مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره پانزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۱، صفحات ۵۵۹ تا ۵۸۴

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

توسعه یک مدل کمی جهت ارزیابی عملکرد ساختمان‌های سبز شهری: تحلیل عاملی اکتشافی و تاییدی

هدیه چُرُم[۱]، نبی اله منصوری[۲،*]، محمد حسن بهزادی[۳]

۱- گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲- گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۳- گروه آمار، دانشکده علوم و فناوری‌های همگرا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹

واژگان کلیدی: ساختمان سبز، مدلسازی، ارزیابی، تحلیل عاملی اکتشافی، تحلیل عامل تاییدی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
nmansourin@srbiau.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: با گسترش صنعت ساختمان سازی و ارتباط نزدیک آن با بلایای طبیعی، آلاینده‌ها و مسائل بهداشتی، این امر در دهه‌های اخیر برای محیط زیست نیز از اهمیت شایانی برخوردار شده است. هدف از این مطالعه توسعه یک مدل کمی درباره عملکرد ساختمان‌های سبز شهری با استفاده از تحلیل ضرایب اکتشافی و تاییدکننده است.

روش بررسی: مطالعه حاضر یک مطالعه تحلیل مقطعی بود که در سال ۱۳۹۹ در شهر تهران انجام گرفت. در ابتدا، معیارها اصلی و معیارهای فرعی مرتبط با ساختمان سبز جمع آوری شدند، و سپس روایی و پایایی محتوای پرسشنامه اصلی با کمک ۱۱ متخصص و با استفاده نسبت روایی محتوا و آلفای کرونباخ توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت. درنهایت پرسشنامه نهایی به ۲۹۵ کاربر ساختمان سبز داده شد تا عملکرد ساختمان سبز مدلسازی شود. جهت مدلسازی نهایی نیز از روش تحلیل عامل اکتشافی (EFA) و تحلیل عامل تاییدی (CFA) استفاده شد.

یافته‌ها: پرسشنامه نهایی شامل ۸ معیار اصلی و ۲۶ معیار فرعی به‌دست آمد. روایی و پایایی پرسشنامه براساس نتایج آزمون نسبت روایی محتوا و آلفای کرونباخ (آلفا بزرگ‌تر از ۰/۶) تایید شد. همچنین آزمون کروی بارتلت و مقیاس کیسر – میر – اولکین (KMO) کفایت نمونه‌ها برای نشان دادن همبستگی میان آیتم‌ها را تایید کردند (p<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که مدل ۸ ضریبی طراحی شده می‌تواند تاثیر عملکرد ساختمان سبز را به اندازه ۸۱/۶۴ درصد پیش بینی کند. همچنین نتایج CFA (مربع کای ۰/۰۹، ۰/۰۵ > RMSEA و ۰/۰۹۸ = CFI) تایید کننده تناسب مدل برای ارزیابی عملکرد ساختمان سبز است.

Please cite this article as: Chorom H, Mansouri N, Behzadi MH. Development of a quantitative model for performance assessment of urban green buildings: exploratory and confirmatory factor analysis. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;15(3):559-84.

Copyright © 2022 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

مقدمه

طبق آمار، ساختمان‌ها یکی از مصرف کنندگان اصلی منابع طبیعی هستند که ۴۰-۳۰ درصد انرژی جهان را مصرف می‌کنند، مطالعات نشان داده‌اند که گسیل گازهای گلخانه‌ای ((Green House Gases (GHG) آنها حدود ۴۰-۳۰ درصد، مصرف آب آنها تقریبا ۱۲درصد بوده و ۶۵-۴۵ درصد ضایعات را در طول یک سال تولید می‌کنند (۱، ۲). پیش بینی‌ها و تحلیل‌ها نشان می‌دهند که مصرف انرژی در ساختمان‌ها تا ۳۴ درصد در ۲۰۳۰ افزایش پیدا می‌کند، که ۶۷ درصد بوده و ۳۳ درصد را در بخش‌های داخلی و غیرداخلی به ترتیب نشان می‌دهد (۳). ساختمان‌های شهری از منابع اصلی مصرف منابع و انرژی بیش از حد هستند، و بنابراین از گسیل کننده‌های بزرگ GHG خواهند بود (۴، ۵). با رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی، دولت‌ها با مشکلات جدیدی مواجه می‌شوند، مثل گرمایش جهانی، کمبود منابع آب آشامیدنی و کمبود انرژی. از این‌رو، اکثر دولت‌ها به دنبال روش‌هایی برای کاهش اثرات این مسائل هستند (۶). یکی از راهکارهای مورد نظر در کشورهای صنعتی گسترش ساخت و ساز سبز است، که می‌تواند بر مبنای کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمانی باشد (۷).

ساختمان سبز دارای فرایندهای کارآمد و معتبر برای محیط زیست است که کل چرخه عمر ساختمان را از مکان تا طراحی، ساخت و ساز، عملیات، نگهداری، احیا، بازسازی و تخریب کاهش می‌دهد (۸). ساختمان سبز برای توسعه یک رویکرد سبز به معنای سازگاری فعالیت‌های انسانی با محیط زیست و کاهش اثرات زیانبار آن و نقش ساختمان‌های فعلی در تولید آلاینده‌ها و آسیب به سلامت انسان است (۹). Li و همکاران ساختمان سبز را برای حفظ منابع تا بالاترین سطح در حین چرخه عمر آن تعریف کردند، شامل زمین، انرژی، مواد، آب و غیره، و بنابراین میزان آلودگی را کاهش دادند، محیط را حفظ کردند، و برای افراد مکان‌های زندگی راحت و سالم را فراهم کردند (۱۰). برخی از مطالعاتی که بر کارایی انرژی و هزینه عملیاتی و نگهداری متمرکز می‌شوند گزارش می‌کنند که مصرف منابع ساختمانی سبز ۲۶ درصد کمتر است، هزینه نگهداری آن ۱۳ درصد کمتر است، و گسیل GHG ۳۳ درصد کمتر از هر ساختمان تجاری دیگری است. چند مطالعه بر مزایای ساختمان سبز برای عملکرد فردی، سلامت اجتماعی، و رضایت متمرکز شدند مزایای ساختمان‌های سبز و نقش آنها در پایداری به خوبی برقرار می‌شوند. ساختمان‌های سبز میزان ضایعات را کاهش می‌دهند، سبب کاهش آلودگی و آسیب به محیط زیست می‌شوند، از سلامتی ساکنین حفاظت می‌کنند، بهره‌وری کارکنان را بهبود می‌بخشند، مصرف منابع را کاهش و ارزش دارایی را افزایش می‌دهند، سبب افزایش درآمد می‌شوند، خطرات را کاهش می‌دهند و هزینه‌های چرخه عمر را به حداقل می‌رسانند (۱۱-۱۴).

در چند دهه اخیر، هدف تقویت ساختمان‌های سبز باعث شد که چند دولت و سازمان غیرانتفاعی در ظهور ابزارهای ارزیابی ساختمان سبز نقش داشتند (۱۵). یک روش ارزیابی ساختمان سبز ابزاری است که نشان می‌دهد یک ساختمان سبز است یا خیر و این باعث می‌شود که ساختمان‌ها بر حسب سبز بودن رتبه بندی شوند و با ساختمان‌های متداول مقایسه شوند، که این روش برای مقایسه بین ویژگی‌های سبز آنهاست (۱۶). همچنین، می‌توان از آن به عنوان یک ابزار مدیریتی برای توجه به نگرانی‌های زیست محیطی در طراحی، ساخت، و عملیات ساختمان‌ها استفاده کرد. در سال‌های اخیر، تلاش‌های پژوهشی برای توسعه روش‌های ارزیابی جدید ساختمان سبز و اصلاح روش‌های موجود برای ارزیابی عملکرد زیست محیطی ساختمان‌ها صورت پذیرفت، و تحلیل مقایسه‌ای با این تلاش‌ها انجام شد (۱۶-۱۹).

به دلیل کمبود مدل‌های ارزیابی کمیتی جهت تعیین عملکرد ساختمان‌های سبز شهری در ایران و عدم وجود معیارهای کاربردی، یک چارچوب مشخص برای طراحان و سایر متخصصان ساختمانی ارائه می‌شود. بنابراین، هدف این مطالعه ارائه برنامه‌ای از معیارها و معیارهای فرعی موثر در ارزیابی ساختمان‌های سبز است که ارتباط آنها را با یکدیگر به شکل یک مدل نشان می‌دهد. می‌توان از نتایج این مطالعه به شکل یک فهرست بررسی برای ارزیابی کمیتی و مقایسه ساختمان‌های

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

سبز شهری و نیز به شکل یک دستورالعمل ساختمانی سبز برای ارائه یک مرجع ارزشمند برای سیاستمداران شهری، دولتمردان، موسسات زیست محیطی و سازمان‌های اجرایی استفاده کرد. اهداف اصلی این مطالعه عبارتند از: ۱) تالیف یک فهرست اولیه از شاخص‌ها و شاخص‌های فرعی ساختمان سبز با دیدگاه اندازه گیری کمیتی، ۲) تکمیل شاخص‌های ساختمان سبز مطابق با متخصصان، ۳) تعیین شاخص‌ها و شاخص‌های فرعی با استفاده از یکی از روش‌های MCDM، ۴) ارائه یک مدل کمیتی برای تعیین عملکرد ساختمان‌های سبز، ۵) اجرای یک مطالعه موردکاوی برای تعیین عملکرد ساختمان‌های سبز در تهران.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک مطالعه تحلیل مقطعی است که در سال ۱۳۹۹ با هدف طراحی و ارزیابی یک ابزار برای ارزیابی عملکرد ساختمان سبز به منظور (حفاظت از منابع طبیعی و تجدید ناپذیر، بهبود کیفیت آب و هوا، کاستن هزینه‌های عملیاتی و اجرایی، بهبود تمامی جنبه‌های کیفیت زیستی شهروندان، بهبود کیفیت زیباشناسی و ...) و درنهایت مدلسازی بین عوامل موثر بر عملکرد ساختمانی در ساختمان‌های مسکونی شهر تهران انجام شده است. نمونه‌ها به صورت تصادفی دو مرحله‌ای انتخاب شدند، به صورتی که در مرحله اول ۴ منطقه از بین مناطق ۲۲ گانه انتخاب شد و در مرحله بعد ساختمان‌ها به صورت تصادفی و مساوی از بین ساختمان‌های مناطق ۴ گانه انتخاب شدند.

_ طراحی پرسشنامه

تدوین معیارها

در ابتدا، برای شناسایی معیارهای اصلی و معیارهای فرعی ساختمان سبز، مطالعه گسترده‌ای روی منابع پژوهش با رویکرد استفاده از آنها در شرایط کشوری و با تعیین خصوصیات آنها اجرا شد. پایگاه داده‌های علمی، مقالات، کتاب‌ها، پایان نامه‌ها و گزارش‌های علمی برای استخراج شاخص‌های مرتبط با استفاده از کلید واژه‌های (شاخص‌های ساختمان سبز، معیارهای ساختمان سبز، بهره وری ساختمان، بهبود کیفیت ساختمان) مورد استفاده قرار گرفتند. سپس از ۱۱ نفر از متخصصان محیط زیست در دانشگاه‌ها، سازمان حفاظت از محیط زیست، متخصصان شهرداری برای تدوین فهرست معیارهای اصلی و فرعی در ارزیابی ساختمان‌های سبز استفاده شد.

در مرحله بعدی، از این فهرست برای تدوین پرسشنامه (ضمائم) استفاده شد. این پرسشنامه در قالب دو بخش طراحی شد. بخش اول شامل پاسخ‌های متخصصان برای ارزیابی محتوا و بخش دوم شامل پاسخ کاربران برای مدلسازی نهایی بود. از داده‌های حاصله برای ارزیابی پرسشنامه اول و بررسی و تایید مدل نهایی استفاده شد.

روایی و پایایی

در این مطالعه، از نسبت روایی محتوا (CVR) برای روایی محتوای پرسشنامه اولیه براساس نظرات متخصصان استفاده شد. در محاسبه CVR، متخصصان به هر یک از سوالات در سه نوع شرایط ضروری، مفید اما نه ضروری، و غیرضروری پاسخ دادند. رای اعضای گروه برای گزینه ضروری از طریق نسبت روایی محتوا ارزیابی شد. برای این منظور، رابطه و جدول حداقل مقدار قابل قبول CVR ارائه شده توسط گیلبرت مورد استفاده قرار گرفت (۲۰). با در نظر گرفتن آن که در این مطالعه تعداد اعضای گروه ارزیابی روایی و پایایی برابر ۱۱ بود، مقدار قابل قبول CVR برابر ۰/۵۹ در نظر گرفته شد (۲۱). به منظور تعیین پایایی از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. برای تایید پایایی پرسشنامه مقدار آلفای کرونباخ باید بیشتر از ۰/۰۷۷ باشد (۲۲).

مدلسازی نهایی

بعد از محاسبه روایی و پایایی پرسشنامه اولیه و تکمیل معیارهای اصلی و فرعی، پرسشنامه نهایی به کاربران داده شد تا مدلسازی در بین عوامل موثر برای عملکرد ساختمان سبز انجام شود. این پرسشنامه شامل همه عوامل مثل سن، جنسیت، سطح تحصیلات، زمینه مطالعه و سطح تجربه پیشنهادی متخصصان بود. این پرسشنامه دارای مقیاس لیکرت ۹ امتیازی بود (از کمترین تا بیشترین تاثیر). حجم نمونه مورد نیاز برای انجام تحلیل عاملی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

برای تعیین اعتبار سازه در بین محققین متفاوت است. Kline استدلال می‌کند که تحلیل عاملی اکتشافی به ۱۰ یا ۲۰ نمونه برای هر متغیر نیاز دارد، اما حداقل ۲۰۰ نمونه برای اندازه نمونه نیز قابل دفاع است (۲۳، ۲۴).

معیارهای مناسب شامل آشنایی اولیه با معیارهای ساختمان سبز بودند. در مورد آگاهی کم کاربران با مفاهیم پایه ساختمان سبز، انتظارات ضروری درباره معیارهای اصلی و فرعی ساختمان سبز توسط متخصص جمع آوری داده به آنها داده شد. شرکت کنندگان به طور معمول شامل اساتید و دانشجویان محیط زیست، دولتمردان مرتبط با محیط زیست و سایر متخصصین این امر بودن که از نمونه‌های در دسترس انتخاب شدند. پرسشنامه‌ها از طریق ایمیل تکمیل شدند. به کاربرانی که به ایمیل دسترسی نداشتند، یک کپی کاغذی از پرسشنامه داده شد. در هر دو روش، این پرسشنامه به طور کامل توصیف شد و به افراد اطمینان خاطر داده شد که داده‌هایشان محرمانه باقی می‌ماند. درنهایت، به دلیل عدم همکاری برخی افراد و حذف پرسشنامه‌های ناکامل، ۲۹۵ پرسشنامه به دست آمد که وارد مرحله تجزیه و تحلیل شدند.

نرم افزارهای آماری به کار رفته در این مطالعه برای تحلیل نرم افزار STATA-14، SPSS IBM 22 و IBM SPSS Amos 23 بودند. سازگاری درونی پرسشنامه نهایی با آلفای کرونباخ برای همه ضرایب به دست آمد. مقادیر بیشتر از ۰/۷ سازگاری درونی پرسشنامه را نشان می‌دادند (۲۱).

در ابتدا، متخصصان به پرسشنامه اولیه ۱۱ معیاری پاسخ دادند و برای بررسی بیشتر ساختار مبتنی بر داده، از روش تحلیل ضرایب اکتشافی (EFA) استفاده شد. در روش EFA از مقیاس کیسر – میر – اولکین (KMO) برای کفایت نمونه گیری، آزمون کروی بارتلت و واریانس کلی برای ارزیابی کفایت مدل مورد استفاده قرار گرفتند. برای قابل قبول بودن نمونه‌ها، مقدار KMO باید بیشتر از ۰/۵ باشند. مقادیر بارگذاری ضرایب ۰/۲ یا بالاتر به عنوان یک ارتباط مهم بین آیتم‌ها و ضرایب در نظر گرفته شدند (۲۵).

برای تعیین روابط ضریب – آیتم و ارزیابی ساختارهای اندازه گیری از روش تحلیل ضرایب تاییدی (CFA) استفاده شد (۲۶). مدل CFA وقتی قابل قبول است که: (۱) $X^2/DF < 5$، (۲) شاخص برازش مقایسه‌ای (CFI) و شاخص توکر – لویس (TLI) >۰/۹ و (۳) شاخص ریشه میانگین مربعات خطای برآورد (Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)) کمتر از ۰/۰۸ باشد (۲۷، ۲۸). از نتایج حاصل از روش EFA و ضریب اولیه برای اجرای CFA استفاده شد.

برای طراحی یک مدل مفهومی و بررسی ارتباط بین متغیرها مطابق با این مدل، تحلیل مسیر اجرا شد و ماتریس همبستگی به عنوان ورودی به کار رفت.

به منظور تعیین کاربرد مدل طراحی شده و ارزیابی وضعیت ساختمان سبز، ۱۰ ساختمان از ۴ منطقه تهران (شمال، شرق، غرب، جنوب) به صورت تصادفی از بین لیست تهیه شده به عنوان ساختمان سبز برای ارزیابی با پرسشنامه جدید انتخاب شدند. معیارهای ورود شامل ساختمان‌های مسکونی با بیشتر از ۵ طبقه بودند. معیارها و زیرمعیارهای هر ساختمان با پرسشنامه و نیز بازدیدهای میدانی ارزیابی شد. مراحل زیر برای تعیین معیارها و معیارهای فرعی اجرا شدند:

الف) همه ضرایب موجود در پرسشنامه، به پنج گروه تقسیم شدند. برای مثال، لامپ‌های نورپردازی به پنج بخش زیر تقسیم شدند: رشته‌ای، هالوژنی، فلوئورسنت، فلوئورسنت فشرده، LED. برای سایر معیارها، همین روند طبقه‌بندی اجرا شد.

ب) مطابق با پاسخ هر آیتم براساس موارد مطلوب یا نامطلوب، این موارد ارزیابی شدند (این بدان معناست که اگر یک معیار و یک معیار فرعی در ساختمان وجود داشته باشد، امتیاز به آن تعلق می‌گیرد، و در غیر این صورت امتیاز آن برابر صفر خواهد بود).

پ) در مرحله بعدی، مجموع همه معیارهای فرعی از معیارهای اصلی به دست آمد.

ت) مجموع همه معیارهای فرعی در ضریب اختصاص یافته به آن در بردار مدل ضرب شدند و بنابراین برای سایر معیارهای فرعی نیز از آن استفاده شد (ضریب بردار مدل به معنای ضرایب داخل مستطیل در مدل شکل ۱ است).

ج) در پایان، میانگین همه ضرایب این معیارهای فرعی به دست

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

آمد. این مقدار میانگین عملکرد سبز ساختمان‌های ارزیابی شده را نشان می‌دهد.

یافته‌ها

الف- روایی و پایایی محتوا

پرسشنامه اولیه شامل ۱۱ معیار اصلی و ۵۵ معیار فرعی بود که پس از روایی محتوا و بهبود نتایج با کمک پیشنهادات ارائه شده توسط متخصصین، پرسشنامه نهایی با ۸ معیار اصلی و ۲۶ معیار فرعی محاسبه شد. طبقه بندی این معیارها و معیارهای فرعی در جدول ۱ ارائه شده است (۲۹).

جدول ۱- معیارها و زیرمعیارهای ساختمان سبز

شماره	معیار اصلی	زیر معیار	کد زیر معیار
۱	مدیریت مصرف انرژی (EM)	روشنایی و نور طبیعی	EM1
		نوع لامپ‌های کم مصرف	EM2
		سیستم‌های کاهش روشنایی	EM3
		سیستم‌های سرمایش و گرمایش	EM4
		فعالیت‌های با انرژی بالا	EM5
		استفاده از انرژی خورشیدی	EM6
		جهت گیری ساختمان	EM7
۲	مدیریت مصرف آب (WM)	کاهش مصرف آب	WM1
		کنترل نشتی	WM2
		نصب و بازرسی کنتور	WM3
		سیستم جمع آوری آب باران	WM4
		سیستم جداسازی آب خاکستری	WM5
۳	مدیریت پسماند (WaM)	برنامه‌ای برای کاهش و تولید پسماند	WaM1
		تفکیک پسماند	WaM2
٤	مدیریت فاضلاب (SM)	روش دفع فاضلاب	SM
٥	مواد و مصالح (MR)	مواد تجدیدپذیر و سازگار با محیط زیست	MR1
		استفاده از مواد بازیافتی	MR2
٦	کیفیت محیط داخلی (IQ)	سیستم اعلام و اطفاء حریق	IQ1
		پارکینگ ساختمان	IQ2
		عایق حرارتی و صوتی	IQ3
		سیستم تهویه هوا	IQ4
		ایمنی ساختمان	IQ5
		استحکام و پایداری ساختمان در برابر ارتعاش	IQ6
		روش آبیاری فضای سبز	IQ7
		زیبایی ساختمان	IQ8
۷	کیفیت محیط زیست منطقه (EQ)	نزدیکی به حمل و نقل عمومی	EQ1
		بخش فضای سبز	EQ2
		تراکم جمعیت محله	EQ3
		پارکینگ	EQ4
		وجود فضای مناسب برای بازی بچه‌ها	EQ5
		وجود مسیر مناسب برای پیاده روی و دوچرخه سواری	EQ6
۸	آموزش و فرهنگ (EC)	آموزش و فرهنگ سازی	EC

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

از ضریب آلفای کرونباخ برای ارزیابی سازگاری درونی پرسشنامه استفاده شد. نتایج آلفای کرونباخ پرسشنامه نهایی در جدول ۲ ارائه شده است. مطابق با این نتایج، همه معیارها با امتیاز ۰/۹۰ – ۰/۷۵ سازگاری بالایی داشتند.

جدول ۲- آلفای کرونباخ پرسشنامه نهایی

ردیف	فاکتور	آلفای کرونباخ (n=۲۹۵)
۱	مدیریت پسماند	۰/۷۵
۲	مدیریت مصرف آب	۰/۷۸
۳	کیفیت محیط داخلی	۰/۷۸
٤	مدیریت مصرف انرژی	۰/۸۱
٥	مدیریت فاضلاب	۰/۸٥
٦	مواد و مصالح	۰/۸۸
۷	آموزش و فرهنگ سازی	۰/۸۹
۸	کیفیت محیط زیست منطقه	۰/۹۰
	کل پرسشنامه	۰/۹٤

ب- روایی ساختار

برای ارزیابی روایی ساختار، نتایج EFA و CFA برای پرسشنامه نهایی ارائه شدند.

_ *تحلیل ضرایب EFA*

EFA برای ۲۹۵ کاربر ساختمانی انجام شد. آزمون کروی بارتلت مقدار معنی‌داری ۰/۰۰۰ (p <۰/۰٥) را نشان داد. بنابراین، همبستگی بین این آیتم‌ها برای تحلیل ضرایب کافی بود. در آزمون KMO، این مقدار برابر ۰/۶۲۴ بود و KMO بیشتر از ۰/٥ بود. نتایج EFA نشان داد که این آیتم‌ها برای تحلیل ضرایب مناسب بوده و هم خطی چندگانه را در داده‌ها نشان نمی‌دهند. مطابق با نتایج ضریب مشترک برای این مولفه‌ها، سوالاتی با ضریب کمتر از ۰/۲ کافی نبودند و از مجموعه سوالات حذف شدند. نتایج آزمون بارتلت و KMO در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول۳- نتایج آزمون KMO و بارتلت

(KMO) آزمون کایسر میر اولکین		۰/٦۲٤
آزمون کروی بارتلت	مربع کای تقریبی	٥۰۰۸/۹۲۸
	درجه آزادی	۲۱۰
	معنی داری	۰/۰۰۰

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

برای انتخاب تعداد ضرایب براساس نتایج ماتریس مولفه دورانی و اهمیت هر سوال (چرخش همپوشانی شده در ۳۱ تکرار)، متغیرهای اول پس از حذف موارد دسته بندی شده در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. در نتیجه، معیار فرعی WM2 (نصب و بازبینی) با WM3 (کنترل نشتی) ادغام شد و WM2 حذف شد. معیار فرعی IQ5 (امنیت ساختمان) با IQ6 (قدرت و پایداری در برابر ارتعاش) ادغام شدند و IQ5 حذف شد. همچنین، معیار فرعی EM1 (روشنایی و نور طبیعی)، MR2 (استفاده از مواد بازیافتی) و EQ3 (تراکم جمعیت در همسایگی) حذف شدند. بدین شیوه، با حذف ۵ معیار فرعی، درنهایت ۸ معیار اصلی و ۲۶ معیار فرعی در نظر گرفته شد؛ مدیریت انرژی (۶ معیار فرعی)، مدیریت مصرف آب (۴ معیار فرعی)، مدیریت ضایعات (۲ معیار فرعی)، مدیریت فاضلاب (۱ معیار فرعی)، مصالح (۱ معیار فرعی)، کیفیت محوطه داخلی ساختمان (۷ معیار فرعی)، کیفیت زیست محیطی منطقه (۵ معیار فرعی)، آموزش و فرهنگ (۰ معیار فرعی). درنهایت، براساس واریانس کلی، نتیجه گرفته شد که مدل ۸ ضریبی می‌تواند تاثیر این عوامل را بر عملکرد ساختمان‌های سبز تا حدود ۸۱/۶۴ درصد پیش بینی کند (جدول ۵).

جدول ۴- ماتریس مولفه دورانی

IQ		EM		EQ		WM		WaM		MR		SM		EC	
IQ1	۰/۷۹۹	EM2	۰/۷۸۲	EQ1	-۰/۲۵۷	WM1	۰/۷۸۲	WaM1	۰/۷۰۹	MR1	۰/۷۴۱	SM	۰/۸۷۵	EC	۰/۳۲۹
IQ2	-۰/۷۲۰	EM3	۰/۲۲۷	EQ2	۰/۸۱۲	WM2	۰/۱۰۱	WaM2	۰/۷۹۶						
IQ3	۰/۸۴۵	EM4	-۰/۲۹۲	EQ4	۰/۴۶۰	WM3	۰/۳۸۲								
IQ4	۰/۶۸۹	EM5	۰/۶۶۰	EQ5	۰/۸۶۴	WM4	۰/۳۶۶								
IQ6	۰/۵۱۱	EM6	-۰/۵۰۰	EQ6	۰/۸۶۷										
IQ7	۰/۴۹۱	EM7	-۰/۳۴۵												
IQ8	-۰/۸۱۰														

جدول ۵- پیش بینی تاثیر عوامل براساس واریانس کل

مجموع اجزای هر مولفه	درصد واریانس	درصد تجمعی
۶/۵۳۴	۲۰/۴۱۹	۲۰/۴۱۹
۵/۴۶۹	۱۷/۰۹۱	۳۷/۵۱۰
۴/۳۹۷	۱۳/۷۴۰	۵۱/۲۵۰
۲/۵۵۲	۷/۹۷۴	۵۹/۲۲۴
۲/۱۷۹	۶/۸۰۹	۶۶/۰۳۳
۲/۰۰۸	۶/۲۷۵	۷۲/۳۰۸
۱/۵۶۰	۴/۸۷۵	۷۷/۱۸۳
۱/۴۴۰	۴/۵۰۱	۸۱/۶۸۴

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

_ *تحلیل ضرایب CFA*

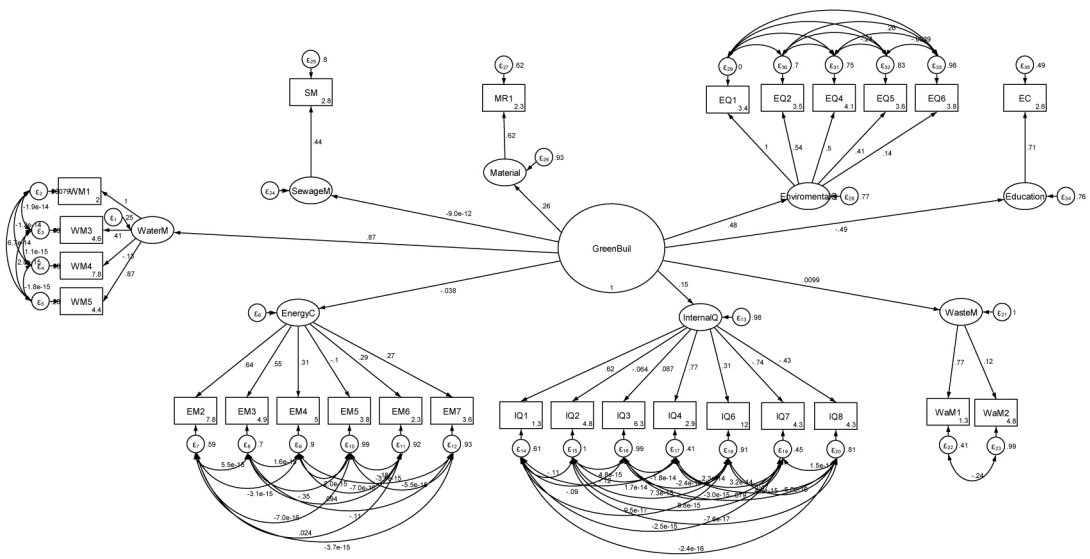
در یک نمونه مستقل، از روش CFA برای ارزیابی تناسب مدل استفاده شد. مطابق با نتایج جدول ۶، مربع کای، شاخص RMSEA و شاخص‌های CFI به ترتیب برابر ۰/۰۹، ۰/۰۵ و ۰/۹۸ بودند، و در نتیجه برازش مدل تایید شد. اما، با وجود آن که شاخص TLI به طور کامل روایی این مدل را نشان نداد، مقادیر آنها تقریبا نزدیک به مقدار اسمی ۰/۹ بود. در نتیجه، این مدل به سطح برازش تقریبا خوبی رسید؛ بنابراین با این مدل، می‌توان ساختار حاصل از تحلیل ضرایب ابتکاری را تایید کرد.

جدول ۶- مقایسه مدل‌ها براساس شاخص‌های برازش

مربع کای	شاخص توکر- لویس	CFI	RMSEA
۰/۰۹	۰/۸	۰/۹۸	< ۰/۰۵

پ- طراحی مدل

مدل ساختاری طراحی شده در شکل ۱ نشان داده شده است. در این مدل، ارتباط بین معیارهای اصلی با همدیگر و نیز با معیارهای فرعی و همچنین ارتباط بین معیارهای فرعی با همدیگر بررسی و نشان داده شده است.



شکل ۱- مدل ساختاری "معیارهای موثر برای ارزیابی عملکرد ساختمان سبز"

سلامت و محیط زیست دوره پانزدهم/ شماره سوم/ پاییز ۱۴۰۱
فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
ijhe.tums.ac.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

بحث

مدل حاضر از جمله مدل‌های نوین ارزیابی ساختمان سبز در ایران است که با توجه به شرایط بومی ایران تدوین گردیده است؛ با توجه به نتایج حاصله مدل حاضر می‌تواند تا ۸۱/۶۴ درصد عملکرد ساختمان سبز را پیش بینی کند که این امر در مقایسه با سایر روش‌های موجود عملکرد مناسبی تلقی می‌گردد، برای مثال این عدد برای مدلGREEN GLOBES و LEEDS به ترتیب برابر با ۸۳/۱۴ و ۷۸/۱۳ است (۳۰، ۳۱).

مطابق با یافته‌های به دست آمده مطالعات مشابه اندکی موجود است و در نتیجه مقایسه آن را تا حدی دشوار می‌کند. از جمله مطالعات اخیر می‌توان به مطالعه Kamionka و همکاران (۲۰۲۰) اشاره نمود که مطالعه‌ای با هدف شناسایی و رتبه‌بندی شاخص‌های پایداری برای ارزیابی ساختمان‌های سبز در مالزی با در نظر گرفتن شاخص ساختمان سبز (GBI) است (۳۲). همچنین مطالعه Santosa و همکاران (۲۰۲۰) که با استفاده از رویکرد استاندارد ساختمان سبز، کارایی انرژی و صرفه جویی را در برخی از ساختمان‌های تجاری و هتل‌های اطراف بالی را مورد بررسی قرار دادند (۳۳). همچنین از جمله مطالعه‌های موجود در ایران می‌توان به مدل "سرو سبز ایران" اشاره نمود که عناصری شامل انرژی، آب، پسماند، حمل و نقل، آلودگی، زمین، مدیریت، مصالح و سلامت را نیز در نظر می‌گیرد (۳۴). این مدل برخلاف مدل حاضر که دامنه متعددی از ساختمان‌ها را از نظر سنی پوشش می‌دهد صرفا برای ارزیابی ساختمان‌های جدید است و این عمل را با ۹ معیار اصلی انجام می‌دهد، که در معیارهایی همچون مصرف انرژی، آب، مواد و مصالح، پسماند و تاحدی کیفیت محیط داخلی با مطالعه حاضر یکسان است. اگرچه مدل مذکور برگرفته از مدل‌های معروفی همچون لیدز (Leadership in Energy and Environmental Design(LEEDS)) است و در اساس خلاقیت فوق العاده‌ای نداشته است. با این حال محبوبیت آن به واسطه حمایت شرکت‌های خصوص در حال فزونی است. همچنین قابلیت پیش بینی عملکرد این مدل نیز در متون مورد جستجو مشخص نگردیده است.

روش‌های ارزیابی مطمئن و اجرایی ساختمان سبز ((Green Building (GB)) و بهبود آنها اهمیت زیادی در ارتقای ساختمان‌های سبز دارد (۳۵). اخیرا محققان بر ابزارهای ارزیابی ساختمان سبز متمرکزند. اولین ابزاهای شناخته شده توسط روش ارزیابی محیطی موسسه تحقیقات ساختمان (Building Research Establishment Environmental Assessment Method Green Building (BREEAM)) در سال ۱۹۹۰ ارائه شد و جدیدترین ابزارها شامل شاخص ساختمان سبز ((Green Building Index(GBI) مالزی در سال ۲۰۰۹ بود (۳۶). همچنین براساس مطالعه Li و همکاران (۲۰۲۰) درباره روش‌های ارزیابی ساختمانی از طریق تحلیل مقایسه‌ای نشان داد که در بین روش‌های ارزیابی ساختمان سبز مطالعه شده، LEEDS و BREEAM از متداول‌ترین موارد هستند (۳۷).

برای مثال در مدل LEEDS معیارهایی مثل امکانات مراقبت‌های بهداشتی، مدارس، خانه‌ها، کل محله‌ها و غیره مورد لحاظ قرار گرفته‌اند و چنان که مشخص است دامنه ارزیابی بسیار بزرگ‌تر از یک ساختمان به صورت انفرادی است (۳۸)؛ این در حالی است که در مدل BREEAM که اساس مدل حاضر را تشکیل می‌دهد معیارهایی همچون مدیریت سلامتی، انرژی، حمل و نقل، آب، مواد، زباله، کاربری زمین و آلودگی مد نظر قرار گرفته است که می‌تواند ارزیابی یک ساختمان دفاتر، خرده فروشی‌ها، واحدهای صنعتی، دادگاه‌ها، آموزشگاه‌ها، مراکز بهداشتی شهری را به سهولت انجام دهد (۳۹، ۴۰). مدل حاضر اگرچه شباهت بسیاری به مدل BREEAM دارد با این حال کاربری آن بیشتر برای آپارتمان‌ها یا ساختمان‌های بیش از ۵ طبقه است که در شهرها به فراوانی یافت می‌شوند و نه تنها ساختمان‌های مذکور در مدل پایه را در بر می‌گیرد بلکه ساختمان‌های مسکونی معمول‌تر را نیز در بر می‌گیرد. مدل حاضر نیز از این قضیه مستثنی نبوده و بیشتر به شرایط بومی ایران تمرکز کرده است.

همچنین، مطابق با نتایج به دست آمده، مدل نهایی ما شامل

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

۸ معیار موثر در زمینه عملکرد ساختمان سبز بود. اولین معیار در ارتباط با "کیفیت محیط داخلی" بود. محیط‌های داخلی با کیفیت به تقویت عملکرد، کاهش غیبت از کار، بهبود ارزش ساختمان، و کاهش مشکلات برای طراحان و مالکان کمک می‌کنند (۵، ۴۱). Bluyssen و همکاران (۱۹۹۵) در مطالعه خود به بررسی تهویه در ساختمان‌های دفتری پرداخته و راهکارهای احتمالی را برای کاهش مصرف انرژی و حفظ کیفیت هوای داخلی در سطح مطلوب ارائه کردند (۴۲). Ramli (۲۰۱۲) دریافت که یکی از مهمترین جنبه‌های کیفیت هوای داخلی بهبود کیفیت است. کیفیت هوای داخلی به معنای داشتن سطح قابل قبولی از آلاینده‌ها مثل ترکیبات آلی فرار، کربن دی اکسید و سایر آلاینده‌ها است (۴۳).

معیار موثر دوم، "مدیریت مصرف انرژی" بود. یکی از مسائل قابل توجهی که چالش‌های زیادی را در فرایند ساخت و ساز و طول عمر ساختمان به وجود آورده است، بحران انرژی است. بنابراین، Fadaei و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که انرژی نقش مهمی را در توسعه اجتماعی و اقتصادی کشورهای سراسر جهان ایفا می‌کند. منابع انرژی ایران شامل نفت خام، گاز طبیعی، زغال‌سنگ، انرژی آبی و تجدیدپذیر هستند. لذا مدیریت انرژی نقش مهمی در برنامه‌ریزی انرژی دارد (۴۴). نتایج مطالعه Kibert (۲۰۱۶) نشان داد که ایجاد ساختمان‌های سبز روش مناسبی برای کاهش آلودگی مصرف سوخت فسیلی و افزایش کارایی انرژی در ساختمان‌های کلانشهری دارد (۴۵). مطابق با مطالعه Zhang و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان داد که مصرف انرژی بالا در ساختمان‌ها یکی از مشکلات اصلی در کشورهای در حال توسعه است، که اثرات اقتصادی و زیست محیطی قابل توجهی دارد (۱۴). از مطالعات داخلی نیز در این خصوص می‌توان به مطالعه Tahmasebi (۲۰۰۸) اشاره نمود که ساختمان‌های مسکونی شهر تهران را مورد مطالعه و مصرف انرژی آنها را مورد بررسی قرار داد، و مدلی برای استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی آن طراحی کرد (۴۶). مطالعه‌ای که توسط Habib و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد نیز درباره شناسایی و اولویت بندی پارامترهای اصلی تکنیک‌های ساخت و ساز بر مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی نشان داد که پارامتر موثر بر مصرف انرژی در ساختمان‌ها نسبت پنجره به دیوار است (۴۷). معیار سوم به دست آمده "کیفیت محیط زیست منطقه" بود که بر سلامتی جسمی و روحی افراد اثر می‌گذارد. این معیار محدود به سلامتی و تندرستی افراد نیست، بلکه نیازهای ذهنی و روانی، رشد و پیشرفت، و کسب تجربیات زیست محیطی مثل تفریح و بازیابی ذهن را نیز فراهم می‌کند. مطالعه Hoang و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که عملکرد اصلی ساخت و ساز هماهنگ با محیط زیست بر مبنای تاثیر آنها بر سلامتی اجتماعی و محیط زیست است (۴۸). مطالعه Lamble و همکاران (۲۰۱۱) نتایج مشابهی با این اصل داشت (۴۹). همچنین مطالعه Allahyarifard (۲۰۰۱) اشاره می‌کند که یکی از مهمترین عوامل در افزایش کیفیت محیط زیست فضای سبز است. پاکسازی هوا و کاهش آلاینده‌ها، با ایجاد تعادل اکولوژیکی، جذب صداهای غیرطبیعی، و بسیاری از مزایای دیگر در این دسته قرار می‌گیرند (۵۰). معیار چهارم "مدیریت مصرف آب" بود. با توسعه سریع اقتصاد جهانی، تخریب منابع آب به یک نگرانی زیست محیطی در جهان تبدیل شده است، اثرات کمبود آب بر صنعت ساخت و ساز برجسته‌تر است (۵۱). به دلیل آن که ساخت و ساز و عملیات ساختمان‌ها به مصرف آب بستگی دارد (۵۲). Ilha و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که فناوری‌های حفاظت از آب و راهبردهای آن در طراحی ساختمان مورد توجه قرار نمی‌گیرند. اما، برنامه ریزی برای مصرف آب بهینه به یک اولویت جدی تبدیل شده است (۵۳).

معیار پنجم مطالعه به "مدیریت پسماند" اشاره داشت. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، مدیریت پسماند و توسعه برنامه‌های مدیریت پسماند به عنوان یکی از راهکارهای مهم برای کاهش مسائل زیست محیطی و دورریزی پسماندها تبدیل شده‌اند. همچنین، بازیافت در زیرساخت شهری و

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

کاهش آلودگی ضایعات یک منبع اصلی ثروت است. روش بازیابی پسماند جامد به عنوان یک سیستم مدیریت پایدار و موثر در اکثر کشورهای در حال توسعه به کار می‌رود (۵۴). اقتصادی‌ترین و بهداشتی‌ترین روش نیز برای تفکیک پسماند در محل تولید پسماند است (۵۵). مهمترین عامل در موفقیت برنامه بازیافت پسماند شهری مشارکت عمومی است. برای این منظور، همکاری مردم با این سیستم ساده است، آنها باید از اهمیت بازیافت آگاه باشند، مشکلات مدیریت پسماند را بدانند، و نحوه همکاری با برنامه‌های بازیافت را مشخص کنند (۵۶). Mason و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای روی تفکیک پسماند از منابع و استفاده مجدد از منابع مسکونی به این نتیجه رسیدند که آموزش مداوم برای دستیابی به استانداردهای سطح بالا جهت تفکیک منابع مورد نیاز است (۵۷).

معیار ششم به دست آمده در ارتباط با "مصالح" بود. مصالح به کار رفته برای ساخت و ساز باید تجدیدپذیر بوده و مصرف انرژی کم، و ترکیبات آلی فرار (Volatile organic compounds(VOC)) کمی داشته باشند. از آنجایی‌که ساختمان‌ها عامل اصلی مصرف انرژی و گسیل آنها به اتمسفر هستند، بررسی انتخاب مصالح حائز اهمیت خواهد بود. بسیاری از مصالح تجدیدپذیر به عنوان مصالح ساختمانی به کار می‌روند، از جمله استفاده از مصالح بازیافتی به عنوان جاذب صوتی در دیوارها و استفاده از چوب بازیافت شده را می‌توان نام برد. همچنین، استفاده از مصالح محلی از میزان انرژی مصرف شده برای حمل و نقل می‌کاهد (۵۸). Spence و همکاران (۱۹۹۵) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که استخراج و مصرف منابع طبیعی برای تولید مصالح ساختمان سبب تخریب مناطق طبیعی شده و تاثیر مستقیمی بر تنوع زیستی و اکوسیستم‌های طبیعی خواهد داشت (۵۹). Abeysundara و همکاران (۲۰۰۹) نیز دریافتند که مقادیر بالایی از منابع طبیعی معدنی زیست تجزیه ناپذیر در محیط‌های ساختمانی مصرف می‌شوند (۶۰). معیار هفتم مطالعه "مدیریت فاضلاب" بود. هدف اصلی جمع آوری فاضلاب و تصفیه آن حفاظت از محیط زیست در برابر گسترش آلودگی و استفاده مجدد از آب بازیافتی است. در ساختمان‌های سبز، تصفیه و استفاده مجدد در فلاش تانک‌ها، برج‌های خنک کننده، و آبیاری فضای سبز سبب کاهش خطرات مرتبط با دورریزی فاضلاب در طبیعت می‌شود، و این به حفظ بیشتر منابع آب و کاهش هزینه‌های مصرف آب کمک می‌کند. ایران به دلیل موقعیت خشک و نیمه خشک، منابع آب محدودی دارد. یکی از مشکلات اصلی مدیریت فاضلاب در ایران تعداد کمتر شهرهای پوشش داده شده در شبکه جمع آوری فاضلاب است. مطابق با سازمان بهداشت جهانی/یونیسف (۲۰۰۴) (۶۱)، در کشورهای با درآمد متوسط مثل بوسنی و هرزگوین ۵۶ درصد (۶۱)، در رومانی ۸۶ درصد (۶۲)، در صربستان ۸۸ درصد (۶۳)، و در لهستان ۹۷ درصد (۶۴) مناطق شهری توسط شبکه جمع آوری فاضلاب پوشش داده می‌شود. در حالی‌که در سال ۲۰۰۶ در ایران، حدود ۱۸ درصد مناطق شهری توسط شبکه‌های جمع آوری فاضلاب پوشش داده می‌شدند، و با تکمیل پروژه‌های در حال اجرا، این میزان به اندازه ۱۹ درصد افزایش داشته و به ۳۷ درصد خواهد رسید. و درنهایت، معیار هشتم به دست آمده "آموزش و فرهنگ" بود. آموزش و فرهنگ روشی اصولی برای حفاظت زیست محیطی هستند که بهترین روش را برای بهبود آگاهی زیست محیطی توجیه می‌کند. Ruano و همکار (۲۰۱۲) ادغام شاخص‌های آموزشی مختلف را با ابزارهای رتبه بندی ساختمان سبز توصیه کردند که شامل آموزش کافی در زمینه حمل و نقل عمومی و کاربرد دوچرخه، آگاهی از مسائل زیست محیطی محلی، و آگاهی از مقررات مرتبط با پایداری در سطوح ملی و محلی، آگاهی از نحوه کاهش و جلوگیری از تولید ضایعات بود (۶۵). همچنین مطالعه Adden (۲۰۱۶) نتایج همسو با مطالعه حاضر را داشتند، اشاره کردند که آموزش تاثیر قابل توجهی بر بهبود فرهنگ زیست محیطی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار دارد (۶۶).

از نقاط قوت این مطالعه استفاده از یک تیم چندرشته‌ای از خبرگان است که موجب اظهارنظرهای کارشناسی با دقت و

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

صحت بیشتر شد چرا که با رویکرد تعاملی انتخاب شده هر یک می‌توانستند کاستی‌های مرتبط را پوشش دهند.

و اما محدودیت اصلی این مدل توجه اصلی بر ساختمان‌های بالای ۵ طبقه شهری بود که کاربرد آن را به ساختمان‌های دیگر محدود می‌نمود. از محدودیت‌های دیگر این مطالعه می‌توان به مواردی مانند دسترسی محدود به متخصصان و کمبود فرصت پاسخگویی به پرسشنامه، کمبود منابع علمی و کاربردی در زمینه مطالعات ساختمان سبز در ایران، کمبود مثال‌هایی از ساختمان‌های سبز در کشور، انتخاب ساختمان‌ها به صورت تصادفی، عوامل اجتماعی-اقتصادی در نظر گرفته نشده اشاره نمود.

نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه توسعه یک مدل معتبر به همراه یک پرسشنامه برای ارزیابی عملکرد ساختمان‌های سبز بود که این امر با استفاده از ۸ معیار اصلی و ۲۶ معیار فرعی صورت پذیرفت. نتایج حاصل نشان داد که مدل ۸ ضریبی طراحی شده می‌تواند تاثیر عملکرد ساختمان سبز را به اندازه ۸۱/۶۴ درصد پیش بینی کند که بنابر دلایلی که در قسمت بحث توضیح داده شد عملکرد مناسبی تلقی می‌شود و نشان دهنده اعتبار بالای مدل است. همچنین نتایج حاصل از روایی و پایایی نیز اعتبار این مدل را به خوبی نشان می‌دهد. همچنین نتایج CFI (مربع کای ۰/۰۹، ۰/۰۵ > RMSEA و ۰/۰۹۸ = CFI) تاییدکننده تناسب مدل برای ارزیابی عملکرد ساختمان سبز است.

با توجه به این نکته که مدل حاضر بسیاری از محدودیت‌های مرتبط با مدل‌های موجود را برطرف کرده است، درنتیجه از این مدل می‌توان به راحتی برای ارزیابی ساختمان‌های سبز به ویژه در ایران و مناطق با بوم مشابه استفاده کرد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل رضایت آگاهانه، عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه با عنوان "تدوین مدل تعیین میزان عملکرد و ارائه دستورالعمل توسعه ساختمان‌های سبز شهری" در مقطع دکترا رشته مدیریت محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران در سال ۱۳۹۹ است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

ضمائم

متخصص و خبره گرامی

با سلام

پرسشنامه حاضر جهت انجام رساله دکتری با عنوان "تدوین مدل تعیین میزان عملکرد و ارائه دستورالعمل توسعه ساختمان‌های سبز شهری" و به منظور دریافت نظرات شما در خصوص اهمیت هر یک از معیارها و زیر معیارها و همچنین طبقه بندی شاخص‌ها تنظیم شده است.

لطفا در باکس مربوطه به هر کدام از معیارها و زیر معیارها (از نظر ارتباط با موضوع، جایگاه مناسب و .....) بین اعداد ۱ تا ۹ امتیاز دهید و با نظرات اصلاحی خود در مورد طبقه بندی شاخص‌ها (از نظر درست بودن نحوه طبقه بندی، تقسیم بندی مناسب و ....) ما را در این پژوهش یاری نمایید.

پیشاپیش از دقت نظر شما و همچنین اختصاص زمان ارزشمندتان قدردانی می‌گردد.

خیلی کم	خیلی کم تا کم	کم	کم تا متوسط	متوسط	متوسط تا زیاد	زیاد	زیاد تا خیلی زیاد	خیلی زیاد
۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹

نام و نام خانوادگی:

جنسیت: ☐ زن ☐ مرد

شغل:

تحصیلات و رتبه علمی:

سابقه و تجربه مرتبط:

تلفن تماس (در صورت تمایل):

نام معیار: مدیریت مصرف آب ☐		
زیر معیار	شاخص	توضیحات (افزایش، کاهش و یا حذف)
مصرف آب ☐	۱. سرانه مصرف آب به ازای هر نفر بیشتر از ۲۵۰ لیتر به ازای هر نفر (خیلی پر مصرف)	
	۲. سرانه مصرف آب به ازای هر نفر ۲۵۰ تا ۲۰۰ لیتر به ازای هر نفر (پر مصرف)	
	۳. سرانه مصرف آب به ازای هر نفر ۲۰۰ تا ۱۵۰ لیتر به ازای هر نفر (متوسط مصرف)	
	٤. سرانه مصرف آب به ازای هر نفر ۱۵۰ تا ۱۰۰ لیتر به ازای هر نفر (کم مصرف)	
	۵.سرانه مصرف آب به ازای هر نفر کمتر از ۱۰۰ لیتر به ازای هر نفر(خیلی کم مصرف)	
	۱. هیچ کونه کنتور آب نصب نشده است	

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

نصب و بررسی کنتور ☐	۲. یک کنتور آب برای کلیه واحدها نصب شده است	
	۳. کنتور اختصاصی برای تک تک واحدها نصب شده است اما بعضی کنتورها دستکاری شده است	
	٤. کنتور اختصاصی برای تک تک واحدها نصب شده است اما شیر یکطرفه بعد از کنتور نصب نشده است (به منظور جلوگیری از برگشت آب خروجی بخصوص ورود آب گرم به داخل کنتور، نصب شیر یکطرفه بعد از کنتور ضروری است)	
	۵. کنتور اختصاصی همراه با شیر یکطرفه برای کلیه واحدها نصب شده است و حداقل ماهی یک بار بررسی می‌شود	
کنترل نشتی ☐	۱. اقداماتی برای کنترل نشتی در ساختمان انجام نمی‌شود	
	۲. اقداماتی(یکسری اقدامات مدیریتی) برای کنترل نشتی در ساختمان انجام می‌شود اما مکتوب نمی‌شود	
	۳. اقداماتی (یکسری اقدامات کنترلی) برای کنترل نشتی در ساختمان انجام می‌شود اما به طور منظم مکتوب نمی‌شود	
	٤. اقداماتی (اقدامات مدیریتی و کنترلی) برای کنترل نشتی در ساختمان انجام می‌شود مکتوب نیز می‌شود اما بازنگری نمی‌شود	
	۵. اقداماتی (اقدامات مدیریتی و کنترلی) برای کنترل نشتی در ساختمان انجام می‌شود مکتوب نیز می‌شود و در بازه زمانی مشخص توسط نیروی ماهر نظارت و بازنگری می‌گردد	
سیستم جمع آوری آب باران ☐	۱. سیستم جمع آوری آب باران در ساختمان تعبیه نشده است	
	۲. جمع آوری آب باران مبتنی بر روش سنتی (فقط در فصل بارش کاربرد دارد)	
	۳. جمع آوری آب باران مبتنی بر روش پوشاندن سطح خاک (فقط برای مقیاس کوچک مناسب است و در سطح وسیع مقرون به صرفه نمی‌باشد)	
	٤. سیستم جمع آوری آب باران از سقف (پشت بام) و ذخیره آب جمع آوری شده در منبع	
	۵. سیستم جمع آوری آب باران از سقف (پشت بام) وجود دارد همراه با تصفیه و اتصال آب باران جمع آوری شده به سیستم لوله کشی ساختمان وجود دارد	
تفکیک آب‌های خاکستری	۱. سیستمی برای تفکیک شبکه آب‌های خاکستری از شبکه فاضلاب وجود ندارد	
	۲. برنامه و اقدامات مناسب مدیریتی برای پیاده سازی طرح‌هایی برای تفکیک شبکه آب‌های خاکستری از شبکه فاضلاب در حال تدوین است	
	۳. سیستم تفکیک شبکه آب‌های خاکستری از شبکه فاضلاب وجود دارد اما فعال نمی‌باشد	
	٤. سیستم تفکیک شبکه آب‌های خاکستری از شبکه فاضلاب پیاده سازی شده است اما هیچگونه تصفیه‌ای بر روی آن صورت نمی‌گیرد	

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

☐	۵. سیستم تفکیک شبکه آب‌های خاکستری از شبکه فاضلاب پیاده سازی شده است تصفیه مقدماتی (پاک‌سازی برای حذف ذرات و اجسام شناور) بر روی آن انجام می‌شود و توسط نیروی انسانی ماهر مورد نظارت قرار می‌گیرد	
نام معیار: مدیریت مصرف انرژی ☐		
زیر معیار	شاخص	توضیحات (افزایش، کاهش و یا حذف)
روشنایی و نور طبیعی ☐	۱.نسبت سطح پنجره به کف کمتر از ۲۵ cm است	
	۲. نسبت سطح پنجره به کف بین ۵۰ cm تا ۲۵ cm است	
	۳. نسبت سطح پنجره به کف بین ۷۵ cm تا ۵۰ cm است	
	٤. نسبت سطح پنجره به کف بین ۱۰۰ cm تا ۷۵ cm است	
	۵. نسبت سطح پنجره به کف بیشتر از ۱۰۰ cm است	
لامپ‌های کم مصرف ☐	۱.لامپ رشته‌ای	
	۲. لامپ هالوژن	
	۳.لامپ فلورسنت مهتابی	
	٤. لامپ فلورسنت فشرده	
	۵. لامپ LED	
سیستم‌های کاهش میزان روشنایی (سنسور) ☐	۱. سیستمی برای کاهش میزان و یا مدت روشنایی وجود ندارد	
	۲. وجود کلید مستقل برای هر لامپ یا هر مجموعه لامپ	
	۳. وجود سیستم‌های زمان‌دار قابل تنظیم	
	٤. وجود سیستم‌های تشخیص حضور افراد	
	۵. وجود سیستم‌های تشخیص حضور و حرکت افراد	
سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی ☐	۱. سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی از نوع مستقل وجود دارد	
	۲. سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی از نوع مرکزی وجود دارد	
	۳. سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی از نوع مرکزی با کنترل دمای هوا و یا آب خروجی از سیستم‌ها از طریق ترموستات	
	٤. سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی از نوع مرکزی با کنترل دمای هوا و یا آب خروجی از سیستم‌ها از طریق کنترل کننده‌های هوشمند	
	۵. سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی از نوع مرکزی با کنترل دمای هوا و یا آب خروجی از سیستم‌ها از طریق کنترل کننده‌های هوشمند الکتریکی تغذیه شده از انرژی‌های تجدید پذیر (خورشیدی، بادی و...)	
فعالیت‌های پرمصرف انرژی	۱. بیشتر از ٦۰۰ کیلو وات ساعت در ماه (خیلی پر مصرف)	
	۲. ٦۰۰ تا ٤۵۰ کیلو وات ساعت در ماه (پر مصرف)	

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

☐	۳. ٤٥٠ تا ۳۰۰ کیلو وات ساعت در ماه (متوسط مصرف)	
	٤. ۳۰۰ تا ۱۵۰ کیلو وات ساعت در ماه (کم مصرف)	
	۵. کمتر از ۱۵۰ کیلو وات ساعت در ماه (خیلی کم مصرف)	
استفاده از انرژی خورشیدی ☐	۱. عدم استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان	
	۲. برنامه و اقداماتی برای بکارگیری انرژی خورشیدی در ساختمان در حال تدوین است	
	۳. آبگرمکن خورشیدی	
	٤. سرمایش و گرمایش خورشیدی	
	۵. بهره گیری از سلول های خورشیدی برای تولید برق و سرمایش و گرمایش ساختمان	
جهت گیری کلی ساختمان ☐	۱. غرب	
	۲. شمال	
	۳. شرق	
	٤. جنوب	
نام معیار: فضای داخلی ساختمان (مشخصه‌های داخلی و خارجی ساختمان) ☐		
زیر معیار	شاخص	توضیحات (افزایش، کاهش و یا حذف)
سیستم‌های اعلام و اطفاء حریق ☐	۱. سیستم اعلام و اطفاء حریق در ساختمان وجود ندارد	
	۲. کپسول‌های دستی آتش نشانی	
	۳. جعبه آتش نشانی	
	٤. سیستم اطفاء حریق اتوماتیک آبی	
	۵. سیستم کاشف حریق و سیستم اطفاء حریق اتوماتیک آبی و گازی	
پارکینگ ساختمان ☐	۱. ساختمان پارکینگ ندارد	
	۲. به ازای هر دو واحد یک پارکینگ وجود دارد	
	۳. به ازای هر واحد یک پارکینگ وجود دارد	
	٤. به ازای هر واحد دو پارکینگ وجود دارد	
	۵. به ازای هر واحد بیشتر از دو پارکینگ وجود دارد	
عایق حرارتی و صوتی	۱. هیچگونه اقدامی برای صوت و حرارت در ساختمان انجام نمی‌شود	
	۲. استفاده از درز گیر برای پنجره‌ها	
	۳. عایق کاری کانال‌های هوا	

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

	٤. استفاده از شیشه‌های دو جداره و چند جداره	
	٥. پوشش‌های جاذب صدا در کف، دیوارها و سقف و عایق کاری لوله‌های تاسیسات	
سیستم تهویه مطبوع برای مناطق مرطوب از نظر کارایی و مصرف انرژی	١. استفاده از کولر آبی جهت سرمایش و رادیاتور جهت گرمایش	
	٢. اسپیلت جهت سرمایش و گرمایش	
	٣. داکت اسپیلت جهت سرمایش و گرمایش	
	٤. اسپیلت جهت سرمایش و رادیاتور جهت گرمایش	
	٥. داکت اسپیلت جهت سرمایش و فن کویل آب گرم و پکیج گرمایشی جهت گرمایش	
سیستم تهویه مطبوع برای مناطق غیر مرطوب از نظر کارایی و مصرف انرژی	١. داکت اسپیلت جهت سرمایش و فن کویل آب گرم و پکیج گرمایشی جهت گرمایش	
	٢. اسپیلت جهت سرمایش و گرمایش	
	٣. داکت اسپیلت جهت سرمایش و گرمایش	
	٤. اسپیلت جهت سرمایش و رادیاتور جهت گرمایش	
	٥. استفاده از کولر آبی جهت سرمایش و رادیاتور جهت گرمایش	
ایمنی ساختمان	١. تدابیر ایمنی برای ساختمان در نظر گرفته نشده است	
	٢. وجود برق اضطراری در ساختمان	
	٣. وجود تجهیزات حفاظت ساختمان در برابر حریق	
	٤. وجود تجهیزات حفاظت ساختمان در برابر صاعقه	
	٥. تامین راه‌های مشخص و ایمن به طرف راه‌های خروجی و تعبیه راه‌های امداد رسانی از خارج ساختمان در مواقع زلزله	
استحکام و پایداری ساختمان در مقابل لرزش	١. ساختمان با اسکلت سازه‌ای سبک	یا طبقه بندی دیگر: ١. ساختمان‌های ساده با مصالح سنتی تیر چوبی و خشت
	٢. ساختمان با اسکلت آجری	٢.ساختمان‌های آجر و سیمان با سقف فلزی
	٣. ساختمان با اسکلت چوبی	٣.ساختمان‌های آجر و سیمان با سقف یکپارچه بتونی
	٤. ساختمان با اسکلت فلزی	٤.ساختمان‌های فلزی
	٥.ساختمان با اسکلت بتونی با رعایت آیین نامه ٢٨٠٠ زلزله	٥. ساختمان با اسکلت بتونی با رعایت آیین نامه ٢٨٠٠ زلزله
	١. آبیاری سنتی با فشار زیاد شیلنگ و از آب شهری	
	٢. آبیاری بارانی	

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

نحوه آبیاری فضای سبز ☐	۳. آبیاری قطره‌ای سطحی	
	٤. آبیاری قطره‌ای زیر سطحی با آب غیر شهری (آب چاه یا آب‌های خاکستری و ....)	
	۵. آبیاری قطره‌ای زیر سطحی با آب غیر شهری و از طریق کنترل هوشمند با سنسور	
از نظر جنبه زیبایی ظاهری به ساختمان چه امتیازی می‌دهید؟) ☐	۱. ساختمان اصلا زیبا نیست	
	۲. ساختمان کمی زیباست	
	۳. ساختمان از نظر زیبایی متوسط است	
	٤. ساختمان زیباست	
	۵. ساختمان خیلی زیباست	
نام معیار: مدیریت پسماند ☐		
زیر معیار	شاخص	توضیحات (افزایش، کاهش و یا حذف)
داشتن برنامه کاهش و تولید پسماند ☐	۱.هیچ برنامه‌ای برای کاهش تولید پسماند وجود ندارد	
	۲.برنامه‌ای برای کاهش تولید پسماند در حال تدوین است	
	۳. برنامه‌ای برای کاهش تولید پسماند تعریف شده است اما پیاده سازی نمی‌شود	
	٤. برنامه‌ای برای کاهش تولید پسماند تعریف شده است پیاده سازی نیز می‌شود اما مورد نظارت و بازنگری قرار نمی‌گیرد	
	۵. برنامه‌ای برای کاهش تولید پسماند تعریف شده است پیاده سازی نیز می‌شود و در بازه‌های زمانی مشخص مورد نظارت و بازنگری قرار می‌گیرد	
تفکیک پسماند ☐	۱. هیچ گونه تفکیکی در خصوص پسماند از مبدأ در ساختمان انجام نمی‌شود	
	۲. هر از گاهی تفکیک پسماند در ساختمان انجام می‌شود	
	۳.تفکیک پسماناددر ساختمان انجام می شود اما به صورت جداگانه نیست(منظور ظروف جداگانه برای شیشه، فلز، کاغذ، نان خشک و...)	
	٤. تفکیک پسماند در ساختمان و در ظروف جداگانه انجام می‌شود اما کسی مسئول نظارت و کنترل آن نمی‌باشد (منظور فرد مسئول در ساختمان‌های بزرگ برای تحویل به شهرداری)	
	۵. تفکیک پسماند در ساختمان و در ظروف جداگانه انجام می‌شود و یک نفر مسئول نظارت و کنترل آن می‌باشد	
نام معیار: مدیریت فاضلاب		

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

زیر معیار	شاخص	توضیحات (افزایش، کاهش و یا حذف)
دفع فاضلاب	۱. دفع در چاه جذبی	
	۲. سپتینک تانک	
	۳. شبکه جمع آوری فاضلاب مشترک	
	٤. شبکه جمع آوری فاضلاب نیمه مجزا	
	۵. شبکه جمع آوری فاضلاب مجزا	

توضیحات شاخص فوق:

- شبکه جمع آوری فاضلاب مجزا: در این حالت دو شبکه جمع آوری فاضلاب، یکی برای جمع آوری و تصفیه فاضلاب بهداشتی و دیگری برای جمع آوری رواناب‌های سطحی، کار گذاشته می‌شود. (هزینه اولیه طرح و هزینه نگهداری بالاست)
- شبکه جمع آوری فاضلاب نیمه مجزا: در شبکه فاضلاب رو نیمه مجزا فقط یک سری لوله کار گذاشته می‌شود به طوری‌که علاوه بر فاضلاب بهداشتی، رواناب اولیه حاصل از شستشو منطقه مورد نظر نیز وارد فاضلاب می‌شود. وقتی جریان رواناب از حد مشخصی بیشتر شد، مقدار اضافی بر ظرفیت شبکه، توسط کانال‌های روباز پذیرفته می‌شود. (احتمال ته نشینی جامدات معلق در فاضلاب در زمان عدم بارش و نیاز به ساخت سر ریز برای رواناب سطحی وجود دارد)
- شبکه جمع آوری فاضلاب مشترک: زمانی که فاضلاب بهداشتی و رواناب سطحی توسط یک شبکه فاضلاب رو جمع آوری می‌شوند، به آن شبکه مشترک گفته می‌شود (هزینه پمپاژ بیشتر و اندازه تصفیه خانه بزرگ‌تر، به دلیل آلوده شده رواناب تصفیه فاضلاب ضروری است و در مواقع بارش‌های شدید و پر شدن فاضلاب رو امکان برگشت فاضلاب به منزل وجود دارد)

نام معیار : مواد و مصالح

زیر معیار	شاخص	توضیحات (افزایش، کاهش و یا حذف)
مواد تجدیدپذیر و سازگار با محیط زیست	۱. از هیچ گونه مواد تجدید پذیر و سازگار با محیط زیست در ساختمان استفاده نمی‌شود	
	۲. استفاده از مصالح سنگ، خشت و آجر	
	۳. استفاده از مواد پلاستیکی (از جمله PVC)	
	٤. استفاده از مصالح چوب طبیعی	
	۵. استفاده از مواد و مصالح محلی و بومی	
	۱. از هیچ گونه مواد بازیافت شده در ساختمان استفاده نمی‌شود	

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

قابلیت بازیافت مواد ☐	۲ استفاده از شیشه‌های بازیافت شده	
	۳. استفاده از چوب و فلز های بازیافت شده	
	٤. استفاده از مواد پلاستیکی و پلیمری بازیافت شده	
	۵. استفاده از کامپوزیت‌های قابل بازیافت	
نام معیار: کیفیت منطقه ☐		
زیر معیار	شاخص	توضیحات (افزایش، کاهش و یا حذف)
نزدیکی به حمل و نقل عمومی ☐	۱. فاصله ایستگاه حمل و نقل عمومی تا ساختمان بیشتر از ۵۰۰ متر است	
	۲. فاصله ایستگاه حمل و نقل عمومی تا ساختمان بین ۵۰۰ تا ٤۰۰ متر است	
	۳. فاصله ایستگاه حمل و نقل عمومی تا ساختمان بین ٤۰۰ تا ۳۰۰ متر است	
	٤. فاصله ایستگاه حمل و نقل عمومی تا ساختمان بین ۳۰۰ تا ۲۰۰ متر است	
	۵. فاصله ایستگاه حمل و نقل عمومی تا ساختمان کمتر از ۲۰۰ متر است	
فضای سبز محله ☐	۱. سرانه فضای سبز کمتر از ۵ مترمربع به ازای هر نفر	
	۲. سرانه فضای سبز بین ۵ تا ۱۰ مترمربع به ازای هر نفر	
	۳. سرانه فضای سبز بین ۱۰ تا ۱۵ مترمربع به ازای هر نفر	
	٤. سرانه فضای سبز بین ۱۵ تا ۲۰ مترمربع به ازای هر نفر	
	۵. سرانه فضای سبز بیشتر از ۲۰ مترمربع به ازای هر نفر	
تراکم جمعیت ☐	۱. تراکم جمعیت بیشتر از ۲۰۰۰ نفر بر کیلومتر مربع	
	۲. تراکم جمعیتبین ۲۰۰۰ تا ۱۵۰۰ نفر بر کیلومتر مربع	
	۳. تراکم جمعیت بین ۱۵۰۰ تا ۱۰۰۰ نفر بر کیلومتر مربع	
	٤. تراکم جمعیت بین ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ نفر بر کیلومتر مربع	
	۵. تراکم جمعیت کمتر از ۵۰۰ نفر بر کیلومتر مربع	
پارکینگ منطقه ☐	۱.در منطقه برای پیدا کردن جای پارک خودرو بیشتر از ۱۵ دقیقه زمان لازم است و وقت زیادی هدر می‌رود	
	۲. در منطقه برای پیدا کردن جای پارک خودرو ۱۵ تا ۱۰ دقیقه زمان صرف می‌شود	

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

	۳. در منطقه برای پیدا کردن جای پارک خودرو ۱۰ تا ۵ دقیقه زمان صرف می‌شود	
	٤. در منطقه برای پیدا کردن جای پارک خودرو ۵ دقیقه زمان صرف می‌شود	
	۵. در منطقه به راحتی و به وفور جای پارک خودرو در کوچه‌ها وجود دارد و زمانی صرف نمی‌شود و بیشتر از یک جای پارک خودرو وجود دارد	
وجود فضای مناسب برای بازی کودکان و نوجوانان ☐	۱. فضای مناسب بری بازی کودکان کمتر از ۱ متر مربع به ازای هر نفر	
	۲. فضای مناسب بری بازی کودکان ۵ تا ۱ متر مربع به ازای هر نفر	
	۳. فضای مناسب بری بازی کودکان ۱۰ تا ۵ متر مربع به ازای هر نفر	
	٤. فضای مناسب بری بازی کودکان کمتر از ۱۵ تا ۱۰ متر مربع به ازای هر نفر	
	۵. فضای مناسب بری بازی کودکان بیشتر از ۱۵ متر مربع به ازای هر نفر	
وجود مسیر مناسب بری پیاده روی و دوچرخه سواری ☐	۱. مسیری برای پیاده روی و دوچرخه سواری وجود ندارد	
	۲. مسیر مشترک برای پیاده روی و دوچرخه سواری وجود دارد	
	۳. مسیر انحصاری پیاده روی و دوچرخه سواری وجود دارد اما پیوسته نمی‌باشد	
	٤. مسیر انحصاری پیاده روی و دوچرخه سواری به صورت پیوسته وجود داشته ولی ایمن، آسان و راحت نمی‌باشد (برای گروه‌هایی از اجتماع که دارای توانایی جسمانی محدودتری هستند بتوانند از آن استفاده کنند)	
	۵. فضای مناسب برای پیاده روی و دوچرخه سواری مناسب، پیوسته، ایمن و آسان می‌باشد	
نام معیار: آموزش		
زیر معیار	شاخص	توضیحات (افزایش، کاهش و یا حذف)
آموزش و فرهنگ سازی ☐	۱. هیچ گونه فعالیت و برنامه آموزشی در خصوص محیط زیست انجام نمی‌شود	
	۲. نمایش پوستر های در معرض دید	
	۳. نصب تابلو و علائم آموزش محیط زیست	
	٤. تهیه بسته‌های آموزشی	
	۵. آموزش و فرهنگ سازی در خصوص استفاده بهینه و صرفه جویی منابع زیست محیطی	

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

References

1. Sujanova P, Rychtarikova M, Sotto Mayor T, Hyder A. A healthy, energy-efficient and comfortable indoor environment, a review. Energies. 2019;12(8):1414.
2. Wang W, Zhang S, Su Y, Deng X. Key factors to green building technologies adoption in developing countries: the perspective of Chinese designers. Sustainability. 2018;10(11):4135.
3. Perez-Lombard L, Ortiz J, Pout C. A review on buildings energy consumption information. Energy and Buildings. 2008;40(3):394-98.
4. Howe JC. Overview of green buildings. New York (CA): News & Analysis; 2011 Jan. Report No.:10043.
5. Geng Y, Ji W, Wang Z, Lin B, Zhu Y. A review of operating performance in green buildings: Energy use, indoor environmental quality and occupant satisfaction. Energy and Buildings. 2019;183:500-14.
6. Matthews E, Amann C, Bringezu S, Fischer-Kowalski M, Huttler W, Kleijn R, et al. The weight of nations. Material outflows from industrial economies. 2rd ed. Washington DC: World Resources Institute; 2000.
7. Furuhesh f. Analysis of green construction factors based on sustainable development indicators using methods and solutions [dissertation]. Mount pleasant)MI(: Tehran Islamic Azad University Science and Research Branch; 2014(in persian).
8. Introduction to Indoor Air Quality. United States: Environmental Protection Agency; 2010 [cited 2010 December 16]. Available from: http://www.epa.gov/iaq/ia-intro.html.
9. Akadiri PO, Chinyio EA, Olomolaiye PO. Design of a sustainable building: A conceptual framework for implementing sustainability in the building sector. Buildings. 2012;2(2):126-52.
10. Li Q, Long R, Chen H, Chen F, Wang J. Visualized analysis of global green buildings: Development, barriers and future directions. Journal of Cleaner Production. 2020;245:118775.
11. Romm JJ, Browning WD, MALIN N. Energy-efficient design. The Construction Specifier. 1995;48(6):44-51.
12. Kamaruzzaman SN, Egbu C, Zawawi EMA, Ali AS, Che-Ani AI. The effect of indoor environmental quality on occupants perception of performance: A case study of refurbished historic buildings in Malaysia. Energy and Buildings. 2011;43(2-3):407-13.
13. Rashid M, Spreckelmeyer K, Angrisano NJ. Green buildings, environmental awareness, and organizational image. Journal of Corporate Real Estate. 2012;14(1):21-49.
14. Zhang Y, Altan H. A comparison of the occupant comfort in a conventional high-rise office block and a contemporary environmentally-concerned building. Building and Environment. 2011;46(2):535-45.
15. Fauzi MA, Malek NA. Green Building assessment tools: Evaluating different tools for green roof system. International Journal of Education and Research. 2013;1(11):1-14.
16. Reed R, Bilos A, Wilkinson S, Schulte K-W. International comparison of sustainable rating tools. Journal of Sustainable Real Estate. 2009;1(1):1-22.
17. Cooper I. Which focus for building assessment methods environmental performance or sustainability? Building Research & Information. 1999;27(4-5):321-31.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

18. Todd JA, Crawley D, Geissler S, Lindsey G. Comparative assessment of environmental performance tools and the role of the Green Building Challenge. Building Research & Information. 2001;29(5):324-35.
19. Ding GK. Sustainable construction The role of environmental assessment tools. Journal of Environmental Management. 2008;86(3):451-64.
20. Gilbert GE, Prion S. Making sense of methods and measurement: Lawshe's content validity index. Clinical Simulation in Nursing. 2016;12(12):530-31.
21. DeVon HA, Block ME, Moyle-Wright P, Ernst DM, Hayden SJ, Lazzara DJ, et al. A psychometric toolbox for testing validity and reliability. Journal of Nursing Scholarship. 2007;39(2):155-64.
22. Tan S. Misuses of KR-20 and Cronbach's alpha reliability coefficients. Education and Science. 2009;34(152):101-102.
23. Sivo SA, Fan X, Witta EL, Willse JT. The search for" optimal" cutoff properties: Fit index criteria in structural equation modeling. The Journal of Experimental Education. 2006;74(3):267-88.
24. Nazari J, Ahmadpour-Geshlagi R, Akbarinia GR, Gillani N, Karimkhani F, Alizadeh SS. Development and psychometric assessment an instrument for investigating Womens attitude toward home safety. BMC Public Health. 2022;22(1):1-10.
25. Kline RB. Principles and practice of structural equation modeling. 2nd ed. New York: Guilford; 2005.
26. Schmitt TA. Current methodological considerations in exploratory and confirmatory factor analysis. Journal of Psychoeducational Assessment. 2011;29(4):304-21.
27. Brown T. Confirmatory factor analysis for applied research. 1st end. New York: Guilford Publications Inc; 2006.
28. Hu Lt, Bentler PM. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal. 1999;6(1):1-55.
29. Chorom H, Mansouri N, Behzadi MH. Prioritization of the Green Buildings Criteria. International Journal of Occupational Hygiene. 2020;12(3):203-16.
30. Awadh O. Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis. Journal of Building Engineering. 2017;11:25-29.
31. Doan DT, Ghaffarianhoseini A, Naismith N, Zhang T, Ghaffarianhoseini A, Tookey J. A critical comparison of green building rating systems. Building and Environment. 2017;123:243-60.
32. Kamionka LW. Sustainable Design Building Evaluation Based on Multi-Criteria Methods. Materials Science and Engineering; 2020 Dec 1; Prague, Poland: IOP Publishing; 2020.p. 042082.
33. Santosa ID, Arsana ME, Sukadana IB, Sunu PW. Balinese Green Building Model Emphasizing on Criteria of Energy Efficiency and Conservation. International Journal of Physics; 2020 Feb 1; Bali, Indonesia: IOP Publishing; 2020. p. 012095.
34. Kari B, Pormakhdomi K, Zahed F, Veyseh S, Bakhtiyari S, amini S, et al. Iranian green cedar System. Tehran (CA): Ministry of Roads and Urban Development Road Housing and Urban Development Research Center, National Land and Housing Organization; 2021 May. Report No.: LBNL1-4 (in persian).
35. Zuo J, Zhao Z-Y. Green building research current

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

status and future agenda: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014;30:271-81.

36. Green Building Index. Malaysia: Malaysias International Green Benchmark; 2013 [Cited 2013 July 5]. Available from: http://www.greenbuildingindex.org.

37. Li Y, Chen X, Wang X, Xu Y, Chen P-H. A review of studies on green building assessment methods by comparative analysis. Energy and Buildings. 2017;146:152-59.

38. Dobias J, Macek D. Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) and its impact on building operational expenditures. Procedia Engineering. 2014;85:132-39.

39. Haroglu H, editor The impact of Breeam on the design of buildings. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability. Thomas Telford Ltd. 2013;166;11-19.

40. Braulio-Gonzalo M, Jorge-Ortiz A, Bovea MaD. How are indicators in Green Building Rating Systems addressing sustainability dimensions and life cycle frameworks in residential buildings? Environmental Impact Assessment Review. 2022;95:106793.

41. Introduction to Indoor Air Quality. United States: Environmental Protection Agency; 2010 [cited 2010 December 16]. Available from: http://www.epa.gov/iaq/ia-intro.html.

42. Bluyssen P, de Oliveira Fernandes E, Fanger P, Groes L, Clausen G, Roulet C, et al. European audit project to optimize indoor air quality and energy consumption in office buildings. Portugal (CA): Building and Construction Research, Department of Indoor Environment, Building Physics and Systems; 1995 March. Report No.: JOU2-CT92-0022.

43. Ramli NH, Masri MH, Zafrullah M, Taib HM, Abd Hamid N. A comparative study of green school guidelines. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2012;50:462-71.

44. Fadai D, Esfandabadi ZS, Abbasi A. Analyzing the causes of non-development of renewable energy-related industries in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011;15(6):2690-95(in persian).

45. Kibert CJ. Sustainable construction green building design and delivery. 4rd ed. Florida: John Wiley & Sons; 2016.

46. Tahmasebi F. Energy audit of a residential building using in-building simulation software [dissertation]. Mount pleasant)MI(:Tehran Islamic Azad University Science and Research Branch; 2008(in persian).

47. Hbib F, Barzegar Z, Gasabani MC. Ranking of parameters affecting the energy consumption of buildings using the hierarchical analysis process. Role of the World Magazine. 2014;4(2): 47-53(in persian).

48. Hoang CP, Kinney KA, Corsi RL. Ozone removal by green building materials. Building and Environment. 2009;44(8):1627-33.

49. Lamble S, Corsi R, Morrison G. Ozone deposition velocities, reaction probabilities and product yields for green building materials. Atmospheric Environment. 2011;45(38):6965-72.

50. Allahyarifard N. The Impact of Green Space on the Human Psyche from the Perspective of Islam. Journal of Animal Breeding and Cultivation Technology. 2001;34:20- 21(in persian).

51. McCormack M, Treloar GJ, Palmowski L, Crawford R. Modelling Direct and Indirect Water Requirements of Construction in Building. Research

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

and Information. 2007;35(2):156-62.

52. Roodman DM, Lenssen NK, Peterson JA. a building revolution: how ecology and health concerns are tranforming construction: 1rd ed. Washington, DC: Worldwatch Institute; 1995.

53. Ilha MS, Oliveira LH, Goncalves OM. Environmental assessment of residential buildings with an emphasis on water conservation. Building Services Engineering Research and Technology. 2009;30(1):15-26.

54. Szalatkiewicz J, Szewczyk R, Budny E, Missala T, Winiarski W. Construction aspects of plasma based technology for waste of electrical and electronic equipment (WEEE) management in urban areas. Procedia Engineering. 2013;57:1100-08.

55. Irani F, Pourkhabaz Hr. Examining different methods of urban waste management systems. In: The first national conference on sustainable development in agricultural sciences and natural resources with a focus on environmental culture; 2018 Jun 20; Birjand, Iran: national conference; 2018. P. 52-65(in persian).

56. Suttibak S, Nitivattananon V. Assessment of Factors Influencing the Performance of Solid Waste Recycling Programs, Resources,. Conservation and Recycling. 2008;53(1-2):45-56.

57. Mason IG, Oberender A, Brooking AK. Source separation and potential re-use of resource residuals at a university campus. Resources, Conservation and Recycling. 2004;40(2):155-72.

58. Liu T-Y, Chen P-H, Chou NN. Comparison of assessment systems for green building and green civil infrastructure. Sustainability. 2019;11(7):2117.

59. Spence R, Mulligan H. Sustainable development and the construction industry. Habitat International. 1995;19(3):279-92.

60. Abeysundara UY, Babel S, Gheewala S. A matrix in life cycle perspective for selecting sustainable materials for buildings in Sri Lanka. Building and Environment. 2009;44(5):997-1004.

61. Environmental Performance Review Programme. Bosnia and Herzegovina: United Nations Economic Commission for Europe; 2011 [cited 2011 Aug 9]. Available from: https://unece.org/DAM/env/epr/epr_studies/bosnia_and_herzegovina%20II.pdf.

62. Environmental Performance Review Programme. Romania: United Nations Economic Commission for Europe Committee on Environmental Policy; 2001 [cited 2011 Aug 20]. Available from: https://unece.org/DAM/env/epr/epr_studies/romania.pdf.

63. Environmental Performance Review Programme .Serbia and Montenegro: United Nations Economic Commission for Europe Committee on Environmental Policy; 2001 [cited 2011 Jan 5]. Available from: https://unece.org/DAM/env/epr/epr_studies/serbiaII.pdf.

64. United Nations Sustainable Development. United states: Agenda 21; 1992 [cited 1992 June 3-14] 20]. Available from: https://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/wssd/poland.%D8%A7html.

65. Ruano M, Cruzado M. Use of education as social indicator in the assessment of sustainability throughout the life cycle of a building. European Journal of Engineering Education. 2012;37(4):416-25.

66. Adden B. Exploring the outside within: a narrative study of identity and teachers experiences learning to be naturalists [dissertation]. Mount Pleasant (MI): Royal Roads University; 2016.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Development of a quantitative model for performance assessment of urban green buildings: exploratory and confirmatory factor analysis

Hedieh Chorom[1], Nabiollah Mansouri[2,*], Mohammad Hassan Behzadi[3]

1- Department of Environmental Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Department of Environmental Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Department of Statistics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 29 August 2022
Revised: 13 November 2022
Accepted: 16 November 2022
Published: 20 December 2022

Keywords: Green building, Modeling, Assessment, Exploratory factor analysis, Confirmatory factor analysis

ABSTRACT

Background and Objective: This study aims to develop a quantitative model for the performance evaluation of urban green buildings using exploratory and confirmatory factor analysis.

Materials and Methods: Criteria and sub-criteria related to green building were collected, then to content validity and reliability of the primary questionnaire were confirmed by a panel of 11 experts. The final questionnaire with 8 main criteria and 26 sub-criteria was provided to 295 green building users to model the performance of the green buildings. Content validity and Cronbach's alpha were used for validity and reliability of the initial questionnaire, Expletory Factor Analysis was employed to identify factor structure and Confirmatory Factor Analysis was utilized to examine factor loadings and goodness of fit.

Results: The final questionnaire included 8 main criteria and 26 secondary criteria. The internal consistency of the test was adequate (alpha>0.6); the chi-square test for EFI analysis was equal to 0.09 and RMSEA<0.05 and the CFI index was equal to =0.98.

Conclusion: The results showed the designed 8-factor model could predict the impact of green building performance by 81.64%. EFI and CFI analysis confirmed the fitting of the model too.

***Corresponding Author:**
nmansourin@srbiau.ac.ir

Please cite this article as: Chorom H, Mansouri N, Behzadi MH. Development of a quantitative model for performance assessment of urban green buildings: exploratory and confirmatory factor analysis. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;15(3):559-84.

Copyright © 2022 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.3.11.4]