DOR: 20.1001.1.28209818.1401.2.3.2.1

مجله علمی
پژوهش‌های معماری نوین
دوره دوم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱
صفحات ۳۵-۲۳
شماره پیاپی ۵

Architectural Technologies
Studies Journal
Vol. 2, No. 3, Autumn 2022
Pages 23-35

**مقاله پژوهشی**

# بررسی تطبیقی تأثیر پنجره‌های دوجداره و نماهای دوپوسته بر دمای مطلوب ساختمان نمونه مورد مطالعه: ساختمان بلندمرتبه مسکونی مجتمع پردیس چمران شیراز

**محمد کاظمی[۱]، حامد مضطرزاده[*۲]**

۱- دانشجوی دکتری معماری، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران.
Kazemi_m1@yahoo.com

۲- استادیار گروه معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. (نویسنده مسئول)
Hamed.Moztarzadeh@gmail.com

تاریخ دریافت: [۱۴۰۱/۵/۱۱] تاریخ پذیرش: [۱۴۰۱/۸/۲۲]

## چکیده

امروزه ساخت بناهای بلندمرتبه مسکونی جزئی از ضروریات شهرسازی مدرن گردیده است. اغلب مردم ساکن در شهرهای بزرگ و پرجمعیت جهان به ناگزیر در مجتمع‌های آپارتمانی بزرگ که اکثریت نیز بلندمرتبه هستند سکونت دارند. ازجمله مؤلفه‌های مهم در طراحی ساخت این ساختمان‌ها مبحث تنظیم دمای مطلوب داخل ساختمان و ایجاد محدوده آسایش حرارتی برای ساکنین با در نظر گرفتن محدودیت‌های مصرف انرژی است. در این پژوهش نمونه موردی در نظر گرفته شد که یک ساختمان بلندمرتبه مسکونی واقع در شهر شیراز است، که با استفاده از پنجره‌های دوجداره سعی شده است خواسته‌های پیش‌گفته را تأمین کند. ازآنجایی‌که روش‌های دیگری نیز برای تأمین این موارد وجود دارد ازجمله طراحی و اجرای نماهای دوپوسته، در ابتدا انواع پنجره‌های دوجداره و همچنین نماهای دوپوسته به‌صورت مجزا معرفی گردید؛ و خصوصیات هرکدام از آن‌ها شرح داده شد. در ادامه به جهت شناسایی گزینه مطلوب هر دو ساختار موردقیاس تطبیقی قرار گرفت و این نتیجه به دست آمد که با در نظر گرفتن مزایا و معایب هر یک از این دو ساختار درنهایت نماهای دوپوسته می‌تواند به لحاظ تأمین دمای مطلوب ساختمان و ایجاد محدوده آسایش حرارتی برای ساکنین و همچنین افزایش بهره‌وری در مصرف انرژی ساختمان گزینه مناسب‌تری باشد.

**واژگان کلیدی:** بناهای مسکونی، بلندمرتبه‌سازی، پنجره‌های دوجداره، نماهای دوپوسته.

## ۱- مقدمه

نیاز انسان به نور طبیعی تهویه و تأمین هوا در ساختمان‌های مسکونی و تجاری استفاده از پنجره‌هایی با سطح مقطع بزرگ را رواج داده است. اگرچه انتخاب پنجره‌های بزرگ می‌تواند تا حدودی سبب زیبایی ساختمان‌ها، تأمین آسایش و راحتی انسان‌ها شود، اما با توجه به پایین بودن مقاومت حرارتی پنجره‌ها نسبت به سایر اجزای ساختمان، نقش بسیار مهمی در اتلاف انرژی در ساختمان دارند. با توجه به افزایش رشد مصرف انرژی و همچنین افزایش روزافزون قیمت حامل‌های انرژی در جهان و نگرانی‌های زیست‌محیطی در مورد افزایش آلودگی، محققان به دنبال یافتن راهی به‌منظور بهبود بازده انرژی به‌خصوص در بخش مسکونی به دلیل سهم بالای ساختمان‌های مسکونی در مصرف انرژی هستند (طغرلی و گنجعلی خان نسب، ۱۳۹۸).

حدود ۳۲ درصد انرژی در دنیا در ساختمان‌ها مصرف می‌شود. امروزه مصرف انرژی در ساختمان‌ها در ایالات‌متحده حدود ۳۵ درصد، در ژاپن ۳۱ درصد و در ایران و کشورهای درحال‌توسعه بیش از ۴۰ درصد از کل مصرف انرژی را شامل می‌شود.

با رشد جمعیت و پیشرفت صنعت، جلوگیری از هدر رفت انرژی و صرفه‌جویی آن، یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های کشورهای جهان قلمداد می‌شود. از سال ۱۹۷۰ با بروز بحران انرژی و افزایش تقاضای منابع انرژی جلوگیری از هدر رفتن انرژی اهمیت بیشتری پیدا کرد. عملکرد انرژی یک ساختمان، به ساختار آن ساختمان بستگی دارد، ازجمله پنجره‌ها که مسئول حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد از اُفت انرژی از کل انرژی مصرف‌شده در ساختمان‌ها هستند. بر همین اساس در میان راهکارهای متنوع برای کاهش این میزان مصرف انتخاب انواع مناسب پنجره‌ها در پوسته ساختمان‌ها می‌تواند نقش مهمی در بهره‌وری انرژی آن‌ها داشته باشد (پلیه‌چی‌ها، بیات و قاسمی نسب، ۱۴۰۰).

عمده تبادلات انرژی در ساختمان وابسته یا حداقل مرتبط با پوسته خارجی بنا است. پوسته خارجی محل تبادل حرارت بنا با محیط اطراف جذب انرژی‌های خورشیدی، تهویه و نفوذ نور و صدا به محیط داخلی است که با افزایش سطح پوسته به‌قاعده بنا افزایش می‌یابد. فناوری معماری و علوم ساختمان همواره به دنبال بهره‌گیری از روش‌هایی بوده است که امکان کاهش مصرف انرژی و افزایش آسایش محیطی را فراهم آورد. ازجمله راهکارهای امروزه برای وابستگی کمتر به مصرف انرژی در عین تأمین آسایش حرارتی و عملکرد بهینه صوتی که از دیدگاه نور روز و تأمین تهویه، در مقام مقایسه با بهره‌گیری از جداره‌های ضخیم‌تر خارجی و مصالح غیرشفاف و بازشوهای کوچک‌تر، مطلوب‌تر است. امکان بهره‌گیری از پوسته دوم برای کنترل بهتر محیط داخلی است. طبعاً نورگذری، قابلیت تهویه، کنترل شرایط آکوستیکی و بهره‌گیری از عملکردهای ترکیب این پوسته‌ها از دلایل توسعه و ترویج این ساختار شناخته می‌شود. ازآنجایی‌که تعداد گونه‌های نماهای دوپوسته به بیش از چهل نوع می‌رسد و بهره‌گیری از تیپولوژی نامناسب، نه‌تنها افزایش کارایی انرژی ساختمان را به همراه ندارد که موجبات عدم آسایش در محیط را نیز افزایش می‌دهد. لذا لازم است بهره-گیری از آن مبتنی بر مطالعات منطبق با اقلیم محلی و شرایط محیطی باشد. همچنین استفاده از این ساختار علاوه بر شرایط حرارتی و مصرف انرژی، آسایش صوتی، روشنایی روز و نیز کیفیت هوای محیط داخل را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (حافظی، زمردیان و تحصیل‌دوست، ۱۳۹۵).

با توجه به مطالب عنوان‌شده این‌گونه دریافت می‌شود که معماران و طراحان ساختمان جزء اولین کسانی هستند که می‌بایست به جهت حل معضلات زیست‌محیطی و همچنین کنترل آسایش حرارتی ساختمان‌ها اندیشه کرده و دست به اقدامات سنجیده بزنند. ازجمله این اقدامات که در دنیا در حال انجام است تحت کنترل قرار دادن نماهای خارجی ساختمان‌ها است. از راه‌های کنترل نماهای خارجی ساختمان‌ها می‌توان به دو مورد اشاره کرد که یکی استفاده از پنجره‌های دوجداره در بازشوها، دیگری به‌کارگیری پوسته‌های دوجداره در نمای خارجی ساختمان‌ها است. از بعد تشخیص اهمیت موضوع مسئله تأمین آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی را می‌توان به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی در حیطه اهمیت موضوع برشمرد که جهان امروز به‌طورجدی با آن دست‌به‌گریبان است. همچنین از دیدگاه ضرورت تحقیق نیز می‌توان این‌گونه عنوان کرد که هرچند تحقیقات مختلفی در زمینه‌های تأمین آسایش ساکنین بناهای

مختلف و راهکارهای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها تاکنون در جهان انجام گرفته است، لیکن پژوهش مستقلی که مقایسه تطبیقی بین نماهای دوجداره و پوسته‌های دوجداره را در ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی موردتوجه قرار داده باشد، تاکنون انجام نشده است. یا لااقل نگارندگان مشاهده نکرده‌اند. بدین ترتیب پژوهش حاضر باهدف دستیابی به این نتیجه است که اولاً مزایا و معایب هر دو سیستم پنجره‌های دوجداره و نماهای دوپوسته مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گیرد و درنهایت به این پاسخ دست یابد که کدام روش و استفاده از کدام سیستم می‌تواند با کارآیی بیشتر توأم باشد. سؤال پژوهش این‌گونه مطرح می‌شود که کدام‌یک از سیستم‌های پنجره‌های دوجداره یا پوسته‌های دوجداره نقش مؤثرتری در کنترل دمای مطلوب ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی دارند.

## ۲- مرور مبانی نظری و پیشینه

در مطالعه‌ای به بحث طراحی سایبان هوشمند برای ساختمان اداری جهت کنترل ورود نور مستقیم خورشید پرداخته شده است و مبنای تحقیق بر اساس کاهش بار سرمایشی با الگوبرداری از گره‌های ایرانی اسلامی بوده است. در این مقاله در ابتدا به موضوع مصرف انرژی در ساختمان‌های ایران پرداخته است که بیش از ۴۰٪ کل انرژی مصرفی کشور می‌باشد. همچنین به موضوع محیط‌زیست، صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی و توسعه پایدار توجه شده است. در این تحقیق نیز موضوع مهم پوسته خارجی ساختمان‌ها موردبررسی قرار گرفته است، راهکار پیشنهادی ارائه‌شده طراحی سایبان هوشمند برای ساختمان‌ها در نظر گرفته شده است و نمونه موردمطالعه در این تحقیق ساختمان‌های اداری هستند. در این پژوهش از روش شبیه‌سازی کامپیوتری و آنالیز توسط نرم‌افزار و استفاده از منابع کتابخانه‌ای بهره‌برداری شده است. همچنین جهت دستیابی به نتایج دقیق‌تر از نرم‌افزارهای رؤیت، داینامر، دیلایت ویزولایزر و کلایمت کانزالتنت استفاده شده است. در این تحقیق پژوهشگران با بررسی پنجره‌های ارسی متداول معماری ایرانی اسلامی و گره‌های هندسی به الگویی برای سایبان‌های نمای ساختمان اداری رسیده‌اند. این پنل‌های متحرک که در نمای ساختمان استفاده می‌شود در عین پاسخگویی به عملکرد مدنظر، به نمای ساختمان و منظر شهری هویتی ایرانی اسلامی می‌دهد.

در پژوهشی دیگر که توسط قاسمی نصب و همکاران انجام شده است به مبحث شبیه‌سازی نماهای شیشه‌ای نوین با تأکید بر بهینه‌سازی نور روز و انرژی پرداخته شده است. در این پژوهش بر لزوم بهینه‌سازی در مصرف انرژی و تلاش برای کاهش مصرف آن به‌عنوان مسئله‌ای بسیار مهم تأکید شده است. این پژوهش در پی بهینه‌سازی هم‌زمان عملکرد نور روز سالانه و مصرف انرژی مبتنی بر اقلیم برای سیستم‌های شیشه‌ای نوین مختلف در یک ساختمان اداری در شهر همدان را، موردمطالعه قرار داده است. این مقایسه بر روی ۱۴ مورد شبیه‌سازی سیستم شیشه‌ای مختلف از ۸ گروه سیستم‌های شیشه‌ای نوین انجام شده است؛ که شامل شیشه‌های پرشده از گاز، روکش‌های کم گسیل، شیشه‌های چند دیواره، محصولات ویژه، شیشه‌های رنگی، روکش‌های بازتابش، شیشه‌های رنگی در یک پنجره دو دیواره با روکش‌های کم گسیل و شیشه‌های ترموکرمیک می‌باشد. در پژوهش مذکور مراحل انجام پژوهش بدین ترتیب صورت گرفته است: جمع‌آوری داده‌ها و مطالعه انواع سیستم‌های شیشه‌ای، سپس تقسیم‌بندی انواع سیستم‌های شیشه‌ای متداول تجاری و سپس شبیه‌سازی و طراحی دقیق سیستم‌های شیشه‌ای در نرم‌افزار ویندو و به دست آوردن اطلاعات نوری و بارهای هرکدام از سیستم‌ها و در پایان گرفتن خروجی برای آنالیز نور روز و انرژی از ویندو و درنهایت پس از مطالعه موارد مختلف در این تحقیق و مدل‌سازی آن‌ها در نرم‌افزار به این نتیجه رسیده است که با در نظر گرفتن ۴۵ درصد دیواره شیشه‌ای در جبهه جنوبی مدل پژوهش سیستم شیشه‌ای low-E3 با مشخصات لایه‌های به ترتیب ذیل از فضای بیرون به فضای درون شیشه معمولی ۶ میلی‌متر، روکش کم گسیل، گاز آرگون ۱۲/۷ میلی‌متر، شیشه معمولی ۶ میلی‌متر ایده‌آل‌ترین سیستم شیشه‌ای برای شهر همدان بوده است.

در محاسبات انجام‌شده، این سیستم شیشه‌ای ۷۸/۵ درصد روشنایی مفید نور روز سالانه در زمان اشغال فضا توسط کاربر را برای مدل پژوهش تأمین نموده است. همچنین ازنظر بررسی مصرف انرژی سالانه ۱۹۶/۲ کیلووات ساعت بر مترمربع انرژی مصرفی سالانه برای مدل مرجع پژوهش بود که در مقایسه با سیستم شیشه معمولی که در محاسبات شدت مصرف انرژی آن ۲۱۶/۱ کیلووات ساعت بر

مترمربع شدت انرژی مصرفی سالانه برای مدل مرجع پژوهش بوده و ۱۹/۹ کیلووات ساعت بر مترمربع شدّت انرژی مصرفی سالانه کمتری داشته است (قاسمی نصب مولایی و پیله‌چی‌ها، ۱۴۰۰).

در مطالعه‌ای دیگر نوری وند و همکاران به ارزیابی تأثیر افزایش عمق حفره و تعداد طبقات در عملکرد انرژی گونه‌های مختلف نمای دوپوسته در سناریوهای متفاوت در ساختمان‌های اداری اقلیم سرد شهر تبریز پرداخته‌اند. این پژوهش در مبنای علی و شبیه‌سازی است و از نرم‌افزار Design Builder در انجام آن استفاده شده است. در این تحقیق عملکرد انرژی نمای دوپوسته در ۳۶ سناریوی متفاوت در ۴ گونه نمای دوپوسته در ساختمان اداری در اقلیم سرد تبریز با سه عمق حفره ۰/۷، ۱ و ۱/۳ متر در سه حالت ۵ طبقه، ۱۰ طبقه و ۱۵ طبقه جهت دستیابی به حداقل مصرف انرژی مطالعه شده است. نتایج حاکی از آن بود که گونه پنجره جعبه‌ای ۵ طبقه با عمق حفره ۱/۳ متر دارای کمترین مصرف برق و گونه چندطبقه‌ای ۱۵ طبقه با عمق حفره ۰/۷ متر دارای کمترین مصرف گاز است. در یک عمق حفره ثابت با افزایش تعداد طبقات مصرف برق افزایش و مصرف گاز کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش عمق حفره مصرف برق روند نزولی پیدا می‌کند. گونه چندطبقه‌ای ۱۵ طبقه با عمق حفره ۱ متر کمترین مصرف کل انرژی و گونه دالانی ۵ طبقه با عمق حفره ۰/۷ متر بیشترین مصرف کل انرژی را دارد. با افزایش تعداد طبقات و درنتیجه آن افزایش ارتفاع فضای حفره مصرف گاز در زمستان به مقدار بیشتری کاهش می‌یابد. طبق یافته‌های این پژوهش از حاصل مدل نمای دوپوسته چندطبقه‌ای با ۱۵ طبقه و دارای عمق حفره ۰/۷ متر می‌تواند گزینه مناسبی از الگوی نمای دوپوسته در اقلیم سرد باشد؛ و برعکس مدل دالانی با ۵ طبقه و عمق حفره ۱/۳ متر برای استفاده در نمای ساختمان‌های این اقلیم توصیه نشده است. درنهایت پژوهشگران به این نتیجه رسیده‌اند که با توجه به نیازهای بالای گرمایش اقلیم سرد و بهره‌وری انرژی نمای دوپوسته لازم است گونه مناسب با این منطقه انتخاب گردد (نوری‌وند، بلیلان اصل، ستارزاده و آصفی، ۱۴۰۰).

در مقاله‌ای دیگر جان کوویک و گویلا[1] (۲۰۲۱) انواع نماهای دوپوسته را موردمطالعه قرار داده‌اند؛ که در این پژوهش به‌اختصار (Double Skin Facades) نامیده شده است. در این پژوهش عنوان گردیده است که اگر این نوع نما به‌درستی طراحی و اجرا شود می‌تواند دارای عملکرد بهتر نسبت به نماهای منفرد باشند. طراحی این نما می‌تواند ثابت یا پویا و متحرک باشد. شکل هندسی و بحث آیرودینامیکی در این نماها حائز اهمیت است. مطالعات به دو صورت تجربی و عددی انجام گردیده است. مشخص گردید که تهویه طبیعی و مکانیکی در این نماها امکان‌پذیر است DSF می‌تواند از دو یا چندلایه تشکیل گردد که هرکدام از لایه‌ها وظیفه مخصوص به خودش را انجام می‌دهد DSF دارای قدرت جذب بهتری است و در کنترل صدا نیز مؤثر است. در این تحقیق رفتار این سیستم‌های نما مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است و ویژگی‌های نوری نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است؛ و به این نتیجه رسیده است که هرچند سطوح بالای لایه‌های عمودی بزرگ دارای اثر منفی در تعادل حرارت شهری هستند DSF ممکن است برعکس به حفظ این تعادل کمک کند (ازلحاظ کنترل جزیره گرمایش شهری). در این مطالعه روش‌های مختلف لایه‌بندی (دوپوسته کردن نما) مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفته است ازجمله: جعبه‌ای کوچک منفرد، کریدور عمودی (به‌صورت یک ردیف در ارتفاع ساختمان) کریدور افقی (به‌صورت یک ردیف در عرض ساختمان) در هر طبقه و یک سطح کامل پوشاننده کل نمای ساختمان مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است و درنهایت به این نتیجه رسیده است که هر یک از این روش‌ها می‌تواند پاسخ به نیاز یک بنای مشخص در یک اقلیم خاص باشد و به همین جهت قبل از انتخاب نوع سیستم جهت استفاده باید به اقلیم موردنظر و کاربری ساختمان توجه گردد؛ و با انتقال اطلاعات موردنظر نرم‌افزارهای تخصصی و دریافت خروجی از این نرم‌افزارها اقدام به طراحی و ساخت نوع نمای دوپوسته موردنظر اقدام نمود (Jankovic & Goia, 2021).

1. Jankovic & Goia

## ۲-۱- مبانی نظری پژوهش

دمای مطلوب ساختمان: در تعریف دمای مطلوب ساختمان می‌توان آن را مترادف محدوده آسایش حرارتی در نظر گرفت که ازلحاظ معنی و مفهوم می‌توان آن را این‌گونه بیان کرد که آسایش حرارتی علاوه بر پارامترهای فردی، حاصل به هم کنش مؤلفه‌های دمای هوا، رطوبت، باد و دمای متوسط تابشی است. جهت ارزیابی اجزای حرارتی هر اقلیم اطلاعات دقیق از شرایط تابش محیط اطراف ضروری است. این اطلاعات می‌تواند اندازه‌گیری شده یا با استفاده از مدل تابشی مناسب محاسبه شود (وکیلی نژاد، ۱۴۰۰).

آسایش حرارتی از مهم‌ترین ارکان پایداری در خانه‌های سنتی تاریخی در گذشته بوده است. نگرش اقلیمی مانند هر نگرش دیگر معماری با کاربرد خود از چگونه دیدن معماری می‌گوید. به او می‌گوید که بنا یک آسایشگاه اقلیمی است و آن را باید با شرایط محیطی‌اش سنجید. اقلیم محوری در بطن خانه‌های سنتی ایران همیشه نمایان بوده است. درنتیجه غیر از فرهنگ، به‌کارگیری عناصر و الگوهای اقلیمی در طراحی و چیدمان این بناها نقش بسیار مهمی داشته‌اند (کریم زاده، مهدی‌نژاد درزی و کریمی، ۱۴۰۰).

پنجره‌های دوجداره: انسان‌ها از گذشته در ساختمان‌های خود دنبال راهی بوده‌اند تا هم‌زمان بتوانند نور طبیعی و هوای گرم را داخل بنا حفظ کنند. نیاز به مصالحی داشته‌اند که مانع ورود یا خروج گرما از بنا شود. از ورود گردوغبار و حشرات جلوگیری کرده وهم زمان نور طبیعی موردنیاز ساختمان را تأمین کند. این نیازها سبب استفاده بشر از شیشه در سکونتگاه‌هایش شده است. قبل از دستیابی به جام شیشه این نیاز با مصالح شفاف دیگر پاسخ داده می‌شد. استفاده از ورق‌های نازک سنگ مرمر، میکا و پوست حیوانات در روم باستان، کاغذ برنج در چین و ژاپن، سنگ‌های شفاف رنگی در مصر و سوریه نمونه‌ای از تلاش‌ها برای پاسخ به این نیاز است (قاسمی نصب و همکاران، ۱۴۰۰). پس از اختراع شیشه‌های جام و به‌کارگیری آن در پنجره ساختمان‌ها به مدت طولانی و با توجه به اینکه استفاده از یک لایه شیشه باعث اتلاف زیاد انرژی می‌شد، دست‌اندرکاران به فکر دولایه و چندلایه کردن شیشه پنجره‌ها افتادند تا حتی‌الامکان جلوی اتلاف انرژی که از طریق پنجره‌های بنا اتفاق می‌افتاد را بگیرند لذا از آن زمان استفاده از پنجره‌های دوجداره متداول گردید. این نوع از پنجره‌ها دارای انواع مختلف و خصوصیات متفاوتی ازلحاظ جنس و کیفیت ساخت و همچنین، ازلحاظ بازدهی و بهره‌وری انرژی و تأمین آسایش حرارتی داخل ساختمان هستند؛ بنابراین در انتخاب نوع این پنجره‌ها برای بنای موردنظر می‌بایست مسائل مختلف مرتبط با موضوع را موردتوجه قرارداد که می‌تواند در انتخاب آن مؤثر واقع گردد. (جدول شماره ۱)

**جدول ۱.** خصوصیات فنی برخی از انواع پنجره‌های دوجداره

| جنس قالب | مدل شیشه‌گذاری | مقاومت در مقابل عوامل جوی | میزان بهره‌وری حرارتی | لایه عایق بین دو شیشه | مدل طراحی پنجره |
|---|---|---|---|---|---|
| uPVC | دولایه | عالی | متوسط | گاز آرگون | لولایی |
| | سه لایه | | خوب | | آکاردئونی |
| | چهار لایه | | عالی | | کشویی |
| | | | | | سایبانی |
| چوب فراوری‌شده | دولایه | متوسط | ضعیف | خلأ | لولایی |
| | سه لایه | | متوسط | | آکاردئونی |
| | چهار لایه | | خوب | | کشویی |
| | | | | گاز آرگون | سایبانی |
| آلومینیم | سه لایه | متوسط | ضعیف | خلأ | لولایی |
| | چهار لایه | | متوسط | | آکاردئونی |
| | | | خوب | گاز آرگون | کشویی |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | سایبانی |
| فلزی | دولایه | ضعیف | بسیار ضعیف | خلأ | لولایی |
| | سه لایه | | ضعیف | | آکاردئونی |
| | چهار لایه | | متوسط | گاز آرگون | کشویی |
| | | | | | سایبانی |
| PVC | دولایه | خوب | متوسط | خلأ | لولایی |
| | سه لایه | | قابل‌قبول | | آکاردئونی |
| | چهار لایه | | خوب | گاز آرگون | کشویی |
| | | | | | سایبانی |

چنانچه در جدول شماره یک مشاهده می‌گردد پنجره‌های دوجداره دارای انواع گوناگونی هستند که در اینجا به پنج نوع رایج از آن‌ها اشاره گردیده است. این پنجره‌ها را می‌توان از دیدگاه‌های مختلف دسته‌بندی کرد ازجمله: از دیدگاه جنس قاب، مدل و تعداد شیشه گذاری که درواقع لایه‌بندی آن‌ها با استفاده از شیشه است. همچنین ازلحاظ نوع لایه عایق بین دو شیشه که عموماً توسط گاز آرگون و یا استفاده از خلأ (تخلیه هوا) عایق‌بندی می‌شوند. با توجه به اینکه جنس مصالح تشکیل‌دهنده قاب و شیشه و همچنین تعداد و ضخامت لایه‌های شیشه و عایق بین آن‌ها از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده سطح کیفیت و میزان بهره‌وری در این نوع از پنجره‌ها می‌باشد. لذا با تحقیقات و مطالعات انجام‌شده و تجربه استفاده از هر یک از پنجره‌های مذکور این نتیجه به دست آمده است که پنجره‌های با قاب UPVC با لایه‌بندی چهار لایه از شیشه و سه لایه عایق گاز آرگون می‌تواند به نسبت سایر موارد از بازدهی بالاتری برخوردار باشد و بهره‌وری قابل‌قبول‌تری را در خصوص تأمین محیط داخلی با دمای مطلوب و با آسایش حرارتی مناسب به دست دهد؛ اما درهرصورت این نوع پنجره‌ها با ترکیب ۴ لایه ازلحاظ مسائل اقتصادی ممکن است برای استفاده در هر اقلیم و منطقه مقرون‌به‌صرفه نباشد؛ بنابراین در انتخاب نوع دولایه، سه لایه یا چهار لایه آن می‌بایست محل مورداستفاده و اقلیم و شرایط آب و هوایی آن منطقه را موردتوجه قرارداد و چنانچه کنترل شرایط آسایش داخل را بتوان با تعداد لایه‌های کمتر و ضخامت کمتر پروفیل قاب انجام داد به جهت دستیابی به هزینه قابل توجیه از آن استفاده کرد.

### ۲-۲- نماهای دوپوسته

اولین تجربیات ثبت‌شده از الگوی نماهای دوپوسته که منجر به تهویه در لایه‌های بین نمای شیشه‌ای ساختمان گردیده است، در ساختمان موزه بروکسل گزارش شده است. در سال‌های بعد در کشور آلمان در راستای بهره‌گیری هرچه بیشتر از نور روز و پرهیز از سرما و بادهای شدید منطقه از این الگو بهره جستند. در ادامه با توجه به بحران‌های ایجادشده در حوزه انرژی‌های تجدید پذیر استفاده از الگوی نمای دوپوسته در سال‌های ۱۹۹۰ میلادی به بعد با رشد چشمگیری مواجه شد. از مزایای مهم‌تر استفاده از این نوع نما کنترل دمای مطلوب ساختمان و صرفه‌جویی در مصرف انرژی است. نماهای دوپوسته می‌توانند قسمت‌های مختلفی از ساختمان را پوشش دهند و به دودسته کلی تهویه شونده[1] و بدون تهویه[2] تقسیم می‌شوند. (قلی‌پور گشنیانی و یزدانی، ۱۴۰۱).

تهویه این نوع نما در تابستان مناسب‌تر و برای زمستان چندان مناسب نیست. در یک حالت پوسته خارجی در هر طبقه با دیگر طبقات ارتباط هوایی ندارد و در حالتی دیگر این ارتباط هوایی در تمامی طبقات وجود دارد.

1. Ventilated
2. Air Tight

یک اصل مهم در طراحی نماهای دوپوسته جریان هوا[1] است. یکی از مهم‌ترین معضلاتی که این‌گونه نماها با آن روبرو هستند افزایش بار سرمایی تابستان است که می‌تواند از مقدار صرفه‌جویی که در زمستان ایجاد می‌گردد نیز بیشتر گردد؛ اما به‌وسیله عناصر سایه‌انداز و تهویه مناسب بین دوپوسته می‌توان از این مشکل جلوگیری نمود. تهویه بین دوپوسته می‌تواند مکانیکی یا طبیعی باشد. در تهویه مکانیکی حجم هوای تهویه شده مشخص بوده و قابل تنظیم و کنترل است. درحالی‌که تهویه طبیعی به وزش باد و رفتار حرارتی نما بستگی دارد. در تهویه طبیعی جریان هوایی بسته به تغییرات دمایی و محیطی رفتاری کاملاً دینامیک[2] داشته و از معادلات خطی پیروی نمی‌کند. لذا تأمین بازشوی کافی در لایه‌های داخلی و خارجی برای اطمینان از انجام تهویه طبیعی کافی ضروری است. ذکر این نکته حائز اهمیت است که عملکرد پوسته‌ها در اقلیم‌های مختلف متفاوت است. در اقلیم‌های سرد عملکرد آن همانند یک مبدل حرارتی[3] است که دمای هوای لایه داخل را نزدیک به دمای هوای داخل نگه می‌دارد. در اقلیم‌های گرم، نماهای دوپوسته باعث کاهش ضریب سایه‌اندازی می‌گردند. لیکن استفاده از گیاهان در نماهای دوپوسته باعث افزایش عایق حرارتی[4]، کاهش سروصدا[5] افزایش کیفیت هوا[6] و جلوه‌های بصری طرح می‌شود. معمولاً عناصر سایه‌انداز در لایه هوایی برای کاهش بار سرمایی فضاهای داخلی مورداستفاده قرار می‌گیرند (Năstase, Şerban, Dragomir, Bolocan & Brezeanu, 2016).

نماهای دوپوسته را معمولاً به چند گروه عمده تقسیم می‌کنند که شامل موارد ذیل است:

۱- نماهای دوپوسته شفت جعبه‌ای[7]: این نوع نمای دوپوسته درواقع یک نسخه تصحیح‌شده و اصلاح‌شده از روش انتقال حرارت از طریق پنجره دوجداره است. نمای دوجداره در جعبه از پنجره دوجداره داخلی و یک شیشه ایمن به ضخامت حداقل ۱۰mm به‌عنوان پوست دوگانه تشکیل شده است. شکل جعبه‌ای این نوع از پنجره درجه بالایی از عایق‌بندی صدا را ارائه می‌دهد پنجره نوع جعبه برای نصب در نمای ساختمان‌های بلندمرتبه مناسب است و ازلحاظ ایمنی نیز با توجه به وجود کمربندهای ایمن محکم کننده این پنجره‌ها در مقابل سقوط از ارتفاع نیز دارای شرایط ایمنی هستند. همچنین ازلحاظ بهره‌وری حرارتی نیز با توجه به اینکه هر یک از جعبه‌ها به‌صورت مستقل قابل‌کنترل هستند، می‌تواند شرایط بهینه‌ای را برای دستیابی به کیفیت دمای مطلوب ساختمان فراهم آورد (Năstase & et al, 2016).

۲- نمای دوپوسته پنجره‌ای[8]: مکانیزم عملکرد نماهای دوپوسته پنجره‌ای به این شکل است که با تهویه طبیعی و وابسته به رفتار حرارتی و جریان هوا در حفره مناسبی است. برای آنالیز رفتار حرارتی نمای دوپوسته دینامیک سیالات محاسباتی می‌تواند باهدف ارتقاء و بهبود عملکرد آن استفاده شود. در این نوع نمای دوپوسته افزایش عرض حفره میانی می‌تواند منجر به بهبود عملکرد حرارتی نما شود. افزایش سطح مقطع دریچه‌های تهویه ورودی و خروجی و به‌تبع آن افزایش نرخ حجمی جریان هوا در حفره میانی لزوماً منجر به ارتقاء عملکرد حرارتی نما نمی‌شود؛ و استفاده از شیشه کم گسیل در قیاس با شیشه‌های معمولی مخصوصاً برای جداره خارجی نمای دوپوسته باعث کاهش شار گرمای عبوری از سطح شیشه داخلی نمای دوپوسته به داخل فضای ساختمان می‌شود (سادات سیادتی، فیاض و نیک قدم، ۱۴۰۰).

۳- نمای دوپوسته کریدوری[9]: در نمای دوپوسته کریدوری فاصله بین دوپوسته عموماً بین ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود که بعضاً حتی قابل رفت‌وآمد نیز هست؛ و درواقع، در هر طبقه از ساختمان به‌صورت افقی در طول بدنه نما اجرا می‌گردد که ارتفاع

1. Air Flow
2. Dynamic
3. Relate Exchanger
4. Thermal insulation
5. Noise Reduction
6. Air Quality
7. Shaft- box Facade
8. Box Window Facade
9. Corridor Facade

هر بخش از این نما به‌اندازه ارتفاع یک طبقه از ساختمان است. ایجاد این فاصله بین دوپوسته نما باعث شکل‌گیری یک حائل مؤثر و یک فضای کنترل حرارت مناسب بین هوای بیرون و داخل ساختمان می‌گردد که به نحو مؤثری در دستیابی به دمای مطلوب داخلی نقش‌آفرینی می‌کند (قلی پور گشنیانی و یزدانی، ۱۴۰۱).

همچنین به جهت بهره‌وری بیشتر در تهویه این فضای حائل، می‌توان بسته به شرایط اقلیمی منطقه و سطح انرژی موردنیاز ساختمان از تهویه طبیعی یا مکانیکی و یا هر دو به‌صورت توأمان استفاده کرد.

۴- نماهای دوپوسته چندطبقه[1]: این نوع نما معمولاً به‌صورت یکپارچه بین کل طبقات ساختمان و یا چندطبقه مشخص از ساختمان اجرا می‌گردد و کنترل دمای داخل پوسته‌ها به‌صورت طبیعی و یا تهویه مکانیکی یکپارچه انجام می‌گردد از مزایای این نوع از نماهای دوپوسته اقتصادی‌تر بودن آن است به لحاظ اینکه در اجرای آن از مصالح کمتری استفاده می‌شود و همچنین برای کنترل مکانیکی و تهویه بین لایه‌های آن به تجهیزات کمتری نیاز است می‌تواند نسبت به انواع دیگر آن مقرون‌به‌صرفه‌تر باشد؛ که البته انتخاب این نوع نیز بستگی کامل به شرایط اقلیمی و آب و هوایی منطقه موردنظر دارد که قبل از انتخاب و طراحی و اجرا می‌بایست کلیه عوامل مؤثر در تأمین دمای مطلوب ساختمان را موردبررسی و مطالعه قرارداد (قلی‌پور گشنیانی و یزدانی، ۱۴۰۱).

## ۳- روش‌شناسی

روش تحقیق در این پژوهش به‌صورت مطالعه تطبیقی دو گونه رایج از نماهای مورداستفاده در معماری امروز ایران و جهان می‌باشد که انواع این دو گونه نما، با روش توصیفی- تحلیلی مورد ارزیابی و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است. برای جمع‌آوری داده‌ها از مطالعات کتابخانه‌ای و منابع و مؤاخذ علمی در پژوهش‌های موجود در پایگاه‌های معتبر اینترنتی استفاده شده است. نمونه موردمطالعه در این پژوهش ساختمان بلندمرتبه مسکونی مجتمع پردیس چمران شیراز می‌باشد. با توجه به اینکه در ساخت این بنا از پنجره‌های دوجداره در نماهای آن استفاده گردیده است، در این مقاله سعی بر این است که با مقایسه تطبیقی بین پنجره‌های دوجداره و نماهای دوپوسته و تجزیه‌وتحلیل داده‌های به‌دست‌آمده به این نتیجه دست پیدا شود که کدام‌یک از این دو سیستم می‌تواند نقش مؤثرتری در کنترل دمای مطلوب ساختمان ایفا کند.

### ۳-۱- معرفی نمونه موردمطالعه

مجتمع مسکونی پردیس چمران، در بولوار چمران شیراز واقع گردیده است. این مجتمع، دارای ۱۴ طبقه است که شامل سه‌طبقه پارکینگ به‌صورت منفی از همکف به پایین است؛ و طبقه همکف که شامل فضای لابی و سایر فضاهای مشاع (سالن اجتماعات، سالن ورزش، سرایداری، فروشگاه مواد غذایی، اتاق مدیریت) می‌باشد و تعداد ۱۰ طبقه بالاتر از همکف که واحدهای مسکونی مجتمع را تشکیل می‌دهند. تعداد کل واحدهای مسکونی این مجتمع ۱۰۰ واحد است که از همکف به‌صورت و بخش جدا از هم تفکیک گردیده است که شامل بلوک جنوبی و بلوک شمالی می‌گردد؛ که البته این دو قسمت کاملاً یکپارچه بوده و ساختمان یک کل واحد است. دسترسی به هر یک از این بخش‌ها و به طبقات از طریق دو آسانسور در هر قسمت امکان‌پذیر است. نحوه قرارگیری ساختمان به شکلی است که از هر چهار طرف دارای نور مستقیم می‌باشد و پنجره کلیه واحدها (به‌استثناء پنجره آشپزخانه و راهرو) از نمای اصلی نورگیری و بازشو دارد. پلان ساختمان مربع شکل است و جهت قرارگیری حجم کل ساختمان به‌صورت شمال شرقی، جنوب غربی است.

طراحی معماری واحدهای مسکونی به شکلی است که فضاهای اصلی شامل سالن پذیرایی و اتاق‌ها از اضلاع شمال شرقی و جنوب غربی نورگیری دارند. کلیه پنجره‌ها دوجداره و از جنس آلومینم ساخته شده‌اند و دارای شیشه‌های دوجداره پر از گاز آرگون هستند.

1. Multi-Story Facade

نمای ساختمان ترکیبی از سنگ بعلاوه نمای کامپوزیت با روکش آلومینیوم است. ساختمان نسبت به بناهای اطراف خودش دارای ارتفاع بیشتر می‌باشد (در حدود ۳۷ متر از کف حیاط، ۰/۰۰± تا کف پشت‌بام). به همین جهت بناهای اطراف بر روی ساختمان سایه‌اندازی ندارند و تقریباً تمام بخش‌هایی از نما که در جهت حرکت خورشید هستند تحت تأثیر تابش آفتاب قرار می‌گیرند. با توجه به جهت قرارگیری ساختمان، جبهه شمال شرقی در صبح تابستان و جبهه جنوب غربی بعدازظهر تابستان، بیشترین دریافت تابش را دارند که اتفاقاً نورگیری فضاهای نشیمن و پذیرایی و اتاق خواب‌ها عمدتاً از این دو جبهه اصلی ساختمان است.

## ۳-۲- تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

در معرفی انواع پنجره‌های دوجداره مشخص گردید که آن‌ها دارای مدل‌های متفاوتی ازلحاظ جنس قاب بدنه و جنس شیشه مصرفی و همچنین نوع گاز تزریقی به فضای مابین شیشه‌ها می‌باشد. از طرفی از بعد دیگری این پنجره‌ها ازلحاظ تعداد شیشه‌های به کار گرفته‌شده در ساخت نیز دارای تفاوت هستند و همچنین جنس این شیشه‌ها و ضخامت آن‌ها نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در بازدهی آن‌ها خواهد داشت.

در مورد قاب‌های پنجره‌ها نیز به‌غیراز جنس قاب که می‌تواند بسیار متفاوت باشد ضخامت آن‌ها و همچنین نحوه طراحی سطح مقطع پروفیل آن‌ها نیز در بازدهی پنجره بسیار تأثیرگذار خواهد بود.

در مورد نماهای دوپوسته نیز چنانکه عنوان شد این نماها نیز دارای انواع متنوع بوده که هر یک از این انواع نیز به‌نوبه خود دارای مشخصات فنی متفاوتی می‌باشند. ازجمله این تفاوت‌ها در نحوه طراحی و ساخت آن‌ها و همچنین تعداد پوسته‌های تشکیل دهند و جنس مصالح مصرفی و نحوه تهویه بین پوسته‌های آن‌ها می‌باشد.

اکنون با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده مزیت‌ها و معایب استفاده از هر یک از سیستم‌های پنجره دوجداره و نماهای دوپوسته در ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی در مقایسه با یکدیگر عنوان می‌گردد:

الف: پنجره‌های دوجداره

- مزیت‌ها

۱- مقرون‌به‌صرفه تر بودن نسبت به نماهای دوپوسته ازلحاظ اقتصادی در زمان ساخت؛

۲- سهولت ساخت و نصب بر روی نما؛

۳- سهولت تعویض هر یک از پنجره‌ها و یا شیشه‌های آن‌ها؛

۴- تعبیه بازشو به تعداد دلخواه در هر پنجره.

- معایب:

۱- عدم کنترل کامل انتقال حرارتی از پوسته نما به داخل و بالعکس به دلیل عدم پوشش کامل سطح تمامی ساختمان.

۲- وجود تعداد زیاد بازشو به دلیل تعدد پنجره‌ها و عدم امکان مدیریت یکپارچه و مؤثر در کنترل بازشوها و درنتیجه اتلاف زیاد حرارتی و افزایش مصرف انرژی.

۳- وجود تعداد زیادی درزهای پنجره‌ها و همچنین درزهای مابین پنجره‌ها و دیوار ساختمان که موجب نفوذ هوای بیرون به داخل و بالعکس می‌شود.

۴- جذب مستقیم گرما و سرما از محیط بیرون و انتقال آن به فضای داخلی ساختمان.

ب: نماهای دوپوسته:

- مزیت‌ها:

۱- ایجاد سطح یکپارچه بر روی نما و امکان کنترل و مدیریت مصرف انرژی در ساختمان.

۲- برگشت سرمایه‌گذاری در طول زمان به دلیل صرفه‌جویی در مصرف انرژی.

۳- حذف هزینه‌های نماسازی ساختمان.

- معایب:

۱- هزینه‌های زیاد اولیه اجرای نمای دوپوسته؛

۲- محدودیت ایجاد بازشوهای متعدد در نما و قابل‌استفاده تک‌تک فضاهای مسکونی؛

۳- ایجاد انعکاس شدید نور و گرما به محیط اطراف ساختمان، در صورت استفاده از مصالح غیراستاندارد؛

۴- ایجاد فاصله بین بدنه ساختمان و سطح بیرونی نمای دوپوسته که در زمین‌های محدود ممکن است موجب تجاوز به معبر گردد.

## ۴- یافته‌ها

در تصاویری که ارائه گردیده است نماهای ساختمان مسکونی پردیس چمران قابل مشاهده است. تصویر شماره یک که نمای اصلی ساختمان است و در ضلع جنوب غربی قرار گرفته است (نمای ضلع شمال شرقی ساختمان نیز عیناً به همین شکل طراحی و اجرا گردیده است و مقارن با نمای جنوب غربی است). تیپ بندی پنجره‌ها را مشخص می‌کند و ترکیب سایر مصالح نما در آن قابل‌مشاهده است؛ که با برآورد انجام‌شده مشخص گردید که در حدود ۳۰ درصد از کل سطح نما، جنوب غربی و شمال شرقی را، پنجره‌های دوجداره تشکیل داده‌اند؛ و مابقی آن از ترکیب دو مصالح ورق‌های کامپوزیت آلومینیوم و سنگ استفاده شده است. همچنین در تصویر شماره ۲ چنانکه مشاهده می‌گردد کمتر از ۱۰ درصد سطح نمای شمال غربی از پنجره‌های دوجداره تشکیل شده است (نمای ضلع جنوب شرقی ساختمان نیز عیناً به همین شکل طراحی و اجرا گردیده است و مقارن با نمای شمال غربی است). و بقیه سطح نما از ترکیب دو مصالح ورق‌های کامپوزیت آلومینیوم و سنگ استفاده شده است.

**تصویر ۱.** ضلع شمال غربی ساختمان

**تصویر ۲.** ضلع جنوب غربی که سمت معبر و ورودی به محوطه حیاط ساختمان است

با توجه به برآوردهای انجام‌شده که عنوان گردید درمجموع کل نمای چهار طرف ساختمان صرفاً در حدود ۲۰ درصد از سطح نما را پنجره‌های دو جدار پوشش داده‌اند که درواقع به این معنی است که در تنظیم شرایط محیط داخلی ساختمان و کنترل میزان مصرف انرژی، تنها در حد ۲۰ درصد از سطح پوسته خارجی ساختمان تحت مدیریت و کنترل قرار دارد و مابقی سطح پوسته خارجی نما که از قبل طراحی و اجرا گردیده صرف‌نظر ز این‌که از چه مصالحی استفاده‌شده و اینکه در طراحی و اجرای آن مسائل بهره‌وری انرژی و ایجاد دمای مطلوب ساختمان مدنظر قرار گرفته است یا نه از محدوده کنترل و تنظیم توسط ساکنین و مدیران ساختمان خارج است.

همان‌طور که گفته شد پنجره‌های به‌کاررفته در نمای این ساختمان از نوع دوجداره با قاب آلومینیوم پرشده از گاز آرگون است که دارای دولایه شیشه نسبتاً مات می‌باشد. در فصل تابستان که شدت گرما و تابش بر روی سطح نما تأثیرگذار است علاوه بر سطح نما خصوصاً بخش‌هایی که از نمای کامپوزیت آلومینیوم استفاده گردیده است خود قالب پنجره‌ها نیز با ا فزایش قابل‌توجه دما مواجه شده و این حرارت را به داخل فضای واحدهای مسکونی منتقل می‌نماید. علاوه بر این سایر سطوح نما نیز، چون هیچ‌گونه پوشش سایه‌انداز و محافظی ندارند به‌شدت گرم شده و به‌تدریج این حرارت را از طریق همرفت بین مصالح به سطح دیوارهای داخل مجاور خود انتقال می‌دهند. این موارد در فصول سرد سال نیز به‌صورت انتقال سرما به فضای داخل تکرار می‌گردد؛ اما در نماهای دوپوسته کل پوسته ساختمان تحت کنترل قرارگرفته و قابل تنظیم است.

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

باتوجه به تغییرات اقلیمی به وجود آمده در سال‌های اخیر در سطح جهانی و منطقه‌ای، شهر شیراز در اقلیم گرم و خشک واقع‌شده است؛ و ازلحاظ شرایط آب و هوایی، فصل تابستان نسبتاً گرم و طولانی دارد و این امر ضرورت بازبینی نحوه طراحی ساختمان‌ها را در این منطقه و در این شهر دوچندان می‌کند.

یکی از مباحث مهم در طراحی ساختمان‌ها، مبحث نمای ساختمان‌ها است؛ که در حقیقت پوسته خارجی ساختمان بوده و در ارتباط با شرایط متغیر جوی است. ازاین‌رو انتخاب بهترین گزینه برای این بخش از بنا می‌تواند کمک شایانی به حفظ دمای مطلوب داخل ساختمان کرده و همچنین در بحث بهره‌وری انرژی بسیار مؤثر باشد. در پژوهش حاضر پس از بررسی دو روش متداول و رایج در سطح جهانی و در کشور ایران که یکی استفاده از پنجره‌های دوجداره دیگر استفاده از نماهای دوپوسته می‌باشد و درنهایت نگارندگان به آن نتیجه رسیدند که در مورد ساختمان مجتمع پردیس چمران شیراز اگرچه از پنجره‌های دوجداره باهدف افزایش بهره‌وری انرژی استفاده گردیده است؛ اما با توجه به سنجش پنجره‌های دوجداره و مقایسه تطبیقی آن با نماهای دوپوسته اگرچه طراحی و اجرای نماهای دوپوسته در ابتدای امر با هزینه‌ای مضاعف نسبت به پنجره‌های دوجداره مطرح است اما درنهایت با توجه به اینکه مزیت‌های قابل‌توجهی ازجمله یکپارچه‌سازی سطح نما و امکان مدیریت و کنترل میزان تهویه بین پوسته‌ها و همچنین ورود و خروج هوا از داخل به خارج ساختمان در فصول مختلف سال و بر اساس نیاز ساختمان و واحدهای مسکونی درمجموع و با در نظر گرفتن یک دوره زمانی مشخص برای بازگشت هزینه اولیه نماهای دوپوسته به نسبت پنجره‌های دوجداره دارای مزایای بیشتری به جهت تأمین دمای مطلوب ساختمان و ایجاد آسایش حرارتی و بهینه‌سازی در مصرف انرژی هستند. قابل‌ذکر است که اگر چنانچه خواسته باشیم به‌طور دقیق با ارائه آمار عددی و محاسباتی این تفاوت‌ها را به دست آوریم می‌بایست از نرم‌افزارهای تخصصی مربوط به این کار (به‌عنوان‌مثال، نرم‌افزار Design Builder) و سایر نرم‌افزارها استفاده کرده و نتایج را با هم قیاس عددی نماییم.

## ۶- تقدیر و تشکر

در پایان از همراهی بی‌دریغ استاد فرهیخته جناب آقای دکتر مضطرزاده که در مسیر انجام این پژوهش از راهنمایی‌های ارزشمند ایشان به‌اندازه توانایی خودم بهره برده‌ام کمال تشکر و امتنان دارم.

## ۷- منابع


۱- پیله‌چی‌ها، پ.، بیات، م.، و قاسمی نسب، م. (۱۴۰۰). بهینه‌سازی پارامترهای مؤثر بر کارایی انرژی پنجره‌های دوجداره در اقلیم گرم و خشک، مطالعه موردی، جبهه جنوبی ساختمان اداری در شهرستان تهران. *نشریه هویت شهر، ۱۵* (۳)، ۵-۱۴.

۲- حافظی، م.، زمردیان، ز.، و تحصیل‌دوست، م. (۱۳۹۵). فرآیند دستیابی به نمای دوپوسته دارای بهره‌وری مناسب انرژی، نمونه موردی یک ساختمان اداری در تهران. *نشریه مطالعات معماری ایران، ۵*(۱۰)، ۱۰۱-۱۲۲.

۳- سادات سیادتی، ف.، فیاض، ر.، و نیک قدم، ن. (۱۴۰۰). بهینه‌سازی عملکرد حرارتی نمای دوپوسته پنجره‌ای با تهویه طبیعی در فصل تابستان در شهر تهران. *نشریه علمی معماری اقلیم گرم و خشک، ۹*(۱۳)، ۱۵۵-۱۷۴.

۴- طغرلی، ا.، گنجعلی خان نسب، ع. (۱۳۹۸). مطالعات عددی پنجره‌های دوجداره شیب‌دار، با در نظر گرفتن انتقال حرارت ترکیبی جابه‌جایی طبیعی گاز، همراه با تابش. *نشریه مهندسی مکانیک مدرس، ۱۹* (۹)، ۲۲۳۵-۲۲۴۵.

۵- قاسمی نسب، م.، مولایی، م. م.، و پیله‌چی‌ها، پ. (۱۴۰۰). شبیه‌سازی دقیق نماهای شیشه‌ای نوین با تأکید بر بهینه‌سازی نور روز و انرژی، نمونه موردمطالعه: ساختمان اداری در همدان. *نشریه معماری و شهرسازی پایدار*،۹(۲)، ۱۶۳-۱۷۵.

۶- قلی‌پور گشنیانی، م.، و یزدانی د. (۱۴۰۱). بررسی کاربرد نماهای دو پوسته جهت بهره گیری از باد شهر منجیل در تهویه ساختمان‌ها. *فصل نامه انرژی های تجدیدپذیر و نور، ۹*(۱)، ۱۱۰-۱۱۸.

۷- کریم زاده، ج.، مهدی نژاد درزی، ج.، و کریمی، ب. (۱۴۰۰). سنجش عملکرد عناصر اقلیمی خانه‌های سنتی بافت تاریخی شیراز با رویکرد آسایش حرارتی، موردپژوهش: ایوان. *دو فصلنامه مطالعات معماری ایران، ۱۰* (۲۰)، ۸۹-۱۱۵.

۸- نوری‌وند، ش.، بلیلان اصل، ل.، ستارزاده، د.، و آصفی، م. (۱۴۰۰). ارزیابی تأثیر افزایش عمق حفره و تعداد طبقات در عملکرد انرژی گونه‌های مختلف نمای دوپوسته در ۳۶ سناریوی متفاوت در ساختمان‌های اداری اقلیم سرد. نمونه موردی: ساختمان اداری در تبریز. *نشریه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۳ (۷)، ۱-۱۹.

۹- وکیلی‌نژاد، ر. (۱۴۰۰). مقاسیه تطبیقی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی آسایش حرارتی در محیط شهری. *نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران*، ۱۲ (۲)، ۲۵-۲۳۵.

10- Jankovic, A., & Goia, F. (2021). Impact of double Skin Facade constructional features on heat transfer and Fluid dynamic behavior. *Building and Environment*, 196, 107796.

11- Năstase, G., Şerban, A., Dragomir, G., Bolocan, S., & Brezeanu, A. I. (2016). Box window double skin façade. Steady state heat transfer model proposal for energetic audits. *Energy and Buildings*, *112*, 12-20.

# Comparative Examination of the Effect of Double - walled Windows and Double Skin Views on the Desired Temperature of the Building. Case Study: The Pardis high - rise Residential Building of the Shiraz Chamran Street.

**Mohammad Kazemi[1], Hamed Moztarzadeh*[2]**

1. PhD student in Architecture, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran.
Kazemi_m1@yahoo.com
2. Assistant Professor, Architecture Department, Shiraz branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. (Corresponding Author)
Hamed.Moztarzadeh@gmail.com

**Abstract**

Today, the construction of tall buildings is a part of modern urbanism. Most of the people living in large cities of the world have to live in large apartment complexes, which are also high-rise. One of the important components in these buildings' design is to regulate the desired temperature inside the building and create a thermal comfort zone for residents considering the energy consumption limitations. In this research, a high–rise residential building located in Shiraz city was considered as a case study, which has been tried to provide mentioned elements by using double-glazed windows. Since there are other methods for these providing energy efficiency, such as the design and implementation of double-skin facades, at first double-glazed windows and double-skin facades were introduced. In addition, the characteristics of each of them were described. then, both structures were compared and the result was obtained to identify the desired option, considering the advantages and disadvantages of each of them. Finally, double-skin facades are more appropriate options for supplying the desired temperature of the building and creating a thermal comfort zone for the residents, as well as, an increase in productivity in building energy consumption.

**Keywords:** Residential buildings, High rise, Double glazed windows, Double skin facades.

This Journal is an open access Journal Licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License

(CC BY 4.0)