

## بررسی مصرف انرژی در طراحی ساختمان‌های اقامتی - تفریحی: مطالعه موردی جزیره مرجانی هندورابی

محمد محمدقلیان\*<sup>ID</sup> دانشجوی دوره دکتری معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، اصفهان، ایران

استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی،  
قزوین، ایران

حسین مدی<sup>ID</sup>

### چکیده

توسعه پایدار توریسم ساحلی در جزایر مرجانی، نیازمند رعایت ملاحظات زیست محیطی، کاهش هزینه‌ها در تأمین انرژی و ایجاد شرایط آسایش برای گردشگران است. از آنجا که در توسعه کالبدی سواحل توریستی، ساختمان‌ها، بیشترین مصرف کننده انرژی و نیز تولیدکننده ذباله، فاضلاب و آلودگی‌های محیطی هستند، ارائه راهکارهای مناسب در جهت اصلاح الگوی مصرف و کاهش آلاینده‌گی ضروری می‌باشد. در این پژوهش با بررسی زیست بوم جزیره مرجانی هندورابی و توجه به پارامترهای اقلیمی و محیطی آن، الگویی بهینه برای طراحی ساختمان‌های اقامتی و عمومی با رویکرد کاهش هزینه‌های انرژی مصرفی و آلاینده‌ها ارائه شده است. روش تحقیق براساس تحلیل زیست اقلیمی و انرژی و نیز رابطه ساختمان و محیط براساس مشاهدات میدانی و شبیه‌سازی بوده است. با استفاده از نرم افزار تحلیل گر محیطی Design Builder در شرایط غیر پویا میزان نیاز به انرژی در داخل و خارج بررسی و تحلیل گردیده است. نتیجه این پژوهش نشان داده که روش‌های غیر فعال، می‌تواند بخش مهمی از میزان انرژی مورد نیاز را از طریق تعامل با محیط تأمین کند و مقادیر آن را کاهش دهد. همچنین با استفاده از سایبان‌های ترکیبی افقی و عمودی، ایجاد حفاظ‌های تهویه پذیر بر روی پنجره‌ها، رواق‌ها پیوسته، مصالح سبک، و عایق‌های همگن و پلیمری، بهره‌گیری از آترویم و چرخش به سمت بادهای ساحلی، می‌توان هزینه تولید انرژی را تا ۷۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال کاهش داد و همچنین بار سرمایشی مورد نیاز را به طور قابل ملاحظه‌ای کم کرد. در نتایج تحقیق مشخص شده است که اجرای راهبردهای ارائه شده به طور غیر مستقیم منجر به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای تا ۱۲۶ تن در سال برای نمونه شبیه‌سازی شده می‌گردد.

واژگان کلیدی: گردشگری، طراحی اقلیمی، جزیره هندورابی، انرژی، هزینه، آسایش.

طبقه‌بندی JEL: O۱۳، R۵۸ P۲۸.

\* نویسنده مسئول: gholian.mohamad@yahoo.com

## ۱. مقدمه

صنعت گردشگری در دهه‌های گذشته با اقبال جهانی مواجه شده و یکی از شاخصه‌های رشد اقتصادی کشورها محسوب می‌شود. از میان انواع آن، گردشگری ساحلی مردمی‌ترین و محبوب‌ترین بخش گردشگری است که بالاترین نرخ رشد و سودآوری در میان سایر بخش‌ها گردشگری را دارد<sup>۱</sup>. مناطق ساحلی، در شمال و جنوب ایران خصوصاً جزایر مرجانی خلیج فارس، به علت آب شفاف و اکوسیستم زیبای زیر آب، دارای جاذبه‌های فراوان و همواره مورد استقبال گردشگران بوده است. از این‌رو از دهه‌های قبل جزیره کیش و اخیراً جزیره بکر هندورابی، مورد تقاضای توسعه صنعت گردشگری از سوی دولت و سرمایه‌گذاران بوده است. که متعاقب آن در سال ۱۳۸۹ هیأت دولت جزیره هندورابی را جهت توسعه گردشگری با رویکرد اکوتوریسم به کیش الحاق نمود. و در سال‌های اخیر سازمان منطقه آزاد کیش با احداث بندرگاه و فرودگاه در این جزیره زیبا، اقدامات عمرانی برای توسعه گردشگری را آغاز نموده است. از سوی دیگر، گزارش پایش‌های زیست‌محیطی نشان داده، توسعه و ساخت و ساز در دو جزیره کیش و قشم، بدون توجه به محیط زیست ویژه این جزایر، با تخریب وسیع این منابع همراه بوده به طوری که بخش عمده‌ای از آن قابل جبران نیست. افزایش کاربری‌های تفریحی بدون رعایت ملاحظات زیست‌محیطی، گسترش ساخت و سازها در بندرگاه و سازه‌های دریایی و استحصال زمین، سبب تخریب صخره‌های مرجانی در جزیره کیش شده است<sup>۲</sup>.

از آنجا که در توسعه کالبدی سواحل توریستی، طراحی و معماری ساختمان‌ها و مجموعه‌های گردشگری، نقش محوری دارند ارایه راهکارهای مناسب در جهت کمک به این هدف ضروری به نظر می‌رسد. بدیهی است که برنامه‌ریزی و فرآیند طراحی در مناطق ساحلی و جزایر که اساساً با پیچیدگی‌های عملکردی و زیست بومی مواجه هستند، همانند شهرها و نواحی در حاشیه کویر نیست و نیازمند نگرشی یکپارچه و محیط گراست. چنین توسعه‌هایی اغلب از لحاظ اکولوژیکی و تأثیرات اجتماعی زیان بار بوده‌اند زیرا که بدون مطالعات پایه از زیست بوم منطقه، برنامه‌ریزی و طراحی می‌شوند و در جهت تخریب

۱. ویسی (۱۳۹۴)

۲. قنبری و همکاران (۱۳۹۱)

آن گام بر می‌دارند. اگرچه این اثرات نمی‌توانند کاملاً حذف شوند اما از طریق یک چهارچوب صحیح برنامه‌ریزی و نظارت در بخش ساخت تفرجگاه‌ها می‌توانند تا حدود قابل ملاحظه‌ای کاهش یابند<sup>۱</sup>. یزدانی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه خود و با استناد به پژوهش‌های قبلی، موضوع سهم مصرف انرژی ۴۰ درصدی ساختمان‌ها را مورد توجه قرار داده‌اند و نشان دادند ساختمان‌ها در تولید بیش از ۳۰٪ از گازهای آلاینده و اثرات مخرب زیست‌مؤثرند. اما راه حل مشکل، برنامه‌ریزی براساس بهره‌گیری از یک مدل توسعه پایدار و تحقیق روی ویژگی‌های محیطی و طراحی یکپارچه<sup>۲</sup> می‌باشد. طراحی که براساس توجه توأمان در بهره‌گیری از منابع محیطی برای گردشگری تفریحی و آموزشی و افزایش قابلیت‌های کسب و کار در کنار امکان تداوم ساختارهای زیست‌محیطی اکوسیستم‌های زنده منطقه‌ارایه شده باشد. این هدف از طریق تشخیص مناطق حساس و حریم‌های لازم، تعیین شیوه‌های خلاقانه طراحی و زیرساخت‌های مناسب براساس امکان بازیافت منابع حیاتی، وابستگی حداقلی به مصرف سوخت‌های فسیلی، هماهنگی فرم و طرح ساختمان با ویژگی‌های طبیعی و بومی محلی، تأمین مصالح بومی سازگار با محیط امکان‌پذیر خواهد بود. در این پژوهش با بررسی زیست‌بوم جزیره هندورابی و توجه به پارامترهای شرایط اقلیمی و محیطی آن، الگویی بهینه برای طراحی ساختمان‌های اقامتی جزیره هندورابی با رویکرد پایداری‌ارایه خواهد شد. سؤال اصلی این تحقیق اینست که چگونه می‌توان با در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار نظیر فرم، محل و جهت قرارگیری ساختمان، تعبیه سایبان، رنگ بنا، جنس دیوارهای پیرامونی و نحوه زون‌بندی فضاهای داخلی گامی مؤثر در همراهی با طبیعت و کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و تأثیرات نامناسب سوخت‌های فسیلی برداشت؟

به منظور دستیابی به پاسخ این سوال ابتدا مبانی نظری و پیشینه تحقیق ارائه شده سپس در بخش سوم روش تحقیق، در بخش چهارم درباره جزیره هندورابی که منطقه مورد بررسی این تحقیق می‌باشد اطلاعات و تجزیه و تحلیل ارائه شده است. در بخش پنجم پیشنهادهایی برای اصلاح مصرف انرژی مطرح شده و در بخش ششم تحلیل اقتصادی این راهکارها بیان شده و در نهایت در بخش هفتم نتیجه‌گیری ارائه شده است.

---

۱. امرائی (۱۳۹۲)

## ۲. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

موضوع بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در کشور ما یک مقوله ملی است که نیازمند آگاهی و فعالیت تمامی افراد و گروه‌های مرتبط با این حوزه از جمله بخش صنعت ساختمان می‌باشد. ۴۰ درصد انرژی تولید شده سالیانه در بخش ساختمان مصرف می‌گردد و نیز نیمی از تولید گازهای گلخانه‌ای در این بخش است.<sup>۱</sup> از این‌رو طراحان و دست‌اندرکاران صنعت ساختمان می‌توانند با اتخاذ تصمیم‌های درست و طرح متناسب با شرایط محیطی نقش اصلی را در کاهش مصرف انرژی و متعاقباً کاهش تولید آلودگی‌های محیطی ایفا نمایند.<sup>۲</sup> همان‌طور که در پژوهش‌های پیشین اشاره شده است و در این پژوهش نشان داده خواهد شد، ویژگی‌های کالبدی ساختمان نظیر جهت قرارگیری بنا در سایت، فرم ساختمان، اندازه‌های پنجره‌ها، سایبان و نوع مصالح به کار رفته در ساخت بنا، در صورتیکه که درست انتخاب شود، می‌تواند در کاهش مصرف انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای و همین‌طور هزینه‌های بهره‌برداری به طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد.

با بررسی پژوهش‌های پیشین می‌توان سوابق موضوع را در چند گروه طبقه‌بندی کرد، برخی از پژوهش‌ها در خصوص، اصول طراحی ساختمان و محوطه با هدف کاهش مصرف انرژی و اثرات زیست‌محیطی انجام شده است. از جمله می‌توان به تحقیق یزدانی و همکاران (۱۳۹۴)، با عنوان «تأثیر فرم ساختمان بر میزان مصرف انرژی در جزیره کیش» اشاره کرد که نتایج آن نشان داد، انتخاب فرم صحیح بنا، توسط طراح و معمار، تأثیر بسزایی در کاهش مصرف انرژی دارد. رشیدزاده و دیگران (۱۳۹۱) نقش معماری و طراحی مجموعه‌های توریستی را در کاهش اثرات زیست‌محیطی بررسی کردند که نشان داد؛ به کارگیری شیوه‌های مختلف معماری، به ویژه بهره‌گیری از اصول جدید معماری پایدار و چگونگی طراحی چنین مجموعه‌هایی به طور مستقیم در کاهش میزان اثرات مخرب زیست‌محیطی مؤثر است. علاوه بر این، توجه به مکان‌یابی کاربری‌ها، توجه به بستر طبیعی طرح، توجه به پهنه‌بندی اقلیمی و استفاده از مصالح قابل بازیافت در کاهش اثرات مؤثر خواهد بود. مداحی و دیگران (۱۳۹۵) تأثیر ابعاد و اندازه پنجره در کاهش مصرف انرژی ساختمان را بررسی کردند که نشان دادند در صورت طراحی ابعاد پنجره براساس

1. Kamali (2014)  
2. M. mazor (2011)

جهت و نوع اقلیم منطقه، می‌توان مصرف انرژی را با تأمین روشنائی مورد نیاز کاهش داد. در مطالعات دیگری که روستایی و همکاران (۱۳۹۴) روی تأثیر سایبان‌های خارجی در کاهش مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی اقلیم گرم و مرطوب بوشهر انجام دادند نتایج حاکی از آن بود که در صورت طراحی مناسب سایبان، بار سرمایشی تا ۲۳ درصد کاهش می‌یابد. قریشی (۱۳۹۶) در تحقیق خود پارامترهای محدودکننده مصرف انرژی را بررسی نمود و نتیجه گرفت، در صورت رعایت ملاحظات اقلیمی محلی می‌توان تا ۱۵ درصد در مصرف انرژی سالیانه بناهای اقامتی صرفه‌جویی کرد. السلال و دیگران (۲۰۱۳) در پژوهشی روی بناهای حاشیه جنوبی خلیج فارس اظهار کردند، طراحی ساختمان‌ها بدون در نظر گرفتن طراحی صحیح فرم، جهت، و پیرامون آن‌ها می‌تواند به افزایش قابل توجه جذب حرارت و مصرف انرژی در تأمین آسایش بیانجامد.

از بررسی سوابق مطالعات مشخص می‌شود که برای دستیابی توأمان به صرفه‌جویی در مصرف انرژی و تأمین آسایش حرارتی، برخی از پژوهشگران یک رویکرد چند رشته‌ای را مورد استفاده قرار داده‌اند. بودایوی (۲۰۱۱) تأثیر اقدامات مختلف حفظ و بهره‌وری انرژی در سامانه‌های گرمایش و تهویه مطبوع<sup>۱</sup>، و ویژگی‌های آن‌ها بر عملکرد حرارتی ساختمان، از جمله آسایش حرارتی را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که در صورتی که ساختمان از قابلیت جذب حرارتی کمی برخوردار باشد، ساکنان می‌توانند دمای سامانه تهویه مطبوع را در تابستان بر روی درجه حرارتی بالاتری تنظیم نموده و به کاهش قابل توجه در مصرف انرژی - بدون کاهش آسایش حرارتی - دست یابند<sup>۲</sup>. همچنین الحمود و همکاران (۲۰۰۹)، شرایط مصرف انرژی و آسایش حرارتی<sup>۳</sup> مساجد واقع در مناطق گرم و مرطوب عربستان سعودی را مورد بررسی قرار داده و به نتایج مشابهی رسیده‌اند. یکی از مهم‌ترین یافته‌های آن‌ها این بود که استفاده از عایق‌بندی حرارتی محیط مساجد می‌تواند به تقویت قابل توجه آسایش حرارتی قابل قبول بیانجامد. در برخی از پژوهش‌ها به سیستم‌های غیر فعال سرمایش هم اشاره شده است. از جمله عماد موشتاها و عمر حلمی

---

1. HVAC

2. Tham (1993)

۳. آسایش حرارتی به شرایطی گفته می‌شود که درجه حرارت محیط به اندازه ایست که اکثر افراد در آن شرایط احساس آسایش و راحتی می‌نمایند این درجه حرارت بنا بر مطالعات تطبیقی انجام شده در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، برای ایرانیان در تابستان بین ۲۱ تا ۲۸ درجه سانتیگراد و در زمستان بین ۲۰/۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد برآورد شده است.

(۲۰۱۶) در پژوهش خود تأثیر فرم‌های ساختمانی را بر عملکرد حرارتی و بهبود شرایط آسایش حرارتی داخل ساختمان‌های مذهبی - عمومی در اقلیم گرم و مرطوب شهرهای حاشیه خلیج فارس مورد بررسی قرار دادند، نتایج تحقیق آنها نشان داد که:

۱. ساختمان‌هایی با سطح نمای کمتر، شرایط حرارتی بهتری و جذب گرمای پایین‌تری دارند. به طور خاص شکل هشت ضلعی در قیاس با اشکال مربع و مستطیل، بهترین فرم انتخاب شده برای طراحی مساجد و سالن‌های عمومی شناخته شد.

۲. علاوه بر انتخاب شیوه بهینه طراحی، گنجانیدن اجزاء غیر فعال؛ به ویژه عایق‌بندی حرارتی و سایه بان‌ها، در جداره ساختمان مساجد بهبود قابل توجهی در سطح آسایش حرارتی ایجاد می‌نماید، ممیزی انرژی در این مطالعه نشان داد که پس از اعمال این استراتژی‌های غیر فعال سرمایه‌ی، امکان کاهش بار خنک‌سازی تا ۱۰ درصد وجود دارد.

۳. اگرچه این بررسی در مساجد واقع در امارات متحده عربی با آب و هوای گرم و مرطوب صورت گرفته است اما راهکارهای ارائه شده در آن را می‌توان در احداث سایر ساختمان‌های این منطقه نیز به کار برد. این محققان بر این باورند که روش‌های کارآمدتر در کنار سنجش‌های دقیق‌تر، شرایط محیطی معماری ساختمان‌های مذهبی و عمومی را به شکل ارزشمندی با محیط زیست و اقلیم مناطق گرم و مرطوب هماهنگ می‌نماید.

هنان (۲۰۱۴) روی روش‌های غیر فعالی برای کاهش بار حرارتی سرمایه‌ی در ساختمان‌های مسکونی یک شهرک ساحلی در اقلیم گرم مرطوب شهر دبی مطالعه کرده و با استفاده از نرم افزار شبیه ساز انرژی *JES*، هشت راهکار غیر فعال برای کاهش بار سرمایه‌ی را آزموده است. نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از این روش‌ها، تغییرات دماهای داخلی در محدوده آسایشی قرار گرفتند. تحلیل کامل نشان داد این رویکرد دارای قابلیت خوبی برای کاهش بار سرمایه‌ی به اندازه ۹٪ می‌باشد که تأثیر مهمی در تولید گازهای گلخانه‌ای هم دارد. در کل مصرف انرژی سالیانه به اندازه ۲۳/۶ درصد کاهش پیدا خواهد کرد.

بخش دیگری از پژوهش‌ها به ضرورت به کارگیری الگوی طراحی اکولوژیک در طراحی ساختمانی اقامتی و گردشگری در سواحل و مناطق طبیعی اشاره دارند. برای مثال در تحقیق امرائی (۱۳۹۲) راهکارهای رویکرد پایداری اکولوژیک در طراحی تفرجگاه‌ها اکوتوریستی مورد توجه قرار گرفته است. در این کار، معیارهای طراحی چنین

مجموعه‌هایی بر شمرده شده و ظرفیت استفاده از گونه‌های معماری بومی منطقه با توجه به عملکرد غیر فعال آنها تأکید شده است. از جمله، اکرمی و دامیار (۱۳۹۵) در پژوهشی به بررسی اشتراکات معماری بومی و معماری پایدار از طریق پنج منظر مشارکت مردمی، ساخت‌گرایی طبیعی، الگوگرایی طبیعی، مطلق‌گرایی طبیعی و کل‌نگری پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که معماری بومی از هر نظر کاملاً الگویی ایده آل برای معماری پایدار بوده و به صورت کامل قابل الگو برداری هست.

در رابطه با مداخله و تصرف سایت جهت استقرار ساختمان‌ها در حریم‌های زیست بومی جزایر نیز پژوهش‌هایی وجود دارند که نحوه مکان‌یابی هتل‌ها و مجموعه‌های گردشگری را براساس کاهش تداخل اثرات محوطه‌سازی و آثار پسماندهای انسانی مطالعه نموده است. محمودی و همکاران (۱۳۸۹) تحقیق خود را با عنوان «پهنه‌بندی کاربری مطلوب در جزیره هندورابی با استفاده از ارزیابی چند معیاره مکانی» با دو محور محیطی - اکولوژیکی و اقتصادی - اجتماعی انجام داده و ۱۵ معیار را برای امکان استقرار مجموعه‌های گردشگری در جزیره هندورابی شناسایی کردند. نویسندگان به این نتیجه رسیدند که تنها ۴۳/۵ درصد از جزیره برای گردشگری قابل استفاده بوده و از آن میان ۲۵/۶ درصد برای فعالیت‌های نظیر سکونتگاهی مناسب است. این نتایج به شکل هشدار آمیزی نشان می‌دهد که رویکردهای قبلی در جزایر کیش و قشم تا چه اندازه مخاطره آمیز بوده است. در همین راستا عابدینی و دیگران (۱۳۹۱) در تحقیق خود، با روش ارزیابی چند معیاره مکانی، پهنه‌های مناسب گردشگری در جزیره هندورابی را براساس ۸ معیار اصلی و ۱۷ زیر معیار تعیین کردند چنان که ناحیه شمال شرقی برای استقرار اقامتگاه‌ها و کمپ‌های گردشگری - بدون تداخل با حریم‌های زیستی - مناسب تشخیص داده شد.

### ۳. روش تحقیق

تحلیل رابطه ساختمان و محیط و رعایت شرایط آسایش با استفاده از ایجاد یک مدل از ساختمان موجود و بررسی متغیرهای محیطی - مداخله گر و تأثیر پذیری متغیرهای وابسته که همان شرایط آسایش و ترازهای انرژی است، امکان پذیر شده است. نرم افزار تحلیل گر محیطی *Design Builder* در شرایط غیر پویا می‌تواند میزان نیاز به انرژی و محدوده‌های دمایی - رطوبتی را در داخل و خارج بررسی و تحلیل نماید. در مرحله‌ی اول، ساختمان موجود شبیه‌سازی و میزان تقاضای سرمایش و گرمایش برای آن‌ها محاسبه

شده است. سپس با توجه به تحلیل‌های زیست اقلیمی ساختمانی و الزامات طراحی اقلیمی بر گرفته از مطالعات پهنه‌بندی اقلیمی گروه هشت و زیر گروه ۳<sup>۱</sup>، عوامل محیطی مؤثر و پارامترهای غیرفعال، مثل نحوه استقرار، سطوح بازشوها میزان عایق جداره‌ها، گرمای ویژه و ظرفیت حرارتی مصالح و سایه اندازی، جهت بهینه کردن عملکرد حرارتی ساختمان بررسی شده است. برای انجام این کار هر کدام از پارامترها به صورت جداگانه شبیه‌سازی و تحلیل شده و نتایج مقایسه‌ها در احکام طراحی مطرح شده است. در مرحله‌ی بعد، ترکیب این پارامترهای بهینه‌ی منتخب، شبیه‌سازی شده است و میزان کاهش تقاضای انرژی محاسبه شده است.

دمای هوای مناسبی که به‌عنوان محدوده‌ی آسایش برای شبیه‌سازی ساختمان مورد نظر در نظر گرفته شده است، برای فضاهای اقامتی و اداری براساس معیار آسایش حرارتی استاندارد آمریکا<sup>۲</sup> *ASHRAE 2010-55* برابر ۲۱/۵ تا ۲۷ درجه سانتیگراد و براساس تجربیات موجود در محل انجام پروژه دمای فضاهای عمومی با ۱ درجه دامنه دمایی بیشتر برابر ۲۱/۵ تا ۲۸ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است.

در مسیر تعیین عملکرد حرارتی و میزان انرژی مصرفی در یک ساختمان اقامتگاهی موجود، شامل یک طبقه و به مساحت زیربنای تقریبی ۱۴۷۰ مترمربع، مدل اولیه در نرم افزار *Design Builder* ایجاد شد. در اولین قدم ساختمان موجود، بدون وجود طراحی هماهنگ با اقلیم، مورد ارزیابی قرار گرفت. در مرحله بعد، با توجه به مفاهیم زیست اقلیمی مستخرج از نمودار سایکرومتریکی گیوونی، عناصر غیرفعال مورد نیاز به صورت الحاقی به ساختمان اضافه شدند. محاسبه تراز انرژی برای بار سرمایشی، گرمایشی و روشنایی به صورت مجزا و در سه مرحله صورت گرفت. در گام سوم بهترین تمهیدات طراحی، منطبق با نیازهای آسایشی و کمترین تراز انرژی، در ترکیب فرمی و جزییات اجرایی مرحله به مرحله وارد شده و با شرایط موجود اولیه مقایسه شدند. که بالاترین بازده را داشته باشند انتخاب شده و به صورت مجموعه‌ای به ساختمان الحاق شدند. نتیجه حاصل از ترکیب تمامی این عوامل گواه نتیجه طراحی بهینه‌سازی ساختمان مذکور است.

۱. براساس مطالعات انجام شده در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن توسط دکتر مرتضی کسمایی در سال ۱۳۷۰،

مقاله ایران به هشت گروه اقلیمی و ۳۲ زیرگروه، از اقلیم شدیداً سرد تا بسیار گرم و مرطوب تقسیم‌بندی شده است

2. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.



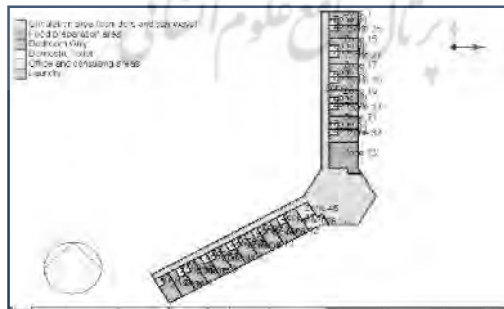
#### ۴. جزیره هندورابی - محدوده مورد مطالعه

هندورابی، جزیره ایست مرجانی، بکر و دست نخورده به وسعت ۲۱/۹۵ کیلومتر مربع، که یکی از جزایر سواحل شمالی خلیج فارس و جزء جزایر اقماری کیش در استان هرمزگان می باشد. فرم کلی جزیره به شکل بیضی نزدیک است. قطر بزرگ آن حدود ۷/۵ کیلومتر و قطر کوچک آن ۳ کیلومتر طول دارد. از نظر وضعیت ناهمواری ها و عوارض طبیعی، جزیره تقریباً هموار بوده و با شیب ملایمی به دریا منتهی می شود، از این رو مرتفع ترین نقطه آن از سطح دریا تنها ۱۱/۲۱ متر ارتفاع دارد. فاصله هندورابی تا بندر چپرویه در سرزمین اصلی ۹ کیلومتر و تا جزیره کیش ۲۸ کیلومتر می باشد (شکل ۱). جزیره هندورابی در فصل های مناسب با استقبال زیاد گردشگران برای غواصی روبرواست.

شکل ۱. تصویر هوایی از جزیره هندورابی - منبع مطالعات *iczm* کیش



شکل ۲. پلان ساختمان اقامتی در جزیره هندورابی - منبع طرح جامع هندورابی



منبع: یافته های تحقیق

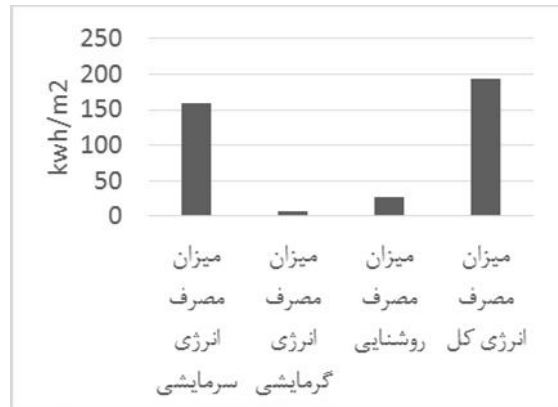
آب و هوای جزیره هندورابی در طبقه‌بندی اقلیمی در ناحیه بیابانی واقع شده است. البته این نوع اقلیم بیابانی با نواحی داخل کشور که از رطوبت نسبی فوق العاده ناچیزی برخوردار است، تفاوت دارد. درجه حرارت متوسط سالانه جزیره معمولاً از ۱۸ درجه سانتیگراد کمتر نمی‌شود. حداکثر دمای مطلق جزیره در ۴۶ درجه سانتیگراد اتفاق می‌افتد که این امر باعث بالا رفتن تبخیر شده و اشباع بخار در دمای بالا پدیده شرعی را ایجاد می‌کند. در جزیره هندورابی پربارش‌ترین فصل سال زمستان است و نظر به انطباق فصل خشک با ماههای گرم سال و نیز بالا بودن درصد بارندگی زمستانه نسبت به سایر فصول، می‌توان رژیم بارندگی منطقه را مدیترانه‌ای نامید.

بررسی معماری بومی جزیره کیش نشان دهنده نقش عوامل آب و هوایی در تعیین ساخت و ساز در این جزیره از اوان تاریخ بوده است. بافت پراکنده در این جزیره می‌تواند جوابی منطقی به کاهش رطوبت به وسیله جریان باد و نیاز به تهویه هوا باشد. این رویکرد را در بافت کهن کیش و سایر شهرها و روستاهای پهنه جنوبی کشور وجود داشته چنان که تا حد امکان از جریان باد برای کاهش رطوبت و دما استفاده نمایند.

#### ۱-۴. نتایج و تفسیر

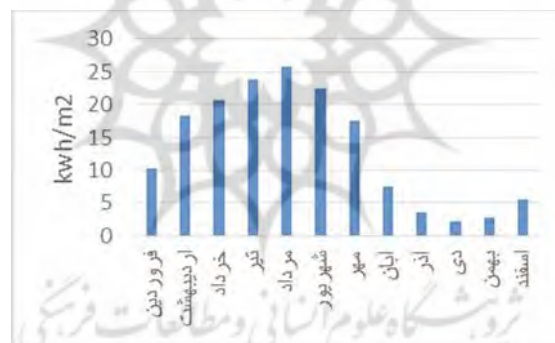
ساختمان موجود با فرض عملکرد دائمی سالانه، به شکل جزئی در سه بخش سرمایش، گرمایش و روشنایی مورد ارزیابی مصرف انرژی قرار گرفت. همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌گردد. میزان مصرف انرژی کل ساختمان برابر ۱۹۴ کیلو وات ساعت بر متر مربع است. در این ساختمان میزان مصرف انرژی الکتریکی برای تأمین انرژی سرمایشی (در طول روزهای گرم سال) توسط اسپلیت یونیت‌ها، بیشترین حجم مصرف را تشکیل می‌دهد که این موضوع به دلیل نوع اقلیم (گرم و مرطوب) قابل توجه است. در عوض میزان مصرف انرژی گرمایشی که در این بنا مصرف می‌شود بسیار اندک و در حدود ۶/۵ کیلو وات ساعت بر متر مربع است که صرف تأمین آب گرم جهت شستشو و استحمام می‌گردد. در حقیقت، میزان مصرف انرژی سرمایشی نسبت به گرمایشی تقریباً ۲۶ برابر است. در تمام ماه‌های سال نیاز غالب انرژی، تأمین سرمایش برای ساختمان است. در طی ماههای گرم نیاز سرمایشی افزایش می‌یابد و در طول فصل سرد کاهش می‌یابد (نمودار شماره ۲).

نمودار ۱. ترازهای مصرف انرژی در ساختمان به تفکیک نیازها



منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار ۲. میزان مصرف انرژی سرمایشی ساختمان در ماه‌های مختلف سال



منبع: یافته‌های تحقیق

لذا می‌توان اینطور استنباط کرد که تمام تلاش تأمین انرژی ساختمان بایستی معطوف تأمین انرژی سرمایشی گردد. قابل ذکر است که میزان انرژی که صرف روشنایی می‌شود نیز برای مجموع واحدهای اقامتی و خدماتی در حدود ۲۷ کیلو وات ساعت بر متر مربع محاسبه گردیده است که به واسطه وجود پرده‌های داخلی - جهت ایجاد حریم‌های شخصی و کاهش خیرگی - نیازمند روشنایی مصنوعی می‌باشند.

## ۵. پیشنهادهای اصلاح مصرف انرژی

جهت بهینه کردن شرایط آسایش و بهره‌برداری از توان غیرفعال ساختمان لازم است تا با استفاده از مفاهیم جدول زیست اقلیمی، نسبت به تعیین راهکارهای اولیه برای اصلاح و بهبود کالبدی ساختمان اقدام نمود. با توجه به نزدیکی و مشابهت زیاد شرایط آب و هوایی جزیره هندورابی و بندر لنگه در این تحقیق از نمودار آن مرکز استفاده شده است. در این نمودار بیش از ۳۰٪ از ماه‌های سال و ساعات روز آنها در محدوده نیاز به تهویه مطبوع قرار داشته و در تمامی شب نیازمند کوران هوا در داخل است. ساختمان‌ها در بخش زیادی از ماه‌های میانی سال در محدوده تهویه طبیعی و به کارگیری بادگیرهای بزرگ قرار دارند. در تمامی ماه‌های گرم و میانی سال به سایه بان‌های عمیق و مصالح با ظرفیت حرارتی کم نیاز است. در ماه‌های سرد و به هنگام شب و ابتدای صبح لازم است تا بازشوها بسته باشند و به این شکل در بیش از ۷۰ درصد از روزهای سال می‌توان با استفاده از رنگ روشن و عایق‌های حرارتی همگن، بدون تاسیسات شرایط آسایش را تأمین نمود.

### ۱-۵. بهبود شرایط حرارتی ساختمان با روش‌های غیرفعال<sup>۱</sup>

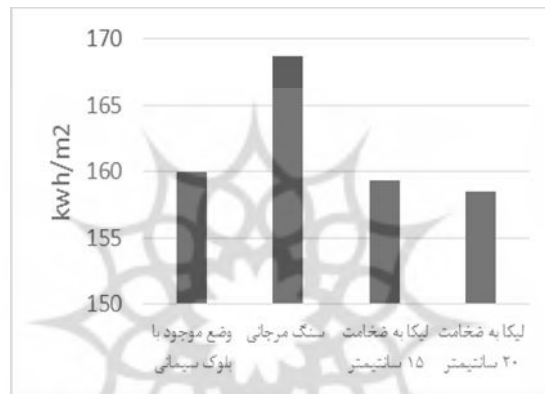
#### الف) استفاده از مصالح

یکی از شیوه‌های سنجش میزان تغییر حرارتی پوسته ساختمان، مطالعه رفتار حرارتی مصالح است. استفاده از سنگ‌های مرجانی سواحل خلیج فارس در گذشته مرسوم بوده است و در قلعه پرتغالی‌ها در جزیره هرمز به وفور به کار گرفته شده است. این نوع سنگ متخلخل که حاصل ته نشینی و فشردگی رسوبات مرجانی است، و در اثر حرکت امواج فرسایش یافته و به ساحل آورده می‌شود، به عنوان مصالح بوم آورد تلقی می‌گردد. سازگاری آن با محیط و جلوگیری از نفوذ رطوبت از مزایای این نوع سنگ‌ها به شمار می‌رود. این نوع سنگ دارای چگالی کم و ظرفیت حرارتی ناچیز است چنان‌که - در ضخامت زیاد دیوار - فضای داخل ساختمان را خنک نگاه می‌دارد. مصالح جدید با الگوگیری از چنین ویژگی به بازار آمده‌اند و نیازمند بهره‌برداری خردمندانه معماران و مهندسان هستند. براساس نتایج تحلیل مقایسه‌ای عملکرد حرارتی به دست آمده، استفاده از سنگ مرجانی در ضخامت ۲۰

۱. سیستم غیرفعال تدابیر و سازوکار است که بدون خرید تجهیزات و تاسیسات، سرمایه‌ش و گرمایش بنا را تأمین می‌کند. مانند استفاده از نور بیشتر در زمستان با انتخاب جهت قرارگیری بنا و یا رنگ نما.

سانتیمتر، میزان مصرف انرژی سرمایشی بنا را تا حدود ۸ کیلووات ساعت - نسبت به مصالح مشابه - افزایش می‌دهد اما استفاده از بلوک لیکا با همین ضخامت حدود ۲ کیلووات ساعت میزان مصرف انرژی سرمایشی سالانه در هر متر مربع را کاهش می‌دهد. به کارگیری بلوک سیمانی و سفال نیز بسیار نامناسب بوده و بار سرمایشی را افزایش می‌دهد. این مقدار با توجه به مساحت جداره‌های خارجی قابل توجه است.

نمودار ۳. میزان مصرف انرژی سرمایشی به ازای تغییر مصالح دیوار



منبع: یافته‌های تحقیقی

### ب) عایق کاری

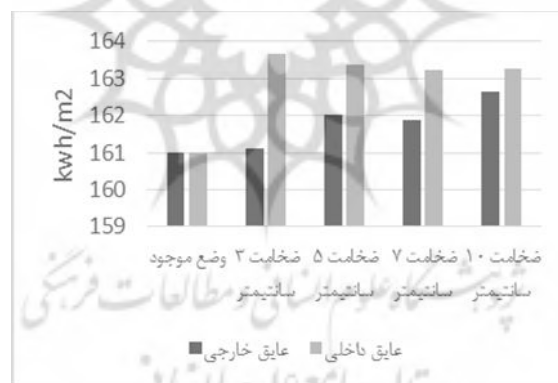
یکی از ساده‌ترین روش‌های کاهش مصرف انرژی در اقلیم‌های مختلف، استفاده از عایق حرارتی در سمت داخل و یا خارج جداره‌ها است. برای آزمودن استفاده از عایق بر روی ساختمان مورد مطالعه و تأثیر آن بر بار سرمایشی و شرایط آسایشی داخل، در دو قسمت جداگانه، دیوارها و بام عایق کاری حرارتی از جنس پلی استایرن اکسترود شده با ضخامت‌های متفاوت در مدل وارد شد. در مرحله عایق کاری دیوارها، در یک مرحله سطح دیوارهای جانبی ساختمان از سمت داخل عایق کاری شد و در مرحله‌ای دیگر از سمت خارج عایق کاری شد.

بر طبق نتایج به دست آمده، مطابق نمودار شکل ۸، استفاده از عایق در داخل دیوارهای پیرامون بنا، نه تنها میزان مصرف انرژی سرمایشی را نمی‌کاهد، بلکه آن را بالاتر نیز می‌برد.

این مسئله می‌تواند به دلیل این باشد که استفاده از عایق حرارتی پلیمری مانع از تهویه داخلی هوا و کاهش دمای مرطوب داخلی از جدارها می‌گردد. بر این اساس حرارت تولید شده در ساختمان در داخل ساختمان محبوس می‌شود و انرژی بیشتری برای خنک شدن می‌طلبد. بر این اساس استفاده از عایق‌های همگن با تخلخل کافی برای دیوارهای پیرامون بنا توصیه می‌گردد.

اما نتایج ارزیابی حاکی از اثر بسیار مطلوب استفاده از عایق در سمت خارج بام بنا، بر کاهش مصرف انرژی می‌باشد. به طوری که مصرف انرژی سرمایشی در حدود ۶۰ کیلووات ساعت بر متر مربع کاهش می‌یابد. استفاده از عایق‌های با ضخامت ۱۰ سانتیمتر اثر بیشتری در کاهش مصرف انرژی داشته و از جذب و هدایت حرارتی بیشتر ممانعت کرده است. لذا جهت کاهش مصرف انرژی سرمایشی استفاده از عایق حرارتی بر روی بام به شیوه بام وارونه توصیه می‌گردد.

نمودار ۴. میزان مصرف انرژی سرمایشی با اضافه کردن عایق در سمت داخل یا خارج دیوارها



منبع: یافته‌های تحقیق

یکی از روش‌های کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های واقع در اقلیم‌های گرم، دو جداره کردن پوسته‌های عمودی با یک لایه هوا است. شیوه دیگر استفاده از یک لایه عایق (پلی استایرن اکستروود شده) است که در بین دو لایه از بلوک سیمانی قرار بگیرد. در این پژوهش، ارزیابی اثر دوجداره کردن دیوار با تغییر ضخامت لایه هوا (در ضخامت ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتیمتر) صورت می‌گیرد. همان‌طور که شکل ۹ نشان می‌دهد؛ تنها

ضخامت لایه هوای ۵ سانتیمتری می‌تواند در حدی کمتر از ۱ کیلووات ساعت به ازای هر متر مربع از مصرف انرژی بکاهد. این موضوع حاکی از ناکارایی دو پوسته کردن ساختمان است. از سوی دیگر دوجدار کردن دیوار نیاز به تمهیدات ویژه‌ای جهت جلوگیری از تعریق در لایه هوا است. اما با استفاده از یک لایه عایق پلی استایرن اکستروژده در میان دو لایه دیوار، تا حدود ۲ کیلووات ساعت مصرف انرژی کاهش می‌یابد.

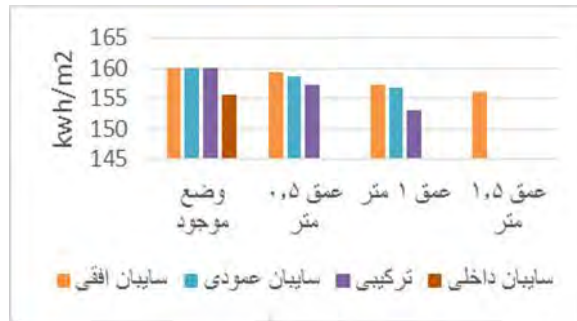
#### پ) اضافه کردن سایبان

ساختمان مورد مطالعه به خاطر نوع فرم و جهت گیری همه جانبه پنجره‌ها نیاز به تمهید ویژه‌ای از جانب بازوها دارد. در بال شمالی ساختمان پنجره‌ها رو به شرق و غرب و در بال جنوبی ساختمان، رو به جنوب شرقی و شمال غربی است. براین اساس در سه گام برای محاسبات و تحلیل سایه اندازی بر پنجره‌ها در نظر گرفته شد. در یک مرحله سایبان افقی با عمق ۰/۵ و ۱ و ۱/۵ متر در مدل وارد شد. در مرحله دوم سایبان عمودی و در مرحله آخر ترکیب دو سایبان بررسی گردید.

برطبق نمودار ۵ در نظر گرفتن سایبان عمودی نسبت به سایبان افقی بهتر می‌تواند مصرف انرژی سرمایشی را کم کند. لذا اگرچه استفاده از سایبان افقی نیز در کاهش مصرف انرژی مؤثر است، اما ترکیب آن با سایبان عمودی کاراتر می‌باشد. استفاده از سایبانی افقی به عمق یک متر، کاهش بار سرمایشی در حدود ۵ کیلووات ساعت بر متر مربع را در پی دارد. در حالی که استفاده از هردو سایبان افقی و عمودی، مصرف انرژی را در حدود ۷ کیلووات ساعت بر متر مربع کاهش خواهد داد. براساس ملاحظات معماری و هزینه‌های ساخت، سایبان افقی را می‌توان با عمق کمتر از یک متر به کار گرفت در حالی که باز شوهای وجوه شرقی و غربی با محافظ قابل تهویه تجهیز شده و یا از نور پراکنش یافت از سطوح مجاور سقف و دیوارها بهره ببرند. استفاده از سایبان‌های داخلی با ملاحظه عدم افزایش نیاز انرژی روشنایی (عدم تجاوز از میزان ۲۷ کیلووات ساعت نیاز روشنایی) در مرحله‌ای به طور مجزا بررسی گردید. در این گام از لوورهای داخلی (پرده‌های کرکره‌ای) با تنظیم میزان انرژی روشنایی ثابت (عدم تجاوز از میزان انرژی روشنایی ۲۷ کیلووات ساعت) استفاده گردید. استفاده از این نوع سایبان بسیار راحت و مقرون به صرفه است و از لحاظ کاهش میزان انرژی سرمایشی، حدود ۵ کیلووات ساعت میزان مصرف

انرژی سرمایشی را کاهش خواهد داد.

نمودار ۵. میزان مصرف انرژی سرمایشی با اضافه کردن سایبان



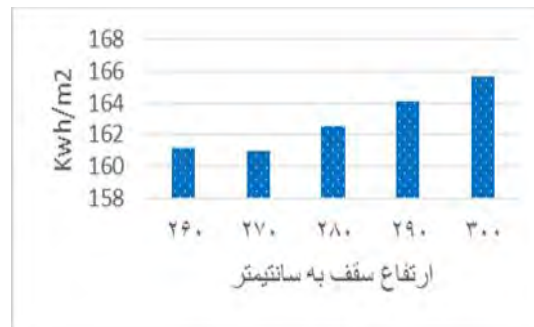
منبع: یافته‌های تحقیق

#### ت) تغییر ارتفاع سقف

یکی دیگر از راهکارهای پیشنهاد شده برای بررسی تأثیر آن در میزان مصرف انرژی، تغییر ارتفاع سقف است. در حالت کنونی، میزان ارتفاع سقف از کف تا زیر پوسته سقف، ۲۷۰ سانتیمتر است. در این مرحله با تغییر ارتفاع سقف در گامهای ۱۰ سانتیمتری، میزان مصرف انرژی ساختمان، شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد، نمودار ۶، با کاهش ارتفاع سقف، میزان مصرف انرژی سرمایشی مقدار کمی تغییر می‌کند. این موضوع می‌تواند به علت ممانعت صعود هوای گرم به زیر سقف باشد و با نزدیک تر شدن لایه هوای گرم به محدوده سکونت، انرژی بیشتری را برای خنک کردن هوا می‌طلبد. از طرف دیگر کاهش ارتفاع مفید بنا از لحاظ معماری و آسایش بصری و روانی، شرایط مطلوبی را فراهم نمی‌نماید.



نمودار ۶. میزان مصرف انرژی سرمایشی با تغییر ارتفاع سقف



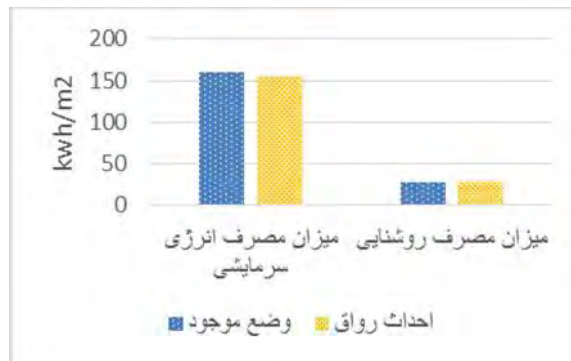
منبع: یافته‌های تحقیق

همچنین با اضافه کردن ارتفاع مفید سقف، مصرف انرژی افزایش می‌یابد. این امر به دلیل افزایش حجم هوایی که باید کنترل شود، قابل توجه است. بر این اساس آنچه روشن می‌گردد این است که تغییر ارتفاع سقف کمک شایانی به کاهش مصرف انرژی نمی‌نماید و شرایط فعلی مطلوب ارزیابی می‌شود.

### ث) استفاده از رواق پیرامون ساختمان

موضوع استفاده از فضای نیمه باز و سایه داری همچون احداث رواق پیرامون بنا، راهکار دیگری است که در این مطالعه مورد توجه قرار گرفت. رواق علاوه بر اینکه به عملکرد معماری کمک می‌نماید، بر روی پوسته بنا نیز سایه اندازی می‌کند و مانع تابش مستقیم آفتاب می‌گردد. با فرض احداث رواقی به عمق ۲ متر در پیرامون بنا، میزان مصرف انرژی بنا مجدداً شبیه‌سازی شد. نتایج این طور نشان می‌دهد نمودار ۷، که احداث رواق در پیرامون بنا، علاوه بر کیفیت‌های مؤثر معماری، میزان ۵ کیلووات ساعت از مصرف انرژی خواهد کاست. لذا تغییر عمق رواق مشخص گردید، احداث رواق در پیرامون بنا اگرچه در کاهش مصرف انرژی سرمایشی مفید است اما افزایش عمق آن در این امر چندان تغییری ایجاد نمی‌نماید.

نمودار ۷. میزان مصرف انرژی سرمایشی ساختمان موجود در مقایسه با احداث رواق در پیرامون بنا



منبع: یافته‌های تحقیق

### ج) استفاده از آتریوم

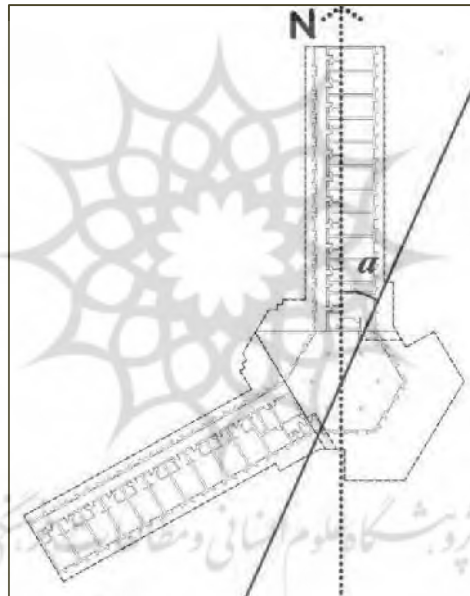
آتریوم از عناصری است که در مناطق سرد برای استحصال گرمای خورشید استفاده می‌شود. اما اگر شبه آتریومی در لابی استفاده شود که سقف آن شیشه‌ای نباشد و از پنجره‌های پیرامونی جهت تهویه استفاده شود، میزان مصرف انرژی را می‌تواند کاهش دهد. استفاده از این تکنیک می‌تواند میزان مصرف انرژی را تا ۴ کیلووات ساعت کاهش دهد. اما این تهویه باید به صورتی مناسب انجام گیرد. یعنی زمانی که جریان باد مناسب باشد و دمای هوای نیز اجازه دهد (خیلی گرم نباشد) از خنک‌ای نسیم و تهویه استفاده گردد. بر این اساس می‌توان از نرم‌افزار خواست تا دریچه‌ها را در زمان اختلاف دمای روز و شب (عموماً شب‌ها) باز کند تا جریان هوا ادامه یابد. این موضوع سبب کاهش مصرف انرژی بسیار خوبی در حدود ۸ کیلووات ساعت می‌گردد.

### چ) جهت‌گیری

برای بررسی دقیق جهت‌گیری صحیح ساختمان جهت بهره‌گیری از سرمایش و گرمایش خورشیدی، روش زیر به کار گرفته شد. با ثابت در نظر گرفتن تمام عوامل ساختمانی تأثیرگذار در مصرف انرژی نظیر حجم کاربران، مصالح ساختمانی، اندازه بازشوها، نوع کاربری فضاها و غیره، مصرف انرژی بنا با هر ده درجه چرخش از سمت مبنای صفر درجه شمالی (زاویه  $a$  نشان داده شده در شکل ۳)، شیب‌سازی شد. از آنجا که میزان نیاز مصرف انرژی گرمایشی بسیار اندک و قابل اغماض است، مبنای قضاوت برای میزان مصرف

انرژی ساختمان در جهت‌های مختلف، همان میزان مصرف انرژی سرمایشی لحاظ می‌گردد. از آنجا که فرم ساختمان مرکز گرا است، در هر چرخشی، بخشی از ساختمان به هر جهتی رو کرده است. لذا، در هر چرخش، تفاوت فاحشی میان مصرف انرژی ساختمان مشاهده نمی‌گردد. اما در جهتگیری مابین ۲۸۰ تا ۳۱۰ درجه نسبت به جهت شمال، تفاوت میزان مصرف انرژی سرمایشی، نسبت به جهت فعلی زیادتر می‌گردد. در این حالت در حدود ۱۰ کیلووات ساعت به ازای هر متر مربع کاهش مصرف انرژی سرمایشی در پی خواهد داشت.

شکل ۳. نمودار مقایسه مصرف انرژی براساس جهت‌گیری بنا



منبع: یافته‌های تحقیق

این میزان کم کاهش مصرف انرژی بنا بر نوع فرم ساختمان قابل توجه است. اما اگر فرم ساختمان به گونه‌ای غیر از مرکز گرا بود، آنگاه قاعدتاً میزان مصرف انرژی نسبت به جهت‌گیری‌های مختلف حساس‌تر می‌شد. در این حالت انتخاب صحیح جهت‌گیری مورد توجه قرار می‌گرفت.

## ۶. تحلیل اقتصادی

تحلیل اثرات اقتصادی اجرای راهبردهای ارایه شده در ساختمان‌های اقامتی در جزیره هندورابی در این بخش بررسی خواهد شد. قسمت اول، عایدی اقتصادی کاهش آلاینده‌گی و قسمت دوم صرفه‌جویی در هزینه‌ها مطرح می‌شود.

### ۶-۱. بررسی اقتصادی کاهش آلاینده‌گی

با توجه به اینکه اجرای راهبردهای غیر فعال ارایه شده در این تحقیق به طور مستقیم باعث کاهش بار سرمایشی ساختمان و پیرو آن کاهش مصرف انرژی الکتریکی و متعاقب آن، کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای حاصل از فرآیند نیروگاهی می‌گردد. ازین رو، از

جدول ۱. میزان کاهش مصرف انرژی راهبردهای سیستم غیر فعال

کاهش هزینه‌ها (ریال)	میزان کاهش مصرف انرژی			راهبرد	ردیف
	نوع تغییر	%	KIWh/m <sup>2</sup>		
۷۲۰	↓	--	۱	تغییر مصالح بلوک لیکا	۱
۴۳۲۰۰	↓	%۳۷	۶۰	عایق‌کاری بام وارونه حرارتی	
۷۲۰	↓	--	۱	دیوار دو جداره بالایه میانی ۵ cm	
۵۷۶۰	↓	%۵	۸	طبیعی آتریم	۲
۳۶۰۰	↓	%۴	۵	رواق پیرامون با عمق ۲ متر	۴

منبع: یافته‌های تحقیق

میان انواع آلاینده‌ها (آلاینده‌های آب، خاک و ...) به تأثیر اقتصادی کاهش تولید انرژی الکتریکی بر تولید آلاینده‌های هوا پرداخته شده است.

طبق محاسبات به عمل آمده حدوده ۳۷/۵ درصد انتشار کربن در سطح جهان ناشی از فعالیت‌های تولید برق می‌باشد<sup>۱</sup>. و براساس گزارش سازمان محیط زیست کشور در سال ۱۳۹۵ بیش از ۹۳ درصد از برق در کشور از طریق نیروگاه‌های حرارتی تولید می‌گردد. کاهش تولید یک کیوات ساعت برق می‌تواند تا ۱/۲ کیلوگرم از تولید گازهای گلخانه‌ای جلوگیری نماید.

جدول ۲. میزان کاهش تولید آلاینده‌های هوا در سال

نوع آلاینده‌گی	وزن (تن)
تولید گازهای گلخانه	۱۲۶

منبع: یافته‌های تحقیق

## ۲-۶. بررسی صرفه‌جویی در هزینه‌ها

از میان راهبردهای قابل ارایه ۵ راهبرد که براساس مطالعه شبیه‌سازی در کاهش مصرف انرژی مؤثر هستند انتخاب گردیدند: الف) استفاده از بلوک لیکا، ب) عایق حرارتی روی بام، پ) ایجاد آتریم، ت) تعبیه سایبان، ث) احداث رواق دور بنا  
براساس جدول ۲، میزان صرفه‌جویی برای یک ساختمان هتلی یک طبقه به مساحت ۱۴۰۰ مترمربع، در صورت رعایت راهبردهای پیشنهاد شده در این تحقیق در جزیره هندورابی (اقلیم گرم و مرطوب) صرفه‌جویی معادل ۷۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال به وجود خواهد آمد که برای کل هتل معادل ۱۰۵ هزار کیلووات بر ساعت خواهد شد.

جدول ۳. بهای انرژی *table 2. Cost of energy*

نوع انرژی	قیمت (ریال)
به ازای هر کیلووات ساعت گرمایش با گاز	—
به ازای هر کیلووات ساعت سرمایش با برق	۱۲۵ تن

منبع: وزارت نیرو

هزینه تمام شده برای هر کیلووات ساعت انرژی برق در ایران بدون احتساب یارانه برابر ۷۲۰۹ ریال می‌باشد<sup>۱</sup> که معادل صرفه‌جویی ۵۹۱۱۳۸ ریالی برای هر مترمربع در سال می‌باشد که با توجه به نیاز انرژی ۱۹۴ کیلووات بر ساعت، ساختمان مدل‌سازی شده، صرفه‌جویی ۴۲٪ در هزینه‌های تأمین انرژی و معادل ۷۵۶/۰۰۰/۰۰۰ ریال در سال خواهد شد.

جدول ۴. اضافه بهاء (خالص) اجرای راهبردها *table3. Cost of energy*

ماهه التفاوت قیمت (ریال)	راهبرد
۱۲۰/۰۰۰	بلوک لیکا - هر متر مربع دیوار
۳۰۰/۰۰۰	عایق حرارتی روی بام - مترمربع بام
۳/۰۰۰/۰۰۰	احداث آتریم - هر متر مربع در مقایسه با نورگیر مرکزی
هزینه اضافی ندارد	احداث سایبان تلفیقی - مترمربع طول
۴/۰۰۰/۰۰۰	احداث رواق پیرامون - مترمربع طول
۱/۷۲۰/۰۰۰/۰۰۰	برای ساختمان مورد مطالعه با مساحت زیر بنای ۱۴۰۰ مترمربع

منبع: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی - جداول فهرست بهاء سال ۹۷

جدول ۵. هزینه - درآمد *table4. Cost of energy*

قیمت (ریال)	نوع هزینه/درآمد
۱/۷۲۰/۰۰۰/۰۰۰	هزینه (خالص) اجرای راهبردها
۵۱۰/۰۰۰/۰۰۰	هزینه‌های بالاسری
۷۵۶/۰۰۰/۰۰۰	میزان صرفه‌جویی سالیانه

منبع: یافته‌های تحقیق

بعد از محاسبه اضافه هزینه اجرای راهبردها و میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی نقطه سر به سر محاسبه خواهد شد.

$$\text{نقطه سر به سر (سال)} = \frac{\text{اضافه هزینه اجرای راهبردها (ریال)}}{\text{صرفه‌جویی سالیانه (ریال)}}$$

۱. انجمن انرژی‌های تجدیدپذیر

نقطه سر به سر برای این هتل ۲/۹ سال حدود ۳۲ ماه خواهد بود. نقطه سر به سر به زمانی گفته میشود که پس از گذشت آن مدت میزان سودآوری و سرمایه گذاری یکی شود. بدین معنی که تا ۳۲ ماه هیچ سودی بابت اجرای راهبردها عاید بهره‌بردار نمی‌شود و پس از این مدت از ناحیه کاهش مصرف انرژی سود را مشاهده می‌کند.

## ۷. نتیجه‌گیری

در این تحقیق براساس نتایج مطالعات، نحوه استقرار مجموعه‌های گردشگری در جزایر جنوبی ایران با فرض رعایت حریم‌های زیست‌محیطی تبیین شد. تحقیقات انجام شده نشان داد که اغلب ساختمان‌های احداث شده در مناطق جنوبی و دو جزیره بزرگ خلیج فارس، بدون توجه به شرایط محیطی ساخته شده و برای تأمین شرایط آسایش از بار سرمایشی، تهویه مطبوع و روشنایی بالایی برخوردارند. تأمین انرژی از نیروگاههای فسیلی با هزینه و آلودگی بالایی روبرو است. مطابق یافته‌های تحقیق در صورت اجرای راهبردهای پیشنهاد شده می‌توان تا حدود ۱۲۶ تن از میزان آلایندها در سال کاست. که البته در جزایر جنوبی تأمین و تولید انرژی به مراتب پرهزینه‌تر و آلاینده‌تر است.

از آنجا که روش‌های غیر فعال، براساس تجربیات به دست آمده از معماری بومی منطقه و تحقیقات اخیر، می‌تواند بخش مهمی از میزان انرژی مورد نیاز را از طریق تعامل با محیط تأمین کند و یا مقادیر آن را کاهش دهد، نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از سایبان‌های ترکیبی افقی و عمودی و ایجاد حفاظ‌های تهویه پذیر بر روی پنجره‌ها و رواق‌ها پیوسته، تغییر مصالح به سمت مواد با ظرفیت حرارتی کمتر، کاربرد عایق‌های بام وارونه و عایق‌های پلیمری از بیرون جداره خارجی، ایجاد جریان‌های همرفتی با افزایش ارتفاع اتاق‌ها و ایجاد آترویم و چرخش به سمت بادهای ساحلی می‌توان تا ۷۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال از بار سرمایشی ساختمانی که به شکل متداول طراحی می‌شود، کاست. این میزان حدود ۴۰ درصد از هزینه‌های تأمین انرژی الکتریکی ساختمان یعنی حدود ۷۵۶/۰۰۰/۰۰۰ ریال را کاهش خواهد داد. بدیهی است که در مراحل طراحی و با توجه به روش‌های فعال تجدیدپذیر مانند پنل و آبگرمکن‌های خورشیدی و توربین‌های بادی و روش‌های غیر فعال در ساختمان با بازده انرژی بالا، می‌توان با مصرف انرژی کمتر

به شرایط آسایش برای گردشگران دست یافت، در حالی که با هزینه کمتر و محیط زیست پایدارتری برای جزایر مواجه خواهیم بود.

## منابع

- امرائی، عاطفه (۱۳۹۲)، «بررسی راهکارهای رویکرد اکولوژیک در طراحی تفرجگاه‌های آکوتوریستی، به عنوان گامی مؤثر در جهت پایداری زیست بوم جهانی»، *اولین همایش ملی گردشگری، جغرافیا و محیط زیست پایدار*، همدان.
- دیوسالار، اسدالله و شیخ اعظمی، علی (۱۳۹۰)، «برنامه‌ریزی فضایی توسعه ی پایدار شهرهای ساحلی نمونه موردی: شهر ساحلی نور»، *نشریه جغرافیا و توسعه*، شماره ۲۱، صفحات ۴۳-۶۴.
- رشیدزاده، الهام و شقاقی گندوانی، شهریار (۱۳۹۱)، «بررسی نقش معماری و اهمیت توجه به طراحی مجموعه‌های تفریحی - توریستی اکوتوریسم پایدار و کاهش اثرات زیست محیطی»، *دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست*، دانشگاه تهران.
- روستایی، سکینه و خداکرمی، جمال (۱۳۹۴)، «بررسی تأثیر سایبان خارجی بر میزان مصرف انرژی ساختمان نمونه موردی آپارتمان‌های مسکونی در اقلیم بوشهر»، *اولین کنگره سالیانه جهان و بحران انرژی*، شیراز.
- زاهدی، شمس السادات (۱۳۹۰)، «مبانی توریسم و اکوتوریسم پایدار با تأکید بر محیط زیست»، *انتشارات دانشگاه علامه طباطبایی*، شماره ۲۳.
- عابدینی، مطهره و وفادار، مجید (۱۳۹۱)، «گزینش پهنه‌های مناسب گردشگری در جزیره هندورابی با استفاده از ارزیابی چند معیاره مکانی»، *اولین کنفرانس بین‌المللی بحران‌های زیست محیطی و راهکارهای بهبود آن*، جزیره کیش.
- قریشی گلوگاهی، ابوالقاسم (۱۳۹۶)، «پارامترهای محدودکننده مصرف انرژی در ساختمان»، *اولین همایش بین‌المللی کاربرد علوم مهندسی در توسعه و پیشرفت ایران ۱۴۰۴*، تهران.
- قنبری، سیروس و ممقانی نسب، اشکان و احسان‌زاده، ناهید (۱۳۹۱)، «ارزیابی اثرات توسعه



گردشگری بر محیط زیست دریایی مطالع موردی جزیره کیش»، اولین همایش بین‌المللی بحران‌های زیست‌محیطی و راهکارهای بهبود آن، جزیره کیش.

محمودی، بیت‌اله و شریفی، رزیتا و دانه کار، افشین و عزیزی جلیلیان، منا (۱۳۸۹)، «پهنه‌بندی کاربری مطلوب اراضی در جزیره هندورابی با استفاده از ارزیابی چند معیاره مکانی»، نهمین همایش بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، تهران

مداحی، مهدی و عابدی، حسین و رحیمی، آتنا (۱۳۹۵)، «بررسی تأثیرات ابعاد پنجره با توجه به بهره‌گیری از انرژی خورشیدی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی»، پنجمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم تکنولوژی، لندن، انگلستان.

مرکز مطالعات دریایی وزارت جهاد و کشاورزی (۱۳۹۵)، مطالعات ICZM جزیره هندورابی، سازمان مناطق آزاد جزیره کیش.

وای‌گی، چاک (۱۳۸۲)، جهانگردی در چشم‌اندازی جامع، ترجمه علی پارسائیان و سید محمد اعرابی، انتشارات پژوهش‌های فرهنگی، ۱۳۸۲.

ویسی، هادی (۱۳۹۴)، «بررسی تأثیر ایدئولوژی سیاسی بر صنعت گردشگری، مطالع موردی ایران» مجله برنامه‌ریزی و توسعه گردشگری، سال چهارم، شماره ۱۴، صفحات ۴۵-۶۶.

یزدانی، حمید و آتشین جبین، آمنه (۱۳۹۴)، «تأثیر فرم بر میزان مصرف انرژی ساختمان با تحلیل احجام توسط نرم افزار دیزاین بیلدر در نمونه اقلیمی جزیره کیش»، اولین کنفرانس مهندسی عمران، معماری، شهرسازی و علوم جغرافیا، شیراز.

## References

- Al-Homoud, Mohammad S. and Adel A. Abdou, and Ismail M. Budaiwi. (2009) "Assessment of Monitored Energy Use and Thermal Comfort Conditions in Mosques in Hot-humid Climates", *Energy and Buildings* No. 41 (6), pp. 607-614.
- Al-Sallal, K. and L. Al-Rais, and M. Bin Dalmouk (2013) "Designing a Sustainable House in the Desert of Abu Dhabi", *Renewable Energy*, No. 49, pp. 80-84.
- Kamali, saeed (2014), "review of free cooling system using phase change material for building", *energy and building*, science direct, Vol. 80, pp. 131-136.

- M. mazor & m. s. al homoud, (2011), "performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials", *Journal of Building Physics*, No. 34, pp. 297-324.
- Mushtaha, emad and Helmy,omar (2016), "Impact of building forms on thermal performance and thermal comfort conditions in religious buildings in hot climates: a case study in Sharjah city", *International Journal of Sustainable Energy*, Vol. 36, No. 10, pp. 1-19.
- Taleb, Hanan M. (2014), "using passive cooling strategies to improve thermal performance and reduce energy consumption of residential buildings in U. A. E. buildings", *Frontiers of Architectural Research*, No. 3, pp. 154-165.
- Tham, K. W. (1993), "Energy Conservation without Sacrificing Thermal Comfort", *Building and Environment*, No. 28 (3), pp. 287-299.



## Energy Efficiency Study in the Design of Residential-Tourism Buildings: A Case Study of Hendurabi Coral Island

**Mohammad  
Mohammadgholian**

Art & Amp, Faculty of Architecture, Najafabad  
Branch, Azad University, Esfahan, Iran

**Hosein Medi**

Assistant Professor, Faculty of Architecture,  
Qazvin International University, Qazvin, Iran

### Abstract

Sustainable development of coastal tourism in the coral islands requires environmental considerations, cost reductions in energy supplies, and comfort for tourists. Regarding the fact that in the physical development of tourist beaches buildings are the prime energy consumer as well as waste, sewage and environmental pollutants producers, it is therefore necessary to provide appropriate policies aimed at correcting the pattern of consumption pattern and as well as reducing the pollution. In this research, by analyzing the ecosystem of the coral island of Honduran and considering its climatic and environmental parameters, an optimal model for designing residential and public buildings with the prime objective of reducing energy consumption and pollutants has been presented. The research methodology is based on bioclimatic and energy analysis as well as the relationship between building and the environment through field studies and simulation. By using the Design Builder software under the conditions of non-dynamic, the amount of energy needed is evaluated internally and externally. The results show that passive methods can reduce a significant portion of the required energy by interacting with the environment, hence reducing the energy consumption. Moreover, by using a combination of vertical and horizontal shades, creating ventilation shutters, continuously made porches, lightweight building material, homogeneous and polymer insulators, utilizing the atrium and rotation towards coastal wind would reduce the cost of generating energy by up to 75 Kwh/m<sup>2</sup> yearly while reducing the cooling load significantly. We have also demonstrated that the implementation of the proposed strategies would indirectly lead to a reduction of greenhouse gas emissions of up to 126 tons per year for the simulated sample.

**Keywords:** Tourism, Climatic Design, Hendourabi Island, Energy, Comfort, Cost.

**JEL Classification:** O13, P28, R58.

---

\* Corresponding Author: gholian.mohamad@yahoo.com