

زیرآسمان جهان

تحول صنعت ساختمان در عصر پایداری:

بررسی نظام‌های رتبه‌بندی

ساختمان سبز و زیرساخت پایدار

میلاد قنبری
دانشیار، گروه مهندسی عمران، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Milad.ghanbari@iau.ac.ir





مفهوم «پایداری» در صنعت ساختمان تنها به کاهش مصرف انرژی محدود نمی‌شود بلکه موضوعاتی همچون سلامت کاربران، کیفیت محیط داخلی، مدیریت آب، انتخاب مصالح، تاب‌آوری زیرساخت‌ها و اثرات اجتماعی پروژه‌ها را نیز شامل می‌گردد.

نمی‌شود بلکه موضوعاتی همچون سلامت کاربران، کیفیت محیط داخلی، مدیریت آب، انتخاب مصالح، تاب‌آوری زیرساخت‌ها و اثرات اجتماعی پروژه‌ها را نیز شامل می‌گردد. به همین دلیل در کشورهای مختلف نظام‌های ارزیابی و رتبه‌بندی متعددی برای سنجش میزان پایداری ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها توسعه یافته‌اند.

این مقاله با هدف معرفی مفاهیم پایه پایداری، بررسی مهم‌ترین نظام‌های رتبه‌بندی ساختمان سبز و زیرساخت پایدار و تحلیل جایگاه ایران در این حوزه تدوین شده است.

۲- مفهوم پایداری در صنعت ساختمان

۱-۲- تعریف توسعه پایدار

مفهوم توسعه پایدار نخستین بار به صورت رسمی در گزارش کمیسیون برانتلند (Brundtland Commission) در سال ۱۹۸۷ مطرح شد [۶]. در این گزارش توسعه پایدار چنین تعریف شده است: «توسعه‌ای که نیازهای نسل حاضر را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای تأمین نیازهای خود برآورده سازد». توسعه پایدار بر سه رکن اصلی استوار است: ۱. پایداری زیست‌محیطی ۲. پایداری اقتصادی ۳. پایداری اجتماعی. در صنعت ساختمان تحقق توسعه پایدار به معنای طراحی، ساخت و بهره‌برداری از پروژه‌هایی است که ضمن کاهش آسیب به محیط زیست از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و کیفیت زندگی کاربران را نیز ارتقا دهند.

۲-۲- مفهوم ساختمان سبز

ساختمان سبز به ساختمانی گفته می‌شود که در تمام مراحل چرخه عمر خود، از طراحی تا بهره‌برداری، اثرات منفی کمتری بر محیط زیست داشته باشد [۷ و ۸]. مهم‌ترین اهداف ساختمان سبز عبارتند از: کاهش مصرف انرژی، مدیریت مصرف آب، استفاده از مصالح پایدار، کاهش تولید پسماند، بهبود کیفیت هوای داخلی، افزایش سلامت و آسایش کاربران.

در سال‌های اخیر مفهوم ساختمان سبز از یک رویکرد اختیاری به یک ضرورت مهندسی و اقتصادی تبدیل شده است. بسیاری از کشورها امروزه الزامات مربوط به بهره‌وری انرژی و پایداری را در آئین‌نامه‌های ساختمانی خود وارد کرده‌اند. علاوه بر مزایای زیست‌محیطی، ساختمان‌های سبز از منظر اقتصادی

۱- چکیده

در دهه‌های اخیر افزایش مصرف انرژی، رشد جمعیت شهری، تغییرات اقلیمی و محدودیت منابع طبیعی مفهومی پایداری را به یکی از مهم‌ترین موضوعات صنعت ساختمان و زیرساخت‌های عمرانی تبدیل کرده است. امروزه ساختمان‌ها سهم قابل توجهی در مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف آب دارند و همین موضوع موجب توسعه نظام‌های ارزیابی و رتبه‌بندی پایداری در کشورهای مختلف شده است. سیستم‌هایی نظیر LEED، BREEAM، WELL و Envision تلاش می‌کنند با تعریف شاخص‌ها و معیارهای مشخص عملکرد پروژه‌ها را از منظر محیط‌زیست، اقتصاد، سلامت انسان و تاب‌آوری ارزیابی نمایند. در این مطلب ضمن معرفی مفاهیم توسعه پایدار و ساختمان سبز، مهم‌ترین نظام‌های ارزیابی ساختمان و زیرساخت در جهان بررسی شده و تفاوت‌های میان ساختمان سبز و زیرساخت پایدار تشریح گردیده است. همچنین مسیر حرفه‌ای متخصصان حوزه پایداری، گواهینامه‌های تخصصی مرتبط و جایگاه ایران در این حوزه مورد تحلیل قرار گرفته است. هدف ارائه تصویری جامع و کاربردی از روند جهانی پایداری در صنعت ساختمان و زیرساخت برای مهندسان، مدیران پروژه و فعالان صنعت ساخت و ساز است.

۲- مقدمه

صنعت ساختمان و زیرساخت‌های عمرانی یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان منابع طبیعی در جهان محسوب می‌شود. بر اساس گزارش‌های بین‌المللی ساختمان‌ها حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد انرژی جهان را مصرف می‌کنند و سهم قابل توجهی در تولید گازهای گلخانه‌ای و انتشار کربن دارند [۱-۳]. علاوه بر این، مصرف گسترده آب، تولید پسماند ساختمانی و تخریب محیط زیست ناشی از توسعه شهری چالش‌های جدی برای آینده جوامع انسانی ایجاد کرده است. در سال‌های اخیر تغییرات اقلیمی، افزایش دمای زمین، بحران انرژی و کمبود منابع آبی توجه دولت‌ها و سازمان‌های مهندسی را به سمت توسعه پایدار معطوف کرده است [۴ و ۵]. در این میان صنعت ساختمان نقش کلیدی در کاهش اثرات زیست‌محیطی و بهینه‌سازی مصرف منابع ایفا می‌کند. مفهوم «پایداری» در صنعت ساختمان تنها به کاهش مصرف انرژی محدود



امروزه سیستم LEED در بیش از ۱۸۰ کشور جهان مورد استفاده قرار گرفته و میلیون‌ها مترمربع فضای ساختمانی تحت این نظام ارزیابی گواهینامه دریافت کرده‌اند. کشورهای ایالات متحده، چین، هند، کانادا و امارات متحده عربی از جمله فعال‌ترین کشورها در توسعه پروژه‌های دارای گواهینامه LEED محسوب می‌شوند.

این سیستم پروژه‌ها را بر اساس امتیازدهی در حوزه‌های مختلف ارزیابی می‌کند. بخش‌های اصلی ارزیابی در LEED عبارتند از: ۱. سایت و محیط پروژه (Sustainable Sites)، ۲. مدیریت مصرف آب (Water Efficiency)، ۳. انرژی و کربن (Energy & Atmosphere)، ۴. مصالح و منابع (Materials & Resources)، ۵. کیفیت محیط داخلی (Indoor Environmental Quality)، ۶. نوآوری (Innovation) و ۷. اولویت منطقه‌ای (Regional Priority).

گواهینامه LEED دارای چهار سطح است که بسته به امتیاز کسب شده ساختمان تخصیص می‌یابد و عبارتند از: ۱. Certified از ۴۰-۴۹ امتیاز، ۲. Silver از ۵۰-۵۹ امتیاز، ۳. Gold از ۶۰-۷۹ امتیاز و ۴. Platinum از ۸۰ امتیاز به بالا.

امروزه سیستم LEED در بیش از ۱۸۰ کشور جهان مورد استفاده قرار گرفته و میلیون‌ها مترمربع فضای ساختمانی تحت این نظام ارزیابی گواهینامه دریافت کرده‌اند. کشورهای ایالات متحده، چین، هند، کانادا و امارات متحده عربی از جمله فعال‌ترین کشورها در توسعه پروژه‌های دارای گواهینامه LEED محسوب می‌شوند. در منطقه خاورمیانه نیز امارات، به ویژه شهرداری، یکی از پیشگامان توسعه ساختمان‌های سبز و پروژه‌های دارای گواهینامه LEED به شمار می‌رود.

۲-۳- سیستم BREEAM

سیستم BREEAM توسط مؤسسه Building Research Establishment در انگلستان توسعه یافته و قدیمی‌ترین نظام ارزیابی ساختمان سبز جهان محسوب می‌شود [۱۶]. این سیستم در سال ۱۹۹۰ معرفی شد و امروزه در بسیاری از کشورهای اروپایی کاربرد گسترده دارد. سیستم BREEAM موضوعاتی نظیر انرژی، حمل‌ونقل، مصالح، سلامت، مدیریت پسماند و اکولوژی را ارزیابی می‌کند و به دلیل انعطاف‌پذیری بالا در پروژه‌های متنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۳- سیستم WELL

سیستم WELL توسط International WELL Building Institute توسعه یافته و برخلاف بسیاری از سیستم‌های دیگر تمرکز اصلی آن بر سلامت و رفاه انسان است [۱۷]. این سیستم معیارهایی مانند کیفیت هوا، نور، آب، آسایش

نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند. کاهش هزینه‌های بهره‌برداری، کاهش مصرف انرژی و آب، افزایش ارزش ملک، بهبود کیفیت محیط داخلی و افزایش رضایت کاربران از جمله مهم‌ترین مزایای اقتصادی و عملکردی این ساختمان‌ها محسوب می‌شوند [۹-۱۱]. به همین دلیل بسیاری از سرمایه‌گذاران و توسعه‌دهندگان ساختمانی در سال‌های اخیر به سمت اجرای پروژه‌های پایدار و دریافت گواهینامه‌های ساختمان سبز حرکت کرده‌اند.

۲-۳- تفاوت ساختمان سبز و زیرساخت پایدار

اگرچه ساختمان سبز و زیرساخت پایدار هر دو در حوزه توسعه پایدار تعریف می‌شوند اما تفاوت‌های مهمی میان آن‌ها وجود دارد. ساختمان سبز عمدتاً برویژگی‌های عملکردی یک بنا متمرکز است (از جمله: مصرف انرژی ساختمان، آسایش کاربران، ارزیابی معماری و تأسیسات ساختمان). اما زیرساخت پایدار در مقیاس کلان‌تری مانند شبکه حمل‌ونقل، سیستم آب، پل‌ها، راه‌ها و زیرساخت‌های شهری تعریف می‌شود و تمرکز آن بر ویژگی‌های مقیاس شبکه و منطقه معطوف است (از جمله: تاب‌آوری و عملکرد منطقه‌ای، اثرات اجتماعی و اقتصادی گسترده و محیط طبیعی) [۱۲].

۳- نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در جهان

با گسترش مفهوم پایداری کشورهای مختلف اقدام به توسعه نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز نمودند. این سیستم‌ها با تعریف شاخص‌های مشخص، میزان پایداری پروژه‌ها را ارزیابی و رتبه‌بندی می‌کنند.

۳-۱- سیستم LEED

سیستم LEED مخفف Leadership in Energy and Environmental Design بوده و توسط شورای ساختمان سبز آمریکا (US Green Building Council) توسعه یافته است. این سیستم یکی از شناخته‌شده‌ترین و پرکاربردترین نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز در جهان محسوب می‌شود [۱۳ و ۱۴]. سیستم LEED نخستین بار در سال ۱۹۹۸ معرفی شد و تاکنون چندین نسخه از آن ارائه شده است. نسخه رایج فعلی این سیستم LEED v۴.۱ بوده و در سال‌های اخیر توسعه نسخه ۷۵ LEED نیز با تمرکز بیشتر بر کربن، تاب‌آوری اقلیمی و عدالت اجتماعی در دستور کار قرار گرفته است [۱۵].



با افزایش توجه جهانی به سلامت کاربران ساختمان WELL به ویژه در ساختمان‌های اداری، درمانی و آموزشی محبوبیت زیادی پیدا کرده است.

جدول ۱- مقایسه مهم‌ترین سیستم‌های ساختمان سبز جهان.

سیستم	کشور	سال آغاز	حوزه تمرکز	گستره جهانی
LEED	آمریکا	۱۹۹۸	بهره‌وری انرژی و پایداری جامع	بسیار گسترده
BREEAM	انگلستان	۱۹۹۰	عملکرد محیطی ساختمان	اروپا و بین‌المللی
WELL	آمریکا	۲۰۱۴	سلامت و رفاه انسان	در حال رشد جهانی
Green Star	استرالیا	۲۰۰۳	پایداری منطقه‌ای و عملکرد محیطی	استرالیا و اقیانوسیه
CASBEE	ژاپن	۲۰۰۱	کیفیت محیط داخلی و بهره‌وری	آسیا
DGNB	آلمان	۲۰۰۷	تحلیل چرخه عمر و پایداری جامع	اروپا و بین‌المللی
HQE	فرانسه	۱۹۹۴	مدیریت انرژی، آسایش و محیز زیست	فرانسه و اروپا

توسعه یافته‌ویکی از مهم‌ترین چهارچوب‌های ارزیابی زیرساخت پایدار در جهان محسوب می‌شود [۲۳]. سیستم Envision پروژه‌های عمرانی را در پنج حوزه اصلی ارزیابی می‌کند که عبارتند از: کیفیت زندگی (Quality of Life)، رهبری و مدیریت (Leadership)، مدیریت منابع (Resource Allocation)، محیط طبیعی (Natural World) و اقلیم و تاب‌آوری (Climate & Resilience). گواهینامه حرفه‌ای این سیستم با عنوان ENV SP شناخته می‌شود و ویژه متخصصان حوزه زیرساخت پایدار است.

۶- جایگاه ایران در حوزه پایداری

در سال‌های اخیر موضوع بهینه‌سازی انرژی در ایران بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان یکی از مهم‌ترین اسناد مرتبط با مدیریت مصرف انرژی در کشور محسوب می‌شود. در سال‌های اخیر تلاش‌هایی نیز برای تدوین نظام ارزیابی بومی ساختمان سبز در ایران انجام شده است.

حرارتی، سلامت روان، فعالیت بدنی را ارزیابی می‌کند. با افزایش توجه جهانی به سلامت کاربران ساختمان WELL به ویژه در ساختمان‌های اداری، درمانی و آموزشی محبوبیت زیادی پیدا کرده است.

۴- مقایسه نظام‌های رتبه‌بندی ساختمان سبز

علاوه بر LEED و BREEAM کشورهای مختلف سیستم‌های بومی خود را توسعه داده‌اند. هر یک از نظام‌های ارزیابی ساختمان سبز متناسب با شرایط اقلیمی ساختارهای اجرایی و سیاست‌های توسعه‌ای کشورهای مختلف شکل گرفته‌اند. برخی از این سیستم‌ها تمرکز بیشتری بر بهره‌وری انرژی دارند در حالی که برخی دیگر موضوعاتی مانند سلامت کاربران، تحلیل چرخه عمر یا اثرات زیست محیطی را در اولویت قرار می‌دهند [۱۸ و ۱۹]. با وجود تفاوت‌ها، هدف مشترک تمامی این نظام‌ها کاهش اثرات منفی صنعت ساختمان بر محیط‌زیست و ارتقای کیفیت زندگی انسان است.

در سال‌های اخیر برخی کشورهای خاورمیانه نیز اقدام به توسعه نظام‌های بومی ساختمان سبز نموده‌اند. یکی از شناخته‌شده‌ترین نمونه‌ها سیستم «Estidama Pearl» در امارات متحده عربی است که در سال ۲۰۱۰ با تمرکز بر مدیریت مصرف آب، انرژی و شرایط اقلیمی مناطق گرم و خشک توسعه یافته است [۲۰]. با این حال در بسیاری از پروژه‌های بین‌المللی منطقه همچنان سیستم LEED به عنوان رایج‌ترین چهارچوب ارزیابی ساختمان سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقایسه مهم‌ترین سیستم‌های ساختمان سبز جهان در جدول ۱ خلاصه شده است.

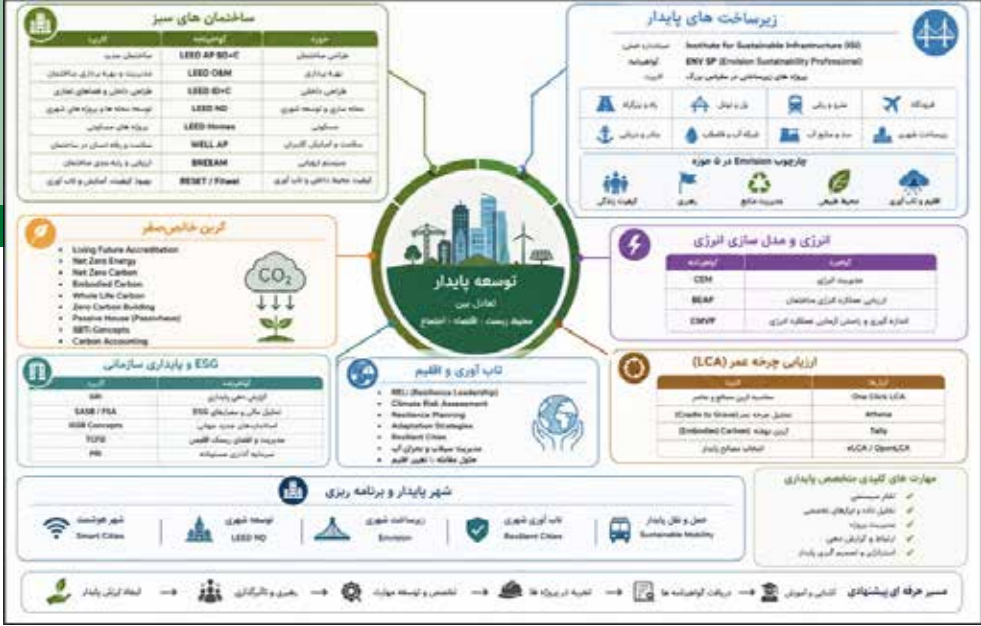
۵- پایداری در زیرساخت‌های عمرانی

۵-۱- ضرورت پایداری در زیرساخت

زیرساخت‌های عمرانی شامل راه‌ها، پل‌ها، فرودگاه‌ها، سدها، سیستم‌های آب و حمل‌ونقل شهری نقش اساسی در توسعه کشورها دارند. با این حال این پروژه‌ها می‌توانند اثرات زیست محیطی و اجتماعی گسترده‌ای ایجاد کنند. امروزه مفاهیمی نظیر تاب‌آوری اقلیمی، کاهش انتشار کربن، مدیریت منابع، حفاظت اکوسیستم‌ها و مدیریت چرخه عمر به بخش جدایی‌ناپذیر طراحی زیرساخت‌ها تبدیل شده‌اند [۲۱ و ۲۲].

۵-۲- سیستم Envision

سیستم Envision توسط Institute for Sustainable Infrastructure



شکل ۱- مسیر ارتقای تخصصی مهندسان صنعت ساختمان در زمینه پایداری

مدیریت پروژه، انرژی، زیرساخت، مشاوره و سرمایه‌گذاری فعالیت می‌کنند. گواهینامه‌های تخصصی حوزه پایداری در صنعت ساختمان و زیرساخت‌های عمرانی در جدول ۲ لیست شده است. در شکل ۱، مسیر ارتقای تخصصی مهندسان صنعت ساختمان در زمینه پایداری به تصویر کشیده شده است. جدول ۲- گواهینامه‌های تخصصی حوزه پایداری در صنعت ساختمان و زیرساخت‌های عمرانی.

حوزه مهارتی	گواهینامه	
مدیریت پروژه پایدار	Green Project Management	۱
مبانی ساختمان سبز	LEED Green Associate	۲
طراحی و اجرای پروژه‌های LEED	LEED AP	۳
سلامت و رفاه کاربران	WELL AP	۴
ارزیابی چرخه عمر	OneClick LCA	۵
مدیریت انرژی	CEM	۶
کربن خالص صفر	Net Zero Carbon	۷
زیرساخت پایدار	ENV SP	۸
تاب‌آوری و اقلیم	RELi	۹
شهر پایدار و برنامه‌ریزی	LEED ND & Smart Cities	۱۰
پایداری سازمانی و مالی	ESG	۱۱

یکی از مهم‌ترین این اقدامات تدوین سیستم ارزیابی (اسرو سبز) در سال ۱۴۰۱ می‌باشد. این چهارچوب با هدف انطباق معیارهای پایداری با شرایط اقلیمی، فنی و اجرایی کشور توسعه یافته و شاخص‌هایی نظیر مصرف انرژی، مدیریت منابع آب، کیفیت محیط داخلی، مصالح ساختمانی و اثرات زیست‌محیطی پروژه‌ها را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. نظام (اسرو سبز) با بهره‌گیری

از تجربیات بین‌المللی و الگوبری از سیستم‌هایی نظیر LEED و BREEAM تلاش دارد بستری متناسب با شرایط صنعت ساختمان ایران فراهم نماید. علی‌رغم تدوین نظام جامع ارزیابی اسرو سبز در کشور، هنوز سیستمی مشابه LEED یا Envision در مقیاس گسترده توسعه نیافته است. از سوی دیگر چالش‌هایی نظیر بحران آب، شدت بالای مصرف انرژی، آلودگی هوا و فرسودگی زیرساخت‌ها لزوم توجه به پایداری را دوچندان کرده است. در عین حال ایران به دلیل شرایط اقلیمی متنوع ظرفیت بالایی برای توسعه ساختمان‌های کم‌مصرف، انرژی خورشیدی و زیرساخت‌های پایدار دارد.

۷- آینده صنعت ساختمان در عصر پایداری

جهان مهندسی در حال حرکت به سمت مفاهیمی نظیر، NetZero Buildings، Climate Resilience و Smart Cities، ESG، Carbon Neutrality است [۲۴-۲۶]. در آینده مهندسان صنعت ساختمان تنها طراح معمار، سازه و تأسیسات نخواهند بود بلکه باید توانایی تحلیل انرژی، کربن، تاب‌آوری و اثرات اجتماعی پروژه‌ها را نیز داشته باشند. ترکیب فناوری (از جمله BIM)، هوش مصنوعی، داده‌محوری و پایداری آینده صنعت ساختمان و زیرساخت را شکل خواهد داد. ۸- مسیر حرفه‌ای متخصصان پایداری با گسترش صنعت ساختمان سبز، مسیرهای حرفه‌ای جدیدی برای مهندسان ایجاد شده است. امروزه متخصصان پایداری در حوزه‌های طراحی،



[8] Kibert, C. J. (2007). The next generation of sustainable construction. *Building Research & Information*, 35(6), 595–601.

[9] Kats, G. (2003). The costs and financial benefits of green buildings. *Sustainable Building Task Force*.

[10] Eichholtz, P., Kok, N., & Quigley, J. M. (2010). "Doing well by doing good" Green office buildings. *American Economic Review*, 100(5), 2492–2509.

[11] Newsham, G. R., et al. (2009). Dogreen buildings have better indoor environments? *Building Research & Information*, 37(3), 280–298.

[12] Fernández-Sánchez, G., & Rodríguez-López, F. (2010). A methodology to identify sustainability indicators in construction project management. *Building and Environment*, 45(9), 1966–1975.

[13] US Green Building Council. (2023). LEED rating system. Washington, DC: USGBC.

[14] Doan, D. T., et al. (2017). A critical comparison of green building ratings systems. *Building and Environment*, 123, 243–260.

[15] US Green Building Council (USGBC). (2026). LEED v5 Reference Guide for Building Design and Construction.

[16] BRE Global. (2022). BREEAM International New Construction Manual. BRE Group.

[17] Licina, D., & Yildirim, S. (2021). Occupant health and well-being in green buildings. *Building and Environment*, 204, 108182.

[18] Cole, R. J. (2005). Building environmental assessment methods. *Building Research & Information*, 33(5), 455–467.

[19] Haapio, A., & Viitaniemi, P. (2008). A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 28(7), 469–482.

[20] Awadh, O. (2017). Estidama Pearl building rating system of Abu Dhabi and Al Sa'fat of Dubai: Comparison and analysis. In *International Sustainable Buildings Symposium* (pp. 328–337). Cham: Springer International Publishing.

[21] Wei, P., Cong, Y., Yefei, B., Jia, D. (2023). A four-level hierarchical framework for reviewing infrastructure sustainability assessment systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 187.

[22] Ugwu, O. O., & Haupt, T. C. (2007). Key performance indicators and assessment methods for infrastructure sustainability. *Building and Environment*, 42(2), 665–680.

[23] Institute for Sustainable Infrastructure. (2021). *Envision sustainable infrastructure framework*. Washington, DC.

[24] World Green Building Council. (2019). *Bringing embodied carbon upfront*.

[25] Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2020). Smart sustainable cities of the future. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102324.

[26] Sharifi, A., & Yamagata, Y. (2016). Principles and criteria for assessing urban energy resilience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 60, 1654–1677.

۹- جمع بندی

پایداری دیگر صرفاً یک مفهوم زیست محیطی یا رویکردی تبلیغاتی در صنعت ساختمان نیست بلکه به یکی از ضرورت‌های اصلی مهندسی، توسعه شهری و مدیریت منابع تبدیل شده است. رشد بحران انرژی، تغییرات اقلیمی، محدودیت منابع طبیعی و افزایش جمعیت شهری صنعت ساختمان و زیرساخت را ناگزیر به حرکت به سمت بهره‌وری، تاب‌آوری و کاهش اثرات زیست محیطی کرده است.

در این میان نظام‌های ارزیابی نظیر LEED، BREEAM، WELL و Envision تلاش می‌کنند چهارچوبی استاندارد برای سنجش میزان پایداری پروژه‌ها ارائه دهند و امروزه به بخشی مهم از صنعت ساخت و ساز جهانی تبدیل شده‌اند. این نظام‌ها علاوه بر کاهش مصرف انرژی و منابع، موضوعاتی نظیر سلامت کاربران، کیفیت محیط داخلی، تاب‌آوری اقلیمی، مدیریت چرخه عمر و اثرات اجتماعی پروژه‌ها را نیز مورد توجه قرار می‌دهند.

در ایران نیز اگرچه موضوعاتی مانند بهینه‌سازی انرژی و مدیریت مصرف منابع طی سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته اما توسعه و ترویج کاربردی نظام‌های جامع ارزیابی پایداری و آموزش تخصصی در این حوزه همچنان نیازمند برنامه‌ریزی و حمایت بیشتری است. با توجه به چالش‌هایی نظیر بحران آب، شدت بالای مصرف انرژی و فرسودگی بخشی از زیرساخت‌های کشور، توجه به اصول پایداری می‌تواند نقش مهمی در آینده صنعت ساختمان و توسعه شهری ایران ایفا نماید.

بدون تردید آینده صنعت ساختمان با مفاهیمی نظیر ساختمان سبز، زیرساخت پایدار، تاب‌آوری اقلیمی، مدیریت هوشمند منابع و کاهش انتشار کربن گره خورده است و مهندسان آینده باید علاوه بر دانش فنی سنتی با اصول پایداری، تحلیل چرخه عمر، مدیریت انرژی و ارزیابی عملکرد محیطی پروژه‌ها نیز آشنا باشند.

۱۰- مراجع

[1] International Energy Agency. (2022). *Buildings: Tracking report 2022*. Paris: IEA.

[2] United Nations Environment Programme. (2020). *2020 Global status report for buildings and construction*. Nairobi: UNEP.

[3] Ürge-Vorsatz, D., et al. (2012). Best practice policies for low energy and carbon buildings. *Energy Efficiency*, 5(2), 151–166.

[4] Kibert, C. J. (2016). *Sustainable construction: Green building design and delivery* (4th ed.). Wiley.

[5] Ding, G. K. C. (2008). Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*, 86(3), 451–464.

[6] World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. Oxford University Press.

[7] Yudelson, J. (2008). *The green building revolution*. Island Press.