ارزیابی میزان تاثیر نمای خارجی ساختمان بر مصرف انرژی سالانه در اقلیم های مختلف ایران

سید علیرضا ذوالفقاری[۱]، مهران سعادتی‌نسب[۲]، الهه نوروزی جاجرم[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۱۱/۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۴/۳۰

چکیده:

نمای ساختمان به عنوان یکی از پارامترهای تاثیرگذار بر میزان مصرف انرژی ساختمان همواره مورد توجه مهندسان جهت کاهش میزان مصرف انرژی بوده است. در این تحقیق، اثر نماهای مختلف بر میزان مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور، از نرم‌افزار انرژی پلاس جهت مدل‌سازی و انجام محاسبات ساختمان نمونه در سه اقلیم تهران، بندرعباس و تبریز استفاده شده است. نتایج این بررسی نشان داد که برای شهر تهران استفاده از آجر نما با ۶/۹ درصد کاهش مصرف بهترین عملکرد را دارد. همچنین برای شهر بندرعباس نمای آجر نسوز با حدود ۲۳ درصد کاهش مصرف و برای شهر تبریز نمای بتن رنگی با ۷/۱ درصد کاهش مصرف، به عنوان نمای مناسب برای ساختمان پیشنهاد می‌شوند.

کلمات کلیدی:

نمای ساختمان، بهینه‌سازی، مصرف انرژی

۱) استادیار دانشگاه بیرجند، گروه مهندسی مکانیک (نویسنده مسئول) zolfaghari@birjand.ac.ir
۲) دانشجوی مهندسی مکانیک دانشگاه بیرجند saadati.mehran@gmail.com
۳) کارشناسی مهندسی پلیمر، دانشگاه آزاد واحد بوشهر norozi.elahe@gmail.com

مقدمه

انتخاب مناسب مصالح ساختمانی متناسب با شرایط اقلیمی هر منطقه می‌تواند منجر به صرفه‌جویی مصرف انرژی گردد. یکی از عواملی که می‌تواند تاثیر بسزایی بر میزان دریافت انرژی خورشیدی توسط ساختمان داشته باشد، جنس مصالح بکار رفته در نمای خارجی ساختمان است[۱]. هنگامی که اشعه خورشید به سطح نمای غیر شفاف ساختمان برخورد می‌کند، بخشی از انرژی گرمایی آن منعکس می‌شود و باقیمانده آن توسط نما جذب می‌گردد. میزان جذب انرژی خورشیدی به جنس، رنگ و پرداخت سطح (زبر یا صیقلی بودن) نمای خارجی وابسته است[۱].

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه بررسی میزان اثرگذاری جنس نمای خارجی بر مصرف انرژی ساختمان انجام پذیرفته است. در سال ۲۰۰۴، لیندبرگ و همکاران [۲] میزان دریافت انرژی خورشیدی در دیوارهای دارای نماهای آجری و چوبی را به صورت تجربی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان از تاثیر قابل توجه جنس نمای ساختمان بر میزان مصرف انرژی ساختمان حکایت داشت. بادسکو و استایکوویچی [۳] در سال ۲۰۰۶، اثرات ذخیره انرژی خورشیدی در جدار خارجی ساختمان را بر کاهش مصرف انرژی در اقلیم سرد مورد بررسی قرار دادند. در همان سال، پراگر و همکاران [۴] به تحلیل تجربی میزان تاثیر ضریب انعکاس خورشیدی نماهای رنگ شده بر بار حرارتی ساختمان پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که اگر نمای خارجی ساختمان با رنگ خاکستری پوشش داده شود، بار گرمایشی ساختمان نسبت به حالت نمای پوشش داده شده با رنگ سفید کاهش و بار سرمایشی آن افزایش می‌یابد. در سال ۲۰۱۲، لوباکارو و همکاران [۵] با استفاده از شبیه‌سازی عددی به تحلیل میزان اثرات جنس نمای خارجی ساختمان بر میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان در اقلیم میلان ایتالیا پرداختند و ایشان در بررسی‌های خود، نماهای بتنی، نماهای آلومینیمی، نماهای شیشه‌ای و نماهای دارای پوشش گیاهی را مورد مطالعه قرار دادند. همچنین در سال ۲۰۱۳، سوسوروا و همکاران [۶] تاثیر استفاده از پوشش‌های گیاهی بر روی جدار خارجی ساختمان را به صورت عددی و تجربی بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از پوشش‌های گیاهی موجب کاهش جذب انرژی خورشیدی و کاهش بار تابستانه می‌شود، این در حالی است که این امر می‌تواند بار زمستانه ساختمان را افزایش دهد.

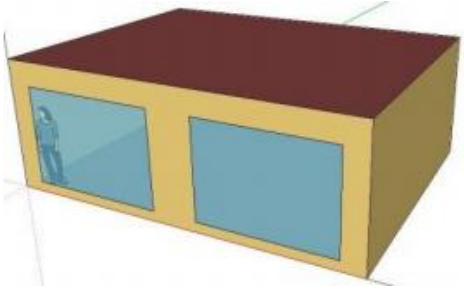
در ایران نیز تحقیقاتی در زمینه ارزیابی میزان تاثیرات جنس نمای خارجی عملکرد حرارتی ساختمان انجام پذیرفته است. در سال ۱۳۸۴، عرب زاده و کاظم زاده [۷] پارامترهای موثر بر مصرف انرژی یک ساختمان نمونه با نمای آجری را در اقلیم تهران مورد بررسی قرار دادند. در سال ۱۳۸۵، معرفت و همکاران [۸] در پژوهشی نشان دادند که با انتخاب مصالح مناسب برای نمای ساختمان می‌توان از رخداد میعان در سیستم‌های سرمایش سقفی در اقلیم تهران جلوگیری کرد. همچنین ابراهیم پور و کریمی واحد [۹] در سال ۱۳۹۱، در پژوهشی مصرف انرژی در ساختمان دانشگاهی در تبریز را با استفاده از نرم‌افزار انرژی‌پلاس تحلیل کردند و تاثیرات نمای خارجی و رنگ آن را بر مصرف انرژی مورد بررسی قرار دادند.

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از رنگ سفید به جای رنگ‌های تیره در نما می‌تواند میزان مصرف انرژی سالانه را حدود ۹ درصد کاهش دهد. زرکش و همکارانش [۱۰] نیز در سال ۱۳۹۱ به بررسی توصیفی نقش بکارگیری مصالح بومی و متناسب با اقلیم در نمای خارجی ساختمان پرداختند. همچنین در سال ۱۳۹۲ کریمی دمنه و رسول زاده [۱۱] تاثیر بکارگیری نماهای دارای پوشش گیاهی را بر کاهش مصرف انرژی مورد بررسی قرار دادند.

بر اساس آنچه گفته شد، اگرچه تحقیقات متعددی در زمینه تاثیر نمای خارجی ساختمان بر میزان مصرف انرژی صورت پذیرفته است ولی تا کنون پژوهش جامعی درباره مقایسه میزان تاثیرات بکارگیری مصالح متداول برای نما در اقلیم‌های مختلف ایران انجام نشده است. شایان ذکر است که مناسب بودن مصالح بکار رفته در نما شدیدا به شرایط آب و هوایی منطقه وابستگی دارد. به بیان دیگر، اگر ماده‌ای موجب کاهش جذب حرارت خورشیدی شود، طبیعتا موجب کاهش بار تابستانه و افزایش بار زمستانه خواهد شد. بر این اساس، فقط با تعیین بار سالانه برای یک اقلیم مشخص می‌توان در مورد مناسب بودن یا نبودن مصالح نمای خارجی ساختمان اظهار نظر کرد. در این تحقیق، به بررسی انواع نماهای رایج از تاثیر بکارگیری آنها بر مصرف انرژی سالانه ساختمان در سه اقلیم مختلف ایران پرداخته شده است.

فضای نمونه و روند حل مسئله

در این تحقیق به مدل‌سازی یک ساختمان نمونه در سه اقلیم تهران (به عنوان نماینده اقلیم معتدل)، بندرعباس (به عنوان نماینده اقلیم گرم) و تبریز (به عنوان نماینده اقلیم سرد) به کمک نرم‌افزار انرژی پلاس پرداخته شده و میزان تاثیرگذاری انواع نماهای متداول بر کاهش میزان مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. فضای مدل‌سازی مطابق با نمونه ۶۰۰ استاندارد اشری ۱۴۰ [۱۲] در نظر گرفته شده است که ابعاد آن ۸×۶×۲/۷ مترمکعب و دارای دو پنجره هرکدام به ابعاد ۶ مترمربع در جدار جنوبی می‌باشد. پنجره‌ها دوجداره بوده که شیشه‌های آن دارای ضخامت ۳ میلی‌متر و گاز محبوس بین شیشه‌ها هوا با ضخامت ۱۳ میلی‌متر می‌باشد. شکل (۱) شماتیکی از این فضای نمونه را نشان می‌دهد. جنس و ساختار مواد بکار رفته در جدارهای ساختمان و خواص فیزیکی آنها در جداول (۱) و (۲) آورده شده است. همچنین خواص فیزیکی و تشعشعی انواع نماهای بکار رفته در این شبیه‌سازی در جدول (۳) نشان داده شده است.



شکل ۱) شماتیک فضای نمونه تحقیق

جدول ۱) جنس و خواص فیزیکی مواد بکار رفته در جدارهای ساختمان

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت W/m.K	چگالی kg/m^3	گرمای ویژه J/kg.K
بتن	۰/۵	۱/۴	۲۳۰۰	۸۸۰
سیمان	–	۰/۷۲	۱۸۶۰	۷۸۰
خاک گچ	۰/۰۲	۰/۱۴	۵۳۰	۹۰۰
آجر	۰/۱۱	۰/۸۴	۱۷۰۰	۸۰۰
گچ۱	۰/۰۱۵	۰/۱۶	۹۵۰	۸۴۰
گچ۲	۰/۰۲	۰/۱۶	۱۲۰۰	۲۰۰۰

جدول ۲) ساختار مواد بکار رفته در جدارهای ساختمان

جدار	لایه بیرونی	لایه ۱	لایه۲	لایه۳
دیوار	نما	آجر	گچ۲	گچ۱
سقف	سیمان (به ضخامت ۲ cm)	آجر	خاک گچ	گچ۱
کف	بتن	سیمان (به ضخامت ۶ cm)	–	–

جدول ۳) جنس، خواص فیزیکی و تشعشعی نماهای بکار رفته در جدار بیرونی ساختمان

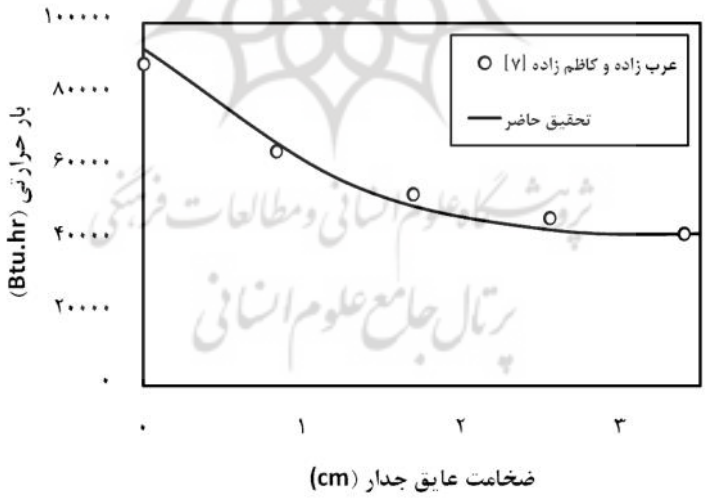
جنس نما	چگالی kg/m^3	ظرفیت حرارتی J/kg.K	ضریب هدایت W/m.K	ضریب جذب خورشیدی	ضریب بازتابش
پوشش بتن رنگی	۱۴۰۰	۱۰۰۰	۰/۵۱	۰/۹	۰/۹
پوشش بتن معمولی	۶۰۰	۱۰۰۰	۰/۱۹	۰/۶۵	۰/۸۵
آجر نسوز	۱۷۰۰	۸۰۰	۰/۸۴	۰/۳۵	۰/۹
آجر ۳ سانت	۱۹۲۰	۸۳۵	۰/۷۲	۰/۵۵	۰/۸۵
آجر قرمز	۱۷۰۰	۸۰۰	۰/۸۴	۰/۷۵	۰/۹۵
آجر پردو	۱۷۰۰	۸۰۰	۰/۶۲	۰/۶۳	۰/۹۳
سرامیک	۸۰۰	۱۹۰۰	۰/۸۴	۰/۹	۰/۸۵
مرمر سفید	۲۱۸۰	۹۱۰	۱/۵	۰/۴۶	۰/۸۵
مرمر سیاه	۲۱۸۰	۹۱۰	۱/۵	۰/۷	۰/۸۵
گرانیت	۱۷۵۰	۱۰۰۰	۱/۳	۰/۴۵	۰/۸۵
تراورتن نوع ۱	۲۰۰۰	۹۵۰	۱/۴	۰/۴	۰/۸۵
تروورتن نوع ۲	۲۰۰۰	۹۵۰	۱/۴	۰/۶	۰/۸۵
نمای فرضی با ضریب جذب متغیر	۱۸۰۰	۹۰۰	۰/۹	۰/۹۵ – ۰/۳۵	۰/۸۵

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

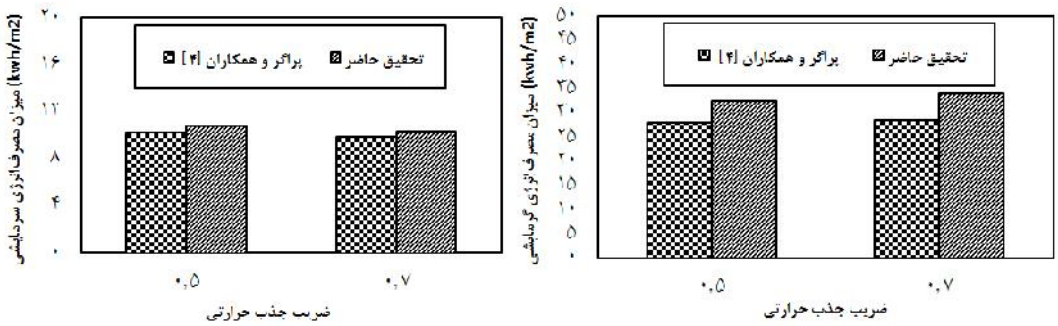
فضای نمونه دارای سیستم تهویه مطبوع در بازه آسایش حرارتی افراد (دمای تنظیم شده برای زمستان ۲۳/۴ سانتی‌گراد و برای تابستان ۲۸/۱ سانتی‌گراد است. ساختمان از اطراف با هوای آزاد در ارتباط بوده و هوای نفوذی به اتاق با دمایی معادل دمای هوای خارج، ۱ مرتبه در هر ساعت تعویض می‌شود. همچنین الگوریتم انتقال حرارت برای سطوح داخلی و خارجی به ترتیب به صورت پیش‌فرض TARP و DOE-2 درنظر گرفته شده است.

اعتبارسنجی

پیش از ارائه نتایج مربوط به تاثیر مصالح بکار رفته در نما بر عملکرد حرارتی ساختمان، لازم است از صحت و اعتبار نتایج مدل‌سازی انجام گرفته توسط نرم‌افزار انرژی‌پلاس اطمینان حاصل گردد. برای این منظور از مقایسه نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهش عرب زاده و کاظم‌زاده [۷] در مورد مصرف انرژی در یک ساختمان مسکونی سه طبقه با نمای آجر در اقلیم تهران و نتایج پراگر و همکاران [۴] در مورد میزان تاثیر ضریب انعکاس خورشیدی نماهای رنگ شده بر بار حرارتی ساختمانی با مساحت ۱۷/۳ مترمربع در شهر فرایبورگ آلمان استفاده شده است. همان‌طور که شکل‌های (۲) و (۳) نشان می‌دهد، نتایج مدل‌سازی حاضر با دقت قابل قبولی بر نتایج پژوهش عرب زاده و کاظم‌زاده [۷] و پراگر و همکاران [۴] منطبق است.



شکل۲) مقایسه و اعتبارسنجی نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهش عرب زاده و کاظم زاده [۷]



شکل۳) مقایسه و اعتبارسنجی نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهش پراگر و همکاران [٤]

نتایج

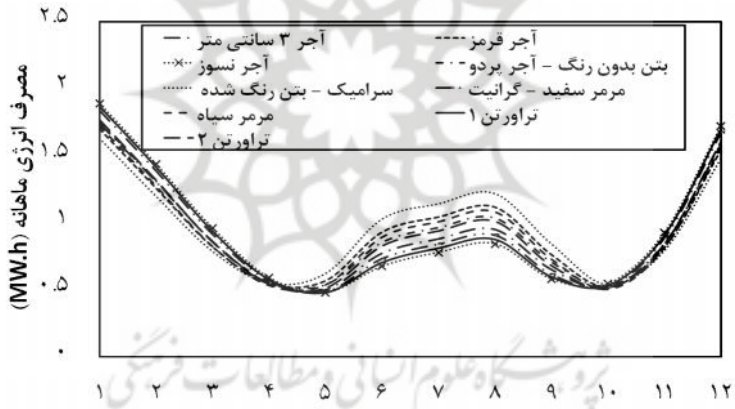
حال که تا حدودی از صحت روش مدل‌سازی اطمینان حاصل شد، به بررسی تاثیر انواع نماها بر میزان مصرف انـرژی سالانه در ساختمان خواهیم پرداخت. شکل (۴) میزان مصرف انرژی ماهانه ساختمان نمونه در اقلیم تهران را برای ۱۲ نـوع نمای مختلف نشان می‌دهد. شایان ذکر است که شماره ماهها بر اساس ترتیب ماههای میلادی می‌باشد. مشاهده می‌شـود که در فصل سرد سال (نیمه آبان تا نیمه اسفند)، نماهای با ضریب جذب بالا مانند بتن رنگی و سـرامیک عملکـرد بهتـری داشته و میزان اتلاف انرژی را به حداقل رسانده‌اند. بعد از سرامیک و بتن رنگی به ترتیب آجر قرمز، سنگ مرمر سیاه، آجـر پردو و بتن معمولی و سپس نماهای با ضریب جذب کمتر مانند سنگ تراورتن۲، آجر ۳ سانتی‌متـری، سـنگ مرمـر سـفید، سنگ گرانیت، سنگ تراورتن ۱و آجر نسوز قرار می‌گیرند. همچنین از نیمه اردیبهشت تا نیمه مهر نماهایی که ضریب جذب خورشیدی کمتری دارند، عملکرد مناسب‌تری داشته و بار سرمایشی لازم برای رسیدن به شرایط آسایش را کاهش می‌دهند، ضمن اینکه از نیمه اسفند تا نیمه اردیبهشت و نیز از نیمه مهر تا نیمه آبان، عملکرد تمامی نماها شبیه هم بوده و هیچیـک مزیتی نسبت به دیگری نداشته‌اند که دلیل آن را می‌توان معتدل بودن شرایط آب و هوایی دانست.

بر اساس اطلاعات شکل (۴) نمی‌توان در مورد جنس نمای مناسب برای اقلیم تهران اظهار نظر کرد. زیرا همان‌طور که مشاهده می‌شود، برخی از نماها در نیمی از سال عملکردی مناسب و در نیمه دیگر، عملکردی نامناسب بروز می‌دهند. بنابراین باید میزان مصرف انرژی سالانه را به عنوان ملاک انتخاب نمای مناسب در نظر گرفت. در شکل‌های (۵) و (۶) عملکرد سالانه انواع نماها نشان داده شده است. مشخص است در میان ۱۲ نمای مورد بررسی برای اقلیم تهران، سرامیک بدترین عملکرد حرارتی را نشان داده است و از سوی دیگر، نمای آجر ۳ سانتی‌متری با ۶/۹ درصد کاهش مصرف انرژی نسبت به نمای سرامیک، بهترین عملکرد را داشته است، پس از آن به ترتیب گرانیت، تراورتن۱ و مرمر سفید با حدود ۵ درصد، تراورتن۲ با ۴/۷ درصد، آجر نسوز با ۴/۵ درصد، مرمر سیاه با ۴/۱ درصد، بتن معمولی با ۳/۹ درصد، آجر پردو با ۳/۶ درصد، آجر قرمز با ۲/۹ درصد و بتن رنگی با ۱/۳ درصد کاهش مصرف انرژی نسبت به نمای سرامیک قرار می‌گیرند.

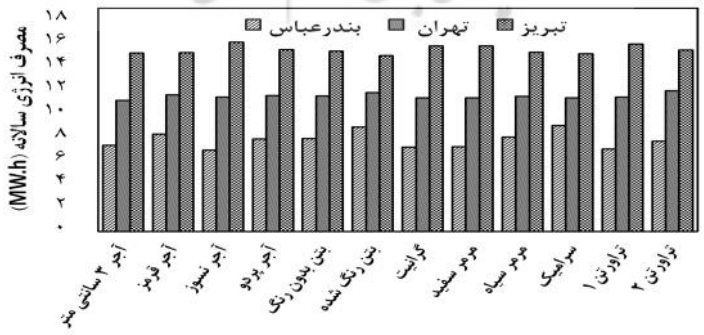
همچنین به منظور بررسی میزان تاثیرگذاری پارامتر ضریب جذب خورشیدی نما، میزان مصرف سالانه انرژی برای

ساختمانی دارای نمایی با خواص ترموفیزیکی در بازه متعارف به ازای تغییرات ضریب جذب در شکل (۷) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در شهر تهران با افزایش میزان ضریب جذب از ۰/۳۵، ابتدا میزان مصرف انرژی کاهش یافته به‌طوری که در ضریب جذب ۰/۴۵ به حداقل خود می‌رسد و پس از آن، میزان مصرف انرژی با شیب تندی افزایش می‌یابد. لذا برای شهر تهران و شهرهایی که از نظر آب و هوایی مانند تهران هستند، نمایی با ضریب جذب ۰/۴۵، مناسب‌ترین نما از لحاظ مصرف انرژی محسوب می‌شود و کمترین میزان مصرف انرژی سالانه را به ساختمان تحمیل می‌کند.

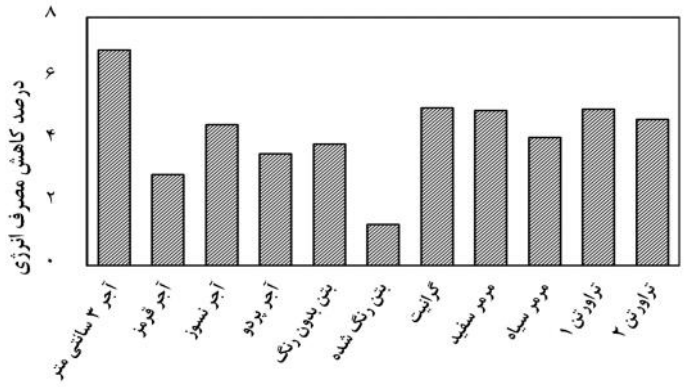
در شکل (۸) مصرف انرژی ماهانه در اقلیم بندرعباس برای ۱۲ نوع نمای مختلف نشان داده شده است. مشخص است که با توجه طولانی بودن فصل گرم سال در بندرعباس (از فروردین ماه تا آذرماه)، نماهای با ضریب جذب پایین مانند آجر نسوز بهترین عملکرد حرارتی را دارند. بعد از آجر نسوز به ترتیب سنگ تراورتن۱، آجر ۳ سانتی‌متری، سنگ مرمر سفید، سنگ گرانیت و سپس با اختلاف نسبتا زیاد، نماهای با ضریب جذب خورشیدی متوسط مانند سنگ تراورتن۲ ، بتن معمولی، آجر پردو و سپس با کمی اختلاف، مرمر سیاه و آجر قرمز و با اختلاف زیادی نسبت به دیگر نماها، سرامیک و بتن رنگی که ضرایب جذب بالایی دارند، قرار می‌گیرند.



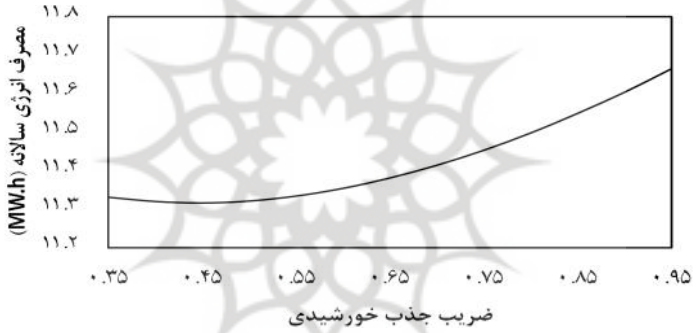
شکل ٤) نمودار میزان مصرف ماهانه انرژی به ازای انواع نماها برای شهر تهران



شکل ٥) نمودار میزان مصرف سالانه انرژی به ازای انواع نماها برای اقلیم‌های مختلف



شکل ٦) نمودار درصد کاهش مصرف انرژی به ازای انواع نماها نسبت به نمای سرامیک برای شهر تهران

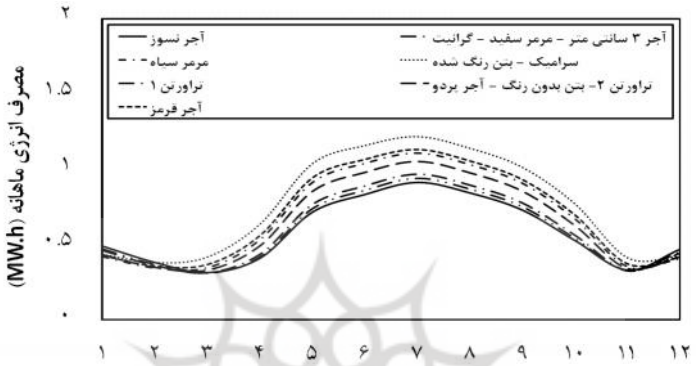


شکل ۷) نمودار مصرف سالانه انرژی به ازای ضرایب جذب مختلف برای یک نما در شهر تهران

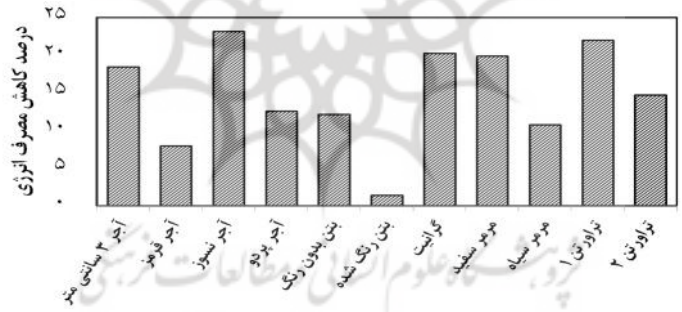
با توجه به شکل (۹) که عملکرد سالانه انواع نماها در اقلیم بندرعباس را نشان می‌دهد، مشخص است که آجر نسوز با حدود ۲۳ درصد کاهش نسبت به عملکرد بدترین نما (سرامیک)، مناسب‌ترین عملکرد را داشته است. بعد از آجر نسوز، به ترتیب تراورتن۱ با حدود ۲۲ درصد کاهش مصرف انرژی، سنگ گرانیت و مرمر سفید با حدود ۲۰ درصد، آجر نمای ۳ سانتی‌متری با ۱۸/۵ درصد، سنگ تراورتن۲ با ۱۴/۷ درصد، آجر پردو با ۱۲/۶ درصد، بتن معمولی با ۱۲/۲ درصد، مرمر سیاه با ۱۰/۸ درصد، آجر قرمز با حدود ۸ درصد و بتن رنگی با ۱/۴ درصد کاهش مصرف انرژی سالانه در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

همچنین در شکل (۱۰) میزان تاثیرگذاری پارامتر ضریب جذب خورشیدی نما بر میزان مصرف سالانه انرژی برای ساختمانی در اقلیم بندرعباس و دارای نمایی با خواص ترموفیزیکی در بازه متعارف نشان داده شده است. همان‌طور که از روند تغییرات مصرف انرژی پیداست، به دلیل اینکه آب و هوای بندرعباس بسیار گرم و شدت تابش‌های خورشیدی در آن نسبتا زیاد می‌باشد، میزان مصرف انرژی در این شهر وابستگی شدیدی به ضریب جذب خورشیدی نمای خارجی ساختمان دارد. مشاهده می‌شود که با افزایش ضریب جذب خورشیدی نما از مقدار ۰/۳۵ تا ۰/۹۵، میزان مصرف انرژی به صورت

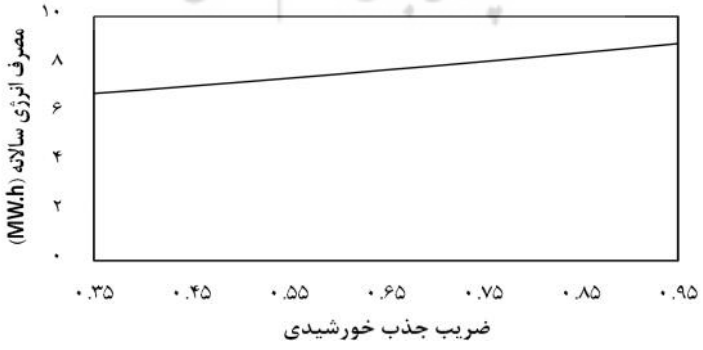
خطی و با شیب نسبتا زیاد افزایش می‌یابد. بر این اساس، با توجه به اینکه در اقلیم بندرعباس تقریبا ۹ ماه از سال هوا گرم بوده و نیاز به تجهیزات سرمایشی وجود دارد، بهتر است از نماهایی با حداقل ضریب جذب برای نماسازی ساختمان‌ها در این شهر استفاده شود. معمولا نماهایی با ضریب جذب پایین، دارای سطوحی صاف، صیقلی و دارای رنگ روشن می‌باشند که برای نمای ساختمان در اقلیم‌های گرم مناسب هستند.



شکل ۸) نمودار میزان مصرف ماهانه انرژی به ازای انواع نماها برای شهر بندرعباس

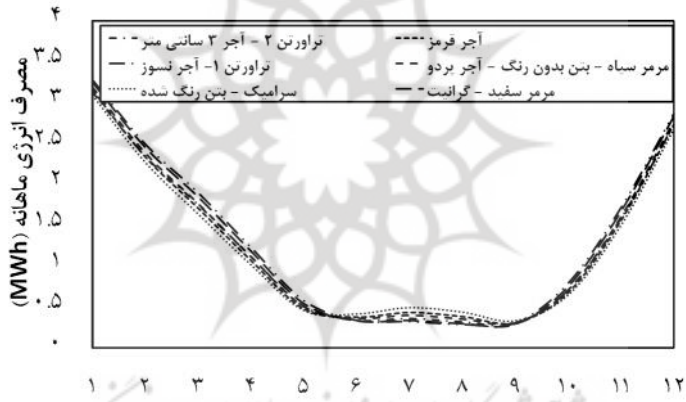


شکل ۹) نمودار درصد کاهش مصرف انرژی به ازای انواع نماها نسبت به سرامیک برای شهر بندرعباس

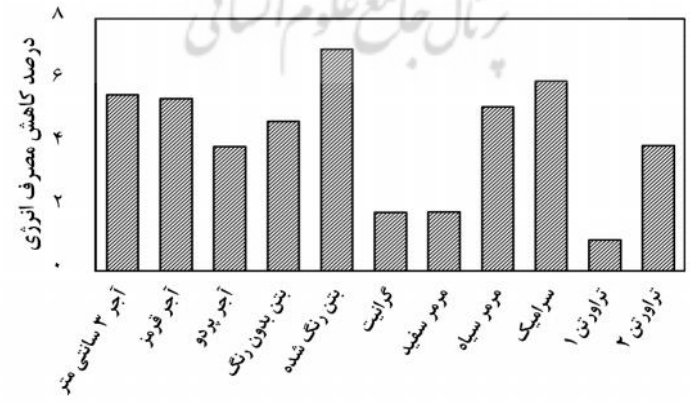


شکل ۱۰) نمودار مصرف سالانه انرژی به ازای ضرایب جذب مختلف برای یک نما در شهر بندرعباس

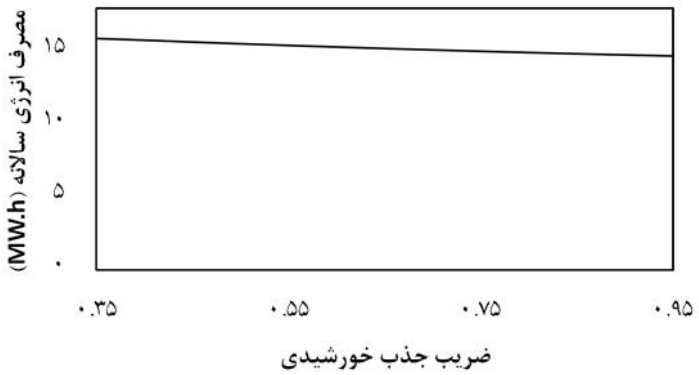
شکل (۱۱) میزان مصرف انرژی ماهانه ساختمان نمونه در اقلیم تبریز را برای ۱۲ نوع نمای مختلف نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در اقلیم‌های سرد مانند تبریز به دلیل کم بودن شدت تابشهای خورشیدی، تاثیر تغییرات ضریب جذب نما بر میزان مصرف انرژی کاهش می‌یابد. همچنین شکل (۱۲) عملکرد سالانه انواع نماها را در اقلیم تبریز نشان می‌دهد. بر این اساس، نمای آجر نسوز در بین نماهای مذکور، ضعیف‌ترین عملکرد حرارتی را دارد. همچنین بتن رنگی با ۷/۱ درصد کاهش مصرف انرژی سالانه نسبت به آجر نسوز، بهترین عملکرد را نشان می‌دهد. بعد از بتن رنگی به ترتیب سرامیک با ۶ درصد، آجر ۳ سانتی‌متری با ۵/۶ درصد، آجر قرمز با ۵/۵ درصد، مرمر سیاه با ۵/۲ درصد، بتن معمولی با ۴/۷ درصد، سنگ تراورتن۲ با حدود ۴ درصد، آجر پردو با ۳/۹ درصد، مرمر سفید و گرانیت با ۱/۹ درصد و سنگ تراورتن۱ با حدود ۱ درصد کاهش مصرف انرژی سالانه در رتبه‌های بعدی قرار دارند. همچنین در شکل (۱۲) نمودار مربوط به روند تغییرات مصرف سالانه انرژی برای ساختمانی در اقلیم تبریز به ازای تغییر ضریب جذب خورشیدی نما نشان داده شده است.



شکل ۱۱) نمودار میزان مصرف ماهانه انرژی به ازای انواع نماها برای شهر تبریز



شکل ۱۲) نمودار درصد کاهش مصرف انرژی به ازای انواع نماها نسبت به آجر نسوز برای شهر تبریز



شکل ۱۳) نمودار مصرف سالانه انرژی به ازای ضرایب جذب مختلف برای نما در اقلیم تبریز

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر اثرات بکارگیری انواع مصالح متداول به عنوان نمای خارجی ساختمان در سه اقلیم مختلف ایران مورد بررسی قرار گرفت و نتایج زیر حاصل شد:

الف) برای شهر تهران که اقلیمی با شرایط آب و هوایی معتدل محسوب می‌شود، نماهایی با ضریب جذب خورشیدی در محدوده ۰/۳۵ تا ۰/۵ دارای بهترین عملکرد هستند. بر این اساس، استفاده از نمای آجر ۳ سانتی‌متری نسبت به سایر نماها بیشترین میزان کاهش مصرف انرژی سالانه را در اقلیم تهران به دنبال داشت.

ب) برای بندرعباس به عنوان نماینده اقلیم گرم، هر چه میزان ضریب جذب خورشیدی نما کاهش یابد، عملکرد حرارتی نما بهبود خواهد یافت به طوری که نمای آجر نسوز با کمترین مقدار ضریب جذب خورشید (حدود ۰/۳۵) مناسب‌ترین نما برای اقلیم مذکور به حساب می‌آید و موجب خواهد شد تا مصرف سالانه انرژی نزدیک به ۲۳ درصد نسبت به نمای سرامیک کاهش پیدا کند.

پ) برای شهر تبریز به عنوان نماینده اقلیم سردسیر، توصیه می‌شود از نماهایی با حداکثر ضریب جذب خورشیدی استفاده شود. بر این اساس، از میان مصالح بررسی شده در تحقیق حاضر، نمای بتن رنگی دارای بهترین عملکرد حرارتی در اقلیم تبریز بوده و می‌تواند میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان نمونه را تا حدود ۷/۱ کاهش دهد، ضمن اینکه در اقلیم مذکور، نمای آجر نسوز عملکرد حرارتی مناسبی نخواهد داشت.

منابع

[۱] بهیار، محمد باقر. پرونده خوزانی، اکرم. باقری، اعظم. (۱۳۸۱)، بررسی نقش عوامل جوی در انتخاب نوع مصالح ساختمان جهت استفاده بهینه از انرژی، دومین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران.

[2] Lindberg, R., Binamu, A. and Teikari, M. 2004. "Five-year data of measured weather, energy consumption, and time-dependent temperature varioations whithin different exterior wall structures", Energy and Buildings, Vol. 36, PP. 495-501.

[3] Badescu, V. and Staicovici, M.D. 2006. "Renewable energy for passive house heating: Model of active solar heating sysyem", Energy and Buildings, Vol. 38, PP. 129-141.

[4] Prager, C., Kohl, M., Heck, M. and Herkel, S. 2006. "The influence of the IR reflection of painted facades on the energy balance of a building", Energy and Buildings, Vol. 38, PP. 1369-1379.

[5] Lobaccaro, G., Fiorito, F., Masera, G. and Poli, T. 2012. "District geometry simulation: a study for the optimization of solar facaded in urban canopy layers", Energy Procedia, Vol. 30, PP. 1163-1172.

[6] Susorova, I., Angulo, M., Bahrami, P. and Stephens, B. 2013. "A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance", Building and Environment, Vol. 67, PP. 1-13.

[۷] عرب‌زاده اسفرجانی، ساناز. کاظم‌زاده حنانی، سیامک. (۱۳۸۴)، بررسی پارامترهای موثر در میزان مصرف انرژی در بخش مسکونی در ایران، چهارمین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران.

[۸] معرفت، مهدی. ذوالفقاری، سید علیرضا، امیدوار، امیر. (۱۳۸۵)، طراحی مناسب نما و پوسته خارجی ساختمان روشی موثر برای جلوگیری از رخداد میعان در سیستم‌های سرمایش تابشی سقفی، نشریه انرژی ایران، دوره دهم، شماره ۲۶، ۱۸-۳.

[۹] ابراهیم‌پور، عبدالسلام. کریمی واحد، یوسف. (۱۳۹۱)، روش‌های مناسب بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان دانشگاهی در تبریز، نشریه علمی پژوهشی مهندسی مکانیک مدرس، دوره دوازدهم، شماره ۴، ۱۰۴-۹۱.

[۱۰] زرکش، افسانه. کشتکار، احمدرضا. الماسی فر، نینا. حسینی کیا، سید محمد مهدی. (۱۳۹۱). بهره‌گیری از مصالح بومی در طراحی نماهای ساختمان‌های عمومی در فضاهای شهری، نخستین همایش بومی‌سازی مقررات ملی ساختمان، گرگان.

[۱۱] کریمی دمنه، مرتضی. رسول زاده، فرزان. (۱۳۹۲)، نقش بکارگیری نماهای پوشش گیاهی سبز در ایجاد شرایط محیطی مناسب و کاهش مصرف انرژی ساختمان، دومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی، اصفهان.

[12] ANSI/ASHRAE 140. 2001. "Standard method of test for the evaluation of building energy analysis computer programs", American Society of Heating, Refrigrating and Air-conditioning Engineers Inc., Atlanta.