جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱٤۰۵، دوره۹ شماره۱، صص٤۰۷-۳۹۵

تحلیل تطبیقی نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در خاورمیانه: چالش‌ها و راهکارهای ارتقاء عملکرد

حسنی سادات شمس دولت‌آبادی[1*]، همایون فهیمی‌فام[2]

۱- گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

hosna.shams@khu.ac.ir

۲- دانشجو کارشناسی، مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

Homayoun.fahimifam@gmail.com

تاریخ دریافت:۱٤۰٤/۰۸/۱۰ تاریخ بازنگری:۱٤۰٤/۰۹/۰٦ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۵/۱۰/۰۹

چکیده

رشد سریع جمعیت شهری و افزایش مصرف انرژی، صنعت ساختمان را به یکی از اصلی‌ترین عوامل فشار بر محیط‌زیست و تغییرات اقلیمی تبدیل کرده است. در پاسخ به این چالش، مفهوم ساختمان سبز و نظام‌های ارزیابی مرتبط نظیر LEED و BREEAM در سطح جهانی مطرح شده‌اند. هرچند، در کشورهای خاورمیانه به‌دلیل شرایط اقلیمی گرم و خشک، محدودیت منابع و ساختارهای نهادی خاص، این نظام‌ها کارایی لازم را ندارند و با شکاف میان طراحی و عملکرد واقعی مواجه‌اند. هدف اصلی پژوهش حاضر، تحلیل تطبیقی نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در کشورهای منتخب خاورمیانه و ایران است. در این راستا، شناسایی ساختار و شاخص‌های کلیدی نظام‌های بین‌المللی، مقایسه تطبیقی از نظر انطباق با اقلیم و فرهنگ منطقه و شناسایی چالش‌های نهادی، فنی و اجرایی می‌باشد. روش پژوهش در نهایت کیفی ـ تحلیلی و مبتنی بر مرور تطبیقی است؛ مروری نظام‌مند بر منابع علمی و گزارش‌ها در پایگاه‌هایی چون Scopus، Web of Science، ScienceDirect، SpringerLink و پایگاه‌های داخلی (SID، IranDoc) انجام شد (پوشش زمانی: ۲۰۰۵–۲۰۲٤). فرایند غربالگری دو مرحله‌ای اجرا و داده‌های استخراجی بر اساس سال نشر، نوع نظام، محورهای مورد بررسی و غیره در جداول فراوانی ارائه و تحلیل گردید. یافته‌ها نشان می‌دهد اگر نظام‌های بین‌المللی بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های محلی به کار گرفته شوند، کارایی آن‌ها در تحقق پایداری کاهش می‌یابد.؛ ضعف نظارت، کمبود داده‌های عملکردی، نبود نهادهای گواهی‌دهنده مستقل و فقدان مشوق‌های اقتصادی از مهم‌ترین موانع شناسایی‌شده‌اند. در مقابل، تجربه‌هایی مانند LGBC در دبی و SAB در عربستان ظرفیت‌هایی برای بومی‌سازی فراهم ساخته‌اند. در نهایت، مدل پیشنهادی MENA–GBRS با سه لایه شاخص‌های پایه، عملکردی و نوآورانه و با بهره‌گیری از فناوری‌هایی مانند BIM، IoT و هوش مصنوعی معرفی شده که می‌تواند زمینه‌ساز ارتقای نظام‌های ارزیابی در منطقه باشد.

واژگان کلیدی : ساختمان سبز، پایداری، نظام ارزیابی، بومی‌سازی، خاورمیانه

doi: 10.22034/gahr.2025.556794.2618 شاپا الکترونیکی:2645-3851

مقدمه

در دهه‌های اخیر، رشد سریع جمعیت شهری، توسعه ساخت‌وساز و افزایش تقاضای انرژی، فشار زیادی بر محیط‌زیست وارد کرده است؛ صنعت ساختمان به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین مصرف‌کنندگان منابع، بیش از ٤٠ درصد از مصرف جهانی انرژی را به خود اختصاص می‌دهد (Doan et al., 2017; Khan et al., 2019). در پاسخ به این بحران، مفهوم «ساختمان سبز» با تأکید بر بهینه‌سازی انرژی، استفاده از منابع تجدیدپذیر، کاهش ضایعات و ارتقای کیفیت محیط زندگی مطرح شده است (Kumar et al., 2024; Awadh, 2017). نظام‌های ارزیابی و رتبه‌بندی ساختمان‌های سبز نیز به‌عنوان ابزارهای کلیدی برای هدایت طراحی و بهره‌برداری پایدار توسعه یافته‌اند (Doan et al., 2017; Capeluto et al., 2022).

با توجه به شرایط اقلیمی، اقتصادی و فرهنگی خاورمیانه، بومی‌سازی این نظام‌ها ضرورت دارد؛ مطالعات پیشین نشان می‌دهند که اقتباسِ عیناً کپی‌شده نظام‌های بین‌المللی نظیر LEED و BREEAM معمولاً منجر به افزایش هزینه و کاهش کارایی اجرایی می‌شود (Hamid et al., 2014; Zuo & Zhao, 2014). برای پاسخ به این نیاز، پژوهش حاضر با رویکرد مروری–تطبیقی، شواهد موجود را از منابع بین‌المللی و منطقه‌ای گردآوری و تحلیل کرده است.

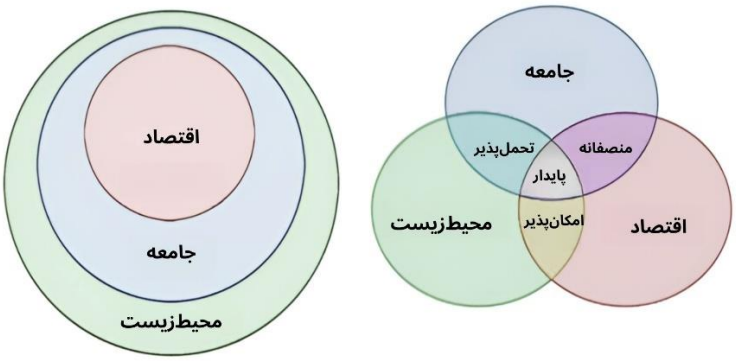
به‌صورت مشخص، مرور نظام‌مند این پژوهش شامل جستجو در پایگاه‌های مذکور (۲۰۰۵–۲۰۲٤)، غربالگری دو مرحله‌ای و استخراج داده‌های ساختاری (سال نشر، نوع نظام ارزیابی، محورهای پژوهشی و روش) بوده است؛ نتایج توصیفی این استخراج‌ها در جداول فراوانی (جداول ۲–۸) ارائه شده‌اند. بر مبنای این تحلیل کمی–توصیفی مشخص شد که از میان مطالعات منتخب (۲۰۰۹–۲۰۲٤) بیشترین سهم مربوط به پژوهش‌های تحلیلی/تطبیقی (٤٤٪) و مرورها (۲۲٪) بوده و محور انرژی/شکاف عملکرد انرژی با سهم ۳۳٪ بیشترین تمرکز موضوعی را داشته است؛ همچنین تحلیل انواع داده‌ها نشان‌دهنده سهم غالب تحلیل اسنادی/داده‌های ثانویه (٤٤٪) و سهم کمتر مطالعات میدانی و مدل‌سازی است. این شواهد کمی مبنای تحلیل‌های تطبیقی و نتیجه‌گیری‌های مقاله را شکل داده‌اند.

سایر مبانی نظری، جایگاه نظام‌های بین‌المللی و تجارب منطقه‌ای مانند LGBC و SAB در ادامه متن مورد بحث قرار گرفته است؛ تحلیل‌ها و جداول توزیعی پایه و مبنای شکل‌گیری پیشنهادات بومی و مدل MENA–GBRS هستند.

مبانی نظری

چارچوب نظری این پژوهش بر سه مفهوم بنیادین استوار است: توسعه پایدار، ساختمان سبز و نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز. توسعه پایدار به‌عنوان فرآیندی برای تأمین نیازهای نسل حاضر بدون به‌خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده تعریف شده است (WCED, 1987). در ابتدا شامل سه بُعد زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی بود (Abdelfattah, 2020) و بعدها بُعد نهادی/فرهنگی نیز به آن افزوده شد(شکل ۱) (Doan et al., 2017). در اسناد بین‌المللی همچون اهداف توسعه پایدار سازمان ملل، این ابعاد به‌طور یکپارچه بر حفاظت از منابع، ارتقای کیفیت زندگی، عدالت اجتماعی و رشد اقتصادی پایدار تأکید دارند (Khan et al., 2019). محیط ساخته‌شده، به‌ویژه بخش

ساختمان و ساخت‌وساز، به دلیل مصرف بیش از ۴۰ درصد انرژی و سهم چشمگیر در انتشار گازهای گلخانه‌ای (Doan et al., 2017)، نقش محوری در تحقق این اهداف دارد. بنابراین، طراحی پایدار، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و مدیریت پسماند در این حوزه ضرورتی اساسی است (Khan et al., 2019; Kumar et al., 2024).

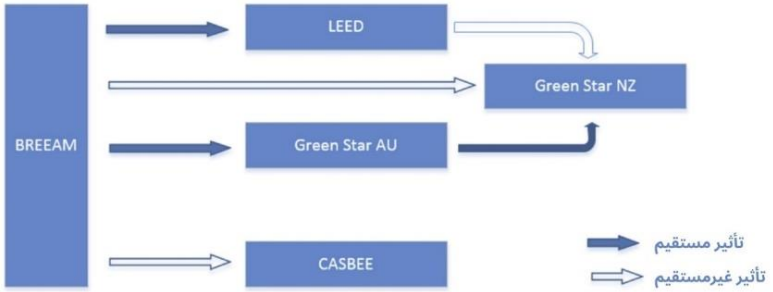


شکل ۱- ارکان توسعهٔ پایدار. منبع: (Abdelfattah, 2020).

در واکنش به این چالش‌ها، مفهوم ساختمان سبز شکل گرفت که بر ایجاد تعادل میان رفاه انسانی و الزامات زیست‌محیطی تمرکز دارد (EPA, 2011; UNEP, 2017). نهادهای بین‌المللی تعاریف متفاوتی از آن ارائه داده‌اند، اما همگی بر کاهش اثرات زیست‌محیطی، بهره‌وری منابع و ارتقای کیفیت زندگی تأکید دارند (Prum, 2011; Dresner, 2012; Kumar et al., 2024). شاخص‌های کلیدی آن شامل بهینه‌سازی مصرف انرژی (Zhang et al., 2013; Cao et al., 2016)، بهره‌وری آب، استفاده از مصالح پایدار (Awadh, 2017) و ارتقای کیفیت محیط داخلی از طریق تهویه و مصالح کم‌آلاینده (Liu et al., 2018) است. رویکرد چرخه عمر (LCA) در این میان اهمیت ویژه دارد، زیرا تمامی مراحل از استخراج مواد تا تخریب را دربرمی‌گیرد و امکان شناسایی نقاط پرریسک را فراهم می‌سازد (Awadh, 2017; Doan et al., 2017; Zuo & Zhao, 2014). همچنین فناوری‌هایی مانند BIM و هوش مصنوعی ظرفیت پایش دقیق‌تر عملکرد و مدیریت منابع را ایجاد کرده‌اند (Mersal, 2023). در نتیجه، ساختمان سبز رویکردی چندبعدی است که ابعاد اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و نهادی توسعه پایدار را در سطح معماری و برنامه‌ریزی شهری بازتاب می‌دهد (Dwaikat & Ali, 2018).

در این چارچوب، نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز ابزارهایی کلیدی برای عملیاتی‌سازی اهداف پایداری محسوب می‌شوند. این نظام‌ها با شاخص‌هایی همچون انرژی، آب، مصالح، کیفیت محیط داخلی، مکان‌یابی و مدیریت پسماند، عملکرد ساختمان‌ها را ارزیابی می‌کنند (Doan et al., 2017; Kumar, 2024). نمونه‌های برجسته آن شامل LEED (ایالات متحده)، BREEAM (بریتانیا)، CASBEE (ژاپن) و Green Star (استرالیا) است که هرکدام متناسب با بستر فرهنگی و اقلیمی توسعه یافته‌اند و البته شباهت‌ها و تفاوت‌هایی دارند (شکل ۲). در منطقه خاورمیانه نیز چارچوب‌هایی نظیر LGBC در دبی و SAB در عربستان با هدف بومی‌سازی طراحی شده‌اند (Issaa & Al Abbara,

2015). هرچند، ضعف در تحلیل‌های تطبیقی، ظرفیت نهادی و مشارکت ذی‌نفعان موجب شده است که این تلاش‌ها هنوز کارآمدی کامل نداشته باشند.



شکل ۲- رابطهٔ بین رتبه‌بندی‌های سبز. منبع: (Mao et al, 2009)

مروری بر سیستم‌های شاخص ارزیابی بین‌المللی

LEED، که توسط شورای ساختمان سبز ایالات متحده (USGBC) ایجاد شده، به‌دلیل انعطاف‌پذیری خود، توانسته است در بیش از ۱۶۰ کشور در پروژه‌های مختلف استفاده شود. این سیستم به‌طور خاص بر معیارهایی مانند بهره‌وری انرژی، مصرف آب و کیفیت محیط داخلی تأکید دارد (Doan et al., 2017). با این حال، برخی از پژوهش‌ها به چالش‌های عملکردی این سیستم اشاره کرده‌اند که بیشتر بر معیارهای طراحی تمرکز دارد تا بر نتایج واقعی بهره‌برداری (Turner & Frankel, 2008; Scofield, 2013).

BREEAM، قدیمی‌ترین سیستم ارزیابی در جهان، در بریتانیا توسعه یافته و تأکید بیشتری بر ارزیابی محیط‌زیست پیرامونی، مدیریت پسماند و تأثیرات اجتماعی دارد (Doan et al., 2017). CASBEE ، سیستم ارزیابی ملی ژاپن، از نسبت بین کیفیت عملکردی ساختمان و بار زیست‌محیطی آن استفاده می‌کند. این سیستم همچنین از تحلیل‌های کمّی و نمره‌گذاری ریاضی برای ارزیابی پروژه‌ها بهره می‌برد (Doan et al., 2017). Green Star، که در استرالیا توسعه یافته است، با ساختار ماژولار خود، به ارزیابی پروژه‌های متنوعی مانند ساختمان‌های اداری، تجاری، آموزشی و حتی اجتماعات می‌پردازد. این سیستم، به‌ویژه بر نوآوری و سازگاری با شرایط اقلیمی تأکید دارد و نسخه‌های مختلفی برای انواع پروژه‌ها ارائه داده است (Doan et al., 2017; Xia et al., 2013).

این نظام‌ها با در نظر گرفتن شرایط خاص جغرافیایی، اقلیمی و اجتماعی کشورها، نقش مهمی در ارتقاء پایداری در صنعت ساختمان دارند و از سطح ابزارهای فنی به ابزارهایی مؤثر در سیاست‌گذاری شهری و جذب سرمایه‌گذاری تبدیل شده‌اند (Karamoozian & Hong, 2022) (جدول ۱ و ۲).

جدول ۱- ویژگی‌های اصلی BREEAM، LEED و Green Star NZ. برگرفته از: (Doan et al; 2017).

	Green Star NZ	CASBEE	LEED	BREEAM
کشور	نیوز لند	ژاپن	ایالات متحده	بریتانیا
سازمان	NZGBC	JSBC	USGBC	BRE
قابلیت اجرا	۱ کشور	۱ کشور	۱۶۰ کشور	۷۷ کشور

اولین نسخه	۲۰۰۷	۲۰۰۲	۱۹۹۸	۱۹۹۰
آخرین نسخه	۲۰۱۶	۲۰۱۵	۲۰۱۳	۲۰۱۶
دسته بندی های اصلی	مدیریت کیفیت محیط داخلی انرژی حمل و نقل آب مصالح کاربری زمین و بوم شناسی انتشار نوآوری	محیط داخلی کیفیت خدمات انرژی محیطی در محل منابع و مصالح محیط خارج از سایت	فرآیند یکپارچه محیط داخلی کیفیت انرژی و جو مکان و حمل و نقل کارایی مصرف آب مصالح و منابع محوطه های پایدار اولویت منطقه ای نوآوری	مدیریت سلامت و رفاه انرژی حمل و نقل آب مطالح پسماند کاربری زمین و بوم شناسی آلودگی نوآوری
رویکرد ارزیابی	دسته بندی های از پیش وزن دهی شده (به جز نوآوری)	نمودار رتبه بندی BEE	امتیازات افزوده	دسته بندی های از پیش وزن دهی شده
سطوح رتبه بندی	استاندارد برتر≤۴۵ عالی≤۶۰ رهبری≤۷۵	ضعیف: BEE<۰,۵ نسبتا ضعیف: ۰,۵-BEE=۱ خوب: ۱-۱,۵=BEE خیلی خوب: ۱,۵-BEE=۳ یا BEE ≥۳ و Q<۵۰ عالی: BEE ≥۳ و Q<۵۰	دارای گواهینامه ≤۴۰ نقره ای ≤۵۰ طلایی ≤۶۰ پلاتین ≤۸۰	قبول≤۳۰ خوب≤۴۵ خیلی خوب≤۵۵ عالی≤۷۰ برجسته≤۸۰
تعداد ساختمان های دارای گواهینامه	۱۲۵	۵۴۱	۷۹۱۰۰	۵۶۱۶۰۰

جدول ۲- نقاط قوت و ضعف سیستم‌های رتبه‌بندی. برگرفته از: (Doan et al; 2017).

		Green Star NZ	CASBEE	LEED	BREEAM
تاسیس		فقط توسط نهاد غیرانتفاعی ثالث	نهاد های دولتی، صنعتی و دانشگاهی	فقط توسط نهاد غیرانتفاعی ثالث	فقط توسط نهاد غیرانتفاعی ثالث
نفوذ در بازار		فقط در نیوزلند	فقط در ژاپن (نسخه آزمایشی برای استفاده بین المللی منتشر شده)	استفاده رایج در بازار اروپا	استفاده رایج در بازار اروپا
ارزیابی چرخه عمر ساختمان		طراحی، ساخت و بازسازی	طراحی، ساخت، بهره برداری و بازسازی	طراحی، ساخت، بهره برداری و بازسازی	طراحی، ساخت، بهره برداری و بازسازی
راهنمای پروژه های بزرگ مقیاس		ندارد	راهنمای توسعه شهری و شهر	راهنمای جوامع	راهنمای جوامع
جذابیت		ندارد	محدود	پژوهشگران و سازمان های جهانی	پژوهشگران و سازمان های جهانی
محاسبه نتایج		میانگین گیری	پیچیده	میانگین گیری	میانگین گیری
امتیاز های الزامی		امتیاز های الزامی محدود	فاقد امتیاز های الزامی	دارای امتیازهای الزامی	دارای امتیازهای الزامی
راهنمای ساخت جدید	محیط زیست	ارزیابی کافی	ارزیابی کافی	ارزیابی کافی	ارزیابی کافی
	جامعه	ارزیابی محدود	ارزیابی محدود	ارزیابی محدود	ارزیابی محدود
	اقتصاد	ندارد	ندارد	ارزیابی محدود	ارزیابی محدود
	نهاد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
توسعه شهری/محله/جامعه	محیط زیست	ندارد	ارزیابی کافی	ارزیابی کافی	ارزیابی کافی
	جامعه	ندارد	ارزیابی کافی	ارزیابی کافی	ارزیابی کافی
	اقتصاد	ندارد	ارزیابی کافی	ارزیابی محدود	ارزیابی محدود
	نهاد	ندارد	ندارد	ارزیابی محدود	ارزیابی محدود

هدف پژوهش تحلیل تطبیقی نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در کشورهای منتخب خاورمیانه است تا با سنجش میزان انطباق آن‌ها با شاخص‌های توسعه پایدار و شرایط اقلیمی منطقه، فرصت‌ها و کاستی‌ها شناسایی و درس آموخته‌هایی از آن‌ها ارائه شود.

اهداف فرعی پژوهش در چند محور اصلی دنبال می‌شوند. نخست، شناسایی ساختار و شاخص‌های کلیدی در نظام‌های ارزیابی بین‌المللی ساختمان سبز از جمله LEED، BREEAM، CASBEE و Green Star مورد توجه قرار می‌گیرد. در ادامه، ساختار و عملکرد نظام‌های بومی‌شده در کشورهای خاورمیانه همچون LGBC، SAB و مدل‌های ملی در اردن و لبنان تحلیل می‌شود. سپس، مقایسه‌ای تطبیقی میان نظام‌های بین‌المللی و منطقه‌ای از نظر شباهت‌ها، تفاوت‌ها و میزان انطباق آن‌ها با شرایط اقلیمی، اجتماعی و فرهنگی منطقه انجام خواهد شد. همچنین، شناسایی چالش‌های

اجرایی، نهادی و فنی موجود در مسیر پیاده‌سازی مؤثر این نظام‌ها در کشورهای خاورمیانه بخش دیگری از اهداف را تشکیل می‌دهد. نهایتاً، پژوهش به ارائه راهکارهای پیشنهادی برای ارتقاء، بومی‌سازی یا بازنگری نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در راستای دستیابی به توسعه پایدار منطقه‌ای و ارئه مدل پیشنهادی بومی و منطقه‌ای MENA– GBRS خواهد پرداخت.

اعتبار این پژوهش از طریق انتخاب منابع علمی معتبر، تنوع نمونه‌های منطقه‌ای و ساختار مقایسه‌ای دقیق تقویت شده است. همچنین، رعایت نظام‌مند اصول تحلیل محتوا و استناد به منابع اصلی در مرحله مقایسه، به انسجام و عمق تحلیل افزوده است. هدف نهایی این روش آن است که تصویری چندلایه و قابل اعتماد از وضعیت موجود نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در منطقه ترسیم شود و زمینه‌ای برای ارائه پیشنهادهای اجرایی فراهم آید.

پیشینه و روش پژوهش

سال‌های اخیر، شاهد اختصاص مطالعات بین‌المللی متعددی به بررسی نظام‌های ارزیابی پایداری نظیرLEED ، BREEAM، CASBEEو Green Star است و توجه اصلی این پژوهش‌ها عمدتاً بر تحلیل تطبیقی اثربخشی زیست‌محیطی، اقتصادی و فنی این سیستم‌ها متمرکز است. یکی از موضوعات پرتکرار، شکاف عملکرد انرژی میان طراحی و بهره‌برداری واقعی ساختمان‌های گواهی‌شده بوده؛ مسئله‌ای که بارها مورد تأکید قرار گرفته است (Turner & Frankel, 2008; Newsham et al., 2009; Scofield, 2013).

در سطح منطقه‌ای نیز کشورهای خاورمیانه تلاش‌هایی برای بومی‌سازی این سیستم‌ها داشته‌اند. دبی با تدوین LGBC سعی در انطباق طراحی با اقلیم گرم و مرطوب دارد، عربستان سعودی چارچوب SAB را توسعه داده و لبنان و اردن نیز ابزارهای ارزیابی بومی متناسب با منابع محدود خود را دنبال می‌کنند(Awadh, 2017; Khan et al., 2019).

با این حال، همانطور که اشاره شد، بیشتر پژوهش‌های منطقه‌ای یا به بررسی‌های موردی محدود بوده‌اند یا صرفاً مروری توصیفی بر تجارب کشورها داشته‌اند (Capeluto et al., 2022). جدول ۳ بخشی از مطالعات مورد نظر در ارزیابی‌های جامع این مقاله را معرفی می‌کند.

جدول ۳- بخشی از مقالات مورد استفاده در پژوهش، منبع: نویسندگان

عنوان پژوهش	سال نشر	روش پژوهش	اهداف پژوهش	نتایج کلیدی
Developing a Green Building Rating Tool for Developing Countries: Jordan	2009	تجربی – توسعه ابزار	تدوین ابزار بومی برای اردن	بر نیاز به معیارهای بومی تأکید شد.
Green Star Ratings for Australian Construction Projects	2013	تحلیلی – پایگاه داده	بررسی دسته‌بندی امتیازها در ساختمان‌های ٤ و ٦ ستاره	٦ ستاره در نوآوری و انرژی؛ ٤ ستاره در مصالح برترند.

Toward a National Green Building Rating System for Malaysia	2014	موردی – مصاحبه	مقایسه ابزارهای مختلف در مالزی برای تدوین چارچوب ملی	ترکیب چند چارچوب برای تدوین مدل بومی توصیه شد.
Green Building Research: Current Status and Future Agenda	2014	مروری – تحلیلی	تحلیل وضعیت جهانی پژوهش‌های ساختمان سبز	خلأ در پژوهش‌های کشورهای درحال‌توسعه مشهود است.
Sustainability in the Middle East: Achievements and challenges	2015	تحلیل منطقه‌ای و مطالعات موردی	بررسی دستاوردها و موانع پایداری در خاورمیانه	پیشرفت در سیاست‌گذاری وجود دارد، اما محدودیت منابع و ضعف نهادی مانع اصلی است.
Evaluation of construction-specific provisions of sustainable design codes	2016	تحلیلی-تطبیقی	بررسی کفایت مقررات ساخت‌وساز در چهارچوب های پایدار و سنجش میزان انطباق آن‌ها با الزامات اجرایی	برخی مقررات ساخت‌وساز فاقد کارایی عملی و نیازمند بازنگری
A Critical Comparison of Green Building Rating Systems	2017	تحلیلی – تطبیقی	مقایسهLEED ، BREEAM، Green Star ،CASBEE	LEEDو BREEAM گسترده‌ترند؛ CASBEEمنطقه‌ای؛ شکاف طراحی و اجرا مشهود است.
Evolution to emergence of green buildings: A review	2019	مروری	بررسی روند تکاملی ساختمان سبز از مفاهیم اولیه تا مدل‌های نوین	تحول ساختمان سبز تحت فشارهای زیست‌محیطی و سیاستی؛ چالش‌های نهادی و فرهنگی همچنان مانع هستند.
Three types of architectural educational strategies (AES) in sustainable buildings	2021	تحلیلی-تطبیقی	راهبردهای آموزشی معماری، اکو-دیداکتیسیسم، طراحی پایدار در کانادا	سه راهبرد آموزشی (نظری، عملی، مشارکتی) برای ارتقای آموزش طراحی پایدار شناسایی شد
The impact of certification systems for architectural solutions in green office buildings	2021	تحلیلی و مقایسه ای	رفاه کاربران، سیستم‌های گواهی‌نامه معماری، استاندارد WELL، طراحی انسان‌محور	گواهی‌نامه‌ها می‌توانند رفاه کاربران و کیفیت محیط داخلی را افزایش دهند، اما موفقیت آن‌ها وابسته به تطابق با نیازهای محلی و فرهنگ سازمانی است
Energy Performance Gap in Green Buildings	2022	مرور نظام‌مند + داده‌کاوی	تحلیل شکاف انرژی بین طراحی و عملکرد واقعی	عملکرد واقعی اغلب ضعیف‌تر از پیش‌بینی است.
China’s Two-Phase Green Building Evaluation Model	2022	توصیفی – موردی	معرفی مدل دو مرحله‌ای ارزیابی طراحی/بهره‌برداری	تأکید بر داده‌های عملیاتی؛ الگویی برای کشورهای درحال‌توسعه.
Opportunities for using Analytical Hierarchy Process in green building optimization	2022	تحلیلی	بررسی ظرفیت AHP برای بهینه‌سازی طراحی و عملکرد ساختمان سبز	ابزار مؤثر برای اولویت‌بندی و بهبود تصمیم‌گیری در طراحی پایدار
The future of sustainable green architecture through technology	2023	تحلیلی و مروری	بررسی نقش فناوری‌های نوین در آینده معماری سبز	فناوری‌های نوین دیجیتال و مواد پیشرفته، کلید آینده معماری پایدار، نیازمند هماهنگی سیاستی
Obstacles to green building accreditation during operating phases	2023	مطالعه موردی	چالش‌های اخذ گواهی در فاز بهره‌برداری، توسعه پایدار، مدیریت عملکرد ساختمان	موانع اخذ گواهی سبز در فاز بهره‌برداری شامل استانداردهای ناقص، ظرفیت محدود کارکنان و پیچیدگی فرایندها
Reviewing sustainability measures in the development of green buildings	2024	مروری	شناسایی معیارهای کلیدی پایداری در توسعه ساختمان‌های سبز	تمرکز عمده بر معیارهای زیست‌محیطی، پوشش کم برای ابعاد اجتماعی و اقتصادی

BIM and AI algorithms for optimizing energy performance	2024	مدل سازی	بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها از طریق تلفیق BIM و AI	BIM و AI می‌توانند مصرف انرژی را به‌طور چشمگیری کاهش دهند و دقت شبیه‌سازی‌ها را افزایش دهند.
مفهوم کاربردی ساختمان هوشمند سبز (مطالعه موردی: منطقه یک تهران)	2024	مطالعه موردی	تبیین مفهوم ساختمان هوشمند سبز و کاربرد آن در بستر شهری ایران	ساختمان هوشمند سبز کارایی انرژی را بهبود می‌دهد، اما نیازمند زیرساخت فناورانه و نهادی است.

پژوهش حاضر با رویکرد کیفی ـ تحلیلی و در چارچوب مطالعات مروری–تطبیقی انجام شده است. برای گردآوری ادبیات پژوهشی، پایگاه‌های Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink و همچنین پایگاه‌های داخلی SID و IranDoc جستجو شدند. بازه زمانی ۲۰۰۵–۲۰۲٤ انتخاب شد تا هم تحولات تاریخی و هم نوآوری‌های اخیر در نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز مورد بررسی قرار گیرند. هرچند تمرکز اصلی بر این بازه زمانی بوده است، اما به منظور استحکام مبانی نظری و تاریخی، برخی منابع کلیدی پیش از این دوره مانند(1987) WCED و منابع بنیادین مانند (Kibert, 2004) نیز وارد تحلیل گردیدند. کلیدواژه‌های جستجو شامل ترکیبی از اصطلاحات انگلیسی و فارسی مانند Green Building، Sustainability، Rating System، LEED، BREEAM، Green Star، Middle East و معادل‌های فارسی بود. معیارهای ورود شامل: مقالات پژوهشی اصیل و گزارش‌های رسمی نهادها؛ مقالات کنفرانسی و منابع غیر علمی کنار گذاشته شدند.

همچنین، پژوهش با هدف بررسی و تحلیل نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در منطقه خاورمیانه و مقایسه آن‌ها با نظام‌های جهانی و منطقه‌ای دیگر انجام شده است. از آنجا که نظام‌های ارزیابی بین‌المللی نظیر LEED، BREEAM، Green Star و CASBEE نقش مهمی در شکل‌دهی به الگوهای توسعه پایدار در کشورهای مختلف ایفا می‌کنند، شناسایی نحوه ارتباط و تطبیق این نظام‌ها با شرایط بومی و منطقه‌ای خاورمیانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در گام نخست، یک مرور نظام‌مند و تحلیلی بر ادبیات پژوهشی مرتبط انجام شد تا فراوانی و پراکندگی مقالات موجود بر اساس نواحی جغرافیایی و نوع نظام‌های ارزیابی مورد مطالعه شناسایی شود. این بررسی به‌طور خاص شامل تحلیل مقالاتی است که علاوه بر پرداختن به نظام‌های ارزیابی خاورمیانه، به مقایسه و تطبیق آن‌ها با نظام‌های بین‌المللی و یا تجربیات مناطق دیگر جهان پرداخته‌اند. این مقایسه‌ها نه‌تنها نشان‌دهنده جایگاه خاورمیانه در ادبیات علمی موجود هستند، بلکه ارتباط و تعامل میان نظام‌های بومی و جهانی را نیز آشکار می‌سازند.

پس از استخراج مجموعه اولیه، پروسه غربالگری به‌صورت دو مرحله‌ای انجام شد: (۱) غربالگری عنوان و چکیده برای حذف موارد نامرتبط و تکراری، (۲) خوانش کامل متنِ مقالاتِ واجد شرایط و استخراج داده‌ها. داده‌های استخراج‌شده شامل: سال نشر، کشور/منطقه مورد مطالعه، نوع نظام ارزیابی (بین‌المللی یا بومی)، روش پژوهش،

محورهای مورد توجه (انرژی، آب، مصالح، کیفیت محیط داخلی، نوآوری، عملکرد بهره‌برداری) و نتایج کلیدی بودند. نتایج این تحلیل‌ها به‌صورت جداول فراوانی و درصد ارائه شده‌اند که در ادامه تشریح شده‌اند. این مرحله آماری، بنیان کار تحلیلی و بدنه یافته‌های مقاله را شکل می‌دهد و در واقع به‌عنوان بخش مقدماتی تحلیل‌های عمیق‌تر مورد استفاده قرار گرفته است.

در ادامه، نمونه‌ای از تحلیل (خلاصه توزیع روش‌ها و موضوعات) ارائه شده است. از میان مجموعه مطالعات شاخص که از جدول پیشینه پژوهشی استخراج شده‌اند (۱۸ مطالعه، ۲۰۰۹–۲۰۲٤)، بیشترین سهم مربوط به پژوهش‌های تحلیلی/تطبیقی (٤٤٪) و مرورها (۲۲٪) بوده است (جدول ٤).

جدول ٤- توزیع مقالات بر اساس روش پژوهش

روش پژوهش	تعداد مقالات	درصد
تحلیلی/تطبیقی	۸	٤٤٪
مروری (شامل مرور نظام‌مند)	٤	۲۲٪
مطالعه موردی/توصیفی	۳	۱۷٪
تجربی/توسعه ابزار	۱	٦٪
مدل‌سازی/داده‌کاوی	۱	٦٪
پایگاه‌داده‌ای تحلیلی	۱	٦٪
جمع	۱۸	۱۰۰٪

بیشترین تمرکز مطالعات مرورشده بر حوزه انرژی و شکاف عملکرد انرژی (۳۳٪) بوده است. محور سیاست‌ها و نهادهای اجرایی با ۲۲٪ و فناوری‌های نوین مانند BIM و مدل‌سازی‌های چندمعیاره با ۱۷٪ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در مقابل، موضوعاتی نظیر طراحی ابزارها و معیارهای بومی (۱۱٪)، آموزش و ظرفیت‌سازی (٦٪) و مصالح و نوآوری‌های مادی (٦٪) سهم کمتری را به خود اختصاص داده‌اند. این الگو بیانگر تأکید غالب پژوهش‌های موجود بر ابعاد فنی و سیاستی و توجه محدودتر به جنبه‌های آموزشی و بومی‌سازی است (جدول ۵).

جدول ۵- توزیع مقالات بر اساس موضوعی/محور پژوهش

محور موضوعی	تعداد مقالات	درصد
انرژی / شکاف عملکرد	٦	۳۳٪
سیاست / نهاد / اجرای مقررات	٤	۲۲٪
فناوری (BIM, AI, IoT) و مدل‌سازی	۳	۱۷٪
معیارها / طراحی ابزار بومی	۲	۱۱٪
آموزش و ظرفیت‌سازی	۱	٦٪
مصالح / نوآوری مواد	۱	٦٪

بیشترین تمرکز مطالعات مربوط به سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲ بوده که با رشد توجه به موضوع شکاف عملکرد انرژی و فناوری‌های نوین در ساختمان سبز هم‌زمان می‌باشد (جدول ٦).

جدول ٦- توزیع مقالات بر اساس سال انتشار

بازه انتشار	تعداد مقالات	درصد
۲۰۰۹-۲۰۱۳	۲	٪۱۱
۲۰۱٤-۲۰۱٦	٤	٪۲۲
۲۰۱۷-۲۰۱۹	۲	٪۱۱
۲۰۲۰-۲۰۲۲	٦	٪۳۳
۲۰۲۳-۲۰۲٤	٤	٪۲۲

مطالعات بر مناطق خاورمیانه، چین و مطالعات جهانی متمرکز بوده و تنها یک مطالعه موردی مشخص در ایران (تهران) وجود دارد. این الگو نشان می‌دهد که خاورمیانه در عین اهمیت، هنوز سهم محدودی در بدنه پژوهش‌های بین‌المللی دارد. این جدول نشان می‌دهد که بخشی از مقالات مرورشده به‌طور مستقیم به منطقه خاورمیانه و کشورهای آن پرداخته‌اند، در حالی که بخش دیگری به بررسی نظام‌های ارزیابی در مناطق دیگر جهان یا در سطح بین‌المللی اختصاص دارد. برخی مطالعات نیز به‌طور تطبیقی، نظام‌های ارزیابی منطقه‌ای خاورمیانه را با نظام‌های بین‌المللی مقایسه کرده‌اند. این ترکیب مقالات بومی، بین‌المللی و مقایسه‌ای، امکان تحلیل جامع‌تر جایگاه خاورمیانه در ادبیات علمی حوزه ساختمان سبز را فراهم می‌کند (جدول ۷).

جدول ۷- توزیع مقالات بر اساس کشور / منطقه جغرافیایی مطالعه‌شده

کشور / منطقه	تعداد مقالات	درصد
اردن / خاورمیانه	۳	٪۱۷
مالزی / آسیای جنوب شرقی	۲	٪۱۱
چین	۲	٪۱۱
استرالیا	۱	٪٦
اروپا / مقایسه بین‌المللی	۳	٪۱۷
جهانی (بدون منطقه مشخص)	٤	٪۲۲
ایران (مطالعه موردی تهران)	۱	٪٦
سایر مناطق	۲	٪۱۱

بررسی‌ها نشان می‌دهد که حدود ۲۸ درصد از مطالعات به توسعه یا ارزیابی نظام‌های بومی اختصاص داشته‌اند، در حالی که تنها نظام LEED در ۲۲ درصد از مقالات به‌طور مستقل بررسی شده است. این تفاوت، اهمیت توجه هم‌زمان به استانداردهای بین‌المللی و ضرورت بومی‌سازی آن‌ها را برجسته می‌سازد. جدول ارائه‌شده نیز گویای آن است که تمرکز بسیاری از پژوهش‌ها بر نظام‌هایی مانند LEED و BREEAM بوده، در کنار آنکه نظام‌های بومی و محلی

کشورهای خاورمیانه نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند. بخشی از مقالات نیز به مقایسه تطبیقی میان چند نظام ارزیابی پرداخته‌اند؛ رویکردی که امکان شناسایی نقاط قوت و ضعف هر نظام و بررسی قابلیت‌های بومی‌سازی استانداردهای جهانی در زمینه‌های منطقه‌ای را فراهم می‌کند. این نوع تحلیل‌ها نقش مهمی در درک بهتر تعامل میان معیارهای جهانی و شرایط خاص محلی ایفا می‌نمایند (جدول ۸).

جدول ۸-توزیع مقالات بر اساس نوع نظام ارزیابی ساختمان سبز مورد بررسی

نوع نظام ارزیابی	تعداد مقالات	درصد
LEED(آمریکا)	٤	٪۲۲
BREEAM(بریتانیا/اروپا)	۲	٪۱۱
Green Star(استرالیا)	۱	٪٦
CASBEE(ژاپن/آسیا)	۱	٪٦
نظام‌های بومی/محلی (اردن، مالزی، ایران)	٥	٪۲۸
مقایسه بین چند نظام	٤	٪۲۲

تحلیل‌های اسنادی و داده‌های ثانویه (٪٤٤) بیشترین سهم را داشته‌اند، در حالی که استفاده از مدل‌سازی‌ها و داده‌های میدانی در اقلیت قرار دارد. این امر بر غلبه رویکردهای تحلیلی ـ تطبیقی در حوزه نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز تأکید می‌کند (جدول ۹).

جدول ۹-توزیع مقالات بر اساس نوع داده و ابزار تحلیل

نوع داده / ابزار	تعداد مقالات	درصد
تحلیل اسنادی / داده‌های ثانویه	۸	٪٤٤
مدل‌سازی (BIM, AHP, الگوریتمی)	۲	٪۱۱
پیمایش / مصاحبه	۲	٪۱۱
مطالعات موردی میدانی	۳	٪۱۷
تحلیل آماری پایگاه‌داده‌ای	۲	٪۱۱
ترکیبی(Mixed methods)	۱	٪٦

بر اساس داده‌های موجود، بیشترین حجم پژوهش‌ها به مطالعات تحلیلی/تطبیقی (۳۳ درصد) و توسعه‌ای (۲۲ درصد) اختصاص یافته است؛ این امر نشان می‌دهد که تمرکز اصلی پژوهشگران بر بررسی، ارزیابی و ارتقاء نظام‌های موجود بوده است. در مقابل، سهم مطالعات آموزشی و فناورانه در این حوزه کمتر بوده و توجه کمتری را به خود جلب کرده‌اند (جدول ۱۰).

جدول ۱۰-توزیع مقالات بر اساس جهت‌گیری پژوهش (هدف اصلی)

جهت‌گیری پژوهش	تعداد مقالات	درصد
تحلیلی / مقایسه‌ای	٦	٪۳۳
توسعه‌ای (طراحی یا بهبود نظام ارزیابی)	٤	٪۲۲
سیاستی / راهبردی	۳	٪۱۷
مرور نظام‌مند / توصیفی	۳	٪۱۷
آموزشی / فرهنگی	۱	٪٦
فناورانه(BIM, AI)	۱	٪٦
جمع	۱۸	٪۱۰۰

جداول و بررسی فراوانی و تحلیل توصیفی مقالات (از طریق جداول ٤ تا ۱۰) نقش مقدماتی و بنیادین در ساختار این مقاله دارد. در این بخش، ابتدا وضعیت موجود پژوهش‌ها به لحاظ کمی و توصیفی مشخص می‌شود و سپس بر مبنای همین داده‌ها، در بدنه اصلی مقاله تحلیل‌های عمیق‌تری درباره الگوهای منطقه‌ای، نحوه بومی‌سازی، شکاف‌های پژوهشی و روندهای محتوایی صورت می‌گیرد. به‌عبارت دیگر، این مرحله آماری زمینه‌ساز ورود به دو بخش اصلی مقاله یعنی تحلیل تفصیلی و یافته‌های محوری است که در آن، روابط میان نظام‌های ارزیابی منطقه‌ای و بین‌المللی، چالش‌های بومی‌سازی، و روندهای سیاستی و فناورانه به‌صورت تحلیلی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

نتایج حاصل از تحلیل محتوای مطالعات منتخب (۲۰۰۹–۲۰۲٤) و آمارهای ارائه‌شده در جداول تحلیلی، تصویری جامع از وضعیت پژوهش‌های مرتبط با نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در سطح مورد نظر ارائه می‌دهد. الگوی زمانی انتشار مقالات نشان می‌دهد که بیشترین تمرکز پژوهشی در سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲ شکل گرفته است، هم‌زمان با افزایش توجه جهانی به موضوع عملکرد واقعی ساختمان‌ها و فناوری‌های نوین در حوزه پایداری. از نظر پراکندگی جغرافیایی، مطالعات جهانی و مقایسه‌ای سهم قابل توجهی دارند، اما سهم پژوهش‌های منطقه‌ای و بومی، به‌ویژه در ایران، همچنان محدود است.

تحلیل موضوعی بیانگر آن است که محور انرژی و شکاف عملکرد انرژی جایگاه اصلی را در پژوهش‌ها دارد، در حالی که موضوعات آموزشی، مصالح و بومی‌سازی نظام‌های ارزیابی کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. از منظر روش‌شناسی نیز، غالب مطالعات از نوع تحلیلی و مروری هستند و داده‌های مورد استفاده عمدتاً ثانویه و اسنادی‌اند؛ در مقابل، مطالعات تجربی میدانی و مدل‌سازی‌های پیشرفته سهم اندکی دارند. نوع نظام‌های ارزیابی بررسی‌شده نیز نشان‌دهنده تمرکز بر نظام‌های بین‌المللی مانند LEED و BREEAM در کنار تلاش‌های محدود برای توسعه نظام‌های بومی در کشورهای در حال توسعه است. همچنین، جهت‌گیری کلی پژوهش‌ها بیشتر تحلیلی و توسعه‌ای بوده و مطالعات با رویکرد سیاستی و فناورانه سهم کمتری را به خود اختصاص داده‌اند.

در مجموع، یافته‌های آماری این جداول نشان می‌دهد که ادبیات پژوهشی حوزه ساختمان سبز از نظر محتوایی و روش‌شناختی گرایش غالب به تحلیل تطبیقی، موضوعات انرژی و نظام‌های بین‌المللی دارد، اما در زمینه‌های آموزش، بومی‌سازی، پژوهش‌های میدانی و بهره‌گیری از ابزارهای فناورانه پیشرفته هنوز شکاف‌های قابل‌توجهی وجود دارد. این شکاف‌ها می‌تواند جهت‌گیری پژوهش‌های آینده را مشخص کرده و زمینه توسعه رویکردهای بومی، کاربردی و داده‌محور را در نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز فراهم آورد.

یافته ها

سیستم‌های بومی‌سازی‌شده در خاورمیانه

با افزایش توجه جهانی به پایداری و کاهش آثار منفی ساخت‌وساز بر محیط‌زیست، بسیاری از کشورهای خاورمیانه تلاش کرده‌اند تا سیستم‌های ارزیابی پایداری ساختمان‌ها را توسعه دهند یا مدل‌های بین‌المللی را بومی‌سازی کنند. این تلاش‌ها به‌ویژه در مناطقی با آب‌وهوای گرم و خشک و جمعیت شهری رو به رشد، از جمله امارات، عربستان سعودی، قطر، اردن و لبنان در حال گسترش است (Hamid et al., 2014).

دبی یکی از پیشگامان منطقه در این زمینه است و سیستم LGBC (Dubai Green Building Code) را بر اساس استانداردهای LEED طراحی کرده است که شاخص‌هایی متناسب با شرایط اقلیمی خاص منطقه دارد (Hamid et al., 2014). عربستان سعودی نیز سیستم SAB (Saudi Assessment for Green Buildings) را با تأکید بر مصرف انرژی، منابع آبی، مدیریت پسماند و مصالح بومی در حال توسعه است (Awadh, 2017). در اردن، پژوهش‌هایی برای توسعه چارچوب ارزیابی سبز بومی انجام شده که به تأسیس یک الگوی مناسب برای کشورهای در حال توسعه کمک کرده است (Ali & Nsairat, 2009). در لبنان، علیرغم عدم وجود نظام ملی ارزیابی، تلاش‌هایی در قالب پروژه‌های بین‌المللی و همکاری با سازمان‌های غیردولتی در حال اجرا است (Hamid et al., 2014).

هرچند، بیشتر این نظام‌ها در مراحل ابتدایی خود قرار دارند و با مشکلاتی نظیر ضعف نهادهای نظارتی، محدودیت‌های فنی و مالی، و کمبود داده‌های عملکردی مواجه‌اند. برخی از این نظام‌ها بیشتر به‌طور سطحی از مدل‌های بین‌المللی اقتباس کرده‌اند (Zuo & Zhao, 2014). در نهایت، موفقیت این سیستم‌ها به ایجاد ظرفیت‌های نهادی، سیاست‌گذاری منسجم و مشارکت ذی‌نفعان نیاز دارد تا پاسخگوی نیازهای منطقه‌ای و شرایط متغیر اقلیمی و فناوری باشد.

امارات متحده عربی (LGBC)

امارات متحده عربی، به‌ویژه دبی، از پیشگامان توسعه و اجرای سیاست‌های معماری پایدار در خاورمیانه است. این شهر با چالش‌هایی مانند مصرف بالای انرژی، گرمای شدید، رطوبت بالا و کمبود منابع آبی مواجه است که زمینه‌ساز توسعه نظام ارزیابی ساختمان سبز LGBC (Dubai Green Building Code) شده است (Hamid et al., 2014). این کد ابتدا در سال ۲۰۱۱ به‌صورت داوطلبانه اجرا شد، اما از سال ۲۰۱٤ با اصلاحات جدید، جنبه الزامی به خود گرفت

و هدف آن ارائه الزامات حداقلی برای طراحی، ساخت و بهره‌برداری ساختمان‌ها با مصرف انرژی و منابع کنترل‌شده است (Awadh, 2017).

LGBC بر پنج محور کلیدی تأکید دارد: بهره‌وری انرژی، مدیریت آب، انتخاب مصالح سازگار با محیط‌زیست، بهبود کیفیت محیط داخلی و مدیریت پسماند (Hamid et al., 2014). برخلاف سیستم‌های بین‌المللی مانند LEED که اغلب داوطلبانه هستند، LGBC به‌عنوان یک چارچوب الزامی عمل می‌کند و به‌ویژه بر مصرف آب و خنک‌سازی غیرفعال در اقلیم گرم و مرطوب دبی تمرکز دارد (Awadh, 2017). ساختار LGBC ماژولار است و در آن الزامات به‌صورت طبقه‌بندی‌شده در حوزه‌های مختلف طراحی و اجرا ارائه می‌شود. این سیستم بر الزامات حداقلی تمرکز دارد و برای پروژه‌های جدید شهری الزامی است. این رویکرد باعث شده است که LGBC به سرعت در دبی پذیرفته شود (Hamid et al., 2014). اگرچه LGBC از سیستم LEED تأثیر پذیرفته، اما به جای مدل امتیازدهی داوطلبانه، بر الزامات حداقلی متمرکز است. همچنین، فرآیند ارزیابی در LEED نیاز به گواهی خارجی دارد، در حالی که در LGBC این ارزیابی عمدتاً از طریق پروسه صدور پروانه ساخت و نظارت شهرداری انجام می‌شود (Awadh, 2017).

یکی از نقاط قوت اصلی LGBC، الزام‌آور بودن آن در ساخت‌وسازهای شهری است که باعث شده اصول طراحی پایدار به‌طور گسترده‌تری در پروژه‌های واقعی وارد شوند. همچنین، سادگی ساختار و انطباق با شرایط اقلیمی دبی از دیگر نقاط قوت آن است (Hamid et al., 2014). با این حال، چالش‌هایی نظیر محدودیت در ارزیابی عملکرد واقعی ساختمان‌ها پس از بهره‌برداری و ضعف در نظارت‌های مرحله بهره‌برداری وجود دارد (Awadh, 2017).(جدول ۱۱). برای ارتقاء عملکرد LGBC، نیاز به تقویت نظارت، به‌روزرسانی مستمر و توسعه ظرفیت‌های نهادی است (Hamid et al., 2014).

جدول ۱۱- ویژگی های اصلی، نقاط قوت و ضعف سیستم ارزیابی ساختمان سبز LGBC. منبع: نویسندگان.

ویژگی اصلی	نقاط قوت	نقاط ضعف
الزامی بودن	الزامی بودن این مقررات برای تمامی پروژه‌های ساختمانی در دبی، تأثیر گسترده‌تری در پذیرش پایدار دارد.	ممکن است محدودیت‌های مقررات باعث عدم نوآوری در طراحی‌های سبز شود.
ساختار ساده و قابل فهم	ساختار ساده و قابل فهم که امکان پیاده‌سازی راحت آن توسط مجریان محلی را فراهم می‌آورد.	ممکن است برخی پروژه‌ها به حداقل‌های الزامی اکتفا کنند و به سطح بالاتر نرسند.
انطباق با شرایط اقلیمی	سازگاری بالا با اقلیم گرم و مرطوب دبی، به‌ویژه در مصرف انرژی و منابع آبی.	نیاز به به‌روزرسانی دائم با تغییرات اقلیمی و فناوری‌های جدید دارد.
بهره‌وری انرژی	الزام استفاده از عایق‌بندی حرارتی و سیستم‌های تهویه با راندمان بالا برای کاهش مصرف انرژی.	ضعف در ارزیابی و نظارت بر عملکرد واقعی ساختمان‌ها بعد از بهره‌برداری.
مدیریت منابع آبی	الزامات برای استفاده از سیستم‌های بازیافت آب و آبیاری هوشمند فضای سبز.	محدودیت در استفاده از شاخص‌های خاص برای نظارت و بهبود مصرف آب در فضاهای باز.
انتخاب مصالح پایدار	استفاده از مصالح بازیافتی و دارای گواهی زیست‌محیطی که اثرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد.	کمبود نیروی متخصص در طراحی پایدار و اجرای پروژه‌های سبز، به‌ویژه در پروژه‌های کوچک.

کیفیت محیط داخلی	تأکید بر تهویه طبیعی، نور طبیعی و کاهش آلاینده‌های داخلی، که موجب ارتقاء کیفیت زندگی می‌شود.	مشکلات در پیاده‌سازی کامل شاخص‌های کیفیت محیط داخلی در مقیاس‌های بزرگ پروژه‌ها.
سازگاری با سیستم‌های بین‌المللی	مشابهت با سیستم‌های بین‌المللی مانندLEED ، که هماهنگی در سطح جهانی را تسهیل می‌کند.	عدم استفاده از مدل امتیازدهی و رقابتی که می‌تواند به‌طور بالقوه نوآوری‌ها را محدود کند.

عربستان سعودی (SAB)

عربستان سعودی با اقلیمی گرم و خشک و چالش‌های زیست‌محیطی گسترده‌ای مانند کمبود منابع آبی و وابستگی به انرژی‌های فسیلی، نیاز به طراحی پایدار و بهره‌برداری بهینه از منابع را به یک ضرورت تبدیل کرده است (Awadh, 2017). در پاسخ به این چالش‌ها، چارچوب SAB (Saudi Assessment for Green Buildings) توسعه یافته است. این نظام که با حمایت مرکز ملی ساختمان سبز و وزارت مسکن عربستان طراحی شده، بر اساس مدل‌های بین‌المللی مانند LEED و BREEAM ساخته شده و به‌ویژه بر مسائلی چون بهینه‌سازی مصرف انرژی، مدیریت منابع آبی، استفاده از مصالح بومی و طراحی مطابق با اقلیم تمرکز دارد (Hamid et al., 2014).

SAB در تلاش است تا مؤلفه‌های معماری سنتی عربی، مانند استفاده از بادگیرها و دیوارهای ضخیم را به‌عنوان راهکارهای پایداری در طراحی معاصر وارد کند (Awadh, 2017). این چارچوب بیشتر بر الزامات حداقلی برای پروژه‌های ساختمانی تأکید دارد و در حال حاضر در مرحله گذار از فاز مطالعاتی به فاز اجرایی قرار دارد (Hamid et al., 2014).

چارچوب SAB به‌ویژه در بخش‌های انرژی، آب، مصالح و کیفیت محیط داخلی، شاخص‌هایی ساده و قابل‌اجرا برای پروژه‌های محلی تعریف کرده است. این ساختار بر بومی‌سازی مفاهیم بین‌المللی و انطباق با شرایط اقلیمی عربستان تأکید دارد (Hamid et al., 2014).

SAB مشابه BREEAM و LEED در زمینه‌های انرژی، آب، مصالح و کیفیت محیط داخلی، شاخص‌های مشابه‌ای دارد، اما به‌جای سیستم امتیازدهی داوطلبانه، بر الزامات حداقلی تأکید می‌کند (Awadh, 2017). با این حال، SAB هنوز در مرحله توسعه است و به‌طور کامل نهادهای نظارتی مستقل و فرآیندهای ارزیابی خود را نهادینه نکرده است (Hamid et al., 2014). چالش‌هایی مانند نبود نهاد گواهی‌دهنده مستقل، کمبود نیروی متخصص، عدم مشوق‌های اقتصادی، و ضعف در پیاده‌سازی واقعی مفاهیم پایداری از مشکلات اصلی SAB به شمار می‌آیند. این مشکلات می‌تواند به «ظاهرسازی پایداری» (greenwashing) در پروژه‌ها منجر شود (Hamid et al., 2014). (جدول ۱۲).

در مجموع، SAB نیازمند تقویت نظارت، آموزش گسترده، و گسترش حمایت‌های مالی و مشوق‌های اقتصادی است تا به‌عنوان یک چارچوب کارآمد و پایدار در عربستان و منطقه تثبیت شود (Awadh, 2017).

جدول ۱۲- ویژگی های اصلی، نقاط قوت و ضعف سیستم ارزیابی ساختمان سبز SAB. منبع: نویسندگان.

ویژگی اصلی	نقاط قوت	نقاط ضعف
بومی‌سازی و انطباق با فرهنگ و اقلیم	-توجه به مؤلفه‌های معماری سنتی عربی مانند بادگیرها و حیاط‌های مرکزی به‌عنوان راهکارهای پایدار.	– برخی از شاخص‌ها هنوز اقتباس‌شده از مدل‌های غربی هستند و ارتباط ارگانیکی با زمینه محلی ندارند.
ساختار ماژولار و عملکردی	-طراحی سیستم به‌صورت ماژولار و ساده که برای پروژه‌های محلی قابل‌اجرا است.	– پیچیدگی‌های اجرایی و نیاز به نهادهای مستقل برای ارزیابی و گواهی‌دهی.
بهره‌وری انرژی و منابع	-تأکید بر بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش بار سرمایشی با استفاده از طراحی سایه‌بان و مصالح بومی.	– ضعف در ارزیابی عملکرد واقعی ساختمان‌ها پس از بهره‌برداری.
مدیریت منابع آبی	-طراحی سیستم‌های صرفه‌جویی آب و استفاده از روش‌های بومی در آبیاری و مدیریت منابع آبی.	– نیاز به تقویت مشوق‌های اقتصادی برای توسعه‌دهندگان جهت رعایت الزامات زیست‌محیطی.
انتخاب مصالح بومی	-تأکید بر استفاده از مصالح محلی مقاوم در برابر گرما که مناسب شرایط اقلیمی است.	– کمبود نیروی متخصص در طراحی پایدار و مدیریت پروژه‌های سبز در بسیاری از مناطق عربستان.
کیفیت محیط داخلی	-تمرکز بر کیفیت هوای داخلی و استفاده از تهویه طبیعی و طراحی بازشوهای کنترل‌شده.	– نیاز به توسعه نظارت پس از بهره‌برداری و پایش مستمر برای تحلیل عملکرد واقعی.
آموزش و فرهنگ‌سازی	-توجه به آموزش نیروهای متخصص و ترویج فرهنگ ساخت‌وساز سبز در جامعه.	– نبود نهاد مستقل و گواهی‌دهنده برای تأیید و ارزیابی پروژه‌ها که اعتبار را تحت‌تأثیر می‌گذارد.
سیاست‌های حمایتی و مشوق‌های اقتصادی	-حمایت از توسعه‌دهندگان از طریق مشوق‌های اقتصادی در نظر گرفته‌شده در سیاست‌های بلندمدت.	– عدم وجود مشوق‌های اقتصادی اجرایی برای پروژه‌های خصوصی، که انگیزه رعایت استانداردها را کاهش می‌دهد.

لبنان و اردن

اردن و لبنان، به‌عنوان کشورهای خاورمیانه با محدودیت‌های اقتصادی و نهادی، گام‌هایی در جهت توسعه چارچوب‌های بومی ارزیابی پایداری ساختمان برداشته‌اند. در حالی که این کشورها از پشتیبانی مالی و نهادی محدودی برخوردارند، بیشتر بر ظرفیت‌های دانشگاهی و همکاری‌های بین‌المللی تکیه کرده‌اند. اردن با توسعه چارچوب ارزیابی ساختمان سبز مبتنی بر تحقیق علمی Ali & Nsairat (۲۰۰۹)، تلاش کرده است تا مؤلفه‌های پایداری را متناسب با بافت اقتصادی، فرهنگی و اقلیمی خود بازتعریف کند. این چارچوب شامل بیش از ۵۰ شاخص عملکردی و تأکید ویژه‌ای بر هزینه‌های چرخه عمر و آموزش کاربران دارد (Ali & Nsairat, 2009).لبنان، به‌طور کلی فاقد یک چارچوب رسمی در زمینه ارزیابی ساختمان‌های سبز است، اما پروژه‌هایی با همکاری شرکت‌های بین‌المللی موفق به دریافت گواهی‌نامه‌های LEED شده‌اند. با این حال، بیشتر این پروژه‌ها به‌طور پراکنده و در مقیاس‌های کوچک در شهرهای بزرگ مانند بیروت اجرا شده‌اند و نهادهای دولتی حمایتی لازم را برای گسترش این چارچوب‌ها نداشته‌اند (Hamid et al., 2014).در اردن، چارچوب Ali & Nsairat بیشتر مفهومی و پژوهش‌محور است و به‌دلیل تأکید بر بومی‌سازی و ویژگی‌های اقلیمی اردن، می‌تواند به یک نظام بومی‌شده تبدیل شود. در مقابل، لبنان عمدتاً به مدل‌های بین‌المللی

مانند LEED و HQE متکی است، که مشکلاتی مانند عدم انطباق با اقلیم و هزینه‌های بالا دارند (Hamid et al., 2014).

اردن با اقلیم خشک و نیمه‌خشک مواجه است که موجب تأکید بر مدیریت منابع آبی و طراحی متناسب با این شرایط شده است. در لبنان، شرایط اقلیمی متنوع‌تر است، اما زیرساخت‌های فنی ضعیف‌تر و بحران‌های اقتصادی موجب محدودیت در اجرای مؤثر سیستم‌های سبز می‌شود (Hamid et al., 2014).در هر دو کشور اردن و لبنان، مشکلات نهادی و سیاست‌گذاری یکی از موانع اصلی توسعه سیستم‌های ارزیابی ساختمان سبز است. در اردن، نبود نهاد مرکزی مسئول و پراکندگی مسئولیت‌ها مانع نهادینه‌سازی چارچوب‌ها شده است. در لبنان، بحران‌های سیاسی و اقتصادی و نبود سیاست‌های یکپارچه باعث کندی در روند توسعه نظام‌های سبز شده است (Hamid et al., 2014). در نهایت، برای موفقیت این چارچوب‌ها، وجود ساختارهای حکمرانی مؤثر، سیاست‌های میان‌بخشی و ظرفیت‌سازی فنی ضروری است. (جدول ۱۳).

جدول ۱۳- ویژگی های اصلی، نقاط قوت و ضعف سیستم‌های ارزیابی ساختمان سبز در اردن و لبنان. منبع: نویسندگان.

ویژگی اصلی	نقاط قوت	نقاط ضعف
رویکرد بومی‌سازی در اردن	-طراحی چارچوب بومی با تأکید بر نیازهای اقلیمی و فرهنگی اردن، شامل بیش از ۵۰ شاخص عملکردی.	– هنوز این مدل به سیستم ملی و رسمی تبدیل نشده و فقط در پروژه‌های پژوهشی و دانشگاهی استفاده می‌شود.
استفاده از مدل‌های بین‌المللی در لبنان	-پروژه‌های خاص در بیروت از مدل‌های معتبر مانند LEEDاستفاده کرده‌اند.	– وابستگی به سیستم‌های بین‌المللی و عدم انطباق کامل با شرایط اقلیمی و زیرساخت‌های محلی.
رویکرد مشارکتی در اردن	-فرآیند بومی‌سازی با مشارکت جامعه حرفه‌ای و نظرات متخصصان محلی، پایه‌گذار سیستم‌های سبز.	– کمبود منابع مالی و مشوق‌های اقتصادی برای توسعه‌دهندگان.
آگاهی‌بخشی و پژوهش‌های دانشگاهی	-استفاده از پروژه‌های آزمایشی و تلاش‌های پژوهشی در دانشگاه‌ها برای آشنایی با مفاهیم پایداری.	– نبود برنامه ملی پایداری و پراکندگی مسئولیت‌ها میان نهادهای مختلف.
چالش‌های نهادی در اردن و لبنان	-تلاش‌های غیردولتی و دانشگاه‌ها برای تدوین دستورالعمل‌های داوطلبانه و ترویج فناوری‌های سبز.	– ضعف در سیاست‌گذاری کلان، عدم هماهنگی میان نهادهای ذی‌ربط و نبود رویکرد بین‌بخشی.
شرایط اقلیمی و زیرساخت‌های موجود در اردن	-انطباق طراحی ساختمان‌ها با شرایط اقلیمی خاص اردن (خشک و گرم) و بهره‌گیری از مصالح بومی.	– محدودیت در استفاده از فناوری‌های پیشرفته و سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر در زیرساخت‌های موجود.
پروژه‌های موفق در لبنان با مدل‌های خارجی	-موفقیت در اخذ گواهی‌نامه‌های بین‌المللی در پروژه‌های خاص و آموزشی در بیروت.	– نبود سیستم ارزیابی رسمی و نداشتن مشوق‌های مالی برای بخش خصوصی.
نهادهای غیررسمی و فعال در لبنان	-تلاش‌های نهادهای غیردولتی مانند Lebanon Green Building Councilبرای ارتقاء آگاهی و آموزش.	– فقدان شفافیت نهادی و تضاد منافع میان نهادهای شهری و بخش خصوصی.
چالش‌های اقتصادی و سیاسی در لبنان	-برخی پروژه‌ها با همکاری شرکت‌های بین‌المللی توانسته‌اند گواهی‌های سبز دریافت کنند.	– بحران‌های اقتصادی و بی‌ثباتی سیاسی که مانع از توسعه سیستم‌های ارزیابی سبز شده‌اند.

تحلیل و مقایسه ساختارهای ارزیابی سیستم ها در بستر منطقه‌ای

تحلیل تطبیقی نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در کشورهای خاورمیانه نشان می‌دهد که این کشورها با وجود تفاوت در منابع مالی، ظرفیت نهادی و اولویت‌های توسعه‌ای، همگی با یک مسأله مشترک، نیاز به چارچوب‌های پایداری منطبق با اقلیم و ساختار اجتماعی–اقتصادی منطقه روبه‌رو هستند. (Hamid et al., 2014).

نهادینه‌سازی یکی از مهم‌ترین تمایزهاست. در دبی، کد LGBC به‌طور رسمی وارد فرآیند صدور مجوز ساخت و نظارت شهری شده است، اما در کشورهای مانند اردن و لبنان، چارچوب‌ها عمدتاً در سطح پژوهشی باقی مانده‌اند و فاقد پیوست اجرایی هستند (Awadh, 2017).

انطباق با اقلیم از دیگر عوامل موفقیت است. در LGBC، بسیاری از شاخص‌ها بر پاسخ به اقلیم گرم و مرطوب دبی تمرکز دارند، مانند الزام به عایق‌کاری و استفاده از گیاهان بومی کم‌آب‌بر. در عربستان سعودی، SAB نیز با طراحی سایه‌ساز و مصالح مقاوم در برابر گرما، اقلیم بیابانی را در نظر گرفته است (Hamid et al., 2014). اما مدل‌های اقتباسی مانند LEED در لبنان به‌دلیل عدم انطباق با شرایط محلی، ممکن است باعث افزایش هزینه‌ها و کاهش کارایی شوند (Hamid et al., 2014).

ظرفیت‌سازی و حرفه‌ای‌سازی فرایند ارزیابی یکی دیگر از فاکتورهای مهم است. کشورهای با نهادهای تخصصی مانند شورای ساختمان سبز یا مراکز پژوهشی توانسته‌اند فرآیند اجرای یکنواخت و گسترده‌تری داشته باشند، در حالی که در اردن و لبنان، نبود نهادهای گواهی‌دهنده مستقل و سازوکارهای نظارتی مستمر مشکلاتی ایجاد کرده است (Awadh, 2017).

ساختار شاخص‌ها نیز به سه رویکرد غالب تقسیم می‌شود؛ اولی رویکرد حداقلی مقررات‌محور (مانند LGBC) که بر الزامات پایه‌ای و کنترل اجرایی تأکید دارد. دیگری؛ رویکرد امتیازمحور داوطلبانه (مانند LEED و BREEAM) که بیشتر در پروژه‌های خاص یا تجاری به‌کار می‌رود و رویکرد آخر، رویکردی مفهومی–بومی (مانند مدل پیشنهادی در اردن) که از روش‌های مشارکتی و دانش محلی استفاده می‌کند اما فاقد نهاد پشتیبان اجرایی است (Ali & Nsairat, 2009).

در نهایت، موفقیت سیستم‌های ارزیابی ساختمان سبز در خاورمیانه به ساختار فنی آن‌ها وابسته نیست بلکه به همسویی با بافت نهادی، اقلیمی و اجتماعی کشور بستگی دارد. چارچوب‌هایی که توانسته‌اند بین الزامات فنی، سیاست‌گذاری و فرهنگ حرفه‌ای توازن برقرار کنند، از اثربخشی بیشتری برخوردار بوده‌اند (Hamid et al., 2014).

نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در خاورمیانه تفاوت‌هایی در مدل وزن‌دهی، فرآیند رتبه‌بندی و نحوه پایش عملکرد دارند. در سیستم‌هایی مانند LEED و BREEAM، مدل ارزیابی بر اساس وزن‌دهی امتیازی به حوزه‌های کلیدی مانند بهره‌وری انرژی و مدیریت آب است (Doan et al., 2017). در مقابل، LGBC دبی به‌جای استفاده از وزن‌دهی امتیازی،

بر الزامات حداقلی تمرکز دارد که برای دریافت مجوز ساخت ضروری است SAB .(Hamid et al., 2014) در عربستان سعودی نیز به سیستم امتیازدهی اشاره کرده، ولی به دلیل فقدان نهاد اجرایی، هنوز به‌طور کامل عملیاتی نشده است (Awadh, 2017). همچنین، در بسیاری از کشورهای منطقه مانند اردن و لبنان، سیستم‌های ارزیابی رسمی و نهادینه‌شده وجود ندارد و تنها در پروژه‌های خاص از LEED یا BREEAM استفاده می‌شود.

در LGBC دبی، استفاده از عایق‌های حرارتی، کنترل تابش خورشید و طراحی فضای سبز با گیاهان بومی کم‌آب‌بر، به‌طور مؤثری با اقلیم گرم و مرطوب این منطقه انطباق دارد SAB .(Hamid et al., 2014) در عربستان سعودی نیز با تأکید بر معماری بومی بیابانی و استفاده از مصالح مقاوم به گرما، تلاش کرده است تا معیارها را با اقلیم بیابانی منطبق کند (Awadh, 2017). در اردن و لبنان، انطباق اقلیمی هنوز در مرحله مفهومی است و بسیاری از پروژه‌ها نتوانسته‌اند بهینه‌سازی مناسبی نسبت به شرایط محلی داشته باشند (Hamid et al., 2014).

بیشتر سیستم‌های ارزیابی در منطقه، به‌ویژه LGBC و LEED، بر اهداف زیست‌محیطی توسعه پایدار مانند کاهش مصرف انرژی، مدیریت آب و مقابله با تغییرات اقلیمی تمرکز دارند (Khan et al., 2019). هرچند، توجه به اهداف اجتماعی و نهادی مانند آموزش با کیفیت و نهادهای پاسخ‌گو در این سیستم‌ها ضعیف است .(Hamid et al., 2014) SAB نیز به‌طور محدود به برخی از اهداف فرهنگی و اجتماعی توجه کرده، اما نبود سیاست‌گذاری شفاف و سازوکارهای اجرایی مناسب مانع از تحقق کامل این اهداف شده است (Awadh, 2017).

در نهایت، انطباق با SDGs در سطح زیست‌محیطی در بسیاری از این سیستم‌ها مناسب است، ولی نیاز به تقویت ابعاد انسانی، حکمرانی و مشارکت اجتماعی در این چارچوب‌ها احساس می‌شود. چارچوب‌هایی که از منظر بومی و چندبعدی طراحی شده‌اند، ظرفیت بیشتری برای پوشش اهداف توسعه پایدار دارند، مشروط بر آنکه با سیاست‌گذاری ملی و اراده نهادی همراه شوند (Khan et al., 2019). (جدول۱٤).

جدول ١٤- مقایسه ساختارهای ارزیابی سیستم‌ها در بستر منطقه‌ای. منبع: نویسندگان.

محور مقایسه	امارات متحده عربی و دبی (LGBC)	عربستان سعودی(SAB)	LEED/BREEAM	مدل‌های ملی (اردن و لبنان)
نهادینه‌سازی	وارد فرآیند صدور مجوز ساخت و نظارت شهری شده است.(Hamid et al., 2014)	در حال توسعه و فاقد نهاد اجرایی کامل (Awadh, 2017).	بیشتر در پروژه‌های خاص یا تجاری، بدون جایگاه نهادی رسمی.(Hamid et al., 2014)	در سطح پژوهشی و مفهومی باقی مانده، بدون پیوست اجرایی (Awadh, 2017).
انطباق با اقلیم	تمرکز بر اقلیم گرم و مرطوب: عایق‌کاری، کنترل تابش، گیاهان بومی کم‌آب‌بر (Hamid et al., 2014).	توجه به اقلیم بیابانی: سایه‌سازها و مصالح مقاوم به گرما.(Awadh, 2017)	عدم انطباق کامل با شرایط محلی، افزایش هزینه‌ها و کاهش کارایی.(Hamid et al., 2014)	انطباق اقلیمی در مرحله مفهومی، اجرای محدود و ناکارآمد (Hamid et al., 2014).
ساختار شاخص‌ها	رویکرد مقررات‌محور حداقلی؛ رعایت الزامات پایه برای اخذ مجوز (Hamid et al., 2014).	سیستم امتیازدهی پیشنهاد شده اما هنوز عملیاتی نشده.(Awadh, 2017)	رویکرد امتیازمحور داوطلبانه؛ با وزن‌دهی به حوزه‌های کلیدی (Doan et al., 2017).	رویکرد مفهومی-بومی؛ مشارکتی اما فاقد نهاد پشتیبان (Ali & Nsairat, 2009).

وزن‌دهی و رتبه‌بندی	الزامات پایه‌ای بدون سیستم امتیازدهی (Hamid et al., 2014).	اشاره به امتیازدهی اما ناقص.(Awadh, 2017)	مبتنی بر امتیازدهی و رتبه‌بندی چندسطحی (Doan et al., 2017).	فاقد مدل رسمی وزن‌دهی و رتبه‌بندی.
ظرفیت‌سازی و حرفه‌ای‌سازی	دارای نهادهای تخصصی و فرآیند اجرای یکنواخت (Hamid et al., 2014).	در حال توسعه، اما با ضعف نهادی و اجرایی (Awadh, 2017).	به‌طور محدود وابسته به پروژه‌ها، بدون پشتیبانی نهادی ملی (Hamid et al., 2014).	ضعف جدی در نهادهای گواهی‌دهنده و نظارت (Awadh, مستمر 2017).
تمرکز بر اهداف SDGs	تمرکز قوی بر کاهش مصرف انرژی، مدیریت آب و مقابله با تغییرات اقلیمی؛ ضعف در ابعاد اجتماعی و نهادی (Khan et al., 2019).	توجه محدود به اهداف اجتماعی و فرهنگی؛ ضعف در سیاست‌گذاری شفاف.(Awadh, 2017)	پوشش مناسب اهداف زیست‌محیطی، ضعف در عدالت اجتماعی و حکمرانی (Hamid et al., 2014).	ظرفیت نظری برای پوشش چندبعدی SDGsاما نیازمند اراده نهادی (Khan et al., 2019).
چالش‌ها	تمرکز صرف بر الزامات فنی و اجرایی؛ کم‌توجهی به ابعاد اجتماعی و فرهنگی.	نبود نهاد اجرایی و ضعف حکمرانی.	هزینه‌های بالا و عدم انطباق اقلیمی.	عدم وجود سازوکار اجرایی و ضعف نهادی.
موفقیت و اثربخشی	بالا به‌دلیل همسویی با اقلیم و نهادینه‌سازی قانونی (Hamid et al., 2014).	متوسط، در حال گذار اما وابسته به نهادسازی (Awadh, 2017).	محدود، تنها در پروژه‌های خاص موفق.(Hamid et al., 2014)	پایین، به‌دلیل فقدان نهاد اجرایی و پشتیبانی سیاستی (Ali & Nsairat, 2009).

چالش‌های بومی‌سازی و اجرای عملیاتی

بومی‌سازی نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در خاورمیانه با موانع نهادی، اقلیمی و اقتصادی مواجه است. انتقال مستقیم چارچوب‌هایی چون LEED و BREEAM بدون بازتعریف متناسب با اقلیم خشک و محدودیت‌های منابع، اثربخشی را کاهش و هزینه‌ها را افزایش داده است (Doan et al., 2017; Hamid et al., 2014). ضعف نظارت و زیرساخت‌های اجرایی نیز سبب شده بسیاری از پروژه‌ها در حد طراحی یا صدور گواهی باقی بمانند (Awadh, 2017). علاوه بر این، کمبود متخصصان طراحی پایدار و مدیریت پروژه‌های کوچک‌مقیاس، اجرای مؤثر شاخص‌ها را دشوار می‌سازد (Hamid et al., 2014).

چالش‌های اقتصادی و نبود مشوق‌های مالی همچون تسهیلات بانکی یا معافیت‌های مالیاتی، انگیزه توسعه‌دهندگان را کاهش داده است (Khan et al., 2019). نمونه‌هایی مانند مدل پیشنهادی علی و نصیرات (۲۰۰۹)، در اردن به دلیل فقدان پشتوانه نهادی عملیاتی نشده و اتکای صرف به نظام‌های بین‌المللی در لبنان نیز با هزینه بالا و ناکارآمدی همراه بوده است (Hamid et al., 2014).

شکاف میان طراحی و عملکرد واقعی از دیگر چالش‌هاست. در بسیاری از نظام‌ها، پایش عملکرد بهره‌برداری تضمین نشده و در کشورهای منطقه که فاقد نهادهای پایش رسمی‌اند، این شکاف عمیق‌تر است (DeWilde, 2014; Scofield, 2013; Hamid et al., 2014). در نتیجه، در نبود نهادهای هماهنگ و مشوق‌های هوشمند، این نظام‌ها به ابزار نمادین تقلیل یافته و نقش مؤثری در توسعه پایدار ایفا نمی‌کنند (Khan et al., 2019; Chew et al., 2017).(جدول ۸).

فرصت‌ها و روندهای نوظهور

در کشورهای امارات و عربستان تلاش‌هایی برای بومی‌سازی انجام شده اما ترجمه صرف مفاهیم بین‌المللی بدون انطباق محلی همچنان مشکل‌ساز است (Hamid et al., 2014). ضعف زیرساخت‌های نظارتی، کمبود نیروی متخصص و نبود مشوق‌های مالی همچنان از چالش‌های اصلی به شمار می‌روند (Khan et al., 2019).

شکاف طراحی و عملکرد نیز در این کشورها مشهود است؛ در پروژه‌های دبی و عربستان، پس از دریافت گواهی سبز، پایش مستمر وجود ندارد (DeWilde, 2014; Scofield, 2013; Hamid et al., 2014). با این حال، فناوری‌های نوینی مانند BIM، IoT و هوش مصنوعی می‌توانند پایش زمان واقعی، تحلیل انرژی و بهینه‌سازی عملکرد را فراهم کنند (Kumar et al., 2024; Mehmood et al., 2019).

تجربه‌های موفق در دبی (LGBC) با نظارت شهری و پایش آنلاین، و در ابوظبی (Estidama) با انطباق اقلیمی نشان می‌دهد که ترکیب حمایت دولتی و مشارکت بخش خصوصی می‌تواند الگوهای کارآمدی خلق کند (Hamid et al., 2014). همچنین نهادهای دانشگاهی و محلی در کشورهایی مانند لبنان و اردن توانسته‌اند در تدوین مدل‌های بومی و پروژه‌های آزمایشی مؤثر باشند (Chew et al., 2017). در این میان، نقش دولت به‌عنوان تسهیل‌گر و پشتیبان، شرط اساسی موفقیت است (Khan et al., 2019). (جدول ۱۵).

جدول۱۵- چالش ها و راهکارهای سیستم های ارزیابی منطقه ای. منبع: نویسندگان.

محور اصلی	چالش‌ها / مشکلات	فرصت‌ها / راهکارها	منابع
انطباق اقلیمی و فرهنگی	ترجمه مستقیم LEED و BREEAMبدون توجه به اقلیم خشک	اصلاح شاخص‌ها متناسب با شرایط بیابانی و استفاده از معماری بومی (بادگیر، حیاط مرکزی، گیاهان بومی)	Doan et al., 2017; Hamid et al., 2014; Alyami et al., 2021; Mehraban et al., 2024
نظارت و اجرا	ضعف در پایش عملکرد، باقی ماندن در مرحله طراحی	پایش آنلاین (LGBC) و چارچوب متناسب با اقلیم(Estidama)	Awadh, 2017; Hamid et al., 2014
نیروی انسانی و ظرفیت‌سازی	کمبود متخصص در طراحی پایدار و مدیریت پروژه	آموزش حرفه‌ای (LEED GA, BREEAM Assessor)و پیوند دانشگاه–صنعت	Hamid et al., 2014; Chupin et al., 2021
مشوق‌های اقتصادی	نبود حمایت مالی و بانکی و منجر به انگیزه کم	سیاست‌های تشویقی، حمایت دولتی و مشارکت بخش خصوصی	Khan et al., 2019; Chew et al., 2017
شکاف طراحی و عملکرد واقعی	عدم پایش مصرف انرژی پس از ساخت	استفاده ازBIM ، IoTو AI برای تحلیل زمان واقعی	DeWilde, 2014; Scofield, 2013; Kumar et al., 2024; Mehmood et al., 2019
چارچوب بومی–تطبیقی	مدل‌های بین‌المللی ناکارآمد در بستر محلی	طراحی مدل سه‌سطحی (شاخص‌های پایه، عملکردی و نوآورانه)	Ali & Nsairat, 2009; Doan et al., 2017; Leu & Shi, 2024
سیاست‌گذاری و نهادی‌سازی	ضعف هماهنگی نهادی و نبود برنامه ملی	سیاست‌های ملی، اهداف کمّی، نهادهای مسئول، دستورالعمل‌های اجرایی مرحله‌مند	Khan et al., 2019; Chupin et al., 2021

چارچوب پیشنهادی برای ارتقاء سیستم‌های ارزیابی در خاورمیانه

تحلیل‌ها نشان می‌دهد کشورهای منطقه با چالش‌هایی چون شکاف طراحی و بهره‌برداری، ضعف در نظارت، نبود زیرساخت داده‌برداری و ناهماهنگی نهادی مواجه‌اند (Hamid et al., 2014; Doan et al., 2017; Kumar et al., 2024). با این حال، تجربیات موفق امارات و ظهور فناوری‌های نوین بیانگر امکان طراحی نظام‌های مرحله‌مند، ساده و بومی‌شده است. چارچوب پیشنهادی ارتقاء شامل سه سطح است: اول، اصلاح شاخص‌ها و ساختار ارزیابی متناسب با شرایط اقلیمی و فرهنگی. دوم؛ توسعه نهادهای اجرایی، سیاست‌گذاری هماهنگ و ظرفیت‌سازی حرفه‌ای. و سوم؛ طراحی مدل مفهومی بومی–تطبیقی با قابلیت توسعه‌پذیری و انطباق منطقه‌ای.

این چارچوب ضمن همسویی با استانداردهای جهانی مانند LEED، BREEAM و Green Star، پاسخگوی نیازهای خاص منطقه نیز خواهد بود که در ادامه به آن اشاره شده است.

مدل پیشنهادی MENA–GBRS

روشی پیشنهادی در بین برخی مطالعات مورد تحلیل با ویژگی‌های زیر است؛

۱) ساختار و مکانیسم اجرایی

مدل بومی–تطبیقی MENA–GBRS برای رفع کاستی‌های نظام‌های موجود و شکاف طراحی–عملکرد در خاورمیانه ارائه شده است. این مدل با بهره‌گیری از LEED، BREEAM، CASBEE و Green Star و با انطباق اقلیمی، فرهنگی و منابع منطقه، چارچوبی ساده و کاربردی پیشنهاد می‌کند (Zuo & Zhao, 2014؛ Doan et al., 2017).

۲) ساختار سه‌لایه شاخص‌ها

الف) شاخص‌های پایه بومی‌شده: انرژی (عایق‌کاری، سرمایش غیرفعال، انرژی خورشیدی)، آب (بازیافت و صرفه‌جویی)، مصالح (بومی، کم‌انرژی، قابل بازیافت) و کیفیت محیط داخلی (نور، تهویه، مصالح فاقد VOC) (Mahmoud & Ismaeel, 2019؛ Andric et al., 2020).

ب) شاخص‌های عملکردی: داده‌برداری مداوم، بررسی شکاف عملکرد (Karamoozian & Hong, 2022)، آموزش کاربران و تحلیل هزینه چرخه عمر.

ج) شاخص‌های نوآوری: فناوری‌های نوین مانند BIM، IoT و AI (Azhar et al., 2011؛ Mersal, 2023)، هم‌راستایی با SDGs و ارزیابی اثرات اجتماعی.

۳) سیستم امتیازدهی پنج‌سطحی و وزن‌دهی پویا

امتیازدهی در پنج سطح Basic تا Exemplar مشابه LEED و Green Star انجام می‌شود. سهم پیش‌فرض: ۴۰٪ پایه، ۳۵٪ عملکردی و ۲۵٪ نوآوری؛ وزن‌دهی بر اساس نوع پروژه، اقلیم و مقیاس قابل تنظیم است (Doan et al., 2017؛ Zuo & Zhao, 2014).

۴) فرآیند ارزیابی دو مرحله‌ای

شامل ارزیابی طراحی و ارزیابی بهره‌برداری پس از ۱۲ ماه برای شناسایی و اصلاح شکاف عملکردی است.

۵) سازوکار نهادی و فناوری‌های پشتیبان

سه نهاد کلیدی: شورای مرکزی MENA–GBRS، ارزیابان حرفه‌ای و نهادهای پشتیبان (شهرداری‌ها، دانشگاه‌ها، نظام مهندسی). ابزارهای پشتیبان: BIM، حسگرهای هوشمند، IoT و داشبوردهای مدیریتی.

لزوم به‌کارگیری و مزایا مدل پیشنهادی MENA–GBRS

این مدل با تمرکز بر اقلیم گرم، کم‌آبی و مصالح بومی، کاهش شکاف عملکرد با فناوری‌های نو، ساختار مرحله‌ای و هم‌راستایی با SDGs، چارچوبی بومی‌پذیر برای سیاست‌گذاری، آموزش و مدیریت شهری فراهم می‌کند و پلی میان استانداردهای جهانی و نیازهای منطقه‌ای ایجاد می‌نماید.

پیشنهادات برای بومی‌سازی مؤثر

انطباق شاخص‌ها با اقلیم و فرهنگ محلی ضروری است. چارچوب‌هایی مانند LEED و BREEAM به دلیل بی‌توجهی به شرایط خشک منطقه اثربخشی محدودی داشته‌اند (Hamid et al., 2014; Doan et al., 2017). برای موفقیت، شاخص‌ها باید با الگوهای مصرفی و سبک زندگی هماهنگ شوند (Ali & Nsairat, 2009).

اصلاح ساختار وزن‌دهی و دسته‌بندی معیارها اهمیت دارد. پیشنهاد می‌شود نظام‌های منطقه‌ای دارای سه سطح باشند: (۱) شاخص‌های پایه بومی‌شده، (۲) شاخص‌های عملکردی و داده‌محور، (۳) شاخص‌های نوآورانه مانند هوش مصنوعی و BIM (Leu & Shi, 2024).

تجربه امارات و عربستان نشان داده حمایت سیاسی، نهادهای مستقل گواهی‌دهنده و نظارت فعال اجرای موفق را ممکن می‌سازد (Hamid et al., 2014).

سیاست‌گذاری، آموزش و ظرفیت‌سازی نهادی

فقدان انطباق اقلیمی و فرهنگی در اقتباس مدل‌های بین‌المللی، ناکارآمدی اجرایی را به همراه داشته است (Hamid et al., 2014; Doan et al., 2017). بومی‌سازی مؤثر نیازمند بازطراحی شاخص‌ها متناسب با اقلیم و سبک زندگی محلی است (Ali & Nsairat, 2009; Zuo & Zhao, 2014).

در این راستا، بهره‌گیری از معماری بومی (بادگیرها، حیاط‌های مرکزی، تهویه متقاطع) و عناصر طراحی اقلیمی (تابش، تهویه طبیعی، عایق‌کاری) ضروری است (Doan et al., 2017; Alyami et al., 2021; Mehraban et al., 2024).

تدوین سیاست ملی ساختمان سبز با اهداف کمی، نهادهای مسئول و ابزارهای مشوق مالی از راهکارهای کلیدی است (Khan et al., 2019). آموزش حرفه‌ای (مانند LEED GA و BREEAM Assessor) و پیوند دانشگاه و صنعت نیز به ارتقاء کیفیت ارزیابی کمک می‌کند (Chupin et al., 2021; Khan et al., 2019).

سرانجام، دستورالعمل‌های بومی‌سازی مرحله‌مند و سازگار با ظرفیت‌های محلی، شرط پیشرفت پایدار در نهادینه‌سازی نظام‌های ارزیابی سبز خواهند بود.

نتیجه گیری

این پژوهش به تحلیل تطبیقی و بومی‌سازی نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در کشورهای خاورمیانه پرداخته و به‌ویژه بر شناسایی چالش‌ها و ارائه راهکارهای ارتقاء عملکرد این سیستم‌ها در منطقه تأکید کرده است. بررسی انجام‌شده نشان می‌دهد که با توجه به ویژگی‌های اقلیمی گرم و خشک، محدودیت‌های منابع طبیعی، ساختارهای اقتصادی و تنوع فرهنگی کشورهای خاورمیانه، سیستم‌های بین‌المللی ارزیابی ساختمان سبز مانند LEED و BREEAM بدون انطباق کامل با شرایط محلی، کارایی لازم را ندارند و نمی‌توانند به‌طور کامل پاسخگوی نیازهای منطقه باشند. از این رو، بومی‌سازی این نظام‌ها ضرورتی اجتناب‌ناپذیر به شمار می‌رود و می‌تواند به تحقق بهتر اهداف زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی در صنعت ساختمان منطقه کمک کند. بر اساس داده‌های استخراج‌شده و تحلیل‌های توصیفی ارائه‌شده در جداول (جداول ۲ تا ۸)، نتایج پژوهش از اتکای کافی به شواهد آماری و فراوانی مطالعات برخوردار است که اعتبار یافته‌های مقایسه‌ای را تقویت می‌کند.

یافته‌ها نشان می‌دهد که کشورهای خاورمیانه با مجموعه‌ای از چالش‌های چندبعدی در بومی‌سازی و اجرای مؤثر این نظام‌ها مواجه هستند. این چالش‌ها شامل شکاف عملکردی میان طراحی و بهره‌برداری واقعی ساختمان‌ها، ضعف در پایش و نظارت اجرایی، کمبود داده‌های دقیق عملکردی، و عدم انطباق کافی با شرایط اقلیمی خاص هر کشور است. در کنار این موارد، مشکلات نهادی و ساختاری همچون فقدان نهادهای نظارتی مستقل، نبود مشوق‌های اقتصادی برای توسعه‌دهندگان و ضعف در آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی متخصص، به‌عنوان موانع اصلی در مسیر توسعه پایدار معماری سبز شناخته می‌شوند. علاوه بر این، عدم هماهنگی میان سیاست‌گذاری‌های کلان و اجرای عملی پروژه‌ها، سبب شده است بسیاری از چارچوب‌های ارزیابی تنها در مرحله طراحی باقی بمانند و در مرحله بهره‌برداری به نتایج مطلوب نرسند. تحلیل‌های آماری مکمل پژوهش نیز مؤید آن است که چالش‌های نهادی و اجرایی ـ از جمله کمبود داده‌های عملکردی و نبود نهادهای گواهی‌دهنده مستقل ـ بیشترین تکرار را در میان مطالعات منتخب داشته‌اند؛ امری که ضرورت اصلاح ساختارهای نظارتی را برجسته می‌سازد.

پژوهش حاضر بر این اساس پیشنهاد می‌کند که ارتقاء عملکرد نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در خاورمیانه باید بر چند محور اصلی استوار باشد: نخست، بازنگری و بومی‌سازی معیارها و شاخص‌های ارزیابی متناسب با شرایط اقلیمی، فرهنگی و نهادی هر کشور؛ دوم، تقویت نهادهای نظارتی و اجرایی و ایجاد نهادهای مستقل گواهی‌دهنده برای تضمین کیفیت و پایش مستمر عملکرد ساختمان‌ها؛ سوم، توسعه زیرساخت‌های آموزشی و ارتقاء ظرفیت‌های حرفه‌ای جامعه مهندسی و معماری با هدف گسترش فرهنگ طراحی پایدار؛ و چهارم، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، اینترنت اشیا (IoT)، و هوش مصنوعی (AI) برای کاهش شکاف میان طراحی و بهره‌برداری و بهبود مدیریت انرژی و منابع در زمان واقعی. نتایج حاصل از مقایسه آماری نظام‌های ارزیابی

منتخب در کشورهای خاورمیانه، بیانگر الگوی همگرایی تدریجی شاخص‌ها با رویکردهای بومی است؛ یافته‌ای که از تحلیل فراوانی داده‌ها و ارزیابی کیفی منابع در جداول ۵ تا ۷ حاصل شده است.

در ادامه، پژوهش تأکید می‌کند که چارچوب‌های ارزیابی در خاورمیانه باید فراتر از شاخص‌های صرفاً زیست‌محیطی، ابعاد اجتماعی و اقتصادی را نیز پوشش دهند؛ از جمله ارتقاء کیفیت زندگی، عدالت اجتماعی، کاهش نابرابری‌ها، و بهبود بهره‌وری اقتصادی در چرخه عمر ساختمان. مرور نظام‌مند انجام‌شده در بخش روش پژوهش و تحلیل تطبیقی داده‌های کمی نشان داد که بیشترین تمرکز مطالعات در حوزه انرژی و عملکرد بهره‌برداری بوده و کمترین میزان توجه به محور نوآوری و فناوری‌های نوین اختصاص دارد؛ این توزیع آماری در تبیین اولویت‌های منطقه‌ای نقش مؤثری داشته است. در همین راستا، مدل پیشنهادی MENA که در این پژوهش ارائه شده، به‌عنوان چارچوبی منطقه‌ای مطرح می‌شود که با تمرکز بر سه اصل بنیادین ـ انطباق اقلیمی و فرهنگی، تقویت ظرفیت نهادی و حرفه‌ای و استفاده از فناوری‌های نوین ـ می‌تواند به ایجاد بستری مشترک برای کشورهای خاورمیانه منجر شود. این مدل با ساختاری مرحله‌ای و انعطاف‌پذیر، قابلیت تطبیق با شرایط متفاوت کشورهای منطقه را داشته و امکان همگرایی و همکاری چندجانبه در سطح منطقه‌ای را فراهم می‌آورد.

در مجموع، یافته‌های کمی و کیفی این پژوهش چارچوب پیشنهادی مدل MENA–GBRS را تأیید می‌کنند و نشان می‌دهند که تلفیق نتایج آماری با تحلیل محتوایی می‌تواند پایه‌ای برای طراحی نظام ارزیابی بومی در منطقه باشد.

در نهایت، نتیجه‌گیری اصلی این تحقیق آن است که بومی‌سازی نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در خاورمیانه، با توجه به پیچیدگی‌ها و تفاوت‌های میان کشورها، فرآیندی چندلایه و چندسطحی است که تحقق آن تنها از طریق همکاری و هماهنگی میان دولت‌ها، بخش خصوصی، نهادهای آموزشی، مراکز پژوهشی و جامعه محلی امکان‌پذیر خواهد بود. ایجاد یک چارچوب هماهنگ و یکپارچه همچون مدل MENA می‌تواند به‌طور مؤثر نیازهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی منطقه را در نظر گرفته و مسیر دستیابی به توسعه پایدار، ارتقاء کیفیت محیط زیست شهری و بهبود رفاه عمومی در خاورمیانه را هموار سازد.

منابع

- صادقی, زهرا , سلیمانی شیجانی, صدیقه و شمس دولت آبادی, حسنی السادات . (۱٤۰۳). شناسایی خدمات اکوسیستم در کشاورزی شهری. جغرافیا و روابط انسانی, ۷(۳)
- شاهرخی, فروزان . (۱۳۹۸). رویکردی تحلیلی بر اصول معماری پایدار(سبز) در فضاهای شهری. جغرافیا و روابط انسانی, ۲(۳), ۳۹۱-٤۰۲.
- مقابلی, رویا , محمدی, علیرضا و یزدانی, محمدحسن . (۱٤۰۳). پیامدهای زیست‌محیطی تخلفات ساختمانی و تغییرات کاربری زمین شهری. جغرافیا و روابط انسانی

- Abdelfattah, A. F. (2020). Sustainable development practices and its effect on green buildings. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 410(1), 012065. https://doi.org/10.1088/1755-1315/410/1/012065.
- Ali, H. H., & Nsairat, S. F. (2009). Developing a green building assessment tool for developing countries: Case of Jordan. Building and Environment, 44(5), 1053–1064. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.015.
- Awadh, O. (2017). Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, and Green Star. Procedia Engineering, 180, 85–93.
- Cao, X., Dai, X., & Liu, J. (2016). Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. Energy and Buildings, 128, 198–213. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.089.
- Capeluto, I. G., Nazarian, S., & Becker, R. (2022). The energy performance gap in green buildings: A review of evidence, causes, and potential solutions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 155, 111871. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.111871.
- Capeluto, I. G. (2022). The unsustainable direction of green building codes. Buildings, 12(6), 773. https://doi.org/10.3390/buildings12060773.
- Chew, M. Y. L., Tan, B. H., & Kang, K. H. (2017). Green facilities management. Facilities, 35(3/4), 174–190.
- Chupin, F., Hazbei, M., & Pelchat, J. (2021). Three types of architectural educational strategies (AES) in sustainable buildings. MDPI AG. https://doi.org/10.3390/su13158166
- Chupin, J. P., Hazbei, M., & Pelchat, K. A. (2021). Three Types of Architectural Educational Strategies (AES) in Sustainable Buildings for

Learning Environments in Canada. Sustainability, 13(15), 8166. https://doi.org/10.3390/su13158166

- Cucuzzella, C.; Chupin, J.‗ P.; Hammond, C. Eco‗ didacticism in art and architecture: Design as means for raising awareness. Cities 2020, 102, 102728.
- DeWilde, P. (2014). The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation. Automation in Construction, 41, 40–49.
- Doan, D. T., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Zhang, T., Ghaffarianhoseini, A., & Tookey, J. (2017). A critical comparison of green building rating systems. Building and Environment, 123, 243–260. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.007.
- Dresner, S. (2012). The principles of sustainability (2nd ed.). Routledge.
- Dwaikat, L. N., & Ali, K. N. (2018). Green buildings cost premium: A review of empirical evidence. Energy and Buildings, 181, 333–343.
- Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 39, 748–764. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113.
- Elshafei, G., Katunský, D., Zeleňáková, M., & Negm, A. (2022). Opportunities for using Analytical Hierarchy Process in green building optimization. Energies, 15(12), 4490. https://doi.org/10.3390/en15124490.
- Grafakos, Stelios, Alberto Gianoli, and Alexandra Tsatsou. 2016. Towards the Development of an Integrated Sustainability and Resilience Benefits Assessment Framework of Urban Green Growth Interventions. Sustainability 8: 461.
- Grzegorzewska, A., & Kirschke, J. (2021). The impact of certification systems for architectural solutions in green office buildings. MDPI. https://doi.org/10.3390/buildings11120659.
- Hamid, Z. A., et al. (2014). Towards a national green building rating system for Malaysia. Construction Research Institute of Malaysia (CREAM), Kuala Lumpur.
- Hu, H., Ge, J., & Lian, Z. (2014). The cost–benefit analysis of green buildings: A case study in China. Energy and Buildings, 81, 356–362.

- Issa, N., & Al Abbar, S. (2015). Sustainability in the Middle East: Achievements and challenges. Sustainable Building Tech & Urban Dev., 6(1), 34–38. https://doi.org/10.1080/2093761X.2015.1006709.
- Karamoozian, M., & Zhang, H. (2023). Obstacles to green building accreditation during operating phases: identifying Challenges and solutions for sustainable development. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 1–17. https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2280697.
- Karamoozian, M., and Z. Hong. (2022).Using a Decision‐ Making Tool to Select the Optimal Industrial Housing Construction System in Tehran. Journal of Asian Architecture & Building Engineering 22 (4): 1–20. https://doi.org/10.1080/13467581.2022.2145205.
- Karamoozian, A., & Zhang, X. (2023). Obstacles to green building accreditation during operating phases. Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2280697.
- Khaledi, Sh., Habib, F., & Majedi, H. (2024). مفهوم کاربردی ساختمان هوشمند سبز (مطالعه موردی: منطقه یک تهران). Sustainable Development of Geographical Environment, 5(9), 38–53. https://doi.org/10.48308/SDGE.2023.230000.1103.
- Khan, S. A. R., Yu, Z., & Zhang, Y. (2019). Green building development in Malaysia and its relation to the global green economy. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 105, 296–309.
- Khan, J. S., et al. (2019). Evolution to emergence of green buildings: A review. Administrative Sciences, 9(1), 6. https://doi.org/10.3390/admsci9010006.
- Kibert, C. J. (2004). Green buildings: An overview of progress. Journal of Land Use & Environmental Law, 19(2), 491–502.
- Kumar, V., Shukla, S., & Jain, M. (2024). Smart green buildings: Role of BIM and AI in sustainable design. Journal of Cleaner Production, 427, 139654.
- Kumar, M., Supehia, V., Dubey, S., & Divyashree. (2024). Reviewing sustainability measures in the development of green buildings. Proc. of the 11th Int. Conf. on Cutting-Edge Dev. in Eng. Tech. and Sci., 1320–1324. https://doi.org/10.62919/ihie9783.

- Leu, S.S; Shi, J.Y, (2024), Effective green building design assessment support using sequential multidisciplinary design optimization, Journal of Building Engineering, Volume 96, ISSN 23527102, https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110543.
- Liu, Y., Hong, T., & Jin, X. (2018). Quantitative assessment of user satisfaction in green buildings. Energy and Buildings, 174, 143–157.
- Mehraban, M. H., Alnaser, A. A., & Sepasgozar, S. M. E. (2024). BIM and AI algorithms for optimizing energy performance. Buildings, 14(9), 2748. https://doi.org/10.3390/buildings14092748.
- Mersal, A. (2023). The future of sustainable green architecture through technology. HBRC Journal, 19(1), 33–62. https://doi.org/10.1080/16874048.2021.1948160
- Newsham, G. R., Mancini, S., & Birt, B. J. (2009). Do LEED-certified buildings save energy? Yes, but…. Energy and Buildings, 41(8), 897–905.
- Prum, D. (2011). Green Building Fundamentals. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC.
- Scofield, J. H. (2013). Do LEED-certified buildings save energy—Not really…. Energy and Buildings, 41(12), 1386–1390.
- Small, E. P., & Al Mazrooei, M. (2016). Evaluation of construction-specific provisions of sustainable design codes. Procedia Engineering, 145, 1021–1028. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.132.
- Turner, C., & Frankel, M. (2008). Energy performance of LEED for new construction buildings. New Buildings Institute.
- Zhang, Y., Wang, J., & Hu, Y. (2013). Renewable energy technologies and their applications in green buildings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, 324–335.
- Zuo, J., & Zhao, Z. Y. (2014). Green building research–current status and future agenda: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 30, 271–281.
- Agency USEP Indoor Air Quality https://www.epa.gov/indoor_ air_ quality_ iaq.
- Xia, Bo, Jian Zuo, Martin Skitmore, Stephen Pullen, and Qing Chen. 2013. Green Star Points Obtained by Australian Building Projects. Journal of Architectural Engineering 19: 302–8.

- WCED. 1987. Report of theWorld Commission on Environment and Development: Our Common Future (The Brundtland Report). vol. 4. Available online: http://mom.gov.af/Content/files/Bruntland_Report.pdf (accessed on 13 September 2017).
- X. Mao, H. Lu, Q. Li, A Comparison Study of Mainstream Sustainable/green Building Rating Tools in the World. Management and Service Science (MASS'09), IEEE, 2009, pp. 1e5.