دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۶/۳۱
پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴
نوع مقاله: علمی - پژوهشی
صفحه: ۷۸-۵۹

ارزیابی ساختمان سبز با روش تحلیل سلسله‌مراتبی و استنباط آماری (نمونه موردی: شهر سبزوار)

معصومه کرمی[۱]، قاسم ذوالفقاری[۲،*]، مهری دلسوز[۳]

چکیده: هدف اصلی این پژوهش توصیفی و استنباطی، ارائه یک سیستم ارزیابی ساختمان سبز از دیدگاه افراد خبره است. به‌علاوه از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای ارزیابی و اولویت‌بندی معیارهای ساختمان‌های سبز استفاده می‌شود. همچنین با استفاده از استنباط آماری Wilcoxon و Friedman اهمیت معیارهای سیستم ارزیابی ساختمان سبز در شهر سبزوار بررسی شده است. روش کار به این شرح است که ابتدا معیارهای معماری پایدار تعیین و سیستم ارزیابی ساختمان سبز تدوین شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار Expert choice 11 ضریب وزنی هرکدام از معیارها مشخص گردید. سپس ۱۰ ساختمان از سطح شهر سبزوار به صورت تصادفی انتخاب شدند و اهمیت معیارهای پایداری در این ساختمان‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 مشخص شد. نتایج حاصل از مقایسات زوجی معیارهای پایداری ساختمان‌ها حاکی از آن است که معیار آب با وزن ۰/۲ (۲۰٪) دارای بیشترین اهمیت در میان سایر معیارها است و بعدازآن معیار کیفیت فنی قرار دارد (وزن ۰/۱۷۸). در رابطه با بررسی معماری پایدار در شهر سبزوار، نتایج حاصل از آزمون ویلکاکسون نشان می‌دهد که میانه پاسخ‌های افراد برای اکثر متغیرها، نزدیک به مقدار میانه (عدد ۰/۶۲۵) است. همچنین نتایج حاصل از آزمون فریدمن، رتبه‌بندی معیارها را نمایان می‌سازد به‌طوری‌که معیار کیفیت فنی با میانگین رتبه‌ای برابر با ۹/۳۵ رتبه‌ی اول و معیار آب با میانگین رتبه‌ای برابر با ۲/۱۰ رتبه آخر را کسب نموده‌اند. با توجه به اینکه از دیدگاه کارشناسان معیار آب بیشترین اهمیت دارد ولی از دیدگاه مالکین ساختمان‌های موردبررسی آب در رتبه آخر قرارگرفته است نتیجه‌گیری می‌شود که تبیین و پرداختن به مسئله آب به‌خصوص در اقلیم‌های خشک (مثل استان خراسان رضوی) با توجه به مشکلاتی که در این حوزه وجود دارد ضرورت بالایی دارد.

واژگان کلیدی: ساختمان سبز، تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، استنباط آماری، آب و انرژی

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
[۲] *دانشیار، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران؛ نویسنده مسئول:
ghr_zolfaghari@yahoo.com, g.zolfaghari@hsu.ac.ir
[۳] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران.

۱- مقدمه و بیان مسئله

توسعه روزافزون شهرنشینی، سبب شده است که مسائلی ازجمله انرژی و محیط‌زیست توجه ویژه‌ای را از سوی مردم و جامعه به خود جلب نماید (Si et al., 2016, 110; Zhang et al., 2017, 264). از طرفی گرم شدن کره زمین، افزایش روزافزون آلودگی محیط‌زیست و تغییرات غیرقابل‌بازگشت آن براثر دخالت‌های بشر، ضرورت توجه به مسائل زیست‌محیطی را برای آینده اجتناب‌ناپذیر کرده است. علاوه بر این به علت محدود بودن منابع سوخت‌های فسیلی، صنایع، ساختمان‌ها و سایر ارگان‌ها به سمت استفاده از دیگر انرژی‌های موجود در زمین ازجمله انرژی بادی، خورشیدی، آبی، بیولوژیکی و غیره حرکت نموده‌اند (اصل فلاح و همکاران، ۵،۱۳۹۷). طبق آمار منتشرشده توسط آژانس بین‌المللی انرژی، بیش از ۳۰ درصد منابع انرژی کشورها در ساختمان‌های تجاری، مسکونی، اداری مصرف می‌گردد. بدین منظور استانداردها و مقرراتی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی ساختمان‌ها ایجادشده است که نتیجه آن تدوین گواهینامه‌های مختلف درزمینه‌ی رتبه‌بندی و ارزیابی ساختمان سبز بوده که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به LEED، BREEAM، GREEN STAR، DGNB، CACBEE و غیره اشاره نمود (پیر باوقار،۲، ۱۴۰۰). LEED[1] به معنی مدیریت انرژی و طراحی زیست‌محیطی است. در سال‌های اخیر بحث معماری پایدار توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است زیرا یکی از چالش‌های بزرگ در معماری، سازگاری با محیط‌زیست است. با توجه به اینکه سلامت و بقای انسان در گرو سلامت محیط‌زیست است، برای محافظت از این میراث گران‌بها می‌توان از روش‌های مناسب در طراحی معماری و اتخاذ رویکردهای منطقی در تصمیم‌گیری استفاده کرد (عبدالله نژاد و همکاران، ۱۳۹۵، ۱). مفهوم معماری پایدار که تحت عنوان معماری سبز یا ساختمان سبز نیز شناخته‌شده است، اصول طراحی و ساخت ساختمان‌هایی است که با محیط پیرامون خودسازگار باشند. ساختمان سبز به‌عنوان نمونه‌ای از ساختمان‌های پایدار شناخته می‌شود که تمامی مراحل طراحی، ساخت و تعمیر و بازسازی، با مدیریت کارآمد محیطی و استفاده مجدد از منابع، انجام می‌پذیرد (Kubba, 2016, 65). ساختمان سبز برای اهداف مشخصی از قبیل افزایش بهره‌وری ساکنان، زیبایی شهری، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، سلامت روحی و روانی با کمک کاهش آلودگی هوا و کاهش اثرات کلی بر محیط‌زیست احداث می‌شود (Baweja, 2008, 2). ساختمان سبز کمترین مغایرت را با محیط طبیعی اطراف خود دارد. این مغایرت‌ها می‌تواند در قالب کاهش کیفیت هوای داخلی، آلودگی صوتی، اتلاف انرژی زیاد، بوی نامطبوع، تخریب اکوسیستم و مصرف مواد شیمیایی آلوده‌کننده پدیدار شود. معماری سبز باهدف کاهش مقدار منابع استفاده‌شده در مراحل احداث و بهره‌برداری از ساختمان، سعی دارد صدمات واردشده به محیط را که بعضاً به دلیل انتشار آلاینده‌ها و پسماندهای اجزاء ساختمانی است، کاهش دهد (Ragheb, 2016, 781).

اکثر سامانه‌های موجود ارزیابی ساختمان سبز، فاقد نسخه بین‌المللی بوده و درواقع سامانه‌ای ملی است که (BREEAM, 2014). بهره‌وری آب، مصالح و منابع، انرژی و جو، موقعیت و حمل‌ونقل، ساخت گاه‌های پایدار، نوآوری و کیفیت محیطی داخلی معیارهای مهمی هستند که در ارزیابی ساختمان سبز به کار می‌روند (Kubba, 2016, 55). جهت انطباق کامل‌تر معیارهای مذکور با شرایط زمینه و محلی، نیازمند استفاده از متخصصان محلی است که شرایط واقعی منطقه را ازلحاظ مباحث اقتصادی، تاریخی، فرهنگی، تکنولوژیکی و تنوع اقلیمی، با کمک این معیارها نمایان کنند.

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که در چند کشور به‌عنوان نمونه مصر، چین، ترکیه و کانادا تبیین اولویت‌ها در استانداردهای موجود (از قبیل LEED، BREEAM و غیره) بر اساس ضرورت‌ها و شرایط واقعی کشورها انجام‌نشده است؛ بنابراین نقش مؤثری در ارزیابی محیطی کشورها ندارند (Suzer, 2015, 270). لذا ارائه معیارهای ارزیابی ساختمان سبز با نگاه به شرایط بومی موردنیاز است. توجه به

[1]Leadership in Energy and Environmental Design

دیدگاه مردم در خصوص اهمیت معیارهای ساختمان سبز نیز بسیار مهم است.

راه‌اندازی تجهیزات بهینه در جهت کاهش مصرف انرژی، صرفه‌جویی در مصرف از طریق طراحی بهینه فضاها، پایش و سنجش مصرف و تولید انرژی تجدید پذیر از موضوعات مهم معیار انرژی هستند. امروزه با توجه به روند رو به رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و به دنبال آن گسترش صنایع، پراکنش نابرابر منابع آبی، همچنین بروز حوادث طبیعی مانند خشک‌سالی‌های متوالی و در پی آن کاهش منابع آبی، در اکثر کشورها بحث تأمین آب به یک معضل بزرگ مبدل شده است (رونقی، ۱۳۹۵، ۴).

در بحث معماری پایدار، یکی از نکات حائز اهمیت، توجه به محل ساخت است زیرا در صورت عدم توجه به این مهم در مراحل اولیه تصمیم‌گیری برای ساخت یک ساختمان پایدار و یا سبز، امکان بروز مسائل و مشکلات جبران‌ناپذیر در زمینه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی در آینده وجود دارد. یکی از منابع اصلی آلودگی‌های محیطی (آلودگی آب، خاک و هوا)، صنعت ساختمان‌سازی است. افزایش ارزش‌افزوده زمین، سبب افزایش میزان سرمایه‌گذاری در بخش ساخت‌وساز شده است و این امر باعث افزایش ساخت‌وسازهای جدید و در پی آن افزایش بازسازی‌ها و همچنین تخریب ساختمان‌های فرسوده شده که هرکدام به نحوی سبب آلودگی محیطی می‌شوند شده است (تقی‌زاده و باستان‌فرد، ۱۳۹۴، ۱).

هدف از این پژوهش ارائه یک سیستم ارزیابی ساختمان سبز از دیدگاه کارشناسان معماری و محیط‌زیست و پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری چند معیاره برای ارزیابی و اولویت‌بندی معیارهای ساختمان‌های سبز با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی[1] (AHP) با در نظر گرفتن شرایط زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی استان خراسان رضوی است. همچنین با استفاده از استنباط آماری ویلکاکسون[2] رتبه علامت‌دار و فریدمن[3] میزان اهمیت معیارهای سیستم ارزیابی ساختمان سبز در صنعت ساخت‌وساز شهر سبزوار بر اساس نظر مالکان ساختمان‌ها بررسی شد. در این مطالعه دو سؤال پیگیری می‌شود. نخست آن‌که در ارزیابی پایداری سیستم‌های ساختمانی، اهمیت کدام‌یک از معیارها بیشتر است؟ و دوم آن‌که در صنعت ساخت‌وساز شهر سبزوار، کدام معیار پایداری نسبت به سایر معیارها بیشتر لحاظ شده است و مورد اهمیت است؟ لذا دو فرضیه مورد آزمون قرار می‌گیرد. فرضیه اول «احتمال می‌رود در ارزیابی پایداری سیستم‌های ساختمانی، اهمیت معیار آب بیشتر از سایر معیارها باشد» و فرضیه دوم «احتمال می‌رود در صنعت ساخت‌وساز شهر سبزوار، معیار کیفیت اقتصادی نسبت به دیگر معیارهای پایداری بیشتر لحاظ شده است و مورد اهمیت است» است.

۲- پیشینه و مبانی نظری پژوهش

پیشینه احداث و استفاده از ساختمان‌های سبز به بعد از جنگ جهانی دوم و هم‌زمان با محدود شدن منابع انرژی و روی آوردن و توجه مهندسان به تأمین انرژی از طریق سیستم‌های گرمایش خورشیدی برمی‌گردد. پس‌ازآن در اوایل قرن بیستم با بروز بحران انرژی و برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی تغییر اساسی در بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان‌ها و فناوری‌های ساختمانی ایجاد شد که منجر به احداث ساختمان‌های سبز گردید. سیستم‌های رتبه‌بندی ساختمان سبز در دنیا با توجه به شرایط اقلیمی، فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی هر کشور تدوین‌شده است و در اکثر آن‌ها سه معیار اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی موردتوجه است. برخی از منابع، ساختمان سبز را زیرمجموعه‌ای از ساختمان پایدار می‌دانند و معتقد هستند که ساختمان پایدار ساختمانی است که هم ازنظر اقتصادی سودآوری، بهره‌وری و بازگشت سرمایه داشته و هم ازنظر زیست‌محیطی سبب کاهش و یا جلوگیری از تخریب و آلودگی محیط‌زیست شده و درنهایت ازنظر اجتماعی سبب بهره‌وری ساکنان از مزایای پایداری ساختمان گردد (جعفری سوته و همکاران، ۱۴۰۰، ۱۳۰). قربانی شهرت و صارمی (۱۳۹۴، ۱۵) در

[1] Analytic Hierarchy Process
[2] Wilcoxon
[3] Friedman

پژوهشی به شناسایی مصالح و تکنولوژی‌های نوین در معماری سبز (پایدار) پرداختند و تکنولوژی‌های جدید مورداستفاده در ساختمان‌هایی با بالاترین عملکرد را با شاخص‌هایی چون ۱- تولید انرژی شامل سیستم‌های خورشیدی و زمین‌گرمایی، ۲- حفظ انرژی شامل تکنولوژی‌های کم‌مصرف و عایق‌بندی معرفی کردند. در پژوهش دیگری ارزیابی و تحلیل توسعه ساختمان سبز در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه در سراسر جهان، در قالب چشم‌اندازهای سیاسی، اقتصادی، فناوری، اجتماعی و زیست‌محیطی مقایسه شده است. نتیجه آن‌که توسعه ساختمان سبز علاوه بر ایجاد شهری با حداقل کربن تولیدی، از طریق ایجاد فرصت‌های شغلی و توسعه فناوری‌های انعطاف‌پذیر، منافع اقتصادی و اجتماعی را برای شهرها فراهم می‌نماید (Franco et al., 2021, 20). به‌علاوه الگوی درجه‌بندی ساختمان سبز جهت دریافت گواهینامه سبز تحت مدل رتبه‌بندی مورد ارزیابی قرارگرفته است. آن‌ها در این تحقیق از فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی برای توسعه سیستم درجه‌بندی ساختمان سبز استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان‌دهنده آن بود که ساختمان‌های دارای عملکرد سبز ضعیف، نیازمند یک طرح اصلاحی می‌باشند که موفق به اخذ گواهی‌نامه سبز شوند (Pushpakumara & Thusitha, 2021, 15). ملازاده یزدانی (۱۳۹۶، ۳۰) در مطالعه‌ای به بررسی معیارهای کلیدی توسعه پایدار در رابطه با سیستم‌های رتبه‌بندی بین‌المللی ساختمان سبز و به‌روزرسانی آن پرداخت. در این تحقیق بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده، معیارهای کلیدی شامل: آب، سایت پایدار، انرژی، کیفیت هوای داخل، ضایعات، مواد، مدیریت و آلودگی به‌منظور توسعه سیستم‌های جدید شناسایی شدند. مجروحی و همکاران (۱۳۹۶، ۵۰) در تحقیقی به بررسی پرکاربردترین سیستم‌های رتبه‌بندی ساختمان‌های سبز در جهان، به‌منظور شناسایی شاخص‌های ارزیابی آن سیستم‌ها، منطبق با مباحث زیست‌محیطی و توسعه پایدار پرداختند؛ بدین منظور که راهکارهایی اجرایی جهت تدوین استاندارد برای ساختمان‌های سبز در ایران ارائه کنند. همچنین مفیدی شمیرانی و همکاران (۱۳۹۸، ۳۰۰) در مطالعه‌ای به بررسی ۵ سامانه فراگیر دنیا شامل BREEAM، LEED، CASBEE، DGNB و HQE با استفاده از تدابیر تحلیلی- مقایسه‌ای پرداختند و درنهایت معیارهای ارزیابی هر سامانه را استخراج و برمبنای سه جنبه کلیدی توسعه پایدار (محیطی، اجتماعی و اقتصادی) دسته‌بندی نمودند. آن‌ها در این مطالعه به ۱۱ سرفصل با عناوین انرژی، آب، ساخت گاه، بارهای محیطی، مصالح، پسماند، کیفیت فضای داخلی، مباحث فرهنگی- اجتماعی، اقتصاد، کیفیت فنی و عملکردی، مدیریت و فرآیندهای پایدار رسیدند. نتایج حاکی از آن بود که مبانی و رویکرد متفاوت هرکدام از سامانه‌ها باعث گردیده که هرکدام از آن‌ها به یک سری از معیارها توجه بیشتری داشته باشند. به این صورت که DGNB به معیارهای اقتصادی- اجتماعی و BREEAM،LEED و HQE به مباحث محیطی می‌پردازند. از طرف دیگرDGNB و CASBEبه موضوعاتی مانند سرویس‌دهی، کارکرد و قابلیت‌های فنی ساختمان توجه دارند. در مطالعه دیگری استاندارد LEED و سایر استانداردهای رتبه‌بندی ساختمان سبز باهم مقایسه شده است. طبق این تحقیقLEED هنوز برخی از نارسایی‌ها و ناسازگاری‌ها را ازنظر اولویت‌بندی محیط‌زیست نشان می‌دهد و نتوانسته است سیستمی را که حساسیت بیشتری نسبت به این موضوع دارد را در خود جای دهد. همچنین در این مقاله تفاوت‌ها و شباهت‌های بین رویکردهای ابزارهای اصلی ارزیابی زیست‌محیطی، با توجه به موضوع موردتوجه و عواملی که باید در نسخه‌های بعدی LEEDادغام شوند، تشریح می‌شود (Suzer, 2015, 270).

در پژوهشی دیگر به سنجش فراگیرترین و مهم‌ترین سامانه‌های جهانی BREEAM، LEED، SBTool، CASBEE و شناخت تمایزات سامانه‌ها و حوزه‌های همگرایی، جهت به‌کارگیری معیارهای محیطی موجود در سامانه‌های جدید بالقوه، پرداخته‌شده است. نتایج به‌دست‌آمده مشخص نمود که به دلیل وجود تفاوت‌های منطقه‌ای، تعمیم معیارهای سامانه‌های موجود به‌تمامی مناطق امکان‌پذیر نبوده، بنابراین در این پژوهش با تجمیع معیارهای موجود، یک مدل کلی ارزیابی محیطی تدوین گردید (Alyami & Rezgu, 2012, 55). این پژوهش‌ها

به‌طورکلی نشان می‌دهند که در هر کشور بر اساس شرایط فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی بر اساس نظر متخصصان باید معیارهای لازم برای ارزیابی ساختمان سبز پیشنهاد و بومی شوند.

۳- روش تحقیق

۳-۱- روش‌شناسی تحقیق

مطالعه حاضر از حیث اهداف از نوع کاربردی، به لحاظ ماهیت توصیفی- تحلیلی بوده و به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) صورت گرفته است و تکنیک‌های مورداستفاده در آن بررسی میدانی، مشاهده، مشاوره و پرسشنامه است. نرم‌افزارهای مورداستفاده در این تحقیق شامل نرم‌افزار Expert Choice، Excel، SPSS و Googel Earth است. همچنین این تحقیق با توجه به فرضیات، سعی در شناخت معیارهای ارزیابی پایداری در سیستم‌های ساختمانی و بررسی میزان اهمیت آن‌ها دارد. یکی از جامع‌ترین سیستم-های طراحی‌شده جهت تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، فرآیند تحلیل سلسه‌مراتبی می‌باشد؛ ازاین‌جهت که در این روش امکان فرموله کردن مسئله به شکل سلسله مراتبی و نیز امکان لحاظ نمودن معیارهای مختلف کیفی و کمی، در مسئله وجود دارد. این تکنیک گزینه‌های متفاوت را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را داشته، به‌علاوه بر اساس مقایسات زوجی تشکیل یافته که محاسبه و قضاوت‌ها را آسان می‌نماید. از مزیت‌های ویژه این تکنیک در تصمیم‌گیری چندمعیاره، امکان نمایش میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم می‌باشد (عبدالله نژاد و همکاران، ۱۳۹۵، ۷). در پژوهشی در کشور عربستان بیان شد که BREEAM و LEED منطبق با شرایط این کشور نیست، با تشکیل یک گروه از خبرگان و با استفاده از روش AHP، به تعیین شاخص‌ها و وزن‌دهی آن‌ها پرداختند، نهایتاً مدل SEAM را برای عربستان پیشنهاد نمودند (Alyami, 2015, 170). در پژوهش حاضر درروش تحلیل سلسله مراتبی یا AHP ابتدا اهداف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها را تعریف، سپس ساختار مناسب مسئله تشکیل می‌شود. در ادامه مقایسه‌های زوجی یا دوتایی صورت گرفته و مقادیر وزنی آن‌ها مشخص می‌گردد. برای مقایسه‌ها ضربی ناسازگاری محاسبه که از طریق فرمول‌های خاصی ممکن است. پس از نرمالیزه کردن ماتریس‌های به‌دست‌آمده وزن‌های نسبی باهم تلفیق و وزن کلی به دست می‌آید (Saaty, 1980, 55). در این پژوهش از نرم‌افزار Expert Choice جهت وزن‌دهی معیارها استفاده‌شده است. نرم‌افزار Expert Choice، ابزاری قدرتمند برای انجام تحلیل سلسله مراتبی یا AHP و مقایسات زوجی است و جهت تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری در اکثر علوم مانند مدیریت و مهندسی استفاده می‌شود. این نرم‌افزار دارای قابلیت‌های گوناگونی از قبیل طراحی نمودار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری، مقایسات زوجی بین معیارها و زیرمعیارها، امکان مشخص نمودن اولویت‌ها و ترجیحات و محاسبه وزن نهایی و مشخص نمودن بهترین گزینه می باشد (روحی تروجنی و همکاران، ۱۳۹۵، ۴). در این پژوهش برای بررسی معیارها از دیدگاه مالکان ساختمان‌های موردبررسی و اولویت‌بندی معیارهای پایداری از دیدگاه مالکان از نرم‌افزار SPSS استفاده‌شده است. آزمون فریدمن یک «آزمون ناپارامتری آماری»[1] است که برای مقایسه شاخص‌های مرکزی چندین جامعه به کار می‌رود. این آزمون، مشابه «تحلیل واریانس یک‌طرفه»[2] است که در محیط ناپارامتری اجرا می‌شود. آزمون ویلکاکسون از آزمون‌های آماری ناپارامتری است که برای ارزیابی همانندی دو نمونه وابسته با مقیاس رتبه‌ای به کار می‌رود. سؤالات پرسشنامه‌ها بر اساس نظر نویسندگان گروه تحقیق بر مبنای معیارهای معماری پایدار و ساختمان‌های سبز بوده است. ابزاری که برای جمع‌آوری داده‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد در مرحله نخست باید از روایی (اعتبار) برخوردار و در مرحله دوم باید پایایی (اعتماد) داشته باشد. در تحقیق حاضر روایی و پایایی پرسشنامه‌ها موردبررسی قرارگرفته است. مقصود از روایی آن است که وسیله اندازه‌گیری واقعاً بتواند خصیصه موردنظر را اندازه‌گیری نماید نه متغیر دیگری را. اگر وسیله

[1] Non-parametric statistical test

[2] One-way ANOVA

اندازه‌گیری ازلحاظ خصیصه موردنظر دارای روایی کافی نباشد، نتایج پژوهش بی‌ارزش خواهد بود. روایی پرسشنامه‌های حاضر بر اساس نظر کارشناسان مورد تائید واقع شد. منظور از پایایی آن است که ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی به دست می‌دهد. برای تعیین پایایی ابزار اندازه‌گیری شیوه‌های مختلفی وجود دارد که در مطالعه حاضر از روش آلفای کرونباخ[1]استفاده شد. مقدار آلفای کرونباخ عددی است بین (۱ و ۰) و اگر این مقدار از ۰/۷ کمتر باشد نشان از آن دارد که پرسشنامه مناسب کار نیست و هر چه از ۰/۷ بیشتر به سمت ۱ میل کند نشان از آن دارد که پرسشنامه از اعتماد بالاتری برخوردار است. عدد آلفای کرونباخ برای پرسشنامه اول ۰/۹۱ و برای پرسشنامه دوم ۰/۸۹ بود.

۳-۲- مراحل تحقیق

پژوهش حاضر در شهر سبزوار انجام‌شده است. سبزوار در استان خراسان رضوی با جمعیت ۲۹۹۸۰۰ نفر طبق سرشماری سال ۱۴۰۰ (درگاه ملی آمار، ۱۴۰۲) واقع‌شده است. اقلیم این شهرستان خشک تا نیمه‌خشک، متوسط بارش نزولات آسمانی آن ۱۸۹ میلی‌متر و باد غالب آن، شرقی است. شهرستان سبزوار به لحاظ قرار گرفتن در ورودی استان خراسان بزرگ و همچنین محل اتصال شریان‌های ارتباطی مهم جنوب کشور به شمال و غرب به شرق به لحاظ تجاری و اقتصادی موقعیت مناسبی دارد. اقلیم کویری سبزوار، تشدید خشک‌سالی‌ها، کاهش بارندگی‌ها و کسری مخزن آبخوان‌ها این شهر را در ردیف شهرهای بحرانی خراسان رضوی قرار داده است. در این مطالعه ابتدا مطالعاتی درزمینه سیستم‌های رتبه‌بندی ساختمان‌های سبز در سراسر جهان در قالب کتب، مقالات و پایان‌نامه‌ها انجام شد. با توجه به اینکه در ایران سیستم مدونی جهت ارزیابی پایداری ساختمان‌ها وجود ندارد، بنابراین در این پژوهش تصمیم به ارائه یک سیستم ارزیابی پایداری ساختمان‌ها مطابق با شرایط استان خراسان رضوی ازنظر اقلیم، فرهنگ، اقتصاد و غیره گرفته شد. برای این منظور با کارشناسان مشورت و یک سیستم در قالب ۱۱ معیار اصلی و ۴۴ زیرمعیار ارائه گردید. در مرحله بعد به‌منظور وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارهای موردنظر، پرسشنامه اول با عنوان «پرسشنامه خبره» آماده شد. سپس پرسشنامه تهیه‌شده در میان ۱۰ گروه از متخصصان توزیع گردید. این افراد دارای تخصص‌های معماری یا محیط‌زیست بودند و شامل استادان دانشگاه، مدیران عامل شرکت‌های معماری و مهندسین معماری و محیط‌زیست بودند. گروه‌ها در قالب گروه‌های ۳الی ۵نفرِ سازمان‌دهی شدند. روش پاسخ دادن به پرسش‌ها و الگوی امتیازدهی به شرح (جدول ۱) است. همچنین (جدول ۲) زیرمعیارها را نشان می‌دهد که برای اختصار در یک جدول درج‌شده اما هنگام تنظیم پرسش‌نامه برای هر زیر معیار یک جدول برای مقایسه زوجی تنظیم‌شده است. نحوه استخراج معیارها و زیرمعیارها به این شکل بوده است که تمامی استانداردها و آیین‌نامه‌های مربوط به کشورهای مختلف (که هرکدام معیارهای خاصی را پوشش می‌دهند) موردبحث و بررسی قرارگرفته است و درنهایت یک الگوی نهایی که جامع باشد و دربرگیرنده تمام معیارهای ساختمان سبز باشد تنظیم‌شده است. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها از مقادیر آن‌ها میانگین گرفته شد و درنهایت با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها انجام گردید. در ادامه به‌منظور بررسی وضعیت ساختمان‌سازی در شهر سبزوار و شناخت معیارهایی که در ساختمان‌سازی این شهر از اهمیت بیشتری برخوردار است، پرسشنامه دوم با عنوان «پرسشنامه امتیازدهی به پایداری ساختمان» تنظیم شد. جهت تکمیل این پرسشنامه، ۱۰ ساختمان (مسکونی و تجاری) به‌صورت تصادفی در سطح شهر سبزوار انتخاب شد. درنهایت نتایج حاصل از پرسشنامه دوم در نرم‌افزار SPSS مورد آنالیز قرار گفت.

[1] Cronbach Alpha

جدول ۱. روش پاسخ دادن به پرسش‌ها و الگوی امتیازدهی در پرسشنامه خبره

ارزش	اولویت‌ها	توضیح	راهنمایی
۱	ترجیح یکسان	گزینه یا شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارد و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.	در مقایسه معیار هر سطر با معیار هر ستون اگر اهمیت هر دو معیار یکسان بود عدد ۱ علامت زده می‌شود. اگر معیار مندرج در سطر مهم‌تر بود به همان اندازه که بااهمیت‌تر است عدد مناسب وارد می‌شود. مثلاً اگر معیار مندرج در سطر، ۳ درجه مهم‌تر بود عدد ۳ واردشده اما اگر معیار مندرج در ستون مهم‌تر بود عدد به‌صورت معکوس وارد می‌گردد. **زیر قطر اصلی نیازی به تکمیل ندارد.**
۳	کمی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهم‌تر است.	
۵	خیلی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهم‌تر است.	
۷	خیلی زیاد مرجح	گزینه i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.	
۹	کاملاً مرجح	گزینه i از j مطلقاً مهم‌تر و قابل‌مقایسه با j نیست.	
۲، ۴، ۶ و ۸	بینابین	ارزش‌های بین ارزش‌های ترجیحی را نشان می‌دهد مثلاً ۸ بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ برای i است.	

جدول ۲. زیر معیارهای مختلف معیارهای اصلی

معیارهای اصلی	زیرمعیارها						منبع
انرژی	راه‌اندازی تجهیزات بهینه در جهت کاهش مصرف انرژی	صرفه‌جویی در مصرف از طریق طراحی بهینه فضاها	پایش و سنجش مصرف	تولید انرژی تجدید پذیر	-		(Kubba, 2016, 70)
زیر معیارهای آب	تصفیه فاضلاب خاکستری، بازیافت آب باران	بهینه‌سازی مصرف	پایش مصرف آب	-	-		(Kubba, 2016, 80)
زیر معیارهای محل ساخت	انتخاب محل ساخت[۲]	حفظ ارزش‌های اکولوژیکی محل ساخت	ارتقا محل ساختار[۳]	-	-		(Kubba, 2016, 81)
زیر معیارهای آلودگی محیطی	ممانعت از انتشار گازهای گلخانه‌ای	کاهش جزیره حرارتی	کاهش آلودگی محیط‌زیست	-	-		(BREEAM, 2023)
زیر معیارهای مصالح	منبع مصالح (استخراج مسئولانه مصالح)	بهره‌وری مصالح (ترکیبات مناسب مصالح/عایق بودن)	دوام مصالح	بازیافت پذیری مصالح	چرخه زندگی مصالح و کاهش آثار محیطی و تصاعدات مصالح		(Kubba, 2016, 85)
زیر معیارهای پسماند	مدیریت پسماند ناشی از ساخت‌وساز	بازیافت زباله در زمان بهره‌برداری	-	-	-		(BREEAM, 2023)
زیر معیارهای محیط داخلی	کیفیت هوا در طول دوره ساخت‌وساز	آسایش و رفاه کاربر در محیط داخلی[۴]	سلامت کاربر در محیط داخلی[۵]	امکان کنترل کیفیت محیط توسط کاربر	ارزیابی و پایش کیفیت هوا	امنیت و ایمنی	(HQE, 2023)
زیر معیارهای محیط خارجی	دسترسی ناتوانان جسمی-حرکتی	حقوق همسایگان[۶]	دسترسی عمومی[۷]	کیفیت روانی-فضایی	کیفیت زیباشناسانه فضا		(CASBEE, 2001)
زیر معیارهای کیفیت فنی	انعطاف‌پذیری عملکرد و فضا[۸]	کیفیت ایمنی (حریق و زلزله)	کیفیت اجزا و تجهیزات[۹]	نظافت پذیری	دوره سرویس‌دهی اجزا و تجهیزات[۱۰]		(BREEAM, 2023)
زیر معیارهای کیفیت اقتصادی	هزینه	معیارهای سرمایه‌گذاری (سرمایه اولیه-بازگشت سرمایه)	زمان	-	-		(مفیدی شمیرانی و همکاران، ۱۳۹۸، ۳۱۴)
زیر معیارهای مدیریت	برنامه‌ریزی و طراحی پروژه	ساخت‌وساز پایدار	مدیریت بهره‌برداری و راهنمای کاربر	ایجاد نوآوری	اولویت‌های منطقه‌ای		(مفیدی شمیرانی و همکاران، ۱۳۹۸، ۳۱۴)

[۱] کاهش مصرف و بهره‌گیری از تجهیزات بهینه آب، [۲] شرایط جغرافیایی، مخاطرات و ادراک نسبت به زمین، [۳] ارتقا محل ساختار از طریق ایجاد فضاهای باز، سبز کردن سطوح و بهبود محیط حرارتی و طراحی شهری، [۴] آسایش حرارتی، آسایش بصری، آسایش صوتی و آسایش بویایی، [۵] بهداشت هوا، بهداشت آب، کنترل محیطی دخانیات، کاهش قرارگیری در معرض نیروی مغناطیسی و میزان تصاعدات مصالح و تأثیر آن بر سلامت انسان، [۶] برخورداری از نور خورشید، آرامش، منظر، بهداشت، کاهش مزاحمت صوتی، بصری و غیره، [۷] دسترسی به تسهیلات عمومی و رفاهی و تسهیلات حمل‌ونقلی اطراف سایت (حمل‌ونقل عمومی، پارکینگ، تسهیلات دوچرخه‌سواری، خودروهای سبز و ...)، [۸] چند عملکردی بودن: انعطاف در سازه و فضا/ مفید بودن ابعاد فضا، [۹] عایق بودن/ کیفیت سرویس‌دهی، [۱۰] انطباق‌پذیری، تجدید پذیری و تسهیل تعمیر و نگهداری

٤- بحث و یافته‌های پژوهش

٤-١- اولویت‌بندی و وزن دهی معیارها و زیرمعیارها به روش تحلیل سلسله مراتبی

در مطالعه حاضر ۱۱ معیار اصلی برای ساختمان‌های سبز برای ایران و به‌ویژه خراسان با توجه به شرایط اقلیمی و اجتماعی پیشنهادشده که شامل انرژی[1]، آب[2]، محل ساخت[3]، آلودگی محیط‌زیست[4]، مصالح[5]، پسماند[6]، محیط داخلی[7]، محیط خارجی[8]، کیفیت فنی[9]، کیفیت اقتصادی[10] و مدیریت[11] هستند. مصالح ساختمانی، نقش ویژه‌ای بر میزان پایداری بنا و ارزش اقتصادی ملک دارند. از طرفی اکثر مصالح ساختمانی از طبیعت به‌دست‌آمده و حتی برخی از آن‌ها جزء منابع تجدید ناپذیر به‌حساب می‌آیند و استفاده بی‌رویه از این مصالح، سبب محروم شدن نسل‌های آتی از آن‌ها می‌شود (Godfaurd et al., 2005, 319). توجه به معیار پسماند در فرآیندهای پایداری ساختمان حائز اهمیت است. تولید پسماند تنها مربوط به زمان بهره‌برداری از ساختمان نبوده، بلکه در طول چرخه حیات ساختمان و حتی هنگام تخریب ساختمان‌های قدیمی با حجم انبوهی از پسماند مواجه هستیم. در مطالعه‌ای سامانه رتبه‌بندی ساختمان سبز، برای واحدهای اقامتی اردن، متناسب با شرایط منطقه‌ای و مبتنی بر اصول سه‌گانه توسعه پایدار پیشنهاد شد (Ali and Al Nsairat, 2009, 1055). در این مطالعه یک سامانه رایانه محور متناسب با بافت زمینه‌ای اردن ازنظر مباحث زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی ارائه گردید. ازآنجاکه انسان‌ها روزانه زمان زیادی را در ساختمان‌ها سپری می‌کنند، بنابراین توجه به کیفیت محیط داخلی ساختمان‌ها که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر سلامت، آسایش و میزان بهره‌وری کاربر تأثیرگذار بوده، حائز اهمیت است. برای دستیابی به پایداری در ساختمان‌ها، علاوه بر کیفیت محیط داخلی، توجه به کیفیت محیط خارجی امری ضروری است زیرا علاوه بر ارتقاء جذابیت و کیفیت فضاهای خارجی، سبب فراهم شدن کیفیت اجتماعی نیز می‌گردد. در معیار کیفیت فنی موضوعاتی مانند انعطاف‌پذیری عملکرد و فضا، وضعیت تعمیر و نگهداری، توانایی ارائه خدمات و سرویس‌دهی و قابلیت‌های فنی ساختمان، بررسی و ارزیابی می‌شوند.

در این مطالعه جهت پاسخ به سؤال اول پژوهش «در ارزیابی پایداری سیستم‌های ساختمانی، اهمیت کدام‌یک از معیارها بیشتر است؟» اولویت‌بندی و وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارهای پایداری ساختمان‌ها انجام شد. با توجه به (شکل ۱) ضریب ناسازگاری محاسبه‌شده توسط نرم‌افزار Expert Choice 11 برای مقایسات زوجی بین معیارهای اصلی برابر با ۰/۰۹ بوده که کمتر از مقدار ۰/۱ است، بنابراین مقایسات زوجی صورت گرفته بین معیارها قابل‌قبول است. از طرفی با توجه به وزن هرکدام از معیارها، اولویت‌بندی و میزان اهمیت آن‌ها مشخص گردید؛ به این صورت که معیار آب با وزنی برابر با ۰/۲ اولین اولویت برای ارزیابی پایداری ساختمان‌ها بوده و طبق نظر خبرگان دارای بیشترین اهمیت در میان سایر معیارها است. بعد از آب، به ترتیب معیارهای کیفیت فنی (۱۷٪/۸)، کیفیت اقتصادی (۱۵٪/۱)، انرژی (۱۳٪/۷)، کیفیت محیط داخلی (۹٪/۹)، مصالح (۷٪/۴)، پسماند (۴٪/۴)، آلودگی محیطی (۴٪/۱)، محل ساخت (۲٪/۷)، مدیریت و برنامه‌ریزی پایدار (۲٪/۴) و کیفیت محیط خارجی (۲٪/۳) در اولویت‌های دوم تا یازدهم قرار می‌گیرند. مقایسه بین سامانه‌های موجود در سایر کشورها نشان می‌دهد که سامانه LEED مربوط به آمریکا به انرژی اهمیت بیشتری نسبت به سایر معیارها می‌دهد (Lee, 2012, 330). سامانه LEED دارای ۸ سرفصل یا معیار انرژی، آب، آلودگی محیطی، پسماند، مصالح، کیفیت فضای داخلی و مدیریت است (مفیدی شمیرانی و همکاران، ۱۳۹۸، ۳۰۲). منظور از کیفیت اقتصادی در معماری پایدار موضوعاتی است که تأثیر مستقیم

[1] Energy
[2] Water
[3] Construction location
[4] Environmental pollution
[5] Materials
[6] Wastes
[7] Indoor environment quality
[8] Outdoor environment quality
[9] Technical quality
[10] Economical quality
[11] Management

بر هزینه‌های کل دوره حیات ساختمان یعنی ساخت، بهره‌برداری و تخریب داشته و یا سبب حیات و رشد اقتصادی ساختمان و محیط پیرامونی آن می‌گردد. معیار مدیریت و برنامه‌ریزی پایدار شامل اقداماتی درزمینه برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری و مدیریت فعالیت‌های ساختمانی در کل چرخه حیات ساختمان ازجمله طراحی، ساخت و بهره‌برداری است. از مشکلات مهمی که در زمینه ساختمان‌سازی در ایران وجود دارد عدم مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب در زمان اجرای ساختمان بوده که سبب افزایش هزینه‌ها از میزان برآورد شده و زمان پروژه افزایش و نهایتاً کیفیت پروژه کاهش می‌یابد (زرین‌فر و وثوقی،۱۳۹۳، ۱). (شکل ۲) اولویت‌بندی و وزن دهی زیرمعیارهای انرژی، آب، محل ساخت، آلودگی محیطی، مصالح و پسماند را نشان می‌دهد. با توجه به (شکل ۲) ضریب ناسازگاری محاسبه‌شده برای مقایسات زوجی بین زیرمعیارهای انرژی برابر با ۰/۰۹ بوده که کمتر از مقدار ۰/۱ است، بنابراین مقایسات زوجی صورت گرفته بین زیرمعیارهای انرژی قابل‌قبول است. از طرفی با توجه به وزن هرکدام از زیرمعیارها، اولویت‌بندی و میزان اهمیت آن‌ها مشخص گردید؛ به این صورت که زیرمعیار راه‌اندازی تجهیزات بهینه در جهت کاهش مصرف انرژی[1] با وزنی برابر با ۰/۰۶۵ طبق نظر خبرگان دارای بیشترین اهمیت در میان سایر زیرمعیارهای انرژی جهت پایداری ساختمان‌ها است. طراحی و ایجاد فضای سبز بهینه ارتباط مستقیمی با مصرف انرژی دارد. دیوار سبز در ساختمان دارای مزایای گوناگونی ازجمله بهبود کیفیت ساختمان‌ها (به دلیل عایق بودن این دیوار در برابر حرارت، رطوبت و صوت)، استفاده از فضای مرده ساختمان (با ایجاد سطوحی چشم‌نواز در نمای ساختمان)، افزایش ارزش‌افزوده به ساختمان، کاهش آلودگی هوا و... است. نمای سبز به دیواری اطلاق می‌شود که گیاهان بالارونده روی دیوار یا سازه‌های حفاظتی و نگه‌دارنده مجاور آن را پوشش داده و فاقد هرگونه لایه آبی است و با توجه به نوع گیاهی که استفاده می‌شود (همیشه‌سبز یا خزان کننده) بر روی داربست و کابل‌های فلزی تعبیه‌شده و یا مانند معماری سنتی به‌صورت مستقیم روی سطح ساختمان گسترش می‌یابند (کلیائی و همکاران، ۱۳۹۴، ۵). برخلاف نمای سبز، دیوار زندگی از روش‌های گوناگون طبیعی یا مصنوعی جهت استفاده از لایه‌های آبی، بهره‌مند است(Malys et al., 2014, 190). از دیوار زندگی با عناوین باغ عمودی یا دیوار سبز نیز یادشده است. سیستم این دیوارها از پنل‌های مدولار تشکیل یافته که این پنل‌ها داری خاک و محیط رشد مناسب برای گیاهان بوده و نحوه کشت در این پنل‌ها از نوع هیدروپونیک می‌باشد، همچنین در این نوع سیستم از محلول‌های غذایی مناسب برای تأمین نیازهای آبی و غذایی گیاهان استفاده می‌گردد (Dunnet & Kingsbury, 2004, 4). برخلاف انرژی‌های تجدید ناپذیر (فسیلی)، منبع انرژی‌های تجدید پذیر قادرند در یک بازه زمانی کوتاه، توسط طبیعت تجدید یا احیا گردند؛ این نوع انرژی با محیط‌زیست سازگار بوده و قابل‌برگشت به طبیعت می‌باشند که عبارت‌اند از انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی آب، انرژی زمین‌گرمایی و غیره (نیکفال مغانلو و همکاران، ۱۳۹۴، ۴).

ضریب ناسازگاری برای زیرمعیارهای آب نیز محاسبه شد. این عدد برابر ۰/۰۷ است. زیرمعیار بهینه‌سازی مصرف[2] با وزنی برابر با ۰/۱۲۲ دارای بیشترین اهمیت در میان سایر زیرمعیارهای آب جهت پایداری ساختمان‌ها است. (شکل ۲) مقایسه زیرمعیارهای آب را نشان می‌دهد. در میان مصارف گوناگون آب شهری شامل ساخت‌وساز، صنایع تولیدی، صنایع و مصارف عمومی مانند شهرداری‌ها، سازمان‌های آتش‌نشانی و غیره (آهنگرکانی و خواسته، ۱۳۹۸، ۵۵)، صنعت ساخت‌وساز یکی از صنایع پرمصرف در مقوله آب است و در ایران نه‌تنها در مرحله بهره‌برداری، بلکه در تمامی مراحل ساخت یک بنا، از آب شرب استفاده می‌گردد (Bardhan, 2011, 96). با توجه به اینکه سرانه مصرف آب در کشور ما دو برابر سرانه در دیگر کشورها بوده، صنعت ساخت‌وساز نقش بسزایی در افزایش بحران کم‌آبی داشته و

[1] Equipment
[2] Optimization

نیازمند اتخاذ تدابیری جهت بهینه‌سازی و کاهش مصرف آب در ساختمان‌ها است (رونقی، ۱۳۹۵، ۴).

همچنین مقایسات زوجی صورت گرفته بین زیرمعیارهای محل ساخت قابل‌قبول است زیرا ضریب ناسازگاری آن کمتر از ۰/۱ است (۰/۰۰). در معیار محل ساخت، زیرمعیار حفظ ارزش‌های اکولوژیکی محل ساخت[1] با وزنی برابر با ۰/۰۱۳ طبق نظر کارشناسان دارای بیشترین اهمیت در میان سایر زیرمعیارهای محل ساخت جهت پایداری ساختمان‌ها است (شکل ۲). در مطالعه مفیدی شمیرانی و همکاران (۱۳۹۸، ۳۲۰) که به مقایسه سامانه‌های مختلف پایداری ساختمان در دنیا پرداخته است مشخص شد که سامانه LEED با ۱۲/۷٪ بیشترین سهم وزنی و سامانه DGNB آلمان با ۲/۳٪ کمترین سهم وزنی معیارهای سرفصل آب را به خود اختصاص داده‌اند. سطح بالای تنش آبی در ایالات‌متحده، بالا بودن ضریب وزنی آب در سامانه LEED را توجیه می‌کند. همچنین در آلمان بر موضوعات فرهنگی و اجتماعی تمرکز بیشتری است.

ضریب ناسازگاری محاسبه‌شده توسط Expert choice برای مقایسات زوجی بین زیرمعیارهای آلودگی محیطی برابر با ۰/۰۱، زیرمعیارهای مصالح برابر با ۰/۰۹، زیرمعیارهای پسماند برابر با ۰/۰۰، زیرمعیارهای کیفیت محیط داخلی برابر با ۰/۰۱، زیرمعیارهای کیفیت محیط خارجی برابر با ۰/۰۸، زیرمعیارهای کیفیت اقتصادی برابر با ۰/۰۹، زیرمعیارهای کیفیت فنی برابر با ۰/۰۸ و زیرمعیارهای مدیریت و برنامه‌ریزی پایدار برابر با ۰/۰۵ بوده که همگی کمتر از مقدار ۰/۱ است، بنابراین مقایسات زوجی صورت گرفته قابل‌قبول است. (شکل ۳) اولویت‌بندی و وزن‌دهی زیرمعیارهای کیفیت محیط داخلی، کیفیت محیط خارجی، کیفیت اقتصادی، کیفیت فنی و مدیریت را نشان می‌دهد. زیرمعیارهای کاهش آلودگی آب، خاک، هوا و اثرگذاری بر اکوسیستم[2] با وزنی برابر با ۰/۰۱۸، زیرمعیار دوام مصالح[3] با وزنی برابر با ۰/۰۳۲، زیرمعیار مدیریت پسماند ناشی از ساخت‌وساز[4] با وزنی برابر با ۰/۰۳۳، زیرمعیار امنیت و ایمنی[5] با وزنی برابر با ۰/۰۳۳، زیرمعیار دسترسی ناتوانان جسمی-حرکتی[6] با وزنی برابر با ۰/۰۰۹، زیرمعیار سرمایه‌گذاری[7] با وزنی برابر با ۰/۰۹۵، زیرمعیار کیفیت ایمنی[8] با وزنی برابر با ۰/۱۰۳ و زیرمعیار ساخت‌وساز پایدار[9] با وزنی برابر با ۰/۰۰۷ دارای بیشترین اهمیت در بین معیارهای مربوط بودند. در صنعت ساخت‌وساز، به دلیل استفاده از مواد شیمیایی مضر، آلودگی هوا شدت می‌یابد؛ که ازجمله آن‌ها می‌توان به بخارهای سمی حاصل از رنگ، تینر، چسب، پلاستیک و انواع پاک‌کننده‌ها اشاره نمود (تقی‌زاده و باستان‌فرد، ۱۳۹۴، ۷). عملیات خاکی ساختمانی شامل تمیز کردن و حذف گیاهان، درختان و ریشه‌های آن‌ها، خاک‌برداری، گودبرداری، خاک‌ریزی، کوبیدن خاک و عملیات حفاظتی جهت پی‌ریزی ساختمان باعث آلودگی خاک می‌شوند.

شایان‌ذکر است که ساختمان‌های سبز هزینه اولیه بیشتری نسبت به ساختمان‌های معمولی داشته، بااین‌وجود این هزینه‌ی مازاد اولیه به‌سرعت در زمان بهره‌برداری به‌وسیله صرفه‌جویی در مصرف انرژی قابل بازگشت است. بر اساس گزارش اکونومیست ساختمان سبز قادر است ۳۰٪ در مصرف انرژی نسبت به ساختمان‌های معمولی صرفه‌جویی نماید (مجروحی سردرود، ۱۳۹۶، ۵۰).

٤-۲- بررسی وضعیت ساختمان‌سازی در شهر سبزوار از دیدگاه معماری پایدار

٤-۲-۲- بررسی معیارها از دیدگاه مالکان ساختمان‌های موردبررسی

جهت پاسخ به سؤال دوم پژوهش «در صنعت ساخت‌وساز شهر سبزوار، کدام معیار پایداری نسبت به سایر معیارها بیشتر لحاظ شده و مورد اهمیت است؟» به بررسی وضعیت

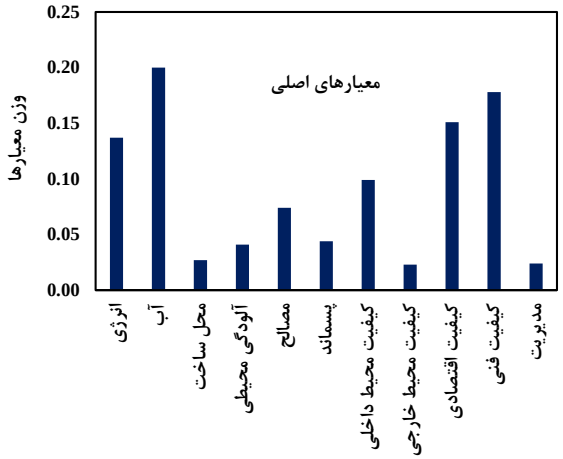
[1] Ecology
[2] Pollution
[3] Permanence of materials
[4] Waste management
[5] Safety
[6] Access
[7] Investment
[8] Safety quality
[9] Construction

ساختمان‌سازی در شهر سبزوار از دیدگاه معماری پایدار پرداخته شد. همان‌طور که قبلاً بیان گردید، این کار با تهیه و توزیع پرسشنامه دوم و تحلیل آن با کمک آزمون‌های آماری ازجمله آزمون ویلکاکسون رتبه‌علامت‌دار و آزمون فریدمن در نرم‌افزار SPSS انجام شد. آزمون ویلکاکسون برای تمامی متغیرهای (معیارهای) حاصل‌شده از تجمیع سؤالات، به‌صورت جداگانه، انجام شد و طی آن پاسخ‌های مربوط به متغیرها با مقدار میانه مقایسه شدند. درواقع با انجام این آزمون مشخص شد که پاسخ‌های افراد تا چه اندازه به مقدار میانی ارزش‌ها (عدد ۰/۶۲۵) نزدیک است. با توجه به (جدول ۴) پاسخ‌های افراد برای متغیر انرژی در ۱ مورد بیشتر از مقدار میانه، در ۶ مورد کمتر از مقدار میانه و در ۳ مورد برابر با مقدار میانه بوده است. از طرفی با توجه به اینکه مقدار سطح معناداری به‌دست‌آمده برای این آزمون (Sig) برابر با ۰/۰۴ بوده و کمتر از ۰/۰۵ (خطای نوع اول یا مقدار α) است، فرض صفر آزمون ویلکاکسون رد شده و فرض مقابل آن تحت عنوان «میانه پاسخ‌های افراد برابر با مقدار میانی (۰/۶۲۵) نیست» تأیید می‌گردد.

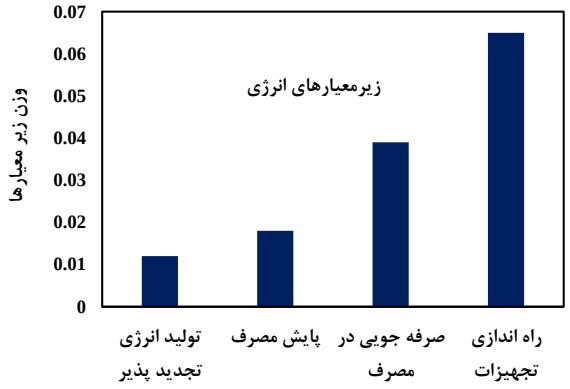
نتایج آزمون ویلکاکسون برای متغیرهای آب، محل ساخت، آلودگی محیطی، مصالح و پسماند، کیفیت محیط داخلی، کیفیت محیط خارجی، کیفیت اقتصادی، کیفیت فنی و مدیریت در (جدول ۴) ارائه‌شده است. (شکل ۴) نمایی از برخی از ساختمان‌های موردبررسی را نشان می‌دهد.

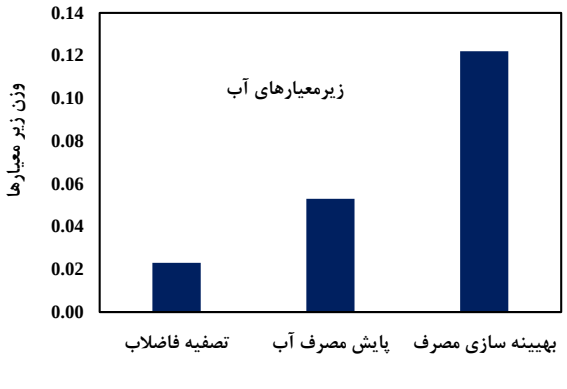
٤-۲-۲- اولویت‌بندی معیارهای پایداری از دیدگاه مالکان

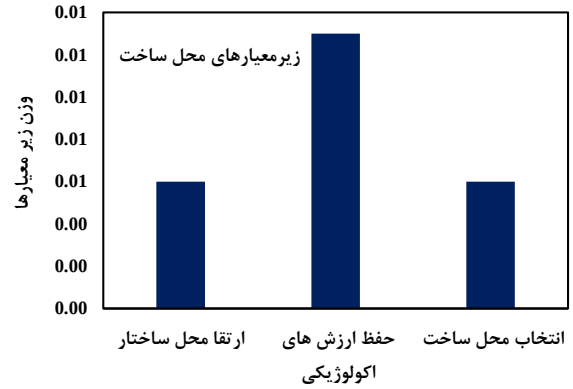
همان‌طور که در مراحل تحقیق بیان گردید، در این پژوهش به‌منظور مقایسه متغیرها با یکدیگر و رتبه‌بندی آن‌ها و درواقع برای پی بردن به این موضوع که ازنظر پاسخ‌گویان کدام‌یک از متغیرها در ساختمان‌های موردنظر، بیشتر موردتوجه بوده است، از آزمون فریدمن استفاده شد که نتایج آن در قالب (جدول ۵) ارائه‌شده است. با توجه به اینکه مقدار سطح معناداری به‌دست‌آمده برای این آزمون (Sig) برابر با ۰/۰۰۰ بوده و کمتر از ۰/۰۵ (مقدار α) است، فرض صفر آزمون فریدمن رد شده و فرض مقابل آن تحت عنوان «پاسخ‌های افراد به تمام متغیرهای موردنظر مشابه نیست و تفاوت معناداری بین متغیرهای مختلف وجود دارد» تأیید می‌گردد. همچنین با در نظر گرفتن این موضوع که متغیر دارنده‌ی میانگین رتبه بیشتر، به‌عنوان رتبه اول در نظر گرفته می‌شود بنابراین می‌توان بیان نمود که متغیر (معیار) کیفیت فنی با میانگین رتبه‌ای برابر با ۹/۳۵ رتبه اول را کسب نموده است. لذا در ساختمان‌های موردنظر معیار کیفیت فنی بیشتر از سایر معیارها موردتوجه بوده و رعایت شده است.

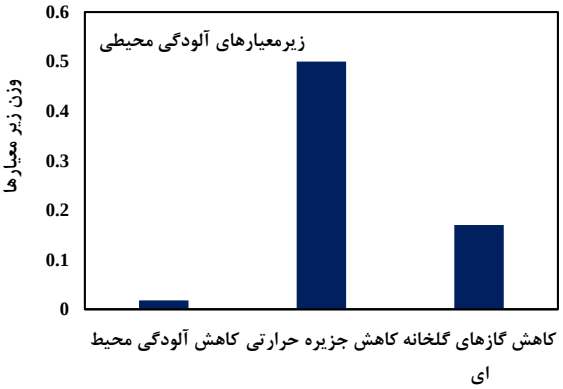


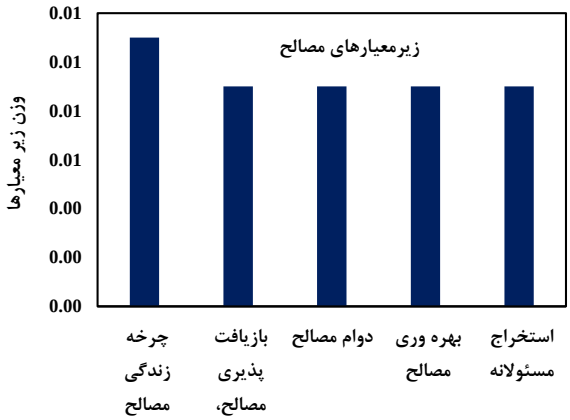
شکل ۱. اولویت‌بندی و وزن دهی معیارهای اصلی با روش تحلیل سلسله مراتبی با نرم‌افزار Expert Choice 11.

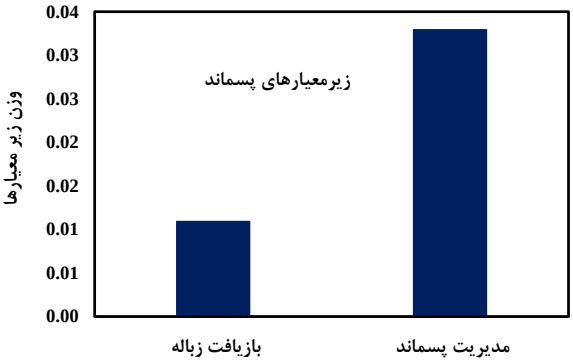




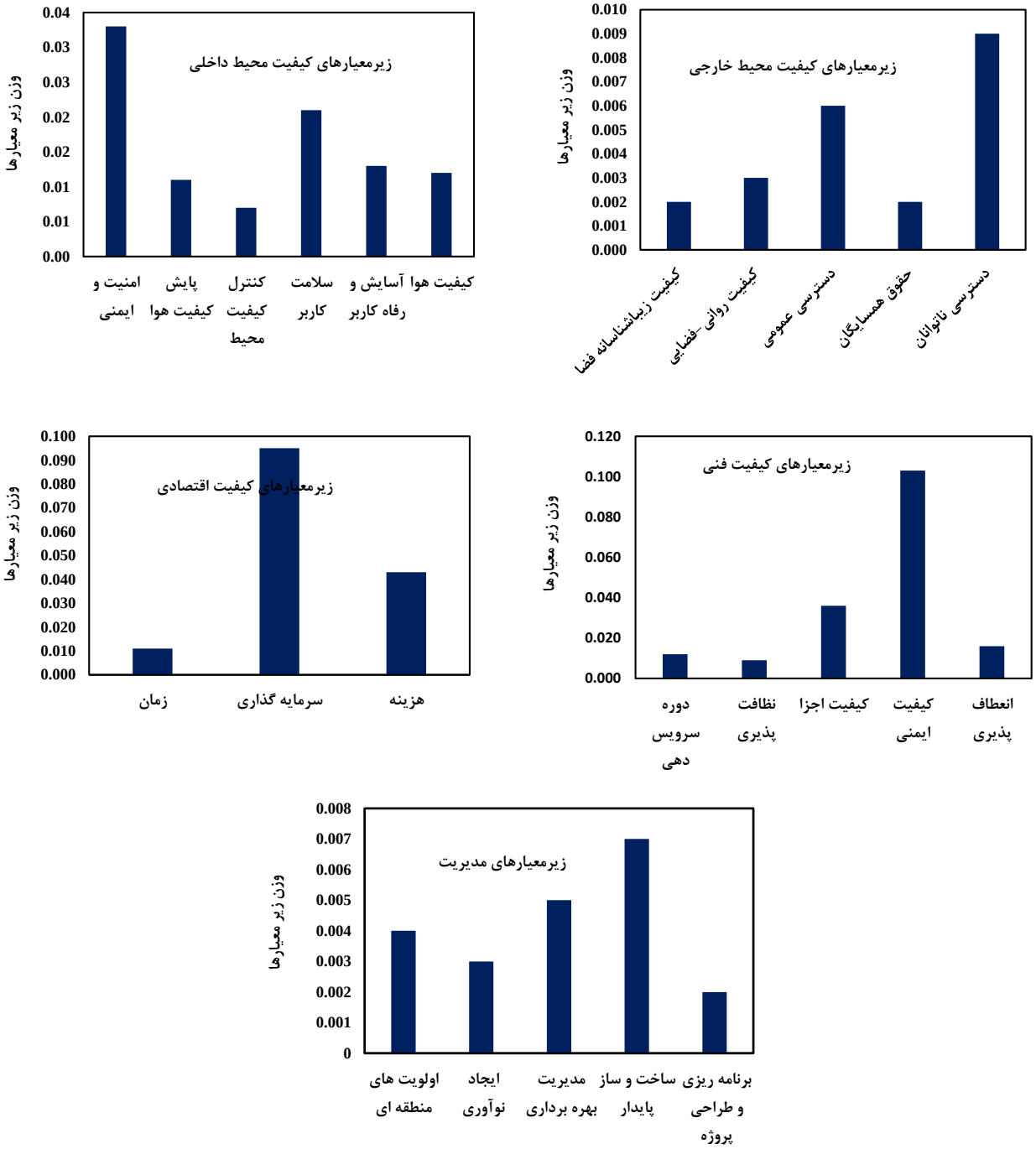








شکل ۲. اولویت‌بندی و وزن دهی زیرمعیارهای انرژی، آب، محل ساخت، آلودگی محیطی، مصالح و پسماند



شکل ۳. اولویت‌بندی و وزن‌دهی زیرمعیارهای کیفیت محیط داخلی، کیفیت محیط خارجی، کیفیت اقتصادی، کیفیت فنی و مدیریت

جدول ۴. استنباط معیارهای اصلی با آزمون ویلکاکسون رتبه علامت‌دار

متغیر	آماره جدول	آماره محاسباتی Z	سطح معناداری (Sig)	میانه	تعداد رتبه‌ها		
					متغیر>میانه	متغیر< میانه	متغیر= میانه
انرژی	۵	- ۲/۰۵۸	۰/۰۴	۰/۶۲۵	۱	۶	۳
آب	۵	- ۲/۶۷۱	۰/۰۰۸	۰/۶۲۵	۱	۹	۰
محل ساخت	۵	- ۰/۵۱۷	۰/۶۰۵	۰/۶۲۵	۵	۵	۰
آلودگی محیطی	۵	- ۰/۷۲۰	۰/۴۷۲	۰/۶۲۵	۵	۵	۰
مصالح	۵	- ۰/۶۲۲	۰/۵۳۴	۰/۶۲۵	۵	۵	۰
پسماند	۵	- ۰/۳۰۲	۰/۷۶۳	۰/۶۲۵	۴	۴	۲
کیفیت محیط داخلی	۵	- ۰/۷۷۵	۰/۴۳۹	۰/۶۲۵	۶	۴	۰
کیفیت محیط خارجی	۵	- ۱/۱۲۳	۰/۲۶۱	۰/۶۲۵	۷	۳	۰
کیفیت اقتصادی	۵	- ۱/۳۹۹	۰/۱۶۲	۰/۶۲۵	۷	۳	۰
کیفیت فنی	۵	- ۱/۵۸۵	۰/۱۱۳	۰/۶۲۵	۸	۲	۰
مدیریت پایدار	۵	- ۰/۳۶۲	۰/۷۱۷	۰/۶۲۵	۶	۴	۰

شکل ۴. نمایی از برخی از ساختمان‌های موردبررسی

بعد از معیار کیفیت فنی به ترتیب معیارهای کیفیت محیط خارجی، کیفیت محیط داخلی، کیفیت اقتصادی، پسماند، مصالح، آلودگی محیطی، محل ساخت، مدیریت و برنامه‌ریزی پایدار، انرژی و آب دارای رتبه‌های دوم تا یازدهم می‌باشند. مشاهده می‌شود که در ساختمان‌سازی درواقع پارامترهای زیست‌محیطی در رتبه‌های آخر قرارگرفته‌اند. در مطالعه‌ای که در مشهد در خصوص معماری پایدار ساختمان‌های بلندمرتبه مشهد انجام شد. مشخص شد که تقریباً در هیچ‌یک از ساختمان‌های بلندمرتبه برداشت‌شده به معماری سبز و اصول طراحی آن توجه نشده و مواردی چند نیز که از شاخص LEED در این بناها اجراشده، نه به دلیل وجود چشم‌انداز اکولوژیک و محیط‌زیست که به دلیل تأمین آسایش، رفاه و گران‌تر ساختن هر مترمربع بنا جهت فروش است و فرضیه تحقیق مبنی بر احتمال عدم رعایت اصول اکولوژیک و معماری سبز در ساخت ساختمان‌های بلندمرتبه مشهد تأیید شد (رزاقیان، ۱۳۹۵، ۵). در این خصوص تأکید شد که فرهنگ‌سازی سبز، تصویب قوانین و مقررات طراحی سبز و اعمال ضابطه‌های تشویقی در برج‌هایی که آیین‌نامه طراحی سبز را رعایت نمایند ضرورت دارد.

جدول ۵. نتایج مقایسه متغیرها با آزمون فریدمن

متغیرها	میانگین رتبه‌ها	
انرژی	۳/۲۰	
آب	۲/۱۰	
محل ساخت	۵/۲۰	
آلودگی محیطی	۵/۳۵	
مصالح	۵/۸۰	
پسماند	۶/۶۵	
کیفیت محیط داخلی	۷/۹۰	
کیفیت محیط خارجی	۷/۹۵	
کیفیت اقتصادی	۷/۶۵	
کیفیت فنی	۹/۳۵	
مدیریت و برنامه‌ریزی پایدار	۴/۸۵	
خطای نوع اول (∝)	سطح معناداری (Sig)	درجه آزادی (df)
۰/۰۵	۰/۰۰۰	۱۰

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

فرضیه اول تحت عنوان «احتمال می‌رود در ارزیابی پایداری سیستم‌های ساختمانی، اهمیت معیار آب بیشتر از سایر معیارها باشد»، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مورد تأیید است. فرضیه دوم تحت عنوان «احتمال می‌رود در صنعت ساخت‌وساز شهر سبزوار، معیار کیفیت اقتصادی نسبت به دیگر معیارهای پایداری بیشتر لحاظ شده است و مورد اهمیت است»، با توجه به نتایج حاصل‌شده، رد می‌گردد.

سیستم پیشنهادی ارزیابی معماری پایدار شامل ۱۱ معیار اصلی با عناوین انرژی، آب، محل ساخت، آلودگی محیطی، مصالح، پسماند، کیفیت محیط داخلی، کیفیت محیط خارجی، کیفیت اقتصادی، کیفیت فنی و مدیریت و برنامه‌ریزی پایدار است. نتایج حاصل از مقایسات زوجی معیارهای پایداری ساختمان‌ها حاکی از آن است که معیار آب بااهمیت ۲۰٪ دارای بیشترین اهمیت در میان سایر معیارها است. بعد از آب معیار کیفیت فنی و در انتها کیفیت محیط خارجی قرار می‌گیرد. میانه پاسخ‌های افراد برای اکثر متغیرها، نزدیک به مقدار میانه است و این یعنی این‌که پاسخ‌ها از صحت خوبی تبعیت می‌کنند. تنها برای دو معیار آب و انرژی، میانه پاسخ‌های افراد کمتر از مقدار میانه بوده است. به‌عنوان نمونه در مورد متغیر آب، از میان ۱۰ عدد پرسشنامه، تعداد دفعاتی که میانه پاسخ‌ها کمتر از مقدار میانه بوده، ۹ مرتبه است و تنها در ۱ مورد میانه پاسخ‌ها بیشتر از مقدار میانه بوده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از میان ۱۰ ساختمان موردنظر، در ۹ ساختمان به معیار آب توجه کمتری شده است. این نشان می‌دهد که تبیین و پرداختن به مسئله آب با توجه به مشکلاتی که در این حوزه وجود دارد ضرورت بالایی دارد زیرا میزان اهمیت آب از دید مالکین ساختمان بسیار کم است. همچنین در مورد معیار کیفیت فنی، تعداد دفعاتی که میانه پاسخ‌ها بیشتر از مقدار میانه بوده، ۸ مرتبه است و تنها در ۲ مورد میانه پاسخ‌های افراد کمتر از مقدار میانه بوده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از میان ۱۰ ساختمان موردنظر، در ۸ ساختمان به معیار کیفیت فنی توجه بیشتری شده است.

در ساختمان‌های موردبررسی، معیار کیفیت فنی بیشترین اهمیت را داشته و موردتوجه بوده است. لازم است تا سیستم پیشنهادی در این مطالعه در نظام‌مهندسی ساختمان کشور موردتوجه قرار بگیرد و زمینه‌های عملیاتی شدن آن در ساختمان‌ها فراهم گردد. فرهنگ ساختمان‌سازی سبز باید در کشور توسعه یابد. در این زمینه باید آموزش‌های لازم به معماران و ناظران ساختمان‌سازی داده شود. راه‌ها و چگونگی اجرای ساختمان سبز و مزایای آن باید برای عموم جامعه از طریق رسانه‌ها و سایر بسترهای موجود تشریح شود. یکی از محدودیت‌های انجام این مطالعه عدم انجام مطالعات متعدد قبلی است و به‌شدت کمبود اطلاعات درزمینه ساختمان سبز در ایران احساس می‌شود. به‌طورکلی موضوع ساختمان سبز هنوز در ایران جایگاه مطلوبی نداشته و در عمل پیاده‌سازی ساختمان سبز اندک است. پیشنهاد می‌شود تا معیارهای ساختمان سبز که در این تحقیق پیشنهادشده‌اند در یک مقیاس وسیع‌تر با سایر روش‌ها ازجمله منطق فازی موردبررسی و مقایسه شود.

٦- منابع

- آهنگر کانی، مهرداد، و خواسته، سید حسین. (۱۳۹۸). تحلیل مصرف آب شهری (خانگی) شهرستان بابل با استفاده از روش‌های داده‌کاوی، *فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی*، ۲۸ (۱۱۱)، ۶۹-۵۳.

https://doi.org/10.22131/sepehr.2019.37499

- اصل فلاح، سارینا، شمس کیا، ناصر، و محققی، حمید. (۱۳۹۷). ارزیابی چرخه حیات ساختمان‌های سبز بر اساس سطح انرژی مصالح ساختمانی. *کنفرانس ملی تحقیقات بنیادین در عمران، معماری و شهرسازی*، تهران: موسسه آموزش عالی اوج.

https://civilica.com/doc/789389/

- پیر باوقار، مهیار. (۱۴۰۰). بررسی مدل‌های رتبه‌بندی ساختمان سبز در دنیا و سیستم سرو سبز ایران (IGBRS). *سومین کنفرانس بین‌المللی فناوری‌های نوین در مهندسی معماری و شهرسازی*، تهران: موسسه برگزارکننده همایش‌های توسعه محور دانش و فناوری سام ایرانیان.

https://civilica.com/doc/1437610/

- تقی زاده، کتایون، و باستان فرد، متین. (۱۳۹۴). بررسی آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از ساخت‌وساز شهری، *سومین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری*، تهران: دانشگاه شهید بهشتی.

https://civilica.com/doc/470572/

- درگاه ملی آمار. تاریخ مراجعه: ۱۴۰۲/۱۰/۲۱. قابل‌دسترس در:

https://amar.org.ir/Default.aspx

- جعفری سوته، مرضیه، رستمی، راحله، و مظفری قادیکلائی، فاطمه. (۱۴۰۰). مروری بر سیستم‌های رتبه-بندی ساختمان‌های سبز با رویکرد معماری پایدار. *هنر اسلامی*، ۱۸ (۴۳)، ۱۴۰- ۱۲۵.

https://doi.org/ 0.22034/ias.2021.290010.1629

- رزاقیان، فرزانه. (۱۳۹۵). تحلیل اصول معماری سبز از طریق شاخص LEED در ساختمان‌های بلندمرتبه شهر مشهد. *چهارمین همایش ملی فناوری‌های نوین صنعت ساختمان، توسعه پایدار و فناوری‌های ساختمانی*، مشهد: شرکت کیان طرح دانش.

https://civilica.com/doc/408632/

- روحی تروجنی، زهرا، مشکواتی تروجنی، سید جواد، و قلی‌پور کنعانی، یوسف. (۱۳۹۵). شناسایی و اولویت‌بندی عوامل کیفی مؤثر در انتخاب محل مناسب برای ساخت سدهای مخزنی با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره (روش AHP و نرم‌افزار Expert choice)، *اولین کنفرانس بین‌المللی آب، محیط‌زیست و توسعه پایدار*. اردبیل: دانشگاه محقق اردبیلی.

http://repository.uma.ac.ir/id/eprint/5477

- رونقی، فریبا. (۱۳۹۵). بحران آب و راهکارهای مصرف بهینه. دومین کنفرانس بین‌المللی تحقیقات در

عمران، معماری و شهرسازی و محیط‌زیست پایدار، تهران: موسسه مدیران ایده پرداز پایتخت.

https://www.sid.ir/paper/830033/fa#downloadbottom

- عبدالله نژاد، ابراهیم، نظری، احد، و صباحی، مهدی. (۱۳۹۵). ارائه یک سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره برای ارزیابی ساختمان‌های پایدار با استفاده از روش AHP، TOPSIS با رویکرد فازی. *کنفرانس بین‌المللی نخبگان عمران، معماری و شهرسازی*، تهران: دانشگاه شهید بهشتی.

https://civilica.com/doc/530541/

- قربانی شهرت، ویدا، و صارمی، حمیدرضا. (۱۳۹۴). شناسایی مصالح و تکنولوژی‌های نوین در معماری سبز (پایدار). *دومین همایش ملی افق‌های نوین در توانمندسازی و توسعه پایدار معماری، عمران، گردشگری، انرژی و محیط‌زیست شهری و روستایی*، همدان.

https://civilica.com/doc/407957/

- کلیائی، مهیار، حمزه نژاد، مهدی، بهرامی، پیام، و لیتکوهی، ساناز. (۱۳۹۴). مقایسه انواع مختلف دیوار سبز جهت دستیابی به پایداری، *دومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در عمران، معماری و شهرسازی*، تهران: مؤسسه سرآمد همایش کارین.

https://civilica.com/doc/509482/

- مجروحی سردرود، جواد، حاجی‌آقا بزرگی، حسین، و چهرزاد، محمد. (۱۳۹۶). ارزیابی معیارهای رتبه‌بندی ساختمان‌های سبز در استانداردهای مطرح دنیا و پیشنهادی برای تدوین استاندارد ایران. *نشریه مهندسی عمران و محیط‌زیست دانشگاه تبریز*، ۴۷(۴)، ۶۰-۴۷.

https://civilica.com/doc/793801/

- مفیدی شمیرانی، سید مجید، طاهباز، منصوره، و مهربان، آیدا. (۱۳۹۸). چارچوب مقایسه معیارهای ارزیابی در سامانه‌های رتبه‌بندی محیطی و پایداری ساختمان؛ (نمونه موردی: سامانه‌هایBREEAM ، LEED، CASBEE، DGNB وHQE)، *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۱ (۲)، ۳۳۳-۲۹۷.

https://www.sid.ir/paper/359734/fa

- ملازاده یزدانی، مریم. (۱۳۹۶). پیشنهاد معیارهای اعتباری کلیدی ارزیابی پایداری، برای به‌روزرسانی و توسعه سیستم‌های بین‌المللی رتبه‌بندی ساختمان سبز. *مجله صفه*، ۲۷(۳)، ۴۴-۲۵.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.1683870.1396.27.3.2.6

- نیکفال مغانلو، ساسان، هاشمی معصوم‌آباد، رضا، پیش دست، حسن، و کهربایی کنده، بهروز. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر انرژی تجدید پذیر بر توسعه پایدار. *دومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط‌زیست*، اردبیل.

http://repository.uma.ac.ir/id/eprint/2606

- Ali, H. H., & Al Nsairat, S. F. (2009). Developing a Green Building Assessment Tool for Developing Countries –Case of Jordan, *Building and Environment*, 44, 1053-1064.

https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.015

- Alyami, S. H., & Rezgui, Y., (2012). Sustainable building assessment tool development approach, Sustainable Cities and Society, 5, 52-62.

https://doi.org/10.1016/j.scs.2012.05.004

- Alyami, S. H., Rezgui, Y., & Kwan, A., (2015). The development of sustainable assessment method for Saudi Arabia built environment: weighting system. *Sustainability Science*, 10(1), 167-178.

https://doi.org/10.1007/s11625-014-0252-x

- Bardhan, S., (2011). Assessment of water resource consumption in building construction in India. Ecosystems and *Sustainable Development VIII*, 144, 93-102.

https://doi.org/10.2495/ECO110081

- Baweja, V. (2008). *A pre-history of green architecture: Otto Koenigsberger and tropical architecture, from princely*

of green walls on urban microclimate and building energy consumption, *Building and Environment*, 73,187-197.

https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.12.012

- Pushpakumara, B. H. J., & Thusitha, G. A. (2021). Development of a Priority Weights-Based Green Building Rating Model. *Journal of Architectural Engineering*, 27(2), 1-20.

https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000465

- Ragheb, A., El-Shimy, H., & Ragheb, G. (2016). Green architecture: A concept of sustainability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 216, 778-787.

https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.075

- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hil.

- Si, J., Marjanovic-Halburd, L., Nasiri, F., & Bell, S. (2016). Assessment of building-integrated green technologies: A review and case study on applications of Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method, *Sustainable Cities and Society*, 27, 106-115.

https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.06.013

- Suzer, O., (2015). A comparative review of environmental concern prioritization: LEED vs other major certification systems. *Journal of environmental management*, 154, 266-283.

https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.02.029

- Zhang, Y., Wang, J., Hu, F., & Wang, Y. (2017). Comparison of evaluation standards for green building in China, Britain, United States. *Renewable and sustainable energy reviews*, 68, 262-271.

https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.139

Mysore to post-colonial London, Ph.D. thesis, Faculty of Architecture, University of Michigan, USA.

- Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM, 2023) [online]. Retrieved from

https://bregroup.com/products/breeam/

- Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE, 2001) [online]. Retrieved from

http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english

- Dunnet, N., & Kingsbury, N., (2004). *Planting green roofs and living walls*, Timber Press, Oregon.

- Franco, M. A. J. Q., Pawar, P., & Wu, X. (2021). Green building policies in cities: A comparative assessment and analysis, *Energy and Buildings*, 231, 110561.

https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110561

- Godfaurd, J., Clements-Croome, D., & Jeronimidis, G. (2005). Sustainable building solutions: a review of lessons from the natural world, *Building and Environment*, 40(3), 319-328.

https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.05.011

- High Quality Environmental standard (HQE, 2023) [online]. Available from

https://www.wattasave.veolia.com/en/our-articles/hqe-certification-understand-everything-z

- Kubba, S. (2016). Handbook of green building design and construction: LEED, BREEAM, and Green Globes, Butterworth-Heinemann, Amsterdam.

- Lee, W. L. (2012). Benchmarking energy use of building environmental assessment schemes, *Energy and Buildings*, 45, 326-334.

https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.024

- Malys, L., Musy, M., & Inard, C., (2014). A hydrothermal model to assess the impact

نحوه ارجاع به مقاله:

کرمی، معصومه، ذوالفقاری، قاسم، دلسوز، مهری. (۱۴۰۲). ارزیابی ساختمان سبز با روش تحلیل سلسله‌مراتبی و استنباط آماری(نمونه موردی: شهر سبزوار). *توسعه پایدار شهری*، ۴(۱۳)، ۷۸-۵۹.

DOI: 10.22034/USD.2024.710964

DOR: 20.1001.1.27170128.1402.4.13.4.3

URL: https://usdjournal.daneshpajoohan.ac.ir/article_710964.html

Copyrights:

©2023 by the authors. Published by the Urban Sustainable Development Journal. 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/).

OPEN ACCESS

Received: 22/09/2023
Accepted: 15/11/2023

Evaluation of Green Building by Analytic Hierarchy Process and Statistical Inference (Case Study: Sabzevar City)

Masumeh Karami[1], Ghasem Zolfaghari[2,*], Mehri Delsouz[3]

Abstract: The main goal of this descriptive and inferential research is to present a green building evaluation system from the point of view of experts. In addition, a multi-criteria decision-making model using the Analytic Hierarchy Method (AHP) is used to evaluate and prioritize the criteria of green buildings. Also, using Wilcoxon and Friedman statistical inference, the importance of green building evaluation system criteria in Sabzevar city has been investigated. The method of work is as follows: first, the criteria of sustainable architecture were determined and the green building evaluation system was developed, and then the weight coefficient of each criterion was determined using Expert choice 11 software. Then 10 buildings from Sabzevar city were randomly selected and the importance of sustainability criteria in these buildings was determined using SPSS 16 software. The results of the paired comparisons of building sustainability criteria indicate that the water criterion with a weight of 0.2 (20%) is the most important among other criteria, followed by the technical quality criteria (weight 0.178). In relation to the investigation of sustainable architecture in Sabzevar city, the results of the Wilcoxon test show that the average of people's responses for most variables is close to the median value (0.625). Also, the results of the Friedman test show the ranking of the criteria so that the technical quality criterion with an average rating equal to 9.35 has won the first rank and the water criterion has obtained the last rank with an average rating equal to 2.10. Considering that from the point of view of the experts, the water standard is the most important, but from the point of view of the owners of the investigated buildings, water is ranked last, it is concluded that explaining and dealing with the water issue, especially in dry climates (such as Razavi Khorasan province) it is very necessary to pay attention to the problems that exist in this field.

Keywords: Green Building, Analytic Hierarchy Process (AHP), Statistical Inference, Water and Energy

[1] M.Sc. Graduated, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.
[2] *Associate Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran; Corresponding Author, Email; ghr_zolfaghari@yahoo.com, g.zolfaghari@hsu.ac.ir
[3] M.Sc. Graduated, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran.