



Environmental Sustainability Components and Architecture Design of Iranian Educational Buildings

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Bareshadat N.¹ MA,
Shoaei HR.² PhD,
Rezvani AR.^{*1} PhD

How to cite this article

Bareshadat N, Shoaei HR, Rezvani AR. Environmental Sustainability Components and Architecture Design of Iranian Educational Buildings. Geographical Researches. 2019;34(4):559-565.

ABSTRACT

Aims & Backgrounds Today, environmental developments, climate change, and energy problems are major challenges in the world. Although Iran has been at the beginning of sustainable development regarding the buildings sustainability evaluation systems and has developed general guidelines and standards in this area, no effective action has been taken about schools. The present study aim is to determine priorities and sustainability indicators of designing sustainable educational spaces in Iran.

Methodology This study is descriptive-analytical in nature and descriptive applied-development in terms of purpose. The method of data collection is library-based and questionnaires are completed by experts. Analytic Hierarchy Process (AHP) is used to determine the importance and weighting of components and indicators.

Findings Based on the hierarchical analysis of the components and indicators obtained from previous research, three components of energy, water and site design, as well as three indicators of water recycling, using renewable energy and optimizing water use for landscaping and irrigation were ranked as first to third.

Conclusion The tables and analytical charts showed that the priority and the rating of the effective factors on environmental sustainability in Iranian educational spaces include: energy, water, site design, indoor quality, materials, regional priority and design innovation. Among indicators, water recycling, renewable energy use and optimization of water use for landscaping and irrigation are ranked first to third.

Keywords Sustainability; Learning Environments; Evaluation System; Hierarchical Analysis

¹Department of Architecture, Faculty of Art & Architecture, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

²Department of Architecture, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Shahrud, Iran

*Correspondence

Address: Department of Architecture, Faculty of Art & Architecture, Islamic Azad University, Professor Yousefi Boulevard, Mashhad, Iran
Phone: +98 (51) 36627510
Fax: +98 (51) 36641262
rezvanialireza@yahoo.com

Article History

Received: September 6, 2019
Accepted: November 14, 2019
ePublished: December 11, 2019

CITATION LINKS

[Alyami & Rezgui;2012] Sustainable building assessment tool development approach; [Bahreini & Maknoon;2001] Sustainable urban development from thought to Action; [Bareshadat, et al; 2019] Explaining the components and Indices of environmental sustainability in Iran's educational spaces, with an emphasis on green educational building evaluation systems; [Beheshty, et al; 2014] A sociological study of the impact of attitudes on energy consumption; [Bernardi, et al; 2017] An analysis of the most adopted rating systems for assessing the environmental impact of buildings; [Keung; 2016] Green building- building planning and massing; [LEED 2009 ;2016] LEED for schools-new construction v2009; [Lee; 2012] Benchmarking energy use of building environmental assessment schemes; [Mahdavi Nejad, et al; 2014] Dilemma of green and pseudo green architecture based on LEED norms in case of developing countries; [Majrohi Sardorood, et al; 2017] Evaluation of green building rating criteria in world standards and proposed standards for Iranian standard formulation; [Meybodi; 2015] Proposing a model of green schools assessment in Iran using fuzzy multi-criteria decision making methods; [Meybodi, et al; 2016] Developing standard criteria for green schools in Iran; [Mohamadjani & Yazdani; 2014] Analysis of the situation of water crisis in the country and its management requirements; [OECD ;2001] The DAC guidelines, strategies for sustainable development; [Ramli, et al; 2012] A comparative study of green school guidelines; [Sadeghi, et al; 2017] The impact of renewable energy on economic growth and environmental quality in Iran

مؤلفه‌ها و شاخص‌های پایداری محیطی در طراحی معماری ساختمان‌های آموزشی ایران

نگین بارشادات MA

گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

حمیدرضا شعاعی PhD

گروه معماری، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران

علیرضا رضوانی PhD

گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

چکیده

اهداف و زمینه‌ها: امروزه تحولات زیست‌محیطی، تغییرات آب و هوایی و مشکلات انرژی چالش‌های عمده‌ای هستند که جهان با آن روبرو است. ایران در زمینه طراحی سیستم‌های سنجش پایداری ساختمان‌ها در ابتدای راه قرار داشته و دستورالعمل‌ها و ضوابط کلی در این زمینه تهیه شده است، ولی در خصوص مدارس اقدام موثری صورت نپذیرفته است. این پژوهش با هدف تعیین اولویت مؤلفه‌ها و شاخص‌های پایداری طراحی فضاهای آموزشی پایدار در ایران صورت پذیرفت.

روش‌شناسی: در این پژوهش توصیفی-تحلیلی، داده‌ها به‌صورت کتابخانه‌ای و تکمیل پرسش‌نامه خبرگان جمع‌آوری شد. از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای تعیین اهمیت و وزن‌دهی به مؤلفه‌ها و شاخص‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: براساس تحلیل سلسله مراتبی مؤلفه‌ها و شاخص‌های به دست آمده از تحقیقات پیشین، سه مؤلفه انرژی، آب و طراحی سایت و نیز سه شاخص بازیافت آب، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر محیط و بهینه‌کردن مصرف آب برای محوطه‌کاری و آبیاری رتبه‌های اول تا سوم را کسب نمودند.

نتیجه‌گیری: اولویت و امتیاز مؤلفه‌های موثر بر پایداری محیطی در فضاهای آموزشی ایران به ترتیب انرژی، آب، طراحی سایت، کیفیت محیط داخلی، مواد و مصالح، اولویت منطقه‌ای و نوآوری در طراحی هستند. شاخص‌های بازیافت آب؛ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر محیط؛ و بهینه‌کردن مصرف آب برای محوطه‌کاری و آبیاری؛ در رتبه‌های اول تا سوم قرار می‌گیرند.

کلیدواژه‌ها: پایداری، فضاهای آموزشی، سیستم ارزیابی، تحلیل سلسله مراتبی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۳

نویسنده مسئول: rezvanialireza@yahoo.com

مقدمه

پایداری به منظور توصیف جهانی که در آن نظام‌های انسانی و طبیعت، توأماً بتوانند تا آینده‌ای دور ادامه حیات دهند، به‌کار گرفته می‌شود [Bahreini & Maknoon, 2001]. لذا توسعه پایدار تلفیق اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برای افزایش یا ارتقاء رفاه انسان فعلی بدون آسیب به توانایی نسل‌های آتی برای برآوردن نیازهایشان است [OECD, 2000]. امروزه در اکثر کشورهای دنیا توسعه پایدار مخصوصاً در معماری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این امر باعث گردیده آن دسته از کشورهایی که در این امر پیش‌تاز بوده‌اند به سرعت به طراحی سیستم‌های سنجش برای این‌گونه فضاها پرداخته تا آنجا که در بسیاری از نقاط جهان ابزارهای ارزیابی متعددی برای سنجش

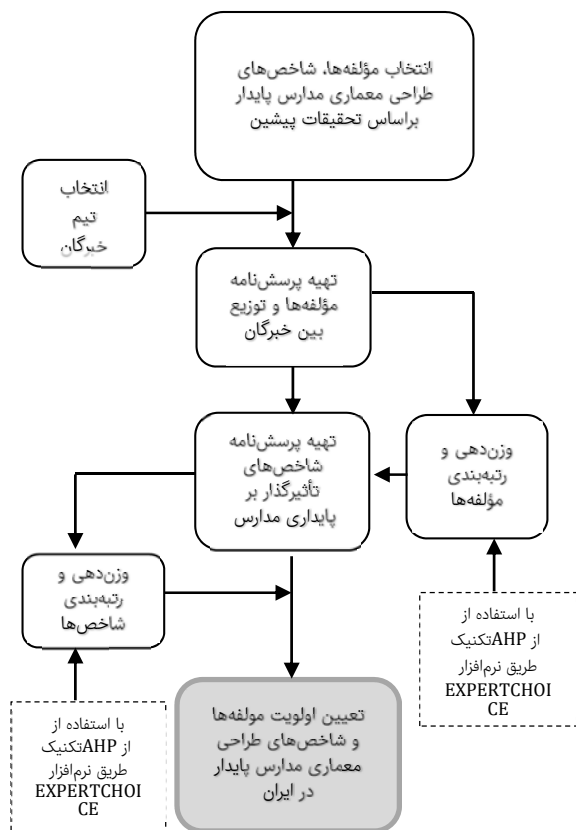
پایداری ساختمان ارایه گردیده است. لیکن در ایران علیرغم اهمیت مدارس و موضع پایداری ساختمان‌ها، تا کنون اقدام موثری در خصوص تدوین سیستم ارزیابی مرتبط صورت نپذیرفته است و این امر حاکی از آن است که می‌بایست مطالعات بیشتری در این خصوص صورت پذیرد.

تا کنون پژوهش‌های بسیاری در خصوص معرفی و تحلیل سیستم‌های ارزیابی فضاهای آموزشی سبز در نشریات معتبر جهانی ارایه شده است. در مطالعه‌ای بیش از ۷۰ سیستم ارزیابی ساختمان پایدار مورد مطالعه قرار گرفته است. این پژوهش از بین سیستم‌های معرفی شده، براساس چهار معیار (تمرکز منحصر به فرد بر روی ساختمان، تعداد دفعات رفرنس داده شده به آنها در پایگاه داده Scopus Elsevier، به کارگیری در طراحی و ساخت بیش از ۵۰۰ پروژه معتبر و توسعه یکپارچه مناطق (در یک برنامه حداقل ۵ ساله)، ۶ سیستم را به عنوان سیستم‌های برتر جهان انتخاب کرده است که عبارتند از: (LEED) ایالات متحده (۱۹۹۸)؛ (BREEAM) انگلستان (۱۹۹۰)؛ (CASBEE) ژاپن (۲۰۰۴)؛ (SBTool) بین‌المللی (۲۰۰۲)؛ (HQETM) فرانسه (۱۹۹۷)؛ (DGNB) آلمان (۲۰۰۸) [Bernard et al, 2017]. نتایج حاصل از پژوهشی دیگر شامل ۶ سیستم ارزیابی فضاهای سبز آموزشی بوده که عبارتند از: LEED ایالات متحده، BREEAM انگلستان، Green Star استرالیا، DGNB آلمان، CASBEE ژاپن و CSUS/GBC چین [Dong-Xue et al, 2015]. در مقاله‌ای با عنوان «استفاده از انرژی‌های پایه برای طراحی طرح‌های ارزیابی محیط‌زیست» به مقایسه پنج استاندارد BREEAM، LEED، CASBEE، BEAM، ESGB پرداخته شده. نتایج مقایسه نشان داد که تمام پنج طرح براساس عملکرد نسبی است، همچنین در این بین، استاندارد LEED را نسبت به سایرین دارای انعطاف‌پذیری کمتری عنوان نموده است [Lee, 2012]. در تحقیقی که بر روی مهم‌ترین روش‌های ارزیابی محیطی در سطح جهانی BREEAM، LEED، SBTool و CASBEE انجام شد، مشخص گردید که روش‌های موجود نمی‌توانند به دلایلی در همه مناطق اعمال شوند، یکی از آنها تنوع منطقه‌ای است. این تحقیق در نهایت یک مدل کلی برای ارزیابی زیست‌محیطی متناسب با شرایط عربستان سعودی فراهم می‌کند [Alyami & Rezgui, 2012].

در سال ۲۰۱۲ یک مطالعه مقایسه‌ای در مورد دستورالعمل‌های ایجاد مدارس سبز در دنیا انجام و نتایج آن برای اجرای مدارس سبز مالزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که باید اطلاعات و دستورالعمل‌ها مطابق با فرهنگ و شرایط فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی خود اصلاح شود [Ramli et al, 2012].

رساله‌ای با عنوان «ارایه الگوی ارزیابی مدارس سبز ایران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی» به بررسی الگوهای ارزیابی مدارس سبز در ایران و جهان پرداخته و براساس این مطالعات، ۴ معیار اصلی، آموزش، مدیریت، انرژی و معماری و نیز ۱۳ زیر معیار برای ارزیابی مدارس سبز در ایران ارایه نموده است.

پیشین، در تحقیق انجام شده توسط بارشادت و همکاران [Bareshadat et al, 2019] مؤلفه‌ها و شاخص‌های موثر بر پایداری محیطی مدارس ایران با تأکید بر دو سیستم LEED و BREEAM صورت پذیرفته و از تلفیق آن دو، دسته‌بندی کامل‌تری ارائه گردیده است، لذا مؤلفه‌ها و شاخص‌های مورد نظر در تحقیق حاضر بر پایه نتایج مطالعه مذکور انتخاب گردیده‌اند. سپس سنجش مؤلفه‌ها و شاخص‌های منتخب با هدف ایجاد هماهنگی با شرایط اقلیمی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و منطقه‌ای کشور با انتخاب پانل خبرگان از طریق پرسش‌نامه و به کارگیری روش AHP نسبت به اولویت‌بندی و امتیازدهی (ارزیابی) هریک اقدام گردید. فرآیند انجام تحقیق در نمودار ۱ آمده است.



نمودار ۱) فرآیند انجام تحقیق

بدین منظور پس از ترسیم درخت سلسله مراتبی، پرسش‌نامه مقایسه زوجی جهت مؤلفه‌ها و شاخص‌های بیان شده در جدول ۱ [Bareshadat et al, 2019]. تهیه گردید. گروه خبرگان نیز به صورت غیر تصادفی هدف‌دار انتخاب گردیدند. خبرگان در ۳ گروه ۶ نفره قرار گرفتند: دسته اول اساتید گروه معماری که در خصوص مباحث مرتبط با پایداری و مدارس پایدار فعالیت داشته‌اند، دسته دوم: اساتید گروه محیط‌زیست و یا رشته‌های وابسته که در مورد مباحث مدارس پایدار، سیستم‌های ارزیابی و غیره تحقیق و فعالیت داشته‌اند و در نهایت مدیران و دست‌اندرکاران سازمان مرتبط با ساخت‌وساز مدارس و یا محیط‌زیست. در نهایت پاسخ‌های به دست آمده با کمک نرم‌افزار Expert Choice تجزیه و تحلیل گردید و در

قابل ذکر است که بیشتر توجه محقق در این پژوهش بر جنبه‌های آموزشی و مدیریتی متمرکز بوده است [Meybodi, 2015]. مهدوی‌نژاد و همکاران [Mahdavi Nejed et al, 2014] در تحقیق خود با هدف تجزیه و تحلیل پروژه‌های کنونی معماری پایدار در کشورهای خاورمیانه که رعایت معیارهای سبز را در دستور کار قرار داده‌اند، به این نتیجه رسیدند که معیارهای ارائه شده ابزاری کارا برای طراحی و معماری پایدار پروژه‌ها نیستند و در واقع هر کشوری نیاز به یک الگوی کاربردی مخصوص به خود دارد. بارشادت و همکاران [Bareshadat et al, 2019]. در پژوهش خود با مقایسه نتایج تحقیقات گذشته چهار سیستم BREEAM، LEED، CASBEE و DGNB را به عنوان معتبرترین سیستم‌های ارزیابی فضاهای آموزشی سبز شناسایی و با مقایسه آنها براساس چهار پارامتر: نحوه تأثیر و روند ارزیابی هر سیستم، امتیازدهی اعتبارها، حداقل امتیاز به دست آمده و دسته‌بندی معیارها، دو سیستم LEED و BREEAM را به دلیل همگرایی بیشتر به عنوان معتبرترین سیستم‌های ارزیابی بین‌المللی معرفی نموده‌اند. تحقیقی نیز با هدف تبیین دلایل تفاوت روش‌های رتبه‌بندی مختلف با عنوان "ارزیابی معیارهای رتبه‌بندی ساختمان‌های سبز در استانداردهای مطرح دنیا و پیشنهادی برای تدوین استاندارد ایران" انجام گردید و این نتیجه حاصل شد که در هر منطقه‌ای با توجه به بافت تاریخی، فرهنگی، اقلیمی و دیگر عوامل تأثیرگذار شیوه‌های ساخت متفاوت است و انتظار یک سیستم ارزیابی واحد با جزئیات یکسان برای کل جهان واقع‌گرایانه نیست [Majrohi Sardorood et al, 2012]. مطالعه پیشینه پژوهش در خصوص انتخاب سیستم‌های ارزیابی پایه حاکی از آن است که در بررسی‌های انجام شده توسط محققین، از بین سیستم‌های ارزیابی ساختمان‌های سبز آموزشی دو سیستم LEED و BREEAM از اعتبار بیشتری برخوردار هستند. لیکن مطالعات انجام شده در ایران در خصوص موضوع تحقیق حاضر، نشان می‌دهد که اولاً در اسناد موجود مؤلفه‌های زیست‌محیطی موثر بر پایداری ساختمان‌ها مشخص نگردیده و ثانیاً در خصوص پایداری محیطی ساختمان‌ها و سیستم‌های ارزیابی آن مطالعات کمی صورت پذیرفته است و در آن مطالعات نیز تأکید بر یک سیستم ارزیابی جهانی و علی‌الخصوص سیستم ارزیابی LEED بوده و در نتیجه همان مؤلفه‌ها و شاخص‌ها و معمولاً به صورت عام و نه در خصوص کاربری ویژه‌ای پیشنهاد شده است. لذا با توجه به ضرورت شناخت و سنجش مؤلفه‌ها و شاخص‌های موثر بر پایداری مدارس ایران تحقیق حاضر به دنبال سنجش و ارزیابی مؤلفه‌ها و شاخص‌های مذکور در مدارس ایران بوده که این امر با استفاده از نظرات تیم تخصصی و بکارگیری تکنیک AHP انجام پذیرفته است.

روش‌شناسی

با توجه به هدف پژوهش روش تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی-تحلیلی است؛ همچنین روش گردآوری داده‌ها به صورت کتابخانه‌ای-اسنادی است. از آنجا که از بین تحقیقات

۲ اسامی اختصاری عوامل پژوهش جهت استفاده در ماتریس‌ها تهیه و بعد از تکمیل ماتریس‌های مقایسات زوجی، نرخ ناسازگاری هر کدام محاسبه گردید که همگی کمتر از ۱/۰ بوده که ثبات و سازگاربودن ماتریس‌ها را نشان داد. سپس مقایسات زوجی خبرگان، توسط روش میانگین هندسی ادغام شدند و جهت تعیین وزن، وارد نرم‌افزار Expert Choice گردید. در ادامه نتایج مقایسات زوجی و اوزان آمده است.

جدول ۲) معرفی عوامل پژوهش

| ردیف | مؤلفه | شاخص | کد |
|------|------------------|---|----------------|
| ۱ | انرژی | بهبود کارایی انرژی | E ₁ |
| ۲ | | استراتژی کاهش CO ₂ | E ₂ |
| ۳ | | استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر محیط | E ₃ |
| ۴ | | بهبود عملکرد یکپارچه ساختمان و اجتناب از نفوذ هوا | E ₄ |
| ۵ | آب | کاهش مصرف آب | W ₁ |
| ۶ | | بهبودکردن مصرف آب برای محوطه کاری و آبیاری | W ₂ |
| ۷ | | بازیافت آب | W ₃ |
| ۸ | سایت | مشخصات سایت | S ₁ |
| ۹ | | تراکم ساختمان‌ها و همجواری در محوطه و چگونگی ارتباط آنها | S ₂ |
| ۱۰ | | کاهش اثرات جزایر حرارتی | S ₃ |
| ۱۱ | | طراحی آبراه‌ها | S ₄ |
| ۱۲ | کیفیت محیط داخلی | دستیابی کافی به نور طبیعی | I ₁ |
| ۱۳ | | ایجاد چشم انداز | I ₂ |
| ۱۴ | | بهبود عملکرد سطح روشنایی | I ₃ |
| ۱۵ | کیفیت محیط داخلی | تهویه طبیعی | I ₄ |
| ۱۶ | | عدم استفاده از ترکیبات آلی فرار و آلاینده | I ₅ |
| ۱۷ | | کاهش آلودگی صوتی | I ₆ |
| ۱۸ | کیفیت محیط داخلی | کاهش آلودگی‌های نوری | I ₇ |
| ۱۹ | | بهبود عملکرد آکوستیکی | I ₈ |
| ۲۰ | | بهبود شرایط آسایش (رطوبت/ حرارت/ سرما) | I ₉ |
| ۲۱ | | استفاده از مصالح و محصولات محلی و بوم آورد | M ₁ |
| ۲۲ | مواد و مصالح | مصالح تجدیدپذیر | M ₂ |
| ۲۳ | | استفاده از مواد قابل بازیافت | M ₃ |
| ۲۴ | | طراحی مقاوم | M ₄ |
| ۲۵ | | به کارگیری مصالح با اثرات زیست محیطی کم در داخل ساختمان و محوطه | M ₅ |
| ۲۶ | | به کارگیری عایق حرارتی با اثرات زیست محیطی کم | M ₆ |
| ۲۷ | | اولویت منطقه‌ای | - |
| ۲۸ | نوآوری در طراحی | - | |

این مدل مشخص‌کننده رابطه زوجی بین مؤلفه‌ها و شاخص‌ها بوده

نهایت میزان اهمیت هر یک از مؤلفه‌ها و شاخص‌های مدارس پایدار در ایران استخراج گردید.

جدول ۱) مؤلفه‌ها و شاخص‌های طراحی معماری مدارس پایدار [Barshadat et al, 2016]

| مؤلفه | شاخص |
|------------------|---|
| کیفیت محیط داخلی | • دستیابی کافی به نور |
| | • ایجاد چشم‌انداز |
| | • بهبود عملکرد سطوح روشنایی |
| | • تهویه طبیعی |
| | • عدم استفاده از ترکیبات آلی فرار و آلاینده |
| | • کاهش آلودگی صوتی |
| طراحی سایت | • کاهش آلودگی‌های نوری |
| | • بهبود عملکرد آکوستیکی |
| | • بهبود شرایط آسایش (رطوبت/ حرارت/ سرما) |
| مواد و مصالح | • مشخصات سایت |
| | • تراکم ساختمان‌ها و همجواری در محوطه و چگونگی ارتباط آنها |
| | • کاهش اثرات جزایر حرارتی |
| آب | • طراحی آبراه‌ها |
| | • استفاده از مصالح و محصولات محلی و بوم‌آورد |
| | • استفاده از مصالح تجدیدپذیر |
| | • استفاده از مواد قابل بازیافت |
| انرژی | • طراحی مقاوم |
| | • بکارگیری مصالح با اثرات زیست‌محیطی کم در داخل ساختمان و محوطه |
| | • بکارگیری عایق حرارتی با اثرات زیست‌محیطی کم |
| نوآوری در طراحی | • کاهش مصرف آب |
| | • بهبودکردن مصرف آب برای محوطه کاری و آبیاری |
| | • بازیافت آب |
| کیفیت محیط داخلی | • بهبود کارایی انرژی |
| | • استراتژی کاهش CO ₂ |
| اولویت منطقه‌ای | • استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر محیط |
| | • بهبود عملکرد یکپارچه ساختمان و اجتناب از نفوذ هوا |
| نوآوری در طراحی | • خلاقیت و نوآوری |
| | • اولویت‌های منطقه‌ای |

یافته‌ها

به‌منظور تطبیق مؤلفه‌ها و شاخص‌های به دست آمده با شرایط کشور و تعیین اولویت هریک، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردیده است. در این فرآیند می‌بایست مؤلفه‌ها و شاخص‌ها به‌صورت دو به دو با یکدیگر مقایسه گردند. لذا جهت انجام مقایسات زوجی مؤلفه‌ها و شاخص‌ها، ابتدا ترسیم مدل تحلیل سلسله مراتبی صورت پذیرفته و براساس آن پرسش‌نامه‌های مقایسات زوجی مؤلفه‌ها و شاخص‌ها ایجاد شده و در اختیار خبرگان قرار گرفت سپس در جدول

جدول (۴) وزن و رتبه شاخص‌ها

| رتبه | وزن | کد | نام شاخص | مؤلفه |
|------|-------|----|---|------------------|
| ۱ | ۰/۳۴۳ | E3 | استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر محیط | انرژی |
| ۲ | ۰/۲۳۱ | E1 | بهبود کارایی انرژی | |
| ۳ | ۰/۲۲۹ | E4 | بهبود عملکرد یکپارچه ساختمان و اجتناب از نفوذ هوا | |
| ۴ | ۰/۱۹۸ | E2 | استراتژی کاهش CO2 | |
| ۱ | ۰/۲۴۵ | I9 | بهبود شرایط آسایش (رطوبت/ حرارت/ سرما) | کیفیت محیط داخلی |
| ۲ | ۰/۱۱۲ | I6 | کاهش آلودگی صوتی | |
| ۳ | ۰/۱۱۰ | I4 | تهویه طبیعی | |
| ۴ | ۰/۱۰۹ | I5 | عدم استفاده از ترکیبات آلی فرار و آلاینده | |
| ۵ | ۰/۱۰۴ | I1 | دستیابی کافی به نور طبیعی | |
| ۶ | ۰/۱۰۳ | I8 | بهبود عملکرد آکوستیکی | |
| ۷ | ۰/۰۹۷ | I7 | کاهش آلودگی های نوری | |
| ۸ | ۰/۰۸۵ | I3 | بهبود عملکرد سطح روشنایی | |
| ۹ | ۰/۰۳۵ | I2 | ایجاد چشم انداز | |
| ۱ | ۰/۳۰۱ | S3 | کاهش اثرات جزایر حرارتی و تراکم ساختمان‌ها و همجواری در محوطه و چگونگی ارتباط آن‌ها | طراحی سایت |
| ۲ | ۰/۲۹۸ | S2 | طراحی آبراه‌ها | |
| ۳ | ۰/۲۱۲ | S4 | مشخصات سایت | |
| ۴ | ۰/۱۸۹ | S1 | مشخصات سایت | |
| ۱ | ۰/۲۶۴ | M6 | بکارگیری عایق حرارتی با اثرات زیست محیطی کم | مواد و مصالح |
| ۲ | ۰/۲۳۵ | M4 | طراحی مقاوم بکارگیری مصالح با اثرات زیست محیطی کم | |
| ۳ | ۰/۲۱۴ | M5 | زیست محیطی کم در داخل ساختمان و محوطه | |
| ۴ | ۰/۱۲۲ | M3 | استفاده از مواد قابل بازیافت | |
| ۵ | ۰/۱۰۸ | M2 | مصالح تجدیدپذیر | |
| ۶ | ۰/۰۵۶ | M1 | استفاده از مصالح و محصولات محلی و بوم آورد | |
| ۱ | ۰/۴۶۸ | W3 | بازیافت آب | آب |
| ۲ | ۰/۳۴۰ | W2 | بهبود کردن مصرف آب برای محوطه کاری و آبیاری | |
| ۳ | ۰/۱۹۲ | W1 | کاهش مصرف آب | |

و از سه ردیف، هدف، مؤلفه‌ها و شاخص‌ها تشکیل شده است. در این بخش مقایسات زوجی ۷ مؤلفه اصلی آورده شده است نرخ ناسازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۲ است و چون کمتر از ۰/۱ است نشان از سازگاری قابل قبول است.

به‌منظور محاسبه اوزان مؤلفه‌های اصلی، مقایسات زوجی جدول ۳ در نرم‌افزار Expert choice وارد گردیده و نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است.

با توجه به جدول ۴، مؤلفه انرژی با وزن ۰/۲۹۲ اولویت اول را کسب کرده است. مؤلفه آب با وزن ۰/۲۲۲ رتبه دوم و مؤلفه طراحی سایت با وزن ۰/۲۱۵ رتبه سوم را کسب کرده است.

سپس به طریق مشابه، مقایسه زوجی شاخص‌های هر مؤلفه انجام شده و پس از ورود در نرم‌افزار Expert Choice اوزان نسبی محاسبه گردیده است.

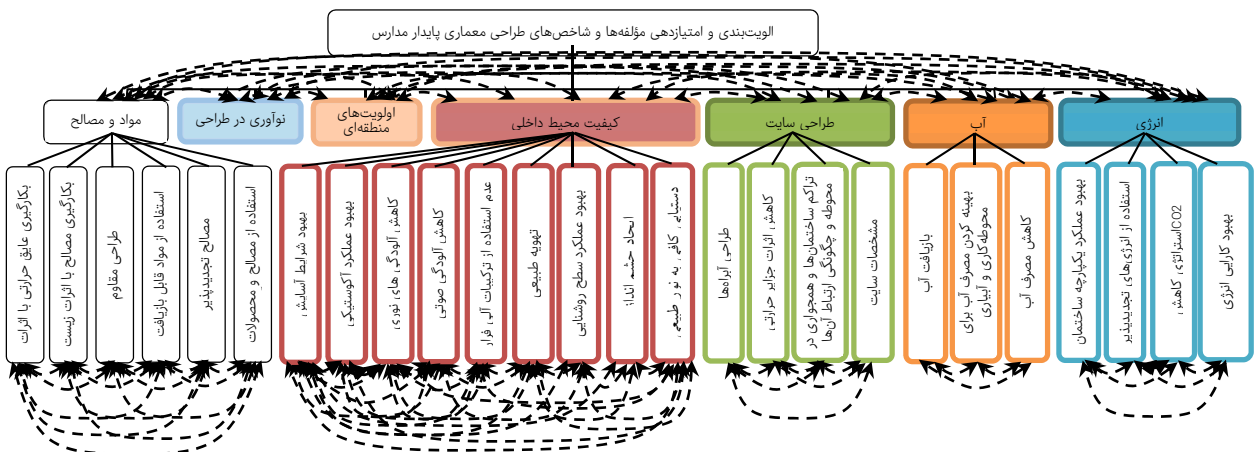
پس از تعیین اولویت هریک از شاخص‌ها، در نهایت وزن نهایی شاخص‌ها محاسبه گردید که نتایج آن در نمودار ۲ آمده است:

جدول (۳) مقایسات زوجی مؤلفه‌های اصلی (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۲)

| شاخص | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ۱- انرژی | | | | | | |
| ۲- آب | ۳/۰۸۸ | | | | | |
| ۳- طراحی سایت | ۱/۶۲۹ | ۱/۲۵۳ | | | | |
| ۴- کیفیت محیط داخلی | ۲/۰۵۸ | ۳/۳۹۲ | ۵/۰۴۷ | | | |
| ۵- مواد و مصالح | ۳/۷۷۱ | ۳/۹۳۵ | ۲/۰۰۶ | ۱/۳۹۸ | | |
| ۶- اولویت منطقه‌ای | ۴/۰۴۴ | ۴/۴۴۷ | ۳/۷۷۳ | ۲/۵۳۶ | ۱/۸۸۸ | |
| ۷- نوآوری در طراحی | ۳/۵۵۸ | ۴/۸۱۳ | ۴/۱۷۳ | ۳/۴۲۵ | ۱/۳۶۸ | ۲/۰۳۲ |

جدول (۴) وزن و رتبه مؤلفه‌های اصلی

| رتبه | وزن | نام مؤلفه |
|------|-------|------------------|
| ۱ | ۰/۲۹۲ | انرژی |
| ۲ | ۰/۲۲۲ | آب |
| ۳ | ۰/۲۱۵ | طراحی سایت |
| ۴ | ۰/۰۹۹ | کیفیت محیط داخلی |
| ۵ | ۰/۰۷۳ | مواد و مصالح |
| ۶ | ۰/۰۵۴ | اولویت منطقه‌ای |
| ۷ | ۰/۰۴۵ | نوآوری در طراحی |



نمودار (۲) مدل تحلیل سلسله مراتبی پژوهش

پدیده جزایر حرارتی مواجه هستیم. از دلایل این امر می‌توان به ساخت ساختمان‌های بلند و همجواری آنها، مصالح به کار رفته و نیز استفاده از رنگ‌های تیره در بناها اشاره نمود. این امر نشان می‌دهد که اگرچه مباحث مرتبط با اثرات جزایر حرارتی از جمله مباحث شهرسازی بوده لیکن ساختمان‌ها به‌عنوان بخشی از شهر نقش تأثیرگذاری را بازی ایفا می‌نمایند.

مقایسه شاخص‌های کیفیت محیط داخلی با یکدیگر و نیز اوزان به دست آمده برای هر یک نسبت به سایر شاخص‌ها و نیز شاخص‌های مواد و مصالح، حاکی از آن است که به دلیل اختلاف بسیار زیاد بین اوزان به دست آمده با سایر موارد، این شاخص‌ها از اهمیت کمتری برخوردار هستند. این امر در مقایسه اوزان به دست آمده در مؤلفه‌ها نیز صادق بوده و همان‌گونه که مشاهده می‌گردد مؤلفه‌های کیفیت محیط داخلی، مواد و مصالح، اولویت منطقه‌ای و نوآوری در طراحی وزن کمتری را به خود اختصاص داده‌اند.

از سوی دیگر مقایسه نتایج حاصل از پژوهش حاضر و اهمیت مباحث مربوط به انرژی و آب در کشور با سایر کشورها نشان می‌دهد که این امر در سایر کشورها نیز صادق است. هزینه‌های گزاف تولید انرژی از یکسو و استفاده و وابستگی روزافزون جوامع صنعتی و در حال رشد از سوی دیگر، کشورها را برآن داشته که برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه و غیر بهینه انرژی و نیز کاهش هزینه‌های تولید و افزایش رفاه عمومی، برنامه‌هایی مانند بهینه‌سازی مصرف انرژی را در سیاست‌های خود قرار دهند [Meybodi et al, 2016]. اطلاعات سازمان ملل نیز تأکیدی است بر این امر، چرا که براساس اطلاعات ارائه شده، شهرها دو سوم از کل انرژی را مصرف می‌کنند که ۴۰٪ آن در بخش ساختمان و ساخت‌وساز مورد مصرف قرار می‌گیرد [Keung, 2016]. اهمیت پرداختن به مباحث مرتبط با انرژی در سیستم‌های ارزیابی از جمله LEED و BREEAM نیز آشکار است چرا که در این سیستم‌ها نیز انرژی اولین اولویت را به خود اختصاص دهد [LEED, 2016]. بنابراین ارایه راهکارهایی در جهت کاهش مصرف انرژی و صرفه‌جویی در مصرف آب در فضاهای آموزشی می‌تواند کمک شایانی به پایداری این کاربری‌ها داشته باشد.

نتیجه‌گیری

مقایسات انجام‌شده در تحقیق حاضر با هدف تعیین اولویت مؤلفه‌ها و شاخص‌های موثر بر طراحی معماری پایدار ساختمان‌های آموزشی صورت پذیرفته و نتایج آن نشان می‌دهد که سه مؤلفه انرژی، آب و طراحی سایت به ترتیب از اولویت بالاتری برخوردار بوده و بر این اساس از بین ۲۶ شاخص، بازیافت آب، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر محیط و بهینه‌کردن مصرف آب برای محوطه‌کاری و آبیاری نیز نقش پررنگ‌تری در پایداری فضاهای آموزشی ایفا می‌کنند.

تشکر و قدردانی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

در نتایج حاصل از مقایسه زوجی مؤلفه‌ها، تفاوت بسیاری بین اوزان به دست آمده سه مؤلفه انرژی، آب و طراحی سایت با مؤلفه‌های باقیمانده مشاهده گردید. این اختلاف کاملاً معنادار بوده چرا که نگاه کلی به شرایط کنونی کشور تأییدی است بر نتایج به دست آمده، زیرا در حال حاضر براساس آمارهای موجود در مقیاس کلان، کشور ایران با مشکل انرژی و آب مواجه است. آمارها نشان می‌دهند ایران در کل جهان بالاترین مصرف انرژی را داراست. اگرچه یک درصد جمعیت جهان را ایرانیان تشکیل می‌دهند لیکن دو درصد انرژی جهان را مصرف می‌کنند [Beheshty et al, 2014]. در زمینه آب نیز براساس شاخص سازمان ملل کشور ایران با ضریب ۷۲/۳٪ با بحران شدید آب مواجه است [Mohamadjani & Yazdaniyan, 2014].

نتایج حاصل از مقایسات زوجی شاخص‌های مربوط به هر مؤلفه نشان می‌دهد که در بین شاخص‌های انرژی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر محیط با وزن ۳۴۳٪ رتبه اول، بهبود کارایی انرژی با وزن ۲۳۱٪ رتبه دوم و بهبود عملکرد یکپارچه ساختمان و اجتناب از نفوذ هوا با وزن ۲۲۹٪ رتبه سوم را کسب نموده است. مقایسه اوزان به دست آمده حاکی از آن است که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر محیط وزنی حدود ۱/۵ برابر وزن شاخص‌های رتبه دوم و سوم را به خود اختصاص داده و این امر نشان می‌دهد که استفاده از انرژی‌هایی مانند نور خورشید، باد و کلیه انرژی‌هایی که پایه فسیلی ندارند، نقش بسیار زیادی در پایداری فضاهای آموزشی خواهند داشت، چرا که با توجه به وخامت وضعیت آلودگی هوا و لزوم اتخاذ سیاست‌های مناسب جهت کاهش آن و نیز ضرورت رشد اقتصادی در ایران، جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر به جای سوخت‌های فسیلی می‌تواند به کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی منجر شود [Sadeghi et al, 2017].

در اوزان به دست آمده از مقایسه زوجی شاخص‌های آب، بازیافت آب با وزن ۴۶۸٪، بهینه‌کردن مصرف آب برای محوطه کاری و آبیاری با وزن ۳۴۰٪ و کاهش مصرف آب با وزن ۱۹۲٪ به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را کسب نموده است. اختلاف زیاد بین رتبه سوم با شاخص‌های مربوط به رتبه اول و دوم بسیار معنادار بوده چراکه میزان مصرف آب شرب در فضاهای آموزشی نسبت به سایر کاربری‌ها کمتر است، لیکن به دلیل اهمیت فضاهای باز و سبز و همچنین بحث فاضلاب و سرویس بهداشتی در اینگونه کاربری‌ها، استفاده از آب خاکستری و یا آب بازیافت شده برای مصارف جانبی از اهمیت زیادی برخوردار است.

از بین شاخص‌های طراحی سایت، رتبه‌های اول تا سوم به ترتیب به کاهش اثرات جزایر حرارتی با وزن ۳۰۱٪، تراکم ساختمان‌ها و همجواری در محوطه و چگونگی ارتباط آنها با وزن ۲۹۸٪ و طراحی آبراه‌ها با وزن ۲۱۲٪ اختصاص یافته است. مقایسه نتایج حاصل با وضعیت موجود شهرها تأکیدی است بر میزان اهمیت موضوع. چرا که متأسفانه امروزه به دلیل ساخت و سازهای بسیار در شهرها با

massing. Kaveh N, translator. Tehran: Royal Institute of Architectural Science. [Persian]
 LEED 2009 (2016). LEED for schools-new construction v2009. Washington, D.C: Usgbc.
 Lee W (2012). Benchmarking energy use of building environmental assessment schemes. *Energy and Buildings*. 45:326-334.
 Mahdavi Nejad M, Zia A, Norouzi Larki A, Ghanavati S, Elmi N (2014). Dilemma of green and pseudo green architecture based on LEED norms in case of developing countries. *International Journal of Sustainable Built Environment*. 3(2):235-245.
 Majrohi Sardorood J, Haji Aqa Bozorgi H, Chehrzad M (2017). Evaluation of green building rating criteria in world standards and proposed standards for Iranian standard formulation. *Journal of Civil and Environmental Engineering*. 47(4):74-93. [Persian]
 Meybodi H (2015). Proposing a model of green schools assessment in Iran using fuzzy multi-criteria decision making methods. [dissertation]. Tehran: Islamic Azad University, Science and Research Branch. [Persian]
 Meybodi H, Lahijanani A, Sabiri SM, Jozi SA, Azizi Nejad R (2016). Developing standard criteria for green schools in Iran. *Quarterly Journal of Education*. 127(32):107-129. [Persian]
 Mohamadjani E, Yazdani N (2014). Analysis of the situation of water crisis in the country and its management requirements. *Ravand*. 21(65-66):117-144. [Persian]
 OECD (2001). The DAC guidelines, strategies for sustainable development. Paris: OECD
 Ramli N, Masri M, Zafrullah M, Taib H, Abd Hamid N (2012). A comparative study of green school guidelines. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 50:462-471.
 Sadeghi SS, Sojoodi S, Ahmadzadeh Deljavan F (2017). The impact of renewable energy on economic growth and environmental quality in Iran. *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research*. 3(6):171-202. [Persian]

تأییدیه‌های اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان: نگین بارشادات (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی / نگارنده بحث (۵۰٪)؛ حمیدرضا شعاعی (نویسنده دوم)، پژوهشگر کمکی/تحلیلگر (۲۵٪)؛ علیرضا رضوانی (نویسنده سوم)، پژوهشگر کمکی / روش‌شناس (۲۵٪)

منابع مالی: این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگین بارشادات به راهنمایی اساتید محترم آقایان دکتر شعاعی و دکتر رضوانی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد است.

منابع

Alyami S, Rezgui Y (2012). Sustainable building assessment tool development approach. *Sustainable Cities and Society*. 5:52-62.
 Bahreini H, Maknoon R (2001). Sustainable urban development from thought to Action. *Journal of Environmental Studies*. 27(27):41-60. [Persian]
 Bareshadat N, Shoaie HR, Rezvani A (2019). Explaining the components and Indices of environmental sustainability in Iran's educational spaces, with an emphasis on green educational building evaluation systems. *Journal of Environmental Studies*. 45(1):171-192. [Persian]
 Beheshty SS, Ghasemi V, Ghazi Tabatabaei M, Rafatjah M (2014). A sociological study of the impact of attitudes on energy consumption. *Iranian Electric Industry Journal of Quality and Productivity*. 3(6):3-10. [Persian]
 Bernardi E, Carlucci S, Cornaro C, Bohne R (2017). An analysis of the most adopted rating systems for assessing the environmental impact of buildings. *Sustainability*. 9(7).
 Keung J (2016). Green building- building planning and