

مروری بر طراحی و عملکرد نماهای دو پوسته در بهینه‌سازی مصرف انرژی و بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر

پدرام مددی وسطی کلائی^۱، الهام سرکرده ای^۲، آزاده خاکی قصر^۳

^{۱،۲،۳} کارشناسی ارشد معماری، دانشکده معماری، صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

چکیده

نماهای دو پوسته به عنوان یکی از روش‌های نوین در معماری پایدار، می‌توانند نقش مؤثری در بهینه‌سازی مصرف انرژی و بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر ایفا کنند. این مقاله به مروری بر طراحی و عملکرد نماهای دو پوسته در راستای بهبود کارایی انرژی ساختمان‌ها پرداخته و تأثیرات آن را بر کاهش مصرف انرژی و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر بررسی می‌کند. در این روش، لایه‌های مختلف نما به گونه‌ای طراحی می‌شوند که به کاهش تبادل حرارتی میان فضای داخلی و بیرون کمک کرده و در نتیجه از هزینه‌های انرژی می‌کاهند. علاوه بر این، این سیستم می‌تواند فضایی مناسب برای نصب پنل‌های خورشیدی، سیستم‌های تهویه طبیعی و سایر فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر فراهم آورد. روش تحقیق این مقاله مروری و کتابخانه‌ای است و با استفاده از منابع علمی و مطالعات موردی به تحلیل مزایای نماهای دو پوسته در کاهش وابستگی به سیستم‌های گرمایش و سرمایش مصنوعی و افزایش بهره‌وری انرژی پرداخته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که طراحی مناسب نماهای دو پوسته می‌تواند تأثیرات مثبتی بر بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های انرژی و ارتقاء راحتی ساکنین در ساختمان‌ها داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، بهینه‌سازی انرژی، منابع تجدیدپذیر، نمای دو پوسته

۱- مقدمه

با توجه به هزینه‌های بالا برای تولید انرژی، در صورتی که مصرف آن بدون بهره‌وری مناسب و ایجاد ارزش افزوده کافی باشد، می‌تواند منجر به رکود و تضعیف جامعه گردد. نکته مهم‌تر این است که اگر مصرف انرژی با دقت و صرفه‌جویی همراه نباشد، علاوه بر مشکلات اقتصادی و مسائل زیست‌محیطی، تغییرات اقلیمی نیز ایجاد خواهد شد. عواملی نظیر افزایش جمعیت، رشد صنعت بدون استفاده از فناوری‌های هماهنگ با آن و غفلت از مصرف انرژی در بخش‌های گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌ها که به دلیل بی‌توجهی به مسائل اقلیمی در طراحی آن‌ها رخ می‌دهد، باعث مصرف بی‌رویه انرژی می‌شود در سال‌های اخیر، به منظور مدیریت مصرف انرژی و بهبود بهره‌وری آن، به ویژه در بخش ساختمان که حدود ۴۰ درصد از انرژی جهانی در این بخش مصرف می‌شود (نصیری و همکاران، ۱۴۰۱، ص ۱۳)، تلاش‌هایی صورت گرفته است. یکی از این تلاش‌ها، به کارگیری نماهای دو پوسته است (حافظی و همکاران، ۱۳۹۵ و قنبران و حسینپور، ۱۳۹۲). دستیابی به این شرایط می‌تواند مصرف بی‌رویه انرژی را تا حد زیادی کاهش دهد (Rashid et al, 2023, p4) به عبارت دیگر، ساخت ساختمان‌های با کارایی انرژی بالا می‌تواند به کاهش مصرف انرژی کمک کند (نصیری و همکاران، ۱۴۰۱، ص ۱۳). در عین حال، با توجه به مشکلات فعلی در زمینه انرژی و مسائل زیست‌محیطی، از جمله تقاضای بالای انرژی و وابستگی شدید به سوخت‌های فسیلی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، نوسانات شدید قیمت نفت و تأثیرات منفی آن بر کیفیت محیط زیست، چالش‌های جدی پیش روی ما قرار دارد. (Abbasi et al, 2022, p390) همچنین، رشد سریع شهرنشینی و صنعتی شدن اگرچه به اقتصاد کشورها کمک کرده است (Cai et al, 2022, p2)، اما تمرکز صرف بر استراتژی‌های توسعه موجب رشد اقتصادی پایدار و در عین حال تخریب محیط زیست شده است. (Raihan et al, 2022, p2) افزایش جمعیت نیز نیاز بیشتر به انرژی و منابع طبیعی را به دنبال دارد که این امر می‌تواند فشار بر سیستم‌های بیولوژیکی را افزایش داده و به تخریب بیشتر طبیعت منجر شود (Hafez et al, 2023, p2).

۲- پیشینه تحقیق

نصیری و همکاران (۱۴۰۱) در تحقیقی با عنوان بررسی راهکارهای موثر کاهش مصرف انرژی در بناهای مسکونی انرژی کارا پرداخته‌اند. با توجه به اینکه فاصله میان انسان و طبیعت روز به روز در حال افزایش می‌باشد، می‌بایست از راهکارهای بهره‌گرفت که با طبیعت ارتباط بیشتری برقرار کند، هدف این پژوهش مطالعه پیرامون راهکارهای موثر کاهش مصرف انرژی در بناهای مسکونی می‌باشد، زیرا اگر طراحان و معماران این راهکار را در بخش‌های مختلف ساختمان‌ها استفاده کنند، می‌توان گامی بنیادی در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی برداشت، این مقاله با توجه به موضوع کلی و ماهیت آن از نوع مطالعات کاربردی بوده و به روش توصیفی-تحلیلی انجام گرفته است، کلیه داده‌های تحقیق به روش کتابخانه‌ای-اسنادی می‌باشد. حافظ و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیقی با عنوان بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های پایدار: بررسی سیستماتیک با طبقه‌بندی چالش‌ها، انگیزه‌ها جنبه‌های روش شناختی، توصیه‌ها و مسیرهایی برای تحقیقات آینده، در سال‌های اخیر علاقه‌فزاينده‌ای به هدف قرار دادن بهره‌وری انرژی به عنوان یک نقشه راه برای کربن نشان داده شده است، کاهش محدود کردن مصرف انرژی در جهت بهبود عملکرد انرژی ساختمان‌ها و کاهش مصرف انرژی برای دستیابی به ساختمان‌های پایدار می‌باشد این مقاله مروری سیستماتیک برای ارائه بهترین شیوه‌ها در این زمینه را ارائه می‌کند و چالش‌ها، انگیزه‌ها و توصیه‌ها و مسیرهای کار آینده را شناسایی می‌کند و جنبه‌های روش شناختی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد، این مقاله مرجع ارزشمندی برای ذینفعان، دولت‌ها و تصمیم‌گیران آن ارائه می‌کند و پیشنهادهای از مطالعات منتخب گذشته را ارائه می‌کند. قنبران و حسین پور (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان بررسی رفتار حرارتی نمای دوپوسته در اقلیم شهر تهران و پس از شبیه‌سازی نمونه پایه و گزینه‌های نمای دوپوسته و تحلیل نتایج با بررسی رفتار حرارتی نماهای شیشه‌ای تک پوسته و دوپوسته نتیجه گرفتند که نمای دوپوسته می‌تواند باعث کاهش ۱۶٪ الی ۲۰٪ در مصرف انرژی سیستم HVAC ساختمان گردد. با این حال توصیه می‌گردد که حتی در صورت استفاده از نمای دوپوسته، سطح نما به صورت کامل شیشه‌ای نباشد و بخشی از آن

را با مصالح غیر شفاف پوشاند. میتوان ادعا کرد این گونه نماها در فصل سرما کارایی بهتری در صرفه جویی انرژی از خود نشان می دهند.

رشید و همکاران (۲۰۲۳) تحقیقی با عنوان بررسی و تجزیه و تحلیل عملکرد برای توسعه ساختمان انرژی کارا انجام دادند، تحقیقات اخیر نشان می دهد که حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد از انرژی ساختمان را می توان از طریق صرفه جویی کاهش داد، بهره برداری و مدیریت انرژی بدون تغییر ساختار ساختمان و پیکره بندی سخت افزاری منبع انرژی و سیستم ها امکان پذیر نمی باشد، با ارتقاء این سیستم ها می توان در مصرف انرژی بیشتر صرفه جویی کرد؛ بنابراین پتانسیل زیادی برای تولید انرژی وجود دارد. در این مقاله صرفه جویی از طریق عملیات کارآمد، راه حل بهبود بهره وری انرژی ساختمان در بهره برداری، هماهنگی و بهینه سازی عملکرد منابع انرژی و بارهای مختلف، مسئله زمان بندی انرژی ساختمان با پس زمینه علمی یک ساختمان کم انرژی در نظر گرفته می شود.

لارمابی و شهبازی (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان بررسی عملکرد بازشوهای دوپوسته در ساختمان های سنتی نواحی سردسیر ایران با بررسی نمونه های ارزشمندی از معماری دوران قاجار تبریز با اقلیم سرد، نشان داده شده است که بازشوها در اقلیم به گونه ای به کار گرفته شده اند که با حداقل مساحت بازشوها، میزان انتقال تبادل حرارتی در طول دوره سرما کمینه گردد. راهکار دوم در این بنا ها، بکارگیری بازشوها به صورت مضاعف است. بدین ترتیب که بازشوها از دو پنجره که پنجره داخلی رو به اتاق و دیگری به سمت خارج باز می شوند. همانند یک نمای دوپوسته پنجره جعبه ای تشکیل شده و به عنوان یک مبدل حرارتی عمل می کنند. در این بازشوها انرژی تابشی در بین دو پنجره ذخیره شده و دمای آن تقریباً با دمای داخل ساختمان برابر می شود. این امر سبب کاهش تبادل حرارتی فضای داخل با دمحیط خارج می شود. شبیه سازی انرژی نشان می دهد که میزان مصرف انرژی گرمایشی ۶۴/۴۲٪ کاهش می یابد.

۲- مبانی نظری

۲-۱- مفهوم انرژی

انرژی یکی از عوامل و نیروهای اساسی مهم در زندگی انسان به شمار می رود. تمدن و تاریخ بشری بر اساس نوآوری ها و کشفیات در زمینه تبدیل انواع انرژی به یکدیگر شکل گرفته است (امیری آده و همکاران، ۱۴۰۱ ص ۲۶۶). واژه «انرژی» از ترکیب دو واژه یونانی "en" به معنی «درون» و "ergon" به معنای «کار» گرفته شده است (دلنواز، ۱۳۹۷ ص ۳). پیش بینی می شود که تقاضای انرژی در سطح جهانی تا سال ۲۰۵۰ دو برابر میزان فعلی افزایش یابد. به همین دلیل، انرژی به یکی از مسائل حیاتی در حوزه های اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و زیست محیطی تبدیل خواهد شد (Tavakoli et al, 2022 P 1). این امر باعث شده است که انرژی به یکی از موضوعات جذاب و پرتحقیقات تبدیل شود. برای رفع چالش های مرتبط با انرژی، طرح ها و استراتژی های مختلفی ارائه شده است. با این حال، این طرح ها و سیستم ها با پیچیدگی هایی روبه رو هستند و ممکن است به دلیل ضعف ها و قوت ها یا مکانیزم های نادرست استفاده، با مشکلاتی مواجه شوند (Ali et al, 2020 P 1). عواملی چون شرایط جوی، ویژگی های ساختمان، نوع تأسیسات، عملکرد و نگهداری بنا و طراحی فضای داخلی می توانند تأثیر زیادی بر مصرف انرژی داشته باشند (Tavakoli et al, 2022 P 1).

۲-۲- مصرف انرژی در ایران

در چند سال اخیر، صنعت ساخت و ساز در منطقه خاورمیانه پیشرفت چشمگیری داشته است. با این حال، این پیشرفت ها منجر به افزایش مصرف انرژی در واحد سطح در این منطقه گردیده است (Safinia et al, 2017, P 981). در ایران، مصرف انرژی به طور متوسط یک و نیم برابر بیشتر از میانگین جهانی است که این میزان نسبت به سایر کشورهای در حال توسعه و همچنین نسبت به میانگین جهانی بسیار بالا بوده و هر ساله نیز به این مقدار افزوده می شود (بیرق شمشیر و همکار، ۱۴۰۱ ص ۲). از این رو، ایجاد بستر مناسب برای کنترل و بهینه سازی مصرف انرژی، به عنوان یکی از اولویتهای اساسی در

برنامه‌ریزی‌های مرتبط با مدیریت انرژی، به ویژه در ایران که روند مصرف انرژی در آن نامطلوب است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (امیری آده و همکاران، ۱۴۰۱ ص ۲۶۷). با توجه به این که بخش انرژی در ایران عمدتاً بر پایه نفت و گاز استوار است و از طرف دیگر به دلیل توسعه صنعتی کشور در دهه گذشته، میزان مصرف نهایی انرژی سالانه در ایران با نرخ بالایی در حال افزایش است، استفاده از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر در آینده نزدیک پیشنهاد می‌شود. ادامه روند فعلی تولید و مصرف انرژی می‌تواند ایران را به کشوری واردکننده انرژی تبدیل کند (صدیق ضیابری و همکاران، ۱۴۰۰ ص ۶۰۰ و کشتکاران و همکاران، ۱۴۰۱ ص ۲۰۸). با این حال، ایران با برخورداری از معماری غنی و ارتباط نزدیکی که با طبیعت و بوم خود دارد، همواره به مسائل معماری توجه ویژه‌ای داشته است. با این وجود، علی‌رغم وجود الگوهای مناسب در این زمینه، افزایش مصرف انرژی در بخش ساختمان و عدم رعایت الگوهای صحیح مصرف انرژی، یکی از چالش‌های عمده کشور به شمار می‌آید (حیدری و همکاران، ۱۴۰۰ ص ۳۴۷). در واقع، مصرف انرژی در ایران ۲٫۵ برابر بیشتر از میانگین جهانی است. ایران در رتبه نهم تولیدکنندگان انرژی، دهمین مصرف‌کننده انرژی و هشتمین تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای در جهان قرار دارد. به همین دلیل، تمرکز بر بخش ساختمان‌سازی به منظور بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش مصرف آن، می‌تواند مزایای زیست‌محیطی و بهره‌وری قابل توجهی را به همراه داشته باشد (Tavakoli et al, 2022 P 2).

۲-۳- بهینه سازی مصرف انرژی

در حال حاضر، فرآیندهای چرخه عمر ساختمان‌ها به گونه‌ای سازماندهی می‌شوند که راه‌حل‌های معماری، سازه‌ای و مهندسی به‌طور ساده‌ای در کنار هم جمع می‌شوند و ویژگی‌هایی برای بهبود کارایی انرژی ساختمان‌ها حاصل می‌گردد. با این حال، در این فرآیند، تعامل و وابستگی متقابل میان این اجزا به‌طور سیستماتیک وجود ندارد (Begmatova et al, 2022, P 428). یکی از علل اصلی این مسئله، تغییرات سطح زمین و اتلاف انرژی ناشی از مصرف زیاد است. بر اساس مطالعات انجام‌شده، افزایش یک درجه سانتی‌گراد در دما می‌تواند منجر به افزایش ۲ تا ۴ درصدی در اوج تقاضای برق گردد (Sosa et al, 2018, P 137). این افزایش تقاضا برای انرژی در سطح جهانی به عنوان یکی از دلایل اصلی بحران توسعه ناپایدار سیاره شناخته می‌شود. افزایش مصرف انرژی به‌ویژه با توجه به رشد جمعیت جهانی و دسترسی بیشتر مردم به برق، توجیه‌پذیر است (da Cunha et al, 2020, P 2)؛ بنابراین، نیازهای انرژی ساختمان‌ها که به‌طور قابل توجهی به شرایط اقلیمی منطقه بستگی دارند و بر عملکرد حرارتی آنها تأثیر می‌گذارند، باید مورد توجه ویژه قرار گیرند. به‌منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها، اقلیم باید به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ضوابط در نظر گرفته شود (صدیق ضیابری و همکاران، ۱۴۰۰، ص ۶۰۰). علاوه بر این، به‌منظور ارتقای بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها، باید رویکردی سیستماتیک برای سازمان‌دهی چرخه عمر ساختمان‌ها با توجه به اصول توسعه پایدار محیط زیست و مهندسی بهره‌وری انرژی اتخاذ گردد (Begmatova et al, 2022, P 430). در نتیجه، بهره‌وری هوشمند انرژی به‌عنوان یکی از چالش‌های اساسی در معماری معاصر در سطح ایران و جهان، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (سعادت‌جو و همکار، ۱۴۰۰، ص ۶۸). در پی بحران انرژی در سطح جهانی، ضروری است که معماران به یکی از راهکارهای عملی مدیریت انرژی در ساختمان‌ها، یعنی استفاده از استراتژی‌های طراحی غیرفعال، توجه داشته باشند (حیدری و همکاران، ۱۴۰۰، ص ۳۴۶). یکی از این ایده‌ها به کارگیری نماهای دو پوسته است. نماهای دو پوسته بیش از چهل نوع دارند که انتخاب بهترین نوع نمای دو پوسته از نظر تمام عوامل اثر گذار بر عملکرد این نوع نماها، از جمله مشخصات فیزیکی و ابعاد لایه‌ها و بازو‌ها، مقدار و الگوی تهویه، نوع سایبان و ابعاد زیبایی‌شناسی و نظایر آن، مورد بررسی قرار می‌گیرند ولی در بیشتر مواقع، نماهای دو پوسته برای ایجاد آسایش حرارتی استفاده می‌شود (حافظی و همکاران، ۱۳۹۵ و قنبران و حسینی‌پور، ۱۳۹۲).

۲-۴- استفاده از منابع تجدیدپذیر

یکی از عوامل انسانی مهم در تخریب محیط زیست، در فرایند ساخت و ساز، استفاده از انرژی‌های فسیلی است که منابع آن پایان‌پذیر و غیرقابل تجدید هستند. تولید، تبدیل و مصرف این انرژی‌ها باعث ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود (هاشمی دیزج و همکاران، ۱۴۰۱، ص ۸۲). در حال حاضر، استفاده از منابع غیرقابل تجدید مانند نفت و زغال‌سنگ موجب به وجود آمدن چالش‌های زیادی در تأمین انرژی جهانی شده است (Yang et al., 2023, P 1). این روند افزایشی در مصرف انرژی، علاوه بر تهدید اتمام منابع فسیلی، مشکلات متعددی را برای محیط زیست به همراه دارد؛ بنابراین، در راستای دستیابی به توسعه پایدار جهانی، استفاده از منابع تجدیدپذیر و انرژی‌های پایدار در بخش ساختمان‌ها و سیستم‌های سرمایش، گرمایش و تهویه به‌طور جدی مورد توجه قرار گرفته است (صدیق ضیابری و همکاران، ۱۴۰۰، ص ۶۰۲). از سوی دیگر، طبیعت منابع فراوانی از انرژی را در خود جای داده است که با اندکی تأمل و برنامه‌ریزی دقیق، انسان می‌تواند از آن‌ها بهره‌برداری کرده و راه‌های استفاده صحیح از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر را پیدا کند. این انرژی‌ها نه تنها آلودگی یا گازهای گلخانه‌ای تولید نمی‌کنند، بلکه با بازدهی بالاتر و در مقایسه با انرژی‌های فسیلی، پایانی ندارند. همچنین این نوع انرژی‌ها می‌توانند به کاهش هزینه‌های مصرف‌کنندگان و حفاظت از محیط زیست کمک کنند (ثبات ثانی و همکاران، ۱۳۹۷، ص ۴۵). به همین دلیل، در سیاست‌گذاری‌های بین‌المللی، توجه به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای بخش ساختمان‌ها و سیستم‌های سرمایش، گرمایش و تهویه در راستای توسعه پایدار جهانی مورد تأکید قرار می‌گیرد (صدیق ضیابری و همکاران، ۱۴۰۰، ص ۶۰۲). از این رو، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر یکی از مؤثرترین راهکارها برای کاهش مصرف منابع فسیلی و انرژی در طراحی ساختمان‌ها به شمار می‌آید (Borschewski et al., 2023, P 1).



شکل ۱- سیستم‌های نماهای تطبیقی در ساختمان که از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده می‌کنند: نمای تطبیقی با بیوراكتور جلبکی در BIQ-House در هامبورگ © Colt International GmbH؛ منبع: Borschewski et al, 2023 P 2

۲-۵- مزایای استفاده از منابع تجدیدپذیر

با توجه به اینکه استفاده از منابع انرژی غیرقابل تجدید یکی از عوامل اصلی تغییرات آب و هوایی است که به انتشار دی اکسید کربن در محیط و آلودگی زیست‌محیطی منجر می‌شود و این آلودگی‌ها یکی از عوامل اصلی گرمایش جهانی به شمار می‌روند (Hussain et al, 2023, p. 48)، ضرورت بهره‌گیری از فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر در ساختمان‌ها بیش از پیش احساس می‌شود. این فناوری‌ها عمدتاً شامل انرژی خورشیدی، نماهای دو پشته، پمپ‌های حرارتی با منبع زمینی، انرژی باد و انرژی زیست‌توده هستند (Yang et al, 2023, p. 2) ویژگی‌های منحصر به فرد انرژی‌های تجدیدپذیر عبارتند از:

این انرژی‌ها هیچ‌گاه تمام نمی‌شوند.

آن‌ها از محیط زیست محافظت می‌کنند.

استفاده از آن‌ها باعث کاهش هزینه‌ها می‌شود (بیرق شمشیر و همکار، ۱۴۰۱، ص ۲).

این ویژگی‌ها موجب شکل‌گیری نهاد حقوقی جدیدی تحت عنوان انجمن انرژی‌های تجدیدپذیر شده است که دستورالعمل‌هایی را برای استفاده از این نوع انرژی‌ها به عنوان یک سازمان جدید ارائه می‌دهد. این نهاد همچنین شرایطی را برای استفاده از انرژی با تعرفه‌های مناسب و اقدامات کارآمد در زمینه بهره‌وری انرژی برای خانوارهای با درآمد پایین فراهم می‌آورد، علاوه بر این، با توجه به اینکه انرژی‌های تجدیدپذیر به‌طور رایگان و پایدار در دسترس هستند، استفاده از آن‌ها در طراحی‌های منطبق با اقلیم منطقه می‌تواند منجر به نتایج زیر شود:

حفظ و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و منابع آن برای نسل‌های آینده.

کاهش هزینه‌های ساخت و نگهداری.

کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی.

کاهش وابستگی بخش معماری ساختمان به انرژی‌های فسیلی در فرآیند ساخت و بهره‌برداری.

حفظ استقلال کشور در تأمین منابع انرژی و حفاظت از سرمایه‌های ملی.

ایجاد درآمد برای کشور از طریق بهره‌برداری از تنوع اقلیمی و انرژی‌های تجدیدپذیر.

دستیابی به فناوری‌های نوین و ایجاد فرصت‌های شغلی در بخش‌های مختلف.

حفظ ارزش‌های بومی و انطباق با فرهنگ و اقلیم منطقه.

تقویت تعامل انسان با طبیعت و حفظ منابع طبیعی (بیرق شمشیر و همکار، ۱۴۰۱، ص ۶).



۲-۶- نمای دو پوسته

نماهای دو پوسته یا پوسته دوقلوی ساختمان، یکی از انواع نماهای ساختمانی هستند که به‌عنوان یک عنصر جداکننده فیزیکی میان محیط داخلی و خارجی عمل می‌کنند. این نماها نه تنها در برابر عوامل طبیعی و صدا مقاوم هستند، بلکه به‌طور مؤثری در کنترل شرایط اقلیمی، نگهداری محیط داخلی و مدیریت انرژی کمک می‌کنند. به‌علاوه، پوسته‌های دوگانه نمای ساختمان نقش حمایت‌کننده از وزن ساختاری و دینامیکی ساختمان را ایفا کرده و ارزش‌های زیبایی‌شناختی آن را بهبود می‌بخشند (Yum, 2020 P 2).

تعاریف چند تن از پژوهشگران از نمای دو پوسته:

نام پژوهشگر	تعریف نمای دوپوسته
Zhou & chen.2010	نمای دو پوسته از دو لایه (نمای داخلی و نمای خارجی) و با مصالح مختلف که توسط یک حفره میانی (کانال) از هم جدا شده تشکیل شده است. لایه نمای خارجی حفاظت در برابر آب و هوا، صوت و نویزهای خارجی را فراهم می کند؛ و همچنین در حفره میانی از سایه اندازهایی مانند پرده استفاده می شود تا از فضا های داخلی ساختمان در برابر تابش خورشید محافظت کرده و باعث کاهش بار های خنک کننده شود.
Shameri & et al.2011	نمای دوجداره نوع خاصی از پاکت است و معمولاً پوسته دوم آن یک جدار شفاف می باشد که در مقابل نمای معمولی ساختمان قرار می گیرد. فضای میان دو جداره (کانال) کارکرد بسیار مهمی دارد. به طور کلی کانال ها به طور طبیعی، مکانیکی یا با استفاده از یک سیستم هیبریدی به منظور کاهش مشکلات گرمای بیش از حد در تابستان و کمک به صرفه جویی در انرژی در زمستان تهویه می شود.
Nasrollahi & Salehi.2015	این نماها از دو لایه بیرونی و داخلی و از مواد شیشه ای مختلف تشکیل شده اند که توسط یک حفره از هم جدا شده است. لایه بیرونی از بنا محافظت می کند و آلودگی صوتی را به میزان قابل توجهی کاهش می دهد؛ و همچنین نماهای دوپوسته به کاربران این فناوری اجازه می دهد تا بدون مواجهه با مشکلات نماهای تک پوسته همانند اثرات فشار و سرعت باد، نور مستقیم خورشید و آلودگی محیطی، از باز کردن پنجره های خود لذت ببرند. امکان نصب دستگاه های سایه انداز در داخل حفره بین دو پوسته از دیگر ویژگی های DSF می باشد
Luo & et al.2017	DSF ^۱ به نمای ساختمانی اطلاق می شود که یک یا چند سطح را با پوسته های لعاب دار متعدد که توسط یک شکاف هوا از هم جدا شده اند، با ویژگی مشترک سیستم سایه اندازی قابل کنترل و جریان هوا در داخل حفره بین پوسته های نما می پوشانند.
امیدواری و امیدواری، ۱۴۰۱	یک نمای دوپوسته از لایه های مختلفی شامل پوسته خارجی، پوسته داخلی، حفره میانی و تجهیزات سایه اندازهای خورشیدی تشکیل شده است. پوسته خارجی معمولاً شامل یک شیشه سخت شده است. در عوض، در پوسته داخلی می توان از انواع شیشه های دو جداره شفاف، جذب کننده و کنترل گر خورشیدی استفاده کرد. معمولاً این پوسته تمام شیشه ای نیست، بلکه می توان در قسمت هایی از آن از بازشوهای شیشه ای و در قسمتهای دیگر از مصالحی با جرم حرارتی بالا برای ذخیره انرژی حرارتی در طول روز استفاده نمود.

در این زمینه، نماهای دو پوسته می توانند مصرف انرژی ساختمان را به طور قابل توجهی کاهش دهند. این نماها با توجه به ساختار خاص خود می توانند به طور قابل توجهی مصرف انرژی را کاهش دهند. نماهای دوپوسته از سه بخش اصلی تشکیل می شوند: یک نمای خارجی، یک فضای میانی و یک نمای داخلی. فضای میانی که به عنوان کانال هوا عمل می کند، می تواند به تهویه ساختمان کمک کند. پوسته های خارجی و داخلی ممکن است از شیشه های ساده تک لایه یا پنل های شیشه ای دو جداره ساخته شوند. در فضای میانی این نماها، از سیستم های سایه انداز اتوماتیک استفاده می شود تا شدت نور ورودی به داخل کنترل شده و انرژی خورشیدی جذب یا منعکس گردد. عرض فضای میانی بین دو جداره بسته به نیاز ساختمان می تواند از ۲۰ سانتی متر تا ۲ متر متغیر باشد. این فضای میانی همچنین می تواند به روش های مختلف، از جمله طبیعی، مکانیکی یا هیبریدی، تهویه شود (آزادگان و همکاران، ۱۴۰۱ ص ۳).

^۱ نمای دو پوسته (Double-skin facade) به نمای ساختمانی اطلاق می شود که یک یا چند طبقه را با پوسته های چند لعاب پوشش می دهد. پوست ها می توانند هوا بند باشند یا به طور طبیعی/مکانیکی تهویه شوند. پوسته بیرونی معمولاً یک لعاب سخت شده است و می توان آن را به طور کامل لعاب داد

۲-۷- اهمیت نمای دو پوسته

امروزه طراحی نماها و تأثیر آن‌ها در بهینه‌سازی مصرف انرژی اهمیت زیادی پیدا کرده است. نمای یک ساختمان معمولاً بین ۱۵ تا ۴۰ درصد از هزینه‌های کلی ساخت را تشکیل می‌دهد. با توجه به چالش‌های زیست‌محیطی و ضرورت کاهش مصرف انرژی در سطح جهانی، پژوهشگران و معماران به دنبال ارائه راهکارهایی هستند که نه تنها به بهینه‌سازی مصرف انرژی کمک کنند، بلکه از محیط‌زیست نیز محافظت نمایند. از این رو، نمای ساختمان‌های جدید باید به گونه‌ای طراحی شود که بهترین شرایط را برای تأمین نیازهای کاربران فراهم کند (آزادگان و همکاران، ۱۴۰۱، ص ۲). با توجه به اهمیت بالای نما در ساختمان‌ها و چالش‌های موجود در زمینه مصرف انرژی، پژوهشگران به دنبال یافتن راهکارهایی برای بهبود عملکرد انرژی ساختمان‌ها هستند. یکی از این راهکارها، طراحی نماهای دو پوسته است (آزادگان و همکاران، ۱۴۰۱، ص ۱). نماهای دو پوسته به دلیل تنوع در راهکارهای اجرایی، از جمله استفاده از استراتژی‌های مختلف تهویه، انواع شیشه‌ها و سیستم‌های سایه‌زنی و همچنین پیکربندی‌های متفاوت در حفره و ضخامت آن‌ها، به عنوان یک گزینه مؤثر و قابل اجرا مطرح می‌شوند (Ascione et al, 2021, p. 705).

۳- بحث و نتیجه‌گیری

نماهای دو پوسته به عنوان یکی از راهکارهای نوین در طراحی ساختمان‌ها، نقش مهمی در بهینه‌سازی مصرف انرژی و بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر ایفا می‌کنند. این نماها با استفاده از ساختار چندلایه و ایجاد فضای میانی، می‌توانند تبادل حرارتی میان فضای داخلی و بیرون را کاهش دهند و به این ترتیب مصرف انرژی را در فصول مختلف سال بهینه‌سازی کنند. علاوه بر این، این فضا می‌تواند به عنوان محیطی برای نصب پنل‌های خورشیدی یا سایر سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر عمل کرده و امکان تأمین انرژی مورد نیاز ساختمان از منابع پاک و تجدیدپذیر را فراهم آورد. همچنین، استفاده از این نماها موجب کاهش وابستگی به سیستم‌های تهویه و گرمایش مصنوعی شده و راحتی ساکنین را با تنظیم دمای داخلی بهبود می‌بخشد. در مجموع، طراحی و اجرای نماهای دو پوسته می‌تواند در کاهش مصرف انرژی، افزایش بهره‌وری انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود کیفیت محیط زیستی ساختمان‌ها نقش مؤثری داشته باشد. استفاده از مواد عایق پیشرفته، به کارگیری سیستم‌های تهویه طبیعی و بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند در این نوع نماها، می‌تواند به عملکرد بهینه‌تر آن‌ها کمک کرده و مصرف انرژی کلی ساختمان را کاهش دهد. به‌ویژه در شرایط آب و هوایی مختلف، طراحی مناسب نماهای دو پوسته می‌تواند نه تنها به بهبود شرایط راحتی ساکنین کمک کند، بلکه از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد و باعث کاهش هزینه‌های انرژی در طولانی مدت شود.

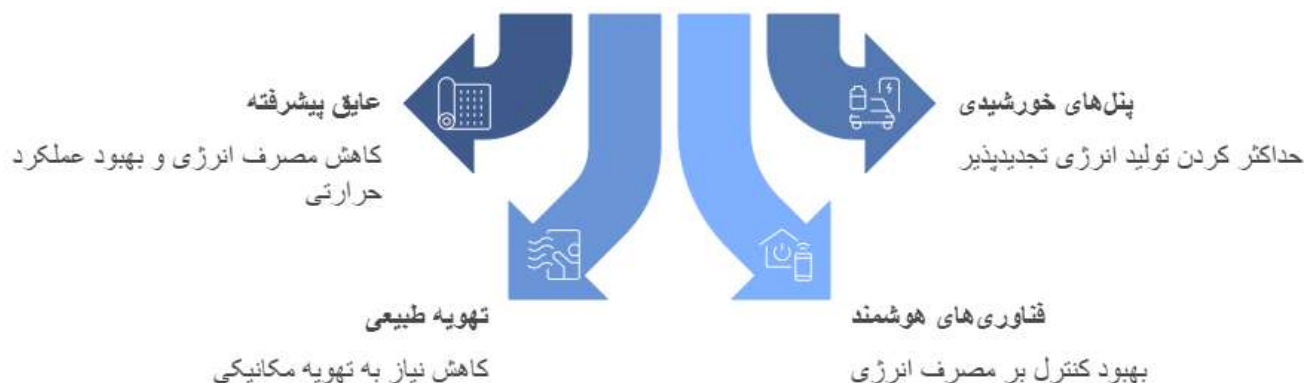
راهکارها

استفاده از مواد عایق پیشرفته: در طراحی نماهای دو پوسته، انتخاب مواد عایق با کارایی بالا برای لایه‌های خارجی و داخلی می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش مصرف انرژی و بهبود عملکرد حرارتی ساختمان داشته باشد. انتخاب مناسب پنل‌های خورشیدی: نصب پنل‌های خورشیدی بر روی لایه بیرونی یا فضای میانی نماهای دو پوسته می‌تواند تولید انرژی تجدیدپذیر را به حداکثر برساند. استفاده از پنل‌هایی که قابلیت جذب بیشتر نور خورشید را در تمام ساعات روز دارند، برای بهینه‌سازی انرژی مهم است. طراحی برای تهویه طبیعی: در این نوع نماها می‌توان از سیستم‌های تهویه طبیعی برای کاهش نیاز به تهویه مکانیکی بهره برد. طراحی مناسب برای جریان هوای طبیعی میان لایه‌های پوسته می‌تواند مصرف انرژی را کاهش دهد و هوای داخلی را تصفیه و خنک کند.

پایه‌سازی فناوری‌های هوشمند: استفاده از سیستم‌های هوشمند برای کنترل دما، رطوبت و جریان هوا در فضای میانی نماهای دو پوسته می‌تواند کمک کند تا این نماها عملکرد بهینه‌تری در بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر داشته باشند و مصرف انرژی کلی ساختمان کاهش یابد.

پیش‌بینی شرایط آب و هوایی: طراحی نماهای دو پوسته باید به گونه‌ای باشد که برای شرایط اقلیمی مختلف مناسب باشد. این می‌تواند شامل استفاده از شیشه‌های خاص، سیستم‌های سایه‌زنی و مواد با ضریب انتقال حرارت پایین باشد تا در فصول مختلف عملکرد بهینه‌ای داشته باشد.

Error



منابع

۱. امیری آده، پاریز، تیزقلم زنوزی، سعید، جاویدی نژاد، مهرداد (۱۴۰۱) تاثیر عوامل اقلیم خرد با رویکرد بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های شهری تهران، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)، ۲۲(۶۵)، ص ۲۶۵-۲۸۲.
۲. آزادگان، بهروز، مداحی، سید مهدی، میرشجاعیان حسینی، ایمان (۱۴۰۱) بررسی تاثیر نمای دو پوسته در کاهش مصرف انرژی در ساختمان های تجاری_اداری، ۱-۱۰.
۳. بیرق شمشیر، مهدی، سرکرده ئی، الهام (۱۴۰۱) توجه به طراحی اقلیمی و ایجاد شرایط بهره گیری از انرژی های نو در ساختمان، گامی در جهت معماری سبز، مهندسی و مدیریت ساخت، ص ۷-۱.
۴. ثبات ثانی، ناصر، مهمان نواز، فروغ (۱۳۹۷) همنشینی بامبو و تکنولوژی شیشه های هوشمند گامی به سوی معماری همساز با طبیعت (مطالعه موردی: طراحی بوفه دانشکده معماری، هنر و شهرسازی ارومیه)، نخبگان علوم و مهندسی، ص ۴۵-۵۳.
۵. جوان مجیدی، جوان، نگاری، ملکا (۱۳۹۸) سنجش مولفه های اجتماع پذیری تالار شهر مورد مطالعاتی اردبیل، مجله معماری و شهرسازی آرمان شهر، ص ۲۱۱-۲۲۸.
۶. حیدری، الناز؛ مهدی نژاد، جمال الدین، دولابی، پویا (۱۴۰۰) اصول راهبردی طراحی فرم ساختمان مسکونی در بوشهر، مبتنی بر کاهش مصرف انرژی، فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه ای، ص ۳۶۱-۳۴۵.
۷. دنواز، شبنم (۱۳۹۷) برنامه ریزی انرژی در مجتمع مسکونی با رویکرد توسعه پایدار، سومین کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی در علوم و مهندسی، ص ۱-۱۴.
۸. سعادت جو، پریا، سلیقه، الهام (۱۴۰۰) نقش الگوی چیدمان بلوک های مجتمع مسکونی بر جریان باد فضای باز و نور روز دریافتی ساختمان ها؛ نمونه موردی: مجتمع های مسکونی شهر تهران، نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی، ص ۶۷-۹۲.
۹. سلیمانی، امیرنوید، غفارزاده، حمیدرضا (۱۴۰۰) سنجش تاثیرات وضعیت اقتصادی خانوار بر میزان مصرف انرژی (مورد مطالعه: شهر یزد)، پایداری، توسعه و محیط زیست، ص ۵۱-۷۵.

۱۰. صدیق ضیابری، سیده حدیثه، ذوالفقار زاده، حسن، اسدی ملک جهان، فرزانه، صلواتیان، سیده مامک (۱۴۰۰) تحلیل کمی جهت گیری و شاخص تناسبیات ساختمان اداری با هدف بهره گیری حداکثر از تهویه طبیعی در جهت کاهش مصرف انرژی (مطالعه موردی: شهر رشت)، مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه های انسانی، ص ۵۹۹-۶۱۱.
۱۱. محمدی، منا، عظمتی، حمیدرضا (۱۴۰۰) جایگاه رفتار قلمروپایی در محیط های دانشگاهی جهت مطلوبیت تعاملات اجتماعی دانشجویان بررسی نمونه موردی دانشگاه رجایی، مجله علمی پژوهش های معماری نوین، ص ۲۷-۴۱.
۱۲. نصیر، زهرا، مداحی، مهدی، میرشجاعیان حسینی، ایمان (۱۴۰۱) بررسی راهکارهای موثر کاهش مصرف انرژی در بناهای مسکونی انرژی کارا، مجله معماری شناسی، ص ۱۱-۱۹.
۱۳. هاشمی دیزج، عبدالرحیم، فتوره چی، زهرا، نجفی، حامد (۱۴۰۱) بررسی تاثیر سرمایه گذاری مستقیم خارجی در انرژی های تجدیدپذیر ناپذیر بر تخریبات محیط زیست در کشورهای عضو سازمان همکاریهای اقتصادی (OECD). جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۱(۴۴)، ص ۸۰-۹۶.
۱۴. حافظی، م. ر. زمردیان، ز. تحصیلدوست، م. ۱۳۹۵. فرایند دستیابی به نمای دو پوسته دارای بهروری مناسب انرژی، نمونه موردی یک ساختمان اداری در تهران. دو فصلنامه معماری ایرانی شماره ۱۰. ص ۱۰۱-۱۲۱.
۱۵. قنبران، ع. ح. حسین پور، الف. ۱۳۹۲. بررسی رفتار حرارتی نماهای دو پوسته در اقلیم شهر تهران. معماری و شهرسازی پایدار، سال اول، شماره دوم. ص ۴۳-۵۳.
۱۶. لارمایی، م. شهبازی، ی. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد بازوهای دوپوسته در ساختمان های سنتی نواحی سردسیر ایران. معماری و شهرسازی ایران، شماره ۹. صفحه ۳۸-۲۷.

17. Abbasi,kashif raza,shahbaz,muhamad,zhang,jinjun,Irfan,Muhammad(2022) Analyze the environmental sustainability factors of China: The role of fossil fuel energy and renewable energy,renewable energy,p390-402
18. Ali, Q., Thaheem, M. J., Ullah, F., & Sepasgozar, S. M. (2020). The performance gap in energy-efficient office buildings: how the occupants can help?. *Energies*, 13(6), 1480.
19. Ascione, F., Bianco, N., Iovane, T., Mastellone, M., & Mauro, G. M. (2021). The evolution of building energy retrofit via double-skin and responsive façades: A review. *Solar Energy*, 224, 703-717.
20. Begmatova, D., Nazarenko, T., & Abdujabbarova, M. (2022). SYSTEM TECHNICAL PRINCIPLES OF ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS. *Science and innovation*, 1(C8), 427-433.
21. Borschewski, D., Voigt, M. P., Albrecht, S., Roth, D., Kreimeyer, M., & Leistner, P. (2023). Why are adaptive facades not widely used in practice? Identifying ecological and economical benefits with life cycle assessment. *Building and Environment*, 232, P 1-15.
22. Cai,bowen,shao,zhenfeng,fang,shenghui,huang,xiao(2022) Quantifying Dynamic Coupling Coordination Degree of Human–Environmental Interactions During Urban–Rural Land Transitions of China,journal land,p1-14
23. da Cunha, S. R. L., & de Aguiar, J. L. B. (2020). Phase change materials and energy efficiency of buildings: A review of knowledge. *Journal of Energy Storage*, 27, 101083.
24. Hafez.farma,sadi,bahaaeddin,gamal,safa,taufiq yap.Y.H,alrifaei,moath,seyedmahmoudian,ehdi,stojcevski,alex,horan,ben,mekhilef,sad(2023) Energy Efficiency in Sustainable Buildings: A Systematic Review withTaxonomy, Challenges, Motivations, Methodological Aspects, Recommendations, and Pathways for Future Research,journal energy strategy reviews,p1-30

25. Hussain, J., Anwer, M. A., Ghani, M. U., & Umar, M. (2023). The Importance of Renewable Energy Consumption and Human Capital in Attracting Foreign Direct Investment in Pakistan. *Review of Economics and Development Studies*, 9(1), 47-59.
26. Ismaeil, E. M., & Sobaih, A. E. E. (2023). Heuristic Approach for Net-Zero Energy Residential Buildings in Arid Region Using Dual Renewable Energy Sources. *Buildings*, 13(3), 1-23.
27. Raihan,asif,tuspekova(2022) Role of economic growth, renewable energy, and technological innovation to achieve environmental sustainability in Kazakhstan,journal *Current Research in Environmental Sustainability*,p1-10
28. Rashid,f,hoque,m.e,peash,k.l,faisal,f(2023) PERFORMANCE ANALYSIS AND INVESTIGATION FOR THE DEVELOPMENT OF ENERGY EFFICIENT BUILDING, *International Conference on Mechanical Engineering and Renewable Energy*,p1-5
29. Safinia, S., Al-Hinai, Z., Yahia, H. A., & Abushammala, M. F. (2017). Sustainable construction in sultanate of Oman: Factors effecting materials utilization. *Procedia engineering*, 196, P 980-987.
30. Sahoo, S. K., Yanine, F. F., Kulkarni, V., & Kalam, A. (2023). Recent advances in renewable energy automation and energy forecasting. *Frontiers in Energy Research*, 11, 1-4.
31. Sosa, M. B., Correa, E. N., & Cantón, M. A. (2018). Neighborhood designs for low-density social housing energy efficiency: Case study of an arid city in Argentina. *Energy and Buildings*, 168, 137-146.
32. Tavakoli, E., Nikkhah, A., Zomorodian, Z. S., Tahsildoost, M., & Hoonejani, M. R. (2022). Estimating the Impact of Occupants' Behaviour on Energy Consumption by Pls-SEM: A Case Study of Pakdel Residential Complex in Isfahan, IRAN. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4, 700090.
33. Wilberforce,talbi,olabi,a.g,saed,enas,elsaid,Khaled,maghrabie,Hussein,abdelkareem,mohammad(2023) A review on zero energy buildings – Pros and cons,journal *keai*,p25-38
34. Wróblewski, P., & Niekurzak, M. (2022). Assessment of the possibility of using various types of renewable energy sources installations in single-family buildings as part of saving final energy consumption in Polish conditions. *Energies*, 15(4), 1-27.
35. Yang, N., Shi, W., & Zhou, Z. (2023). Research on Application and International Policy of Renewable Energy in Buildings. *Sustainability*, 15(6), 1-25
36. Yum, M. S. (2020). Exploration of smart buildings shell systems centered on sustainability.

A review of the design and performance of double-skin facades in optimizing energy consumption and utilizing renewable resources

Pedram Madadi Vosete Kalaei ¹, Elham Sarkardehi ², Azadeh Khaki Ghaser ³, Hamed Moslehi ⁴

¹ Master of Architecture, Faculty of Architecture, Shahrood Industrial University, Shahrood, Iran

Abstract

Double-skin facades, as one of the modern methods in sustainable architecture, can play an effective role in optimizing energy consumption and utilizing renewable resources. This article reviews the design and performance of double-skin facades in order to improve the energy efficiency of buildings and examines its effects on reducing energy consumption and using renewable energy sources. In this method, the different layers of the facade are designed in a way that helps reduce heat exchange between the interior and exterior spaces and, as a result, reduces energy costs. In addition, this system can provide a suitable space for installing solar panels, natural ventilation systems, and other renewable energy technologies. The research method of this article is a review and library, and using scientific sources and case studies, it analyzes the benefits of double-skin facades in reducing dependence on artificial heating and cooling systems and increasing energy efficiency. The results of this research show that the appropriate design of double-skin facades can have positive effects on optimizing energy consumption, reducing energy costs, and improving the comfort of occupants in buildings.

Keywords: Energy, Energy Optimization, Renewable Resources, Double-skin Façade
