طراحی یک ساختمان مبتنی بر رویکرد معماری کربن صفر در شهر خرم آباد

نیلوفر عزیزی فرد
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
صلاح الدین مولانایی
استادیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۱

ارجاع به مقاله:
نیلوفر عزیزی فرد، صلاح الدین مولانایی، طراحی یک ساختمان مبتنی بر رویکرد معماری کربن صفر در شهر خرم آباد، *مهندسی و مدیریت ساخت*، ۱۴۰۳؛ ۹ (۲): ۴۱-۴۹.

چکیده

امروزه همه دنیا با بحران انرژی درگیر هستند بنابراین بایستی با اصول و برنامه ریزی درست منابع تجدید پذیر را جایگزین منابع تجدید ناپذیر کرد ،یکی از راهکارهای مهم استفاده از طراحی ساختمان ها مبتنی بر انرژی صفر است. هدف از پایان نامه حاضر طراحی یک ساختمان مبتنی بر رویکرد معماری کربن صفر در شهر خرم آباد است. روش پژوهش بصورت توصیفی - پیمایشی است. جامعه آماری در بخش کیفی ۱۲ نفر مصاحبه به عمل آمد. در بخش کمی ۱۳۶ نفر به عنوان نمونه آماری به صورت تصادفی طبقه‌ایی انتخاب شد. تجزیه و تحلیل با استفاده از از نرم افزار RISREL نسخه ۲۲ انجام شد. نتایج حاصل از مصاحبه با خبرگان به روش دلفی منجر به شناسایی ۱۱ شاخص اصلی یعنی (طراحی ساخت مناسب، بهینه‌سازی در انرژی، توجه به ملاحظات زیست محیطی، بکارگیری مناسب مصالح ساختمان، بهینه سازی هزینه ساخت، زیبایی نمای ساختمان، توجه به شرایط اقلیمی، جهت ساختمان، شیوه ذخیره گرما، میزان مصرف انرژی، چیدمان اتاق‌ها در ساختمان) شد.یافته‌های پژوهش نشان داد که شاخص‌ها استخراج شده برای طراحی یک ساختمان مبتنی بر رویکرد معماری کربن صفر بصورت مستقیم و غیر مستقیم باهم رابطه معناداری در سطح ۹۹٪ با هم دارند. نتایج شبیه سازی نشان داد که با استفاده از شاخص‌های کربن صفر در ساختمان شناسایی شده از نظر خبرگان، می‌توان مصرف انرژی را صورت بهینه کاهش یافت.

کلمات کلیدی
رویکرد معماری، کربن صفر، تعیین شاخص ها، شهر خرم آباد..

Designing a building based on a zero-carbon architectural approach in Khorramabad city

Niloufar Azizifard
M.Sc. Student, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
Salahodin Molanai
Assitant Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

***Corresponding author's email address:**
niloufar.azizifard@uok.ac.ir

How to cite this article:
Niloufar Azizifard, Salahodin Molanai, Designing a building based on a zero-carbon architectural approach in Khorramabad city, *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)*, 2025; 9(2): 41-49.

Abstract

Todey, the whole world is involved with the energy crisis therefore renewable resources should be repl aced by non-renewable resources with proper principles and planning. One of the important solutions to use the design of buildings based on zero energy. The aim of this thesis is to design a building based on a zero-carbon architectural approach in Khorramabad city. The research method is descriptive-survey. The statistical population in the qualitative section was 12 people interviewed. In the quantitative section, 136 people were selected as a random stratified statistical sample. The analysis was performed using RISREL version 22 software. The results of the interview with experts using the Delphi method led to the identification of 11 main indicators, namely (appropriate construction design, energy optimization, attention to environmental considerations, appropriate use of building materials, optimization of construction costs, beauty of the building facade, attention to climatic conditions, building orientation, heat storage method, energy consumption, arrangement of rooms in the building). The research findings showed that the indicators extracted for designing a building based on a zero-carbon architectural approach have a significant relationship with each other directly and indirectly at the 99% level. The simulation results showed that by using zero carbon indicators in the building identified by experts, energy consumption can be reduced optimally.

Keywords
Architectural approach, Determining indicators, Khorramabad city, Zero carbon.

۱- مقدمه

تفاوت طول عمر مفید ساختمان‌های بتنی در ایران در مقایسه با کشورهای پیشرفته دیگر بسیار زیاد است. در کشورهای صنعتی و پیشرفته به دلیل رعایت اصول سازه‌ای و استفاده از مصالح متناسب از دلایل عمده معطوف شدن نظرها به سمت ایده مصرف انرژی صفر ساختمان در واقع مناسب بودن انرژی‌های تجدید پذیر برای حذف آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای است، افزایش هزینه سوخت‌های فسیلی و تاثیرات مخرب آن‌ها بر روی محیط زیست و شرایط آب و هوایی و برهم زدن اکولوژیک زمین است. آمارها گویای آن است که

JECM
2025 , 9 (2)
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

بزرگ ترین عامل انهدام و آلودگی محیط زیست درمیان عوامل انسان ساخت، عبارت است از تولید، تبدیل ومصرف انواع انرژی، این درحالی است که نه تنها مصرف انرژی درجهان در سطح ثابتی باقی نخواهد ماند، بلکه پیش بینی‌ها، حاکی ازافزایش مصرف آن در سال های آتی ناشی از افزایش جمعیت، میل به رفاه و افزایش تولید ناخالص سرانه در جهان که پیش بینی می‌شود که افزایش ۵۰ درصدی را خواهد داشت. با توجه به موارد ذکر شده در صورت عدم برنامه‌ریزی و پیش‌بینی‌های لازم روند توسعه کشور بطور جدی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. ایده ساختمان‌های انرژی صفر(ZE) از یک سو بر اساس نیاز روز افزون انسان به انرژی و از سوی دیگر بر پایه نیاز به کاهش مصرف سوخت‌های آلوده کننده و غیر قابل بازیافت فسیلی شکل گرفته است.. این ساختمان‌ها در طول سال بر اساس نیاز مصرف انرژی خود، انرژی تولید می‌کنند. فیزیک و ساختار مناسب و استفاده از منابع تجدیدپذیر در این ساختمان‌ها،رسیدن به هدف فوق را تا حد زیادی میسر می‌سازد [۱].

امروزه یکی از معیارهای مهم در زمینه طراحی ساختمان توجه به کاهش نیاز به انرژی فسیلی است. و همواره طراحان و یا سازندگان سعی می‌کنند تا کمترین انرژی در ساختمان مصرف شود. مصرف زیاد انرژی اثرات زیانباری بر محیط زیست و اکوسیستم دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که ۳۸٪ کل انرژی در بخش ساختمان مصرف می‌شود. که بیشتر آن از فراوردهای نفتی و گاز طبیعی و همچنین الکتریسیته به دست می‌آید.در ایران در سال ۲۰۰۵ ۸ میلیارد دلار ارزش مالی مصرف انرژی پیش بینی شده است. که تا سال ۲۰۲۲ به ۱۷۸۵۹ میلیارد دلار خواهد رسید. که عدد بسیار بالایی است. به طور کلی به ازای هر متر مربع ۲/۶ تا۴ برابر در ساختمان مسکونی مصرف می‌شود. که استاندارد جهانی بالاتر است [۲]. مفهوم انرژی به دلیل روش‌های مختلف در تولید و نگهداشت آن و معیارهای اندازه‌گیری متفاوت است.

ایده‌ی ساختمان کربن صفر به دلیل راهکار برای حذف آلاینده ها و استفاده از انرژی های تجدیدپذیر مورد توجه است. طراحی اینگونه ساختمان‌ها به شکلی است که از انرژی‌های طبیعی مانند خورشید و باد با توجه به تکنولوژهای جدید استفاده می‌شود. وتبدیل به روشنایایی و سرمایش و گرمایش می‌شود [۳]. از علت‌های اصلی استفاده از این روش‌ها مناسب بودن مصرف آن و حذف آلایندهای آن نسبت به دیگر انرژی‌هاست[۴]. در طراحی ساختمان صفر مبتنی بر انرژی صفر بهینه‌سازی مصرف آن بیشترین اهمیت دارد. و با استفاده از روش‌های نو تعادلی بین میزان تولید و مصرف آن تعادل برقرار است [۵].

آمار و ارقام نشان می‌دهد که استفاده از انرژی‌هایی که میزان آلودگی را افزایش می‌دهند میزان آلودگی به بیش از اندازه ممکن خواهد رسید. و در نتیجه سبب افزایش گرمایش جهانی می‌شود [۶].

ساختمان مورد نظر به شکلی است که طراحی آن در منطقه جنوب شرقی شهر خرم آباد انجام می‌شود. به این دلیل است که در این قسمت نور خورشید بصورت مستقیم به ساختمان‌ها می‌تابد. و می‌توان با طراحی و جهت گیری شکل طراحی حداکثر استفاده بهینه از نور خورشید انجام داد. همچنین استفاده از مصالحی که میزان جذب انرژی خورشیدی در آنها حداکثراست استفاده می‌شود. اندازه در و پنجره‌ها همچنین فضاهای ورودی و خروجی ساختمان به شکلی انتخاب می‌شود که کم‌ترین هدر رفت انرژی در ساختمان طراحی شده داشته باشیم. همچنین استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر که زیانی به محیط زیست وارد نمی‌کنند در این طراحی مد نظر است. ابعاد این ساختمان ($18m^{2}*10m^{2}$) و جهت آن ۱۲درجه به سمت جنوب شرقی در نظر گرفته می‌شود. نفوذ جریان باد خارج ساختمان به داخل در طراحی ساختمان نیز لحاظ می‌شود.

امروزه طراحی ساختمان‌ها به شکلی پیش می‌رود که از انرژی کمتری استفاده شود. و یک فاکتور مهمی دیگری که امروزه بیشتر به آن توجه شده است. بحث محیط زیست و آلودگی‌های ناشی از آن است. که می‌بایست مورد توجه قرار بگیرد. طراحی ساختمان مبتنی بر انرژی صفر گامی به سوی معماری پایدار است. که از انرژی‌های طبیعی مثل باد و خورشید استفاده می شود. با توجه به جمعیت کشور و میزان دسترسی همه شهروندان به انرژی شرایط باید به شکلی پیش برود تا همه بتوانند از انرژی در جهت تامین سرمایش و گرمایش به نحو مطلوبی استفاده کنند. بنابراین ضرورت دارد که تحقیقی در این زمینه انجام شود. تا بتوان با راهکارهایی که ارائه می‌شود در قبال نتایجی که به دست می‌آید نهایت استفاده از انرژی شود.

۲- سوالات تحقیق

۱. مهم‌ترین شاخص‌های موثر بر معماری کربن صفر در ساختمان-های مسکونی کدامند؟

۲. اولویت بندی شاخص‌های موثر بر معماری کربن صفر در ساختمان‌های مسکونی چگونه است؟

۳.طراحی ساختمان مناسب بر مبنای معماری کربن صفر در شهر خرم آباد چگونه است؟

۳- پیشینه تحقیق

محمدی ده چشمه و همکاران [۷] پژوهشی تحت عنوان امکان سنجی راهبرد زیست محیطی شهر کربن صفر در شهر کرد انجام دادند. نتایج نشان داد که شاخص خلاقیت زیست محیطی مهم‌ترین شاخص و شاخص انرژی ناپایدارترین شاخص شناخته شد. شناخت بومی کربن در شهر کربن بالاتر از میانگین جهانی بود و کمتر از میانگین ایران بود. حبیب‌زاده [۸] پژوهشی تحت عنوان راهکارهای طراحی واحدهای مسکونی صفر انرژی با توجه به شرایط اقلیمی مناطق انجام داد. نتایج نشان داد که با بکارگیری تجهیزات فنی و معماری می‌توان بهترین طراحی برای ساختمان مبتنی بر انرزی صفر انجام داد. که مصرف انرزی در آن کمتر است.

فرامرزی اصل و همکاران [۹]، پژوهشی تحت عنوان بررسی رویکرد کربن صفر در مقیاس محله انجام دادند. نتایج نشان داد که پایداری محلات بر مبنای رویکرد کربن صفر؛ از یک سو در ارتباط با ساختارهای کلان شهری قرار دارد تا ضامن بقای انرژی و کاهش استفاده از انرژی های تجدید ناپذیر باشد؛ و از دیگر سو به سبک زندگی مردمانی بر می‌گردد که در محلات شهری ساکن هستند.

JECM
2025 , 9 (2)
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

ایرانپور [۱] پژوهشی تحت عنوان اصول مورد استفاده درساختمان-های کربن صفر (ZCB) انجام داد. از مهم‌ترین اصولی که در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفت. کاهش آلودگی‌های کربنی، بهینه سازی انرژی، سازگاری با محیط زیست،طراحی اصولی مبتنی بر معیارهای جهانی نام برد.

دهقان، و افهمی [۴] پژوهشی تحت عنوان بررسی راهکارهای طراحی ساختمان کربن صفر با بهره گیری از انرژی های نو انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد که راهکارهایی مانند طراحی مناسب، توجه به شرایط اقلیمی، استفاده از توربین های بادی و پانل های فتوولتائیک، سیستم‌های خوشیدی می‌توان نام برد.

پولینا تروفیموا و همکاران[۱۰] [۱۰] ارزیابی پس از اشغال کیفیت هوای داخل ساختمان و عملکرد حرارتی در یک ساختمان کربن صفر انجام دادند. نتایج نشان داد که میانگین دمای داخلی در تابستان۰/۹ درجه بیشتر از معیار استاندارد بود. در واقع ارزیابی ساکنین نمره مثبتی بود. رضایت کاربران از آکوستیک ساختمان خیلی زیاد بود. در مورد سرنشینانی که سندرم ساختمان بیمار دارند ، ۴۵/۸٪ از پاسخ دهندگان حداقل یکی از علائم را تجربه کرده‌اند.

کیجیان لی وی پن[۲] [۱۱] خوشه و نمونه‌های ساختمانها به سمت کربن صفر انجام داد. نتایج مطالعات موردی نمونه ها ، ادغام سیستم ها در استراتژی های "بهره وری انرژی و تولید و تأمین انرژی ساختمان" را نشان می‌دهد.

۴- روش تحقیق

این پژوهش در قالب پژوهش‌های کاربردی از نوع توصیفی و پیمایشی است . در مرحله اول پژوهش از ۱۲ نفر متخصص در زمینه معماری و شهرسازی در شهر خرم آباد مصاحبه به عمل آمد. جامعه مورد مطالعه در این قسمت از پژوهش که بصورت کیفی است. و بصورت هدفمند انتخاب شد. بعد از انجام مصاحبه، و استخراج مولفه‌ها برای هر کدام از شاخص‌های طرح شده چند سوال متناسب با آنچه که از متن مصاحبه‌ها استخراج شده طراحی شد. و در یک جامعه بزرگتر نگرش سنجی شد. تا دیدگاه‌های خود را در زمینه موضوع پژوهش را مطرح کنند. در این قسمت از پژوهش ۴۸۰ نفر از کارشناسان(مهندسان، مدیران، کارفرمایان معماری)، بعنوان جامعه آماری انتخاب شد. برای تعیین حجم نمونه در این قسمت از پژوهش از جدول کرجسی – مورگان استفاده شدو ۱۳۶ نفر بعنوان نمونه آماری انتخاب شد. شیوه نمونه گیری هم بصورت تصادفی طبقه‌ای بود. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS، RISREL نسخه ۲۲ انجام شد .

۵- تعیین شاخص‌ها

با استفاده از نظرات کارشناسان و خبرگان در حوزه مورد مطالعه و از طریق تکنیک دلفی استفاده شد و مهم‌ترین شاخص‌ها مشخص شدند. شیوه انتخاب افراد در تکنیک دلفی در این پژوهش از طریق نمونه‌گیری هدفمند یا قضاوتی بود. افرادی انتخاب شدند که با موضوع معماری کربن صفر در ساختمان آشنایی داشتند. تعداد راندهای دلفی در این پژوهش ۴ راند بود. نحوه امتیازدهی بر مبنای طیف لیکرت (تاثیر بسیار کم: ۱)، (تاثیر کم: ۲)، (تاثیر متوسط: ۳)، (تاثیر زیاد: ۴) و (تاثیر بسیار زیاد: ۵) صورت گرفت.

جدول ۱ شاخص‌های موثر بر رویکرد کربن صفر از نظر خبرگان

شاخص‌ها	
طراحی ساخت مناسب	توجه به شرایط اقلیمی
بهینه‌سازی در انرژی	جهت ساختمان
توجه به ملاحظات زیست محیطی	شیوه ذخیره گرما
بکارگیری مناسب مصالح ساختمان	میزان مصرف انرژی
بهینه سازی هزینه ساخت	چیدمان اتاق‌ها در ساختمان
زیبایی نمای ساختمان	

۶- روایی و پایایی شاخص‌های استخراج شده از متن مصاحبه‌ها

برای تعیین روایی شاخص‌های استخراج شده از متن مصاحبه‌ها از روایی همگرا(AVE) استفاده شد. که برای تایید آن باید همه شاخص‌های استخراج شده مقدار آنها بالای ۰/۵ باشد. همچنین برای تعیین پایایی مولفه‌ها از پایایی آلفای کرونباخ (CA) که مقدار آن بالای ۰/۷ باید باشد استفاده شد. همچنین از شاخص پایایی ترکیبی(CR) استفاده شد. و نتایج آن در جدول زیر مشاهده می‌شود.

جدول ۲ شاخص‌های موثر بر رویکرد کربن صفر از نظر خبرگان

شاخص‌های استخراج شده	CA	CR	AVE
طراحی ساخت مناسب	۰/۷۸۶	۰/۸۹۲	۰/۶۸۴
بهینه‌سازی در انرژی	۰/۷۷۹	۰/۸۶۷	۰/۶۵۹
توجه به ملاحظات زیست محیطی	۰/۸۴۱	۰/۸۳۲	۰/۶۵۱
بکارگیری مناسب مصالح ساختمان	۰/۷۷۵	۰/۸۳۲	۰/۶۴۶
بهینه سازی هزینه ساخت	۰/۷۶۴	۰/۷۴۹	۰/۵۹۳
زیبایی نمای ساختمان	۰/۷۵۱	۰/۷۳۶	۰/۵۷۴
توجه به شرایط اقلیمی	۰/۷۸۰	۰/۸۳۵	۰/۶۴۲
جهت ساختمان	۰/۸۲۱	۰/۸۳۳	۰/۶۲۸
شیوه ذخیره گرما	۰/۸۲۷	۰/۷۲۱	۰/۶۳۲
میزان مصرف انرژی	۰/۹۲۵	۰/۸۲۵	۰/۶۲۳
چیدمان اتاق‌ها در ساختمان	۰/۷۵۶	۰/۸۱۲	۰/۶۵۲

۷- آزمون کولموگروف- اسمیرنوف

با توجه به نتایج جدول (۳)، چون مقدار سطح معنی‌داری برای شاخص‌های مطرح شده در پژوهش (طراحی ساخت مناسب، بهینه-سازی در انرژی، توجه به ملاحظات زیست محیطی، بکارگیری مناسب مصالح ساختمان، بهینه سازی هزینه ساخت، زیبایی نمای ساختمان، توجه به شرایط اقلیمی، جهت ساختمان، شیوه ذخیره گرما، میزان مصرف انرژی، چیدمان اتاق‌ها در ساختمان)، بزرگتر از مقدار خطا ۰/۰۵ است در نتیجه این متغیرها دارای توزیع نرمال هستند. در نتیجه گفته می‌شود توزیع تمامی متغیرها نرمال بوده پس برای داده‌های این نمونه آماری می‌توان از آزمون‌های پارامتریک استفاده کرد.

۸- رتبه بندی شاخص‌های موثر بر رویکرد کربن صفر

برای تعیین رتبه‌بندی مولفه‌های شناسایی شده از مصاحبه‌ها از آزمون فریدمن استفاده شد. بر اساس این آزمون مولفه‌های که اولویت

JECM
2025 , 9 (2)
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

اول را داشتند. از میانگین رتبه‌ای بالاتری برخوردار بودند. و مولفه‌های که دارای درجه اهمیت پایین‌تری بودند. دارای میانگین رتبه‌ای پایین تری بودند. معیار این میانگین عدد ۵ بود و حداکثر میانگین عدد ۸ بود. بنابراین عامل‌هایی که پایین‌تر از ۵ بودند اهمیتی نداشتند. همانطور که در جدول(۴) مشاهده می‌شود. همه عامل‌ها میانگین رتبه‌ای بالاتر از عدد ۵ دارند.

جدول ۳ جدول آزمون کولموگروف اسمیرنوف

شاخص‌ها	مقدار آماره Z	سطح معنی داری	مقدار خطا	تایید	نتیجه گیری
طراحی ساخت مناسب	۸/۷۷	۰/۱۷۲	۰/۰۵	H_0	نرمال
بهینه‌سازی در انرژی	۸/۶۰	۰/۱۵۹	۰/۰۵	H_0	نرمال
توجه به ملاحظات زیست محیطی	۸/۲۴	۰/۱۴۶	۰/۰۵	H_0	نرمال
بکارگیری مناسب مصالح ساختمان	۷/۸۹	۰/۱۳۳	۰/۰۵	H_0	نرمال
بهینه سازی هزینه ساخت	۷/۵۶	۰/۱۴۷	۰/۰۵	H_0	نرمال
زیبایی نمای ساختمان	۷/۲۳	۰/۱۴۲	۰/۰۵	H_0	نرمال
توجه به شرایط اقلیمی	۶/۶۸	۰/۱۳۸	۰/۰۵	H_0	نرمال
جهت ساختمان	۵/۸۲	۰/۱۲۲	۰/۰۵	H_0	نرمال
شیوه ذخیره گرما	۴/۷۹	۰/۱۲۳	۰/۰۵	H_0	نرمال
میزان مصرف انرژی	۴/۷۵	۰/۱۴۲	۰/۰۵	H_0	نرمال
چیدمان اتاق‌ها در ساختمان	۴/۳۲	۰/۱۲۰	۰/۰۵	H_0	نرمال

(مأخذ: داده‌های پژوهش)

۹- الگوی ساختاری شاخص‌های پژوهش

همانطور که در جدول(۵)؛ مشاهده می‌شود شاخص‌های معماری کربن صفر بصورت مستقیم و غیر مستقیم رابطه معناداری در سطح ۹۹٪ با هم دارند. یعنی همه شاخص‌های شناسایی شده از نظر خبرگان در جهت طراحی یک ساختمان بهینه از لحاظ شاخص‌های مورد توجه در معماری کربن صفر در شهر خرم‌آباد با توجه به شرایط آب و هوایی آن مهم هستند. پس از تعیین روابط بین متغیرها، الگوی ساختاری پژوهش ترسیم شد. برای تعیین کفایت برازندگی الگوی پیشنهادی با داده‌ها، ترکیبی از شاخص‌های برازندگی مورد استفاده قرار گرفت. جدول (۶)؛ شاخص‌های برازندگی الگوی پیشنهادی را نشان می‌دهد. نخست برازش الگوی پیشنهادی براساس شاخص‌های برازندگی ارزیابی شده است.

جدول ۴: نتایج آزمون تی تک نمونه از نظر خبرگان

رتبه	مولفه‌ها	میانگین رتبه ای	درجه آزادی	آماره کای^2	سطح معناداری
۱	طراحی ساخت مناسب	۷/۸۵۷	۱۲	/۴۳۸ ۲۵۹	۰/۰۰۰
۲	بهینه‌سازی در انرژی	۷/۸۳۲			
۳	توجه به ملاحظات زیست محیطی	۷/۷۴۱			
۴	بکارگیری مناسب مصالح ساختمان	۷/۷۲۰			
۵	بهینه سازی هزینه ساخت	۷/۴۵۲			
۶	زیبایی نمای ساختمان	۷/۴۱۲			
۷	توجه به شرایط اقلیمی	۷/۳۶۵			
۸	جهت ساختمان	۷/۲۸۰			
۹	شیوه ذخیره گرما	۷/۲۲۱			
۱۰	میزان مصرف انرژی	۷/۱۸۲			
۱۱	چیدمان اتاق‌ها در ساختمان	۷/۱۳۷			

جدول ۵ ماتریس همبستگی بین شاخص‌های معماری کربن صفر

شاخص ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
معماری کربن صفر	۱											
طراحی ساخت مناسب	۰/۵۸**	۱										
بهینه‌سازی در انرژی	۰/۵۷**	۰/۵۶**	۱									
بهینه سازی هزینه ساخت	۰/۵۵**	۰/۴۹**	۰/۵۵**	۱								
بکارگیری مناسب مصالح ساختمان	۰/۵۲**	۰/۵۰**	۰/۵۰**	۰/۵۲**	۱							
توجه به ملاحظات زیست محیطی	۰/۵۴**	۰/۵۲**	۰/۴۸**	۰/۴۸**	۰/۵۴**	۱						
زیبایی نمای ساختمان	۰/۴۷**	۰/۴۵**	۰/۴۴**	۰/۴۷**	۰/۴۶**	۰/۴۷**	۱					
توجه به شرایط اقلیمی	۰/۴۶**	۰/۴۵**	۰/۴۳**	۰/۴۵**	۰/۴۴**	۰/۴۵**	۰/۴۶**	۱				
جهت ساختمان	۰/۴۵**	۰/۴۴**	۰/۴۳**	۰/۴۴**	۰/۴۵**	۰/۴۴**	۰/۴۵**	۰/۴۵**	۱			
شیوه ذخیره گرما	۰/۴۵**	۰/۴۳**	۰/۴۵**	۰/۴۲**	۰/۴۴**	۰/۴۳**	۰/۴۵**	۰/۴۴**	۰/۴۵**	۱		
میزان مصرف انرژی	۰/۴۴**	۰/۴۴**	۰/۴۳**	۰/۴۲**	۰/۴۴**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۴**	۰/۴۴**	۰/۴۴**	۱	
چیدمان اتاق‌ها در ساختمان	۰/۴۳**	۰/۴۲**	۰/۴۲**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۲**	۰/۴۱**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۱

JECM
9 (2) , 2025
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

طبق مندرجات جدول (۴-۵)؛ مقادیر شاخص‌های برازندگی الگوی پیشنهادی، شامل شاخص نسبت مجذور کای به درجه آزادی df /χ^2 ۲/۱۲۰، شاخص نیکویی برازش تعدیل شده AGFI ۰/۹۷، شاخص برازندگی هنجارشده NFI ۰/۹۸، شاخص برازندگی افزایشی CFI۰/۹۸، شاخص برازندگی تطبیقیIFI ۰/۹۸، شاخص برازندگی توکر- لویسTLI ۰/۹۸، و مقدار شاخص جذر میانگین مجذورات خطای تقریب RMSEA ۰/۰۳۲ نشان دادند. که الگوی پیشنهادی از برازش مناسبی برخوردار است. از آنجایی که مجذور خی تحت تاثیر حجم نمونه است، سطح معناداری مجذور خی به تنهایی ملاک معتبری برای ارزیابی برازش الگو نیست. بنابراین به منظور بررسی برازش الگو از سایر شاخص‌ها استفاده می شود. شاخص‌های IFI، TLI ، GFI ، CFI دارای دامنه صفر تا یک هستند، هرچه اندازه آنها با یک نزدیک تر شود بر برازندگی مطلوبتر الگو دلالت دارند. همچنین زمانی که RMSEA کوچکتر از ۰/۱۲۵؛ خی دو به هنجار نیز کوچک‌تر از مقدار ۳ و شاخص‌های PNFI و PCFI بزرگتر از مقدار ۰/۵ باشد، دلالت بر برازش مطلوب الگو دارد. بر اساس این نتایج می‌توان نتیجه گرفت که الگو پژوهش از برازش مطلوب برخوردار می‌باشد.

جدول۶ شاخص‌های برازندگی پیشنهادی در پژوهش مدل حاضر

RMSEA	**۰/۱۲۳**
TLI	**۰/۹۸**
IFI	**۰/۹۸**
CFI	**۰/۹۸**
NFI	**۰/۹۸**
AGFI	**۰/۹۸**
GFI	**۰/۹۸**
df /χ^2	**۱۲/۱۱۷**
df	**۳**
χ^2	**۷/۹۲۵**

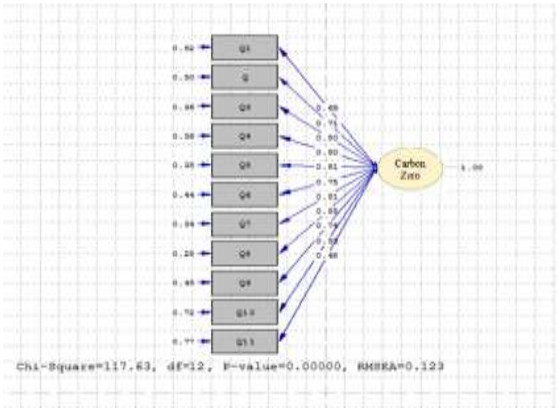
جدول ۷ شاخص‌های نیکویی برازش الگو پژوهش

شاخص برازندگی	دامنه قابل پذیرش	میزان بدست آمده
خی دو	-	۱۱۷/۶۳
سطح معنی داری	کمتر از ۰/۰۵	۰/۰۰۰
نسبت خی دو به درجه آزادی	کمتر از ۳	۲/۱۲۰
RMSEA	کمتر از ۰/۱۲۵	۰/۱۲۳
GFI	بزرگتر از ۰/۹	۰/۹۸
AGFA	بزرگتر از ۰/۹	۰/۹۷
PNFI	بزرگتر از ۰/۵	۰/۸۸
PCFI	بزرگتر از ۰/۵	۰/۸۸

شکل ۱ الگوی مفهومی شاخص‌های شاخص‌های معماری کربن صفر

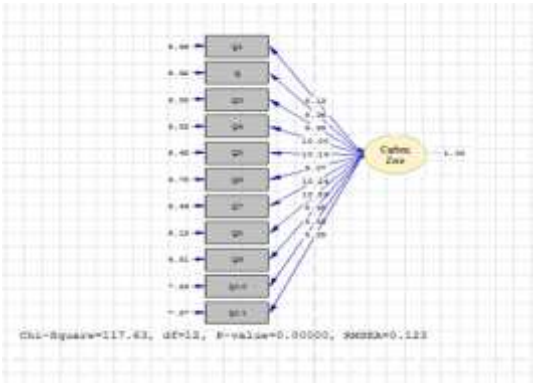
۱۰- آزمون تحلیل عاملی تاییدی شاخص‌های الگوی پیشنهادی

شکل (۲)؛ تحلیل عاملی تاییدی شاخص‌های الگوی پیشنهادی را در حالت تخمین استاندارد نشان می‌دهد. بارهای عاملی الگوی پیشنهادی در حالت تخمین استاندارد میزان تاثیر هر کدام از شاخص‌های را در توضیح و تبیین واریانس نمرات شاخص یا عامل اصلی نشان می‌دهد.



شکل ۲ تحلیل عاملی تاییدی شاخص‌های الگوی پیشنهادی در حالت تخمین استاندارد

خروجی بعدی(الگوی در حالت معناداری) معناداری ضرایب شاخص-های به‌دست آمده الگوی پیشنهادی و همبستگی شاخص‌های الگوی پیشنهادی تحقیق را نشان می‌دهد که تمامی ضرایب به‌دست آمده معنادار شده‌اند. مقادیر آزمون معناداری بزرگتر از ۱/۹۶ یا کوچک‌تر از ۱/۹۶- نشان‌دهنده معناداری بودن روابط است. دو خروجی نرم‌افزار لیزرل(الگوی پیشنهادی در حالت تخمین استاندارد در بالا و مدل در حالت ضرایب معناداری در پایین) نشان داده شده است. نتایج تخمین قسمت زیرین شکل(۴-۹)؛ حاکی از مناسب بودن نسبی شاخص‌ها دارد. با توجه به خروجی لیزرل مقدار $\chi 2$ محاسبه شده برابر با ۱۱۷/۶۳ می‌باشد. مقدار RMSEA نیز برابر با ۰/۱۲۳ می‌باشد. حد مجاز RMSEA، ۰/۱۲۳ است. شاخص‌های AGFI ,GFI **و** NFI به ترتیب برابر با ۰/۹۷، ۰/۹۸ و ۰/۸۸ می‌باشدکه نشان‌دهنده برازش بسیار بالایی می‌باشند.



شکل ۳ تحلیل عاملی تاییدی شاخص‌های الگوی پیشنهادی در حالت عدد معناداری

۱۱- طراحی ساختمان مبتنی بر انرژی صفر در شهر خرم آباد

جنبه‌ای از ساختمان که بایستی در درجه اول برای کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها مورد توجه واقع گردد، جنبه معماری است. برای دستیابی به طراحی معماری انرژی صفر، معماری ساختمان بایستی بر اساس شرایط اقلیمی طراحی گردد و پتانسیل‌ها و محدودیت‌های اقلیم مورد توجه قرار گیرد. از این رو اولین قدم در طراحی انرژی صفر، آگاهی دقیق از شرایط اقلیمی و تعیین پتانسیل‌ها و امکان‌های اقلیم محل قرارگیری ساختمان، برای دستیابی به یک معماری مبتنی و پاسخگو به اقلیم و در نتیجه یک معماری انرژی صفر است. بنابراین اولین گام در مسیر دسترسی به یک معماری انرژی صفر، تحلیل دقیق داده‌های اقلیمی می‌باشند. شهرخرم آباد با داشتن مناطق وسیع کوهستانی و کوه‌های مرتفع و همجنین قرارگرفتن در مسیر دو جبهه هوای باران‌زای مدیترانه‌ای از غرب و جبهه‌هایی که از اقیانوس هند از جنوب می وزد ، رطوبت زیادی جذب می‌کند و ار نظر اقلیمی دارای سه نوع آب و هوای مدیترانه‌ای (معتدل) آب وهوای سرد کوهستانی و آب وهوای نیمه صحرایی گرم است. ساختمان مسکونی با ابعاد ($۱۸۰ m^2$) طراحی شده است.

شکل ۴ پلان ساختمان مسکونی

جدول ۸ مجموع فضای معماری $۱۸۰ m^2$

	عنوان فضا	مساحت (مترمربع)
۱	تراس	۲۰
۲	لایی ورودی	۳،۵
۳	نشیمن	۵۴
۴	آشپزخانه	۱۹،۳
۵	مطبخ	۵،۱
۶	پستوی	۳،۴
۷	توالت	۵،۶
۸	لابی خصوصی	۵،۹
۹	حمام	۵،۱
۱۰	اتاق خواب	۱۳
۱۱	اتاق خواب	۱۵،۶
۱۲	کلوزت	۵،۵
۱۳	سرویس	۴
۱۴	خواب مستر	۲۰
	مجموع	**۱۸۰**

۱۲- نتیجه‌گیری

توجه به بهینه سازی در مصرف و تولید انرژی موضوع بسیار پر اهمیتی می‌باشد. غیر از سهم غیر قابل انکار آن در حفظ منابع انرژی فسیلی با کاهش میزان بهره برداری و توجه به آن ،زمینه مناسبی برای بهره‌گیری از منابع انرژی نو و تجدید پذیر فراهم می‌آورد. در واقع برای آن که بتوان از انرژی‌های نو و تجدید پذیر استفاده نمود، می‌بایست تا حد امکان تقاضای انرژی را کاهش داد. ساختمان‌های مبتنی بر انرژی صفر ساخته شده در نقاط مختلف دنیا، مانند ساختمانی که در این پژوهش، بسته به شرایط اقلیمی، نوع کاربری و میزان سرمایه گذاری، از فن‌آوری‌های مختلفی برای کاهش و تولید انرژی (دو رکن اصلی برای رسیدن به ساختمان انرژی صفر) بهره برده‌اند.

جدول ۹ اجزاء و پارامترهای ساختمان طراحی شده مبتنی بر انرژی صفر

اتلاف انرژی در اجزای ساختمان	مقدار	عناصر ساختمانی U (Value($w/m^2.k$)	مقدار
دیوار خارجی	٪۳۰-۲۵	دیوار خارجی	۰/۸
درب و پنجره	٪۲۵-۱۵	بام تخت یا شیب دار	۰/۳
درزهای ساختمان و نفوذ هوا	٪۲۰-۱۰	کف در تماس با خاک	۱/۴۸
سقف	٪۱۵-۱۰	جدار نورگذر	۲/۸
کف	٪۵	در	۳/۷
دمای داخلی ساختمان(دمای کنترل)	۲۴^0c	جدارهای مجاور فضای کنترل نشده	۰/۵۷
دمای تنظیمی کنترلرها در زمستان	۲۰^0c	مقدار آب گرم برای خانواده ۴ نفره	۲۳۵ گالن
دمای تنظیمی کنترلرها در تابستان	-۲۲^0c	مقدار آب گرم برای خانواده ۶ نفره	۵۱۲ گالن
دمای آب گرم مصرفی	۴۶^0c	مشخصات طراحی بهینه U (Value($w/m^2.k$)	
دمای آب ورودی به آبگرمکن	۱۶^0c	دیوار خارجی	۰/۱۰۹
سیستم‌های انرژی		پنجره	۰/۹۶۷
جهت ساختمان و پنلها و کلکتور	جنوب	سقف	۰/۰۷
تفاوت بین دمای خروجی و ورودی به کلکتور	۱۵^0c	کف	۰/۲۲۲
دو آبگرمکن از نوع لوله خلا	۲	جدار مجاور فضای کنترل نشده	۰/۲۴
سطح گیرنده	$۳/۹۵ m^2$	مصرف سالیانه انرژی الکتریکی	
زاویه قرارگیری آبگرمکن‌ها	۳۲^0	تجهیزات برقی	انرژی مصرفی(kwh)
میزان روشنایی	$۳۰۰ Lux$	روشنایی	۵۱۲/۴۴
ضریب عملکرد سیستم گرمایش	۰/۸۵	لوازم برقی	۲۶۴۵
		سیستم سرمایش	۴۱۳/۲۲

ایده ساختمان‌های مبتنی بر انرژی صفر(ZE) از یک سو بر اساس نیاز روز افزون انسان به انرژی و از سوی دیگر بر پایه نیاز به کاهش مصرف سوخت‌های آلوده کننده و غیر قابل بازیافت فسیلی شکل

گرفته است. این ساختمان‌ها در طول سال بر اساس نیاز مصرف انرژی خود، انرژی تولید می‌کنند. فیزیک و ساختار مناسب و استفاده از منابع تجدیدپذیر در این ساختمان‌ها،رسیدن به هدف فوق را تا حد زیادی میسر می‌سازد.

در طراحی ساختمان انرژی صفر علاوه بر رعایت موارد معمول و متداول در ساخت ساختمان‌ها، موارد ویژه نوین و پرهزینه‌ای نیز باید در نظر گرفته شود. از آنجا که انرژی مصرف شده در این ساختمان باید با استفاده از روش‌های ممکن تولید و تامین شود، لذا استفاده بیشتر انرژی در ساختمان، معادل با بزرگ شدن ظرفیت تولید انرژی در ساختمان می‌شود، بنابراین چنانچه این موضوع از نظر فنی مقدور باشد، شرایط فعلی اقتصادی کشور مانع از انجام طرح خواهد شد. بر این اساس در طراحی ساختمان‌های انرژی صفر اصولی چون شناخت لازم و کافی از اقلیم، بررسی دقیق محیط اطراف ساختمان (درختان، ساختمان‌ها و ...)، تمرکز بر طراحی غیر فعال و کاهش نیاز انرژی ساختمان (عایق‌کاری مناسب، سایبان، تهویه طبیعی و بهره‌گیری از نور روز)، بهره‌گیری از سیستم‌های کارآمد و راندمان، بالاتر در سیستم های الکتریکی و مکانیکی، چراغ‌ها ولامپ های پربازده و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید انرژی می‌بایست مورد نظر قرار گیرد.

در طراحی ساختمان‌های انرژی صفر لازم است ابتدا با بهره‌گیری از سیستم‌های غیر فعال، نیاز انرژی ساختمان را کاهش داد و با انتخاب تجهیزات مکانیکی و الکتریکی کارآمد، مصرف انرژی ساختمان را به حداقل رساند و در نهایت با بکارگیری انواع سیستم‌های تولید انرژی با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، جهت دستیابی به رویکرد انرژی صفر، معادل مصرف سالانه انرژی ساختمان، انرژی را در محل تولید کرد. در طراحی یک ساختمان انرژی صفر، معماری نقش حائز اهمیتی دارد. همچنین استفاده از نور و گرمای خورشید به صورت مستقیم و غیر مستقیم، استفاده از جریان طبیعی هوا، جهت گیری مناسب بنا و استفاده از انرژی های تجدید پذیر در رده‌های دیگر اهمیت قرار دارند. همچنین باید به این موضوع توجه نمود که در طراحی یک ساختمان انرژی صفر اصل مهم ، تولید انرژی نیست بلکه کاهش مصرف انرژی است که این اصل سبب کاهش۷۷ ٪مصرف انرژی در مقایسه با ساختمان‌های معمولی شده است. استفاده از سیستم کنترلی هوشمند و چند منطقه‌ای در یک ساختمان مبتنی بر انرژی صفر بسیار کلیدی می باشد. پیشنهاد می‌شود یک سیستم جامع برای دریافت اطلاعات شرایط داخلی و خارجی از سنسورها و ارسال فرمان راه اندازی به سیستم‌ها بررسی شود ونتایج را از لحاظ شرایط آسایش و مصرف انرژی با حالتی که کنترل به صورت دستی انجام می‌شود، مقایسه گردد. همچنین تاثیر پوشش گیاهی و نوع خاک در گرمایش و سرمایش زمینی در گلخانه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. بر اساس نتایج استخراج شده، با پیاده سازی استراتژی مدیریت انرژی پیشنهادی می‌توان کنترل پذیری و هماهنگی بهتری را بر روی ساختمان‌های مبتنی بر انرژی صفر ایجاد نمود.

نتایج تحلیل داده‌های آمار توصیفی نشان داد که؛ کل افراد نمونه ۱۳۶ نفر بوده که از این تعداد ۸۲ نفر از پاسخگویان مرد و ۳۴ نفر زن بودند، به عبارتی بیشتر افراد نمونه ۶۰/۲ درصد از پاسخگویان مرد و تنها ۳۹/۸ درصد نمونه آماری را زنان تشکیل داده‌اند. از لحاظ وضعیت تاهل؛ بیشتر افراد نمونه(کارشناسان) ۱۱۲ نفر (۸۲/۳ درصد)، متأهل بوده و تنها ۲۴ نفر از کل پاسخگویان (۱۷/۷ درصد)، مجرد بودند.از لحاظ وضعیت سنی؛ ۲۳ نفر از پاسخگویان (کارشناسان) کمتر از ۳۰ سال (۱۶/۹ درصد)، ۷۷ نفر بین ۳۰ تا ۴۰ سال (۵۶/۶ درصد)، ۳۶ نفر ۴۱ سال و بالاتر از آن (۲۶/۵ درصد)، سن داشتند. بیشترین درصد افراد فراوانی مربوط به گروه سنی ۴۰-۳۰ سال بوده به عبارتی بیشتر افرد نمونه میانسال بودند. از لحاظ وضعیت میزان تحصیلات؛ ۷۹ نفر از کل افراد نمونه (۵۸ درصد)، دارای مدرک تحصیلی لیسانس بودند، ۵۷ نفر (۴۲ درصد)، پاسخگویان دارای مدرک فوق لیسانس و بالاتر بودند. بیشترین فراوانی نشان دهنده این است که، اکثریت پاسخگویان از نظر تحصیلات دارای مدرک لیسانس بودند. از لحاظ وضعیت رشته تحصیلی؛ ۵۴ نفر از کل کارشناسان مورد مطالعه(۳۹/۷درصد)، فارغ التحصیل رشته فنی مهندسی(معماری) بودند، ۴۲ نفر (۱۵ درصد)، پاسخگویان فارغ التحصیل رشته تحصیلی علوم پایه، ۲۸ نفر (۲۰/۷ درصد)، فارغ التحصیل رشته‌های علوم انسانی بودند. همچنین ۱۲ نفر (۸/۸ درصد)، فارغ التحصیل سایر رشته‌ها بودند. بیشترین فراوانی نشان دهنده این‌است که، اکثریت پاسخگویان از نظر تحصیلات فارغ التحصیل رشته‌های فنی مهندسی(معماری) بودند. از لحاظ وضعیت سابقه فعالیت؛ از کل پاسخگویان این پژوهش، ۹/۶ درصد افراد نمونه کمتر از ۵ سال، ۴۰/۵ درصد پاسخگویان بین ۵ تا ۱۰ سال، ۴۵/۵ درصد نیز ۱۰ سال و بالاتر است سابقه فعالیت داشتند. با توجه به بیشترین فراوانی مشاهده شده است که ۴۵/۵ درصد پاسخگویان از سابقه فعالیت متوسطی برخوردار بودند.

نتایج حاصل از مصاحبه با خبرگان به روش دلفی منجر به تعیین مهم‌ترین شاخص‌ها در طراحی یک ساختمان مبتنی بر رویکرد معماری کربن صفر در شهر خرم آباد شد. از نظر خبرگان ۱۱ شاخص اصلی(طراحی ساخت مناسب، بهینه‌سازی در انرژی، توجه به ملاحظات زیست محیطی، بکارگیری مناسب مصالح ساختمان، بهینه سازی هزینه ساخت، زیبایی نمای ساختمان، توجه به شرایط اقلیمی، جهت ساختمان، شیوه ذخیره گرما، میزان مصرف انرژی، چیدمان اتاق‌ها در ساختمان)، مهم‌ترین شاخص‌ها انتخاب شدند.

نتایج حاصل از آزمون کولموگروف اسمیرنوف جهت تعیین نرمال و یا غیر نرمال بودن داده‌های آماری نشان داد که چون مقدار سطح معنی‌داری برای شاخص‌های مطرح شده در پژوهش (طراحی ساخت مناسب، بهینه‌سازی در انرژی، توجه به ملاحظات زیست محیطی، بکارگیری مناسب مصالح ساختمان، بهینه سازی هزینه ساخت، زیبایی نمای ساختمان، توجه به شرایط اقلیمی، جهت ساختمان، شیوه ذخیره گرما، میزان مصرف انرژی، چیدمان اتاق‌ها در ساختمان)، بزرگتر از مقدار خطا ۰/۰۵ است در نتیجه این متغیرها دارای توزیع نرمال هستند. در نتیجه گفته می‌شود توزیع تمامی متغیرها نرمال بوده پس برای داده‌های این نمونه آماری از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد.

جهت تعیین رتبه بندی شاخص‌ها از آزمون تی تک نمونه استفاده شد. نتایج حاصل از رتبه بندی شاخص‌ها نشان داد که در بین شاخص‌ها، طراحی ساخت مناسب(۷/۸۵۷)، بهینه‌سازی در انرژی(۷/۸۳۲)، توجه به ملاحظات زیست محیطی(۷/۷۴۱)، بکارگیری مناسب مصالح ساختمان(۷/۷۲۰)، بیشترین میانگین به

JECM
2025 , 9 (2)
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

خود اختصاص دادند. کمترین مقدار میانگین در این پژوهش ۵ و بیشترین میانگین عدد۸ بود.

پس از تعیین روابط بین متغیرها، الگوی ساختاری پژوهش ترسیم شد. برای تعیین کفایت برازندگی الگوی پیشنهادی با داده‌ها، ترکیبی از شاخص‌های برازندگی مورد استفاده قرار گرفت. شاخص‌های برازندگی الگوی پیشنهادی را نشان می‌دهد. نخست برازش الگوی پیشنهادی براساس شاخص‌های برازندگی ارزیابی شده است، طبق مندرجات جدول (۴-۵)؛ مقادیر شاخص‌های برازندگی الگوی پیشنهادی، شامل شاخص نسبت مجذور کای به درجه آزادی df /χ^2 ۲/۱۲۰، شاخص نیکویی برازش تعدیل شده AGFI ۰/۹۷، شاخص برازندگی هنجارشدهNFI ۰/۹۸، شاخص برازندگی افزایشی CFI۰/۹۸، شاخص برازندگی تطبیقیIFI ۰/۹۸، شاخص برازندگی توکر- لویسTLI ۰/۹۸، و مقدار شاخص جذر میانگین مجذورات خطای تقریب RMSEA ۰/۰۳۲ نشان دادند. که الگوی پیشنهادی از برازش مناسبی برخوردار است.از آنجایی که مجذور خی تحت تاثیر حجم نمونه است، سطح معناداری مجذور خی به تنهایی ملاک معتبری برای ارزیابی برازش الگو نیست. بنابراین به منظور بررسی برازش الگو از سایر شاخص‌ها استفاده می شود. شاخص‌های IFI، TLI ، GFI ، CFI دارای دامنه صفر تا یک هستند، هرچه اندازه آنها با یک نزدیک تر شود بر برازندگی مطلوبتر الگو دلالت دارند. همچنین زمانی که RMSEA کوچکتر از ۰/۱۲۵؛ خی دو به هنجار نیز کوچک‌تر از مقدار ۳ و شاخص‌های PNFI و PCFI بزرگتر از مقدار ۰/۵ باشد، دلالت بر برازش مطلوب الگو دارد. بر اساس این نتایج می‌توان نتیجه گرفت که الگو پژوهش از برازش مطلوب برخوردار می‌باشد.

برای طراحی ساختمان‌های مبتنی بر انرژی صفر می‌توان در فرآیند طراحی از مقطع برای بازنمایی و ارزیابی معیارهای طراحی از جمله نور، صدا، رفت وآمد، گردش هوا و... استفاده کرد. بدین منظور در مقاطع باید جهات جغرافیایی (شمالی- جنوبی یا شرقی- غربی) مقطع را نیز در نظر بگیریم. بهینه‌سازی مصرف انرژی و تامین انرژی از منابع تجدیدپذیر و غیرآلاینده از گام‌های مهم طراحی ساختمان-های مبتنی بر انرژی صفر است. به منظور کاهش مصرف انرژی بایستی طراحان ساختمان، اتلاف انرژی موجود در ساختمان را کاهش دهند. در نتیجه راهکار موجود استفاده از پنجره‌هایی با عملکرد بسیار بالا و عایقکاری دیوارها، بام و کف ساختمان می‌باشد. ضمناً موقعیت پنجره‌ها، دیوارها، ایوان‌ها، سایبان‌ها و درخت‌ها بایستی طوری جهت‌یابی شود که موجب ایجاد سایه در تابستان و بیشترین بهره خورشیدی در زمستان گردد. علاوه بر آن مکان مناسب پنجره می‌تواند باعث افزایش میزان نور روشنایی روز و کاهش مصرف انرژی الکتریکی روشنایی در طول روز گردد. مصالح ساختمان نیز از منظر زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. استفاده از تکنولوژی-های انرژی خورشیدی فعال و غیرفعال، انرژی الکتریکی خورشیدی استفاده از فضای سبز بر روی بام ساختمان از جمله راهکارهای موثر در این بخش محسوب می‌شود. استفاده از سیستم مدیریت یکپارچه ساختمان از دیگر راهکارهایی است که در این گونه ساختمان‌ها نقش بسزایی ایفا می‌کنند. این سیستم با اعمال کنترل بر روی بخش‌های مختلف ساختمان اعم از تاسیسات حرارتی و برودتی، روشنایی، اعلام حریق، درب‌های ساختمان و ... امکان مدیریت و کاهش مصارف انرژی را فراهم می‌سازد.

۱۳- پیشنهادها

- پیشنهاد می‌شود که از ساختمان‌های انرژی صفر به دلیل حذف آلاینده‌ها و استفاده از انرژی های تجدیدپذیر مورد مورد استفاده بیشتر سازندگان در شهر خرم آباد و شهرهای دیگر قرار بگیرد.
- خانه‌های انرژی صفر با تولید انرژی تجدیدپذیر کافی به صورت محلی، از طریق ترکیبی از فناوری‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر مثل انرژی خورشیدی، بادی و زیست توده، به همان میزان انرژی که در طول یکسال مصرف می‌کنند، انرژی تولید می‌کنند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که زمینه توسعه ساخت اینگونه خانه‌ها در سطح شهر با رعایت و اصول استانداردها ایجاد شود.
- پیشنهاد می‌شود که از ساختمان‌های انرژی صفر، از مصالحی استفاده شود که نه تنها آسیبی به محیط زیست وارد نکند. بلکه به حفظ محیط زیست نیز کمک کند.
- لزوم استفاده از پوشش گیاهی از نوع درختان خزان‌پذیر در نمای جنوبی و درختان همیشه سبز در نمای شرقی و غربی ساختمان برای استفاده حداکثر از انرژی خورشیدی.
- لزوم بازنگری در شرایط طراحی پیشنهاد شده در مبحث ۱۹ از مقررات ملی ساختمان ایران.
- لزوم استفاده از تجهیزات پربازده برای کاهش مصرف انرژی.
- استفاده بهینه از پتانسیل انرژی خورشیدی برای تامین کل یا بخشی از انرژی مورد نیاز ساختمان‌ها در ایران با توجه به سهم بالای کشور ایران از نقطه نظر دریافت تابش خورشیدی.
- لزوم بکارگیری اصول و شرایط مطلوب برای معماری ساختمان.
- لزوم توجه به شرایط آب و هوایی و اقلیم هر منطقه برای رسیدن به فرم مطلوب معماری ساختمان.

۱۴- تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافعی ندارند.

۱۵- حمایت مالی

این تحقیق از هیچگونه حمایت مالی‌ای برخوردار نبوده است.

۱۶- مراجع

[1] Iranpour, L. (2016). Principles used in Zero Carbon Buildings (ZCB), Second International Conference on Architecture, Civil Engineering and Urban Planning at the Beginning of the Third Millennium. (In Persian)

[2] Mahmoudi Zarandi, M. Ali Akbari, P., (2018), Zero energy in buildings (building energy zero), Sustainable urban management architecture, Civil Engineering Conference. (In Persian)

[3] Bagheri Shemirani, S., Mofidi, S. M. (2016), "From Zero Energy Buildings to Positive Energy Buildings", Second National Conference on New and Clean Energies. (In Persian)

[4] Dehghan, E. Afhemi, R. (2017); Studying Zero Carbon Building Design Solutions Using New Energy, International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning of Contemporary Iran. (In Persian)

[5] Yuehong L, Shengwei W, Kui S. (2019). Design optimization and optimal control of grid-connected and standalone nearly/net zero energy buildings. Applied Energy 155 (2019) 463-477

[6] Salvatore C, Shady A. (2019). Impact of different thermal comfort models on zero energy residential buildings in hot climate. Energy and Buildings 125 (2019) 126–132.
[7] Mohammadi Deh Cheshmeh, M. Ghaedi, S. Peyvan, N. (2019). Feasibility study of zero carbon city environmental strategy in Kurdish city, Journal of Geography and Environmental Planning, 31(3). (In Persian)
[8] Habibzadeh, Z. (2019). Design strategies for zero-energy residential units considering the climatic conditions of cold and dry mountainous regions, Third International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning. (In Persian)
[9] Faramarzi Asl, M. Hejazi, M. Bagher Dast, A. (2017), Investigating the Zero Carbon Approach at the Neighborhood Scale, International Conference on the Development of Macro-Infrastructures in Science and Engineering. (In Persian)
[10] Polina, T, Cheshmehzangi, A, Wu, D, and Craig Hancock. (2021), Post-Occupancy Evaluation of Indoor Air Quality and Thermal Performance in a Zero Carbon Building, Sustainability, 13, 667.
[11] kijian Li,.b. Wei Pan,.j. (2018), Clusters and Examples of Buildings Towards Zero Carbon, . Energy and Buildings 102, 117–128.

[1] Polina Trofimova et al.

[2] kijian Li Wei Pan

JECM
9 (2) , 2025
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

COPYRIGHTS
©2025 by the authors. Published by **Journal of Engineering & Construction Management (JECM)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)