



## کاهش مصرف انرژی از طریق بازشوهای بهینه در ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی در تطبیق با نورگیرهای بناهای سنتی شهر شیراز

نازیلا نظربلند<sup>۱</sup>، محمدمهدی غیابی<sup>۲</sup> ID، مانی مصطفی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، واحد بین‌المللی کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران. nazilannazarboland@yahoo.com

<sup>۲</sup> (نویسنده مسئول) استادیار دانشکده هنر و معماری، دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام (ره)، شهرری، ایران. mohamadmehdighiyaei@yahoo.com

<sup>۳</sup> استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران. mostafamafi@yahoo.com

### چکیده

از گذشته دور تاکنون مسئله مدیریت انرژی از دغدغه‌های انسان در معماری بوده است. موضوع پوسته‌های ساختمان به دلیل اهمیت آن به‌عنوان اولین عنصر خارجی ساختمان در مدیریت انرژی دارای اهمیت ویژه‌ای است. اشاره دارد. مطالعه بناهای تاریخی در ایران نشان می‌دهد این مسئله در گذشته نیز مورد توجه معماران بوده است. شهر شیراز یکی از شهرهای کهن ایران است که دارای بناهای تاریخی و سنتی متعددی است. مسئله‌ای که می‌توان اینجا مطرح کرد تطبیق روش‌های نوین در مصرف انرژی با نورگیر بناهای سنتی در شهر شیراز است. این پژوهش به روش توصیفی و تحلیلی و با رویکرد کمی و کیفی در صدد پاسخگویی به این مسئله است. با توجه به این اهمیت، در پژوهش حاضر درصد بهینه بازشوها، زاویه بهینه لوورها و شیشه بهینه در یک ساختمان بلندمرتبه مسکونی با استفاده از نرم افزار Design Builder شبیه‌سازی شده است. بدین منظور ابتدا برای درصد بهینه بازشوها، درصد پنجره‌های بیرونی از ۰٪ تا ۱۰۰٪ هر با گام ۱۰٪ مورد بررسی قرار گرفت، سپس برای تعیین بهین‌ترین زاویه لوور در ساختمان در سه جبهه جنوب، شرق و غرب، ۱۷ حالت مختلف زاویه لوور در نظر گرفته شد و به منظور تعیین شیشه بهینه در جداره بیرونی ساختمان جهت تاثیر آنها بر بار سرمایش ساختمان سه نوع شیشه انتخاب گردید. با توجه به اینکه نورگیرها در معماری سنتی کارایی لازم را داشته‌اند و سال‌ها مورد استفاده قرار گرفته و نتایج استفاده از آنها مشخص می‌باشد و اکثر روش‌های سنتی نورپردازی و کنترل نور قابل جایگزینی با روش‌های نوین طراحی پوسته‌ها با همان عملکرد و کیفیت می‌باشد لذا می‌توان از روش‌هایی که در گذشته در طراحی نورگیرها در ساختمان‌ها استفاده می‌شده است برای ساختمان‌های جدید نیز الگوبرداری نمود.

### اهداف پژوهش:

- ۱- شناخت بهترین حالت موقعیت پنجره در راستای کاهش مصرف انرژی و آسایش ساکنان ساختمان.
- ۲- استفاده از الگوهای استفاده شده در نورگیرهای سنتی در ساختمان‌های امروزی در جهت کاهش انرژی.

### سوالات پژوهش:

- ۱- آیا با بهینه‌سازی نورگیرها در ساختمان بلندمرتبه مسکونی تا چه میزان می‌توان در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود؟
- ۲- آیا نورگیرهای سنتی قابلیت تطبیق و الگوبرداری برای ساختمان‌های امروزی را دارند؟

### اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

شماره ۴۲

دوره ۱۸

صفحه ۴۱۶ الی ۴۳۰

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۰۷

تاریخ داوری: ۱۳۹۹/۰۱/۲۳

تاریخ صدور پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱

### کلمات کلیدی

مصرف انرژی، بازشوهای بهینه، نورگیرهای سنتی، بناهای سنتی شیراز، خانه‌های مسکونی.

### ارجاع به این مقاله

نظربلند، نازیلا، غیابی، محمدمهدی، مافی، مصطفی. (۱۴۰۰). کاهش مصرف انرژی از طریق بازشوهای بهینه در ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی در تطبیق با نورگیرهای بناهای سنتی شهر شیراز. هنر اسلامی، ۱۸(۴۲)، ۴۱۶-۴۳۰.



[dori.net/dor/20.1001.1.1735708.1400.18.42.25.6](https://doi.org/10.22034/IAS.1735708.1400.18.42.25.6)



[dx.doi.org/10.22034/IAS.2020.224612.1216](https://dx.doi.org/10.22034/IAS.2020.224612.1216)



## مقدمه

در عصر حاضر، بحران انرژی و مشکلات زیست محیطی بر بسیاری از فعالیت‌های انسانی سایه افکنده و سبب شده که طراحی معماری به عنوان یکی از عوامل مؤثر در مصرف بالای انرژی با چالشی سخت مواجه گردد. در جهت حل این مشکل، معماری بومی ایرانی، به ویژه در اقلیم گرم و خشک، به سبب دارا بودن تجربیات و الگوهای ارزشمند، راهکارهایی خردمندانه در زمینه معماری پایدار ارائه می‌دهد. از بررسی و تحلیل عناصر و الگوهای تاریخ معماری ایران این نتیجه حاصل می‌شود که این عناصر و الگوها اگر چه هر یک در دوره معینی از تاریخ معماری خلق شده‌اند، لیکن با حضور ممتد در دوره‌های بعدی، تکامل و پالایش یافته، دارای هویتی مستقل از زمان شده‌اند و مفهوم عامی را از یک الگو یا یک عنصر معماری ارائه می‌دهند که شأن تجریدی یافته و دارای تصویری ذهنی و حامل بار عاطفی است. به دنبال رشد فزاینده جمعیت شهری ناشی از افزایش جمعیت و مهاجرهای روستایی در دهه‌های اخیر در ایران چهره مسکن و معماری ایرانی-اسلامی تغییر یافت. در شرایط محدودیت منابع زمین و عدم امکان تصاحب سطح و رشد افقی شهرها مسکن اینبار به جای گسترش در سطح، در ارتفاع ساخته شد که نمود آن با عنوان "بلندمرتبه خوانده می‌شود. پوسته ساختمان به عنوان واسطه اصلی بین فضای داخل و خارج، نقش قابل توجهی در تعدیل شرایط آب و هوایی و تامین آسایش ساکنین و در نتیجه کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی دارد و طراحی و اجرای پوسته‌های ساختمانی که بتواند با رفتار حرارتی مناسب بالاترین میزان آسایش حرارتی را در فضای داخل بدون کمک تجهیزات مکانیکی تأمین کنند، می‌توانند تا حدود زیادی سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی گردند.

درخصوص پیشینه پژوهش حاضر باید گفت تاکنون اثر مستقلی با این عنوان به رشته تحریر در نیامده است. بسیاری از محققان رفتار حرارتی پوسته و نماها را از طریق شبیه‌سازی مطالعه کرده‌اند. تحقیقات در اقلیم‌های مختلف بوده است و تحقیقاتی که از طریق شبیه‌سازی انجام شده‌اند عمدتاً تأثیر عواملی همچون پیکره‌بندی نما، جنس شیشه‌ها، بهره‌گیری از تهویه طبیعی، نوع و عمق سایبان، ابعاد بازشوها و مصالح مورد استفاده در پوسته‌ها بررسی شده‌اند. یکی از این تحقیقات توسط قبادیان و شریفی انجام شده است (۱۳۹۶). در این اثر تأثیر خصوصیات فیزیکی پوسته‌های ساختمان‌ها را بر زمان تأخیر و ضریب کاهش انتقال حرارت در ساختمان‌های بلندمرتبه شهر همدان را بررسی نموده‌اند. نتایج نشان داده که شیشه‌های دولایه نسبت به شیشه‌های تک لایه سکوریت به اندازه ۵۰ درصد عملکرد بهتر، هم چنین شیشه‌های با ضخامت بیشتر و با فاصله میانی بیشتر بین دوجداره در شیشه‌های دو لایه، نسبت به انواع دیگر شیشه‌ها به اندازه ۱۶ درصد عملکرد مناسب‌تری را در ارتباط با عامل زمان تأخیر جریان حرارت دارا می‌باشد. برزگر و حیدری، رابطه میان میزان دریافت تابش خورشیدی و مصرف انرژی ساختمان در بخش خانگی را بررسی کرده و نشان می‌دهند خانه‌های دارای جهت‌گیری اقلیمی دارای مصرف انرژی کمتری می‌باشند. نورا قبرا<sup>۱</sup> (۲۰۱۷) در پایان‌نامه دکتری خود با عنوان تأثیر پوسته ساختمان در بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه در کشور عربستان سعودی (اقلیم گرم) برای کاهش بارهای خنک‌کننده ساختمان پارامترهای طراحی معماری را بررسی نموده است. و به وسیله نرم‌افزارهای شبیه‌سازی بهترین نمونه پنجره، شیشه و دیوار را شبیه‌سازی کرده است. راشل گاندرسون<sup>۲</sup> (۲۰۱۵)، در رساله خود با عنوان پوسته‌های ساختمانی پاسخگو یک پوسته ساختمانی خاص را طراحی نموده که حرکت هوا، نور و آب را برای استفاده از انرژی جذب می‌کند. وی عناصر قابل انعطاف، پویا و تعاملی در معماری را برای دستیابی به یک

<sup>۱</sup> Noura Ghabra<sup>۲</sup> Rachele Danorah Gunderson

پوسته هوشمند به کار گرفته است. در تحقیق دیگری گرانا دیرو، کوریا، لیل و دوارتاز<sup>۳</sup> (۲۰۱۳) یک ابزار جدید شبیه-سازی مصرف انرژی جهت تعیین میزان مصرف ساختمان بهره برده و به کمک شبیه‌سازی مدل‌های ساختمانی، ویژگی‌های فیزیکی اثرگذار بر میزان مصرف انرژی را تحلیل نموده‌اند. نتایج این پژوهش بیان‌گر آن بود که مصالح، مساحت پنجره‌ها و فرم ساختمان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مصرف انرژی می‌باشد.

تحقیق حاضر از نوع کاربردی، به لحاظ روش تحقیق از نوع شبیه‌سازی می‌باشد. در این پژوهش با انتخاب دو ساختمان بلندمرتبه مسکونی به عنوان نمونه موردی به بررسی عوامل محیطی و وضعیت موجود براس شناخت عملکرد جداره‌های ساختمان پرداخته می‌شود. به منظور بررسی تعیین درصد بهینه درصد پنجره در دیواره‌های بیرونی، زاویه بهینه لوررها و تأثیر نوع شیشه در جداره‌های بیرونی بر مصرف انرژی در ساختمان مسکونی، ابتدا ساختمانی با ابعاد ۱۶m\*۸m به ارتفاع ۳/۲ متر انتخاب شد. این ساختمان دارای کشیدگی شرقی-غربی طبق تصویر ۱ می‌باشد. واحد نمونه شبیه‌سازی شده در طبقه میانی یک ساختمان ۱۶ طبقه مسکونی قرار گرفته است و در طبقات بالا و زیرین خود در همسایگی با واحدهای دیگر است. در ساختمان شبیه‌سازی شده مقدار روشنایی طبق استاندارد اشری<sup>۴</sup> ۴۰۰ لوکس<sup>۵</sup> در نظر گرفته شده است.

#### ۱.۱ مصرف انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه

ساختمان‌های بلند مسکونی، در مقایسه با استانداردهای مصرف انرژی، سه برابر واحد سطح طبقه در خانه‌های تک واحدی مسکونی، انرژی مصرف می‌کنند. امروزه، انرژی نه تنها معیار سنجش کارایی عملیاتی ساخته شده است، بلکه در واقع مترادف حفظ محیط زیست و پیشرفت‌های تکنولوژیکی سال‌های اخیر، نیز گشته است. ساختمان‌های بلند مصرف کنندگان بزرگ انرژی هستند. آن‌ها با توجه به مقیاس و هدف شان عناصر غالب در معماری شهری هستند و باید به طراحی سازگار با محیط زیست تمرکز کنند. البته بدیهی است که فرآیند طراحی به‌طور قابل توجهی پیچیده است زیرا طراح مجبور به درک عملکرد ساختمان از نظر عوامل مختلف، متغیرها و شرایط متغیر طرح می‌باشد. برخی از مزایای کلی از طراحی با کارایی بالا عبارتند از: صرفه‌جویی در انرژی، انعطاف‌پذیری طرح، حفاظت از منابع، کیفیت محیط داخلی و غیره (اکبری یگانه، ۱۳۹۱). در بررسی راه کارهای طراحی ساختمان در اقلیم گرم و خشک، میزان مصرف انرژی و آلودگی محیطی و عوامل دیگری را می‌توان از معیارها و سرفصل‌های ارزیابی در اقلیم گرم و خشک بر شمرد (قلی‌نژاد یاسوری، مفیدی شمیرانی، ۱۳۹۸: ۲۰۰). که از جمله این معیارهای عوامل تشکیل‌دهنده پوسته ساختمان می‌باشد.

#### ۱.۱.۱ پوسته‌های پاسخگو در ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی

یک پوسته ساختمانی پاسخگو شامل ویژگی‌ها و رفتار عملکردی شبیه به یک پوسته ساختمانی "هوشمند" از جمله سنجش زمان واقعی سنجش، عناصر سازگار با محیط زیست، مواد هوشمند، اتوماسیون و ... می‌باشد. اما همچنین شامل ویژگی‌های تعاملی مانند الگوریتم‌های محاسباتی است که اجازه می‌دهد سیستم ساختمان خود را در طول زمان تنظیم کند، همچنین توانایی تنظیم و تغییر دستی عناصر پوسته ساختمان برای کنترل شرایط محیط توسط ساکنان

<sup>۳</sup> Granadeiro, Correia, Leal, Duarte

<sup>۴</sup> ASHRAE

<sup>۵</sup> Lux

را دارد (Z. Brown, ۲۰۰۹: ۴۲). یک پوسته پاسخگو، ویژگی‌های عملکردی مشابه یک پوسته هوشمند را دارد از جمله حس کردن در زمان، عناصر متحرک تطبیق پذیر با آب و هوا، مصالح هوشمند و اتوماسیون. اما ویژگی‌های تعاملی را نیز شامل می‌شود مانند الگوریتم‌های محاسباتی که به سیستم‌های ساختمان اجازه می‌دهد تا خود تنظیم کنند و در طول زمان بیاموزند. همچنین توانایی برای ساکنین که عناصر پوسته ساختمان را برای کنترل شرایط محیطی دستکاری کنند. در حال حاضر، پوسته ساختمان اصلی‌ترین نقش را در تلفات انرژی دارد. سطوح خارجی بنا بیشترین تعامل را با محیط بیرونی داشته و به همین دلیل نقش اساسی در ایجاد آسایش حرارتی و تبادلات انرژی ساختمان با محیط خارج را دارند. از این رو، کارکرد اساسی و مهم آن‌ها در ساختمان‌ها و معماری کنونی نیز تعدیل شرایط آب و هوایی محیط طبیعی است، به طوری که کارکرد انرژی ساختمان توسط پوسته ساختمان تعیین می‌شود. از مهم‌ترین کارکردهای پوسته‌های ساختمان‌ها می‌توان به کنترل تابش، تأمین تهویه طبیعی و تعیین میزان سرمایش و گرمایش اشاره کرد (Auer, T, ۲۰۱۱, ۷۵).

### ۲.۱. درصد بهینه پنجره

نسبت پنجره به دیوار یکی از عوامل مرتبط با پنجره است که مهم‌ترین تأثیر را در مصرف انرژی ساختمان دارد. نسبت بازشوها به دیوار (FWR) درصدی حاصل از تقسیم مساحت بازشوهای شفاف به دیوارهای خارجی است. استفاده از سایبان یکی از مهم‌ترین راه‌کارهای کاهش مصرف انرژی بویژه در اقلیم‌های گرم می‌باشد. نوع و اندازه سایبان در کارکرد آن از اهمیت زیادی برخوردار است. عناصر کنترل‌کننده تابش آفتاب، همواره یکی از عناصر مهم و شکل‌دهنده معماری ایران بوده و در پهنه‌های مختلف اقلیمی کشور شکل و اهمیت متفاوتی داشته است. عناصر کنترل‌کننده تابش آفتاب بر ساختمان، به لحاظ نقش بسیار مؤثری که در کاهش بارهای برودتی ساختمان و کاهش صدمات زیست محیطی حاصل از تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های تجدیدناپذیر دارند، در معماری مطرح امروز جهان نیز جایگاه خاصی یافته‌اند (فیاض و کسمایی، ۱۳۸۹: ۱۲۶).

### ۳.۱. سایبان بهینه

سایبان‌ها یکی از مهم‌ترین فاکتورهای معماری مؤثر بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها و بویژه در اقلیم گرم و خشک می‌باشند. خصوصیات سایه‌بان بر میزان بار گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان تأثیر به‌سزایی دارد. اگرچه تابش مستقیم آفتاب بر جدارهای شفاف ساختمان، امکان گرمایش طبیعی فضاهای داخلی آن را فراهم می‌سازد، اما همین تابش می‌تواند موجب گرم شدن بیش از حد فضاهای داخلی ساختمان در مواقع گرم باشد. به همین دلیل، کنترل تابش مستقیم آفتاب بر جدارهای خارجی ساختمان، به ویژه سطوح شفاف، به لحاظ تأثیر گلخانه‌ای تابش آفتاب بر این سطوح، اهمیت ویژه‌ای دارد (کسمایی، ۱۳۹۲: ۷۹).

<sup>۱</sup> Advanced Energy Design Guide, (۲۰۰۸), AIA & AHREA publication.

## ۲. تأثیر بازشوهای بهینه در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی

### ۱.۲. اطلاعات آب و هوایی

با توجه به قرارگیری ساختمان مورد مطالعه در شهر شیراز (اقلیم گرم و خشک)، اطلاعات آب و هوایی این شهر از نرم افزار Design Builder استخراج و مبنای تحلیل‌های دیگر قرار گرفت. در شبیه‌سازی ساختمان مورد بررسی نقطه گرمایش<sup>۶</sup> ۲۲ درجه سلسیوس و نقطه سرمایش<sup>۷</sup> ۲۴ درجه سلسیوس طبق استاندارد اشری در نظر گرفته شده است. مشخصات ساختمان از لحاظ جهت‌گیری، میزان ظرفیت اشغال و غیره در جدول ۱ آورده شده است. برای دانستن زاویه بهینه لوور و درصد پنجره در ساختمان مورد نظر شیشه‌ها دو جداره می‌باشد که ضخامت هر شیشه ۳mm و ضخامت لایه‌ی هوای بین آن ۶mm در نظر گرفته شد که ضریب انتقال حرارتی آن  $0.33 \text{ W/m}^2\text{K}$  است. همچنین قاب پنجره‌ها یو پی وی سی<sup>۹</sup> در نظر گرفته شد.

بعد از شبیه‌سازی ساختمان مورد نظر، میزان بهره خورشیدی، بار سرمایش، بار گرمایش و مصرف روشنایی سالانه ساختمان برای درصدهای مختلف پنجره در چهار جبهه ساختمان مسکونی برای شیراز محاسبه شده است.

### ۲.۲. درصد بهینه پنجره

برای تعیین درصد بهینه در جبهه‌های مختلف ساختمان، درصد پنجره‌ها در چهار جبهه شمال، جنوب، شرق و غرب ساختمان مورد بررسی قرار گرفته است. درصد پنجره‌های بیرونی از ۰٪ تا ۱۰۰٪ هر ۱۰٪ مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین درصد بهینه یک جبهه ساختمان، ابتدا کلیه جبهه‌های ساختمان بدون پنجره در نظر گرفته شده و سپس درصد پنجره در آن جبهه مورد نظر را از صفر تا صد تغییر داده و داده‌های مربوط به بهره خورشیدی، بار سرمایش، بار گرمایش، مصرف روشنایی سالانه هر حالت به دست آورده شده است.

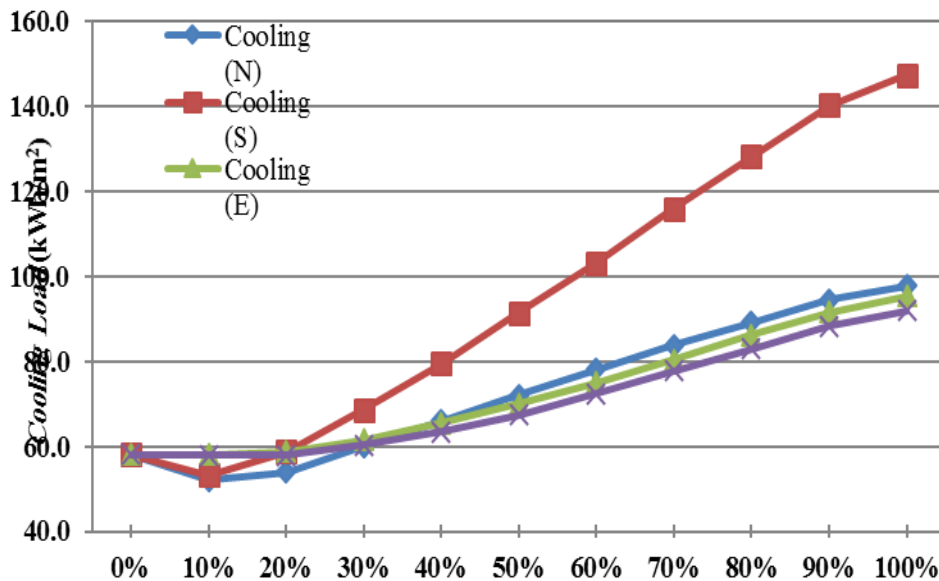
### ۳.۲. بار سرمایش و گرمایش

طبق نمودار شماره ۱ در شیراز ساختمان با ۱۰٪ تا ۳۰٪ پنجره بیرونی در جبهه شمال و جنوب کم‌ترین میزان بار سرمایش را داراست و بیشترین مقدار بار سرمایش نیز متعلق به ۱۰۰٪ پنجره خارجی است. در جبهه جنوب ساختمان با ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ پنجره به ترتیب میزان بار سرمایش  $53.4 \text{ kWh/m}^2$ ،  $57.7 \text{ kWh/m}^2$  و  $68.8 \text{ kWh/m}^2$  است. در جبهه شمال ساختمان نیز با ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ پنجره به ترتیب میزان بار سرمایش  $53.6 \text{ kWh/m}^2$ ،  $53.9 \text{ kWh/m}^2$  و  $54.9 \text{ kWh/m}^2$  می‌باشد. در شیراز در جبهه‌های شرق و غرب نیز ساختمان با ۱۰٪ و ۲۰٪ با مصرف  $54.9 \text{ kWh/m}^2$  کم‌ترین میزان مصرف بار سرمایش را داشته‌اند (نمودار شماره ۱). کم بودن بار سرمایش برای پنجره با درصدهای پایین به دلیل پایین بودن میزان بهره خورشیدی ساختمان می‌باشد که تابش کم‌تری وارد محیط می‌گردد.

<sup>۶</sup> Heating setpoint

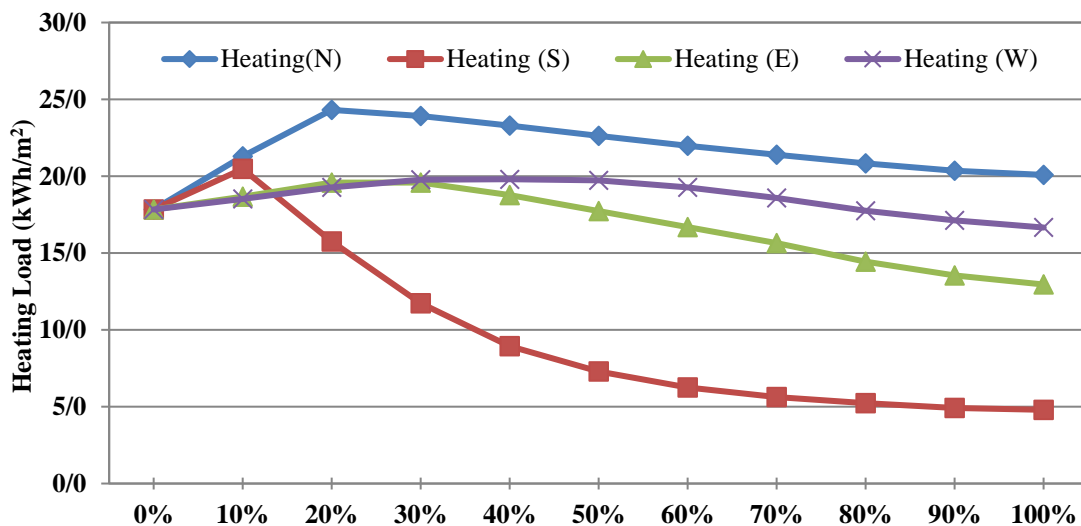
<sup>۷</sup> Cooling setpoint

<sup>۹</sup> Unplasticized PolyVinyl Chloride (UPVC)



تصویر ۱. میزان بار سرمایش سالانه ساختمان با درصد پنجره‌های مختلف در جبهه‌های مختلف ساختمان برای شیراز

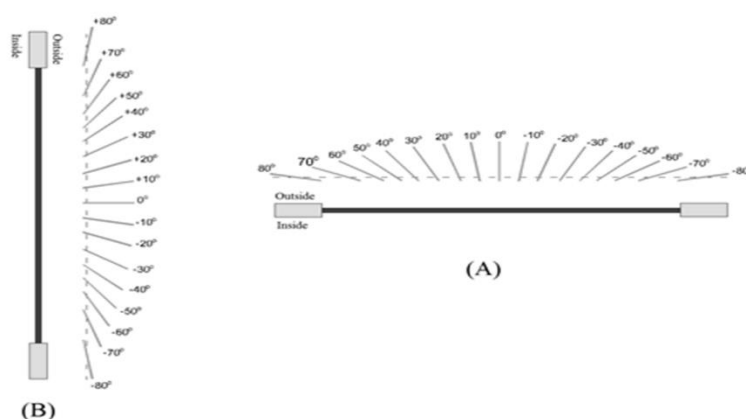
طبق نمودار شماره ۲ در شیراز، ساختمان با ۲۰٪ پنجره در جبهه شمالی با مصرف  $24/2 \text{ kWh/m}^2$  بیشترین مصرف بار گرمایش سالانه را دارا است و در ۱۰۰٪ پنجره با مصرف  $20/5 \text{ kWh/m}^2$  کمترین مصرف بار گرمایش را دارد. ساختمان با ۱۰٪ پنجره در جبهه جنوب با مصرف  $20/3 \text{ kWh/m}^2$  بیشترین میزان بار گرمایش را دارد و ساختمان با ۱۰۰٪ پنجره در جنوب با  $4/6 \text{ kWh/m}^2$  مصرف کمترین میزان بار گرمایش داراست. در شیراز ساختمان در دو جبهه شرق و غرب با ۳۰٪ پنجره با مصرف  $19/1 \text{ kWh/m}^2$  بیشترین بار گرمایش را دارد و در جبهه شرق و غرب ساختمان با ۱۰۰٪ پنجره به ترتیب با مصرف  $13 \text{ kWh/m}^2$  و  $16/6 \text{ kWh/m}^2$  کمترین بار گرمایش دارا هستند.



تصویر ۲. میزان بار گرمایش سالانه ساختمان با درصد پنجره‌های مختلف در جبهه‌های مختلف ساختمان برای شیراز

۴.۲. زاویه بهینه لوور<sup>۱۰</sup>

برای بررسی تأثیر لوور بر بهره خورشیدی، بار سرمایش، گرمایش و روشنایی و تعیین بهینه‌ترین زاویه لوور در ساختمان در سه جبهه جنوب، شرق و غرب ۱۷ حالت مختلف زاویه لوور در نظر گرفته شد. برای جبهه جنوب از لوورهای افقی استفاده گردید و برای جبهه‌های شرق و غرب از لوورهای عمودی استفاده شد. لوورها در ۱۷ زاویه مختلف با یکدیگر از  $-۸۰$  درجه تا  $+۸۰$  درجه مقایسه شد. همچنین در جبهه‌های شرق و غرب ساختمان لوورهای عمودی در ۱۷ زاویه مختلف با یکدیگر مقایسه شد. جهت تعیین زاویه بهینه لوور در ساختمان مسکونی بلندمرتبه در کلیه حالت‌های شبیه سازی برای لوورهای افقی و قائم ضخامت لوورها  $۲\text{mm}$  می‌باشد. همچنین عرض لوور  $۳۰\text{cm}$  و فاصله لوورها از یکدیگر  $۳۰\text{cm}$  است. حالات شبیه‌سازی شده برای لوورهای عمودی در شرق و غرب در شکل (A) برای لوورهای افقی در جبهه جنوب در شکل (B) و نشان داده شده است.

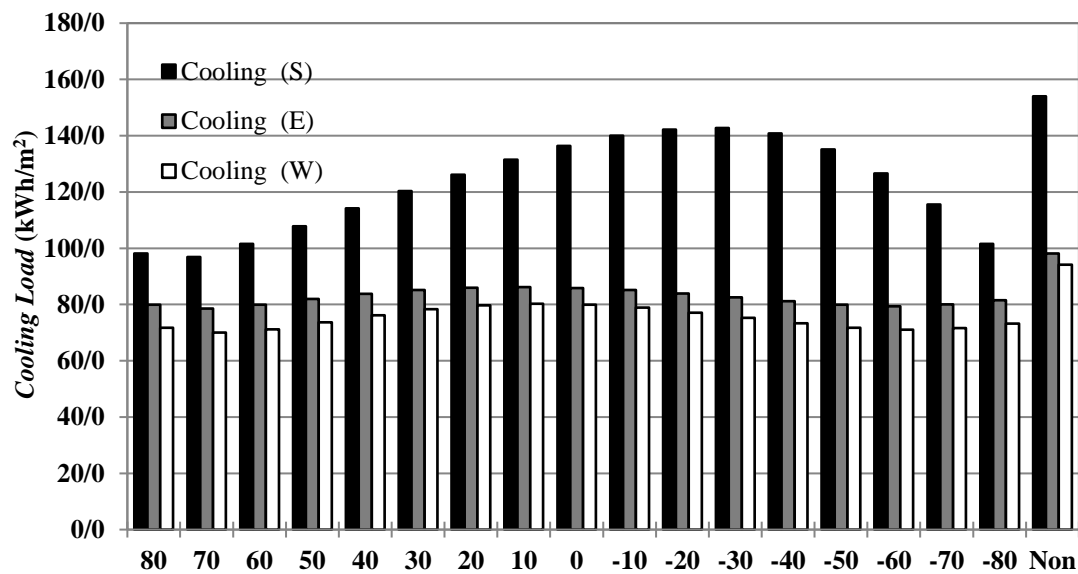


تصویر ۳. حالات شبیه سازی شده برای لوورهای عمودی در جبهه شرق و غرب (A) و برای لوورهای افقی در جبهه جنوب ساختمان (B)

## ۵.۲. بار سرمایش

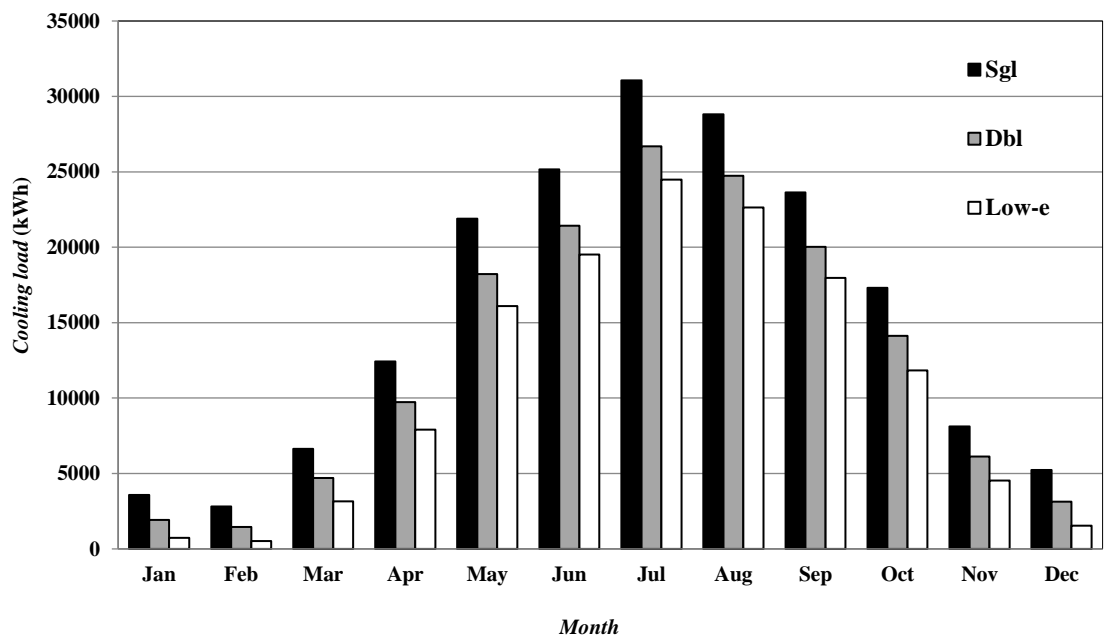
طبق نمودار شماره ۳ در شیراز، در جبهه جنوب بیشترین و کمترین مصرف بار سرمایش به ترتیب مربوط به لوور با زاویه‌های  $-۳۰^{\circ}$  با مصرف  $۱۴۲/۳\text{kWh/m}^2$  و  $+۷۰^{\circ}$  با مصرف  $۹۶/۲\text{kWh/m}^2$  می‌باشد. همچنین در جبهه شرق، لوور با زاویه  $+۱۰^{\circ}$  با سرمایش  $۸۶/۶\text{kWh/m}^2$  بیشترین بار سرمایش در بین زوایای مختلف لوور در جبهه شرق دارد و لوور با زاویه  $+۷۰^{\circ}$  با بار سرمایش  $۷۸/۸\text{kWh/m}^2$  کمترین بار سرمایش در جبهه شرق داراست. همچنین بر اساس این نمودار استفاده از لوور با زاویه  $+۱۰^{\circ}$  در شیراز در جبهه غرب با بار سرمایش  $۸۰/۴\text{kWh/m}^2$  بیشترین بار سرمایش در بین حالات مختلف داشته و استفاده از لوور با زاویه  $+۷۰^{\circ}$  با بار سرمایش  $۷۰\text{kWh/m}^2$  کمترین میزان بار سرمایش را دارا است.

<sup>۱۰</sup> Lovre



تصویر ۴. میزان بار سرمایش سالانه ساختمان با زوایای مختلف لوور برای شیرا

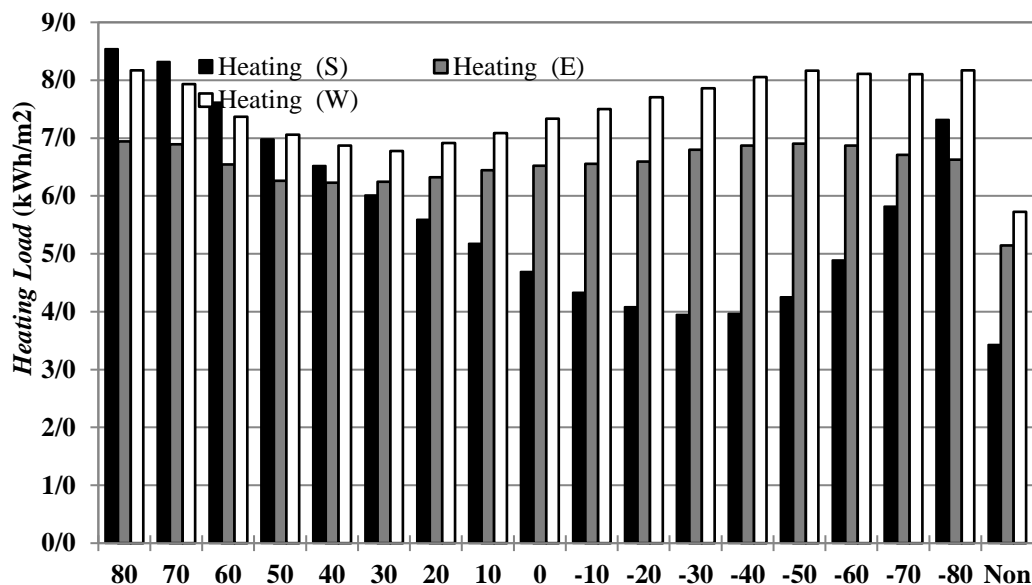
در نمودار شماره ۵ میزان بار سرمایش ساختمان موردنظر در شیراز در سه نوع شیشه مورد مطالعه در ماه‌های سال نشان داده شده است. طبق نمودار مذکور، در همه ماه‌های سال میزان بار سرمایش ساختمان با شیشه کم گسیل کم‌تر از شیشه ساده و دو جداره است. همچنین ساختمان با شیشه دو جداره عملکرد بسیار بهتری نسبت به شیشه ساده دارد اما بار سرمایش بیشتری نسبت به ساختمان با شیشه کم گسیل داراست. بیشترین بار سرمایش ساختمان در هر سه حالت شبیه سازی مربوط به ماه جولای است. در ماه جولای بار سرمایش ساختمان با شیشه کم گسیل ۲۲٪ کم‌تر از ساختمان با شیشه ساده و ۱۰٪ کم‌تر از ساختمان با شیشه دو جداره است. عملکرد مناسب شیشه کم گسیل نسبت به دو شیشه دیگر به علت کنترل تابش خورشید می‌باشد که متناسب برای هر فضای ساختمان می‌باشد. به طور کلی در طول سال استفاده از شیشه کم گسیل درای بهترین عملکرد در شیراز با آب و هوای گرم داشته است. به گونه‌ای که استفاده از شیشه کم گسیل در شیراز باعث گردیده که بار سرمایش ۳۰٪ کاهش یابد، در حالی که شیشه دو جداره موجب کاهش ۱۹٪ بار سرمایش گردیده است.



تصویر ۷. بار سرمایش ساختمان مسکونی در ماه‌های سال با توجه به سه نوع مختلف شیشه، شیراز

## ۶.۲. بار گرمایش

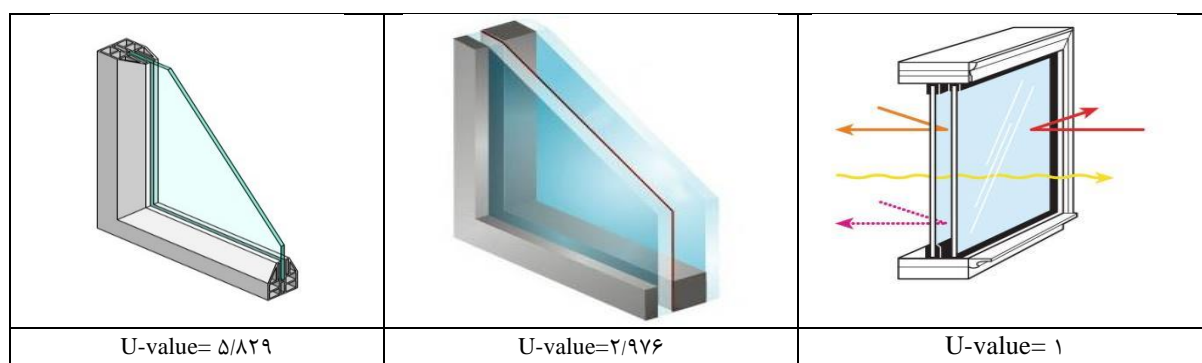
با توجه به نمودار شماره ۴ در جبهه جنوب ساختمان در شیراز، لوور با زاویه  $+۸۰^{\circ}$  با بار گرمایش  $۸/۵ \text{ kWh/m}^2$  بیشترین میزان بار گرمایش و لوور با زاویه  $-۳۰^{\circ}$  با بار گرمایش  $۳/۹ \text{ kWh/m}^2$  کمترین بار گرمایش در جبهه جنوب دارا است. در جبهه شرق لوور با زاویه  $-۵۰^{\circ}$  و  $+۸۰^{\circ}$  با بار گرمایش  $۶/۷ \text{ kWh/m}^2$  بیشترین بار گرمایش در بین زوایای مختلف لوور است و لوور با زاویه  $+۴۰^{\circ}$  و  $-۴۰^{\circ}$  با بار گرمایش  $۵/۹ \text{ kWh/m}^2$  کمترین بار گرمایش در بین حالات مختلف دارد. در جبهه غرب ساختمان نیز بار گرمایش به ترتیب مربوط به لوور با زاویه‌های  $+۸۰^{\circ}$ ،  $-۵۰^{\circ}$  و  $-۸۰^{\circ}$  است که به میزان  $۸/۲ \text{ kWh/m}^2$  است. طبق شکل ۶ لوور با زاویه  $+۳۰^{\circ}$  با بار گرمایش  $۶/۹ \text{ kWh/m}^2$  کمترین بار گرمایش در جبهه غرب دارا است.



تصویر ۵. میزان بار گرمایش سالانه ساختمان با زوایای مختلف لوور برای شیراز

### ۷.۲. بهینه‌سازی شیشه

به منظور تعیین شیشه بهینه در جداره بیرونی ساختمان جهت تأثیر آن‌ها بر بار سرمایش ساختمان سه نوع شیشه انتخاب گردید. شیشه‌های انتخاب شده از شیشه‌های رایج استفاده شده در ساختمان‌سازی ایران می‌باشد. شیشه کم گسیل نیز از شیشه‌هایی می‌باشد که در پژوهش‌های مختلف به تأثیر مثبت آن اشاره است اما میزان تأثیر آن در مقایسه با شیشه ساده و دو جداره در شهر شیراز مشخص نشده است. شیشه‌های مورد مطالعه شامل شیشه ساده ۳mm و شیشه دو جداره با شیشه‌های با ضخامت ۳mm و ضخامت لایه هوای ۶mm و شیشه دو جداره کم گسیل با ضخامت ۳mm و ضخامت لایه هوای ۶mm است. در تصویر شماره ۴ میزان ضریب انتقال حرارت شیشه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است.



تصویر ۶. ضریب انتقال حرارت شیشه‌های مورد مطالعه.

### ۳. عناصر نورگیری در معماری بناهای سنتی ایران (نمونه موردی شیراز)

حفظ ارزش‌های ملی و فرهنگ گذشته خصوصاً هنرهای سنتی هر قوم و ملت، امری اجتناب‌ناپذیر است؛ اما به کارگیری تکنولوژی‌های هم‌عصر در سطح مشخص و منطقی نیز منافاتی با حرکت تدریجی با توسعه و پیشرفت نداشته و گاه

می‌تواند موجبات توسعه و تکامل هنرها را نیز فراهم آورد (امرائی و همکاران، ۱۳۹۸: ۹۹). یکی از نکاتی که توسط معماران ایرانی مورد توجه قرار گرفته است، توجه به نور است (لاری پور، دادور، ۱۳۹۷: ۸۶). عناصر نورگیری در معماری سنتی ایران از دو جهت مورد مطالعه قرار می‌گیرد: گروه اول به عنوان کنترل‌کننده‌های نور مانند انواع سایه‌بان‌ها و گروه دوم نورگیرها. گروه اول نقش تنظیم نور وارده را دارند و خود به دو دسته تقسیم می‌شوند دسته اول آن‌هایی که جز بنا هستند مانند رواق و دسته دوم آن‌هایی که به بنا افزوده می‌شوند و گاهی حالت تزئینی دارند مثل پرده، نورگیرها: عناصری که به عنوان نورگیر مطرح می‌شوند، نام‌های مختلفی دارند که عبارتند از: روزن / شباک / در و پنجره‌ی مشبک / جام‌خانه / هورنو / اورسی / روشندان / فریز و خوون / گل جام / بالکانه / پاچنگ / پاچلاقی و تهرانی. علاوه بر این موارد عناصری مانند شباک‌ها و پنجره‌هایی با شیشه‌های رنگی و گره چینی (اورسی) به جز نورگیری نقش کنترل‌کننده نیز دارند (اعتمادی و ابراهیمی، ۱۳۹۵: ۶).

در بناهای سنتی شهر شیراز که بازمانده از دوره قاجار تبدیل فرم چلیپایی تالار به مستطیل و قرارگیری ایوان ستون‌دار با کشیدگی در جهت بدنه حیاط در جلو تالار به جای ارسی به منظور فضای دسترس به تالار و تأمین تهویه طبیعی وجود دارد. نورگیری این منازل از طریق اتاق انجام می‌شود. مکان‌گزینی فضاهای اصلی براساس محورهای حرکتی و بصری استوار بوده و نقش دید نسبت به نور در اولویت است (زارعی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۲۵). در تصاویر شماره ۷ و ۸ نمونه‌هایی از این ساختار فضایی مشاهده می‌گردد.



تصویر ۷: خانه نصیرالملک در شیراز. مربوط به دوره قاجار. (منبع: نگارنده).



تصویر ۸: تصویر خانه بیات در شیراز. مربوط به دوره قاجار. (منبع: نگارنده)

تنوع و تعدد پنجره‌های رو به حیاط در دیگر بناهای سنتی دوره شیراز نیز قابل مشاهده است. این شیوه معماری که در ارتباط مستقیم با شرایط اقلیمی شیراز است در مدیریت انرژی نقش مهمی داشته است.

#### ۴. تطبیق نورگیر و سایبان‌ها با نوع سنتی

جدارهای باز و شفاف در این منطقه باید در فصول گرم در سایه و در فصول سرد در معرض تابش آفتاب قرار داشته باشند. بنابراین در شهر شیراز پنجره‌ها باید رو به جنوب و جنوب شرقی دارای سایبان افقی، پنجره‌های جبهه‌های شمالی دارای سایبان قائم کنار پنجره و پنجره‌های رو به شرق، غرب و جهات نزدیک به آن دارای سایبان افقی و قائم مقابل پنجره باشند. محاسبات انجام شده نشان می‌دهد که عمق پنجره‌های جنوبی در این منطقه حدود یک سوم ارتفاع پنجره در عرض‌های بالا تا حدود یک پنجم در عرض‌های پایین است.

توصیه می‌گردد که همه سایبان‌های افقی منفذدار باشند تا از یک طرف گرمای انباشته شده در زیر آن از منافذ خارج شده و کمتر به داخل ساختمان نفوذ نماید و از طرف دیگر توزیع هوا در داخل اتاق بهتر صورت گیرد. همچنین حتی الامکان از پیش‌آمدگی‌های، دیوارهای الحاقی و کرکره‌ها برای هدایت باد استفاده شود. پنجره‌ها می‌توان از هواکش‌های سقفی یا هواکش‌هایی که در قسمت‌های فوقانی دیوار قرار دارند بهره گرفت. در صورت عدم کفایت در این مواقع استفاده از کانال‌های عمودی نظیر بادگیر، دودکش و ... برای تهویه هوا بسیار مناسب می‌باشند. حتی الامکان باید ورودی و خروجی هوا وسیع و تا روی زمین ادامه یابد. در غیر این صورت باید ورودی هوا بزرگتر از خروجی آن بوده و در مجاورت سطح زمین قرار داشته باشد و یا اینکه از تمهیداتی نظیر کرکره‌های افقی، پیش‌آمدگی سقف و دستانداز لبه برای به حرکت در آوردن جریان هوا استفاده نمود (سجادزاده و همکاران، ۲۰۱۳۹۴).

#### نتیجه‌گیری

این پژوهش با توجه به اهمیت پوسته‌های ساختمانی در میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها کوشیده است روش انتخاب عناصر اصلی پوسته خارجی از نظر عملکرد صرفه‌جویی در مصرف انرژی و نیز تامین آسایش حرارتی داخلی یک

ساختمان بلندمرتبه مسکونی را بازگو کند و نشان دهد چگونه می‌توان با استفاده از مدلسازی بازشوها، شیشه‌ها و سایبان به عنوان یکی از مؤثرترین عوامل در طراحی پوسته خارجی ساختمان به این مهم دست یافت و ضمن تأیید عملکرد در این ساختمان نوع بهینه آن را مشخص نمود. نتایج پژوهش حاکی از آن است که متغیرهایی همچون درصد پنجره و زاویه لوورها تأثیر بسزایی در میزان مصرف انرژی و آسایش ساکنین در ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی دارد. نتایج پژوهش انجام شده به شرح زیر می‌باشند: در شرایطی که مساحت پنجره بزرگتر است، میزان کسب و اتلاف حرارت از طریق پنجره افزایش می‌یابد. در وضعیتی که نسبت مساحت پنجره به مساحت دیوار در جبهه شمال و جنوب ۱۰ تا ۳۰ درصد است و در جبهه شرق و غرب ۱۰ و ۲۰ درصد می‌باشد کمترین میزان بار سرمایش را دارند. همچنین در تمامی جبهه‌ها با ۱۰۰ درصد پنجره کمترین میزان بار گرمایش را دارند. سپس به بررسی ۱۷ زاویه مختلف لوور در سه جبهه جنوب، شرق و غرب پرداخته شد. نتایج نشان دادند کمترین بار سرمایش در سه جبهه لوور با زاویه  $70^{\circ}+$  می‌باشد و کمترین بار گرمایش در جبهه جنوب با لوور زاویه  $30^{\circ}-$  می‌باشد. در انتها با بررسی سه نوع شیشه ساده، دوجداره و شیشه دوجداره کم گسیل مشخص شد که بار سرمایش در تمام ماه‌های سال با شیشه کم گسیل کمتر از دو مدل دیگر شیشه است، همچنین شیشه دو جداره عملکرد بهتری نسبت به شیشه ساده دارد اما بار سرمایش بیشتری نسبت به شیشه کم گسیل دارد. بنابراین با شناخت و بدست آوردن بهترین اندازه پنجره‌ها، زاویه بهینه لوورها و همچنین مناسب‌ترین نوع شیشه می‌توان تا میزان زیادی در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود. همچنین نتایج بدست آمده از این پژوهش را می‌توان برای ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی در اقلیم گرم و خشک شهر شیراز استفاده نمود تا در میزان مصرف انرژی ساختمان‌های مذکور صرفه‌جویی نموده و آسایش حرارتی ساکنین ساختمان را فراهم نموده. راهکارهای با ارزش معماری سنتی در خانه‌های قدیمی قابل تکرار شدن در بناهای امروزی در جهت جلوگیری از اتلاف انرژی، کاهش استفاده از انرژی، کاهش استفاده از انرژی فسیلی، بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در تأمین انرژی بنا می‌باشد و منجر به کاهش هزینه‌های اقتصادی و افزایش دوام و عمر بناها در درازمدت خواهد شد.

## منابع

## کتابها:

اکبری یگانه، مسعود. (۱۳۹۱). معرفی سامانه‌های ارزیابی کیفیت ساختمان در سایر کشورها، تهران. کسمایی، مرتضی. (۱۳۹۲). اقلیم و معماری، اصفهان: نشر خاک.

## مقالات:

امرائی، مهدی؛ افشاری، مرتضی و قاضی‌زاده، خشایار. (۱۳۹۸). "کاربرد ابزار مدرن در منبت نقوش سنتی ایران با تکیه بر آثار هنرمندان تهران"، نشریه علمی-پژوهشی مطالعات هنر اسلامی، شماره ۳۵، صص ۱۲۰-۹۹. اعتمادی، شهرزاد؛ ابراهیمی، زهرا. (۱۳۹۵). "بررسی تطبیقی روش‌های نورپردازی در معماری سنتی و مدرن با تأکید بر معماری سنتی ایران"، ششمین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار و عمران شهری، اصفهان: موسسه آموزش عالی دانش پژوهان.

برزگر، زهرا؛ حیدری، شاهین. (۱۳۹۲). "بررسی تأثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه‌های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی؛ نمونه موردی: جهت‌گیری جنوب غربی و جنوب شرقی در شهر شیراز"، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱، صص ۴۵-۵۶.

توکلی کازرونی، مهدی؛ کشمیری، هادی. (۱۳۹۶). "سنجش مؤلفه‌های معمارانه بلندمرتبه‌سازی با تأکید بر هنر معماری ایران، نمونه موردی شهر شیراز"، نشریه علمی-پژوهشی مطالعات هنر اسلامی، شماره ۲۶، صص ۱۶-۱. حق‌جو، امیر و همکاران. (۱۳۹۸). "گرایش‌ها و رویکردهای نظری معماری بناهای دولتی و حکومتی دوره پهلوی اول و دوم"، نشریه علمی-پژوهشی مطالعات هنر اسلامی، شماره ۳۴، صص ۱۵۴-۱۷۰.

سجادزاده، حسن و همکاران. (۱۳۹۴). "راه‌کارهای طراحی اقلیمی در معماری بناهای سنتی یزد"، همایش ملی عمران و معماری با رویکرد توسعه پایدار.

شقایق، محمد. (۱۳۹۲). "مطالعه رفتار حرارتی مصالح رایج در ساخت دیوار؛ مطالعه موردی: ساختمان‌های مسکونی شهر تهران"، نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، شماره ۱، صص ۱۶-۳۲.

فیاض، ریما؛ کسمایی، مرتضی. (۱۳۸۹). "مبانی طراحی سایه‌بان‌های ثابت در پهنه‌های مختلف اقلیمی ایران"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

قبادیان، وحید، شریفی، مهدی. (۱۳۹۶). "بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی پوسته‌های ساختمان‌ها بر زمان تأخیر و ضریب کاهش انتقال حرارت؛ نمونه موردی: ساختمان‌های بلندمرتبه شهر همدان"، علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۴، صص ۱۶۷-۱۷۸.

قلی‌نژاد یاسوری، کبری؛ مفیدی شمیرانی، سیدمجید. (۱۳۹۸). "استانداردهای پایداری در شکل‌گیری ساختار و عناصر معماری اقلیم گرم و خشک"، نشریه علمی-پژوهشی مطالعات هنر اسلامی، شماره ۳۳، صص ۲۹-۱۶.

لاری‌پور، نگین؛ دادور، نگین. (۱۳۹۷). "تحلیل نشانه‌شناسی صورت و معنا در مسجد وکیل شیراز"، نشریه علمی-پژوهشی مطالعات هنر اسلامی، شماره ۲۹، صص ۲۲-۹.

یزدی، یاسمن و همکاران. (۱۳۹۸). "معیارهای طراحی در ساختار حیاط مرکزی و تالار تابستان‌نشین خانه‌های قاجار یزد"، نشریه علمی-پژوهشی مطالعات هنر اسلامی، شماره ۳۴، صص ۳۲-۵۵.

Auer, T. (۲۰۱۱). High-Performance Facades Design Strategies and Applications in North America and Northern Europe, in Public Interest Energy Research (PIER) Program.

Al-Obaidi, K.M., Ismail, M. (۲۰۱۴). Rahman, A.M.A., Design and performance of a novel innovative roofing system for tropical landed houses, Energy Convers Manage, vol. ۸۵, ۴۸۸-۵۰۴, ۲۰۱۴.

Brown, Z. (۲۰۰۹). Reconciling human and automated intelligence in the provision of occupant comfort, Intelligent buildings international ۱, ۲۰۰۹, pp. ۳۹-۵۵.