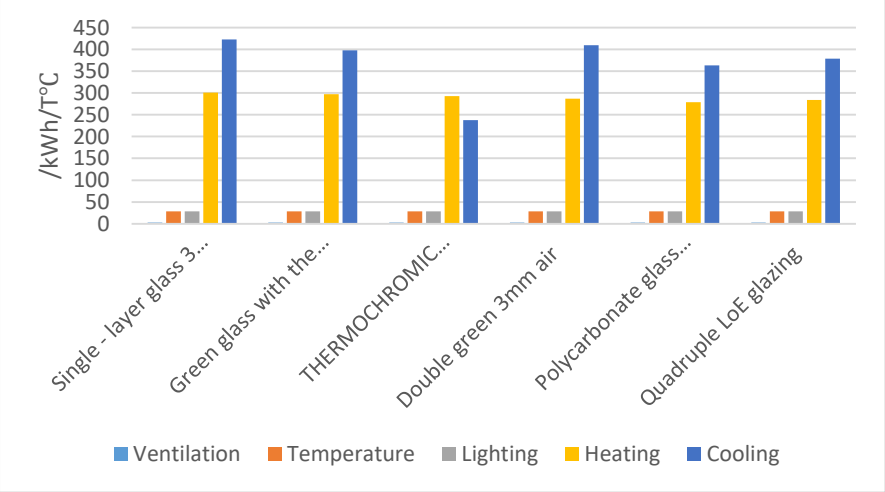
(دیزاین بیلدر)ISO 10292/EN673جدول(۲): مشخصات شیشه های مورد مطالعه براساس استاندارد

نوع شیشه	W/(m2-K)	SHGC	D.S	LT
شیشه تک لایه ۳ میلیمتر	۵/۸۹۴	۰/۸۶۱	۰/۸۳۷	۰/۸۹۸
سبز رنگ با ضخامت ۳ تا۱۳ میلی متر	۲/۵۵۶	۰/۶۱۶	۰/ ۵۳۴	۰/۷۴۳
شیشه ترموکرومیک	۲/۱۳۰	۰/۵۶۹	۰/۴۰۹	۰/۵۷۸
شیشه دولایه سبز رنگ با ضخامت ۳ میلی متر با لایه میانی هوا	۱/۹۶۰	۰/۶۹۱	۰/۶۲۴	۰/۷۴۴

[1] clear glass [3]
[1] green glass [4]
[1] Poly carbonat [5]
[1] THERMOCHROMIC [6]
[1] quadruple [7]
[1] LoE glazing [8]
[1] krypton [9]

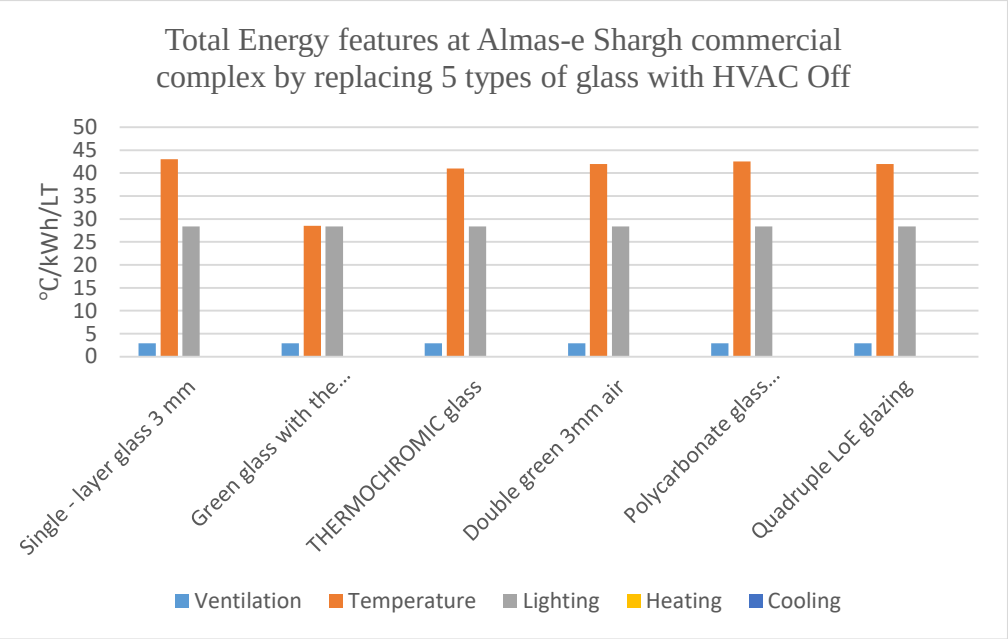
شیشه پلی کربنات(نمونه موردی)	۱/۲۵۲	۰/۵۱۱	۰/۲۸۷	۰/۲۹۵
شیشه لئو ۴ لایه	۰/۷۸۱	۰/۴۶۶	۰/۳۳۸	۰/۶۲۴

در این راستا W/(m2-K) (ضریب انتقال حرارت)[۲]وSHGC (میزان کل انتقال انرژی خورشیدی)، D.S (میزان انتقال مستقیم انرژی خورشیدی از پنجره به داخل فضا) وLT (میزان روشنایی طبیعی ساختمان) است. در شیشه‌های مذکور؛ می‌توان تنها با افزایش ضخامت شیشه‌های از ۳ تا۱۳میلیمتر و دو لایه کردن شیشه‌ها ضریب انتقال حرارت به داخل ساختمان را کاهش داد؛ به گونه‌ای که در شیشه‌های تک لایه شفاف؛ ضریب انتقال حرارت۵/۸۹۴W/(m2-K) می‌باشد؛ درحالیکه در شیشه‌های شفاف دولایه با افزایش ضخامت تا۱۳میلیمتر؛ ضریب انتقال حرارت ۱/۹۶ W/(m2-K) می‌شود. این درحالیست که از میان شیشه‌های جایگزین شده در نورگیر داخلی مجتمع تجاری الماس شرق، شیشه لئو ۴ لایه دارای کمترین ضریب انتقال حرارت (۰/۷۸۱W/(m2-K)و کمترین میزان انتقال انرژی حرارت خورشیدی (۰/۴۶۶) به داخل ساختمان است. لیکن در رابطه با میزان انتقال مستقیم انرژی خورشیدی از پنجره[۱]به داخل و میزان روشنایی طبیعی، شیشه پلی کربنات با میزان انتقال مستقیم ۰/۲۸۷ و میزان روشنایی ۰/۲۹۵دارای کمترین میزان انتقال مستقیم حرارت به داخل و روشنایی فضای داخلی است. لذا در ادامه با جایگزینی این نوع شیشه‌ها در نورگیر داخلی مجتمع تجاری الماس شرق مشهد؛ در رابطه با انرژی ساختمان (بارسرمایش، گرمایش، میزان روشنایی و تهویه و درجه حرارت) در نرم افزار دیزاین بیلدر[۲]در دو حالت HVAC خاموش و روشن؛ مورد محاسبه و شبیه‌سازی قرار گرفت که به صورت نمودار ۴ و۵ در ذیل نشان داده شده است.



نمودار ۴: مشخصات میزان مصرف انرژی در مجتمع تجاری الماس شرق با جایگزینی ۵ نوع شیشه مذکور با HVAC روشن،(نگارندگان)

2 W/(m2-K) 0
2 D.S 1
2 Design builder 2



نمودار ۵: مشخصات میزان مصرف انرژی در مجتمع تجاری الماس شرق با جایگزینی ۵ نوع شیشه مذکور با HVAC(نگارندگان)،خاموش

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به اهمیت مصرف انرژی در جهت کاهش مصرف انرژی انتقال‌یافته 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 مراجعه‌کنندگان مجتمع تجاری در اقلیم سردو 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 ضخامت۳ تا۱۳ میلیمتر پر شده با گاز هوا در لایه میانی، شیشه پلی کربنات، شیشه ترموکرومیک، شیشه تک لایه سبزبا ضخامت ۳ میلیمتر و شیشه ۴لایه لئو فیلم) انتخاب و شبیه‌سازی آن‌ها در نرم‌افزار دیزاین بیلدر در جهت جایگزینی شیشه نورگیر داخلی مجتمع تجاری الماس شرق انجام گردید. لازم به ذکر است که تمامی شبیه‌سازی هادر دوحالت 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. درحالت HVAC روشن تمامی شیشه‌های مذکور دارای یک اندازه تهویه طبیعی بوده‌اند ودر میزان روشنایی شیشه پلی کربنات که هم اکنون در مجتمع تجاری الماس شرق بکار رفته است؛ دارای کمترین میزان روشنایی طبیعی می‌باشد. ضمن اینکه در محاسبه بارگرمایش و سرمایش مصرفی ساختمان شیشه؛ شیشه ترموکرومیک دارای کمترین میزان بار

سرمایش در ساختمان و شیشه پلی کربنات کمترین میزان بار گرمایش در ساختمان تجاری الماس شرق است. درهمین 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 مجتمع‌های 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 شیشه‌های جایگزین و شیشه نمونه موردی(پلی کربنات)است. ضمن اینکه این نوع از شیشه‌ها 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 وتهویه)
- انتخاب مناسب‌ترین نوع شیشه درراستای دستیابی به آسایش حرارتی و بهینه‌سازی مصرف انرژی را در اقلیم سرد و خشک در مجتمع‌های تجاری دارای نورگیر داخلی.
- راهنمایی نمودن طراحان، مهندسین و معماران مربوطه در جهت بهبود عملکرد حرارتی نورگیر داخلی در مجتمع‌های تجاری اقلیم سرد و خشک و همچنین بهره‌وری انرژی و آسایش مراجعه‌کنندگان.
- توسعه راه حل‌های ساده و کم هزینه در جهت کاهش مصرف انرژی ساختمان و هزینه‌های کلی عملیاتی.
- ارائه اندازه‌گیری تجربی برای پیشرفت الگوریتم‌های آینده و تایید مدل‌های شبیه‌سازی 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 وخشک می‌باشد و شرایط بدست آمده از این پژوهش را می توان 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:

کتاب‌ها:

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

محمودی زرندی، 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 و کاظمیان، فرهاد. (۱۳۹۶). «عوامل موثر درکاهش مصرف انرژی در مجتمع‌های تجاری – تفریحی در راستای معماری پایدار(مطالعه موردی: شهرمحمودآباد)»، دومین کنفرانس ملی یافته‌های نوع پژوهشی در عمران، معماری و شهرسازی، گرگان.

منابع لاتین:

Bajracharya, S. (2014). Simulation of Temperature Stratification in Atriums: Validation of Basic Model Features, Journal of the Institute of Engineering, 10(1) pp. 157-171.

Bano, F. & Kamal, M. A. (2016). Examining the role of building envelope for energy efficiency in office buildings in India, Architecture Research, 6(5), pp. 107-115.

Christensen, S. D. (2014). A Model for Analyzing Heating and Cooling Demand for Atria Between Tall Buildings.

Fernandes, J.; Pimenta, C.; Mateus, R.; Silva, S. & Bragança, L. (2015). Contribution of portuguese vernacular building strategies to indoor thermal comfort and occupants' perception, Buildings, 5(4), pp. 1242-1264.

Gilani, S.; Montazeri, H. & Blocken, B. (2013). CFD simulation of temperature stratification for a building space: validation and sensitivity analysis, in: 13th conference of international building performance simulation association, Chambery, France.

Karlsen, L.R. (2016). Design methodology and criteria for daylight and thermal comfort in nearly-zero energy office buildings in Nordic climate, Aalborg Universitetsforlag.

Laouadi, A. & Atif, M. R. (2002). Prediction model of optical characteristics for barrel vault skylights, Journal of the Illuminating Engineering Society, 31(2), pp. 52-65.

Luo, Q. (2018). Modeling of opening characteristics of an atrium in natural ventilation, Massachusetts Institute of Technology.

Mak, N. (1991). Thermal stratification in atria, Bachelor of Engineering thesis, Department of Engineering, University of Wollongong.

Moosavi, L.; Mahyuddin, N. & Ghafar, M.A. (2014). Ismail, Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective designs, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 34, PP. 654-670.

Moosavi, L.; Mahyuddin, N. & Ghafar, N. (2015). Atrium cooling performance in a low energy office building in the Tropics, a field study, Building and Environment, 94, pp. 384-394.

Moosavi, L.; Ghafar, N & Mahyuddin, N. (2016). Investigation of thermal performance for atria: A method overview, in: MATEC Web of Conferences, EDP Sciences, pp. 00029.

Niknam, N. & Najafgholipour, N. (2016). The Study of Energy Efficiency by Central Atrium in Residential Complexes, INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED BIOTECHNOLOGY AND RESEARCH, 7, pp. 1664-1675.

Wall, M. (1996). Climate and energy use in glazed spaces, Lund University, Lund Institute of Technology, Department of Building Science.