



The Effect of Materials in Reducing Energy Consumption in Atrium Commercial Centers in the North and Center of Tehran Province

Amir Shayanian¹, Fatemeh Mozaffari Qhadikolaei^{2*}, Ali Pahlavan³

¹PhD Student, Department of Architecture, Islamic Azad University, Sari Branch, Iran.

²Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Sari Branch, Iran.

³Assistant Professor, Department of Physics, Faculty of Engineering and Basic Sciences, Islamic Azad University, Sari Branch, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 05.10.2021

Revised: 06.28.2021

Accepted: 07.17.2021

Keyword:

Atrium

Material

Energy saving

Design Builder

Chain store

***Corresponding Author:**

Fatemeh Mozaffari Qhadikolaei

Email:

mozaffarifatemeh2@gmail.com

ABSTRACT

Atriums in malls as a passive solar system can additionally on lighting, reduce the consumption of lighting and artificial ventilation systems. However, at present, due to the lack of suitable materials or lack of climatic information with the required formats of energy simulation software, all research conducted in different cities of Tehran Province have been carried out only with meteorological data of Mehrabad airport, which has sometimes led to erroneous results. This study was conducted to study the effect of materials in reducing energy consumption in commercial centers in the north and center of Tehran Province using Design Builder software and took steps in solving the issue by modifying climate information in the study area. The general method of this research was simulation with a case study approach and in terms of application type. The results of this study was in complete contrast to previous research which had expected the reduction of energy consumption in buildings by increasing the thermal resistance of materials. The present research findings based on atrium commercial centers (chain stores) in the north and center of Tehran and corrected meteorological data in the micro-climate of the study area showed that heating resulting from the internal equipment of chain stores led to completely different results from previous research. Thus, increasing the thermal resistance of materials in the northern climate of Tehran Province reduced energy consumption by 24.7% and in the central Tehran climate increased energy consumption by 13.7%.





تأثیر جنس مصالح در کاهش مصرف انرژی در مراکز تجاری آتریمی در شمال و مرکز استان تهران

امیر شایانیان^۱، فاطمه مظفری قادیکلای^{۲*}، علی پهلوان^۳

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری، ایران.
- ۲- استادیار، گروه معماری، دانشکده فنی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری، ایران.
- ۳- استادیار، گروه فیزیک، دانشکده فنی و مهندسی و علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۲۰	آتریم‌ها در مراکز تجاری به‌عنوان یک سیستم منفعل خورشیدی می‌توانند علاوه بر تأمین نور، مصرف سیستم‌های روشنایی و تهویه مصنوعی را کاهش دهند ولی در حال حاضر به دلیل به‌کارنگرفتن مصالح مناسب یا کمبود اطلاعات اقلیمی با فرمت‌های موردنیاز نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی، کلیه پژوهش‌های انجام‌شده در شهرهای مختلف استان تهران فقط با داده‌های هواشناسی فرودگاه مهرآباد انجام گردیده است که بعضاً منجر به نتایج اشتباه شده است. این پژوهش با هدف مطالعه تأثیر جنس مصالح در کاهش مصرف انرژی در مراکز تجاری آتریمی در شمال و مرکز استان تهران با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر انجام پذیرفته است و با اصلاح اطلاعات اقلیمی در منطقه مورد مطالعه در راستای رفع این مشکل گام برداشته است. روش کلی این تحقیق، شبیه‌سازی با رویکرد مطالعه موردی و از نظر نوع، کاربردی است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد علی‌رغم تحقیقات پژوهشگران گذشته که تاکنون انتظار داشتند افزایش مقاومت حرارتی مصالح همواره موجب کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها می‌گردد، در این تحقیق مشخص می‌گردد که در مراکز تجاری آتریمی (فروشگاه‌های زنجیره‌ای) در شمال و مرکز استان تهران، در صورت اصلاح داده‌های هواشناسی در خرداقلیم محل مورد مطالعه و به دلیل گرمایش حاصل از تجهیزات داخلی فروشگاه‌های زنجیره‌ای، منجر به نتایج کاملاً متفاوتی نسبت به تحقیقات پیشین می‌گردد؛ به‌طوری‌که افزایش مقاومت حرارتی مصالح در اقلیم شمال استان تهران موجب کاهش مصرف انرژی به میزان (۲۴/۷ درصد) می‌شود و برعکس در اقلیم تهران مرکزی موجب افزایش مصرف انرژی به میزان (۱۳/۷ درصد) می‌گردد.
بازنگری مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۰۷	
پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۲۶	
کلید واژگان: آتریم جنس مصالح صرفه‌جویی در انرژی دیزاین‌بیلدر فروشگاه زنجیره‌ای	
*نویسنده مسئول: فاطمه مظفری قادیکلای پست الکترونیکی: mozaffarifatemeh2@gmail.com	



مقدمه

آلودگی محیط‌زیست، تأثیر گازهای گلخانه‌ای، تغییرات آب‌وهوایی و بارش باران‌های اسیدی، از مهم‌ترین زبان‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است. به همین دلیل استفاده بهینه از انرژی در فرایند توسعه اقتصادی همواره به‌عنوان یک هدف مهم در توسعه پایدار مدنظر بوده است. برای اجتناب از تأثیر بیشتر این زبان‌ها، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر یا انرژی‌های سازگار با محیط‌زیست همچون انرژی خورشیدی پیشنهاد می‌شود [۱]. از جمله روش‌های غیرفعال خورشیدی^۱، استفاده از آتریومها^۲ است که با رشد سریع اقتصادی و افزایش شهرنشینی، در مراکز خرید به‌طور چشمگیری در سراسر کشور گسترش یافته است تا تقاضای فزاینده ساکنان برای راحتی خرید و خدمات متنوع را برآورده کنند [۲]. ولی متأسفانه به‌کارنگرفتن مصالح مناسب در این ساختمان‌ها یا کمبود اطلاعات اقلیمی معتبر موردنیاز برای نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی (به‌صورت فایل ساعتی و با پسوند epw) در محل مورد مطالعه، بعضاً منجر به نتایج اشتباه یا محاسبات با دقت کم شده است. آتریوم یک کلمه لاتین و بیشتر به‌عنوان یک فضای مرکزی بزرگ و شیشه‌ای است که به‌ویژه در ساختمان‌های غیرمسکونی به‌عنوان یک فضای محبوب به‌شمار می‌رود که در طول قرن‌ها و از زمان‌های قدیم در بین‌النهرین استفاده شده است. آتریوم فضای زیبایی را فراهم می‌کند و فضاهای مجاور را در معرض نور روز قرار می‌دهد [۳]. از مزایای ارائه‌شده توسط آتریومها می‌توان به ورود نور روز به داخل ساختمان، تجربه تعاملات اجتماعی در محیط داخلی و تهویه طبیعی ناشی از همرفت^۳ را اشاره کرد [۴]. طبق آمار معاونت امور برق و انرژی دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی وزارت نیرو و ترازنامه انرژی کشور در سال ۱۳۹۴ استان تهران رتبه نخست بیشترین مصرف انرژی برق را در کشور دارد [۵] که به‌نوبه خود، بیشترین تولید گاز دی‌اکسیدکربن را به خود اختصاص داده است و به همان نسبت نیز مطالعات بیشتری را در زمینه کاهش مصرف انرژی می‌طلبد. همچنین بدون در نظر گرفتن متغیرهایی از جمله: اقلیم منطقه و جنس مصالح در مراکز تجاری آتریومی، میزان قابل‌توجهی از انرژی حرارتی ساختمان به هدر می‌رود. البته به علت وجود پارامترهای متعدد، بدون ابزارهای شبیه‌سازی^۴ نمی‌توان به نتیجه مطلوبی دست‌یافت؛ بنابراین در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر^۵ محاسبات شبیه‌سازی انجام می‌گردد. در سال‌های اخیر مطالعات و تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است. زو و همکاران^۶ (۲۰۱۹) با استفاده از روش شبیه‌سازی و نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر پژوهشی بر عملکرد محیط حرارتی و داخلی یک ساختمان اداری در شمال شرقی انگلیس انجام دادند و در نتایج این تحقیق مشخص گردید که افزایش ضریب مقاومت حرارتی شیشه می‌تواند مصرف انرژی گرمایش را ۳۳/۹ درصد کاهش دهد و زمانی که از مصالح دیوار با ضریب مقاومت حرارتی پایین استفاده می‌شود می‌تواند مصرف انرژی گرمایش را ۴۵/۷ درصد در سال کاهش دهد [۶] گریجو و همکاران^۷ (۲۰۱۵) با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی، یک رویکرد تجزیه‌وتحلیل انرژی برای بهبود بهره‌وری انرژی ساختمان‌های اداری بازسازی‌شده موجود و ساختمان‌های نوساز در سالامانکا، گوانجواتو انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که با کاهش بارهای اداری و فناوری روشنایی و استفاده از جنس مصالح مناسب، بیش از ۴۹ درصد صرفه‌جویی در انرژی سالانه برای هر دو نوع ساختمان به‌دست می‌آید [۷] در ایران نیز در زمینه تأثیر جنس مصالح بر کاهش مصرف انرژی تعدادی از محققان به مطالعه و تحقیق پرداخته‌اند. فتحعلیان و همکاران (۱۳۹۶)، مقاله‌ای تحت عنوان «شبیه‌سازی انرژی ساختمان اداری به کمک نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر و اعتبارسنجی آن با قبوض انرژی» را ارائه کردند و پیشنهاد جایگزینی پنجره با شیشه‌های دوجداره کم‌گسیل به‌جای

¹ Passive solar methods

² Atriums

³ Convection

⁴ Simulation

⁵ Designbuilder

⁶ Zhou et al.

⁷ Griego et al.

شیشه‌های تک‌جداره ساده را با ۱۱ درصد صرفه‌جویی انرژی سالیانه دادند [۸]. میرزایی و براتی (۱۳۹۶)، در مقاله‌ای تحت عنوان «شبیه‌سازی و تحلیل مصرف انرژی و تأثیرات کاهش دمای طرح داخل ساختمان، تغییر نوع شیشه و اضافه کردن عایق حرارتی در ساختمان اداری با نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر» تحقیقی انجام دادند و به این نتیجه دست یافتند که افزودن عایق حرارتی به دیوار موجب ۶۱ درصد کاهش مصرف انرژی می‌گردد و کاهش دمای طرح داخل باعث ۲۱ درصد کاهش و افزودن شیشه چهار جداره به‌جای دوجداره نیز باعث کاهش ۹ درصدی مصرف انرژی می‌گردد [۹].

شایان ذکر است ابداعاتی که تحقیق حاضر را از سایر پژوهش‌های گذشته متمایز کرده بر دو محور استوار است: اول اینکه نتایج حاکی از این تحقیق نشان می‌دهد که علی‌رغم تحقیقات پژوهشگران گذشته که تاکنون انتظار داشتند افزایش مقاومت حرارتی مصالح همواره موجب کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های آتربیمی می‌گردد، در این تحقیق مشخص می‌گردد که در مراکز تجاری آتربیمی (فروشگاه‌های زنجیره‌ای) در شمال و مرکز استان تهران، در صورت اصلاح داده‌های هواشناسی در خرداقلیم محل مورد مطالعه و به دلیل گرمایش حاصل از تجهیزات داخلی فروشگاه‌های زنجیره‌ای، منجر به نتایج کاملاً متفاوتی نسبت به تحقیقات پیشین می‌گردد. همچنین به دلیل نقص اطلاعات اقلیمی با فرمت‌های مورد نیاز نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی دیزاین بیلدر و انرژی پلاس در شهرهای مختلف ایران، متأسفانه کلیه پژوهش‌های انجام‌شده محققان در شهرهای مختلف استان تهران تاکنون فقط با داده‌های هواشناسی فرودگاه مهرآباد انجام گردیده است که بعضاً منجر به نتایج اشتباه یا محاسبات با دقت کم در تحقیقات گذشته شده است که این تحقیق با اصلاح اطلاعات اقلیمی نرم‌افزار در منطقه مورد مطالعه در راستا رفع این مشکل مهم گام برداشته است.

به‌طور کلی، هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیر جنس مصالح در کاهش مصرف انرژی در مراکز تجاری آتربیمی در اقلیم‌های شمال و مرکز استان تهران است. پرسش‌های تحقیق حاضر این است که چگونه می‌توان با انتخاب جنس مصالح مناسب نسبت به کاهش مصرف انرژی در مراکز تجاری شمال و مرکز استان تهران دست یافت؟ و همچنین چگونه می‌توان با اصلاح داده‌های هواشناسی در اقلیم مورد مطالعه به نتایج صحیح شبیه‌سازی در کاهش مصرف انرژی دست یافت؟

روش شناسی

روش تحقیق در این پژوهش با توجه به ماهیت آن، شبیه‌سازی و با رویکرد مطالعه موردی و تحلیلی و از نظر نوع کاربردی در نظر گرفته شده است. به‌طور کلی نحوه کار بدین‌صورت است که در ابتدا با توجه به بازدید میدانی از قسمت‌های مختلف مرکز تجاری مورد مطالعه و همچنین اطلاعات و مفروضات تحقیق نسبت به انتخاب مدل پایه و تعیین تیپولوژی مرکز تجاری مورد مطالعه از نظر (هندسه، ابعاد، ارتفاع و سایر موارد) اقدام گردیده است. سپس از طریق کتابخانه نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر و انرژی پلاس نسبت به استخراج اطلاعات اقلیمی منطقه مرکزی تهران از سازمان هواشناسی جهانی و به‌صورت درازمدت اقدام شده است. در مرحله بعد با استفاده از نرم‌افزار متونورم و انرژی پلاس نسبت به استخراج نواقص اطلاعات اقلیمی منطقه شمال تهران (آبعلی) از سازمان هواشناسی اقدام گردیده است. سپس با استفاده از روش مدل‌سازی و شبیه‌سازی با نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر نسبت به ساخت مدل پایه و لحاظ کردن متغیرهای تحقیق در فازهای جداگانه اقدام شده است. در مرحله بعد مقاومت حرارتی و مصالح مناسب در ساختمان آتربیمی از نظر کاهش مصرف انرژی در ساختمان انتخاب گردیده است. در نهایت نتایج دو منطقه شمال و مرکز استان تهران از نظر کاهش مصرف انرژی باهم مقایسه و تحلیل شده است.

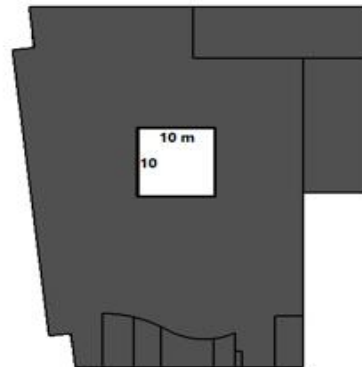
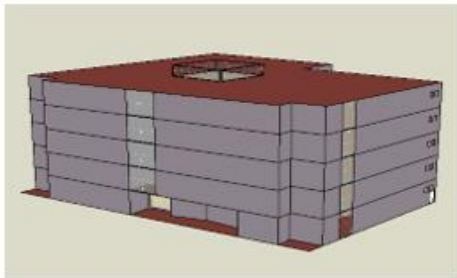
متغیرها و پارامترهایی که بر عملکرد حرارتی آتربیم‌ها تأثیر می‌گذارند و در این تحقیق استفاده گردیده است شامل: اقلیم منطقه، جنس مصالح ساختمان (از جمله: جنس دیوارها، سقف‌ها، بام و شیشه نمای ساختمان و شیشه سقف آتربیم) است.

شایان ذکر است از آنجاکه شرایط آب‌وهوایی خارج از ساختمان غیرقابل کنترل است و به‌سرعت و لحظه‌ای تغییر می‌کند، دشوار است که با اندازه‌گیری میدانی، الگوی دقیق جریان هوای داخل ساختمان را تحت شرایط بیرون نشان

داد؛ بنابراین مدل‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی یک روش منتخب برای بررسی دقیق‌تر الگوی جریان هوای داخل ساختمان به کار گرفته می‌شود [۱۰]. در نرم‌افزار دیزاین بیلدر نیز با لحاظ کردن گزینه (Calculated Natural Ventilation) در قسمت تنظیمات ورودی اطلاعات، نرم‌افزار می‌تواند محاسبات حرارتی ساختمان را بر مبنای شرایط لحظه‌ای (ویسکوسیته لحظه‌ای) در نظر گیرد و از روش‌های عددی برای حل معادلات ناویر استوکس برای جریان سیال و از معادلات حفظ انرژی برای آسایش حرارتی ساختمان و تجزیه و تحلیل‌های کیفیت هوای ساختمان استفاده کند. در نهایت نیز نرم‌افزار می‌تواند توزیع دمایی و ضرایب انتقال حرارت هدایتی و نرخ تهویه طبیعی ایجاد شده توسط اثر باد، اثر دودکشی یا هردو را در ساختمان با کمک معادلات مذکور به درستی محاسبه و شبیه‌سازی کند.

معرفی مدل پایه و سایت مورد مطالعه

نمونه موردی این تحقیق، مرکز تجاری (فروشگاه زنجیره‌ای^۱) یاس در بخش مرکز تهران در ضلع شمال شرقی میدان هفتم تیر با ارتفاع پنج طبقه است؛ بنابراین نمونه شبیه‌سازی شده همان ساختمان نیز توسط نرم‌افزار دیزاین بیلدر در بخش شمالی استان تهران (در منطقه آبلعی) مدل‌سازی و بررسی شد (شکل ۱).



شکل ۱. مدل‌سازی مرکز خرید یاس (مدل پایه) در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

از لحاظ انتخاب تیپولوژی فرم ساختمان نیز هیچ محدودیت تئوریک و ضوابط دقیقی برای تعیین ابعاد استاندارد مدل پایه ساختمان (به‌خصوص در مراکز تجاری تهران) وجود ندارد؛ با این حال عبدالله‌زاده [۱۱] پژوهش‌های محدودی در زمینه ساختمان‌های اداری تجاری شهر تهران انجام داده که غالب‌ترین وضعیت این ساختمان‌ها در شهر تهران به صورت مستطیلی با مساحت حدود ۱۳۵۱ مترمربع و نسبت طول به عرض (۱.۵) متر معرفی کرده است؛ بنابراین در پژوهش حاضر نیز از ساختمان تجاری با فرم مستطیلی و با نسبت طول به عرض نزدیک به تحقیق مذکور (۱.۳۳) استفاده شده است. همچنین ابعاد تقریبی زمین (۳۹.۳۵*۵۲.۲۰) متر است که با توجه به کسر شکستگی پلان دارای ۱۹۸۰ مترمربع زیربنا در همکف است. طبقات بعدی نیز هرکدام دارای ۱۹۴۹ مترمربع زیربنا است که در مجموع شامل ۹۷۷۴ مترمربع زیربنا در ۵ طبقه روی زمین است. با توجه به نزدیک بودن نسبت مقادیر طول به عرض و مساحت زیربنا و همچنین کاهش مقادیر مصرف انرژی، این بنا به‌عنوان ساختمان مدل پایه انتخاب گردیده و ابعاد آن نیز به صورت ثابت در شبیه‌سازی‌ها استفاده شده است. همچنین طبق وضعیت موجود، ارتفاع طبقه همکف ۵ متر و مابقی طبقات بالاتر

^۱ Chain Store

۴۲۰ است؛ بنابراین ارتفاع آتیریم نیز طبق وضعیت موجود ساختمان یاس (۵ طبقه) معادل با ۲۱.۸ متر است. شایان ذکر است که این ساختمان از نظر ارتفاع در رده ساختمان‌های میان‌مرتبه قرار دارد.

از لحاظ تعیین تیپولوژی فرم آتیریم، نتایج محققان نشان داده که در بین فرم‌های معمول آتیریم، فرم آتیریم مرکزی و خطی، مؤثرترین انواع آتیریم در به حداقل رساندن نوسانات دما در فصول گرم و متوسط است [۱۲]؛ بنابراین در این تحقیق، برای یافتن بهینه‌ترین حالت، صرفاً به مطالعه در مورد آتیریم با فرم مرکزی و با پلان مربعی شکل پرداخته شده است که با توجه به محدودیت ابعاد میان دو پله‌برقی موجود در مرکز ساختمان، ابعاد آتیریم (۱۰*۱۰) متر در نظر گرفته شده است. همچنین در تحقیق حامی و همکاران (۲۰۱۸)، مشخص گردیده که آتیریم‌های مراکز خرید معمولاً فاقد دیوار جانبی هستند تا دسترسی به فضای مشترک داخلی مراکز تجاری افزایش یابد [۱۳]؛ بنابراین ساختمان آتیریمی پژوهش حاضر نیز بدون دیواره جانبی در نظر گرفته شده است.

ایستگاه سینوپتیک مهرآباد تهران به‌عنوان نماینده بخش مرکزی تهران انتخاب و در تنظیمات نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر لحاظ شده است. سایت مورد مطالعه (که به‌عنوان نماینده بخش مرکزی تهران) انتخاب گردیده است، واقع در محدوده منطقه ۷ شهر تهران به آدرس میدان هفت‌تیر، نبش کوچه آذری، مرکز تجاری یاس است. همچنین ایستگاه سینوپتیک آبعلی به‌عنوان نماینده بخش شمالی استان تهران است. این سایت فاقد اطلاعات اقلیمی معتبر مورد نیاز در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی است و در این تحقیق به‌طور جداگانه نسبت به تهیه این داده‌ها اقدام گردیده است. با توجه به داده‌های فوق و طبق آمار درازمدت ۱۹ ساله سازمان هواشناسی جهانی (سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۹۱)، در ایستگاه فرودگاه مهرآباد تهران، میانگین بارندگی سالانه ۲۳۳.۴۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۹.۴۰ درجه سانتی‌گراد است؛ بنابراین براساس روش دمارتن^۱ ضریب شاخص خشکی به میزان ۷.۹۴ گردیده و منطقه مورد مطالعه نیز در پهنه (خشک) قرار می‌گیرد ولی برای سایت نماینده مناطق شمالی استان تهران که واقع در شهر آبعلی در نظر گرفته شده است میانگین بارندگی سالانه ۲۴۰.۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۱.۲ درجه سانتی‌گراد است و بنابراین براساس روش دمارتن، ضریب شاخص خشکی ۱۱.۳۴ گردید و منطقه مورد مطالعه نیز در پهنه (نیمه‌خشک) قرار می‌گیرد.

شبیه‌سازی و تنظیمات ورودی نرم‌افزار

در این مقاله، از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر (نسخه: ۶.۱.۲۰۰۹) برای شبیه‌سازی انرژی ساختمان استفاده گردیده است. نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر از انرژی‌پلاس^۲ به‌عنوان موتور محاسباتی خود استفاده کرده است تا اطلاعات کارآمدتری را تولید کند. شایان ذکر است نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر در مراجع متعددی قبلاً اعتبارسنجی گردیده و نتایج آن مورد قبول شناخته شده است [۱۴]. همچنین تنها فایل اقلیمی ساعتی مورد نیاز نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر که با پسوند (epw) برای استان تهران و توسط دپارتمان انرژی آمریکا ارائه شده است، مربوط به ایستگاه سینوپتیک فرودگاه مهرآباد تهران است که داده‌های اقلیمی آن در این تحقیق (به‌عنوان نماینده بخش مرکزی استان تهران) استفاده گردیده است ولی متأسفانه برای منطقه آبعلی هیچ‌گونه فایل اقلیمی قابل قبولی ارائه نگردیده و حتی در داده‌های سازمان هواشناسی کشور ایران نیز موجود نیست؛ بنابراین در این تحقیق، داده‌های آب‌وهوایی برای سایت مورد نظر توسط نرم‌افزار متونورم (نسخه: ۷.۳.۳)^۳ تهیه گردید تا موجب دقت در عملیات شبیه‌سازی نسبت به پژوهش‌های قبلی گردد.

برای شبیه‌سازی مدل پایه در تنظیمات نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر، از شکل و ابعاد ساختمان مرکز تجاری یاس تهران و مدل مشابه آن در منطقه آبعلی طبق مشخصات بیان شده در بخش روش تحقیق استفاده گردیده است. مساحت کلی پنجره‌های ساختمان در وضعیت موجود برابر با ۸۰ مترمربع جهت استفاده از نور طبیعی در جبهه غربی ساختمان و

^۱ De Martonne

^۲ EnergyPlus

^۳ Metonorm (version 7.3.3)

بدون امکان باز شو است. جنس شیشه‌های پنجره‌های نما نیز در وضعیت موجود از نوع (شیشه‌های دوجداره شفاف با ضخامت ۳ میلی‌متر و با فاصله ۱۳ میلی‌متر هوای پر شده)^۱ نصب شده است. آتیریم مرکزی دارای سایبان هوشمند، سنسور نور و با کنترل دمای داخلی ۲۲ درجه در نظر گرفته شده است. همچنین بازه زمانی در تنظیمات نرم‌افزار به صورت یک‌ساله (۱ ژانویه تا ۳۱ دسامبر ۲۰۲۰) در نظر گرفته شده است.

نتایج شبیه‌سازی با نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر نشان می‌دهد که طبق جدول ۱، مجموع بار سرمایش و گرمایش سالانه برای مدل پایه (در اقلیم مرکزی تهران) ۴۱۸.۱۲ مگاوات ساعت و برای مدل پایه (در اقلیم آبدلی) به میزان ۳۹۲.۹۲ مگاوات ساعت شده است.

جدول ۱. مقادیر بار سرمایش و گرمایش سالانه در مدل پایه - (مگاوات ساعت)

عنوان	بار سرمایش	بار گرمایش	مجموع بار سرمایش و گرمایش
مدل پایه (در اقلیم مرکزی تهران)	۰.۵۷	۴۱۷.۵۵	۴۱۸.۱۲
مدل پایه (در اقلیم تهران شمال - آبدلی)	۷.۵۵	۳۸۵.۳۷	۳۹۲.۹۲

یافته‌ها

در این پژوهش با استفاده از شبیه‌ساز انرژی، تأثیرات متغیرهای تحقیق در کاهش مصرف انرژی در مراکز تجاری شمال و مرکز تهران به صورت جداگانه و به شرح ذیل تجزیه و تحلیل و مقایسه شد.

یافته‌های تأثیرات جنس مصالح ساختمان در اقلیم تهران مرکزی

به‌طور کلی در این مرحله پس از اعمال متغیرهای تحقیق (جنس مصالح بام، دیوارهای خارجی، شیشه‌های نمای ساختمان، شیشه سقف آتیریم و اقلیم تهران مرکزی)، نسبت به شبیه‌سازی انرژی توسط نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر اقدام گردیده و سپس درصد بهینه‌سازی سالانه ساختمان نسبت به مدل پایه مشخص گردید. با توجه به بازدید میدانی و ثبت وضعیت موجود لایه‌های مختلف مصالح بام و دیوارهای خارجی در مرکز خرید یاس (مدل پایه) در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر مطابق با لایه‌های ذیل، مقادیر ضریب ارزش حرارتی دیوارهای خارجی و بام به ترتیب برابر با اعداد ۱.۲۳ و ۰.۶۵ به صورت خودکار توسط بخش (Calculated) نرم‌افزار لحاظ گردید و مشخص شد که این اعداد از حداقل‌های تعیین شده در بحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان بیشتر می‌باشد و قابل قبول نیستند.

جنس مصالح دیوارهای خارجی ساختمان یاس در وضعیت موجود و با توجه به بازدید میدانی، از لایه‌های خارج به داخل (در مدل پایه) شامل: (۳۰ میلی‌متر سنگ گرانیت، ۳۰ میلی‌متر ملات ماسه سیمان، ۱۰۰ میلی‌متر بلوک بتنی سبک، ۲۰ میلی‌متر گچ و پلاستر و سیمان، ۱۳ میلی‌متر عایق حرارتی) است که دارای ارزش حرارتی ۱.۲۳ (w/m2-k) است.

جنس مصالح بام ساختمان یاس نیز در وضعیت موجود و از لایه‌های خارج به داخل (در مدل پایه) شامل: (۳۰ میلی‌متر کاشی سفالی، ۳۰ میلی‌متر ملات ماسه سیمان، ۱۰ میلی‌متر فوم پلی‌استایرن، ۳۰ میلی‌متر ملات ماسه سیمان، ۱۳ میلی‌متر قیر، ۲۰ میلی‌متر گچ و پلاستر و سیمان، ۱۰۰ میلی‌متر روکش آسفالت سقف، ۱۵۰ میلی‌متر دال بتنی سبک، ۳۰ میلی‌متر گچ و پلاستر و سیمان، ۱۰ میلی‌متر عایق حرارتی) است که دارای ارزش حرارتی ۰.۶۵ (w/m2-k) است؛ بنابراین برای بهینه‌سازی مصرف انرژی، متغیر مصالح جدید (دیوارهای خارجی، بام و شیشه‌های ساختمان) از کتابخانه قوی نرم‌افزار و مطابق با لایه‌های ذیل طوری انتخاب گردید که مقادیر ضریب انتقال حرارت ساختمان برابر یا

¹ Dbl Clear 3mm/13mm Air

کمتر از مقادیر موجود در مبحث ۱۹ ساختمان گردد. در شکل ۲، لایه‌های مصالح جدید دیوارهای خارجی در نرم‌افزار نشان داده شده است.



شکل ۲. بهبود جنس مصالح دیوار خارجی با استفاده از عایق اکس پی اس (پلی استایرن اکستروژده‌شده - با دمیدن گاز CO₂) با ارزش حرارتی ۰.۳۹۵ بر حسب (w/m²-k)

همچنین از مصالح جدیدی جهت لایه‌های بام استفاده گردید که از خارج به داخل شامل: (۳۰ میلی‌متر کاشی سفالی، ۵۶.۴۰ میلی‌متر پلی‌استایرن اکستروژده‌شده اکس پی اس - با گاز دی‌اکسید کربن دمیده شده، ۳۰ میلی‌متر ملات ماسه سیمان، ۱۰ میلی‌متر فوم پلی‌استایرن، ۳۰ میلی‌متر ملات ماسه سیمان، ۱۳ میلی‌متر قیر، ۲۰ میلی‌متر سیمان و پلاستر گچ، ۱۰۰ میلی‌متر روکش آسفالت سقف، ۱۵۰ میلی‌متر دال بتنی سبک، ۳۰ میلی‌متر سیمان و پلاستر گچ) است. با جایگزینی این اطلاعات به جای مصالح مدل پایه در نرم‌افزار، ارزش حرارتی آن به میزان ۰.۳۱۵ (w/m²-k) گردید.

همچنین جنس جداره‌های نورگذر و شیشه‌های موجود در نمای خارجی ساختمان نیز از وضعیت واقعی پروژه (در مدل پایه) که از (شیشه‌های دوجداره شفاف با ضخامت ۳ میلی‌متر و با فاصله ۱۳ میلی‌متر هوای پر شده) استفاده شده بود به شیشه‌های (دوجداره و کم‌گسیل و شفاف با ضخامت ۳ میلی‌متر که با فاصله ۱۳ میلی‌متر جیوه پر شده است^۱) تغییر داده شد که با توجه به جایگزینی این اطلاعات به جای مصالح مدل پایه در تنظیمات نرم‌افزار، ارزش حرارتی آن در به میزان ۱.۵۱۲ (w/m²-k) گردید.

برای پنجره‌های موجود در نمای اصلی ساختمان (در ضلع غرب) نیز از سیستم سایبان هوشمند مدل (سایبان متحرک خارجی با تنظیم دمای هوا^۲) متناسب با این پروژه از بانک کتابخانه نرم‌افزار استفاده گردید. پس از اعمال تغییرات فوق در ورودی تنظیمات نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر، نتایج و خروجی‌های شبیه‌سازی مصرف انرژی سالانه در ساختمان در جدول ۲، برای اقلیم تهران مرکزی نشان داده شده است:

¹ Dbl LoE (e2=.1) Clr 3mm/13mm Arg

² Outside Air Temperature (24) + Solar on window

جدول ۲. نتایج شبیه‌سازی مصرف سالیانه انرژی ساختمان در اقلیم تهران مرکزی برحسب (مگاوات ساعت)

عنوان	بار گرمایش	بار سرمایش	مجموع بار گرمایش و سرمایش
مصرف سالیانه انرژی ساختمان	۰.۱۸	۴۷۹.۸۵	۴۸۰.۰۳

درست است که انتظار می‌رود با افزایش مقاومت حرارتی مصالح یا کاهش ارزش حرارتی مصالح در دیوارهای خارجی و بام ساختمان‌ها باید شاهد کاهش مصرف انرژی در ساختمان باشیم ولی نتایج این تحقیق نشان داد که این عملکرد برای کاربری‌های تجاری (فروشگاه زنجیره‌ای) دارای آتریم در اقلیم تهران مرکزی (اقلیم گرم و خشک)، مطلوب نیست. مطابق با جدول ۳، در نتایج شبیه‌سازی در (اقلیم تهران مرکزی) مشخص گردید که با افزایش مقاومت حرارتی مصالح، مجموع بار سرمایش و گرمایش سالانه نیز از مقدار (۴۱۸.۱۲ مگاوات ساعت) در مدل پایه، به مقدار (۴۸۰.۰۳ مگاوات ساعت) افزایش یافته و موجب کاهش مقدار درصد بهینه‌سازی (۱۳.۷ درصد) نسبت به مدل پایه گردید که از نظر بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان نامطلوب است. علت آن در کاربری‌های تجاری (فروشگاه‌های زنجیره‌ای) می‌تواند بار مصرفی بالا به دلیل بار زیاد روشنایی مصنوعی لامپ‌های داخلی فروشگاه و همچنین گرمایش حاصل از تجهیزاتی مانند یخچال‌های حجیم در نظر گرفت که عایق‌کاری دیوارها در این مرحله موجب حبس حرارت بیشتر شده و سبب افزایش بار سرمایش گردیده است. همچنین از جمله دلایل دیگر این است که ناچیز بودن میزان بار گرمایش (۰.۱۸ مگاوات ساعت) در برابر سرمایش (۴۷۹.۸۵ مگاوات ساعت)، تأثیر چندانی بر بخش گرمایش به‌عنوان مهم‌ترین بخش تأثیرپذیر از عایق‌های حرارتی در این سناریو نداشته؛ بنابراین در این اقلیم، استفاده از مصالح با مقاومت حرارتی کم (مانند مصالح مدل پایه) برای مراکز تجاری (فروشگاه‌های زنجیره‌ای) مناسب‌تر است.

جدول ۳. تأثیر متغیرها نسبت به مدل پایه در اقلیم تهران مرکزی برحسب (مگاوات ساعت)

عنوان	بار سرمایش	بار گرمایش	مجموع بار سرمایش و گرمایش
مدل پایه (تهران مرکزی)	۴۱۷.۵۵	۰.۵۷	۴۱۸.۱۲
متغیر (جنس مصالح دیوارها و بام و شیشه‌ها)	۴۷۹.۸۵	۰.۱۸	۴۸۰.۰۳
درصد بهینه‌سازی		-۱۳.۷	

همچنین در این مقاله، به‌منظور تحقیق در مورد نقش و تأثیر انواع شیشه‌های سقف آتریم در سرمایش و گرمایش فضای داخلی ساختمان، از سه نوع متریال مختلف در ورودی اطلاعات نرم‌افزار دیزاین بیلدر آزمایش شد که نتایج تحلیل آن در جدول ۴ نشان داده شده است. پس از تحلیل توسط نرم‌افزار مشخص گردید که علی‌رغم باور محققان قبلی در مورد کاربری‌های تجاری، استفاده از شیشه‌های (Dbl Clear 3mm/13mm Air) نسبت به انواع (Dbl LoE E Clear 3mm/13mm Arg) و (Triple-LowE-3mm/13Arg)، مصرف انرژی سالیانه کمتر و راندمان بهتری دارد و از دلایل مهم آن می‌توان به وجود تجهیزات الکتریکی و یخچال‌های بزرگ موجود در فروشگاه زنجیره‌ای اشاره کرد که موجب حبس بیشتر گرما در شیشه سه جداره گردیده و در نهایت باعث افزایش میزان بار گرمایش - سرمایش و همچنین افزایش مصرف انرژی در ساختمان می‌گردد و بهره‌مندی از آن‌ها در این نوع از ساختمان‌های تجاری (فروشگاه زنجیره‌ای) توصیه نمی‌شود؛ بنابراین در نهایت همان شیشه (Dbl Clear 3mm/13mm Air) به‌عنوان گزینه مناسب برای شیشه‌های سقف آتریم به مرحله بعد می‌رود.

جدول ۴. تأثیر متغیر انواع شیشه سقف آتریم نسبت به مدل پایه برحسب (مگاوات ساعت)

عنوان	بار سرمایش	بار گرمایش	مجموع بار سرمایش و گرمایش
مدل پایه - جنس شیشه سقف آتریم از نوع Dbl Clear 3mm/13mm Air	۴۱۷.۵۵	۰.۵۷	۴۱۸.۱۲

عنوان	بار سرمایش	بار گرمایش	مجموع بار سرمایش و گرمایش
متغیر جنس شیشه سقف آتریم از نوع Dbl Loe E Clear 3mm/ 13 mm Arg	۴۱۸.۰۱	۰.۵۴	۴۱۸.۵۵
متغیر جنس شیشه سقف آتریم از نوع Triple-LowE-3mm/13Arg	۴۱۸.۰۱	۰.۵۴	۴۱۸.۵۵

یافته‌های تأثیرات جنس مصالح ساختمان در اقلیم شمال تهران (آبعلی)

در راستای امکان مقایسه عملکرد بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان در اقلیم شمال استان تهران، در ابتدا کلیه مشخصات سناریوی قبلی به این بخش وارد گردید ولی این بار محاسبات شبیه‌سازی با داده‌های اقلیمی (مختص شهر آبعلی) انجام شد و مجدداً در نرم‌افزار شبیه‌سازی گردید. شایان ذکر است با توجه به نبود داده‌های اقلیمی آبعلی موردنیاز نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر، این اطلاعات از طریق روش بیان شده در بخش روش تحقیق تهیه و در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر وارد گردید و در نهایت، نتایج و خروجی‌های شبیه‌سازی مصرف انرژی سالانه در ساختمان در اقلیم شمال تهران (آبعلی) در جدول ۵ نشان داده شده است:

جدول ۵. نتایج شبیه‌سازی مصرف سالیانه انرژی ساختمان در تهران شمال بر حسب (مگاوات ساعت)

عنوان	بار گرمایش	بار سرمایش	مجموع بار گرمایش و سرمایش
مصرف سالیانه انرژی ساختمان	۶.۹۷	۲۸۸.۷۱	۲۹۵.۶۸

مطابق با جدول ۶، در نتایج شبیه‌سازی با نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر در اقلیم شمال تهران (آبعلی) مشخص گردید که مجموع بار سرمایش و گرمایش سالانه از مقدار (۳۹۲.۹۲ مگاوات ساعت) در مدل پایه، به مقدار (۲۹۵.۶۸ مگاوات ساعت) کاهش یافته و موجب ۲۴.۷ درصد بهینه‌سازی انرژی در ساختمان تجاری آتریومی گردیده است که از نظر بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان مطلوب بوده است؛ بنابراین در این سناریو (در اقلیم شمال تهران) مشخص گردید که با افزایش مقاومت حرارتی مصالح یا کاهش ارزش حرارتی مصالح در دیوارهای خارجی، بام و شیشه‌های نمای ساختمان‌ها شاهد کاهش مصرف انرژی در ساختمان هستیم (که این عملکرد کاملاً برعکس نتایج شبیه‌سازی در اقلیم تهران مرکزی شده است).

جدول ۶. بهینه‌سازی با استفاده از متغیرها در اقلیم شمال تهران (آبعلی) بر حسب (مگاوات ساعت)

عنوان	بار سرمایش	بار گرمایش	مجموع بار سرمایش و گرمایش
مدل پایه (تهران شمال - آبعلی)	۳۸۵.۳۷	۷.۵۵	۳۹۲.۹۲
(متغیر جنس مصالح دیوارها و بام و شیشه‌ها) در اقلیم شمال تهران	۲۸۸.۷۱	۶.۹۷	۲۹۵.۶۸
درصد بهینه‌سازی			۲۴.۷

در نهایت با مقایسه نتایج شبیه‌سازی در دو اقلیم مذکور و با اعمال متغیرهای (تغییر جنس مصالح دیوارهای خارجی، بام، جداره‌های نورگذر نمای ساختمان و شیشه‌های سقف آتریم) مطابق با جدول ۷ مشخص گردید که در اقلیم گرم و خشک تهران مرکز، مجموع بار سرمایش و گرمایش سالانه نسبت به مدل پایه به مقدار ۱۳.۷ افزایش یافته که از نظر بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان مطلوب نمی‌باشد ولی مجموع بار مصرفی سرمایش و گرمایش ساختمان در اقلیم تهران شمال (آبعلی) نسبت به مدل پایه به مقدار ۲۴.۷ درصد کاهش یافته که از نظر بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان مطلوب است.

جدول ۷. مقایسه بهینه‌سازی ساختمان در اقلیم تهران مرکز و شمال تهران برحسب (مگاوات ساعت)

عنوان	بار سرمایش سالانه	بار گرمایش سالانه	مجموع بار گرمایش و سرمایش	درصد بهینه‌سازی
متغیر جنس مصالح ساختمان (در اقلیم مرکزی تهران)	۴۷۹.۸۵	۰.۱۸	۴۸۰.۰۳	-۱۳.۷
متغیر جنس مصالح ساختمان (در اقلیم تهران شمال- آبعلی)	۲۸۸.۷۱	۶.۹۷	۲۹۵.۶۸	۲۴.۷

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق حاکی از آن است که در صورت استفاده از داده‌های اقلیمی یک منطقه (ایستگاه سینوپتیک فرودگاه مهرآباد) برای شبیه‌سازی انرژی در دو منطقه تهران مرکز و تهران شمال (آبعلی)، منجر به نتایج مشابه و بعضاً اشتباه در محاسبات شبیه‌سازی می‌گردد. ولی در صورت تهیه یا اصلاح داده‌های هواشناسی مختص به خرداقلیم هر منطقه به فرمت‌های موردنیاز نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر، موجب صحت نتایج گردیده و در نهایت منجر به نتایج متفاوت می‌گردد. به‌طوری‌که با افزایش مقاومت حرارتی مصالح دیوارهای خارجی، بام و شیشه‌ها از طریق افزودن مصالحی از قبیل عایق پلی‌استایرن اکستروژده اکس پی اس- با گاز دی‌اکسیدکربن دمیده شده، بلوک هبلکس در لایه‌های دیوارهای خارجی مرکز تجاری یاس، افزودن عایق اکس پی اس به لایه‌های بام، افزایش کیفیت جنس شیشه‌های موجود در نمای خارجی ساختمان به شیشه‌های دوجداره و کم‌گسیل و همچنین استفاده از سیستم سایبان متحرک خارجی برای پنجره‌های نما در اقلیم شمال استان تهران (آبعلی) موجب کاهش مصرف انرژی به میزان (۲۴.۷ درصد) نسبت به حالت قبل گردید و در نهایت منجر به نتایج مطلوبی در بهینه‌سازی مصرف انرژی شد ولی در (اقلیم تهران مرکزی) نتایج برخلاف انتظارات اقلیم قبلی اتفاق افتاد و موجب افزایش مصرف انرژی به میزان (۱۳.۷ درصد) در ساختمان گردید که علت آن می‌تواند بار مصرفی بالا به دلیل بار زیاد روشنایی مصنوعی لامپ‌های داخلی فروشگاه و همچنین گرمایش حاصل از تجهیزاتی مانند یخچال‌های حجیم در مراکز تجاری (فروشگاه‌های زنجیره‌ای) در نظر گرفت و نشان داد که عایق کاری دیوارها با کیفیت بالا و همچنین استفاده از شیشه‌ها سه جداره در سقف آتریم و سایبان هوشمند در این اقلیم موجب حبس بیشتر حرارت تجهیزات فروشگاه در داخل ساختمان می‌شود و در نهایت برخلاف انتظار سبب افزایش بار سرمایش می‌گردد. همچنین از جمله دلایل دیگر این است که ناچیز بودن میزان بار گرمایش (۰.۱۸ مگاوات ساعت) در برابر سرمایش (۴۷۹.۸۵ مگاوات ساعت)، تأثیر چندانی بر بخش گرمایش به‌عنوان مهم‌ترین بخش تأثیرپذیر از عایق‌های حرارتی در این سناریو ندارد؛ بنابراین در این اقلیم، استفاده از مصالح با مقاومت حرارتی کم برای مراکز تجاری (فروشگاه‌های زنجیره‌ای) مناسب‌تر است.

References

- [1] Larijani, M., & Razi Kordmahaleh, L. (2017). Explaining the green job identification and prioritization of renewable energy domain: wind energy. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, 14(42), 15-32. https://karafan.tvu.ac.ir/article_100503.html?lang=en
- [2] Du, X., Zhang, Y., & Lv, Z. (2020). Investigations and analysis of indoor environment quality of green and conventional shopping mall buildings based on customers' perception. *Building and Environment*, 177, 106851. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106851>

- [3] Bednar, M. J. (1986). *The New Atrium*. McGraw-Hill. <https://books.google.com/books?id=tTJUAAAAMAAJ>
- [4] Moosavi, L., Zandi, M., & Bidi, M. (2018). Experimental study on the cooling performance of solar-assisted natural ventilation in a large building in a warm and humid climate. *Journal of Building Engineering*, 19, 228-241. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.04.026>
- [5] Amini, F., Saber Fattahi, L., Soleimanpour, P., Gol Ghahremani, N., Shafizadeh, M. A., Tavanpour, M., Farmad, M., & Khodi, M. (2017). *Energy Balance of 1394*. Ministry of Energy, Islamic Republic of Iran, Deputy Minister of Electricity and Energy, Office of Macro Planning of Electricity and Energy, Tehran. <https://irandataportal.syr.edu/wp-content/uploads/1394-1.pdf>
- [6] Zhou, J., Wan Mohd Nazi, w. i., Wang, Y., & Roskilly, T. (2019). Investigating the impact of building's facade on the building's energy performance – a case study. *Energy Procedia*, 158, 3144-3151. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.1016>
- [7] Griego, D., Krarti, M., & Hernandez-Guerrero, A. (2015). Energy efficiency optimization of new and existing office buildings in Guanajuato, Mexico. *Sustainable Cities and Society*, 17, 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.04.008>
- [8] Fathalian, A., & Kargar Sharifabad, H. (2017, November 22-23). *Office building energy simulation with Builder Design software and its validation with energy bills*. The third conference on heat transfer and mass of Iran, Noshirvani University of Technology Babol, Noshirvani University of Technology Babol, Babol, Mazandaran, Iran. <https://civilica.com/doc/698797>
- [9] Mirzaei, A. A., & Barati, E. (2017, May 11). *Simulation and analysis of energy consumption and the effects of reducing the temperature of the interior design, changing the type of glass and adding thermal insulation in the office building with Design Builder software*. 2nd International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering, Nikan Higher Education Institute, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/637673>
- [10] Li, Z., Ai, Z., Wang, W., Xu, Z., Gao, X., & Wang, H. (2014). Evaluation of airflow pattern in wind-driven naturally ventilated atrium buildings: measurement and simulation. *Building Services Engineering Research and Technology*, 35(2), 139-154. <https://doi.org/10.1177/0143624412474941>
- [11] Abdollahzadeh, S. (2013). *Design and analysis of efficient and optimal model of Atrium in office buildings in Tehran*. [Master Thesis, Faculty of Art and Architecture, Payame Noor University of Tehran].
- [12] Yunus, J., Ahmad, S., & Zain Ahmed, A. (2010, December 5-7). *Analysis of atrium's architectural aspects in office buildings under tropical sky conditions*. International Conference on Science and Social Research (CSSR), Kuala Lumpur, Malaysia. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5773836>
- [13] Hami, A., Moula, F. F., & Maulan, S. B. (2018). Public preferences toward shopping mall interior landscape design in Kuala Lumpur, Malaysia. *Urban Forestry & Urban Greening*, 30, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.12.019>
- [14] Zhu, D., Hong, T., Yan, D., & Wang, C. (2013). *A detailed loads comparison of three building energy modeling programs: EnergyPlus, DeST and DOE-2.1 E*. Building Simulation.