

## مطالعه توصیفی - مقایسه‌ای به‌کارگیری رویکرد پایداری در آموزش مهندسی عمران

پویان ایار<sup>۱</sup>، امیدرضا باغچه‌سرائی<sup>۲</sup>، امیرعلی خادمی<sup>۳</sup> و آرین بایبوردی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۳۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱

DOI: 10.22047/ijee.2023.352596.1931

**چکیده:** آموزش ابزارهای بررسی پایداری برای مهندسان عمران باید با هدف اتخاذ پایداری‌ترین تصمیمات مهندسی در پروژه‌ها صورت گیرد. هدف اصلی این پژوهش مقایسه به‌کارگیری رویکرد پایداری در آموزش مهندسی عمران در ایران با برخی کشورهای توسعه‌یافته است. در این پژوهش از روش توصیفی-مقایسه‌ای جهت سنجش عوامل مورد بررسی استفاده شده است. در همین راستا، ضمن بررسی دیدگاه‌های سازمان‌های حرفه‌ای داخلی و خارجی، به اهمیت آموزش پایداری پرداخته شده و با شرح مباحث آموزشی پایداری در برخی دانشگاه‌های مطرح جهان و مقایسه آن‌ها با برنامه مصوب آموزشی مهندسی عمران در کشور، راهکارهایی را برای آموزش پایداری در مهندسی عمران ارائه می‌دهد. با توجه به مطالعات انجام‌شده، مشخص گردید در برخی جنبه‌ها می‌توان در برنامه‌های آموزشی مراکز آموزش عالی کشور، در جهت آموزش مفاهیم پایداری تجدید نظر گردد. با اصلاح و به‌روزرسانی شیوه‌های تدریس و ارتباط دانشجویان با صنعت و شرکت‌های دانش‌بنیان، مفاهیم پایداری به صورت عملیاتی آموزش داده شود، به گونه‌ای که دانشجویان بتوانند پس از گذراندن دروس مربوط، آمادگی لازم جهت اعمال این مفاهیم در طراحی، ساخت و بهره‌برداری از زیرساخت‌های عمرانی را کسب کنند. استفاده از رویکردهای تعاملی - تشویقی و فعالیت‌های گروهی میان دانشجویان و مهندسان عمران می‌تواند به ارتقای کیفیت آموزش پایداری کمک کند.

**واژگان کلیدی:** پایداری، آموزش مهندسی، آموزش پایداری، مهندسی عمران، رویکرد آموزشی

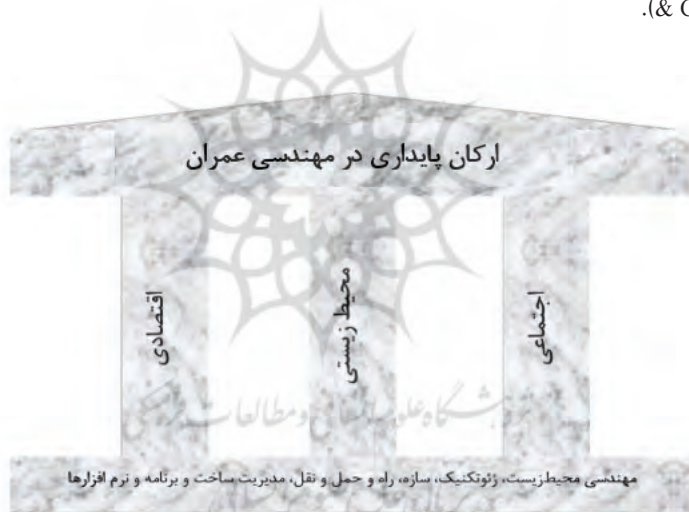
۱- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). [ayar@iust.ac.ir](mailto:ayar@iust.ac.ir)  
۲- دانشجوی دکتری مهندسی سازه، مرکز تحقیقات مهندسی زیرساخت، دانشکده مهندسی، طراحی و ساخت محیط، دانشگاه سیدنی غربی، سیدنی، استرالیا. [omidreza@baghchesaraei.com](mailto:omidreza@baghchesaraei.com)  
۳- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. [aa\\_khademi@yahoo.com](mailto:aa_khademi@yahoo.com)  
۴- دانش‌آموخته کارشناسی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. [baibordy.ab@gmail.com](mailto:baibordy.ab@gmail.com)

## ۱. مقدمه

توجه به رویکرد پایداری در سالیان اخیر در زمینه‌های مختلف علمی مورد تأکید قرار گرفته است. واژه انگلیسی sustainability به معنای پایداری از واژه لاتین sustinere اقتباس شده است. واژه لاتین sustinere از ترکیب tenere به معنی نگه داشتن و sus به معنی بالا اقتباس شده است. باید به این مسئله توجه شود که نباید مفاهیم "توسعه پایدار" و "پایداری" را همسنگ دانست. در واقع پایداری به عنوان الگویی برای اندیشیدن به آینده در نظر گرفته می‌شود که در آن ملاحظات زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی در راستای دستیابی به بهبود کیفیت زندگی متعادل می‌شود. این در حالی است که توسعه پایدار، الگوواره کلان سازمان ملل متحد است. مفهوم توسعه پایدار توسط گزارش کمیسیون برونلند (۱۹۸۷) به عنوان "توسعه‌ای که نیازهای حال حاضر را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهای خود برآورده می‌کند" توصیف می‌شود (Jeronen, 2013). آنچه از بررسی این دو مفهوم قابل درک است این است که "پایداری" به حفظ محیط زیست به عنوان هدف اولیه نگاه می‌کند اما "توسعه پایدار" بر توسعه زیرساخت‌ها، تمیز نگه داشتن محیط زیست، برای دستیابی به رشد متمرکز است (Admin, 2012). آنچه در اینجا بحث می‌شود بر مفهوم پایداری در زمینه مهندسی تمرکز دارد که در صدد در انداختن طرحی نو بر پایه دانش‌های نوین و رویکردهای تازه‌ای است که به رهایی بشریت و زیست‌بوم از وضعیت "ناپایداری" بی‌انجامد که دستاورد رویکرد گذشته‌گرایانه توسعه بوده است. تلاش‌های متعددی توسط مؤسسات دانشگاهی و صنعتی برای تدوین اصول مهندسی پایدار صورت گرفته است. همه آنها در مثلی قرار می‌گیرند که ارزش‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی به عنوان سنگ بنای آن است. هدف کلی، ایجاد یک راه حل متعادل برای هر مشکل مهندسی است. اگر یک پروژه مهندسی از یکی از این سه جنبه بهره‌مند شود اما جنبه‌های دیگر را نادیده بگیرد، نظامی ناقص داریم که در درازمدت تنش، بی‌ثباتی و مشکلات جدیدی ایجاد می‌نماید (Fedkin, 2020).

در دهه‌های اخیر مؤسسات آموزش عالی دنیا، تدریس اصول پایداری و تقویت مهارت‌های دانشجویان را در این زمینه برنامه‌ریزی کرده‌اند. با آموزش صحیح نیروی انسانی در مقاطع مختلف تحصیلی یا حرفه‌ای متناسب با تخصص آن‌ها، حرکت در راستای پایداری تسهیل می‌گردد. آموزش مناسب نیروی انسانی در هر مقطع تحصیلی باید به نحوی باشد که منجر به فراگیری علوم مربوط به فراخور رشته تحصیلی شود. در مهندسی عمران پایداری را می‌توان به صورت چالش تأمین نیازهای بشری برای منابع طبیعی، تولیدات صنعتی، انرژی، حمل و نقل، ساختمان و مدیریت پسماند با در نظر گرفتن حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی ضروری برای توسعه آینده در نظر گرفت. تسلط مهندسان عمران در کلیه مقاطع تحصیلی با مفاهیم پایداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به طور کلی لازم است مهندسان عمران بر اساس سیاست‌های سازمان‌های حرفه‌ای مربوط مانند سازمان نظام مهندسی ساختمان، وزارت راه و شهرسازی، سازمان برنامه و بودجه و...، به عنوان طراح و مجری

ساخت و نگهداری انواع زیرساخت‌های عمرانی کشور از قبیل ساختمان، راه، سد و ... در فرایندهای برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا و بهره‌برداری توجه ویژه‌ای به مفاهیم پایداری داشته باشند. رشته مهندسی عمران با توجه به اهداف و تقارب و اتصالش با سایر رشته‌های مهندسی، نقشی پیشگامانه و تأثیرگذار را در حیطه مفهوم پایداری ایفا می‌کند. مهندسی عمران پایدار به اجرای ارکان پایداری در کلیه مراحل ساخت و نگهداری سازه‌ها و ابنیه فنی می‌پردازد. در نظر گرفتن اصول پایداری در مهندسی عمران (شکل ۱) می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش هزینه‌های ساخت و ساز و بهره‌برداری از زیرساخت‌ها با استفاده بهینه از منابع طبیعی، افزایش بهره‌وری پروژه‌های عمرانی و هزینه دقیق‌تر بودجه‌های تخصیص یافته، داشته باشد. به عبارت دیگر پایداری در فرایندهای مهندسی عمران، ستون فقرات برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه مدرن را تشکیل می‌دهد و به کارشناسان اجازه می‌دهد تا اطمینان حاصل کنند که در هر پروژه ایمن‌ترین، سازگارترین و ماندگارترین روش‌های در دسترس اجرا می‌شود (Braham & Casillas, 2021).



شکل ۱. اصول پایداری در مهندسی عمران (Braham & Casillas, 2021)

یک مهندس عمران برای بررسی پایداری یک زیرساخت به ابزارهایی نیاز دارد. بعضی از این ابزار عبارت‌اند از (Braham & Casillas, 2021):

- ارزیابی چرخه عمر (LCA<sup>۱</sup>)، ابزاری برای تحلیل و کمی‌سازی اثرات زیست‌محیطی یک محصول یا زیرساخت است و با متغیرهایی مانند، انتشار آلاینده‌ها، انرژی مصرفی، منابع مصرفی، زباله تولیدشده، آب مصرف‌شده و سمی بودن تعریف می‌گردد.

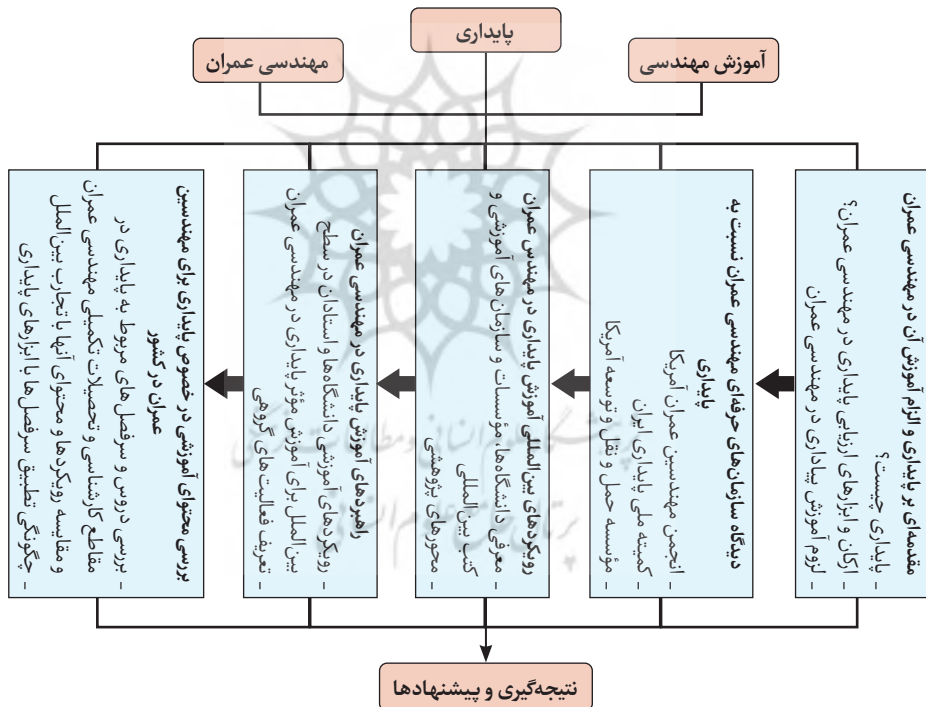
- تحلیل هزینه چرخه عمر (LCCA)، ابزاری مانند ارزیابی چرخه عمر است اما به جای متغیرهای مذکور، از عوامل هزینه‌کرد مالی، یعنی واحد پولی برای بررسی یک محصول یا زیرساخت استفاده می‌کند.

- ارزیابی اثرات چرخه عمر (LCIA<sup>۲</sup>) نیز در تحلیل پایداری استفاده می‌شود و تمامی اثرات انسانی یا زیست‌محیطی یک زیرساخت یا محصول را محاسبه می‌کند، ارزیابی اثرات چرخه عمر به صورت کمی است و تنها اثرات چشمگیر را حساب می‌کند، اثراتی مانند گرمایش جهانی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (کربن دی‌اکسید، اکسیدهای نیتروژن و...).

این ابزارها در کنار نرم‌افزارها و محاسبه‌گرهایی مانند AIST-LCA، EcoInvent، Athena، IdeMAT و موارد مشابه، می‌توانند به یک مهندس عمران در جهت طراحی پایدار کمک کنند (Braham & Casil- las, 2021). مهندسی عمران شامل گرایش‌های مصوب متعددی همچون مهندسی و مدیریت منابع آب، حمل و نقل، راه و ترابری، زلزله، سازه، مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، مهندسی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، مهندسی محیط زیست، مهندسی و مدیریت ساخت، ژئوتکنیک و ژئوتکنیک زیست‌محیطی است (MSRT, 2013). در هر یک از این گرایش‌های تخصصی، امکان به‌کارگرفتن اصول پایداری وجود دارد. توجه به مفاهیم پایداری در انواع گرایش‌های تخصصی مهندسی عمران می‌تواند منجر به بهبود جنبه‌های محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی مرتبط با پروژه‌های در حال اجرا یا ساخته‌شده گردد.

همان‌طور که ذکر گردید اهمیت ارکان مختلف پایداری را می‌توان در تخصص‌های مختلف مهندسی عمران مشاهده کرد. در دنیای امروز به‌روزرسانی علوم مختلف در هر کشوری امری اجتناب‌ناپذیر است و این مسئله در کشورهای درحال توسعه اهمیت ویژه‌ای دارد. چون سرآغاز و انتهای علوم مهندسی از دانشگاه سرچشمه می‌گیرد، تربیت نیروی انسانی متخصص و کارآمد برای ورود به بازار کار از سوی مراکز آموزشی امری مهم است که خود مستلزم شناخت رشته‌های مختلف دانشگاهی و لزوم اصلاحات آموزشی متناسب با نیازهای دانشجویان است (Tejareh & Mottaghipour, 2016). بنابراین باید در جهت آموزش صحیح و آشنایی مهندسان جوان با مفاهیم و کاربردهای پایداری و به‌طور کارشناسانه در هر تخصص حرکت کرد. مؤسسات آموزش عالی می‌توانند تأثیر قابل توجهی در پیشرفت زیرساخت‌های پایدار در کشور بگذارند، به نحوی که کاربست پایداری در گفتمان و برنامه‌ریزی‌ها، پررنگ‌تر شود. آموزش این مهم باید به نحوی باشد که مهارت‌های اجرایی را در دانشجویان مهندسی عمران ایجاد نماید. در واقع دانش‌آموختگان مهندسی عمران با بهره‌گیری از مفاهیم پایداری به مهندسان و مدیرانی مبدل می‌شوند که در پروژه‌های عمرانی بتوانند از میان گزینه‌های مختلف، در شرایط متفاوت، بهترین

انتخاب را داشته باشند، انتخابی که با توجه به شرایط اقتصادی و تخصیص بودجه‌های انقباضی، بهترین بازده را در دوره‌های ساخت و بهره‌برداری داشته باشد و به نیازهای ذی‌نفعان و جامعه توجه نماید. در همین راستا، این مقاله مبتنی بر یک مطالعه توصیفی - مقایسه‌ای، ضمن بررسی نگاه سازمان‌های داخلی و خارجی به پایداری، به اهمیت آموزش این مهم می‌پردازد و با شرح مباحث آموزشی در مؤسسات آموزشی مطرح جهان و مقایسه آن‌ها با برنامه مصوب آموزشی مهندسی عمران در کشور، راهکارهایی را برای آموزش پایداری در مهندسی عمران ارائه می‌دهد تا دانش‌آموختگان بتوانند زیرساخت‌های صنعتی، اقتصادی و عمرانی کشور را با دیدگاه پایداری طراحی و نگهداری نمایند و به دنبال آن، بهره‌وری فعالیت‌های صنعتی و عمرانی کشور افزایش یابد. در شکل ۲ روندنمای پژوهش حاضر ترسیم شده است.



شکل ۲. روندنمای پژوهش

## ۲. روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش از روش توصیفی - مقایسه‌ای استفاده شده است. در این راستا، منابع کتابخانه‌ای، مقالات و تارنمای برخی مؤسسات آموزش عالی به منظور گردآوری اطلاعات مد نظر قرار گرفت. به

منظور تبیین و قیاس هر چه بهتر یافته‌های داخلی و بین‌المللی، رویکرد مقایسه‌ای نیز در این تحقیق اعمال شده است. همچنین به منظور گردآوری و پالایش بهتر اطلاعات مقایسه‌ای در زمینه رویکردهای آموزش پایداری در مهندسی عمران، بخشی از فرایند پژوهش از طریق مکاتبه با اعضای هیئت علمی دانشگاه‌های سرآمد کشور در حوزه تحقیق انجام شد.

### ۳. رویکرد پایداری در سازمان‌های حرفه‌ای حوزه عمرانی و زیربنایی

سازمان‌های حرفه‌ای در سراسر جهان، در راستای توسعه و پیشرفت حرفه مورد نظر خود قدم برمی‌دارند و اعضای این سازمان‌ها، تحت قوانین و آئین‌نامه‌های مصوب، فعالیت‌های خود را پیگیری می‌نمایند و به حل مسائل و موضوعات حرفه‌ای متفاوت می‌پردازند. نظر به اهمیت توجه به مفاهیم پایداری در مهندسی عمران، نهادها و سازمان‌های حرفه‌ای مختلف استانداردهایی را در این حوزه تدوین کرده‌اند. انجمن مهندسان عمران آمریکا<sup>۱</sup> (ASCE) به عنوان یکی از معتبرترین مؤسسات مهندسی عمران، در ترویج اهمیت پایداری نقش مهمی ایفا کرده است. انجمن مهندسان آمریکا پایداری را به صورت مجموعه‌ای از شرایط زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی که در آن همه جامعه ظرفیت و فرصتی را برای حفظ و ارتقای کیفیت زندگی خود به طور نامحدود و بدون کاهش کمیت، کیفیت، یا در دسترس بودن منابع طبیعی، اقتصادی و منابع اجتماعی در نظر می‌گیرند، تعریف می‌کند. همچنین، این انجمن، پایداری را در آیین‌نامه اخلاق خود گنجانده است. در آیین‌نامه مذکور تأکید شده است تا مهندسان برای پیشرفت ایمنی، سلامت و رفاه جامعه خود (رکن اجتماعی) و حفاظت از محیط زیست (رکن محیط زیست) تلاش کنند. انجمن مهندسان عمران آمریکا در بخش دیگری از آیین‌نامه مذکور، از مهندسان درخواست می‌کند تا دانش عمومی خود را در مورد مهندسی و پایداری گسترش دهند (ASCE, 2020). شایان ذکر است که انجمن مهندسان عمران آمریکا برای ایجاد انگیزه میان مهندسان و دانشمندان در به‌کارگیری ضوابط پایداری در پروژه‌ها و مقالات، جوایزی را به شرح زیر در نظر گرفته است:

۱. جایزه نوآوری در مهندسی پایداری: این جایزه ممکن است سالانه به پروژه عمرانی که با به‌کارگیری روش‌ها، رویکردها و نتایج منجر به ایجاد خلاقیت در زمینه پایداری شده است، تعلق گیرد.
  ۲. جایزه جهانی پایداری دونالد وی: این جایزه در سال ۲۰۲۱ میلادی برای قدردانی از نویسندگان مقاله‌هایی که به باارزش‌ترین دستاوردها در جهت پیشرفت پایداری رسیده‌اند، اعطا می‌شود (ASCE, 2022).
- همچنین مؤسسه حمل و نقل و توسعه<sup>۲</sup> (T&DI) یکی از مؤسسات تخصصی انجمن مهندسان عمران آمریکا است. این مؤسسه همچون سایر انجمن‌ها، کمیته‌هایی برای نظارت و پیشبرد اهداف

مد نظر مؤسسه دارد. مؤسسه حمل و نقل و توسعه، کمیته‌هایی با موضوعاتی نظیر حمل و نقل هوایی، لجستیک، سامانه‌های زیرساخت، حمل و نقل عمومی و ریلی و جاده‌ای دارد. این مؤسسه کمیته‌ای برای پایداری و محیط زیست دارد که بخشی از شورای برنامه‌ریزی است. کمیته پایداری بر کلیه جنبه‌های پایداری مهندسی حمل و نقل تمرکز دارد (Ali & Bakir, 2021).

در داخل کشور، پس از شرکت جمهوری اسلامی ایران در کنفرانس زمین سبز ریودژانیرو در سال ۱۹۹۲، موضوع پایداری اهمیت پیدا کرد و در سال ۱۳۷۲ با تشکیل کمیته ملی توسعه پایدار، نهادینه کردن این مهم پیگیری شد. این کمیته به منظور سیاست‌گذاری و هماهنگی برنامه‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی با اهداف حفاظت از محیط زیست تشکیل شد و با عضویت نمایندگان تام‌الاختیار وزارتخانه‌های راه و شهرسازی، صنعت، معدن و تجارت، جهاد کشاورزی، نیرو، امور خارجه، فرهنگ، علوم، تحقیقات و فناوری، نفت، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی و سازمان حفاظت محیط زیست رسمیت یافت. این کمیته به منظور دستیابی به اهداف پایداری در ارکان مختلف تلاش می‌کند و سعی در ارتباط ارگان‌های مختلف کشور در راستای تحقق اهداف پایداری دارد. این کمیته همچنین با تعیین وظایف دستگاه‌های مختلف، در جهت پیشبرد و پیگیری شاخص‌های پایداری که در سال ۲۰۱۵ میلادی در اجلاس سازمان ملل متحد با حضور رئیس‌جمهور وقت به تصویب رسید، قدم برمی‌دارد. جدول ۱ به برخی از اهداف و شاخص‌های پایداری و دستگاه‌های متولی در رابطه با فعالیت‌های عمرانی در کشور پرداخته است.

جدول ۱. توزیع برخی اهداف پایداری در بین دستگاه‌های اجرایی داخل کشور (Sangachin & Asadi, 2017)

شماره هدف	نام هدف	دستگاه اصلی	دستگاه‌های همکار
۱	تأمین دسترسی به انرژی پایدار، مطمئن، قابل تهیه و پیشرفته و مدرن برای همه	وزارت نیرو	وزارت نفت و سازمان حفاظت محیط زیست
۲	ایجاد زیرساخت‌های مقاوم، ترویج صنعت پایدار و فراگیر، پرورش نوآوری‌ها	وزارت صنعت، معدن و تجارت	وزارت اقتصاد و امور دارائی و وزارت راه و شهرسازی
۳	ساخت شهرها و سکونتگاه‌های انسانی فراگیر، ایمن، تاب‌آور و پایدار	وزارت راه و شهرسازی	وزارت کشور
۴	حفاظت و بهره‌برداری پایدار از اقیانوس‌ها، دریاها، و منابع دریایی برای توسعه پایدار	سازمان حفاظت محیط زیست	وزارت نفت
۵	تأمین الگوهای پایدار تولید و مصرف	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی	سازمان بهره‌وری
۶	انجام اقدامات عاجل برای رویارویی با تغییرات اقلیمی و پیامدهای آن	سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت راه و شهرسازی	وزارت صنعت، معدن و تجارت و وزارت راه و شهرسازی

با در نظر گرفتن تجارب بین‌المللی، برخی سازمان‌های حرفه‌ای و دستگاه‌های اجرایی مانند سازمان نظام مهندسی ساختمان، سازمان برنامه و بودجه، سازمان حفاظت محیط زیست، جامعه مهندسان مشاور، سازمان ملی استاندارد، وزارت راه و شهرسازی، شهرداری‌ها و... می‌توانند با توسعه مجموعه‌ای کمیته‌ها برای کاربست مفاهیم پایداری در حوزه امور عمرانی و زیربنایی کشور عملکرد مؤثری داشته باشند و به نحوی آیین‌نامه و یا روندنمای شاخصی برای تحقق اهداف پایداری در مجموعه فعالیت‌های عمرانی ارائه دهند. در حوزه مهندسی عمران به عنوان مثال دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان وزارت راه و شهرسازی می‌تواند در راستای پیاده‌سازی مفاهیم پایداری سازه، مبحث جدیدی تحت عنوان "اصول پایداری در ساختمان" ارائه دهد و سپس توسط سازمان‌های متولی اجرایی نماید. مشابه این موارد، نظام فنی و اجرایی کشور نیز می‌تواند در جهت انتشار دستورالعمل‌های لازم‌الاجرا در زمینه پایداری پروژه‌های زیرساختی پیشرو باشد. فراهم شدن مبانی فنی و حقوقی پایداری، به تعمیق دانش و مهارت مهندسان و دانشجویان کمک می‌کند.

#### ۴. رویکردهای بین‌المللی آموزش پایداری در مهندسی عمران

مبحث پایداری در سال‌های اخیر در جهان از جمله مباحث بااهمیت بوده است، به طوری که سازمان‌های آموزشی و مهندسی مشهور جهان در ضوابط و آیین‌نامه‌های مختلف به آن اشاره ویژه‌ای داشته‌اند. هیئت تأیید صلاحیت مهندسی و فناوری (ABET)، که به هدف اعتباربخشی و تأیید صلاحیت استانداردهای آموزشی دانشگاه‌ها در سطح ایالات متحده آمریکا و بین‌الملل تاسیس شده است، در آیین‌نامه تأیید صلاحیت دانشگاه‌ها برای سال ۲۰۲۱-۲۰۲۲ میلادی به مبحث پایداری و آموزش آن به عنوان بخشی از استانداردهای بررسی صلاحیت اشاره کرده است و این موضوع برای تمامی رشته‌های مهندسی و مدیریتی، به ویژه مهندسی عمران و مدیریت ساخت صادق است (ABET, 2021). این مطالب نشان می‌دهد که مبحث پایداری در حال تکامل است و سازمان‌ها و انجمن‌ها در حال تشویق جوامع برای به‌کارگیری روش‌ها و رویکردهای پایداری در تمامی زمینه‌ها هستند. از این رو، ارائه و ترفیع دانش و مهارت در میان جوامع، در رابطه با درک بهتر پایداری به عنوان یک اصل مهم، ضروری است. به بیان دیگر، تحقق چنین هدفی نیازمند آموزش است (UNESCO, 2021). به همین جهت، دانشگاه‌ها به عنوان مهم‌ترین عامل در ایجاد بستری برای آموزش، پژوهش و توسعه دانش پایداری به شمار می‌روند (Kestin et al., 2017). در نتیجه، دانشگاه‌ها ملزم هستند با به‌کارگیری روش‌های نوین برای رسیدن به اهداف پایداری تلاش کنند (Cámara et al., 2021).

دانشگاه‌های متعددی در آمریکا به موضوع پایداری در مهندسی عمران اهمیت نشان داده‌اند و



مفهوم آن را با موفقیت در حوزه آموزشی خود به کار برده‌اند، دانشگاه‌هایی مانند دانشگاه ایالتی آریزونا، دانشگاه سیراکیوس و کارنگی ملون از این دسته دانشگاه‌ها به شمار می‌روند (Braxtan & Nossoni, 2015). لازم به ذکر است که اهمیت پایداری در دانشکده مهندسی عمران دانشگاه ایالتی آریزونا، چنان مشهود است که نام این دانشکده به صورت "دانشکده مهندسی پایدار و محیط زیست" نام‌گذاری شده است (ASU, 2022). دانشگاه استنفورد، در سال ۲۰۲۲، کمک‌هزینه مالی به میزان ۱٫۱ میلیارد دلار برای ساخت دانشکده توسعه پایدار دریافت کرده است تا علاوه بر توسعه این دانشکده جدید، برای تجهیز باقی دانشکده‌های مرتبط مانند دانشکده زمین، انرژی و علوم زیست‌محیطی نیز هزینه کند. همچنین این دانشگاه با استفاده از این کمک‌هزینه، انواع آزمایشگاه‌ها و شتاب‌دهنده‌ها را توسعه داده است تا تحقیقات و پژوهش‌های خود را در زمینه پایداری تسریع بخشد (Nietzel, 2022). علاوه بر این موارد، دانشگاه‌های متعدد دیگری در سراسر جهان به موضوع پایداری در مهندسی عمران توجه کرده‌اند. در جدول ۲ اقدامات برخی از این مراکز دانشگاهی شامل نام دروس مرتبط با پایداری ارائه شده است. به منظور مقایسه بهتر، دروسی که در برنامه مصوب مقاطع مختلف تحصیلی رشته مهندسی عمران در ایران، دارای مشابهتی با دروس دانشگاه‌های خارجی در حوزه پایداری می‌باشند، نیز ارائه شده است. لازم به ذکر است که جدول ۲، حوزه‌های تحقیقاتی مربوط به پایداری را برای دانشکده‌های عمران ۱۷ دانشگاه مطرح جهان را ارائه کرده است. تمامی موارد موجود در جدول، بر پایه گزارش‌های ارائه شده توسط تارنمای دانشگاه‌ها در سال ۲۰۲۱-۲۰۲۲ میلادی است.

جدول ۲. برخی دانشگاه‌های فعال در حوزه پایداری

دانشگاه	کشور	دروس و سرفصل‌های مرتبط با پایداری	دروس مشابه در ایران	حوزه‌ها و عناوین تحقیقاتی
ملی تایوان	تایوان	- فیزیک ساختمان و طراحی پایدار (NTU, 2022)	-	- پایداری اجتماعی و تاب‌آوری - پاسخ جوامع به حوادث - طراحی پایدار ساختمان - شرایط محیطی داخل ساختمان
مؤسسه فناوری ماساچوست	ایالات متحده آمریکا	- مهندسی پایداری؛ تجزیه و تحلیل و طراحی - شرکت‌های دانش‌بنیان توسعه پایدار - توسعه پایدار تجربی - ابزارهای طراحی پایدار (MIT, 2022 a)	- مهندسی پایداری؛ تجزیه و تحلیل و طراحی = مبانی طراحی توسعه پایدار	- اقلیم، محیط زیست و علم زندگی - مواد و زیرساخت‌های پایدار - امنیت آب و غذا - سامانه‌های تاب‌آور و پویایی (MIT, 2022 b)

ادامه جدول ۲

دانشگاه	کشور	دروس و سرفصل‌های مرتبط با پایداری	دروس مشابه در ایران	حوزه‌ها و عناوین تحقیقاتی
مؤسسه فناوری واترفورد	ایرلند	<ul style="list-style-type: none"> <li>- نقشه‌برداری زمین و انرژی پایدار</li> <li>- فناوری‌های تولید گرما و برق پایدار</li> <li>- هیدرولوژی برای پایداری</li> <li>- انرژی پایدار (SETU, 2022)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- انرژی پایدار = انرژی و توسعه پایدار</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- طراحی ساختمان با بهره‌وری انرژی بالا</li> <li>- مدیریت زیرساخت‌ها</li> </ul>
دانشگاه برنل لندن	انگلستان	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مصالح ساختمانی و پایدار</li> <li>- مهندسی زیرساخت‌های حمل‌ونقل پایدار (Brunel, 2022)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مهندسی زیرساخت‌های حمل‌ونقل پایدار = محیط زیست و حمل‌ونقل</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- طراحی و توسعه مواد اولیه پایدار</li> <li>- مدل‌سازی پایدار سامانه‌های آب</li> <li>- پایداری خاک و کشاورزی</li> <li>- بازیافت، مدیریت و استفاده مجدد از آب</li> </ul>
دانشگاه لیورپول	انگلستان	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مهندسی آب پایدار</li> <li>- مدیریت طراحی و ساخت و ساز پایدار</li> <li>- مواد برای ساخت و ساز بادوام و پایدار (Liverpool, 2022)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مدیریت طراحی و ساخت و ساز پایدار = مبانی طراحی توسعه پایدار</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- انتشار کربن</li> <li>- مدیریت پسماند</li> <li>- توسعه اقتصاد چرخشی</li> <li>- تاب‌آوری سازه‌ها در مقابل آتش</li> </ul>
دانشگاه مگیل	کانادا	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مدیریت پروژه پایدار (McGill, 2022)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مدیریت پروژه پایدار = توسعه پایدار در ساخت و ساز</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تاب‌آوری مواد در برابر عوامل محیطی (بتن، فولاد و ...)</li> <li>- تعمیر و بهسازی سازه‌ها</li> <li>- عمل‌آوری بهینه بتن</li> <li>- تبدیلات زیست‌شناختی فاضلاب به انرژی</li> <li>- توسعه پایدار نانومواد</li> </ul>
دانشگاه یورک	کانادا	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مهندسی عمران برای آینده پایدار</li> <li>- ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و پایداری اثرات زیست‌محیطی و پایداری (YU, 2022 a)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و پایداری = ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های عمرانی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- طراحی برای تغییر اقلیم</li> <li>- زیرساخت و تاب‌آوری</li> <li>- توسعه پایدار (YU, 2022 b)</li> </ul>
دانشگاه برکلی آمریکا	ایالات متحده آمریکا	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مهندسی سامانه و پایداری</li> <li>- مصالح بتنی، ساخت و پایداری</li> <li>- ساخت و طراحی بر اساس چرخه عمر</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- انرژی، زیرساخت‌های عمرانی و تغییر اقلیم</li> </ul>

دانشگاه	کشور	دروس و سرفصل‌های مرتبط با پایداری	دروس مشابه در ایران	حوزه‌ها و عناوین تحقیقاتی
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- فناوری‌ها برای جوامع پایدار</li> <li>- فناوری و پایداری (Berkeley, 2022)</li> </ul>		
دانشگاه ملی سنگاپور	سنگاپور	<ul style="list-style-type: none"> <li>- آینده پایدار</li> <li>- توسعه پایدار اقتصادی-اجتماعی (NUS, 2022 a)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- توسعه پایدار اقتصادی - اجتماعی = انرژی و توسعه پایدار</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- محیط ساخت</li> <li>- کاهش تغییر اقلیم</li> <li>- پایداری زیست محیطی</li> <li>- زیرساخت‌های اقیانوس و تجدیدپذیری</li> <li>- زیرساخت‌های تاب‌آور</li> <li>- شهرهای هوشمند (NUS, 2022 b)</li> </ul>
دانشگاه نیو ساوت‌ولز سیدنی	استرالیا	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مهندسی حمل‌ونقل و راه‌سازی پایدار</li> <li>- مهندسی حمل‌ونقل و محیط زیست پایدار</li> <li>- پایداری در ساخت برنامه‌ریزی زیرساخت پایدار</li> <li>- مهندسی چوب پایدار</li> <li>- محیط زیست پایدار: روش‌ها، ابزار و مدیریت (UNSW, 2022 a)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مهندسی حمل‌ونقل و محیط زیست پایدار = محیط زیست و حمل‌ونقل</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مهندسی و مدیریت ساخت</li> <li>- مهندسی سازه</li> <li>- مهندسی ژئوتکنیک</li> <li>- مهندسی حمل‌ونقل</li> <li>- مهندسی آب</li> <li>- مهندسی محیط زیست</li> <li>- مهندسی نقشه‌برداری (UNSW, 2022 b)</li> </ul>
دانشگاه علم و فناوری هنگ‌کنگ	هنگ‌کنگ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تغییرات اقلیمی، پایداری و تاریخ بزرگ</li> <li>- سنجش میزان تأثیرات زیست محیطی (HKUST, 2022)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تغییرات اقلیمی، پایداری و تاریخ بزرگ = هواشناسی و تغییر اقلیم</li> <li>- سنجش میزان تأثیرات زیست محیطی = ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های عمرانی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مدیریت ساخت</li> <li>- محیط زیست</li> <li>- ژئوتکنیک</li> <li>- سازه و مواد</li> <li>- هیدرولیک</li> <li>- شهرهای هوشمند</li> <li>- حمل‌ونقل</li> </ul>
دانشگاه استنفورد	ایالات متحده آمریکا	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سامانه‌های انرژی و علوم پایه</li> <li>- انرژی‌های تجدیدناپذیر</li> <li>- ساختمان‌ها و بهینگی انرژی</li> <li>- انتقال پاک انرژی (Stanford, 2022)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- انرژی‌های تجدیدناپذیر = انرژی و توسعه پایدار</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- انرژی‌های تجدیدپذیر</li> <li>- ذخیره و توزیع مدرن انرژی</li> <li>- مدل‌سازی آثار زیست محیطی</li> </ul>

ادامه جدول ۲

دانشگاه	کشور	دروس و سرفصل‌های مرتبط با پایداری	دروس مشابه در ایران	حوزه‌ها و عناوین تحقیقاتی
دانشگاه پلی‌تکنیک تورین	ایتالیا	<ul style="list-style-type: none"> <li>- جامعه پایدار</li> <li>- حمل‌ونقل شهری پایدار</li> <li>- مسئولیت و پایداری</li> <li>- انرژی و توسعه پایدار</li> <li>- ابزارها و روش‌ها برای پایداری سامانه‌های ساختمانی و محلی</li> <li>- تغییرات اقلیم و اقتصادی - اجتماعی</li> <li>- سنجش میزان تأثیرات زیست‌محیطی (Polito, 2022 a)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سنجش میزان تأثیرات زیست‌محیطی = ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های عمرانی</li> <li>- انرژی و توسعه پایدار = انرژی و توسعه پایدار</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- بتن‌های پایدار</li> <li>- مواد اولیه سازه‌ای سبز (Polito, 2022 b)</li> </ul>
تگزاس در شهر آستین	ایالات متحده آمریکا	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مهندسی سامانه‌های پایدار (UTexas, 2022 a)</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سامانه‌های پایدار (UTexas, 2022 b)</li> </ul>
پاریس تک دس پونتس	فرانسه	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تحلیل چرخه عمر (Ecolo, 2022)</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- فرسایش، آلودگی و ناپایداری زمین و خاک</li> </ul>
دانشگاه سیدنی غربی	استرالیا	<ul style="list-style-type: none"> <li>- آب و محیط زیست</li> <li>- آینده پایدار</li> <li>- توسعه پایدار</li> <li>- آینده توسعه پایدار</li> <li>- تغییرات آب و هوایی</li> <li>- طراحی معقول و پایدار</li> <li>- اقتصاد پایدار</li> <li>- مهندسی محیط زیست</li> <li>- مهندسی بهداشت</li> <li>- میراث و گردشگری</li> <li>- جغرافیا و مطالعات شهری</li> <li>- آب برای زندگی</li> <li>- سیر تکاملی شهری (Western Sydney, 2022)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تغییرات آب و هوایی = هواشناسی و تغییر اقلیم</li> <li>- مهندسی محیط زیست = مهندسی محیط زیست</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- طراحی ساختمان‌های مطابق با آب‌وهوای استرالیا</li> <li>- دانشگاه سبز و پایدار</li> <li>- کاهش انرژی مصرفی ساختمان</li> <li>- راه‌سازی و محیط زیست</li> <li>- بتن‌های نوین</li> <li>- سازه‌های پیش‌ساخته</li> <li>- مطابق با محیط زیست</li> </ul>
مؤسسه فناوری هند در بمبئی	هند	<ul style="list-style-type: none"> <li>- طراحی ساختمان سبز (IITB, 2022)</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- بیومکانیک</li> <li>- سازه‌های سبز</li> <li>- تعمیر، بهسازی و مقاوم‌سازی سازه‌ها</li> <li>- هوش مصنوعی سازه‌ها</li> </ul>

بر اساس اطلاعات موجود در جدول ۲ می‌توان گفت تنوع دروس آموزشی ارائه شده حوزه پایداری در دانشکده‌های مهندسی عمران خارج از کشور، بالا است و مفاهیم مختلف پایداری در تخصص‌های مختلف مهندسی عمران آموزش داده می‌شود. همچنین دروسی از برنامه آموزشی مصوب رشته مهندسی عمران در ایران که دارای مشابهت با دروس دانشگاه‌های خارجی هستند، مقایسه شده‌اند. مشابهت دروس مقایسه شده در گرایش‌های حمل و نقل، مدیریت ساخت و مهندسی محیط زیست بیشتر است اما در برخی گرایش‌ها مانند گرایش‌های سازه، زلزله و راه و ترابری، در مقایسه با مؤسسات خارجی جدول ۲ دروس کمتری در حوزه پایداری ارائه شده است. نظر به اهمیت پایداری در علوم مهندسی و لزوم آشنایی مهندسان با مفاهیم آن، تاکنون کتاب‌ها و منابع علمی متعددی نیز در این زمینه به چاپ رسیده است. در جدول ۳ تعدادی از کتاب‌های آموزشی و منابع مذکور ارائه شده است. کتاب‌های مذکور از منابع معتبر بین‌المللی مانند کتابخانه جستجوگر گوگل، انتشارات اسپرینگر و مرکز اطلاعات انجمن مهندسان عمران آمریکا گردآوری شده‌اند.

جدول ۳. کتاب‌های چاپ شده در حوزه پایداری در مهندسی عمران

نام کتاب و مرجع	نویسندگان (کشور)	تاریخ انتشار	ناشر	توضیحات
مبانی پایداری در مهندسی عمران (Braham & Casillas, 2021)	اندرو براهام، سادیه کاسیاس (آمریکا)	۲۰۲۱	سی آر سی پرس / گروه تیپلور و فرانسیس	این کتاب زمینه‌ای را برای درک مبحث توسعه پایدار در مهندسی عمران و ابزارهایی برای پرداختن به سه رکن پایداری: اقتصاد، محیط زیست و جامعه فراهم می‌کند. این کتاب شامل مطالعات موردی در پنج حوزه اصلی مهندسی عمران است: محیط زیست، سازه، ژئوتکنیک، حمل و نقل و مدیریت ساخت.
فناوری‌های هوشمند برای توسعه پایدار (Shukla et al., 2020)	سانجای کومار شوکلا، سرینیواسان چاندراسکاران، بیپهوتی داس، سریوالسا کلاتهپار (هندوستان)	۲۰۲۰	اسپرینگر سنگاپور	مقالات منتخبی را از کنفرانس بین‌المللی مربوط به مواد هوشمند و روش‌های توسعه پایدار ارائه می‌کند. محتوای این کتاب شامل طیف گسترده‌ای از مبحث توسعه پایدار در گرایش‌هایی مانند سازه‌ها و مواد هوشمند، نوآوری در توسعه منابع آب، ارتباطات فیبر نوری، مصالح ساختمانی سبز، بهینه‌سازی و نوآوری در طراحی سازه، دینامیک سازه و مهندسی زلزله، پیش‌سلامت سازه، نانو مواد، فناوری نانو و حسگرها، مواد زیست‌سازگار هوشمند و دستگاه‌های پزشکی، مواد برای تبدیل و ذخیره انرژی، و اینترنت اشیا در توسعه پایدار است.

ادامه جدول ۳

نام کتاب و مرجع	نویسندگان (کشور)	تاریخ انتشار	ناشر	توضیحات
مهندسی شهری برای توسعه پایدار (Derrible, 2019)	سیبیل دریبیل (آمریکا)	۲۰۱۹	ام‌آی‌تی پرس	زیرساخت‌های شهری را از منظر مهندسی با تأکید بر پایداری معرفی می‌کند. همچنین، اصول اساسی و دانش عملی از نقطه نظر مهندسی عمران، مهندسی محیط زیست، برنامه‌ریزی شهری، مهندسی برق، مهندسی مکانیک و علوم رایانه گرد هم آورده شده‌اند.
مهندسی برای جوامع پایدار (Kelly et al., 2017)	ویلیام ادوارد کلی، باربارا ا. لوک، ریچارد نیوپورت رایت (آمریکا)	۲۰۱۷	انجمن مهندسان عمران آمریکا	این کتاب با تکیه بر تخصص بیش از ۴۰ نویسنده در چهار حوزه تقسیم‌بندی شده است. اولین فصل، پایداری را تعریف می‌کند و پیشینه‌ای تاریخی درباره نقش‌هایی که مهندسان عمران، سامانه‌های زیرساختی و پروژه‌های پیش‌گام در ایجاد جوامع پایدار و انعطاف‌پذیر ایفا می‌کنند، ارائه می‌کند. فصل دوم، اصول مهندسی و شیوه‌های اجرای زیرساخت پایدار به تفصیل بررسی می‌شوند. در فصل سوم، مجموعه‌ای از مطالعات موردی بر شیوه‌های مهندسی پایدار در موقعیت‌های حقیقی تمرکز دارد. این مطالعات موردی ساختمان‌ها، شبکه‌های حمل و نقل، منابع آب، توسعه شهری و تأسیسات صنعتی را پوشش می‌دهد. در نهایت، این کتاب نگاهی به اثرات مثبت و منفی که زیرساخت می‌تواند بر پایداری داشته باشد را بررسی می‌کند.
مهندسی برای توسعه انسانی پایدار: راهنمای پروژه‌های موفق اجتماعی در مقیاس کوچک (Amadei, 2014)	برنارد آمادی (آمریکا)	۲۰۱۴	انجمن مهندسان عمران آمریکا	نویسنده در این کتاب به نقش مهندسی در کاهش فقر و توسعه انسانی می‌پردازد. او چارچوبی را برای کمک به مهندسان معرفی می‌کند تا پروژه‌های کوچک مقیاس را در جوامع آسیب‌پذیر اجرا کنند.
روندها و چالش‌های توسعه پایدار در مهندسی عمران (Nandagiri et al., 2022)	لاکشمان ناندآگیری، ام‌سی ناراسیمهان، شریرام ماراته، اس‌وی دینش (هندوستان)	۲۰۲۲	اسپرینگر	این کتاب به بررسی چالش‌ها و روندهای طی شده توسعه پایدار در زمینه مهندسی عمران می‌پردازد و تعدادی از کنفرانس‌ها در رابطه با این موضوع را پوشش می‌دهد.

نام کتاب و مرجع	نویسندگان (کشور)	تاریخ انتشار	ناشر	توضیحات
توسعه پایدار در طراحی مهندسی و ساخت Yates & Castro- (Lacouture, 2018)	جی کی بییتس، دنیل کاسترو (ایالات متحده)	۲۰۱۸	نیچر	این کتاب به بررسی عملیات ساخت و صنعت احداث از دیدگاه توسعه پایدار می‌پردازد و هدف آن شرح روش‌های ساخت و ساز سبز و به‌کارگیری آن‌ها در پروژه‌ها و مهندسی ساخت است.
رهنمودهای توسعه پایدار برای مهندسی سازه Kestner et al., (2010)	انستیتو مهندسی سازه، کمیته توسعه پایدار	۲۰۱۰	انجمن مهندسان عمران آمریکا	رهنمودهای مطرح شده در راستای طراحی و ساخت پایدار، راهبردهای پایدار، مواد اولیه، زیرساخت‌ها و مطالعه موردی است. این موارد برای کمک به مهندسی در راستای برتری یافتن بر چالش‌های ساخت یک محیط پایدار است.
چرخه عمر و توسعه پایدار سامانه‌های زیرساخت‌های عمرانی Strauss et al., (2012)	آلفرد اشتراوس، دان ام فرانگوبیل، کونارد برمایستر (اتریش)	۲۰۱۲	سمپوزیوم بین‌المللی چرخه عمر مهندسی عمران	چرخه عمر و توسعه پایدار زیرساخت‌های عمرانی در این کتاب مورد بررسی قرار می‌گردد و به توضیح مواردی در رابطه با افزایش طول عمر زیرساخت‌ها، افزایش بهره‌وری و کاهش استهلاک آن‌ها صحبت می‌کند.

### ۵. راهبردهای آموزش پایداری در مهندسی عمران

به طور کلی راهبردهای آموزش پایداری در مراکز آموزش عالی برتر دنیا در قالب گفتگوهای گروهی و یادگیری جمعی دانشجویان می‌باشد. همچنین در کلیه دروس ارائه شده، مفاهیم و مهارت‌های مورد نیاز جهت حرکت در راستای پایداری به صورت مستقیم یا غیرمستقیم بیان شده است. علاوه بر این، دانشجویان بر مطالعات موردی نیز متمرکز می‌شوند. نظر به توسعه علم مهندسی عمران و ارتباط آن با سایر علوم، لازم است دانشجویان با یک رویکرد سازمان یافته با مدل سازی، تحلیل و طراحی سامانه‌های پایدار آشنا شوند. به عبارت دیگر، دانشجویان مدل‌های عددی را پیاده‌سازی و تجزیه و تحلیل کرده و تصمیمات طراحی را برای متعادل کردن ملاحظات فیزیکی، محیطی و اقتصادی اتخاذ می‌کنند. در ادامه راهبرد آموزش پایداری در دانشکده‌های مهندسی عمران چند دانشگاه مطرح می‌شود.

دانشکده مهندسی عمران دانشگاه برکلی یکی از دانشکده‌های پیشرو در مهندسی عمران به شمار می‌رود. در این دانشکده به مفاهیم و کاربردهای پایداری به خوبی توجه شده است. لازم به ذکر است در برخی دروس مرتبط با پایداری، عناوین و سرفصل‌ها ممکن است در هر نیمسال، متناسب با علایق اساتید و دانشجویان تغییر کند. جلسات دروس شامل ترکیبی از سخنرانی‌های اساتید و ارائه‌های سمینار توسط دانشجویان است. دانشجویان به صورت گروهی در پروژه واقعی مشارکت خواهند داشت

و در نهایت با آماده کردن مطالب، نتایج را ارائه می‌نمایند (Berkeley, 2022). در دانشگاه ماساچوست، جهت درک بهتر مفاهیم پایداری در صنعت و به صورت عملیاتی، درسی تحت عنوان شرکت‌های دانش‌بنیان و پایداری ارائه می‌شود. سخنرانانی که در این درس با دانشجویان همراه خواهند شد، کارآفرینان یا مؤسسان شرکت‌های دانش‌بنیانی هستند که در حوزه پایداری مشغول می‌باشند. توسعه پایدار تجربی درس دیگری است که در آن به موضوع پایداری پرداخته می‌شود. دانشجویان این کلاس در دوره کارآموزی تابستانی، در گروه‌های کوچکی در رابطه با توسعه پایدار و ارکان آن بحث و تحقیق می‌کنند و در آخر نتایج خود را ارائه می‌دهند (MIT, 2022).

در دانشکده عمران دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا، جهت ایجاد انگیزه در دانشجویان و فراگیری عملیاتی مفاهیم پایداری از رویکرد نسبتاً جدید و نوآورانه استفاده می‌شود. در این دانشکده برای آموزش پایداری از ابزار سمعی و بصری، مطالعه مطالب و ایجاد تکالیف متنوع برای دانشجویان استفاده می‌شود. آنها از سه روش گفتگوهای گروهی، تکالیف هفتگی و پروژه‌های انفرادی، برای آموزش دانشجویان استفاده می‌کنند. می‌توان گفت پروژه‌های انفرادی و یا حتی گروهی اثرگذارترین فعالیت برای یادگیری در این حوزه بوده است. با توجه به علایق دانشجویان، می‌توان زمینه‌های مختلفی را برای آن‌ها تعریف و پروژه‌ها را ایجاد کرد، شایان ذکر است که بیش از ۵۰ درصد کل نمره درس، به پروژه تخصیص می‌یابد. دانشجو یک فناوری را به دلخواه انتخاب می‌کند و آن را از دیدگاه پایداری توسعه می‌دهد، این فناوری باید بهترین عملکرد را از لحاظ ارکان پایداری از خود نشان دهد تا دانشجو نمره کاملی را بگیرد. همچنین فناوری منتخب، باید پیش‌زمینه صنعتی استواری داشته باشد (حداکثر ۱۰ نمره) و از لحاظ اثرات زیست‌محیطی (حداکثر ۲۰ نمره) و اجتماعی (حداکثر ۲۰ نمره) پایدار باشد و از منظر منطق و پیاده‌سازی نیز میسر باشد (حداکثر ۲۰ نمره). باقی نمره مربوط به فناوری انتخاب شده نیست بلکه مرتبط با دانشجو است. عواملی مانند نحوه ارائه و منطق دانشجو (حداکثر ۲۰ نمره)، طریقه جمع‌آوری اطلاعات و ارجاع‌دهی (حداکثر ۱۰ نمره) و زیبایی‌های بصری ارائه (حداکثر ۵ نمره امتیازی)، باقی نمره پروژه را تشکیل می‌دهد (Fedkin, 2020).

در دانشگاه نیوساوت ولز سیدنی نیز رویکرد آموزشی هر یک از دروس، قبل از شروع کلاس‌ها در دانشکده مهندسی عمران این دانشگاه مشخص می‌شود و سپس در تارنمای دانشکده به صورت گزارشی جامع بارگذاری می‌گردد. در این گزارش جامع، جزئیات درس، اطلاعات مربوط به درس، شرح دفترچه راهنما، اهداف درس، رویکردهای یادگیری درس، نتایج مورد انتظار پس از یادگیری درس، برنامه سرفصل‌های درس همراه با ذکر تاریخ تدریس، نحوه ارزیابی، تبصره‌های ارزیابی آموزشی، جمع‌بندی رویکرد ارزیابی، منابع، تاریخ‌ها و رویداد مهم، تخلف در حین ارزیابی آموزشی، راهنمای تحصیلی درس و پیوست ذکر می‌شوند. در جدول ۴ خلاصه‌ای از گزارش مربوط به هر یک از دروس حوزه پایداری نشان داده شده است (UNSW, 2022 a). یکی دیگر از نکات قابل توجه که از سیاست‌های دانشکده مهندسی عمران دانشگاه نیوساوت ولز سیدنی برداشت می‌شود این است که در تمامی دروس جدول شماره ۴



که به مبحث پایداری اشاره دارد، تکالیف گروهی و فعالیت‌های گروهی یکی از محورهای اصلی رویکرد آموزشی این دانشکده است و باید در نظر گرفته شود (UNSW, 2022 a).

جدول ۴. خلاصه ای از گزارش جامع آموزشی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲ میلادی برای دروس مربوط به پایداری در دانشکده عمران دانشگاه نیوساوت ولز سیدنی (UNSW, 2022 a)

نام درس گزارش جامع	مهندسی حمل و نقل و راه‌سازی پایدار	مهندسی حمل و نقل و محیط زیست پایدار	پایداری در ساخت	برنامه‌ریزی زیرساخت پایدار	مهندسی چوب پایدار	پایداری محیط زیست: روش‌ها، ابزار و مدیریت
اطلاعات مربوط به درس	اولین دوره مقدماتی در رشته مهندسی حمل و نقل در دانشکده	در این دوره بیشتر تمرکز بر حمل و نقل پایدار است.	کاربرد پایداری در محیط ساخت	مبانی طراحی سامانه زیرساخت	طراحی پایدار سازه‌های چوبی	اصول توسعه پایدار از منظر زیست محیطی
شرح دفترچه راهنما	به صورت لینک در تارنمای دانشکده موجود است.					
اهداف درس	- تحلیل سامانه ترافیک و حمل و نقل پایدار - مبانی راه‌سازی	- تحلیل سامانه ترافیک و حمل و نقل پایدار - کمی‌سازی مبحث پایداری در مهندسی حمل و نقل	- تاریخچه پایداری در صنعت ساخت - اهمیت چرخه عمر طراحی، به‌کارگیری مصالح پایدار - اقتصاد چرخشی	- طراحی زیرساخت پایدار - آشنایی با پایداری - آشنایی با فنون برنامه‌ریزی پایدار	- آشنایی با مبانی طراحی پایدار سازه چوبی - روش‌های طراحی مورد استفاده در استرالیا	- آشنایی با روش‌ها، ابزار و اصول مدیریتی توسعه پایدار در محیط زیست (اکولوژی)
رویکردهای یادگیری درس	- مطالعه: مرور مطالب سخنرانی و کتاب‌های درسی، فعالیت در کلاس، انجام تکالیف، دانلود مطالب از وبگاه دانشگاه سخنرانی‌ها؛ پیدا کردن آنچه که باید یاد گرفته شود، دیدن روش‌هایی که در کتاب درسی وجود ندارد، دنبال کردن مثال‌های حل شده، کارگاه‌ها: پرسش سؤال، حل تمرین‌ها، فعالیت مناسب. - ارزیابی: پاسخ دادن به سؤالات امتحانی، نشان دادن دانش و مهارت					
نتایج مورد انتظار پس از یادگیری درس	- مهارت در روش‌ها و روابط مدل‌سازی در ترافیک و حمل و نقل - مهارت در روش‌های طراحی راه‌سازی	- مهارت در روش‌ها و روابط مدل‌سازی در ترافیک و حمل و نقل - مهارت در ایجاد ارتباط بین پایداری و حمل و نقل	- آشنایی با تاریخچه پایداری - مهارت در به‌کارگیری چرخه عمر - مهارت در طراحی و ساخت پایدار	- به‌کارگیری پایداری در مسائل مختلف زیرساختی	- مهارت در به‌کارگیری علم چوب در پروژه‌های چوبی - طراحی با آیین‌نامه استرالیا و اروپا	- درک توسعه پایدار - درک بهتر مباحث EMS و EIA <sup>۲</sup> - کسب مهارت در به‌کارگیری مفاهیم پایداری در پروژه‌ها

ادامه جدول ۴

نام درس	مهندسی حمل و نقل و راه‌سازی پایدار	مهندسی حمل و نقل و محیط زیست پایدار	پایداری در ساخت	برنامه‌ریزی زیرساخت پایدار	مهندسی چوب پایدار	پایداری محیط زیست: روش‌ها، ابزار و مدیریت
نام درس گزارش جامع	<p>با توجه به تاریخ، زمان ارائه و مبحث درس متفاوت است. ولی در حالت کلی نشان می‌دهد که استاد در تاریخ و زمان مشخص شده، چه مباحثی را تدریس خواهد کرد. تاریخ و موضوع تکالیف نیز در این بخش ذکر می‌شود.</p>					<p>برنامه سرفصل‌های درس همراه با ذکر تاریخ تدریس</p>
ارزیابی	<p>آزمون برخط: ۵٪ آزمون میان‌ترم: ۲۵٪ تکالیف: ۲۰٪ آزمون پایان‌ترم: ۵۰٪</p>	<p>آزمون برخط: ۵٪ آزمون میان‌ترم: ۲۵٪ تکالیف: ۲۰٪ آزمون پایان‌ترم: ۵۰٪</p>	<p>آزمون: ۱۰٪ تکالیف گروهی: ۳۰٪ آزمون پایان‌ترم: ۶۰٪</p>	<p>آزمون برخط: ۱۵٪ تکالیف شخصی: ۴۰٪ تکالیف گروهی: ۴۵٪</p>	<p>فعالیت کلاسی: ۵۵٪ آزمون پایان‌ترم: ۴۵٪</p>	<p>آزمون‌های برخط: ۴۰٪ تکالیف گروهی: ۳۰٪ ارائه انفرادی: ۳۰٪</p>
تبصره‌های ارزیابی آموزشی	<p>- عدم مشارکت در هر یک از موارد ارزیابی، به منزله نمره صفر است. - برای گذراندن درس، ۵۰٪ مجموع موارد ارزیابی کافی است، گرچه حداقل ۴۰٪ آزمون پایان‌ترم باید کسب شود. - کاهش درصدی نمره در صورت تأخیر در ارائه و تحویل تکالیف و پروژه‌ها.</p>					
جمع‌بندی رویکرد ارزیابی	<p>همه مواردی که به صورت جزئی‌تر در بخش ارزیابی ذکر شد، به صورت کلی و خلاصه همراه با تاریخ و زمان رویداد ذکر می‌شود.</p>					
منابع	<p>درس به درس و سال به سال متفاوت است ولی عموماً مطالب گفته‌شده در کلاس و بازگذاری شده در وبگاه آموزشی دانشگاه مد نظر است (در قسمت کتاب‌های مربوط برای هر یک از دروس این دانشگاه، کتاب‌های پیشنهادی نام برده شده است).</p>					
تاریخ‌ها و روادید مهم	<p>در تقویم اجرایی دانشگاه موجود است.</p>					
تخلف در حین ارزیابی آموزشی	<p>هرگونه کپی‌برداری و تقلب در حین انجام پروژه‌ها و تکالیف، موجب صفر شدن نمره آن تکالیف و در نهایت ممکن است منجر به اخراج و حذف دانشجوی متقلب از آن درس شود.</p>					
راهنمای تحصیلی درس	<p>اطلاعات و موضوعات مهم در حین یادگیری درس را مشخص می‌کند.</p>					

## ۶. بررسی و تحلیل محتوای آموزشی در زمینه پایداری برای مهندسان عمران در کشور

ایران کشوری با وسعت زیاد و آب و هوای متنوع است. در همین راستا، توسعه اقتصادی، سیاسی و... کشور در گرو توسعه لجستیکی و عمرانی آن است. ابرپروژه‌های عمرانی (از قبیل سد، آزادراه، بزرگراه و...) به وفور در کشور در حال اجرا یا بهره‌برداری می‌باشند. همچنین پروژه‌های دیگری نیز در فاز صفر است و باید در آینده اجرا گردد. در تمام این پروژه‌ها، توجه به پایداری اهمیت ویژه‌ای دارد. بنابراین لازم است نیروی انسانی متخصص و آشنا با اصول پایداری پرورش یابد. در حال حاضر، در برنامه درسی ارائه‌شده مقطع کارشناسی رشته مهندسی عمران توسط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در خصوص

معرفی و آموزش مفاهیم پایداری به دانشجویان مهندسی عمران نقایص و کمبودهایی وجود دارد. به طوری که در مقطع کارشناسی رشته مهندسی عمران از ۱۴۰ واحد درسی، که دانشجویان ملزم به اخذ آن‌ها هستند، تنها ۳ واحد درسی اختیاری تحت عنوان انرژی و توسعه پایدار وجود دارد (جدول ۵) (MSRT, 2013). لازم به ذکر است که علی‌رغم قید عبارت توسعه پایدار در عنوان درس، سرفصل‌های در نظر گرفته شده، قادر به تبیین مفهوم و ارکان پایداری و ابزارهای آن در پروژه‌های عمرانی برای دانشجویان مقطع کارشناسی نیستند. بیشتر سرفصل‌های این درس مربوط به حوزه انرژی است که البته داشتن اطلاعات علمی در این خصوص مفید است اما ارتباط آن با سامانه‌های مهندسی عمران و پایداری مطرح نشده است.

در این پژوهش با برخی از اعضای هیئت علمی مدرس دروس "تکنولوژی بتن" و "روسازی" در دانشگاه‌های سرآمد کشور مکاتبه شد که برآیند اطلاعات اخذ شده نشان می‌دهد بهتر است در سرفصل‌های این دو درس در مقطع کارشناسی تجدید نظر شود و مفاهیم مربوط به پایداری، از قبیل بازیافت و ارزیابی چرخه عمر و غیره به آنها اضافه گردد. هر چند مدرسان در حال حاضر نیز به مباحث مرتبط با پایداری اشاره دارند اما وجود سرفصل مدون در این حوزه، کارآمدتر خواهد بود. همچنین مشخص شد در مقاطع تحصیلات تکمیلی بیشتر به پایداری پرداخته می‌شود، این در حالی است که تعداد کثیری از فارغ‌التحصیلان مقطع کارشناسی، پس از پایان دوره وارد بازار کار می‌شوند که این موضوع، آموزش مفاهیم پایداری در مقطع کارشناسی را ضروری می‌کند.

همان‌طور که در جدول ۵ مشخص است، برخی دیگر از واحدهای درسی، همچون اقتصاد مهندسی نیز به عنوان دروس اختیاری دیگری در نظر گرفته شده است که به صورت غیرمستقیم، در راستای مفاهیم پایداری هستند. مطابق برنامه درسی مصوب، اقتصاد مهندسی (به عنوان درس ۲ واحدی) به بیان مفاهیمی در خصوص فرایند تصمیم‌گیری، عوامل مالی، فنون اقتصاد مهندسی و کاربرد آن‌ها، استهلاک، تجزیه و تحلیل اقتصادی بعد از کسر مالیات، تجزیه و تحلیل جایگزینی، تورم و... می‌پردازد که به صورت غیرمستقیم، به پایداری مربوط می‌شود. در میان دروس اجباری، درس مهندسی محیط زیست تنها درسی است که با مفاهیم پایداری در ارتباط است. عمده سرفصل‌های بیان شده در درس مهندسی محیط زیست نیز در خصوص آشنایی با مبانی زیست‌بوم، منابع آب و آلودگی‌های آن، آشنایی با فرایند تصفیه آب، تصفیه فاضلاب، مدیریت مواد زائد جامد، آلودگی هوا و همچنین آلودگی صوتی است. پر واضح است که مفاهیم و تعاریف بیان شده در دروس مذکور، تمرکز بر ارکان پایداری یا همان مهندسی عمران پایدار ندارند. با توجه به آنکه اغلب مهندسان شاغل در پروژه‌های عمرانی، از فارغ‌التحصیلان مقطع کارشناسی هستند، ارائه واحدهای درسی مرتبط با پایداری و آموزش ارکان آن می‌تواند منجر به تحقق اهداف پایداری در مهندسی عمران گردد.

مطابق جدول ۵، در مقاطع تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) مهندسی عمران در گرایش‌های سازه، زلزله و راه و ترابری، هیچ درسی به صورت مستقیم یا غیرمستقیم در راستای بیان و آموزش مفاهیم و ارکان پایداری ارائه نشده است. لزوم آشنایی با مفاهیم پایداری در این گرایش‌های تخصصی، به طور کلی در قسمت مقدمه بیان گردید.

در گرایش مهندسی و مدیریت ساخت، تنها ۲ واحد درسی با عنوان توسعه پایدار در ساخت و ساز در نظر گرفته شده است. در این درس دانشجویان با مفاهیم و تعاریف پایداری، شاخص‌های کلیدی برای پایداری پروژه‌های زیرساختی، توسعه پایدار در مراحل مختلف پروژه، از طراحی تا ساخت، بررسی و انتخاب شاخص‌های کلیدی پروژه‌های پایدار در کشور ایران، عمر مفید سازه‌های پایدار، مصالح و روش‌های ساخت در سازه‌های پایدار، مسئولیت ذی‌نفعان پروژه در پایداری، نقش فرهنگ در توسعه پایدار، خطرات در توسعه پایدار، مدیریت ارتباطات در پروژه‌های پایدار و... آشنا می‌شوند.

در گرایش مهندسی محیط زیست، دروسی با عنوان توسعه پایدار و مدیریت محیط زیست (۳ واحد) و مبنای طراحی توسعه پایدار (۳ واحد) ارائه شده است. در این دروس نیز مفاهیم همچون تعاریف، تاریخچه و شاخصه‌های پایداری، چارچوب‌های تدوین شاخصه‌های پایداری، آمایش سرزمین، مدیریت زیست‌محیطی آب دریا، خاک، هوا، پسماندهای شهری و صنعتی، لزوم طراحی بر مبنای توسعه پایدار، محاسبه اثر کربن در طراحی و روش‌های کاهش آن، روش‌های پایدار ساخت، شرایط توسعه پایدار در ساخت شهرک‌های مسکونی و صنعتی، شرایط توسعه پایدار در ساخت سازه‌های عمرانی، مدیریت سرمایه و برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای با توجه به اصول توسعه پایدار و... پرداخته شده است. سایر دروس ارائه‌شده در این گرایش‌ها، به صورت غیرمستقیم به بیان ابعاد مختلف توسعه پایدار (بیشتر رکن محیط زیستی) پرداخته‌اند.

در گرایش‌های حمل و نقل، مهندسی و مدیریت منابع آب، مهندسی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی نیز به صورت غیرمستقیم برخی از مفاهیم پایداری بیان شده است. علاوه بر این، در گرایش‌های سازه و زلزله که فارغ‌التحصیلان آن‌ها در طراحی و ساخت اکثر سازه‌های عمرانی دخیل هستند، هیچ درسی به بیان کاربردهای پایداری در این گرایش‌ها نمی‌پردازد که در بلندمدت، ممکن است منجر به ضعف در انتخاب بهینه از میان گزینه‌های اجرایی برای پروژه‌های عمرانی شود. در نتیجه، اتلاف زمان و منابع، هدررفت بودجه و عدم سازگاری فرایندها با شرایط اقلیمی و کاربری سازه قابل انتظار است. شایان ذکر است که در گرایش ژئوتکنیک، مجموعه ژئوتکنیک زیست‌محیطی شامل دروسی است که می‌توانند برخی از مفاهیم توسعه پایدار را پوشش دهند. در جدول (۵) به بررسی دروس مرتبط به تفکیک مقطع تحصیلی و گرایش در مهندسی عمران پرداخته شده است.

جدول ۵. دروس مرتبط با پایداری در مهندسی عمران (کارشناسی و تحصیلات تکمیلی) طبق برنامه درسی مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (MSRT, 2009 & 2013)

مقطع تحصیلی	گرایش	دروس مرتبط با پایداری (تعداد واحد درسی)
کارشناسی	-	مهندسی محیط زیست (۲)، انرژی و توسعه پایدار (۳)، اقتصاد مهندسی (۲)، آلودگی هوا و روش های کنترل آن (۳)
	سازه	-
	ژئوتکنیک	طراحی مدفن زباله (۲)، ژئوتکنیک زیست محیطی (۳)، مهار زباله و فناوری بازیابی (۲)
	زلزله	-
	مهندسی و مدیریت ساخت	مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست (۳)، توسعه پایدار در ساخت و ساز (۲)، اقتصاد مهندسی پیشرفته (۳)
	راه و ترابری	-
	حمل و نقل	محیط زیست و حمل و نقل (۳)، مدیریت و اقتصاد حمل و نقل (۳)
	مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی	ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح های عمرانی (۳)
	مهندسی و مدیریت منابع آب	اقتصاد پروژه های منابع آب (۳)، تغییر اقلیم و گرمایش جهانی (۳)، ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح های عمرانی (۳)
	مهندسی سواحل، بنادر و سازه های دریایی	مهندسی محیط زیست دریایی (۳)، اقتصاد و حمل و نقل دریایی (۳)
مهندسی محیط زیست	مهندسی محیط زیست	توسعه پایدار و مدیریت محیط زیست (۳)، مبانی طراحی توسعه پایدار (۳)، مهندسی محیط زیست دریایی (۳)، مهندسی، مدیریت و پردازش و بازیافت پسماند (۳)، ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح های عمرانی (۳)، آلودگی صوتی و کنترل آن (۳)، بازیافت و بازاستفاده پساب (۳)، کنترل نشر آلاینده ها از منابع ساکن و متحرک (۳)، طراحی مدفن زباله (۲)، هواشناسی و تغییر اقلیم (۳)

در قیاس بین دروس تدریس شده در دانشگاه های خارجی (جدول ۲) و دروس مصوب رشته مهندسی عمران در ایران (جدول ۵)، به نظر می رسد اکثر دروس موجود در برنامه مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به ویژه در مقطع کارشناسی، عموماً به صورت غیرمستقیم با مفاهیم پایداری در ارتباط است، به نحوی در دانشگاه های خارجی، انواع دروسی که مستقیماً در ارتباط با پایداری هستند، در کنار دروسی که غیرمستقیم در ارتباط می باشند، تدریس می شوند. هر چند این موضوع، تا حدی در مقاطع تحصیلات تکمیلی در داخل کشور کم رنگ تر است و دروسی که مستقیماً در ارتباط با پایداری هستند در برخی گرایش ها، به ویژه مهندسی محیط زیست، تدریس می شوند.

در جدول ۶، به تعدادی از کتاب هایی که در راستای مفاهیم پایداری در مهندسی عمران در داخل کشور تألیف یا ترجمه شده اند، اشاره شده است.

جدول ۶. برخی کتاب‌های تألیفی یا ترجمه‌شده در رابطه با مفاهیم پایداری در مهندسی عمران (NLAI, 2022)

نام کتاب و مرجع	نویسندگان (کشور)	تاریخ انتشار	ناشر	توضیحات
مبانی و تئوری ارزیابی چرخه عمر	محمد رضا صبور، قربانعلی دزواره، محمد رضا حاج بابایی - مترجمان (ایران)	۱۴۰۰	آوای قلم	بررسی مشخصات اصلی ارزیابی چرخه عمر و تاریخچه آن و تعریف کاربردهای آن. مطالعه روش‌شناسی‌های مختلف و ارتباط ارزیابی چرخه عمر با مفاهیم پایداری
مقدمه‌ای بر توسعه پایدار؛ ویژه مهندسی عمران و معماری	نگین اعرابی، کامبیز بهنیا- مؤلفان (ایران)	۱۳۹۲	سروش دانش	چگونگی حرکت در راستای پایداری با ملاحظه رابطه بین سه جز رونق اقتصادی، رفاه اجتماعی و حفظ محیط زیست و سوق‌دهی ذهن مهندسان و دانشجویان مهندسی عمران و معماری به سوی تفکر پایدار
ارزیابی زیست‌محیطی چرخه حیات	کامران خیرعلی پور - مؤلف (ایران)	۱۳۹۹	دانشگاه ایلام	تعریف روش ارزیابی چرخه حیات، به عنوان یک رویکرد جدید برای محاسبه و بررسی اثرات زیست‌محیطی همه انواع فعالیت‌های تولیدی و خدماتی

در قیاس با کتاب‌های منتشرشده در خارج از کشور (جدول ۲)، کتاب‌های داخلی در حوزه پایداری مهندسی عمران از دیدگاه تعداد و تنوع تخصص‌های مختلف این رشته، محدودتر هستند. هر چند کتاب‌های زیادی تحت عنوان توسعه پایدار در کشور منتشر شده است اما افتراق بین مفاهیم پایداری و توسعه پایدار از منظر مهندسی انجام نگرفته است. این مسئله، بیانگر لزوم نشر کتاب‌هایی در گرایش‌های مختلف مهندسی عمران، به منظور ارائه ابزارهای پایداری است.

## ۷. نتیجه‌گیری

این پژوهش یک مطالعه توصیفی - مقایسه‌ای است که برای بررسی وضعیت آموزش پایداری در حوزه مهندسی عمران، با توجه به تجارب داخل و خارج از کشور انجام شده است. در ادامه، مهم‌ترین نتیجه‌گیری‌ها و راهکارها بیان می‌شود:

با توجه به تفاوت بین مفاهیم "پایداری" و "توسعه پایدار"، این نکته حائز اهمیت است که توسعه پایدار، الگوواره تعریف‌شده‌ای توسط سازمان ملل، با تمرکز بر توسعه است، در صورتی که پایداری به اندیشیدن در رابطه با آینده، در کنار در نظر گرفتن ملاحظات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی است. تجارب جهانی نشان می‌دهد آموزش مفاهیم پایداری در حوزه مهندسی عمران، به منظور تربیت نیروی متخصص توسط مؤسسات آموزش عالی و سازمان‌های حرفه‌ای مورد توجه است. فراهم آوردن ابزار مورد نیاز یک مهندس عمران، مانند ارزیابی چرخه عمر، تحلیل هزینه چرخه عمر و ارزیابی اثرات محیط زیستی در جهت بررسی میزان و رتبه‌بندی پایداری یک سامانه مهندسی، امری اجتناب‌ناپذیر است.

در برنامه آموزشی مصوب مهندسی عمران در داخل کشور، در مقاطع و گرایش‌های متفاوت، دروس اندکی تعریف شده است که مستقیماً با پایداری و ابزارهای آن مرتبط هستند، در صورتی که در دانشگاه‌های مطرح جهان، برای پوشش مفاهیم پایداری در انواع تخصص‌های مهندسی عمران با توجه به نیاز صنعت، انواع دروس با تنوع بیشتری ارائه می‌گردد. همچنین کتاب‌ها و منابع آموزشی متعددی نیز همسو با رویکردهای پژوهشی و تحقیقاتی مؤسسات آموزش عالی خارجی در دسترس است.

در مقطع کارشناسی مهندسی عمران در ایران، تنها یک درس اختیاری تحت عنوان انرژی و توسعه پایدار تعریف شده است که بیشتر به مباحث انرژی‌های پایدار می‌پردازد، به نحوی که ابزار مورد نیاز یک مهندس عمران، از قبیل ارزیابی چرخه عمر، تحلیل هزینه چرخه عمر و ارزیابی اثرات محیط زیستی را برای به‌کارگیری مفاهیم پایداری، به طور کامل پوشش نمی‌دهد. همچنین بعضی از سرفصل‌های دروس مقطع کارشناسی، در جهت به‌کارگیری مفاهیم پایداری، به‌روزرسانی نشده‌اند. به عنوان مثال، تشریح به‌کارگیری اصول فنی، اقتصادی و زیست محیطی مواد و مصالح بازیافتی در بتن و آسفالت در دروس مصالح ساختمانی، فناوری بتن و روسازی امکان‌پذیر است. در مقاطع تحصیلات تکمیلی نیز گرایش‌های سازه، زلزله و راه و ترابری، فاقد درسی در ارتباط مستقیم با پایداری هستند. گرایش‌های حمل و نقل، مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، مهندسی و مدیریت منابع آب و مهندسی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی نیز تنها چند واحد درسی با ارتباط غیرمستقیم دارند. شایان ذکر است که گرایش‌های ژئوتکنیک، مهندسی و مدیریت ساخت و محیط زیست، دروسی با ارتباط مستقیم نیز دارند. بنابراین در مؤسسات آموزش عالی کشور، فارغ‌التحصیلان مقاطع مختلف تحصیلی رشته مهندسی عمران، با ابزار لازم در جهت به‌کارگیری اصول پایداری و بررسی آن در پروژه‌های عمرانی به طور کامل آشنا نمی‌شوند و شناخت کمتری از نرم‌افزارها و سامانه‌های ارزیابی پایداری پیدا می‌کنند. راهبردهای آموزش پایداری در مهندسی عمران نیز از چالش‌های مورد توجه است. اصول و ابزار پایداری در اکثر مؤسسات آموزش عالی خارجی، تحت عناوین متفاوتی تدریس می‌شوند. آموزش پایداری در این مؤسسات با فعالیت‌های گروهی، تعریف پروژه، استفاده از تجارب صنایع و شرکت‌های دانش بنیان و ایجاد برنامه‌های کارآموزی در قالب یادگیری جمعی محقق می‌شود. به عنوان مثال، گروه‌های دانشجویی با انتخاب یک موضوع مطرح فنی در زمینه پایداری، پژوهش خود را آغاز می‌کنند و در نهایت نتیجه خود را ارائه می‌دهند و با توجه به آن، بخش مهمی از کل نمره را که به پروژه‌های گروهی اختصاص یافته است، دریافت می‌کنند. این فعالیت‌ها در کنار تکالیف، تمرین‌ها و مطالعات هفتگی در قالب کارگروهی، باعث می‌شود تا مهارت‌های دانشجویان در جهت آنچه که در یک پروژه عمرانی به عنوان یک سامانه مهندسی اتفاق می‌افتد، پرورش یابد و تصمیم‌گیری بهتری در پروژه‌ها انجام شود.

- به طور کلی پیشنهادهایی که برای بهبود رویکردهای پایداری در بین فارغ‌التحصیلان مهندسی عمران می‌توان داشت، به شرح زیر است:
- تعریف دروس در انواع گرایش‌های تحصیلات تکمیلی و مقطع کارشناسی مهندسی عمران در جهت آموزش مفاهیم و ابزارهای سنجش پایداری به صورت مستقیم
  - به‌روزرسانی سرفصل دروس مقاطع مختلف تحصیلی مهندسی عمران، در راستای ایجاد رویکردهای طراحی پایدار
  - به‌روزرسانی سرفصل‌های درس انرژی و توسعه پایدار مقطع کارشناسی، در راستای فراگیری ابزار طراحی پایدار مورد نیاز یک مهندس عمران از قبیل ارزیابی چرخه عمر، تحلیل هزینه‌های چرخه عمر و ارزیابی اثرات محیط زیستی
  - استفاده از روش‌های نوین تدریس در قالب فعالیت‌های گروهی برای شبیه‌سازی شرایط پروژه‌های عمرانی، تحقیق و پژوهش در رابطه با موضوعات به‌روز پایداری، تعریف تکالیف و مطالعات هفتگی، آموزش نرم‌افزارها و سامانه‌های رده‌بندی پایداری با همکاری بخش صنعتی
  - فعالیت سازمان‌های حرفه‌ای مهندسی عمران در راستای ترغیب اعضا از طریق آموزش و تدوین دستورالعمل‌ها در جهت به‌کارگیری اصول پایداری و ترویج مفاهیم آن

## References

- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). (2021). Criteria for accrediting engineering programs.
- Admin. (2012). "Difference between sustainability and sustainable development". Retrieved from: <https://www.differencebetween.com/difference-between-sustainability-and-vs-sustainabledevelopment/>.
- Ali, K. K., & Bakir, H. F. (2021). *Sustainable Civil Engineering*.
- Amadei, B. (2014, August). *Engineering for sustainable human development: A guide to successful small-scale community projects*. American Society of Civil Engineers.
- American Society of Civil Engineering (ASCE). (2020). Code of ethics.
- American Society of Civil Engineering ASCE. (2022). Committee on sustainability (cos), Awards working groups: ASCE. Retrieved from: <https://www.asce.org/communities/institutes-and-technical-groups/sustainability/committees/committee-on-sustainability--cos/awards-working-group>.
- Arizona State University (ASU). (2022). School of Sustainable Engineering and the Built Environment. Retrieved from: <https://ssebe.engineering.asu.edu/graduate/civil/>.
- Braham, A., & Casillas, S. (2021). *Fundamentals of sustainability in civil engineering*.
- Braxtan, N. L., & Nossoni, G. (2015, June). Correlation of personality type with student interest in sustainability in civil engineering. *2015 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 26-411).
- Brunel University London. Brunel. (2022). Retrieved from: <https://www.brunel.ac.uk/study/undergraduate/civil-engineering-with-sustainability-beng/>.
- Derrible, S. (2019). *Urban engineering for sustainability*. MIT Press.
- École des ponts ParisTech (Ecolo). (2022). School of Civil and Structural Engineering. Retrieved from: <https://www.ecoledesponts.fr/en/civil-and-structural-engineering/>.
- Fedkin, M. V. (2020). John and Willie Leone family department of energy and mineral engineering. Retrieved from <https://www.e-education.psu.edu/eme807/>.



- Hong Kong University of Science and Technology (HKUST). (2022). School of Civil Engineering. Retrieved from: [https://www.ce.ust.hk/programs/course\\_description/](https://www.ce.ust.hk/programs/course_description/).
- Indian Institute of Technology Bombay (IITB). (2022). School of Civil Engineering. Retrieved from: <https://www.civil.iitb.ac.in/academics/>.
- Jeronen, E. (2013) Sustainability and sustainable development. In: Idowu S.O., Capaldi N., Zu L., Gupta A.D. (eds) *Encyclopedia of corporate social responsibility*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-28036-8\\_662/](https://doi.org/10.1007/978-3-642-28036-8_662/).
- Kelly, W. E., Luke, B., & Wright, R. N. (2017, September). *Engineering for sustainable communities: Principles and practices*. American Society of Civil Engineers.
- Kestin, T., van den Belt, M., Denby, L., Ross, K., Thwaites, J., & Hawkes, M. (2017). *Getting started with the SDGs in universities: A guide for universities, higher education institutions, and the academic sector*.
- Kestner, D. M., Goupil, J., & Lorenz, E. (2010). *Sustainability guidelines for the structural engineer*. American Society of Civil Engineers (ASCE).
- Massachusetts Institute of Technology (MIT). (2022). Retrieved from <http://catalog.mit.edu/subjects/1/>.
- Massachusetts Institute of Technology (MIT). (2022 a). School of Civil and Environmental Engineering. Retrieved from: <http://catalog.mit.edu/subjects/1/>.
- Massachusetts Institute of Technology (MIT). (2022 b). School of Civil and Environmental Engineering. Retrieved from: <https://cee.mit.edu/research/>.
- McGill University. McGill. (2022). School of Civil Engineering. Retrieved from: <https://www.mcgill.ca/civil/undergrad/courses/>.
- Ministry of Science, Research and Technology (MSRT). (2013). Syllabus and educational program of graduate course in civil engineering [in persian].
- Ministry of Science, Research and Technology (MSRT). (2009). Syllabus and educational program of bachelor's degree in civil engineering [in persian].
- Nandagiri, L., Narasimhan, M. C., Marathe, S., & Dinesh, S. V. (Eds.). (2022). *Sustainability trends and challenges in civil engineering: Select Proceedings of CTCS 2020*. Springer.
- National Library and Archives of I.R.IRAN (NLAI). (2022). Retrieved from: <https://opac.nlai.ir/opac-prod/search/searchBF.do/>.
- National Taiwan University (NTU). (2022). School of Civil Engineering. Retrieved from: <https://www.ce.ntu.edu.tw/en/all/>.
- National University of Singapore (NUS). (2022 a). Retrieved from: <https://cde.nus.edu.sg/cee/undergraduate/beng-civil/curriculum/>.
- National University of Singapore (NUS). (2022 b). Retrieved from: <https://cde.nus.edu.sg/cee/research/research-clusters/>.
- Nietzel, M. T. (2022). Stanford university announces largest gift in its history – \$1.1 billion from John and Ann Doerr. Retrievd from <https://www.forbes.com/sites/michaelt Nietzel/2022/05/04/stanford-university-announces-largest-gift-in-its-history11-billion-from-john-and-ann-doerr/?sh=6382072d14e6/>.
- Politecnico di Torino University (Polito). (2022 a). Retrieved from: [https://didattica.polito.it/pls/portal30/sviluppo.offerta\\_formativa\\_2019.vis?p\\_a\\_acc=2022&p\\_sdu=32&p\\_cds=14/](https://didattica.polito.it/pls/portal30/sviluppo.offerta_formativa_2019.vis?p_a_acc=2022&p_sdu=32&p_cds=14/).
- Politecnico di Torino University (Polito). (2022 b). Retrieved from: [https://www.diseg.polito.it/en/la-ricerca/aree\\_tematiche/](https://www.diseg.polito.it/en/la-ricerca/aree_tematiche/).
- Pour Asghar Sangachin, A, Esmacel Asadi, R, (2017), *Workshop booklet*, Economic and Coordination Deputy of Planning and Budget Organization [in persian].
- Sáez de Cámara, E., Fernández, I., & Castillo-Eguskitza, N. (2021). A holistic approach to integrate and evaluate sustainable development in higher education. The case study of the University of the Basque Country. *Sustainability*, 13(1), 392.
- Shukla, S. K., Chandrasekaran, S., Das, B. B., & Kolathayar, S. (2020). *Smart technologies for sustainable*.

- South East Technological University Waterford (SETU). (2022). Retrieved from: <https://www.wit.ie/courses/beng-hons-in-sustainable-civil-engineering-degree-option#outline/>.
- Stanford University. (2022). Retrieved from: <https://ughb.stanford.edu/majors-minors/major-programs/civil-engineering/>.
- Strauss, A., Frangopol, D., & Bergmeister, K. (Eds.). (2012). *Life-cycle and sustainability of civil infrastructure systems: Proceedings of the Third International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE'12), Vienna, Austria*, October 3–6, 2012. CRC Press.
- Tejarei, S. S., & Mottaghipour, M. (2016). Developing "green design" courses for engineering students. *Iranian Journal of Engineering Education*, 18(70), 37. [in persian].
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2021). Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:>.
- University of Berkeley. Berkeley. (2022). Civil Engineering. Retrieved from: <https://app.ce.berkeley.edu/courses/CEE/>.
- University of Liverpool. (Liverpool). (2022). School of Civil Engineering. Retrieved from: <https://www.liverpool.ac.uk/study/undergraduate/courses/civil-engineering-beng-hons/about-us/>.
- University of New South Wales (UNSW). (2022 a). School of Civil and Environmental Engineering. Retrieved from: <https://www.unsw.edu.au/engineering/our-schools/civil-and-environmental-engineering/student-life/course-outlines/>.
- University of New South Wales (UNSW). (2022 b). School of Civil and Environmental Engineering. Retrieved from UNSWc: <https://www.unsw.edu.au/engineering/our-schools/civil-and-environmental-engineering/our-research/>.
- University of Texas at Austin (UTexas). (2022 a). Retrieved from: <https://utexas.app.box.com/s/95zvjqh9justzafx15cyr12te7tiw7/>.
- University of Texas at Austin (UTexas). (2022 b). Retrieved from: <https://www.caee.utexas.edu/research/research-areas/>.
- Western Sydney University. Western Sydney. (2022). Retrieved from: <https://www.westernsydney.edu.au/future/study/courses/postgraduate/>.
- Yates, J. K., & Castro-Lacouture, D. (2018). *Sustainability in engineering design and construction*. CRC Press.
- York University (YU). (2022 a). Retrieved from: <https://lassonde.yorku.ca/civil/academics/undergraduate-studies/undergraduate-courses/undergraduate-technical-electives/#structural/>.
- York University (YU). (2022 b). Retrieved from: <https://lassonde.yorku.ca/civil/research/>.