نشریه‌ی علمی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

الگوی بهینه مورفولوژی نمای ساختمان های مسکونی مبتنی بر کنترل دمای هوای داخلی در اقلیم گرم و مرطوب

زهرا مهدی نژاد گودرزی[۱] ،جمال الدین مهدی نژاد درزی[۲*] ، فاطمه مظفری قادیکلایی[۳]

۱-دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران

۲-*نویسنده مسئول: استاد، دکتری معماری، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی ساری، هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

۳-استادیار، دکتری معماری، گروه معماری، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران

دریافت دست‌نوشته:۱۴۰۱/۰۱/۱۶ ؛ پذیرش دست‌نوشته: ۱۴۰۱/۰۵/۲۳

واژگان کلیدی

کاهش مصرف انرژی

معماری بومی بوشهر

اقلیم گرم و مرطوب

سایه‌انداز

مصالح نما

ابعاد بازشو

چکیده

راهکارهای معماری نمای ساختمان به شکل سایه‌انداز، مصالح و ابعاد بازشو بر کاهش انتقال حرارت و کاهش تقاضای مصرف انرژی فعال در ساختمان تأثیرگذار است. استان بوشهر با اقلیم گرم و مرطوب بیشترین سرانه مصرف انرژی در کشور را به خود اختصاص داده، لذا بررسی تأثیر راهکارهای معماری بومی در نما جهت کنترل دمای هوای داخلی ضروریست. در راستای اهداف تحقیق، ابتدا به بررسی عملکرد حرارتی مدلهای بومی در راستای کاهش تقاضای بارسرمایشی و سپس به مقایسه نتایج آن با عملکرد حرارتی مدل پایه تحقیق پرداخته شد. سپس تأثیر متغیرهای ابعاد بازشو و مصالح در نما به شکل جداگانه بر عملکرد حرارتی مدل پایه بررسی و متغیر بهینه از هر گروه انتخاب و سپس به شکل ترکیبی در ۵ حالت مختلف سایه‌اندازی بررسی و متغیرهای بهینه از بین سایه‌اندازها انتخاب و رفتار حرارتی آن جهت بهبود عملکرد حرارتی فضای داخلی بررسی شد. پژوهش حاضر به مطالعه شرایط اقلیمی بوشهر با استفاده از داده‌های اقلیمی انرژی پلاس و مدل آسایش حرارتی اشری پرداخت. شبیه‌سازی با نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که تقاضای بارسرمایشی در حالت بهینه عملکرد نما با پنجره ۲×۲ و مصالح سیمانی سفید در حالت سایه‌اندازی با تیغه‌های مشبک تا ۳۳ درصد نسبت به مدل پایه در طول سال کاهش یافت.

۱- مقدمه

افزایش مصرف سوخت فسیلی از طرفی و عدم تجدیدپذیری منابع آن، افزایش قیمت و اثرات مخرب زیست محیطی، اقتصادی ناشی از مصرف آن از طرف دیگر، ضرورت استفاده از سامانه‌های غیرفعال را در ساختمان افزایش می‌دهد. در صورتی که هیچ اقدامی جهت بهبود بهره‌وری انرژی در بخش ساختمان انجام نشود، مصرف انرژی در سال ۲۰۵۰ ممکن است تا ۵۰ درصد افزایش یابد. بنابراین کاهش مصرف انرژی ساختمان از طریق مطالعات تحقیقاتی و اجرای راهکارهای طراحی جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی امری

*نویسنده مسئول: zmehdinejad@yahoo.com

ضروری است (ساسکا و همکاران، ۲۰۱۹). ایران به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه با مشکل بهره‌وری صحیح از مصرف انرژی روبروست. این امر تا زمانی که الگوی مصرفی و بهره‌برداری از انرژی اصلاح نشود به قوه‌ی خود باقی است. از طرفی مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر، الگوی نامناسب شهرسازی (خیابان‌ها، کوچه‌ها)، مکان‌یابی ساختمان‌ها بدون توجه به شرایط اقلیمی (نور مناسب، جهت وزش باد غالب منطقه، میزان رطوبت هوا) از عوامل تشدیدکننده مصرف انرژی در کشور می‌باشد.

سهم ساختمان در کل مصرف انرژی کشور برابر با ۴۰ درصد و مابقی مربوط به کشاورزی، صنعت، حمل‌ونقل بوده است. این رقم در مقایسه با کشورهای صنعتی ۳ تا ۵ برابر بیشتر است. رشد شهرها و ساختمان سازی، افزیش مصرف انرژی و به طبع آن افزایش آلودگی‌های زیست محیطی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، تغییرات آب و هوایی و گرمایش جهانی را موجب می‌شود. در این میان مصرف برق جهت تأمین بار سرمایشی ساختمان سهم قابل توجهی در بین مصارف مختلف انرژی را به خود اختصاص داده است (سازمان بهره‌وری انرژی ایران، ۱۳۹۴). سیستم‌های سرمایشی تقریباً یک سوم مصرف انرژی را در بخش‌های مسکونی شامل می‌شود که معادل با حدود ۱۲٪ از مصرف جهانی انرژی در تمام بخش‌ها است. به دلیل کمبود منابع تجدیدپذیر در دهه‌های آینده مشکل اصلی طراحان تأمین انرژی مصرفی ساکنان ساختمان‌ها خواهد بود.

تقاضای بار سرمایشی در ساختمان به خصوص در شهرهای مناطق جنوبی از جمله خوزستان، بوشهر، هرمزگان به دلیل رطوبت بالای هوا و دمای طاقت‌فرسا در اکثر ماه‌های سال، نسبت به دیگر نقاط کشور بیشتر می‌باشد. استان بوشهر با سرانه مصرف برق $۱۰۰۰ wh/m^2$ بیشترین سرانه‌ی مصرف برق خانگی در کل کشور را به خود اختصاص داده است. در این میان ۶۸ درصد مصرف برق استان بوشهر مرتبط با مصارف خانگی و مابقی شامل مصارف تجاری، کشاورزی، صنعتی، روشنایی می‌شود (شرکت توزیع نیروی برق استان بوشهر، ۱۳۹۸).

نمای ساختمان به عنوان واسطه‌ی اصلی بین فضای داخلی و خارجی ساختمان نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد حرارتی آن و نیز نقش بسزایی در اتلاف بیش از ۴۰ درصد گرما به فضای خارج در زمستان و بیش از ۴۰ درصد هدایت گرما در تابستان به فضای داخل را دارد (یانگ و همکاران، ۲۰۲۰) . دو راهکار مهم جهت بهبود عملکرد حرارتی نمای ساختمان شامل سایه‌اندازها که علاوه بر کاهش مصرف انرژی سالانه، محافظت بهتری را در برابر تابش خیره‌کننده انجام می‌دهد و راهکار دوم با هدف بررسی اثر انتقال حرارتی یا مقاومت حرارتی مصالح بکار رفته در نمای ساختمان می‌باشد (رودریگوز و همکاران، ۲۰۱۹).

اکثر ساختمان‌های بومی در شرایط غیرفعال نسبت به ساختمان‌های مدرن، شرایط آسایش بهتری برای ساکنین خود دارند و انرژی کمتری مصرف می‌کنند. در ساختمان‌های بوشهر به دلیل اینکه یکی از بحرانی‌ترین اقلیم‌های جهان (درجه حرارت و رطوبت بالا) را دارا می‌باشد، تأمین آسایش حرارتی ساکنان از طریق فراهم نمودن سایه‌های مناسب از جمله استفاده از ایوان‌های مسقف جلوی اتاق‌ها در اطراف حیاط (طاهباز و همکاران، ۱۳۸۷)، ایوان‌های بزرگ و عمیق با سقف بلند و مهتابی‌های عمیق و بالکن‌های پیش آمده به عنوان سایه‌انداز (کسمایی، ۱۳۸۸)، مصالح مناسب نما، ابعاد بازشوها در بیش از دو سوم تا سه چهارم کل سال ضروی می‌باشد. تمهیدات معماری بومی بوشهر گامی به سوی بهره‌وری مناسب از انرژی، ایجاد آسایش حرارتی و اقلیمی، تلاش در جهت کاهش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از تجهیزات انرژی‌های فعال و به حداقل رساندن هزینه تأمین انرژی با استفاده از راهکارهایی چون جهت‌گیری مناسب ساختمان، تهویه دوطرفه هوا، حیاط مرکزی، مصالح با ضریب حرارتی پایین، طراحی پنجره عمودی با قاب تیره و پرده‌های کرکره‌ای هوشمند بیرونی برای کنترل میزان ورود نور، حرارت و باد می‌باشد (انصاری، ۱۳۹۳).

ساختمان‌های بومی بوشهر با بکارگیری راهکارهای فوق توانسته است در جهت تأمین آسایش حرارتی ساکنان خود بدون استفاده از سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی فعال گام بردارد. در نقطه مقابل ساختمان‌های حال حاضر در بوشهر می‌باشد که جهت تأمین آسایش حرارتی نیازمند استفاده از سیستم‌های فعال می‌باشد. پژوهش حاضر به دنبال پاسخگویی به این پرسش است که معیارهای بوم شناسانه معماری و عنصر سایه‌اندازها، مصالح و ابعاد بازشوها در نمای

ساختمان‌های منطقه گرم و مرطوب شهر بوشهر با توجه به وضعیت جانمایی ساختمان و میزان تماس سطوح نما با تابش خورشید چه تأثیری بر ثبات دمای هوای داخلی و به طبع ایجاد آسایش حرارتی ساکنان و نیز کاهش تقاضای بار سرمایشی خواهد داشت.

۲-پیشینه تحقیق

نتایج حاصل از بهینه سازی نما جهت افزایش بهره وری انرژی ساختمان‌ها بر اساس طراحی نمای سازگار با اقلیم در یک اتاق و همچنین یک ساختمان اداری متوسط نشان داده است که نمای سازگار با اقلیم می‌تواند مصرف انرژی را به ترتیب ۱۴/۹ تا ۲۹٪ و ۱۴/۲ تا ۲۲/۳٪ کاهش دهد (داگخانگ بویا و همکاران۲۰۲۰). نتایج پژوهشی در اقلیم گرم و مرطوب نشان می‌دهد که موقعیت پنجره نسبت به دیوار و طراحی سایه‌انداز در نما در به حداقل رسیدن مصرف انرژی ساختمان کمک می‌کند (گوش و همکاران،۲۰۱۸).

مطالعات انجام شده بر روی ساختمان مسکونی در آب و هوای گرم و مرطوب با هدف ارائه‌ی راه‌حل‌های موثر و متعادل در طراحی نما جهت کاهش دمای محیط و افزایش صرفه‌جویی در مصرف انرژی نشان می دهد که کاهش مصرف انرژی از ۴/۶۴ درصد به ۵۷/۷۶ درصد نقش دارد (والاداراس و همکاران۲۰۱۷). در بهینه سازی و شبیه‌سازی انرژی ساختمان با سایه‌اندازها به شکل پیش آمدگی در نما نشان داده شد که آسایش حرارتی بهبود یافته است و تقاضای بار سرمایشی ۴,۱٪ کاهش یافته است (اسقیوری و همکاران۲۰۱۸). تحقیقات انجام شده در مورد تأثیر سایه‌اندازهای خورشیدی بر روی مصرف انرژی نشان داد که تقاضای انرژی ساختمان را می‌توان با استفاده از سایه‌اندازهای خارجی ۳۰,۸۷ درصد کاهش داد (کاسینی۲۰۱۸). در تجزیه و تحلیل عملکرد انرژی و حرارتی یک ساختمان آموزشی با سایه‌اندازهای خارجی نشان داده شد که مصرف انرژی سرمایشی تا ۴۴٪ و میزان کاهش ساعت آسایش حرارتی ۳۴ ٪ بهبود یافته است(پارک و همکاران،۲۰۲۰).

مطالعات آزمایشگاهی-میدانی بر سنجش میزان تاثیر سایه اندازی در پنجره در جبهه جنوبی ساختمان در میزان مصرف انرژی نشان می دهد که ۸۳/۲۵ درصد بر کاهش تقاضای بارسرمایشی موثر می باشند (قدیری‌مقدم و همکاران،۱۳۹۸). بررسی تاثیر سایه اندازی با طول، تعداد و زاویه شیب پانل های مختلف در نمای ساختمان مسکونی نشان می دهد که پانل های سایه انداز بر روی آپارتمان در نماهای رو به غرب تا ۸٪ صرفه جویی در مصرف انرژی دارند (شنگ و همکاران۲۰۱۹). مطالعه ای برای ارزیابی تأثیرات عملکرد انرژی سایه اندازهای متحرک نشان می دهد که استفاده از روشهای مختلف سایه اندازی برای پنجره می تواند تا حدود ۲۰٪ بر نتایج مصرف انرژی خنک کننده تأثیر بگذارد (نیزاج کانوار و همکاران،۲۰۲۱). نتایج تجزیه و تحلیل عملکرد انرژی و راحتی حرارتی، یک ساختمان با سیستم سایه انداز نشان می دهد که مصرف انرژی خنک کننده ۴۴٪ کاهش و تعداد ساعات آسایش حرارتی ۳۴٪ بهبود می یابد(پارک و همکاران،۲۰۲۰).

پژوهش ها در رابطه با تاثیر سایه انداز در نمای کاملاً شیشه ای یک ساختمان در آب و هوای گرم و خشک نشان می دهد که ۳۷,۲ درصد کاهش مصرف انرژی با سایه اندازها در جبهه جنوبی و ۱۱,۶٪ کاهش مصرف انرژی با سایه اندازهای جبهه شمالی ساختمان را می توان شاهد بود(آلتوما و همکاران۲۰۱۸). نتایج بررسی تاثیر سایه اندازهای خارجی در جبهه ی جنوب و شرق ساختمانی با نمای کاملاً شیشه ای بر میزان بار سرمایشی نشان داده است که انتخاب مناسب ابعاد طولی و عرضی و جهت یابی مناسب سایه اندازها منجر به ۳۹,۵٪ صرفه جویی در مصرف انرژی در جبهه ی جنوبی و ۳۶,۶٪ در جبهه ی شرقی می شود (اوهرانی و همکاران۲۰۱۷). بررسی های انجام شده در رابطه با تحلیل عملکرد پنجره های شیشه ای یک ساختمان با سایه اندازهای خارجی نشان می دهد که عمق سایه اندازها، سرعت نفوذ هوا از طریق حفره بین کرکره ها، زاویه شیب از پنجره به کاهش ۶۰٪ مصرف بار سرمایشی در ساختمان کمک می کند(لیو و همکاران،۲۰۱۸).

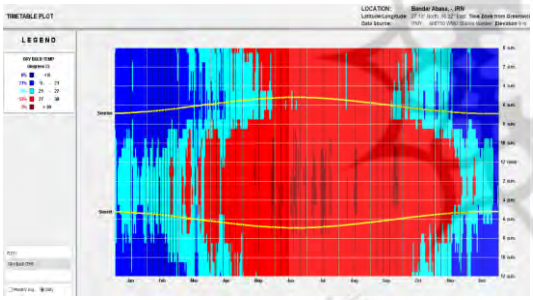
در بررسی تأثیر شکل پنجره بر روی سرعت انتقال حرارت همرفتی، پنجره‌های مستطیلی با کشیدگی افقی و عمودی، مربع، دایره به ترتیب بهترین عملکرد حرارتی را داشتند (کهسای و همکاران،۲۰۲۰). بررسی تاثیر نسبت پنجره به دیوار در ساختمان‌های اداری بلندمرتبه در ایران با توجه به تقاضای انرژی و همچنین شناخت عملکرد حرارتی نمای ساختمان نشان داد که ۲۰٪ کاهش در

نسبت پنجره می‌تواند مصرف انرژی سالانه ساختمان را تا ۱۷٪ کاهش دهد (غیائی و همکاران،۱۳۹۲). نتایج حاصل از بررسی میزان تقاضای انرژی گرمایشی و سرمایشی سالانه یک ساختمان اداری در سه شهر از اقلیم گرم و خشک در شرایط مختلف نسبت پنجره، نوع پنجره و نوع سیستم تهویه مطبوع نشان داده است که با افزایش نسبت پنجره به دیوار مصرف انرژی کل خصوصا در جبهه‌های شـــرق و غرب ساختمان افزایش می‌یابد (یانگ و همکاران۲۰۱۵). مصالح نما علاوه بر تقویت حس زیبایی شناختی، در کاهش بار حرارتی، کنترل مصرف انرژی ساختمان و افزایش آسایش حرارتی ساکنان(فابری و همکاران۲۰۲۰). نقش به سزایی دارد. طبق بررسی‌های انجام گرفته در شرایط یکسان سایه‌اندازی، بر خلاف نماهای شفاف چون شیشه، نماهای مات جریان گرمای کمتری را به داخل هدایت می‌کنند. نماهای شفاف شیشه‌ای ۳۰ برابر قدرت انتقال تابش و گرمای خورشید را به داخل ساختمان نسبت به دیوارهای مات خارجی دارند. پنجره‌های ساختمان در کاهش ۲۶٪ مصرف انرژی روشنایی و حدود ۲۰٪ از بار سرمایشی در آب و هوای گرم و مرطوب تاثیر دارند(گایو و همکاران،۲۰۱۸).

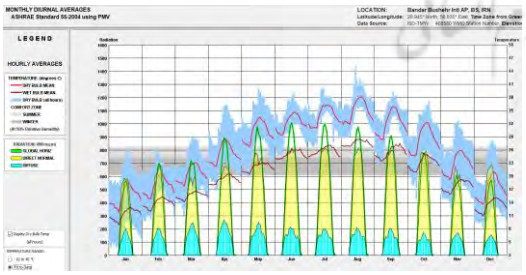
۳-روش تحقیق

پژوهش حاضر در چارچوب اهداف تحقیق به مطالعه شرایط اقلیمی بوشهر با استفاده از داده های اقلیمی ای-پی-دبلیو و نرم افزار کلایمت کانسالتنت نسخه ۵۵ و مدل آسایش حرارتی اشری پرداخت. از ویژگی‌های آب و هوایی بوشهر، تابستان های بسیار گرم و مرطوب با تابش شدید آفتاب و زمستان‌های معتدل است. بر طبق اطلاعات ایستگاه هواشناسی کشور ایران و محدوده شهر بوشهر پیش فـرض رطوبـت نسـبی ثابت ۷۵ ٪ برای شهر بوشهر مشخص شد(نمودار۱). حداکثر میانگین دمای روزانه در فصل سرد سال برابر با ۲۱/۹ درجه سانتی‌گراد و حداقل دما برابر با ۷/۱ درجه سانتیگراد و میانگین حداکثر دما در فصل گرم سال برابر با ۴۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل دما برابر با ۳۰/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. از طرفی میانگین حداقل دما به میزان ۴ درجه سانتی‌گراد را در دی ماه وحداکثر دما ۴۶ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه می‌توان شاهد بود(نمودار۲). لذا با توجه به شدت گرما در تابستان استفاده از سیستم های خنک کننده جهت تامین آسایش حرارتی امری اجتناب ناپذیر است.

سپس با استفاده از نرم افزار دیزین بیلدر(ورژن۵) به مدلسازی و شبیه سازی ساختمان های بومی، مدل پایه و مدل بهینه در مصرف انرژی پرداخته است. نرم افزار دیزاین بیلدر قابلیت مدلسازی فیزیک ساختمان شامل مصالح ساختمانی، معماری ساختمان، سیستم‌های حرارتی(سرمایشی و گرمایشی)، سیستم روشنایی را دارد. مدلسازی و ارزیابی بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان، مصرف انرژی روشنایی، آب گرم مصرفی توسط این نرم افزار امکان‌پذیر است. با توجه به اینکه عملکرد ساختمان مسکونی می‌باشد برای تعریف فضای داخلی و مشخصات کلی ساختمان از قالب مسکونی نرم افزار بهره گرفته شده است تا مقیاس های شبیه‌سازی در حد مسکونی و کلیه ریز فضاها در قالب بخش‌های حرارتی دارای عملکرد مسکونی باشد.



نمودار ۱: دمای هوای بوشهر در طول سال از محیط نرم‌افزار کلایمیت کانسالتنت(ماخذ: نگارنده، نرم‌افزار کلایمیت کانسالتنت)



نمودار۲: میانگین دمای روزانه در ماه‌های مختلف سال در بوشهر(ماخذ: نگارنده، نرم‌افزار کلایمیت کانسالتنت)

سیستم‌های سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع در

ساختمان که بیشترین میزان مصرف انرژی را شامل می شوند، باید دارای سیستم تنظیم جهت کنترل دمای هوای داخلی تا حداکثر ۲۰ درجه در ماه‌های سرد و حداقل ۲۶ درجه در ماه های گرم سال تنظیم شوند. از این رو در تنظیم و ورودی داده های شبیه‌سازی در نرم افزار این موارد رعایت شده و تنظیمات اولیه گرما و سرما مطابق با مدل آسایش حرارتی اشری ۵۵ در تابستان در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد مشخص شده است. با توجه به اقلیم گرم و مرطوب سوخت مصرفی مورد استفاده برای سیستم سرمایش ساختمان الکتریسیته بوده و خروجی‌های شبیه سازی شده مصرف انرژی بر حسب kw/m^2 می‌باشد.

جهت انتخاب مدل‌های بومی، از بین ساختمان‌های بافت تاریخی شهر (محلات دهدشتی، شنبدی، کوتی، بهبهانی) تعدادی از ساختمان‌ها را به شکل هدفمند انتخاب شد و ویژگی‌های آنها را با توجه به معیارهایی منطبق با اهداف پژوهش طبقه‌بندی و سنجیده شد. پس از شناخت جامع راهکارهای سایه‌اندازی، نوع مصالح و ابعاد بازشو در ساختمان‌های بوشهر با استناد به آمار اداره اسناد سازمان میراث فرهنگی استان بوشهر، به شناسایی مدل‌های بومی از بین ساختمان‌های بافت تاریخی پرداخته شد. تعداد ۳۴ عدد از خانه‌های بومی بوشهر با توجه به موقعیت قرارگیری در شهر، کاربری در گذشته و حال حاضر، تعداد طبقات، مساحت، وضعیت کالبدی حال حاضر، بکارگیری راهکارهای معماری بومی دسته‌بندی شد. عمارت دهدشتی و عمارت طبیب که به ترتیب در محله کوتی و بهبهانی واقع شده‌اند، با توجه به دارا تمام راهکارهای طراحی بومی بوشهر (شناشیر، طارمه، پنجره عمیق، سایه اندازهای کرکره ای در نما)، قابل دسترس و برپا بودن به عنوان نمونه‌های بومی انتخاب شدند(تصویر۱).

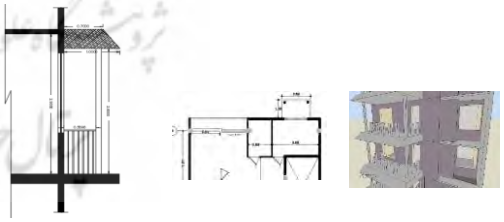
در راستای انتخاب مدل پایه و طبق اطلاعات بدست آمده از شهرداری بوشهر، بافت معاصر شهر بوشهر در بخش جنوبی شهر در کنار بخش وسیع منطقه نظامی می‌باشد. گسترش شهر از جبهه‌ی جنوبی بوده لذا در این منطقه ساخت‌وسازهای مسکونی بلند مرتبه و ویلایی و تجاری رونق بیشتری نسبت به مناطق بافت سنتی دارد. جهت انتخاب نمونه به مقایسه میزان ساخت‌وساز در ۱۶ محله‌ی بافت معاصر پرداخته شد. با توجه به اطلاعات مرکز آمار ایران (۱۳۹۸)، تعداد پروانه‌های ساختمانی در بوشهر ۸۹۲ عدد بوده که دسته‌بندی آنها بر حسب طبقات شامل ۸۹ عدد برای ساختمان‌های یک طبقه، ۲۴۷ عدد برای ساختمان‌های دو طبقه، ۳۱ عدد برای ساختمان‌های سه طبقه، 66 عدد برای ساختمان‌های چهار طبقه و ۴۵۹ عدد برای ساختمان‌های پنج طبقه می‌باشد. با استناد به اطلاعات آماری از میزان صدور پروانه ساخت در مناطق مختلف بوشهر می‌توان بیان داشت تعداد صدور پروانه ساختمان‌های مسکونی در محلات باغ زهرا و سنگ غربی بیشتر از دیگر محلات و از طرفی فراوانی صدور پروانه ساختمان با تعداد طبقات ۵ طبقه با سطح اشغال ۶۰ درصد و کشیدگی شمالی- جنوبی بیشترین می‌باشد. از این رو می‌توان این نوع ساختمان‌ها را به عنوان نمونه رایج ساختمان در شهر بوشهر و الگویی برای انتخاب مدل پایه تحقیق معرفی کرد(تصویر۲).

تصویر1: موقعیت قرارگیری ساختمان دهدشتی و طبیب در شهر بوشهر (منبع: سازمان میراث فرهنگی بوشهر)

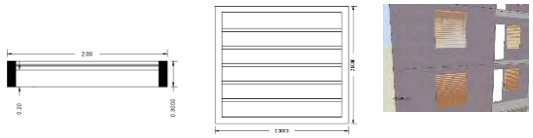
تصویر ۲: موقعیت قرارگیری ساختمان مدل پایه در شهر بوشهر (منبع: نگارنده)

در نهایت با توجه به یافته های شبیه‌سازی میزان بارسرمایشی ساختمان‌ها اندازه گیری و با یکدیگر مقایسه شد. با توجه نتایج و اینکه مدل‌های بومی تحقیق عملکرد حرارتی بهتری نسبت به مدل پایه تحقیق دارد و با هدف ارایه الگوی بهینه بومی در ساختمان‌های آینده اقلیم گرم و مرطوب متغییرهای تحقیق به ۳ دسته زیر تقسیم شده است: ۱ -متغییرها شامل نوع سایه‌اندازهای نما از جمله ایوان(تصویر۳:الف)، سایه‌اندازهای کرکره ای افقی(تیغه ها با ضخامت ۰/۰۲۵ متر به طول ۲ متر و عرض ۰/۲ و فاصله‌ی

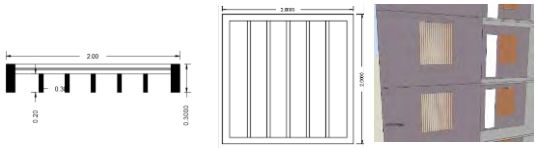
۰/۳ متر بین تیغه‌ها)(تصویر۳:ب)، عمودی(تصویر۳:ج)، و سایه‌اندازهای مشبک(تیغه‌ها به صورت عمودی و افقی و با ابعاد ۰,۵۵ ×۰,۵۵× متر و به ضخامت ۰/۰۲۵ متر)(تصویر۳:د)، پنجره‌ها به عمق۶۰ سانتی‌متر(مطابق با نمونه‌های بومی(تصویر۳:ه)، ۲ -مصالح نما در چهار نوع آجر نما(ابعاد۰,۲×۰,۵×۰,۲ متر و به رنگ قهوه‌ای تیره)(تصویر۴:الف)، سیمان سفید (تصویر۴:ب)، و سنگ گرانیت(تصویر۴:ج) و سنگ آهکی (تصویر۴:د). ۳- متغیرها شامل سه تیپ ابعاد بازشو با نسبت ثابت ۶۰٪ به نمای ساختمان به ابعاد ۲/۲۰×۱/۸۰ و ۲/۲۰×۱و ابعاد ۲×۲ و ۲×۱(تصویر۵:الف)، و ابعاد ۲۰×۱/۸۰ /۲(تصویر۵:ب) و ۲/۶۰×۱/۶۰(تصویر۵:ج) در ضلع شمالی و جنوبی ساختمان می‌باشد. میزان تأثیر ابعاد بازشوها بر کاهش دمای هوای داخلی ساختمان بررسی و متغیر بهینه ابعاد انتخاب و سپس رفتار حرارتی مصالح مختلف نما بررسی و متغیر بهینه انتخاب شد. با اعمال متغیرهای بهینه بازشو و مصالح بر مدل پایه تحقیق، رفتار حرارتی آن در ۵ حالت سایه‌اندازی به شکل ترکیبی مورد بررسی قرار گرفت. بهترین متغیر سایه‌اندازی جهت کاهش بار سرمایشی به عنوان متغیر بهینه انتخاب و عملکرد حرارتی آن نسبت به مدل پایه تحقیق بدون هیچ متغیری در کاهش دمای هوای داخلی ساختمان مقایسه شد.



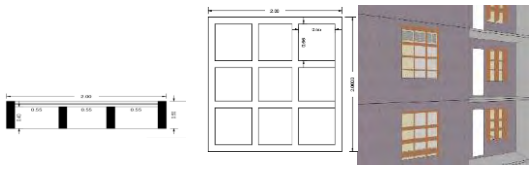
الف: نمای مدل پایه تحقیق در حالت سایه‌اندازی با ایوان



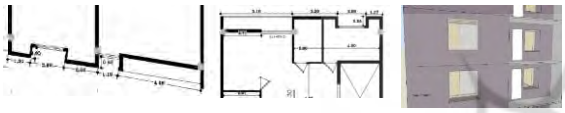
ب:نمای مدل پایه تحقیق در حالت سایه‌اندازی با کرکره‌های افقی



ج: نمای مدل پایه تحقیق در حالت سایه‌اندازی با کرکره‌های عمودی



د:نمای مدل پایه تحقیق در حالت سایه‌اندازی با سایه‌انداز مشبک



ه:نمای مدل پایه تحقیق در حالت سایه‌اندازی با پنجره‌های عمیق

تصویر۳: شبیه‌سازی نما در حالت‌های مختلف سایه‌اندازی (منبع: نرم‌افزار دیزاین بیلدر)

الف: شبیه‌سازی نمای مدل پایه تحقیق با مصالح آجری

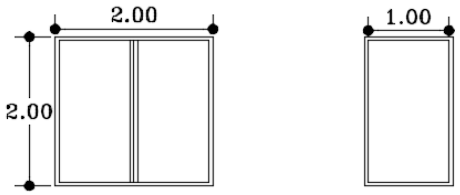
ب: شبیه‌سازی نمای مدل پایه تحقیق با نمای سیمان سفید

ه: شبیه‌سازی نمای مدل پایه تحقیق با نمای سنگ گرانیت

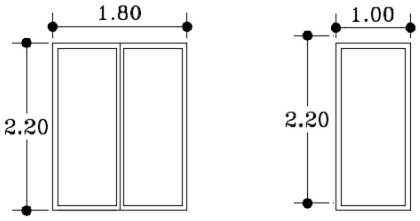
ز: شبیه‌سازی نمای مدل پایه تحقیق با نمای سنگ آهکی

تصویر۴: شبیه‌سازی نما با مصالح مختلف(منبع: نرم‌افزار

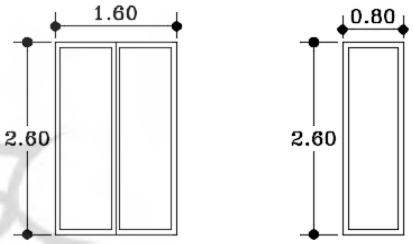
دیزاین بیلدر)



الف:بازشو به ابعاد ۲×۲



ب: بازشو به ابعاد۱/۸۰×۲/۲۰



ج:بازشو به ابعاد۱/۶۰×۲/۶۰

تصویر۵: ابعاد مختلف بازشو در نمای مدل پایه تحقیق در نرم‌افزار دیزاین بیلدر (منبع:نگارنده)

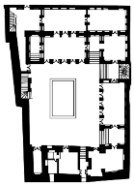
۴-بررسی عملکرد حرارتی مدل های تحقیق

در بخش حاضر به بررسی عملکرد حرارتی مدل های بومی و مدل پایه تحقیق در راستای کاهش تقاضای بارسرمایشی پرداخته شده است.

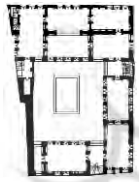
۴-۱- ویژگی‌های معماری _سازه‌ای ساختمان دهدشتی(مدل بومی ۱)

خانه دهدشتی دارای ۴ طبقه با سطح اشغال طبقات (m^2) ۷۲۷/۴ و حجم اشغال شده‌ی (m^3) ۲۳۰۱/۴ می‌باشد (تصویر۶). در شبیه‌سازی این ساختمان تعداد افراد مطابق با الگوهای استاندارد نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر با توجه به کاربری انتخاب شده است. چنین فرض شده که ساختمان در تمام طول سال مورد استفاده قرار گرفته است. ضریب انتقال حرارت دیوار خارجی w/m^2k ۱/۳۳۷ و برای سقفw/m^2k ۱/۱۶۴ است. مصالح لایه بیرونی سقف ساروج و به ضخامت۰/۱۴۴۵ است. مصالح طبقات چوبی و به ضخامت۰/۲ است. لایه داخلی سقف‌ها از گچ و به ضخامت۰/۲ است. جدار دیوار خارجی ملات ساروج و گچ با ضخامت ۰/۱ و مصالح طبقات از آجر با ضخامت ۰/۱ و لایه درونی از گچ و به ضخامت۰/۰۲ است. پنجره‌های ساختمان تک‌جداره با فریم چوبی بوده که در قسمت‌های مختلف بکار رفته است. ضریب انتقال خورشیدی برابر با ۰/۸۱۹ است.

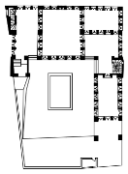
الف: نما-برش



ج: پلان طبقه اول



د: پلان طبقه دوم

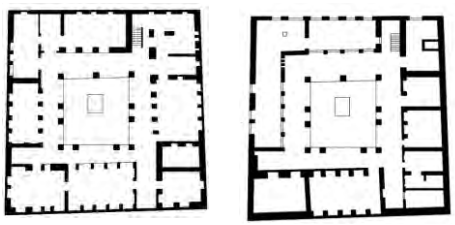


ه: پلان طبقه سوم

تصویر۶: مشخصات معماری خانه دهدشتی (نمونه‌ی بومی۱)

۴-۲-ویژگی‌های معماری _سازه‌ای عمارت طبیب (مدل بومی ۲)

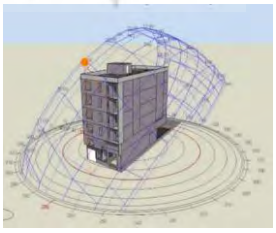
عمارت طبیب دارای ۲ طبقه با سطح اشغال طبقات (m^2) ۵۷۱ می‌باشد. ضریب انتقال حرارت دیوار خارجیw/m^2k ۱/۳۳۷ و در سقفw/m^2k ۱/۱۶۴ است. مصالح لایه بیرونی سقف ساروج و به ضخامت۰/۱۴۴۵ است. مصالح طبقات چوبی و به ضخامت۰/۲ است. لایه داخلی سقف‌ها از گچ و به ضخامت۰/۲ است. جدار دیوار خارجی ملات ساروج و گچ با ضخامت ۰/۱ و مصالح طبقات از آجر با ضخامت ۰/۱ و لایه درونی از گچ و به ضخامت۰/۰۲ است. پنجره‌های ساختمان تک جداره با فریم چوبی بوده که در قسمت‌های مختلف بکار رفته است. ضریب انتقال خورشیدی $SHGC$برابر با ۰/۸۱۹ است.

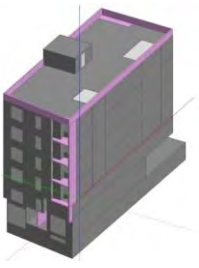


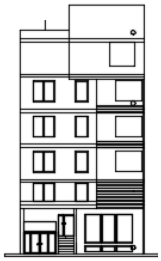
تصویر۷: مشخصات معماری عمارت طبیب

۴-۳- ویژگی‌های معماری _سازه‌ای مدل پایه تحقیق

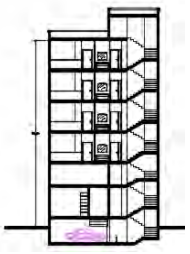
ساختمان در ۵ طبقه با کشیدگی شمالی-جنوبی با نمایی مسطح بدون سایه‌انداز، با نمای سنگ تراورتن ساخته شده است. پنجره‌های ساختمان به سمت شمال و جنوب و به ابعاد.۱۲۰×۱۲۰سانتی‌متر با عمق ۲۰ سانتی‌متری می‌باشد. به دلیل تابش شدید خورشید در ضلع جنوبی ضروت بررسی عملکرد متغیرها جهت کنترل تابش خورشید و کاهش دمای هوای داخلی در نمای ساختمان اجتناب‌ناپذیر است سطح اشغال طبقات ساختمان (m^2) ۱۳۴۶/۱ و حجم اشغال شده (m^3) ۴۳۶۲/۲ است. مصالح لایه بیرونی سقف بتن و به ضخامت۰/۰۱ است. مصالح طبقات بتنی و به ضخامت۰/۲ متر و لایه داخلی سقف‌ها از گچ و به ضخامت۰/۲ متر است. جدار دیوار خارجی سنگ گرانیت با ضخامت ۰/۲ متر و مصالح طبقات از آجر با ضخامت ۰/۲ متر و لایه درونی از گچ و به ضخامت ۰/۰۲ متر است. پنجره‌های ساختمان دو جداره با فریم یوپی‌وی‌سی بوده که در قسمت‌های مختلف به کار رفته است ضریب انتقال خورشیدی برابر با ۰/۷۰۴ است(تصویر۸).







الف:نمای شمالی ساختمان



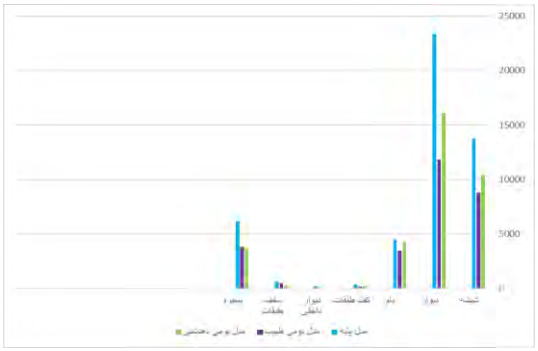
ب: برش A-A ساختمان

ج: پلان طبقات

تصویر۸: مشخصات معماری مدل پایه تحقیق

۴-۴-مقایسه میزان انتقال حرارت به فضای داخل مدل‌های بومی دهدشتی، طبیب و مدل پایه‌ی تحقیق

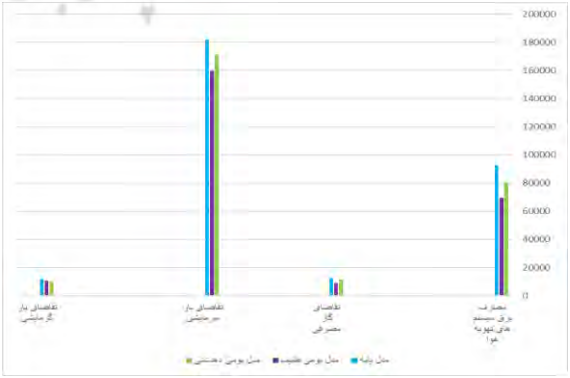
در مدل پایه انتقال حرارت توسط دیوارها به‌اندازه Wh/m^2 ۲۳۳۳/۴۶می‌باشد که به‌اندازه Wh/m^2 ۷۲۰۱/۲۷ از ساختمان دهدشتی وWh/m^2 ۱۹۸۳۹/۹۸با ساختمان طبیب بیشتر است. انتقال حرارت توسط شیشه در مدل پایه برابر با Wh/m^2 ۱۳۷۵۴/۸۶ و با اختلافWh/m^2 ۳۳۲۱/۹۱ با ساختمان دهدشتی و Wh/m^2 ۴۹۶۶/۲۵ با ساختمان طبیب می‌باشد. انتقال حرارت توسط بازشوها در مدل پایه برابر با 6184.58 می‌باشد که اختلافی برابر باWh/m^2 ۲۴۰۵,۳۵ با ساختمان دهدشتی وWh/m^2 ۲۳۵۴/۷۵ با ساختمان طبیب دارد. از طریق بام حرارتی برابر با وارد ساختمان مدل پایه می‌شود که از ساختمان دهدشتی Wh/m^2 ۲۲۵/۱۶ و از ساختمان طبیبWh/m^2 ۹۹۰/۶۱ از ساختمان طبیب بیشتر است نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که انتقال حرارت به فضای داخل در مدل پایه نسبت به مدل‌های بومی بسیار بیشتر است(نمودار۳).



نمودار۳:مقایسه میزان انتقال حرارت به فضای داخل مدل‌های بومی دهدشتی، طبیب و مدل پایه‌ی تحقیق (منبع: نرم‌افزار دیزاین بیلدر)

۴-۵-مقایسه تأثیر رفتار حرارتی ساختمان دهدشتی، طبیب و مدل پایه تحقیق بر دمای داخل ساختمان

با توجه به نتایج بدست آمده میانگین سالانه مصرف برق سیستم‌های تهویه هوا از کمترین به بیشترین به ترتیب در ساختمان طبیب با Wh/m^2 ۶۹۶۷۱، ساختمان دهدشتی Wh/m^2 ۸۰۵۹۶ و مدل پایه به‌اندازه Wh/m^2 ۹۲۶۵۱ می‌باشد. میانگین تقاضای بار سرمایشی در طول سال به ترتیب از کمترین به بیشترین در ساختمان طبیب به‌اندازه Wh/m^2 ۱۵۹۷۰۱، در ساختمان دهدشتی به‌اندازه Wh/m^2 ۱۷۱۷۰۷ و در مدل پایه به‌اندازه Wh/m^2 ۱۸۱۸۷۲ می‌باشد. با مقایسه اعداد بدست آمده می‌توان بیان داشت که مصرف برق سیستم‌های تهویه هوا، تقاضای گاز مصرفی، تقاضای بار سرمایشی و گرمایشی در مدل پایه نسبت به مدل‌های بومی به طور چشمگیری بیشتر است(نمودار۴).



نمودار۴:مقایسه تأثیر رفتار حرارتی ساختمان دهدشتی، طبیب و مدل پایه تحقیق بر دمای داخل ساختمان(منبع: نرم‌افزار دیزاین بیلدر)

۴-۶-بررسی تأثیر عملکرد حرارتی متغیرهای تحقیق بر میزان تقاضای بار سرمایشی در ساختمان مدل پایه

در راستای آزمون هر یک از متغیرهای تحقیق، ابتدا با شبیه‌سازی تأثیر نوع بازشو بر میزان تقاضای بار سرمایشی ساختمان، از بین ۳ نوع ابعاد بازشو، بازشویی که کمترین تقاضای بار سرمایشی را در ساختمان بوجود می‌آورد، انتخاب شد. سپس رفتار حرارتی مصالح مختلف نما بررسی و مصالحی که کمترین انتقال حرارت به فضای داخل و کمترین میزان تقاضای بار سرمایشی را داشت به عنوان مصالح بهینه انتخاب شد. ابعاد بهینه بازشو و مصالح بهینه بر روی مدل پایه تحقیق اعمال شد، سپس ۵ حالت مختلف سایه‌اندازی به شکل ترکیبی بر روی آن بررسی شد.

۴-۶-۱-عملکرد حرارتی ابعاد مختلف بازشو بر میزان تقاضای بار سرمایشی در مدل پایه و شناسایی متغیر بهینه

نتایج حاصل از شبیه‌سازی بازشوها با ابعاد مختلف نشان می‌دهد که میزان مصرف برق در حالت نما با بازشو۲×۲ با اختلاف Wh/m^2 ۲۱۶۵/۷۹ با بازشو۱/۸۰×۲/۲۰ و اختلاف Wh/m^2 ۴۸۲/۰۴ با بازشو۱/۶۰×۲/۶۰ ، برابر با Wh/m^2 17074/63 می باشد. حداکثر تقاضای بار سرمایشی ساختمان با بازشوها به ابعاد ۱/۸۰×۲/۲۰ متر به‌اندازه Wh/m^2 ۲۷۴۲۶/۶۳ و حداقل میزان آن با بازشوها به ابعاد۲×۲ متر به‌اندازه Wh/m^2 ۱۶۰۵۷۸/۰۳ می‌باشد. لذا می‌توان بیان داشت بازشوها به ابعاد۲×۲ به عنوان بازشوهای بهینه در نمای ساختمان جهت مقابله با گرمای هوا و کنترل دمای هوای داخلی می‌باشد. در مقایسه میزان تقاضای بار سرمایشی در مدل پایه تحقیق برابر با Wh/m^2 ۱۷۱۸۸/۱ و در حالت بازشوها با ابعاد ۲×۲ برابر با Wh/m^2 ۱۶۵۷۸/۰۳می‌باشد که میزان Wh/m^2 ۶۱۰/۰۷ کاهش تقاضای بار سرمایشی را به همراه داشت(نمودار۵).

نمودار۵:مقایسه عملکرد حرارتی مدل پایه تحقیق با ابعاد مختلف بازشو در روزهای منتخب(منبع: نرم‌افزار دیزاین بیلدر)

۴-۶-۲-عملکرد حرارتی مصالح مختلف نما بر میزان تقاضای بار سرمایشی در مدل پایه و شناسایی متغیر بهینه

نتایج حاصل از شبیه‌سازی مصالح مختلف نما نشان می‌دهد که میانگین مصرف برق به ترتیب از کمترین به بیشترین در حالت نمای سیمان سفید به‌اندازه Wh/m^2 ۷۹۹۲۸/۷۱، سنگ آهکی به‌اندازه Wh/m^2 *94342/33*، سنگ گرانیت به‌اندازه Wh/m^2 *104883/04* و نمای آجری به اندازه Wh/m^2 ۱۰۵۰۴۸/۰۱می‌باشد. حداکثر تقاضای بار سرمایشی ساختمان در نمای آجری و به‌اندازه Wh/m^2 ۱۹۶۶۶۱/۰۲ و حداقل میزان آن در نمای سیمان سفید و به‌اندازه Wh/m^2 ۱۶۴۷۷/۵۳می‌باشد. در نمای سیمان سفید میانگین مصرف برق، گاز و انتقال حرارت خورشید و تقاضای بار سرمایشی نسبت به مصالح دیگر نما کمتر است، لذا سیمان سفید به عنوان مصالح بهینه در نمای ساختمان جهت مقابله با گرمای هوا و کنترل دمای هوای داخلی انتخاب می‌شود. در مقایسه میزان تقاضای بار سرمایشی در مدل پایه تحقیق برابر با Wh/m^2 ۱۷۱۸۸/۱ و در حالت بازشوها با ابعاد ۲×۲ برابر با Wh/m^2 *16477/53* می‌باشد که میزان Wh/m^2 ۷۱۰/۵۷ کاهش تقاضای بار سرمایشی را به همراه داشت (نمودار۶).

نمودار۶:مقایسه عملکرد حرارتی مدل پایه با مصالح مختلف در روزهای منتخب (منبع: نرم‌افزار دیزاین بیلدر)

۴-۶-۳-عملکرد حرارتی سایه‌اندازهای مختلف بر روی مدل پایه به شکل ترکیبی با مصالح سیمان سفید و بازشوهای ۲×۲ متر

نتایج حاصل از شبیه‌سازی عملکرد حرارتی سایه‌اندازهای مختلف بر روی مدل پایه به شکل ترکیبی با مصالح سیمان سفید و بازشوهای ۲×۲ متر به عنوان متغیرهای بهینه نشان می‌دهد که سایه‌اندازهای کرکره‌ای مشبک به میزان ۳۳ درصد، سایه‌اندازهای کرکره‌ای عمودی۲۶/۱ درصد، سایه‌اندازهای کرکره‌ای افقی ۱۹/۳ درصد، سایه‌اندازی با پنجره عمیق ۷/۹ درصد و سایه‌اندازی با ایوان ۱۱/۵ درصد کاهش بار سرمایشی در مدل تحقیق را با خود به همراه دارد. مطابق با نمودار ۴-۲۸ و جدول۱ سایه‌اندازهای مشبک بیشترین کاهش تقاضای بارسرمایشی نسبت به دیگر متغیرهای سایه‌اندازی در نمای ساختمان را به خود اختصاص داده است. از این رو می‌توان بیان داشت مدل پایه تحقیق با مصالح سیمان سفید و بازشوهای ۲×۲ متر و سایه‌اندازی با کرکره‌های مشبک بهترین عملکرد حرارتی در ساختمان‌های اقلیم گرم و مرطوب جهت کنترل تابش خورشید را دارا می‌باشد (نمودار۷).

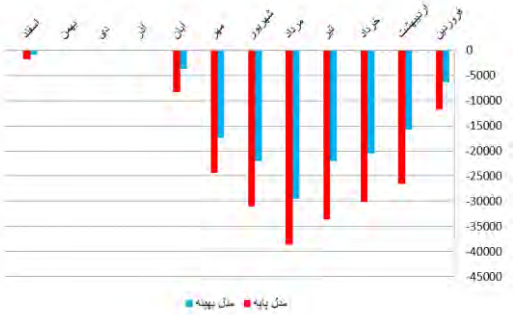
نمودار۷: مقایسه تقاضای بار سرمایشی مدل پایه تحقیق و ساختمان بهینه (منبع: نرم‌افزار دیزاین بیلدر)

جدول ۱: مقایسه درصد کاهش بار سرمایشی ساختمان بهینه با سایه‌اندازهای مختلف (منبع: نرم‌افزار دیزاین بیلدر)

عنوان	کاهش بارسرمایشی
ایوان	۱۱/۵درصد
سایه‌انداز کرکره‌ای افقی	۱۹/۳ درصد
سایه‌انداز کرکره‌ای عمودی	۲۶/۱درصد
سایه‌انداز مشبک	۳۳ درصد
پنجره عمیق	۷/۹ درصد

۴-۷- مقایسه عملکرد حرارتی ساختمان مدل پایه و ساختمان با متغیرهای بهینه

با توجه به نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی ساختمان‌ها، ساختمان با متغیرهای بهینه عملکرد حرارتی بهتری نسبت به مدل پایه تحقیق دارد. میانگین تقاضای بار سرمایشی ساختمان با متغیرهای بهینه در طول سال به ازای هر مترمربع زیربنا برابر با Wh/m^2 ۱۳۸۱۹۴/۱ می‌باشد. از طرفی میانگین تقاضای بار سرمایشی مدل پایه تحقیق در طول سال به ازای هر مترمربع زیربنا برابر با Wh/m^2 ۲۰۶۲۵۳/۵ می‌باشد. با مقایسه اعداد بدست آمده از شبیه‌سازی ساختمان‌ها در نرم‌افزار دیزاین بیلدر اختلاف Wh/m^2 ۷۰۰۵۹/۴ کاهش تقاضا بارسرمایشی در ساختمان با متغیرهای بهینه نسبت به مدل پایه تحقیق را می‌توان شاهد بود. همانطور که به نظر می‌رسد و با استناد به‌اندازه‌های بدست آمده در مناطق گرم و مرطوب از عناصری چون شناشیر و کلیه معیارهای راهبردی معمارانه در نماها که سایه‌اندازی می‌کند، بکار برده می‌شود، لذا موجب مکش هوا و تکثر سایه‌ها در سطوح می‌شود(نمودار۸).



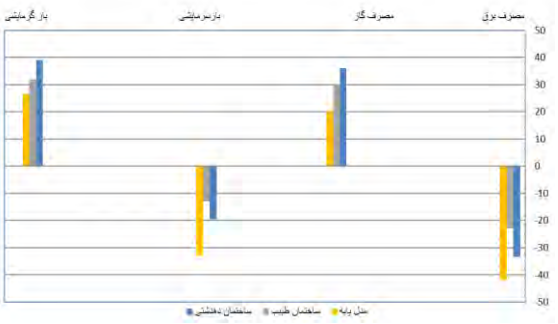
نمودار۸: میزان تقاضای بار سرمایشی ساختمان با متغیرهای بهینه و مدل پایه تحقیق در روزهای منتخب سال (منبع: نرم‌افزار دیزاین بیلدر)

۵-نتیجه گیری

نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که در حوزه تقاضای بارسرمایشی و مصرف برق عملکرد ساختمان بهینه نسبت به مدل پایه تحقیق و حتی مدل‌های بومی (ساختمان دهدشتی و طبیب) در روزهای منتخب سال در تمامی ماه‌ها بسیار بهتر بوده است (نمودار۹)(جدول۲).

جدول۲:مقایسه درصدی میزان تقاضای بار سرمایشی در مدل بهینه نسبت به مدل‌های بومی و پایه تحقیق (منبع:نگارنده)

ردیف	عنوان	ساختمان دهدشتی	ساختمان طبیب	مدل پایه تحقیق
۱	مصرف برق	۳۳,۴۸ درصد کاهش	۲۳ درصد کاهش	۴۲ درصد کاهش
۲	مصرف گاز	۳۶ درصد افزایش	۳۰ درصد افزایش	۲۰ درصد افزایش
۳	بارسرمایشی	۱۹,۵ درصد کاهش	۱۳ درصد کاهش	۳۳ درصد کاهش
۴	بارگرمایشی	۳۹ درصد افزایش	۳۲ درصد افزایش	۲۶,۵ درصد افزایش



نمودار۹: مقایسه درصدی میزان تقاضای بار سرمایشی در مدل بهینه نسبت به مدل‌های بومی و پایه تحقیق (منبع:نگارنده)

با توجه به‌اندازه‌های بدست آمده از میزان تقاضای مصرف انرژی در مدل‌های تحقیق ضروریست تا میزان کاهش مصرف انرژی در مقیاس همسایگی هم بررسی شود. مدل بهینه تحقیق میزان Wh/m^2 ۴۴۰۰۰ در سال مصرف انرژی کمتری نسبت به مدل پایه تحقیق دارد. با توجه به اینکه متوسط زیربنای یک واحد مسکونی در بوشهر را می‌توان به صورت تقریبی ۱۰۰ مترمربع در نظر گرفت، با اعمال راهکارهای مطرح شده در نمای ساختمان می‌توان کاهش تقاضای مصرف انرژی بیش از Wh/m^2 ۴۴۰۰۰۰۰ در طول سال برای هر واحد مسکونی را شاهد بود. از طرفی اگر تعداد ساکنان هر واحد مسکونی را ۴ نفر در نظر گرفت، سالانه Kwh/m^2 ۱۷۶۰۰ کاهش تقاضای مصرف انرژی صرفه‌جویی به عمل خواهد آمد.

این میزان در مقیاس محله و در مقیاس بزرگتر شهری و یا حتی استانی آن هم در استان بوشهر با گرما و رطوبت طاقت فرسا و مصرف بالای انرژی عدد قابل توجهای است. از این رو می‌توان به کارآیی راهکارهای بومی طراحی نما جهت کنترل تابش خورشید و کاهش تقاضای مصرف انرژی تأکید نمود. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بکارگیری راهکارهای طراحی نما در معماری بومی بوشهر از جمله کنترل بازشوها منطبق با میزان تابش خورشید، به خصوص در جهت‌های شمالی و جنوبی ساختمان تأثیر قابل توجهی بر کنترل دمای هوای داخل و تأمین آسایش حرارتی ساکنان دارد.

کاهش ابعاد بازشوها میزان تابش دریافتی خورشید و در نتیجه افزایش دمای هوای داخلی را کاهش می‌دهد. که این امر موجب کاهش تقاضای بار سرمایشی در ساختمان می‌شود. از طرفی بکارگیری مصالح بومی چون سیمان سفید، سنگ آهکی بدلیل تطابق با اقلیم منطقه و ضریب انتقال حرارت پایین، تأثیر قابل توجه‌ای بر انتقال حرارت خورشید به فضای داخلی و کنترل دمای هوای داخل ساختمان‌ها دارد. علاوه بر این بکارگیری عناصری بومی در نما از جمله شناشیر، طارمه، سایه‌اندازهای کرکره‌ای عمودی، افقی، مشبک و پنجره‌های عمیق و نیز کلیه معیارهای راهبردی معمارانه در نماها که جهت سایه‌اندازی بکار برده می‌شود موجب کنترل تابش خورشید و ایجاد سایه‌ها در سطوح و کاهش تقاضای بارسرمایشی می‌شود. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که با اعمال راهکارهای فوق به شکل ترکیبی با یکدیگر می‌توان شاهد کاهش مصرف انرژی در مقیاس واحد مسکونی بود. با بکارگیری راهکارها در تمامی واحدهای مسکونی در مقیاس شهری، می‌توان الگوی مصرف انرژی را تغییر داد و سرانه مصرف انرژی به خصوص در شهر بوشهر که بیشترین سرانه مصرف انرژی در کشور را به خود اختصاص داده است به میزان چشمگیری کاهش داد.

پیوست:

نتایج پژوهش دیگران

در راستای نتایج بدست آمده لازمست تا نتایج تحقیقات گذشته نیز بررسی شود تا بر میزان دقت و اعتبار نتایج تحقیق تأکید نماید. الدوساری و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی سه مدل پیشنهادی برای خانه‌های مسکونی کوتاه مرتبه در اقلیم گرم با توجه به ابعاد، ارتباط فضای داخلی، اجزا تشکیل دهنده ساختمان، سایه‌اندازی در نما و بازشوها و بکارگیری سلول‌های خورشیدی به عنوان منابع تجدیدپذیر پرداختند. در نتایج بدست آمده سه مدل پیشنهادی به ترتیب ۳۷ درصد، ۵۸/۴ درصد و ۷۱/۷ درصد کاهش مصرف انرژی نسبت به نمونه‌های مشابه را به همراه داشتند. میزان کاهش مصرف انرژی در پژوهش الدوساری نسبت به پژوهش حاضر در تمامی حالت‌ها بیشتر است اما بکارگیری سلول‌های خورشیدی به عنوان منابع تجدیدپذیر به میزان قابل توجه‌ای نسبت به بکارگیری راهکارهای معماری بومی که در رساله حاضر استفاده شد هزینه‌بر می‌باشد. علاوه بر این بکارگیری

راهکارهای بومی به دلیل صرف هزینه کمتر ممکن است از طرف کارفرمایان بیشتر مورد استقبال قرار گیرد.

چیونگ و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تأثیر همزمان سایه‌اندازی در نما و تهویه طبیعی بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های بلند مرتبه هنگ کنگ پرداختند. نتایج گویا آن است که کاهش ۳۱/۴ درصدی در مصرف انرژی در ساختمان را می‌توان شاهد بود. با توجه به اینکه راهکار تهویه طبیعی نیز در پژوهش آنها بکار رفته بود اما نتایج بدست آمده از پژوهش آنها در مقایسه با نتایج پژوهش حاضر قابل مقایسه نمی‌باشد. طالب (۲۰۱۴) در اندازه گیری مصرف سالانه انرژی در ساختمان کوتاه مرتبه در اقلیم گرم و مرطوب دبی به این نتیجه رسید که استفاده از تکنیک سرمایشی غیرفعال از جمله تهویه طبیعی، سایه‌اندازی در نما، پنجره‌های دو جداره و بام سبز می‌توان تا ۲۳/۶ درصد به کاهش مصرف انرژی کمک نمود. در مقایسه نتایج پژوهش حاضر که تا ۳۳ درصد با بکارگیری راهکارهای بومی معماری می‌توان گفت تحقیق طالب علاوه بر صرف هزینه بیشتر جهت طراحی پنجره‌های دوجداره و بام سبز عملکرد حرارتی بهتری نیز ندارند. الدوساری و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از روش‌های میدانی و شبیه‌سازی کامپیوتری به بررسی میزان تأثیر سایه‌اندازها، پنجره‌ها با کارایی بالا و استفاده از منابع بومی بر میزان کاهش تقاضای بار سرمایشی در اقلیم گرم و مرطوب جده پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که کاهش مصرف انرژی از ۲۱ تا ۳۷ درصد در ساختمان بوجود آمد. راهکارهای استفاده شده در تحقیق فوق به لحاظ استفاده از پنجره‌های با کارایی بالا ممکن است هزینه بر باشد لذا تحقیق حاضر با بکارگیری راهکارهای معماری بومی در دسترس و کم هزینه توانسته است تا ۳۳ درصد کاهش تقاضای کل مصرف انرژی را بوجود آورد.

نتایج تحقیق چی و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تأثیر عایق کاری حرارتی، رنگ مصالح نما، نوع شیشه، ابعاد پنجره و سایه‌اندازی در نما بر کاهش مصرف انرژی نشان داد که کاهش تقاضا تا ۳۱ درصد انرژی سرمایشی سالانه و تا ۳۱,۸ درصد در بارسرمایشی ساختمان را می‌توان سبب شد. نتایج تحقیقات انجام شده از طریق شبیه‌سازی رایانه‌ای که توسط مالهوترا (۲۰۱۵)[1] در اقلیم گرم و مرطوب شهر هوستون ایالت تگراس آمریکا انجام شده نشان می‌دهد که انتخاب مناسب راهکارهای ترکیبی که در این تحقیق شامل پوشش ساختمان، بازشوهای مناسب، نورپردازی بهینه و استفاده از دستگاه‌های تهویه مطبوع کم مصرف در ساختمان‌های مسکونی می‌تواند تا ۵۵ درصد در کل مصرف انرژی و تا ۷۸ درصد در مصرف انرژی سرمایشی ساختمان صرفه‌جویی به عمل آورد.

نتایج تحقیقات انجام شده توسط الداود و دیگران (۲۰۱۴) در اقلیم گرم و مرطوب شهر جده به روش میدانی و شبیه‌سازی رایانه‌ای نیز حاکی از کاهش ۲۱ تا ۳۷ درصدی مصرف انرژی در خانه‌های مسکونی در نتیجه بهره‌گیری از سایه‌اندازها، پنجره‌های با کارایی بالا و استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر بومی مانند تابش خورشید بوده است. جابر (۲۰۱۱) نیز نشان می‌دهد که می‌توان با انتخاب جهت‌گیری بهینه ساختمان، اندازه مناسب برای پنجره‌ها به همراه سایه‌اندازی و عایق کاری حرارتی سالانه تا ۲۷/۵ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود. مطالعات دیگری نیز به روش میدانی و با بهره‌گیری از شبیه‌سازی رایانه‌ای انجام گردیده که در مهمترین آنها که با هدف بررسی تأثیر سایه‌اندازهای خارجی بر مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌های مسکونی بلند مرتبه در کره جنوبی انجام شده، ۴۸ سایه‌انداز خارجی (افقی و عمودی) و پنجره‌هایی با مدول ۴ × ۲/۳ مورد بررسی قرار گرفته‌اند و نتایج تحقیق نشان دهنده ۲۰ درصد کاهش مصرف انرژی سرمایشی در این مورد می‌باشد (چو و همکاران، ۲۰۱۶). در مورد تأثیر سایه‌اندازهای ثابت بر کاهش مصرف انرژی، فرسچین و دیگران (۲۰۱۴) تحقیقی را با هدف بررسی پتانسیل سایه‌اندازی در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های تجاری انجام داده‌اندکه نتایج تحقیق نشان دهنده کاهش قابل ملاحظه مصرف انرژی به میزان ۲۸ تا ۴۷ درصد (بدون کنترل نور روز و با آن) می‌باشد. نتایج تحقیقات فوق درصد کمتری در راستای کاهش تقاضای بار سرمایشی نسبت به مدل بهینه تحقیق حاضر را اندازه گیری کرده‌اند.

۶- منابع

Aldossary, N.A., Rezgui, Y., & Kwan, A. (2014). Domestic energy consumption patterns in a hot and humid climate: a

[1] Malhotra

multiple-case study analysis. Applied Energy, 114,353-365.

Aldawoud, A,.(2013). Conventional fixed shading devices in comparison to an electrochromic glazing system in hot, dry climate. Energy and Buildings (59) 104-110.

Al Touma A,. Ouahrani,. D. (2018). The selection of brise soleil shading optical properties for energy conservation and glare removal: A case study in Qatar, Journal of Building Engineering.20:510-519.

Ansari, A., (2015). Introducing the historical context of Bushehr port. Sarvestan electronic magazine, (6) 16.

ASHRAE 55 (unmet load), Fanger PMV, Pierce PMV ET, Pierce PMV SET, Pierce Discomfort Index (DISC), Pierce Thermal Sens, Index (TSENS), Kansas Uni TS.

Casini, M., (2018). Active dynamic windows for buildings: A review, Renew. Energy.119:23-934. doi:10.1016/j.renene.2017.12.049.

Cheung, C.K., Fuller, R.J., Luther, M.B. (2015). Energy-efficient envelope design for high-rise apartments. Energy and Buildings.37 (37-48)

Chi, D.A., Moreno, D., Navarro, J., (2018). Correlating daylight availability metric with lighting, heating and cooling energy consumptions. Build. Environ. 132, 170–180.

Chow, D.H.C., Zheng, R.Y., Yan, C.W., (2016). Occupants' impact on indoor thermal comfort: a co-simulation study on stochastic control of solar shades. J. Build.Perform. Simul. 9 (3), 272–287

Dac-Khuong, B., Tuan Ngoc Nguyena, Ghazlana, A., Ngoc-Tri Ngob ,Tuan Duc Ngo,. (2020). Enhancing building energy efficiency by adaptive façade: A computational optimization approach. Applied Energy,265:114797.

Ferschin, P., Di Angelo, M., Brunner, G., (2015). July. Rapid prototyping for kinetic architecture. In Cybernetics and Intelligent Systems (CIS) and IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM), 2015 pp. 118–123.

Gao Y, Dong J, Isabella O, Santbergen R, Tan H, Zeman M, et al.(2018). A photovoltaic window with sun-tracking shading elements towards maximum power generation and non-glare daylighting. Appl Energy;228:1454–72.

Ghadiri Moghadam, M., Vaziri, V,. Sanayeian, H., Rashid Kalvir H,. (2020). Evaluation of the performance of static energy systems (Trump wall and greenhouse phenomenon) on the energy consumption of buildings in cold climates. Iranian Architecture and Urban Planning, Volume 10 (1), 25-36.

Ghiai, M., Mahdavinia, M., Parvane, F., & Jafarikhah, S. (2014). Relation between Energy Consumption and Window to Wall Ratio in High-Rise Office Buildings in Tehran.

Ghosh, A,. Subhasis Neogi,.(2018). Effect of fenestration geometrical factors on building energy consumption and performance evaluation of a new external solar shading device in warm and humid climatic condition. Solar Energy. 169(94-104).

Kahsay, M.T., G. Bitsuamlak, F. Tariku,. (2020). Effect of localized exterior convective heat transfer on high-rise building energy consumption, Build. Simul. 13: 127–139, https://doi.org/10.1007/s12273-019-0568-7.

Kasmaei, M., (2010). Zoning and guide to climate design, temperate and humid climate (Gilan and Mazandaran provinces), Tehran: Building and Housing Research Center Publications.

Liua, SH., Ting Kwoka, Y., Ka-Lun Laub, K,. Pak Wai Chane , Edward Nga, (2019)Investigating the energy saving potential of applying shading panels on opaque façades: A case study for residential buildings in Hong Kong. Energy & Buildings journal homepage193(78-91).: www.elsevier.com/locate/enbuild193,78-91.

NirajKunwara,KristenS.CetinbUlrikePassec,. (2021),Calibration of energy simulation using optimization for buildings with dynamic shading

systems, Volume 236, Energy and Buildings, 110787.

Ouahrani D , Al Touma,. A. (2017). Selection of Slat Separation-to-Width Ratio of Brise-soleil Shading Considering Energy Savings, CO2 Emissions and Visual Comfort – A Case Study in Qatar, Energy & Buildings, 17:32321-6, doi:10.1016/j.enbuild.2017.12.053

Park, J., Yeol Yun, B., Jin Chang, SH., Wi, S., Jeon, J., Kim, S,. (2020). Impact of a passive retrofit shading system on educational building to improve thermal comfort and energy consumption, Energy & Buildings. (20)30759-3 doi: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109.

Rodrigues E, Fernandes MS, Gaspar AR, Gomes Á, Costa JJ. (2019). Thermal transmittance effect on energy consumption of Mediterranean buildings with different thermal mass. Appl Energy.252:113437.

Sghiouri, H., Mezrhab, A,. Karkri, M., Naji, H,. (2018). Shading devices optimization to enhance thermal comfort and energy performance of a residential building in Morocco. Journal of Building Engineering, 17:30660-5, DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.03.018.

Sheng, L., Ting Kwok,y., Ka-Lun Lau, k., Chan, p., Edward N,. (2019). Investigating the energy saving potential of applying shading panels on opaque façades: A case study for residential buildings in Hong Kong. Energy & Buildings. 193 (78-91).

Susca, T., (2019). Green roofs to reduce building energy use? A review on key structural factors of green roofs and their effects on urban climate, Build. Environ.162:106273. doi:10.1016/j.buildenv.2019.106273.

Tahabaz, M., Jalilian, Sh., (2008). Principles of Climate Compatible Design in Iran with an Approach to Mosque Architecture, Shahid Beheshti University Press, Tehran.

Valladares-Rendón, L.G., GerdSchmid., Shang-LienLo,. (2017). Review on energy savings by solar control techniques and optimal building orientation for the strategic placement of façade shading systems. Energy and Buildings, 140 (458-479).

Yang, Q., Liu, M., Shu, C., Mmereki, D., Hossain, U., & Zhan, X. (2015). Impact Analysis of Window-Wall Ratio on Heating and Cooling Energy Consumption of Residential Buildings in Hot Summer and Cold Winter Zone in China. Journal of Engineering, 18(1),1-17.

Retrieved May11,2015, from http://www.hindawi.com/journals/je/2015/538254/

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نشریه‌ی علمی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

The optimal model of the facade morphology of residential buildings based on indoor air temperature control in hot and humid climate

Zahra Mehdinejad
Jamaledin Mehdinejad Darzi*
Fateme Mozafari Ghadikolaei

Abstract

Facade morphology, ledges, depressions, shading device, opening dimensions and their shape pattern, materials used in the facade are effective factors to control sunlight on the Building facades, reduce heat transfer to the interior and thus reduce the cooling load demand. Bushehr has a hot and humid climate with intense sunlight and high humidity. In recent years, Bushehr has the highest per capita household electricity consumption in the country; Therefore, it is necessary to study passive solutions to reduce air temperature and create thermal comfort conditions. The traditional buildings of Bushehr, using architectural solutions, provided thermal comfort conditions for the residents throughout the year. The purpose of this study is to identify and investigate the effect of using local architectural solutions in the facade of buildings to reduce the demand for cooling load of the building. The first step of the research is the purposeful selection of existing samples of native buildings as a native model and comparing the results of thermal performance with the current building as a basic model of the research. Climatic solutions in indigenous buildings to control solar radiation and reduce indoor air temperature include shanshir, tarmeh, deep and high windows, canopies of vertical and horizontal shutters, and limestone, coral, and brick materials in the facade. The above solutions were categorized in the form of variables and applied by simulation with Design Builder software and using climatic information of Climate Consultant software version 55 and Ashri thermal comfort model and collection of weather data from local station and field information on the basic research model. In order to answer the research questions, the effect of facade design strategies in Bushehr native architecture to reduce the indoor air temperature was investigated and the effect of opening dimensions and materials on the facade separately on the thermal performance of the base model was studied and the optimal variable was selected from each group. Then, the thermal performance of the building facade in 5 different modes of shading on the facade in combination with the optimal variables of opening dimensions and materials was investigated. Optimal variables were selected from the canopies and their thermal behavior was investigated to improve the thermal performance of the interior of future buildings of hot and humid climate. The results show that the optimum performance of the facade with 2 2 2 windows and white cementitious materials in the shade mode with lattice blades is reduced by 33% compared to the base model with a reduction in cooling load demand.

Keywords: energy consumption reduction, Bushehr native architecture, hot and humid climate, shading, facade materials, opening dimensions

corresponding author: zmehdinejad@yahoo.com, Shahid Rajaee Teacher Training University,Tehran,Iran