نشریه مطالعات هنر اسلامی
www.sysislamicartjournal.ir

مروری بر سیستم‌های رتبه‌بندی ساختمان‌های سبز با رویکرد معماری پایدار

مرضیه جعفری سوته [۱]، راحله رستمی [۲*]، فاطمه مظفری قادیکلائی [۳]

[۱] دانشجوی (دکتری تخصصی، معماری)، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران. arch.marzieh.jafari65@gmail.com
[۲*] (نویسنده مسئول) دکتری تخصصی، استادیار معماری، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران. rahele.rostami@gmail.com
[۳] دکتری تخصصی، استادیار معماری ، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران. mozaffarifatemeh2@gmail.com

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی
شماره ۴۳
دوره ۱۸
صفحه ۱۲۵ الی ۱۴۰

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۲۰
تاریخ داوری: ۱۴۰۰/۰۱/۲۰
تاریخ صدور پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۹/۰۱

کلمات کلیدی

ساختمان‌های سبز،
معماری پایدار،
سیستم رتبه‌بندی،
توسعه پایدار.

ارجاع به این مقاله

جعفری سوته, مرضیه, رستمی, راحله, مظفری قادیکلایی, فاطمه. (۱۴۰۰). مروری بر سیستم های رتبه بندی ساختمان های سبز با رویکرد معماری پایدار. هنر اسلامی, ۱۸(۴۳), ۱۲۵-۱۴۰.

dorl.net/dor/20.1001.1.1735708.1400.18.43.15.

dx.doi.org/10.22034/IAS.2021.290010.1629

چکیده

امروزه بخش ساختمان با سرمایه‌گذاری ۳۰-۴۰ در صد از کل منابع ا سا سی جهان در حال ر شد ا ست. صرفه‌جویی در انرژی از طریق بهره‌وری انرژی در ساختمان به امری ضروری در سرا سر جهان تبدیل شده ا ست. همچنین صنعت ساختمان یک عن صر ا سا سی برای هر اقتصادی است اما تأثیر قابل‌توجهی بر محیط‌زیست دارد؛ بنابراین بازشناسی جنبه‌های مختلف پایداری در ساختمان‌های سبز می‌تواند مقوله‌ای قابل تأمل در این‌باره با شد. پژوهش حا ضر به روش تو صیفی و تحلیلی و با تکیه بر داده‌های کمی و کتابخانه‌ای انجام شده ا ست. ابتدا ا صول ساختمان پایدار به صورت کامل برر سی شد سپس انواع سیستم‌های رتبه‌بندی مانند BREEAM، CASBEE، GBTool، U.S. Green Globes™ و LEED® مورد برر سی قرار گرفته‌اند. طی آن مشخص شد سیستم رتبه‌بندی LEED نسبت به دیگر سیستم‌های رتبه‌بندی از رویکرد مناسب‌تری برخوردار است. درنهایت رویکرد کشورهای مختلف در رابطه با بهره‌گیری از سیستم‌های رتبه‌بندی برر سی ش. یافته‌های پژوهش حاکی از این است که توسعهٔ پایدار و ساخت‌وساز ساختمان سبز، موضوعی جهانی است که می‌تواند راه‌حل‌های منطقه‌ای را پیدا کند. درواقع، گرم شدن آب‌وهوا و همه مسائل زیست‌محیطی که با آن روبه‌رو هستیم جهانی است و هر قاره را لمس می‌کند، راه‌حل‌های دستیابی به یک توسعه پایدار باید مشخصات منطقه‌ای مانند آب‌وهوا، مواد اولیه محلی؛ بلکه دولت‌های محلی را نیز در نظر بگیرد.

اهداف پژوهش

۱. مروری بر سیستم‌های رتبه‌بندی ساختمان‌های سبز با رویکرد معماری پایدار.

۲. شناخت عوامل مؤثر بر توسعه پایدار و نقش ساختمان‌های سبز.

سؤالات پژوهش

۱. ابعاد معماری پایداری ساختمان‌ها کدام است؟

۲. چه عوامل محیطی در دستیابی به توسعه و معماری پایدار نقش دارند؟

** این مقاله برگرفته از رساله دکتری/ پایان نامه مرضیه جعفری سوته با عنوان بررسی موانع و پیشران‌های کاربرد تکنیک‌های ارزیابی سبز در صنعت ساختمان ایران است که به راهنمایی دکتر راحله رستمی و مشاوره دکتر فاطمه مظفری قادیکلائی در سال ۱۳۹۹ در دانشگاه آزاد اسلامی ایران واحد ساری ارائه شده است.

2676-7759/ © 2020 Islamic Art Press. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/)

مقدمه

ساختمان‌ها تأثیر اقتصادی زیادی بر جامعه دارند. آن‌ها همچنین سهم عمده‌ای از مصرف مواد و انرژی و همچنین تولید گازهای گلخانه‌ای محیط‌زیست، چه از نظر ملی و چه در سطح جهان را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به چنین تأثیر قابل‌توجهی از صنعت ساختمان، رویکرد ساختمان پایدار از پتانسیل بالایی برای کمک به ارزشمند در توسعه پایدار برخوردار است. پایداری، مفهومی گسترده و پیچیده است که به یکی از مهم‌ترین موضوعات صنعت ساختمان تبدیل شده است. ایدهٔ پایداری مستلزم ارتقاء کیفیت زندگی است. دست‌اندرکاران صنعت ساختمان به دلیل فعالیت‌های خود، به کنترل و اصلاح آسیب‌های زیست‌محیطی توجه کرده‌اند. معماران، طراحان، مهندسین و سایر افراد درگیر در پروسه ساختمان، فرصتی بی‌نظیر برای کاهش تأثیرات زیست‌محیطی از طریق اجرای اهداف پایداری در مرحله توسعهٔ یک پروژه ساختمان دارند. صنعت ساخت‌وساز به دنبال کاهش انرژی و اثرات زیست‌محیطی خود بوده است. این جنبش با توسعه سیستم‌های صدور گواهینامهٔ سبز مانند سیستم‌های رتبه‌بندی رهبری در انرژی و طراحی محیط (LEED) که توسط شورای ساختمان سبز ایالات متحده (USGBC 2008a) ایجاد شده است، جنبش چشمگیری پیدا کرد. سیستم‌های رتبه‌بندی (LEED) راهنمایی برای اجرای استراتژی‌های طراحی پایدار، ساخت‌وساز و اعطای گواهینامه ساختمان سبز است. به دلیل استفاده از چنین استراتژی‌هایی اهداف پایداری باید با استفاده از یک رویکرد جامع برای تسهیل تصمیم‌گیری، به اقدامات عملی مشخص تبدیل شوند. اگرچه فن‌آوری‌های جدید مانند ساخت‌وساز ساختمان، تحقیقات و روش ارزیابی (BREEAM) در جهت پایداری محیط‌زیست و اقتصادی (BEES)، رهبری در انرژی، طراحی محیط‌زیست (LEED) و غیره، به‌طور مداوم در حال توسعه و به‌روزرسانی هستند تا مکمل شیوه‌های فعلی در ایجاد ساختار پایدار باشند. هدف مشترک ساختارها این است که ساختمان‌ها برای کاهش تأثیر کلی محیط ساخته‌شده بر سلامت انسان و محیط طبیعی طراحی شده‌اند. سیستم‌های صدور گواهینامه ساختمان سبز مانند LEED و دیگران به‌عنوان ابزار آگاهی و بازاریابی موفق بوده‌اند و حامیان آن‌ها مزایای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی را از آن‌ها طلب کرده‌اند. بااین‌حال، بسیاری از محققان صحت ادعای منافع زیست‌محیطی از ساختمان‌هایی که دارای گواهی سبز هستند، مورد تردید قرار داده و به دلیل عدم نگرش علمی و چرخه زندگی در ارزیابی اثرات زیست‌محیطیTطرح‌ها و شیوه‌های جایگزین از سیستمLEED انتقاد می‌کنند. با این تفاسیر انجام یک پژوهش بنیادی و کاربردی درخصوص سیستم‌های رتبه‌بندی در ساختمان‌های سبز می‌تواند در این راستا راهگشا باشد.

بررسی‌ها در خصوص پیشینهٔ پژوهش نشان می‌دهد تاکنون اثر مستقلی با این عنوان به رشتهٔ تحریر درنیامده است. این پژوهش تلاش دارد با بررسی سیستم رتبه‌بندی ساختمان سبز در صنعت ساخت‌وساز و شناسایی جنبه‌های کلیدی یک منبع برای کمک به توسعه معماری پایدار تدوین کند و اطمینان حاصل شود که تمام اجزای ساختمان در تمام موارد با بهره‌وری صددرصدی کار می‌کند. تحقیقات انجام‌شده در این حوزه در ارتباط با یک فیلد خاص مانند سیستم‌های رتبه‌بندی بوده است؛ ولی در این پژوهش اصول ساختمان پایدار و ابعاد پایداری، راهکارهای پایداری و

انواع سیستم‌های رتبه‌بندی به‌طور کامل تشریح شده‌اند. این پژوهش می‌تواند مرجع کاملی برای افراد فعال در این حوزه باشد. همچنین این پژوهش به این پرسش پاسخ می‌دهد که ابعاد پایداری ساختمان‌ها کدام است؟ و راهکارهای ساخت ساختمان‌های پایدار چیست؟ در همین راستا بررسی سیستم‌های رتبه‌بندی ساختمان‌ها به این پرسش پاسخ می‌دهد که کدام سیستم رتبه‌بندی قابل قبول‌تر و کاربردی‌تر hست و دلایل کشورهای مختلف fvhd بهره‌گیری از سیستم‌های رتبه‌بندی را شفاف می‌کند.

۱. اصول ساختمان پایدار

تخمین زده می‌شود تا سال ۲۰۵۶، فعالیت اقتصادی جهانی پنج برابر افزایش یابد، جمعیت جهانی بیش از ۵۰ درصد افزایش یابد، مصرف انرژی جهانی تقریباً سه برابر افزایش یابد و فعالیت تولید جهانی حداقل سه برابر افزایش یابد (متیوز و دیگران، ۲۰۰۰). در سطح جهانی، بخش ساختمان به‌طور قطع یکی از پرانرژی‌ترین صنایع است. در مقایسه با سایر صنایع، صنعت ساختمان‌سازی به‌سرعت در حال رشد مصرف انرژی جهان و استفاده از منابع سوخت فسیلی محدود است. این مسئله در حال حاضر نگرانی‌هایی را دربارهٔ مشکلات عرضه، فرسودگی منابع انرژی و تأثیرات زیست‌محیطی سنگین بر کاهش لایه ازن، انتشار دی‌اکسید کربن، گرم شدن کره زمین و تغییرات آب‌وهوا ایجاد کرده است (ای‌ها و دیگران، ۲۰۰۹). تولید مصالح ساختمانی انرژی مصرف می‌کند، مرحله ساخت‌وساز انرژی مصرف می‌کند و بهره‌برداری از یک ساختمان کامل انرژی برای گرمایشی، روشنایی، نیرو و تهویه انرژی مصرف می‌کند. علاوه‌بر مصرف انرژی، صنعت ساختمان به‌عنوان عامل اصلی در آلودگی محیط‌زیست محسوب می‌شود (کوکادیا و دیگران، ۲۰۰۴).

جدول (۱) مسائل مربوط به ساختمان پایدار

موضوعات اصلی	موضوع اصلی	عنوان
بهبود بهره‌وری؛ رشد سود مداوم؛ رضایت کارمندان؛ رضایت تأمین‌کننده؛ رضایت مشتری به حداقل رساندن نقص؛ زمان اتمام کوتاه‌تر و قابل پیش‌بینی‌تر؛ پروژه‌های کم‌هزینه با افزایش قابل پیش‌بینی هزینه؛ ارائه خدماتی که بهترین ارزش را برای مشتری فراهم می‌کنند و بر توسعهٔ تجارت مشتری متمرکز هستند.	حفظ سطح بالا و پایدار رشد اقتصادی و اشتغال محلی تحویل پروژه بهبودیافته افزایش سودآوری و بهره‌وری	پایداری اقتصادی

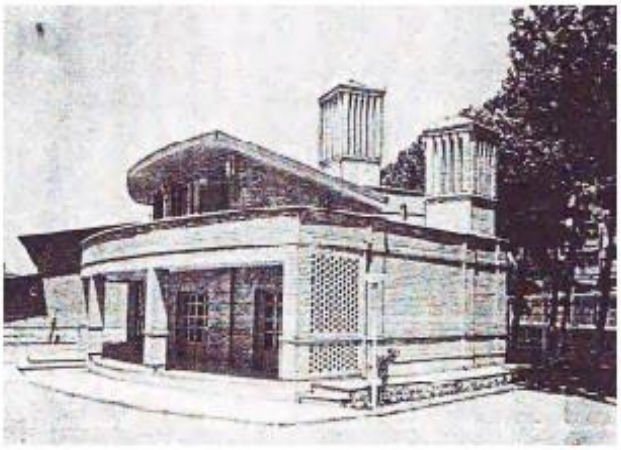
به حداقل رساندن میزان انتشار آلاینده‌ها جلوگیری از ایجاد مزاحمت از سروصدا و گردوغبار توسط سایت خوب و مدیریت انبار. به حداقل رساندن ضایعات و حذف آن‌ها. جلوگیری از حوادث آلودگی و نقض الزامات زیست‌محیطی. ایجاد زیستگاه و بهسازی محیط‌زیست؛ محافظت از اکوسیستم‌های حساس از طریق شیوه‌های ساخت‌وساز خوب و نظارت. برنامه حمل‌ونقل سبز برای سایت‌ها و فعالیت‌های تجاری	حفاظت مؤثر از محیط‌زیست جلوگیری از آلودگی محافظت و تقویت تنوع زیستی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل	پایداری زیست‌محیطی
از نظر مصرف انرژی در انبارها و سایت‌ها کاهش مصرف انرژی در فعالیت‌های تجاری؛ طراحی هزینه‌های کل زندگی؛ استفاده از منابع محلی و مواد با انرژی تجسم کم؛ طراحی و ساخت ناب از دفع زباله؛ استفاده از محصولات دارای منابع بازیافتی و پایداری به حداقل رساندن و مدیریت آب و ضایعات.	استفاده محتاطانه از منابع طبیعی بهره‌وری انرژی بهبود یافته است استفاده کارآمد از منابع	
ارائه آموزش و ارزیابی‌های مؤثر؛ شرایط و ضوابط برابر فراهم کردن فرصت‌های برابر؛ بهداشت، ایمنی و محیط کار مساعد؛ حفظ روحیه و رضایت کارکنان؛ مشارکت در تصمیم‌گیری؛ به حداقل رساندن مزاحمت و برهم زدن محلی. به حداقل رساندن اختلالات و تأخیر در ترافیک. ایجاد کانال‌های ارتباطی مؤثر؛ کمک به اقتصاد محلی از طریق اشتغال و تهیه محلی. ارائه خدماتی که باعث تقویت محیط محلی می‌شود. ایجاد روابط طولانی‌مدت با مشتری. ایجاد روابط طولانی‌مدت با تأمین‌کنندگان محلی. تابعیت شرکت؛ ارائه خدماتی که بهترین ارزش را برای مشتری فراهم می‌کنند و بر توسعه تجارت مشتری متمرکز هستند	پیشرفت اجتماعی که نیازهای همه را تشخیص می‌دهد احترام به کارمندان همکاری با جوامع محلی و کاربران جاده مشارکت کار می‌کند	پایداری اجتماعی

رویکرد ساختمان پایدار به‌عنوان راهی برای صنعت ساختمان در نظر گرفته شده است که با در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی به سمت دستیابی به توسعه پایدار حرکت کند. همان‌طور که در جدول (۱) نشان داده شده است. این عوامل راهی برای ترسیم مسئولیت صنعت در قبال حفاظت از محیط‌زیست است (افوری،۱۹۹۸) (شن و دیگران، ۲۰۱۰).

۲. راهکارهای ساخت ساختمان‌های پایدار

✓ استفاده بیشتر از منابع تجدیدپذیر در ساختمان

نیاز به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای رسیدن به تولید توان الکتریکی بیشتر یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین زمینه‌ها برای یافتن منابع جدید انرژی‌های تجدیدپذیر است. بهره‌برداری بهینه منابع طبیعی نه‌تنها پاسخگوی نیاز بشر در تولید الکتریسیته است؛ بلکه موجب برقراری تعادل میان تأمین نیازهای انسان و استفاده بهینه و عدم آسیب‌رسانی به محیط طبیعی شده که خود از مباحث اصلی پایداری محیطی است (گوود و دیگران، ۲۰۱۵)



شکل ۱: ساختمان خورشیدی دانشگاه علم و صنعت ایران. (منبع: گزارش بیژن رفیعی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۷۵)

✓ استفاده از مواد طبیعی و محلی

مواد طبیعی در انرژی تجدیدپذیر هستند، آن‌ها نیاز به پردازش کمتر دارند و به محیط آسیب کمتری وارد می‌کنند. وقتی مواد طبیعی در ساختمان به کار برده شوند، محصولات پایدارتر می‌شوند. مصالح ساختمانی که به‌صورت محلی تولید می‌شوند، به کاهش بارهای محیطی کمک می‌کنند؛ درنتیجه حمل‌ونقل کاهش می‌یابد و آلودگی هوا را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد (کابزا و دیگران ۲۰۱۴).

✓ افزایش دوام مواد و مصالح در ساخت‌وساز

امروزه برخی از مصالح مصنوعی نسبت به مصالح طبیعی از دوام و مقاومت بالاتری برخوردار بوده و در برابر شرایط متغیر جوی دچار آسیب نمی‌شوند. ساخت یک سازه محکم و اصولی باید براساس آگاهی از مصالح ساختمانی و خواص آن‌ها صورت گیرد. هنگام انتخاب مصالح نامرغوب عمر مفید سازه کاهش‌یافته و در کوتاه‌مدت دچار آسیب خواهد شد (کابزا و دیگران، ۲۰۱۴).

✓ درنظرگرفتن بازده مواد در ساخت‌وساز

صنعت ساخت‌وساز یکی از مهم‌ترین تولیدکنندگان زباله، مشکلات زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی یا مواد ناخواسته تولیدشده از فرآیندهای ساخت‌وساز و تخریب است. کاهش زباله در ساخت مسکن می‌تواند مقادیر قابل‌توجهی از مواد تجدیدناپذیر را ذخیره کند (آکادیری و دیگران،۲۰۱۲).

- ✓ استفاده مجدد از مصالح بازیافتی (قابل بازیافت در ساختمان‌ها)

بازیافت تنها از لحاظ زیست‌محیطی مفید است. اگر سوخت استفاده‌نشده در مصالح بازیافتی را برای بردن مصالح و زباله‌ها خرج کنیم، درواقع صرفه‌جویی صورت نمی‌گیرد. بازیافت زباله‌های ساختمان در محل خوب است اما اگر مجبور شویم صدها مایل برای بازیافت برویم، خوب نیست (گیو و دیگران، ۲۰۰۷).

زباله توانسته عنوان طلای کثیف را به علت پتانسیل بالا برای تولید انرژی از آن خود کند. مواد آلی موجود در زباله‌ها قابل‌احتراق است و در اثر سوختن انرژی حرارتی تولید می‌کند. این انرژی حرارتی می‌تواند برای جوشاندن آب تولید بخار و متعاقباً برای حرکت توربین‌ها به‌منظور تولید برق استفاده شود. علاوه بر این با دفن زباله می‌توان میزان مناسبی از بیوگازها را برای کاربردهای صنعتی به دست آورد.

- ✓ حفاظت از منابع: (کاهش مصرف منابع)

استفاده انسان از منابع طبیعی برای ارائهٔ حداکثر سود به نسل‌های فعلی مدیریت شود درحالی‌که حفظ ظرفیت به نسل‌های آینده را رعایت کنیم. حفاظت از منابع تجدیدناپذیر حیاتی که نقش مهمی در پروژه ساختمانی ایفا می‌کند، آینده‌ای پایدار اهمیت بسزایی دارد. مانند: انرژی آب، مواد، زمین (آکادیری و دیگران،۲۰۱۲). استخراج مواد اولیه می‌تواند منجر به کاهش منابع و زیان‌های زیست‌محیطی شود و همچنین ساخت و تولید محصول و حمل‌ونقل سبب مصرف انرژی، تولید گازهای گلخانه‌ای مرتبط با گرمایش جهانی، باران اسیدی و دود می‌گردد.

کاهش کیفیت هوا می‌تواند کارآیی کارکنان را کاهش دهد و بر سلامت انسان‌ها تأثیر بگذارد (کابزا و دیگران ۲۰۱۴). یک طرح جامع اجتماعی که مدارس، مغازه‌ها و سایر خدمات را نزدیک به محل سکونت و کسب‌وکار قرار می‌دهد، مکانی بدون رانندگی ایجاد کرده و دوچرخه‌های جذاب و مسیرهای پیاده‌روی فراهم می‌کند. با این کار به‌نوبهٔ خود مقدار انرژی ضروری را برای حمل‌ونقل کاهش می‌دهد. درحالی‌که کیفیت را بهبود می‌بخشد. همچنین خانه‌ها با مصرف انرژی کم با طراحی شهری ترکیب می‌شوند که اجازهٔ استفاده از حمل‌ونقل عمومی و دوچرخه را می‌دهد. اگر شهرها حمل‌ونقل عمومی را با استفاده از دوچرخه به حداکثر و استفاده از اتومبیل‌های شخصی را به حداقل برسانند، هزینه‌های پایین‌تر به ساخت‌وساز انرژی، جاده و... اختصاص می یابد، همچنین ترافیک و آلودگی هوا کمتر خواهد بود (آکادیری و دیگران،۲۰۱۲).

اصول توسعه پایدار در محیط‌زیست، محققان را تشویق به تمرکز بر ساختمان‌های کارآمدتر کرده است. نما به‌عنوان یک عامل اصلی، نقش حیاتی در حفاظت از محیط‌های داخلی و کنترل تعاملات بین فضاهای باز و فضای داخلی دارد. بااین‌حال، نمای ساختمان‌های معمولی می‌تواند منجر به تهویه طبیعی کم، سطح پایین نور روز، ناراحتی‌های حرارتی

و افزایش مصرف انرژی شود. این معایب اغلب در فضای مدرن با مقادیر قابل‌توجهی از شیشه‌ها تشدید می‌شوند (شامری و دیگران، ۲۰۱۱)؛ درنتیجه افزایش گرمای خورشیدی زیاد یا ازدست‌دادن حرارت قابل‌توجه در شب یا در آب‌وهوای سرد، دیوارهای پردهٔ شیشه‌ای گسترده باعث افزایش مصرف انرژی می‌شوند (پنگ و دیگران،۲۰۱۳). در میان فاجعه‌های پیش رو و در حال پیشرفت، نمای دو پوسته به‌عنوان یک راه‌حل کارآمد برای کنترل تعامل محیط‌های داخلی و خارجی پیشنهاد شده است (گراتیا و دی هرد،۲۰۰۴). نمای دو پوسته به‌طور مطلوب یکی از بهترین گزینه‌ها در مدیریت تعامل بین خارج از منزل و فضاهای داخلی است. مقدار انرژی ذخیره‌شده بستگی به آب‌وهوا و طراحی انتخاب‌شده دارد.

۳. بررسی سیستم‌های رتبه‌بندی پایدار بر اساس GSA

بسیاری از سیستم‌های رتبه‌بندی و ابزار طراحی پایدار وجود دارد که بسته به نیاز کاربر تکنیک‌های بالقوه مفیدی را برای طراحی ساختمان ارائه می‌دهد. پنج سیستم رتبه‌بندی ساختمان‌های پایدار بر اساس رانندگان فدرال و GSA به‌تفصیل بررسی شدند که در جدول (۲) مشاهده می‌شود:

جدول (۲) سیستم‌های رتبه‌بندی پایداری/منبع: (فولر و دیگران، ۲۰۰۶)

شماره	نام
۱	BREEAM (Building Research Establishment’s Environmental Assessment Method)
۲	CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)
۳	GBTool
۴	Green Globes™ U.S.
۵	LEED® (Leadership in Energy and Environmental Design)

GSA تشخیص داده که سیستم‌های رتبه‌بندی باید عناصر زیر را مورد توجه قرار دهند:

- ✓ سیستمی که در مقیاس بزرگ و پیچیدگی ساختمان فدرال کاربرد دارد.
- ✓ یک سیستم رتبه‌بندی پایدار به‌گونه‌ای که ارزیابی عملکرد ساختمان در معرض تغییر شدید نباشد.
- ✓ سیستمی که دستاوردهای کمی را در طراحی پایدار ردیابی می‌کند. شخص ثالث که توسط یک ارزیاب واجد شرایط تأییدشده است.
- ✓ سیستمی که در بازار فعلی با آگاهی پزشک استفاده می‌شود.

همچنین در جدول (۳) توضیحاتی دربارهٔ چگونگی رتبه‌بندی ساختمان‌های پایدار توسط سیستم‌های رتبه‌بندی ارائه شده است:

جدول (۳) چگونگی رتبه‌بندی ساختمان‌های پایدار توسط سیستم‌های رتبه‌بندی/منبع: نگارنده

شماره	سیستم رتبه‌بندی	توضیحات
۱	BREEAM	دارای سابقه طولانی در انگلستان است به‌طور گسترده در ایالات‌متحده استفاده می‌شود. نتایج این سیستم توسط متخصصان طراحی ایالات‌متحده استفاده نمی‌شود. قابل استفاده برای انواع پروژه‌های GSA BREEAM سالانه به‌روز می‌شود نسخه فعلی به طور عمومی برای خرید در دسترس است باید از طریق یک مجوز سنج خریداری شود. بیشتر افراد حرفه‌ای در زمینهٔ طراحی پایدار از BREEAM آگاه هستند بسیاری از سیستم‌های رتبه‌بندی از آن به‌عنوان پایهٔ توسعهٔ خود استفاده می‌کنند
۲	CASBEE	یک سیستم نسبتاً جدیدی است. برای بازار ژاپن توسعه‌یافته و به زبان انگلیسی موجود است. در ایالات‌متحده آزمایش نشده است. قابل استفاده برای همه انواع پروژه‌های GSA و ساخت‌وسازهای خاص نیست توسط معماران درجه‌یک آموزش‌دیده، ارزیابی شده از آزمون سنجشگر CASBEE ارزیابی می‌شود هرسال تغییرات عمده‌ای برای سیستم به وجود می‌آید. در بازار ایالات‌متحده نسبتاً ناشناخته است.
۳	GBTool	یک سیستم بین‌المللی است که برای ارزیابی ساختمان‌های ایالات‌متحده برای چالش ساختمان سبز ازجمله یک ساختمان GSA استفاده شده است. با توجه به قابلیت استفاده در انواع پروژه‌های GSA، GBTool قابل استفاده برای تمامی برنامه‌های ساخت‌وساز butenant و برنامه‌های کاربردی و نگهداری است. نسخهٔ عملیاتی و نگهداری آن در دست تهیه است
۴	Green Globes™ US	Green Globes ™در سال ۲۰۰۴ از Green Globes Canada اقتباس شده است. در حال حاضر، نسخه ایالات‌متحده برای انواع پروژه GSA در دسترس نیست

		اطلاعات مربوط به طراحی و ساخت‌وساز پایدار برای تأیید شخص ثالث به‌صورت آنلاین ارسال می‌شود که توسط یک طرح سبز تأییدشده و با تصویب Green Globes متخصص و حرفه‌ای ارائه شده است سیستم رتبه‌بندی Green Globes ™ US در طول بازبینی به‌طور مداوم به‌صورت آنلاین در دسترس نبود و نسخه فعلی ابزار سیستم رتبه‌بندی آنلاین نیز هنوز در دسترس نیست. اگرچه در سال‌های اخیر تبلیغات گسترده‌ای دربارهٔ Green Globes ™ US ایالات‌متحده وجود داشته است، با توجه به بازخورد ارائه شده توسط Initiative Green Building، ساختمان رتبه‌بندی گلوب‌های سبز را دریافت کرده‌اند و ۶۳ ساختمان ثبت شده است. این بدان معنی است که آن‌ها ممکن است در آینده به طور بالقوه دنبال کنند.
۵	LEED®	®LEED در حال حاضر سیستم مسلط در بازار ایالات‌متحده است. با چندین بازار در سراسر جهان سازگار است. سیستم‌های LEED®rating در حال حاضر در دسترس است و به تمامی ساختمان‌ها و انواع پروژه GSA می‌پردازد یک دفترچه راهنمای ProductDevelopment and Maintenance در دسترس عموم است که تغییراتی را در سیستم‌های رتبه‌بندی ®LEED اعمال می‌کند. مراحل مختلفی برای توسعهٔ محصولات سیستم رتبه‌بندی شورای ساختمان سبز ایالات‌متحده شامل توسعه فنی توسط کمیته، آزمایش آزمایشی، دورهٔ اظهارنظر عمومی، تأیید عضویت در شورا و سپس برای استفاده عمومی منتشر می‌شود. برای سیستم‌های رتبه‌بندی موجود ®LEED، به‌روزرسانی‌های جزئی ممکن است بیش از یک‌بار در سال رخ ندهند، درحالی‌که انتظار می‌رود به‌روزرسانی‌های عمده در یک چرخه ۳-۵ ساله اتفاق بیفتد و یک روند مشخص شامل یک دوره نظر عمومی را دنبال می‌کند. مستندات اقدامات قابل‌اندازه‌گیری طراحی پایدار برای شخصی‌سازی شخص ثالث در شورای GreenBuilding ایالات‌متحده، توسعه‌دهندهٔ سیستم رتبه‌بندی ®LEEDارائه شده است. بیش از ۴۰۰ ساختمان ایالات‌متحده دارای رتبه‌بندی LEED received هستند و بیش از ۳۴۰۰ ساختمان ثبت شده‌اند.

		LEED® نه‌تنها رهبر بازار ایالات‌متحده است؛ بلکه از رایج‌ترین سیستم امتیازدهی توسط آژانس‌های فدرال و ایالتی نیز استفاده می‌کند.

با توجه به جدول شماره (۳) که به چگونگی رتبه‌بندی ساختمان‌های پایدار توسط سیستم‌های رتبه‌بندی پرداخته شد، سیستم رتبه‌بندی LEED® نسبت به دیگر سیستم‌ها بهتر بوده. همچنین این سیستم مسلط در بازار ایالات‌متحده و مورد قبول ایالات متحد بوده است. در همین راستا بیش از ۴۰۰ ساختمان ایالات‌متحده دارای رتبه‌بندی LEED received هستند و بیش از ۳۴۰۰ ساختمان ثبت شده‌اند. در ادامه به توضیحات بیشتر دربارهٔ سیستم رتبه‌بندی LEED می‌پردازیم.

در ادامه پژوهش سعی شده است به مقایسه سیستم‌های رتبه‌بندی ساختمان‌های سبز مورد استفاده در ساخت‌وسازهای مسکونی در ایالات‌متحده، فرانسه، سوئد، دانمارک و نروژ پرداخته شود.

با شروع از دهه ۱۹۸۰، برچسب‌ها، استانداردها، گواهینامه‌ها و مراجع در فرانسه مانند سایر نقاط جهان توسعه یافته‌اند. اخذ گواهینامه یا برچسب یک فرایند داوطلبانه است که توسط مشتری یا یک توسعه‌دهنده آغاز شده و می‌خواهد کیفیت ساخت‌های آن را بشناسد. این برچسب‌ها و گواهینامه‌ها از نظر راحتی، صرفه‌جویی در هزینه و احترام به محیط‌زیست برای خریدار یا مستأجر آینده‌نگر هستند.

صاحبان پروژه و توسعه‌دهندگان این فرصت را دارند که در پیشرفت پویای خود با ارگانیسم صدور گواهینامه همراه شوند. مداخله ارگانیسم شخص ثالث مانع از اعلام خود می‌شود و با دادن یک گواهینامه معتبر به مشتریان کمک می‌کند. صدور گواهینامه توسط یک ارگانیسم شخص ثالث تضمین‌کنندهٔ استقلال هم لازم و هم قانونی است: درواقع در فرانسه قانون مصرف‌کننده نیاز به تفکیک بین آژانس صدور گواهینامه و شرکتی که محصول مجاز را تولید کرده است. در جدول (۴) دلایل کشورهای مختلف جهت بهره‌گیری از سیستم‌های رتبه‌بندی ذکر شده است.

جدول (۴) رویکرد کشورهای مختلف جهت بهره‌گیری از سیستم‌های رتبه‌بندی/منبع: سیترنه و دیگران، ۲۰۱۴)

شماره	کشور	رویکرد کشورهای مختلف جهت بهره‌گیری از سیستم‌های رتبه‌بندی
۱	France	کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای محافظت از سیاره در برابر تغییرات آب‌وهواست. در فرانسه، بخش ساختمان‌سازی حدود ۴۳٪ از انرژی نهایی (۳۱٪ برای بخش حمل‌ونقل) را مصرف می‌کند و نزدیک به یک‌چهارم از انتشار گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد. اولویت تعیین‌شده در کنترل مصرف انرژی دو هدف دارد.

		استفاده از انرژی‌های فسیلی را محدود کنید؛ زیرا ذخایر جهانی سوخت فسیلی به‌شدت کاهش می‌یابد و با هزینه‌های پایین‌تر مربوط به مصرف انرژی، قدرت خرید را تقویت می‌کنید. آخرین نسخه از تنظیم حرارتی فرانسه، ۲۰۰۵RT برای تحقق این اهداف ارسال شده است و از اول سپتامبر ۲۰۰۶ برای کلیه پروانه‌های ساخت‌وساز در بخش مسکونی (مسکن) و غیرمسکونی (تجاری) قابل اجراست. این امر الزامات کنترل نیازهای انرژی برای ساخت‌وسازهای جدید ۱۵٪ را نسبت به حرارت قبلی تقویت می‌کند. پروژه ساخت‌وساز با یک پروژه مرجع مقایسه می‌شود و برای جلوگیری از سوءاستفاده، باید حداقل ارزش‌ها رعایت شود. برای ساختمان‌های مسکونی، مقررات جدید نیاز به مصرف حداکثر کل پروژه (گرمایش، سرمایش، آب گرم، روشنایی و غیره) انرژی اولیه دارد و در کیلووات ساعت در هر مترمربع در سال (کیلووات ساعت در مترمربع) سال اندازه‌گیری می‌شود. این محدودیت برای ساختمان‌های انفرادی و جمعی یکسان است و بستگی به آب‌وهوا دارد.
۲	Scandinavian	آن‌ها بازیافت زیادی می‌کنند، تعداد کمی از گازهای گلخانه‌ای تولید می‌کنند و به دلیل آب‌وهوای سخت، ساختمان‌های آن‌ها دارای سیستم عایق‌بندی بسیار خوب و برای مدت‌زمان طولانی بسیار کارآمد هستند. بنابراین در دهه ۲۰۰۰، آن‌ها روند جهانی را دنبال کردند و مفهوم ساختمان سبز را توسعه دادند. شورای ساختمان سبز سوئد در ژوئن سال ۲۰۰۹ ایجاد شده است. پس از آن دانمارک و فنلاند ساختمان سبز در آوریل ۲۰۱۰ و شورای ساختمان سبز نروژ در سپتامبر ۲۰۱۰.
۳	Sweden	از نظر مصرف انرژی، مانند سایر کشورهای اروپایی، سوئد از دستورالعمل اروپایی دربارهٔ عملکرد انرژی ساختمان‌ها پیروی می‌کند و با ایجاد مقررات لازم در هر کشور عضو، میزان مصرف انرژی را اندازه‌گیری می‌کند. در سوئد، این قانون در سال ۲۰۰۶ معرفی شد (۲۰۰۶: ۱۵۹۲). این امر مستلزم این است که یک گواهینامه انرژی مسئله‌ای باشد که مصرف انرژی واقعی ساختمان را به‌طور عملی نشان می‌دهد. به‌منظور دستیابی و اجرای صرفه‌جویی در مصرف انرژی و مسکن کم / غیرفعال در سوئد، اقدامات مختلفی وجود دارد که اطلاعات و آموزش را ارائه می‌دهد. این‌ها شامل شورای ملی مسکن، ساختمان و برنامه‌ریزی سوئد؛ بلکه از طرف دانشگاه‌ها یا تعدادی از پروژه‌ها و ابتکارات با بودجه اتحادیه اروپاست. علاوه بر این، دولت سوئد برای سرمایه‌گذاری در اقدامات کاهش CO_2 بودجه لازم را فراهم می‌کند. تعدادی از جنبه‌های ساختمان‌سازی و ساخت‌وساز پایدار در سوئد به میزان نسبتاً بالایی مورد توجه قرار گرفته است. انرژی کم و مسکن منفعل به‌طور فزاینده‌ای ساخته می‌شود. اگرچه تعداد در مقایسه با سایر کشورهای اروپایی هنوز کم است، اما گرایش به سمت افزایش قیمت انرژی به‌احتمال زیاد مسکن منفعل‌تر خواهد شد

۴	Denmark	دولت دانمارک مدت‌هاست این واقعیت را می‌شناسد که ساختمان‌ها یک منطقه انرژی را تشکیل می‌دهند که با بسیاری از مناطق مصرف انرژی متفاوت است. ساختمان‌ها معمولاً عمر بسیار طولانی دارند دانمارک یکی از قوانین سخت‌گیرانه ساختمان‌های سبز را در جهان دارد که تمامی پروژه‌های ساختمان‌سازی جدید مطالبات جدی را تعیین می‌کند. علاوه‌براین، معامله انرژی جدید دانمارک تمرکز زیادی در نوسازی انرژی موجود در ساختمان موجود دارد که دارای بیشترین پتانسیل برای صرفه‌جویی در انرژی است. شورای ساختمان سبز دانمارک مجوز دانمارکی را در زمینهٔ پایداری، DGNB دانمارک ایجاد کرده است که مبتنی بر سیستم رتبه‌بندی آلمانی DGNB است. در صورت برآورده شدن نیاز عملکرد، DGNB گواهی DGNB را به‌صورت برنز، نقره یا طلا به شما اهدا می‌کند. علاوه‌براین، گزینه پیش‌تصدیق ساده در مرحله برنامه‌ریزی وجود دارد.
۵	Norway	شورای ساختمان سبز نروژ تصمیم دارد با توسعه BREEAM-NOR، نسخه نروژی مرجع BREEAM انگلیس، استاندارد زیست‌محیطی ساخت نروژ را افزایش دهد. BREEAM قدیمی‌ترین روش ارزیابی محیط‌زیست و سیستم رتبه‌بندی ساختمان‌ها در جهان است که در سال ۱۹۹۰ راه‌اندازی شد. BRE Global که BREEAM را توسعه می‌دهد، یک‌نهاد تأیید مستقل شخص ثالث است که خدمات صدور گواهینامه را به بازار بین‌المللی ارائه می‌دهد. ابزار ارزیابی BREEAM عملکرد را در برابر مجموعه‌ای از نه معیار برای ارزیابی طراحی ساختمان، ساخت‌وساز، مدیریت و استفاده کلی در آینده اندازه‌گیری می‌کند. برخی از این معیارها شامل انرژی و مصرف آب، سلامتی و رفاه محیط‌زیست، حمل‌ونقل، مواد، زباله‌ها، محیط‌زیست و فرایند مدیریت است. ارزیابی معتبر BREEAM به مراحل خاص چرخه عمر ساختمان اشاره می‌کند.

۴. تحلیل سیستم‌های رتبه‌بندی ساختمان‌های سبز با رویکرد معماری پایدار

در ابتدای پژوهش فوق به اصول ساختمان پایدار اشاره شد. طی این بخش از پژوهش سه عامل جداگانه جهت ساختمان پایدار مشخص گردید که عبارت‌اند از: پایداری اقتصادی، پایداری زیست‌محیطی و پایداری اجتماعی. طی این مطالعه می‌توان گفت یک ساختمان پایدار ساختمانی است که هر سه عامل مطرح‌شده در آن وجود داشته باشد یعنی هم از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه باشد که بتواند عامل سودآوری و بهره‌وری را داشته باشد و هم از نظر محیط‌زیست پایدار باشد که بتواند از آلودگی محیط‌زیست جلوگیری نماید و درنهایت پایداری اجتماعی داشته باشد.

در بخش بعدی پژوهش فوق به راهکارهای مختلف ساخت ساختمان‌های پایدار اشاره شد که طی آن، به استفادهٔ بیشتر از منابع تجدیدپذیر در ساختمان، استفاده از مواد طبیعی و محلی، افزایش دوام مواد و مصالح در ساخت‌وساز، در نظر

گرفتن بازده مواد در ساخت‌وساز، استفاده مجدد از مصالح بازیافتی (قابل بازیافت در ساختمان‌ها)، حفاظت از منابع و استفاده از نماهای دو پوسته در ساختمان اشاره شد. با توجه به مطالعه‌های انجام‌شده می‌توان گفت: عامل استفاده بیشتر از منابع تجدیدپذیر در ساختمان یکی از راهکارهای اساسی در این زمینه است که همچنین با توجه به پژوهش گود[۱] و همکاران نتایج در یک راستاست: امروزه با تولید انبوه و اقتصادی انواع توربین‌های بادی و سلول‌های خورشیدی یا فتوولتیک استفاده از انرژی‌های بادی و خورشیدی برای تأمین نیازهای انرژی ساختمان‌ها، استقلال انرژی آن‌ها و حتی فروش انرژی مازاد، نیاز ساختمان به شرکت‌های برق بسیار مورد توجه قرار گرفته است (کابزا و دیگران، ۲۰۱۴).

در ادامه این پژوهش طی بررسی سیستم‌های رتبه‌بندی، به سیستم‌های BREEAM، CASBEE، GBTool، Green Globes™ U.S. و LEED اشاره شد. در این مطالعه چگونگی رتبه‌بندی ساختمان‌های پایدار توسط سیستم‌های رتبه‌بندی مشخص شد و همچنین رویکرد کشورهای مختلف جهت بهره‌گیری از سیستم‌های رتبه‌بندی مشخص گردید. طی مقایسات انجام‌شده می‌توان گفت یکی از بهترین سیستم‌های رتبه‌بندی LEED بوده که در بازار ایالات‌متحده است. همچنین با توجه به پژوهش لئو و همکاران، LEED اگرچه در ایالات‌متحده آغاز شده است، اما اکنون حضور خود را با موفقیت در سطح جهانی ارائه می‌دهد. طراحی، ساخت‌وسازها، دستورالعمل‌های عملیاتی و معیارهای بین‌المللی را برای پوشش گسترده‌تری از بخش‌های پروژه و حوزه‌های طراحی پذیرفته‌شده بین‌المللی ارائه می‌دهد (تیلاکاراتنه و دیگران، ۲۰۱۱). رتبه‌بندی LEED پروژه‌ها با ایجاد بیش از ۵۰۰ پروژه دارای امتیاز LEED در ۵ سال گذشته با تعداد زیادی پروژه در چین و هند، مسیرهای خود را به‌سرعت در آسیا تأسیس می‌کند. هنگ‌کنگ همچنین سیستم محلی خود را بسیار متناسب با اصول و ساختار موجود در سیستم رتبه‌بندی LEED توسعه داد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش عوامل پایدارسازی ساختمان‌ها به طور کامل بررسی شد. درنهایت ۷ عامل کلیدی پایدارسازی طبق مقالات و مطالعات گذشته بیان شد و در ادامه با بررسی انواع سیستم‌های رتبه‌بندی در این پژوهش مشخص گردید که سیستم رتبه‌بندی LEED بهترین سیستم و همچنین مورد تأیید اکثر کشورهاست.

توسعه پایدار و ساخت‌وساز ساختمان سبز موضوعی جهانی است که می‌تواند راه‌حل‌های منطقه‌ای را پیدا کند. درواقع، اگر گرم شدن آب‌وهوا و همه مسائل زیست‌محیطی که با آن روبه‌رو هستیم، جهانی است و هر قاره را لمس می‌کند، راه‌حل‌های دستیابی به یک توسعه پایدار باید مشخصات منطقه‌ای مانند آب‌وهوا، مواد اولیه محلی، بلکه دولت‌های محلی را نیز در نظر بگیرد. دانش و ظرفیت شرکت‌های محلی هر راه‌حلی که در یک کشور قابل‌استفاده باشد، ممکن است در کشور دیگر سازگار نباشد. به همین دلیل است که سازمان‌های ساختمان‌های سبز، اگر می‌خواهند مجوزهای

[۱] Good

خود را به خارج از کشور صادر کنند، باید مرجع خود را با بازار موردنظر تطبیق دهند، مانند BREEAM در نروژ، یا به‌عنوان مثال LEED در اروپا. بخش ساخت‌وساز ساختمان‌های سبز در جهان در حال تحول مداوم است؛ لذا می‌توان امیدوار بود که طی چند دهه ساختمان سبز و به‌طور کلی توسعه پایدار به استاندارد ساخت‌وساز تبدیل شود نه یک استثنا برای سلامتی زمین و بشر.

منابع

کتاب‌ها

بهلینگ، سوفیا؛ فاستر، نورمن و بهلینگ، استفان. (۱۳۹۰). *نخستین پرتو*، ترجمهٔ شیما صفی، تهران: سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی.

مقالات:

مظفری قادیکلایی و جعفری سوته، مرضیه. (۱۳۹۶). «مطالعه مروری نماهای دوپوسته در اقلیم‌های مختلف جهان»، سومین کنفرانس ملی تهویه مطبوع و تأسیسات حرارتی و برودتی.

منابع انگلیسی

Akadiri, P. O., Chinyio, E. A., & Olomolaiye, P. O. (2012). Design of a sustainable building: A conceptual framework for implementing sustainability in the building sector. Buildings, 2(2), 126-152.
Akadiri, P. O., Chinyio, E. A., & Olomolaiye, P. O. (2012). Design of a sustainable building: A conceptual framework for implementing sustainability in the building sector. Buildings, 2(2), 126-152.
Bowyer, J. L. (2007). Green building programs-Are they really green?. Forest products journal, 57(9), 6.
Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., & Castell, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. Renewable and sustainable energy reviews, 29, 394-416.
Chel, A., & Kaushik, G. (2018). Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building. Alexandria Engineering Journal, 57(2), 655-669.
Citerne, F., Goldsmith, D., & Beliveau, Y. (2014). Overview of International Green Building Rating Systems. In 50th ASC Annual International Conference Proceedings.–Associated Schools of Construction.
Fowler, K. M., & Rauch, E. M. (2006). Sustainable building rating systems summary (No. PNNL-15858). Pacific Northwest National Lab. (PNNL), Richland, WA (United States).
Good, C., Andresen, I., & Hestnes, A. G. (2015). Solar energy for net zero energy buildings–A comparison between solar thermal, PV and photovoltaic–thermal (PV/T) systems. Solar Energy, 122, 986-996.
Gratia, E., & De Herde, A. (2004). Natural cooling strategies efficiency in an office building with a double-skin façade. Energy and buildings, 36(11), 1139-1152.
Gu, L., Gu, D., Lin, B., Huang, M., Gai, J., & Zhu, Y. (2007, September). Life cycle green cost assessment method for green building design. In Proceedings of Building Simulation (pp. 1962-1967).

Ilha, M. S. O., Oliveira, L. H., & Gonçalves, O. M. (2009). Environmental assessment of residential buildings with an emphasis on water conservation. Building Services Engineering Research and Technology, 30(1), 15-26.
Kukadia, V., & Hall, D. (2004). Improving air quality in urban environments: Guidance for the construction industry. BRE Bookshop.
Matthews, E., Amann, C., Bringezu, S., Fischer-Kowalski, M., Hüttler, W., Kleijn, R., ... & Schandl, H. (2000). The weight of nations. Material outflows from industrial economies World Resources Institute, Washington.
Ofori, G. (1998). Sustainable construction: principles and a framework for attainment-comment. Construction Management & Economics, 16(2), 141-145.
Ortiz, O., Castells, F., & Sonnemann, G. (2009). Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. Construction and building materials, 23(1), 28-39.
Peng, J., Lu, L., & Yang, H. (2013). An experimental study of the thermal performance of a novel photovoltaic double-skin facade in Hong Kong. Solar Energy, 97, 293-304.
Pitt, M., Tucker, M., Riley, M., & Longden, J. (2009). Towards sustainable construction: promotion and best practices. Construction innovation.
Shameri, M. A., Alghoul, M. A., Sopian, K., Zain, M. F. M., & Elayeb, O. (2011). Perspectives of double skin façade systeT ms in buildings and energy saving. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(3), 1468-1475.
Shen, L. Y., Tam, V. W., Tam, L., & Ji, Y. B. (2010). Project feasibility study: the key to successful implementation of sustainable and socially responsible construction management practice. Journal of cleaner production, 18(3), 254-259.
Singh, A., Berghorn, G., Joshi, S., & Syal, M. (2011). Review of life-cycle assessment applications in building construction. Journal of Architectural Engineering, 17(1), 15-23.
Thilakaratne, R., & Lew, V. (2011). Is LEED leading Asia?: an analysis of global adaptation and trends. Procedia Engineering, 21, 1136-1144.
Ugwu, O. O., Kumaraswamy, M. M., Wong, A., & Ng, S. T. (2006). Sustainability appraisal in infrastructure projects (SUSAIP): Part 2: A case study in bridge design. Automation in construction, 15(2), 229-238.
Yahya, K., & Boussabaine, H. (2010). Quantifying environmental impacts and eco-costs from brick waste. Architectural Engineering and Design Management, 6(3), 189-206.
Zimmermann, M., Althaus, H. J., & Haas, A. (2005). Benchmarks for sustainable construction: A contribution to develop a standard. Energy and Buildings, 37(11), 1147-1157.

منابع تصاویر

گزارش بیژن رفیعی. (۱۳۷۵). مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.
بهلینگ، سوفیا واستفان.(۱۳۹۰). نخستین پرتو، ترجمه‌ی شیما صفی، تهران: سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی.

Champagne, C. Aktas, C.(۲۰۱٦).“Assessing the Resilience of LEED Certified Green Buildings”, Procedia Engineering, 145,380-387