

نوسازی برنامه درسی مهندسی با رویکرد آموزش برای توسعه پایدار: یک مطالعه فراترکیب

مهدی محمدی^۱ و فرزانه دیمه کار حقیقی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۲/۱۲

DOI: 10.22047/ijee.2026.574771.2239

DOR:

چکیده: هدف مطالعه حاضر طراحی مدل نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی براساس اصول آموزش برای توسعه پایدار است. این پژوهش از نوع کاربردی و در زمره پژوهش‌های با رویکرد سنتزپژوهی و از نوع فراترکیب کیفی است. این روش فراتر از خلاصه‌سازی یافته‌هاست و با ترکیب و تفسیر عمیق داده‌ها، تصویری کلی و جامع از موضوع پژوهش ارائه می‌دهد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی صورت پذیرفت. یافته‌های پژوهش نشان داد که در مرحله ترکیب داده‌ها، سه کد محوری شامل شایستگی‌های مؤثر اعضای هیئت علمی، توانمندی‌های پایه دانشجویان مهندسی و ظرفیت‌های بنیادی و نهادی دانشگاه، پیشایندهای نوسازی برنامه درسی براساس آموزش برای توسعه پایدار را شکل می‌دهد. همچنین بازتعریف جهت‌گیری فلسفی و هدف‌گذاری، طراحی و بازطراحی ساختار و محتوا، تحول در راهبردهای یاددهی - یادگیری، اجرا، پایش، اصلاح و نهادینه‌سازی به عنوان فرایندهای این نوسازی شناسایی شد. پیامدها نیز در سه سطح فردی و آموزشی، سازمانی و اجتماعی و زیست محیطی و اقتصادی طبقه‌بندی گردید. نتایج نشان می‌دهد ادغام آموزش برای توسعه پایدار در آموزش مهندسی یک الزام جهانی است و دانشگاه‌ها برای هم‌سویی با اهداف توسعه پایدار و آماده‌سازی مهندسان آینده ناگزیر از حرکت در این مسیر هستند.

واژگان کلیدی: نوسازی برنامه درسی، آموزش مهندسی، توسعه پایدار

۱- استاد، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران (نویسنده مسئول). M48r52@gmail.com

۲- دکتری، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. farzanedimehkarhaghghi@gmail.com

۱. مقدمه

توسعه پایدار به عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی جهانی، به علت مواجهه کشورها با چالش‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی به سرعت در سرفصل اولویت‌های بین‌المللی قرار گرفته است. ناهماهنگی در تعامل انسان با محیط زیست و بهره‌برداری ناپایدار از منابع طبیعی، تهدیدی جدی برای نسل فعلی و آتی محسوب می‌شود (Chen & Liu, 2020; Gatti et al., 2019). لذا سازمان ملل متحد با ایفای نقش کلیدی در حوزه‌های توسعه انسانی، صلح و حقوق بشر، در سال ۲۰۱۵ اهداف توسعه پایدار را با محوریت اصلی «هیچ‌کس را جا نگذاریم» تعریف کرد که تا پایان سال ۲۰۳۰ به این چالش‌های جهانی پاسخ دهد. این مأموریت بزرگ، نظام‌های آموزشی جهان را ملزم کرده است تا برنامه‌های خود را برای پاسخ به این اهداف بازنگری و نوسازی نمایند.

مفهوم آموزش برای توسعه پایدار با هدف پرورش نسلی آگاه و توانمند شکل گرفته است که قادر به اتخاذ و اجرای تصمیم‌هایی باشند که تأثیرات مثبتی بر خود، جامعه و نسل‌های آینده داشته باشند (Trent & Schnurr, 2018; Van der Merwe & Albertyn, 2009). بر اساس نظر ترنت و چنور (Trent & Schnurr, 2018) آموزش برای توسعه پایدار ابزاری کارآمد برای شکل‌دهی به جوامعی صلح‌آمیز و پایدار است. این رویکرد چارچوبی جامع ارائه می‌دهد که جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی توسعه را دربرمی‌گیرد (McKeown & Hopkins, 2007). در تمایز با آموزش زیست‌محیطی سنتی، آموزش برای توسعه پایدار با تأکید بر تفکر انتقادی و یادگیری مشارکتی، ضمن تسهیل تغییر رفتار، به ایجاد تأثیرات ماندگار و پایدار در فراگیران می‌پردازد (Oe et al., 2022). درواقع، آموزش به مثابه نیرویی تحول‌آفرین و شکل‌دهنده به آگاهی جمعی مسئولیت‌پذیر، اصلی‌ترین راهبرد برای پیشبرد توسعه پایدار در مواجهه با بحران‌های چندوجهی کنونی به شمار می‌رود. گنجاندن هدفمند اهداف توسعه پایدار در هسته مرکزی برنامه‌های درسی آموزش مهندسی، فراتر از انتقال صرف دانش، زمینه‌ساز پرورش مهندسانی است که نه تنها مسائل واقعی جهان را شناسایی می‌کنند، بلکه از توان تحلیل انتقادی و عمل مشارکتی برای حل خلاقانه چالش‌های پیچیده مرتبط با توسعه پایدار برخوردارند (Núñez-Canal et al., 2022; Patil et al., 2024; Rumania & Nuryani, 2023; Seik-). این فرایند یکپارچه‌سازی با ایجاد پیوندی واقعی میان محتوای آموزشی و واقعیت‌های اجتماعی-زیست‌محیطی، دانشجویان را از حالت منفعل دریافت‌کننده اطلاعات به کنشگرانی فعال و متعهد تبدیل می‌کند؛ نسلی که قادر است تعادل میان نیازهای کنونی و حقوق نسل‌های آینده را برقرار سازد و از این‌رو، آموزش برای توسعه پایدار را به موتور محرکه تحقق چشم‌انداز ۲۰۳۰ سازمان ملل متحد مبدل می‌سازد.

در همین راستا، چارچوب‌های بین‌المللی متعدد، نوسازی برنامه‌دستی را به‌عنوان اهرم اصلی عملیاتی‌سازی آموزش برای توسعه پایدار و دستیابی به اهداف آن شناسایی کرده‌اند (Bedoya-Do- rado et al., 2022; Kioupi & Voulvoulis, 2019). یونسکو به‌عنوان پیشگام در این حوزه، بارها تأکید کرده است که بدون بازنگری ساختاری و محتوایی برنامه‌های دستی، تحقق چشم‌انداز «آموزش کیفی برای همه» و ایفای نقش آموزش در گذار به جوامع پایدار ناممکن خواهد بود. در این میان، رویکرد «نوسازی سریع برنامه‌دستی برای توسعه پایدار» نخستین بار توسط دیشا و هارگروو (Desha & Hargroves, 2010) تبیین شد، الگویی کارآمد که شامل مراحل نظام‌مندی چون شناسایی ویژگی‌های مطلوب دانش‌آموختگان پیدارمحور^۱، نگاشت برنامه‌دستی موجود در برابر این ویژگی‌ها، حذف محتواهای ناسازگار و افزودن واحدهای میان‌رشته‌ای با تمرکز بر تفکر سیستمی و حل مسئله واقعی است. به بیان دقیق‌تر، نوسازی برنامه‌دستی فرایند پویا و ارزیابی‌محور است که در آن برنامه‌ریزان به بازبینی جامع محتوای دستی، ساختار، روش‌های تدریس و نتایج یادگیری می‌پردازند تا میزان انطباق برنامه با ارزش‌ها، شایستگی‌ها و اهداف کلان جامعه‌سنجیده شود (RET, 2012). این فرایند نه تنها تناسب برنامه را در سطوح طراحی و اجرا می‌سنجد، بلکه زمینه‌ساز تحولی بنیادین از آموزش سنتی و جزیره‌ای به آموزشی یکپارچه و آینده‌نگر می‌گردد. گنجاندن توسعه پایدار در هسته برنامه‌دستی، به‌زعم کوپینا (Kopnina 2020) نیازمند گذار آشکار از آموزش زیست‌محیطی سنتی^۲ که عمدتاً بر آگاهی زیست‌محیطی متمرکز است، به چارچوب جامع‌تر آموزش برای توسعه پایدار است؛ چارچوبی که ابعاد زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و حتی فرهنگی را در تعاملی پویا قرار می‌دهد و فراگیران را به کنشگرانی چندبعدی برای تحقق دستور کار ۲۰۳۰ تبدیل می‌کند. لذا از این منظر، نوسازی برنامه‌دستی بر مبنای رویکرد آموزش برای توسعه پایدار، بیش از یک اقدام فنی، یک الزام راهبردی است که مؤسسات آموزشی را از حاشیه به مرکز فرایند توسعه پایدار ملی و جهانی منتقل می‌سازد و زمینه‌ساز پرورش نسلی می‌شود که نه تنها چالش‌های پیش‌روی توسعه پایدار را درک کند، بلکه قادر به رهبری راه‌حل‌های نوآورانه و عادلانه در این مسیر باشد.

باتوجه به اجماع جهانی بر ضرورت نوسازی برنامه‌های دستی به‌منظور عملیاتی‌سازی آموزش برای توسعه پایدار، بررسی پیشینه پژوهش‌ها نشان‌دهنده سیر تکاملی این حوزه از آموزش زیست‌محیطی سنتی به چارچوبی جامع و سیستمی است که ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را به‌صورت یکپارچه در نظر می‌گیرد. «این نگاه یکپارچه نیازمند بازشناسی عمیق «معنا و مراتب» آموزش پایدار است، چنانکه پورمختار و همکاران (Pormokhtar et al., 2024) نیز با تکیه بر خوانش آموزش سنتی معماری، بر این ابعاد بنیادین تأکید ورزیده‌اند. یاداو و همکاران (Yadav et al., 2022) هم این گذار

1- Rapid curriculum renewal for sustainability

2- Graduate attributes

3- Environmental education

آبرانگاره‌ای را به خوبی تبیین کرده‌اند و تأکید می‌کنند که آموزش برای توسعه پایدار با تکیه بر تفکر سیستمی، یادگیری مشارکتی و عدالت بین‌نسلی، فراتر از آگاهی بخشی صرف، به پرورش شایستگی‌های کلیدی توسعه پایدار می‌پردازد؛ شایستگی‌هایی که برون‌دیز و ویک (Brundiars & Wiek, 2017) نیز بر ضرورت ترکیب روش‌های شناختی، عاطفی و عملی برای تحقق آنها تأکید کرده‌اند. بااین حال، علی‌رغم این اجماع نظری، موانع ساختاری و نهادی همچنان اجرای مؤثر را مختل می‌کنند. فیسی و همکاران (Fissi et al., 2021) سیلوهای دانشگاهی، روش‌های آموزشی کهنه و مقاومت سازمانی را به عنوان عوامل اصلی ناکامی در یکپارچه‌سازی توسعه پایدار در برنامه درسی شناسایی کرده‌اند، درحالی‌که ریس و همکاران (Riess et al., 2022) نشان می‌دهند که اجرای موفق آموزش برای توسعه پایدار می‌تواند تفکر انتقادی و درک پیامدهای بلندمدت تصمیم‌ها را به طور چشمگیری تقویت کند. این شکاف میان نظر و عمل، در زمینه ایران نیز از دیدگاه ذی‌نفعان اصلی تأیید شده است؛ چنانکه مطالعه تجربی محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2024) درخصوص نگرش دانشجویان مهندسی دانشگاه شیراز، به وضوح نشان‌دهنده عدم تناسب ادراک شده میان محتوای فعلی برنامه‌های درسی و نیازهای مرتبط با توسعه پایدار است.

مطالعات موردی در حوزه‌های تخصصی، به‌ویژه مهندسی، عمق این چالش‌ها و راه‌حل‌های ممکن را روشن‌تر می‌سازند. ویک و کی (Wiek & Kay, 2015) با پیشنهاد تبدیل آموزش کنترل آلودگی به حل مسئله پایدارمحور بر لزوم تحولی بنیادین، فراتر از افزودن پودمان‌های مجزا، تأکید دارند. هولگارد و همکاران (Holgaard et al., 2016) نیز در مقایسه‌ای بین‌المللی نشان دادند که یکپارچه‌سازی موفق توسعه پایدار نیازمند رویکردی زمینه‌مند و پیوند عمیق با شایستگی‌های حرفه‌ای است. در این زمینه نیز، مطالعات عمدتاً بر رشته‌های خاص متمرکز بوده‌اند؛ برای نمونه، ایار و همکاران (Ayar et al., 2023) در یک مطالعه توصیفی-مقایسه‌ای به بررسی به‌کارگیری رویکرد پایداری در آموزش مهندسی عمران پرداخته‌اند. با وجود ارزش این پژوهش‌های موردی، نیاز به یک مدل جامع و فرارشته‌ای همچنان احساس می‌شود.

بااین حال با وجود پیشرفت‌های نظری، آکوستا کاستلانوس و کوپروگا - دیوس (Acosta castellanos & Queiruga-Dios, 2022) همچنان آموزش برای توسعه پایدار در آموزش عالی را چارچوبی نابالغ و فاقد استانداردهای یکسان توصیف می‌کنند که با مقاومت‌های فرهنگی و فقدان راهبردهای اجرایی محلی همراه است.

این چالش‌ها در کشورهای درحال توسعه و به‌ویژه کشورهای جزیره‌ای کوچک شدت بیشتری

۱- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه «پارادایم»

۲- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه «ماژول»

می‌یابد. کلارک (Clark, 2022) در مطالعه‌ای جامع در جامائیکا نشان داد که اجرای آموزش برای توسعه پایدار در این کشورها نیازمند رویکردی کاملاً بومی شده است که آسیب‌پذیری اقلیمی، محدودیت منابع و دانش بومی را مدنظر قرار دهد؛ وی نوسازی برنامه درسی را بی‌فایده می‌داند مگر آنکه با تربیت معلم به عنوان «عاملان تغییر» هم‌افزا شود و برنامه‌های تربیت معلم خود مبتنی بر اصول آموزش برای توسعه پایدار طراحی گردد. به تازگی، گاربا (Garba, 2024) نیز با رویکرد کیفی و مطالعه موردی نظام‌های آموزشی موفق، بر نقش نوسازی در توسعه برنامه درسی تأکید کرد و نشان داد که برنامه‌های درسی توسعه پایدار نه تنها آگاهی را افزایش می‌دهند، بلکه تفکر انتقادی و توانایی حل مسئله واقعی را در دانش‌آموزان تقویت می‌کنند و بدین ترتیب شکاف موجود میان آموزش و تحقق اهداف توسعه پایدار را به‌طور مؤثری پر می‌کنند.

در حوزه عملیاتی‌سازی سریع این تحول، دیشا و همکاران (Desha et al., 2009) مفهوم «معضل تأخیر زمانی» را در دانشکده‌های مهندسی مطرح کردند و رویکرد «نوسازی سریع برنامه درسی» را به عنوان راه‌حلی راهبردی^۱ پیشنهاد دادند که با شناسایی سریع ویژگی‌های دانش‌آموخته، نگارش فوری برنامه درسی و همکاری نزدیک با صنعت، خطر عقب‌ماندگی از تغییرات سریع جهانی را به حداقل می‌رساند. این رویکرد بعدها توسط دیشا و هارگرووز (Desha & Hargroves, 2014) با مدل «اوج‌گیری و دنباله‌داری»^۲ تکمیل شد که نیازهای کوتاه‌مدت (بهبودهای افزایشی و آموزش ضمن خدمت) و بلندمدت (نوآوری‌های تحول‌آفرین و برنامه‌های کارشناسی) را به‌طور همزمان پوشش می‌دهد و مانع از تأخیرهای ساختاری در آماده‌سازی نیروی انسانی متخصص می‌شود. در ایران نیز، محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2019) با بررسی فرایند نوسازی برنامه درسی در دانشگاه شیراز و بهره‌گیری از مدل ماریچ دیشا - هارگرووز، شکاف‌های معناداری را میان فرایند جاری و الزامات نوسازی سریع برای توسعه پایدار شناسایی کردند. نتایج پژوهش آنها، که با روش ترکیبی و تحلیل تم به دست آمد، نشان داد که عوامل ساختاری، مدیریتی و فقدان آگاهی کافی، مهم‌ترین موانع نهادینه‌سازی آموزش برای توسعه پایدار در برنامه‌های درسی‌اند و تأکید کردند که بدون هدایت راهبردی و نظام‌مند این فرایند، تلاش‌های پراکنده به نتایج مطلوب نخواهد انجامید.

بررسی دقیق ادبیات نشان‌دهنده شکاف‌های انتقادی و ساختاری است که همچنان تحقق کامل نوسازی برنامه‌های درسی مبتنی بر این رویکرد را با چالش جدی مواجه ساخته است. نخستین و فراگیرترین شکاف‌گندی مژمن، فرایندهای معمول نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی است؛ فرایندی که غالباً به ۳ تا ۴ چرخه اعتباربخشی ۵ ساله نیاز دارد و در نتیجه، یکپارچه‌سازی جامع دانش

۱- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه «استراتژیک»

و شایستگی‌های توسعه پایدار در یک مدرک کارشناسی مهندسی ممکن است ۱۵ تا ۲۰ سال به طول انجامد (Desha et al., 2009; Holmberg & Samuelsson, 2006). با احتساب مدت تحصیل و سال‌های اولیه تجربه حرفه‌ای، این تأخیر می‌تواند به ۲۰ تا ۳۰ سال برسد تا نخستین دانش‌آموختگان برنامه‌های کاملاً پایدار محور به مناصب تصمیم‌گیری کلیدی وارد شوند. تأخیری که در شرایط بحران‌های فزاینده اقلیمی، اجتماعی و اقتصادی کاملاً غیرقابل قبول است (Bianchi, 2020; Karatasş & Tuncer, 2020). شکاف دوم، فقدان مدل‌های یکپارچه و پویا در جهت نوسازی برنامه درسی مبتنی بر آموزش برای توسعه پایدار است. مطالعات موجود یا عمدتاً به شناسایی موانع و تسهیل‌گرها پرداخته‌اند (Moham-madi et al., 2019; Fissi et al., 2021)، یا به توصیف مراحل اجرایی و راهبردهای نوسازی سریع (فرایند) تمرکز کرده‌اند (Desha & Hargroves, 2014; Garba, 2024). بر این اساس، هدف این پژوهش طراحی مدل نوسازی برنامه‌های درسی آموزش مهندسی براساس رویکرد آموزش برای توسعه پایدار است. در این مدل هدف آن است که پیشایندهای لازم برای نوسازی برنامه درسی، فرایندهای نوسازی و پیامدهای این توسعه برای نظام آموزشی مورد واکاوی قرار گیرد.

۲. روش‌شناسی تحقیق

در این پژوهش برای جمع‌آوری اطلاعات، داده‌ها و توسعه مدل نوسازی برنامه‌های درسی آموزش مهندسی از مدل ۷ مرحله‌ای فینفگلد-کانت (Finfgeld-Connett, 2018) استفاده شد. در این مدل ابتدا هدف و پرسش‌های پژوهش تدوین می‌شود که شامل طراحی مدلی برای تبیین پیشایندها، فرایندها، و پیامدهای توسعه مدل نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی است. در گام دوم و سوم مرور ادبیات به شکل نظام‌مند بر اساس جدول شماره ۱ و جست‌وجو در پایگاه‌های مختلف فارسی و لاتین و کلیدواژه‌های مرتبط و هدایت‌کننده صورت گرفت. سپس تمام پژوهش‌ها بر اساس ارتباط عنوان مقاله با واژه‌های کلیدی در یک پوشه صفحه‌گسترده جمع‌آوری شدند.

جدول ۱. کوئری‌های جست‌وجو و راهبردهای گزارش‌دهی

Research Domain	Key Concepts and Search Terms	Databases Searched
Curriculum renewal / reform / change	“Curriculum renewal” OR “curriculum reform” OR “curriculum revision” OR “curriculum modernization” OR “curriculum transformation” OR “curriculum redesign” OR “curriculum development” OR “curriculum change” OR “curriculum integration” OR “curriculum updating” OR “curricular change” OR “program reform” OR “programme reform” نوسازی برنامه درسی، بازنگری برنامه درسی، اصلاح برنامه درسی، تحول برنامه درسی، توسعه برنامه درسی، طراحی مجدد برنامه درسی، به‌روزرسانی برنامه درسی، تغییر برنامه درسی	EBSCO, Scopus, ProQuest, Springer Link, IEEE Xplore, ACM Digital Library, Science Direct, ERIC/ مگیران، نورمگز و SID
AND		
Education for sustainable development	“Education for sustainable development” OR ESD OR “sustainable development education” OR “education for sustainability” OR EFS OR “sustainability education” OR “sustainability in higher education” OR “sustainability competences” OR “sustainability literacy” OR “sustainable engineering education” OR “engineering for sustainable development” آموزش برای توسعه پایدار، آموزش توسعه پایدار، آموزش پایدار، آموزش و توسعه پایدار، شایستگی‌های توسعه پایدار، سواد توسعه پایدار، مهندسی پایدار	
AND		
Engineering education / curriculum	“Engineering education” OR “engineering curriculum” OR “engineering program*” OR “engineering degree” OR “higher education engineering” OR “undergraduate engineering” OR “tertiary engineering” OR “faculty of engineering” آموزش مهندسی، برنامه درسی مهندسی، رشته مهندسی، آموزش عالی مهندسی، کارشناسی مهندسی	
AND		
Review / Synthesis / Systematic studies	“Systematic review” OR “scoping review” OR “narrative review” OR “meta- analysis” OR “evidence synthesis” OR “meta-review” OR “evidence map” OR “rapid review” OR “umbrella review” OR “qualitative synthesis” «مروری دامنه‌ای» یا «مروری روایی» یا «فرا-تحلیل» یا «ترکیب شواهد» یا «فرا- مرور» یا «نقشه شواهد» یا «مروری سریع» یا «مروری چتر» یا «ترکیب کیفی»	

بر این اساس، ابتدا تعدادی از عنوان‌های مقاله برای انتخاب مطالعات مرتبط در این زمینه در نظر گرفته شد. سپس، مقالاتی که به طور خاص، حداقل به یکی از مؤلفه‌های نوسازی برنامه درسی و آموزش برای توسعه پایدار پرداخته بودند، انتخاب شدند و در نهایت، چکیده مقالات منتخب بررسی شد. در مجموع مطالعات کیفی، ترکیبی و خاکستری ۱۶۷ مقاله و پایان‌نامه شناسایی شد. شایان ذکر است که یک متخصص حوزه برنامه درسی و یک متخصص حوزه سنتز پژوهی اعتباراروش‌های طبقه‌بندی مقالات را ارزیابی کردند. معیار ورود یک منبع به فهرست مطالعات تحت بررسی نخست، محدوده زمانی منبع بین ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ و دیگر اعتبار پایگاه اطلاعاتی بود که منبع از آن استخراج شده بود. با رویکرد غربالگری، ابتدا چکیده‌ها و سپس متن اصلی مقالات بررسی شدند و پس از حذف مقالات نامرتبط سرانجام ۹۵ مقاله انگلیسی برای تحلیل و استخراج مؤلفه‌های مرتبط انتخاب شدند. در گام چهارم معیارهایی برای قرار دادن مطالعات در فرایند تحلیل و/ یا خارج کردن این مطالعات از این فرایند مشخص شد.

جدول ۲. معیارهای ورود و خروج

معیارهای خروج	معیارهای ورود
- تمرکز بر عناصر برنامه درسی بدون تمرکز بر توسعه پایدار - ویرایش‌ها، مقالات مفهومی/ نظری، مقدمه‌ها، فصل‌های کتاب و مرور - مقاله‌های کنفرانس، ارائه‌ها/ چکیده‌ها - منتشر شده به زبان‌های دیگر - منتشر شده پیش از ۲۰۱۰	- تمرکز بر نوسازی برنامه درسی براساس توسعه پایدار - مطالعات تجربی/ مبتنی بر شواهد - مقاله‌های داوری شده در مجله‌ها - منتشر شده به زبان انگلیسی - منتشر شده در طول سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵

جدول شماره ۳ نمونه‌ای از پیشنهادها و پژوهشی مورد استفاده در این مطالعه را در بازه زمانی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ نمایش می‌دهد.

جدول ۳. پیشنهادها و پژوهشی مورد استفاده در مطالعه

محقق(ان) و سال	عنوان مطالعه	مشارکت‌کنندگان	نتایج/ مشارکت اصلی
Alhassani et al., 2025	یکپارچه‌سازی پایداری در مهندسی: یک مرور جهانی	مرور جهانی	تحلیل روندهای یکپارچه‌سازی توسعه پایدار در آموزش مهندسی
American Society for Engineering Education, 2025	ذهنیت مهندسی - نقشه راه برای تغییر: جلد ۱	دستورالعمل نهادی	ارائه راهنمای عملی برای تحول در آموزش مهندسی کارشناسی
Ballesteros-Sánchez et al., 2021	بررسی شکاف بین دانش‌آموختگان مهندسی و مدیر پروژه‌های شاغل	بررسی شکاف مهارتی	شناسایی کمبود شایستگی‌های نرم و توسعه پایدار در دانش‌آموختگان
Beldad & Miedema, 2025	معرفی یک چارچوب برای طراحی برنامه درسی میان‌رشته‌ای مهندسی	ارائه چارچوب نظری	طراحی الگوی میان‌رشته‌ای برای یکپارچه‌سازی توسعه پایدار

ادامه جدول ۳

محقق(ان) و سال	عنوان مطالعه	مشارکت‌کنندگان	نتایج/ مشارکت اصلی
Bhogayata et al., 2025	ارتقای آموزش مهندسی: چارچوب برنامه درسی برای یکپارچه‌سازی یادگیری تجربی و پژوهش	ارائه چارچوب برنامه درسی	تلفیق یادگیری تجربی و پژوهش در برنامه درسی مهندسی
Broo et al., 2022	بازاندیشی آموزش مهندسی: یک رویکرد سیستمی	تحلیل سیستم محور آموزش مهندسی	ارائه رویکرد سیستمی برای بازطراحی برنامه‌های درسی
Garba, 2024	دستیابی به اهداف توسعه پایدار از طریق نوآوری و توسعه برنامه درسی	مطالعه موردی نظام‌های آموزشی موفق	تأکید بر نقش نوسازی برنامه درسی در پرورش تفکر انتقادی و حل مسئله
Graessler & Grewe, 2025	ساختاردهی تحول مهندسی سیستم‌ها: یک چرخه سه مرحله‌ای تحول	ارائه مدل چرخه‌ای	طراحی چارچوب سه مرحله‌ای برای تحول در مهندسی سیستم‌ها
Guntakandla, 2025	معماری پودمانی: یک رویکرد طراحی سیستم مقیاس پذیر و کارآمد برای برنامه‌های سازمانی	تحلیل معماری پودمانی	کاربرد رویکرد پودمانی در طراحی برنامه‌های درسی مهندسی
Gutierrez-Bucheli et al., 2022	توسعه پایدار در آموزش مهندسی: مروری بر نتایج یادگیری	مرور نتایج یادگیری	تحلیل نتایج یادگیری مرتبط با توسعه پایدار در آموزش مهندسی
Högfeltdt et al., 2023	رهبری، حمایت و سازمان‌دهی برای مشارکت دانشگاهیان در تغییر آموزش مهندسی برای توسعه پایدار	مطالعه مشارکت استادان	شناسایی عوامل سازمانی مؤثر در مشارکت استادان در تحول آموزشی
Hu et al., 2023	اصلاح برنامه درسی مهندسی براساس آموزش مبتنی بر پیامد و نظریه روان‌شناسی پنج رنگ	مطالعه موردی اصلاح برنامه درسی	تلفیق آموزش مبتنی بر پیامد و نظریه روان‌شناسی در نوسازی برنامه درسی
Hwang et al., 2023	ترویج مسئولیت اجتماعی دانشجویان مهندسی و تمایل به عمل در مسائل اجتماعی- علمی	دانشجویان مهندسی	تقویت مسئولیت اجتماعی و تمایل به عمل در مسائل اجتماعی- علمی
Infosys Foundation & Indian National Academy of Engineering, 2024	همکاری برای تحول آموزش مهندسی در هند	پروژه همکاری در هند	ارائه الگوی مشارکت صنعت- دانشگاه برای تحول آموزش مهندسی
Khan et al., 2023	عوامل مؤثر بر آمادگی دانشجویان برای اجرای آموزش مبتنی بر پیامد ^۲ در آموزش مهندسی	دانشجویان مهندسی در کشور در حال توسعه	شناسایی عوامل مؤثر بر آمادگی دانشجویان برای آموزش مبتنی بر پیامد

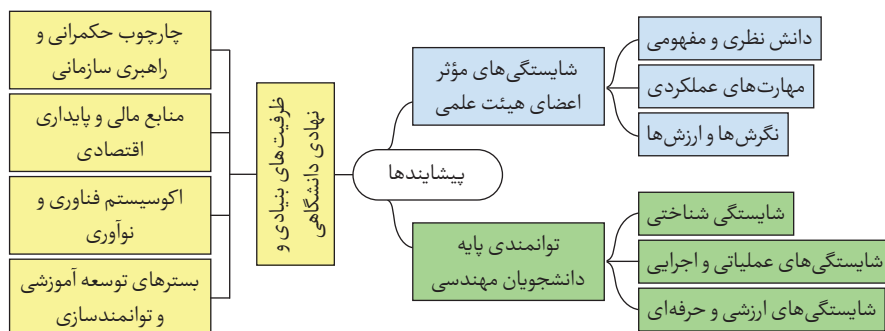
ادامه جدول ۳

محقق(ان) و سال	عنوان مطالعه	مشارکت‌کنندگان	نتایج / مشارکت اصلی
Leifler & Dahlin, 2020	یکپارچه‌سازی پایداری در برنامه درسی آموزش مهندسی: یک مطالعه ملی از دیدگاه مدیران برنامه	نظرات مدیران برنامه‌های مهندسی	شناسایی دیدگاه‌های مدیران درباره یکپارچه‌سازی توسعه پایدار در برنامه درسی
Mesutoglu et al., 2024	اصول و روش‌های طراحی دوره‌های پودمانی در آموزش مهندسی عالی	طراحی دوره‌های پودمانی	ارائه اصول و روش‌های طراحی دوره‌های پودمانی در آموزش مهندسی
Olewnik et al., 2022	مرور نظام‌مند ادبیات: یادگیری مبتنی بر حل مسئله ^۱ در جست‌وجوی دستورالعمل‌های اجرایی برای طراحی مسئله موقعیتی در مهندسی	مرور نظام‌مند یادگیری مبتنی بر حل مسئله	ارائه دستورالعمل‌های اجرایی برای طراحی مسائل واقعی در مهندسی
Patil et al., 2024	روندهای کلان تحلیل عناصر محدود: راهی کمتر طی شده	تحلیل روندهای مهندسی	بررسی روندهای نوظهور در آموزش تحلیل عناصر محدود و پایدار
Roca Bosch et al., 2022	یکپارچه‌سازی شایستگی‌های پایدار و تعهد اجتماعی در برنامه درسی دانشکده مهندسی عمران بارسلونا	دانشکده مهندسی عمران بارسلونا	موفقیت در ادغام شایستگی‌های توسعه پایدار و اجتماعی در برنامه درسی
Sabri, 2025	بازاندیشی پایداری در آموزش مهندسی: فراخوانی برای تغییر نظام‌مند	تحلیل نظری سیستم‌محور	لزوم تحول نظام‌مند در آموزش مهندسی برای توسعه پایدار
Siller et al., 2022	بهره‌گیری از پایداری برای آموزش عدالت اجتماعی در برنامه‌های درسی مهندسی عمران	برنامه درسی مهندسی عمران	استفاده از مباحث توسعه پایدار برای آموزش عدالت اجتماعی در مهندسی
Huangfu et al., 2025	اصلاح آموزش مهندسی در چارچوب توسعه پایدار	تحلیل اصلاحات آموزش مهندسی	ارائه چارچوبی برای اصلاح آموزش مهندسی در بستر توسعه پایدار
Yao et al., 2022	اصلاح تدریس درس برنامه‌نویسی C از منظر توسعه پایدار	مطالعه موردی درس برنامه‌نویسی	ارائه مدل تدریس پایدار برای درس برنامه‌نویسی C
Yazdani & Yaghoubi, 2023	یکپارچه‌سازی آموزش مهندسی با توسعه پایدار: ویژگی‌ها، مرور ادبیات و ارائه یک چارچوب جامع	مرور ادبیات و ارائه چارچوب	ارائه چارچوبی جامع برای ادغام توسعه پایدار در آموزش مهندسی
Yong & Iderus, 2024	مدل جامع نوین پیشنهادی (CN-Model): برای هدایت بهبود مستمر کیفیت ^۲ در برنامه مهندسی	ارائه مدل بهبود مستمر کیفیت	طراحی مدل نوین برای بهبود مستمر کیفیت در برنامه‌های مهندسی

در مرحله استخراج اطلاعات پژوهشگر با مطالعه چندین باره مقاله‌های منتخب و نهایی شده به دنبال دستیابی به مضامین و مفاهیم درون محتواهای ضمنی هر پژوهش بود. مقاله‌ها بر اساس مرجع مربوط به هر مقاله شامل نام و نام خانوادگی محقق یا محققان، سال انتشار و یافته‌های آن دسته‌بندی شدند. مطالب هدفمند از مباحث کیفی استخراج شدند. در گام پنجم پژوهشگر به جست‌وجوی موضوعاتی پرداخت که در میان مطالعات موجود در فراترکیب شناسایی شده‌اند و پژوهشگر به محض شناسایی و مشخص شدن موضوع، دسته‌بندی جدید خود را ارائه داد که موضوع را به بهترین شکل توصیف می‌کرد. در گام ششم محقق به دنبال بررسی آن است که «آیا یافته‌های مرتبط با نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی براساس توسعه پایدار دارد؟» و با بازگشتن به گام‌های پیش به دنبال اطمینان پیدا کردن از یافته‌های خود بر می‌آید. پس از تحلیل داده‌های کیفی و استخراج مؤلفه‌های «مدل نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی براساس توسعه پایدار» در قالب کدهای باز، کدهای محوری و گزینشی مدل متناسب با آن طراحی شد. همچنین، برای اعتباریابی داده‌ها از ۴ روش اعتباریابی استفاده شد. اعتباریابی توصیفی: شناسایی تمام گزارش‌های مرتبط و تشخیص مشخصه‌های هر گزارش؛ اعتباریابی تفسیری: ارائه همه‌جانبه ادراک و نقطه نظرات محققان از گزارش‌ها؛ اعتباریابی نظری: اعتبار روش‌هایی که فراترکیب به منظور یکپارچه‌سازی و تفسیر یافته‌های پژوهشی توسعه داده و به کار می‌برد و اعتباریابی کاربردشناختی: به معنای سودمندی، قابلیت انتقال دانش، کاربردی بودن و مناسب بودن روش شناسی فراترکیب استفاده شد. در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل محتوای کیفی استفاده شد.

۳. یافته‌های پژوهش

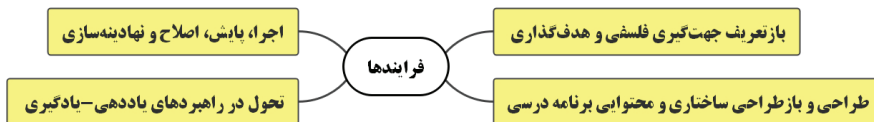
الف. پیشایندهای توسعه مدل نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی مبتنی بر رویکرد توسعه پایدار چیست؟



شکل ۱. پیشایندهای نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی براساس رویکرد توسعه پایدار

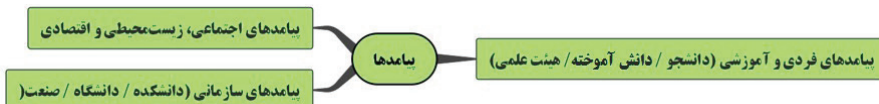
در این پژوهش با تحلیل داده‌ها به روش کدگذاری، پیشایندهای توسعه مدل نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی شناسایی شد و در قالب کدهای محوری شایستگی‌های اعضای هیئت علمی شامل دانش نظری و مفهومی، مهارت‌های عملکردی و نگرش‌ها و ارزش‌ها، توانمندی‌های پایه دانشجویان مهندسی شامل شایستگی شناختی، شایستگی‌های عملیاتی و اجرایی و شایستگی‌های ارزشی و حرفه‌ای و ظرفیت‌های بنیادی و نهادی دانشگاهی شامل چارچوب حکمرانی و سازمانی، منابع مالی و اقتصادی، اکوسیستم فناورانه و توسعه آموزشی بیان می‌گردد. شکل شماره ۱ مدل پیشایندی نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی را نشان می‌دهد.

ب. فرایندهای توسعه مدل نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی مبتنی بر رویکرد توسعه پایدار چیست؟
- با توجه به تحلیل داده‌های به دست آمده، فرآیند توسعه مدل نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی در قالب چهار کد محوری بازتعریف جهت‌گیری فلسفی و هدف‌گذاری، طراحی و بازطراحی ساختاری و محتوایی برنامه درسی، تحول در راهبردهای یاددهی-یادگیری و اجرا، پایش، اصلاح و نهادینه‌سازی تبیین شد. شکل شماره ۲ این فرآیند نوسازی را به تصویر می‌کشد.

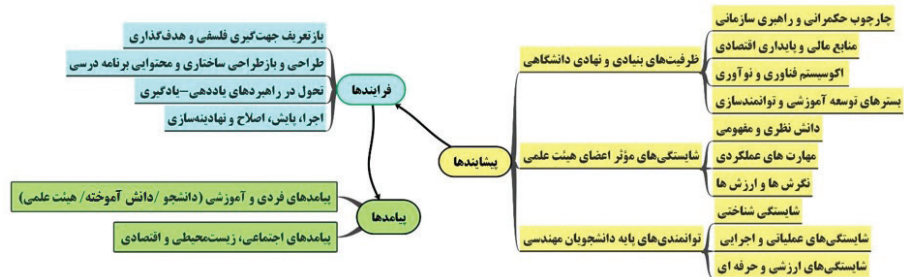


شکل ۲. فرایندهای نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی براساس رویکرد توسعه پایدار

ج. پیامدهای توسعه مدل نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی مبتنی بر رویکرد توسعه پایدار چیست؟
براساس یافته‌های پژوهشی حاصل از تحلیل و کدگذاری داده‌ها، پیامدهای نوسازی برنامه‌های درسی آموزش مهندسی براساس رویکرد توسعه پایدار شامل پیامدهای فردی و آموزشی برای دانشجویان/ دانش‌آموختگان و اعضای هیئت علمی، پیامدهای سازمانی برای دانشکده/ دانشگاه و صنعت و پیامدهای زیست‌محیطی/ اجتماعی و اقتصادی شناسایی شدند. شکل شماره ۳ پیامدهای نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی را ارائه می‌دهد.



شکل ۳. پیامدهای نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی براساس رویکرد ESD



شکل ۴. مدل نوسازی برنامه‌های درسی آموزش مهندسی براساس رویکرد توسعه پایدار

۴. بحث

نوسازی برنامه‌های درسی آموزش مهندسی بر مبنای رویکرد آموزش برای توسعه پایدار، پاسخی راهبردی به چالش‌های جهانی قرن بیست و یکم ازجمله تغییرات اقلیمی، کمبود منابع و نابرابری‌های اجتماعی است که نیازمند تربیت مهندسانی با تفکر نظام‌مند، شایستگی‌های میان‌رشته‌ای و تعهد اخلاقی به پایداری است. این رویکرد نه تنها برنامه‌های درسی را از تمرکز فنی صرف به سمت یکپارچه‌سازی ابعاد اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی سوق می‌دهد، بلکه با همسویی با استانداردهای اعتباربخشی جهانی مانند سازمان اعتباربخشی آموزش مهندسی و فناوری (ABET, 2024)، قابلیت اشتغال‌پذیری دانش‌آموختگان و پاسخگویی دانشگاه‌ها به نیازهای صنعت را تضمین می‌کند و دانشگاه‌ها را به عنوان رهبران تحول پایدار در جامعه قرار می‌دهد. در این پژوهش با بهره‌گیری از روش فراترکیب نظریه‌ساز مدلی جامع از نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی در سه محور اصلی پیشایندها (شایستگی‌های کلیدی استادان و دانشجویان، زیرساخت‌های مؤثر دانشگاهی)، فرایند (بازتعریف فلسفی، طراحی ساختاری، تحول راهبردهای آموزشی و اجرای پایشی) و پیامدها (فردی-آموزشی، سازمانی و اجتماعی-زیست‌محیطی) تدوین گردید.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که شایستگی‌های کلیدی اعضای هیئت علمی به عنوان یکی از مهم‌ترین پیشایندهای نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی مبتنی بر رویکرد آموزش برای توسعه پایدار، در ۳ حوزه دانش، مهارت و نگرش نقشی زیرساختی ایفا می‌کنند. از منظر دانشی، تسلط استادان بر چالش‌های مهندسی قرن بیست و یکم شرط بنیادی است و تضمین می‌کند که انتظارات و چالش‌های جامعه، که نیاز به بازنگری راه‌دهایت می‌کنند، درک شوند (Steinert, 2020). آشنایی با چارچوب‌های بازنگری برنامه درسی نظیر ابتکار CDIO^۱ که بر «تصور، طراحی، پیاده‌سازی و بهره‌برداری» تمرکز دارد (Crawley et al., 2007) یا مدل برنامه‌ریزی منطقی تابا (Taba, 1962) یک فرایند نظام‌مند برای هدایت

1- CDIO Initiative (Conceive, design, implement, operate)

تغییرات در مقیاس بزرگ فراهم می‌کند و برای دستیابی به کیفیت از طریق رویکرد مبتنی بر پیامد حیاتی است (Desha & Hargroves, 2014). علاوه بر این، درک الزامات حرفه‌ای، صنعتی و اعتباربخشی، که توسط نهادهایی مانند اتحادیه بین‌المللی حرفه مهندسی^۱ (۲۰۰۷) یا سازمان اعتباربخشی آموزش مهندسی و فناوری (ABET, 2023) تعریف شده‌اند، مواجهه گروه با خطرهای آتی مانند افزایش سختی‌های اعتباربخشی را به حداقل می‌رساند، چراکه مجمع جهانی اقتصاد^۲ (۲۰۲۰) گزارش داد که ۵۰ درصد از مشاغل در سال ۲۰۲۵ به مهارت‌هایی نیاز دارند که در سال ۲۰۲۰ غیرمعمول بوده‌اند. در سطح مهارتی توانمندی در تطبیق ویژگی‌های دانش‌آموختگان و ممیزی برنامه درسی (عنصر ۴ از مدل Desha و Hargroves)، یک مهارت راهبردی و غیرمداخله‌گرایانه محسوب می‌شود که به اعضای هیئت علمی اجازه می‌دهد محتوای موجود را به طور نظام‌مند مرور کرده، شکاف‌ها را شناسایی و زمینه‌های اولویت‌دار را برای معرفی محتوای جدید توسعه پایدار مشخص کنند (Desha & Hargroves, 2009). مهارت در طراحی راهبردی و انتخاب برنامه‌های بازنگری شامل متعادل کردن مزایای رویکردهای مجزا (مانند «دوره‌های شاخص» یا برنامه‌های تخصصی در مرحله ۲) در مقابل «یکپارچه‌سازی» فراگیر (مرحله ۴) است (Desha et al., 2009; Galloway, 2008). همچنین مهارت در تسهیل گفت‌وگوهای تعاملی برای روشن کردن عدم قطعیت‌ها و ایجاد اعتماد به نفس ضروری است، چراکه نایدو و کوماگی (Naidu & Kumagai, 2015) بر نیاز به «لحظه‌های عمدی تفکر و گفت‌وگو» برای آشکارسازی باورهای عمیق تأکید می‌کنند. تفکر انتقادی و زیر سؤال بردن جهان‌بینی‌ها برای مربیان حیاتی است، زیرا موفقیت در بازنگری در گام‌هایی نهفته است که مربیان برای گسترش شیوه شناخت و عمل خود برمی‌دارند (Brookfield, 2017; Steinert, 2020). در حیطه نگرش‌ها و ارزش‌ها، تعهد فعال اعضای هیئت علمی به تحول برنامه درسی نقش بنیادینی در موفقیت نوسازی ایفا می‌کند. وقتی این تعهد در سطح سازمانی تقویت شود، مؤسسه در مواجهه با تغییرات بیرونی و داخلی نه تنها از آسیب‌پذیری و خطرهایی مانند افت جذب دانشجو دور می‌ماند، بلکه می‌تواند پاداش‌های بلندمدت و پایدار را نیز کسب کند (Desha et al., 2009). همچنین پذیرش نقش‌های گسترده‌تر و مسئولیت‌های جدید توسط اعضای هیئت علمی، مستلزم سرمایه‌گذاری بر توسعه فردی و حرفه‌ای است تا آگاهی انتقادی، قدرت تحلیل و مشارکت مؤثر آنان در فرایند اصلاحات تقویت شود (Van Schalkwyk, 2025). علاوه بر این، تمرکز بر پاسخ‌گویی اجتماعی و عدالت اجتماعی، همسویی ارزش‌ها و هنجارهای دانشگاه با معیارهای حرفه‌ای بین‌المللی را تضمین می‌کند و سبب می‌شود استادان مهندسی نه فقط انتقال‌دهنده دانش تخصصی، بلکه پرچم‌دار تعهد به جامعه پایدار باشند (Sharma et al., 2018). براین‌د این سه حیطه، تصویری از عضو هیئت علمی به عنوان «عامل تغییر» در نظام آموزش مهندسی ترسیم می‌کند که می‌تواند میان

انتظار نهادهای حرفه‌ای، تحولات فناوری، نیازهای صنعت و مطالبات توسعه پایدار پیوند برقرار کرده و نوسازی برنامه درسی را در مقیاس گروه و دانشگاه هدایت کند.

در این پژوهش شایستگی‌های دانشجویان مهندسی به‌عنوان یکی از پیشایندهای اساسی نوسازی برنامه درسی در چارچوب آموزش برای توسعه پایدار صورت‌بندی شده‌اند؛ به‌گونه‌ای که وضعیت و ترکیب شایستگی‌های دانشی، مهارتی و نگرشی آنها مبنای طراحی، اولویت‌بندی و هدایت اصلاحات برنامه‌ای قرار می‌گیرد. در حوزه شناخت، دانشجویان باید بر مفاهیم حیاتی و چندبعدی توسعه پایدار تسلط یابند؛ دانش آنها باید فراتر از حفظ مفاهیم صرف باشد و شامل درک ساختاری پیچیدگی‌های سیستم‌های محیطی، فناوری‌های نوین و رویکرد طراحی سیستم کامل شود که چارچوبی برای نگاه کل‌نگر به پایداری فراهم آورد (Stern, 2007; IPCC, 2013; Azapagic et al., 2005; Desha & Hargroves, 2014).

در حوزه عملیاتی و اجرایی باید توانمندی‌های چندرشته‌ای و بین‌فرهنگی مانند همکاری در گروه‌های متنوع، ارتباط مؤثر با ذی‌نفعان فنی و غیرفنی، توانایی ادغام ملاحظات مرتبط با توسعه پایدار در طراحی مهندسی و اخذ تصمیمات آگاهانه مبتنی بر تحلیل‌های نظام‌مند را داشته باشند، زیرا این مهارت‌ها بستر لازم برای پاسخ‌گویی به مسائل پیچیده زیست‌محیطی و اجتماعی را فراهم می‌کند (Lil-ley & Lofthouse, 2009; Chakraborty, 2024). در حوزه باورها و ارزش‌ها نیز دانشجویان باید به تعهد مستمر به اخلاق حرفه‌ای و رعایت اصول صداقت و مسئولیت‌پذیری، گرایش به نوع‌دوستی و پاسخ‌گویی اجتماعی، و بازتاب انتقادی و خودآگاهی مجهز گردند، که کلید دوام و عمق تحول در هویت حرفه‌ای است و نهادهای شدن فرهنگ توسعه پایدار در محیط‌های آموزشی و کاری را تضمین می‌کند (Good-hew, 2013; Pecheritsa, 2022). از منظر شواهد پژوهشی، مشاهده می‌شود که تنها با توانمندسازی دانشجویان در این سه حوزه، نوسازی برنامه درسی توانمند می‌شود. حلقه اتصال بین تغییرات برنامه‌ای، تطبیق با نیازهای صنعت و دستیابی به اهداف توسعه پایدار را کامل کند، به‌گونه‌ای که هر دانشجو به‌عنوان بازیگری خودکارآمد و مسئول در فرایند توسعه پایدار ظاهر شود.

در مدل پیشنهادی نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی مبتنی بر رویکرد آموزش برای توسعه پایدار، زیرساخت‌های دانشگاهی کلیدی در ۴ حوزه مدیریتی، مالی، فناوری و توانمندسازی آموزشی، به‌عنوان پیشایندهای ساختاریافته و چندبعدی عمل می‌کنند که بنیان تحلیلی و عملی برای اجرای مؤثر بازنگری‌های ساختاری و محتوایی را فراهم می‌سازند. این زیرساخت‌ها وای نقش حمایتی، با ایجاد هم‌افزایی میان تخصیص بهینه منابع، بهره‌برداری از فناوری‌های تحول‌آفرین و ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای هیئت علمی ظرفیت‌های سازمانی را برای تسریع فرایند، تضمین کیفیت و نهادهای سازی پایدار تغییرات برنامه‌ای تقویت می‌کنند (Fullan, 2015; Desha & Hargroves, 2014). یافته‌های پژوهش حاضر در محور مدیریت و رهبری، بر ضرورت رهبری نهادی مقتدر و حمایت راهبردی مدیران ارشد تأکید دارد که فرایند بازنگری را با چارچوب‌های زمانی اعتباربخشی هم‌تراز ساخته و پویایی و تداوم

لازم را تضمین می‌کند (Holmberg & Samuelsson, 2006; Fullan, 2015). نظام مدیریت چرخه‌ای و مرحله‌ای با ساختاردهی به برنامه‌ریزی راهبردی، اولویت‌بندی مراحل و تخصیص منابع، پیچیدگی‌های اجرایی را مهار می‌کند و کارایی کلان را ارتقا می‌بخشد (Desha & Hargroves, 2014; Walkington, 2002). کارگروه‌ها و گروه‌های کاری برنامه درسی نیز، از طریق سازوکارهای مشورتی مشارکتی، همگرایی اجرایی میان واحدها و تعمیق درگیرسازی فعال هیئت علمی را محقق می‌سازند (Crosthwaite et al., 2014; Desha, 2010). ازمنظر انطباق‌پذیری تدوین دستورالعمل‌های سیاستی صریح و سیستم‌های نظارت اعتباربخشی، آسیب‌های عملیاتی را به حداقل رسانده و انعطاف‌پذیری سازمانی را در برابر الزامات جهانی تقویت می‌کند (International Engineering Alliance, 2007; ABET, 2023). این پیکربندی زیرساختی مدل را از یک رویکرد توصیفی به چارچوبی عملیاتی و قابل آزمون تبدیل می‌کند که قابلیت تعمیم به بافت‌های دانشگاهی متنوع را دارد. در بُعد مالی، تخصیص بودجه اختصاصی و سازوکارهای حمایتی نظیر اعطای کمک‌های مالی داخلی برای طرح‌های آزمایشی، محدودیت‌های بودجه‌ای را تعدیل می‌کند و ظرفیت نوآوری را افزایش می‌دهد، درحالی‌که بودجه خرید زمان^۲ برای هیئت علمی، مانع کمبود زمان را مرتفع می‌سازد و مشارکت عمیق آنها را در بازنگری تضمین می‌کند. علاوه بر این، جذب منابع خارجی از طریق مدل‌های مشارکتی با صنعت و دولت، نظیر مدل‌های مشارکت شبکه‌ای^۳ نه تنها پایداری مالی را تقویت می‌کند، بلکه چرخه‌ای از به‌روزرسانی مداوم برنامه درسی را بر پایه هم‌افزایی منابع ایجاد می‌کند (Holmberg et al., 2008; Chang, 2017). از منظر فناوریانه بهره‌گیری از مخازن منبع‌باز (مانند MIT OpenCourseWare) و پلتفرم‌های آموزش توزیع‌شده، فرایند طراحی پودمانی و مقیاس‌پذیر برنامه درسی را تسریع می‌بخشد، درحالی‌که زیرساخت‌های داده‌محور (مانند سیستم‌های OFM^۴) (مدل چارچوب عملیاتی) تحلیل عملکرد آموزشی را ممکن می‌سازد و تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد را تسهیل می‌کند (Aktar & Rahman, 2020; Van Schalkwyk, et al, 2019; OECD, 2022). فناوری‌های نوظهور همچون هوش مصنوعی مولد و بلاکچین^۵، به عنوان کاتالیزورهای تحول، قابلیت‌های تحلیلی، شخصی‌سازی یادگیری و تضمین شفافیت در اعتباربخشی را ارتقا می‌دهند و آموزش پایدار را به سطحی هوشمند و توزیع‌شده می‌رسانند (Chakraborty, 2024; Savelieva & Sikorskaia, 2022). در حوزه توانمندسازی آموزشی، برنامه‌های توسعه یکپارچه هیئت علمی، همراه با سیستم‌های پاداش‌دهی رسمی و ارتباطات داخلی شفاف، شایستگی‌های حرفه‌ای را در برابر محتوای نوین توسعه پایدار تقویت کرده و مقاومت سازمانی را به حداقل می‌رساند (Dolmans, 2024; Velthuis et al., 2018). تعامل مشارکتی مستمر با ذی‌نفعان و نهادینه‌سازی فرهنگ آموزش پژوهش‌محور ظرفیت تحول

۱- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه «کمیت»

2- Buy-out funding

3- Network partnership model

4- Operational framework management

5- Blockchain

پایدار را ایجاد می‌کند، درحالی‌که راهبردهای جذب دانشجو و موقعیت‌یابی بازار، بازخوردهای مثبت و چرخه‌ای از بهبود مستمر را تضمین می‌نماید (Chang, 2017; Haghighi et al., 2008). این پیکربندی، زیرساخت‌های توانمندسازی را به‌عنوان حلقه‌ی اتصال پیشایندها و فرایندهای نوسازی تثبیت می‌کند. در کل، این زیرساخت‌ها حلقه‌ی اتصال موفقیت کل فرایند بازنگری برنامه‌ی درسی را می‌سازند و بدون این چارچوب‌ها، شرایط لازم برای تحقق شایستگی‌های استادان و دانشجویان در آموزش برای توسعه‌ی پایدار به‌خوبی فراهم نخواهد شد. بنابراین تمرکز عمیق و نظام‌مند بر توسعه‌ی هم‌زمان این زیرساخت‌ها به‌عنوان پیشایندهای کلیدی نوسازی برنامه‌ی درسی برای توسعه‌ی پایدار لازم و حیاتی است.

در بخش دوم مدل فرایند نوسازی برنامه‌ی درسی آموزش مهندسی مبتنی بر رویکرد توسعه‌ی پایدار را می‌توان به صورت تبیینی در چند محور اصلی تحلیل کرد که هر کدام نقش اساسی در توسعه و اثربخشی این نوسازی ایفا می‌کنند. اولین گام در این مسیر، بازتعریف جهت‌گیری فلسفی و هدف‌گذاری برنامه‌ی درسی است؛ گامی که با تغییر آبرانگاره از آموزش فنی‌محور به رویکرد نظام‌مند و اجتماعی-فنی^۱ انجام می‌شود. این تغییر بر درک تعاملات پیچیده بین عوامل اجتماعی و فنی تکیه دارد و مستلزم تلفیق دانش رشته‌های مختلف برای مواجهه با چالش‌های جهانی است (Beldad & Miedema, 2025; Broo et al., 2022). در این مسیر نقشه‌برداری نظام‌مند شایستگی‌های دانش‌آموختگان با تأکید بر شایستگی‌های پیچیده‌ی پایداری، چارچوبی برای پاسخ‌گویی به نیازهای نهادهای اعتباربخشی فراهم می‌آورد و تضمین می‌کند بازنگری برنامه‌ی درسی با استانداردهای معتبر ملی و بین‌المللی هم‌سویی داشته باشد (Swinburne University, 2007; ABET, 2024; International Engineering Alliance, 2007). گام بعدی استفاده از آموزش مبتنی بر پیامد برای تعیین اهداف یادگیری است که به‌جای تمرکز بر ورودی‌ها، بر پیامدهای آموزشی تأکید دارد و کیفیت آموزش را در پاسخ به تغییرات بازنگری ارتقا می‌بخشد (Shamsudeen, 2023; ABET, 2024). همچنین در طراحی و بازطراحی برنامه‌ی درسی، یکپارچه‌سازی کامل مفاهیم توسعه‌ی پایدار در درس‌های موجود و جدید با رویکرد پودمانی و بهره‌گیری از منابع باز و رویکرد پودمانی، زمینه‌ای برای ایجاد برنامه‌ی انعطاف‌پذیر و پاسخ‌گو به نیازهای روز فراهم می‌کند (Guntakandla, 2025; Mesutoglu et al., 2024). فرایند یاددهی - یادگیری نیز دستخوش تحول است و یادگیری فعال، تجربی و مبتنی بر پروژه و یادگیری خدمت‌محور، ابزارهای کلیدی برای توانمندسازی دانشجویان در مواجهه با مسائل پیچیده و مهارت‌آفرینی در مسیر توسعه‌ی پایدار محسوب می‌شود (Crosthwaite et al, 2014; Megayanti et al., 2020). علاوه بر این رویکرد فرارشته‌ای و بین‌رشته‌ای در آموزش امکان ادغام دانش عملی و دانشگاهی را برای حل مسائل پیچیده‌ی پایداری فراهم می‌کند (Beldad & Miedema, 2025; Khan & Wells, 2023). اجرای فرایند شامل پیاده‌سازی آزمایشی^۲ بازنگری

1- Socio-technical

۲- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه «پایلوت»

مستمر براساس بازخوردهای تکوینی، همتایی و مدیریتی و تطبیق مداوم با الزامات اعتباربخشی است که افزون بر تسریع چارچوب‌های زمانی، کیفیت و اعتبار برنامه را تضمین می‌کند (Hattie & Timperley, 2007; ABET, 2024; Desha, 2010). همچنین، شناسایی گسست‌ها و ظرفیت‌های فعلی نسبت به اهداف و شایستگی‌های مورد انتظار، به اصلاح مداوم برنامه یاری می‌رساند (Leifler & Dahlin, 2020). درنهایت، نهادینه‌سازی و انتشار تجربه موفق، ضمن تضمین پایداری تغییرات، الگوی قابل الگوبرداری را برای سایر واحدها و دانشگاه‌ها فراهم می‌آورد (Desha & Hargroves, 2014; Ryan & Tilbury, 2013). درمجموع، این فرایند تبیینی، ساختاری نظام‌مند، مشارکتی و پویا ارائه می‌دهد که باتوجه به پیچیدگی‌های توسعه پایدار در آموزش مهندسی، لازمه اثربخشی نوسازی برنامه‌های درسی است. در فاز «اجرا-پایش-اصلاح-نهادینه‌سازی» نوسازی برنامه درسی به صورت یک چرخه تکاملی و شواهد-مبنا فهم می‌شود، نه یک مداخله مقطعی. اجرای آزمایشی در مقیاس محدود و کنترل شده امکان آزمون نسخه اولیه برنامه و تولید شواهد تجربی درباره نقاط قوت و ضعف طراحی را فراهم می‌کند؛ این شواهد از طریق طیفی از بازخوردها شامل بازخورد تکوینی دانشجویان، ارزیابی همتایان و بازخورد ناظران بیرونی گردآوری می‌شود و در صورت هم‌راستا بودن با اهداف یادگیری، به محرک اصلی یادگیری و بهبود برای دانشجو و هیئت علمی تبدیل می‌گردد (Bürgermeister et al., 2021; Van Der Vleuten et al., 2015). در ادامه، سازوکارهای پایش و اصلاح، به طور نظام‌مند با الزامات اعتباربخشی و استانداردهای نهادهای ناظر گره می‌خورند؛ به گونه‌ای که تعامل مستمر با نهادهای حرفه‌ای و کاربست به‌روزشده معیارهای آنها، هم زمان بندی سیر بازنگری و هم محتوای آن را مشروط می‌سازد و انطباق را از یک «رویداد دوره‌ای» به یک «فرایند سازمانی مستمر» ارتقا می‌دهد (ABET, 2024). در این چارچوب تحلیل شکاف‌های بین اهداف و شایستگی‌های مصوب برنامه از یک سو و تجارب یادگیری واقعی و عملکرد دانشجویان از سوی دیگر، به شناسایی «نقاط گسست» در طراحی و اجرا کمک کرده و مبنای بازطراحی هدفمند محتوا، راهبردهای یاددهی-یادگیری و نظام ارزشیابی قرار می‌گیرد (Leifler & Dahlin, 2020; Roca Bosch et al., 2022). درنهایت، نهادینه‌سازی و انتشار تجربه مرحله‌ای است که در آن الگوی اصلاح‌شده از سطح «نوآوری محلی» به «استاندارد سازمانی» ارتقا می‌یابد. این نهادینه‌سازی مستلزم تدوین رویه‌ها و اسناد راهنما، به اشتراک‌گذاری روایت‌های موفقیت، تعبیه عناصر کلیدی مدل در سیاست‌ها و سازوکارهای رسمی، و استفاده از برنامه به عنوان مرجع یا الگوی الهام‌بخش برای سایر رشته‌ها و مؤسسه‌هاست. بدین ترتیب، چرخه اجرا-پایش-اصلاح-نهادینه‌سازی، به عنوان موتور محرک «بهبود مستمر کیفیت» عمل کرده و تضمین می‌کند که نوسازی برنامه درسی توسعه پایدار تنها به سطح طراحی متوقف نمانده، بلکه در عمل تثبیت، تکثیر و در گذر زمان تعمیق شود.

مدل توسعه برنامه‌های درسی آموزش مهندسی براساس رویکرد توسعه پایدار نشان می‌دهد که در حوزه پیامدهای فردی و آموزشی، توسعه تفکر نظام‌مند، انتقادی و بین‌رشته‌ای دانشجویان به عنوان

شاخصی کلیدی مطرح است که آثار آن در پژوهش‌هایی مانند روکا بوش^۱ و همکاران به خوبی مستند شده است. این تفکر نه تنها باعث ارتقای فهم مسائل پیچیده و چندوجهی می‌شود، بلکه زمینه را برای حل مسائل توسعه پایدار فراهم می‌آورد. افزون بر این، افزایش مشارکت و انگیزه تحصیلی دانشجویان، به ویژه در برنامه‌هایی که با چالش‌ها و مسائل واقعی دنیا ارتباط دارند (مانند EWB Challenge)، پیامدهای ملموسی نظیر رضایت و موفقیت تحصیلی را به همراه دارد (Crosthwaite et al., 2014). پرورش ذهنیت دانشگاهی که شامل ذهنیت رشد، تفکر انتقادی و ذهنیت اخلاقی است، در بازنگری برنامه‌های درسی نقش محوری دارد و بازتاب نظریاتی چون یادگیری تحول آفرین است. در بخش پیامدهای هیئت علمی، افزایشی در خودآگاهی و بازتاب حرفه‌ای مشاهده می‌شود که بر توسعه توانمندی‌های تخصصی و حمایت از نوآوری در آموزش تمرکز دارد (Dolmans, 2024). همچنین، کاهش مقاومت اعضای هیئت علمی از طریق گفت‌وگوی باز و نقش رهبری در مدیریت تغییر، از دیگر نتایج کلیدی است. پیامدهای سازمانی نوسازی برنامه‌های درسی مهندسی مبتنی بر توسعه پایدار بیش از آن که صرفاً «نتیجه آموزشی» باشند، به تدریج معماری حکمرانی و ظرفیت نهادهای دانشکده/دانشگاه را بازتعریف می‌کنند. در سطح نخست، هم‌تراز شدن ساختار و فرایندهای درونی با الزامات جدید اعتباربخشی مبتنی بر پایداری، به نوعی «مدیریت خطر نهادی» می‌انجامد که از طریق آن برنامه‌ها در برابر تهدیدهایی مانند کاهش تقاضای دانشجویان، از دست دادن اعتبار حرفه‌ای یا ناسازگاری با استانداردهای جهانی مقاوم‌سازی می‌شوند. این هم‌ترازی، جایگاه دوره‌های مهندسی را در میدان رقابت ملی و بین‌المللی ارتقا می‌دهد و آن را به عنوان برنامه‌هایی به روز، مسئول و آینده‌نگر در ذهن صنعت، دانشجویان و نهادهای سیاست‌گذار تثبیت می‌کند. در سطح دوم، پیامدها به صورت ارتقای «ظرفیت دانشی و نوآوری آموزشی» آشکار می‌شود؛ یعنی نوسازی توسعه پایدار خود به موتور تولید پژوهش در آموزش مهندسی، توسعه روش‌های نوین یاددهی - یادگیری (مانند رویکردهای پروژه‌محور و فرارشته‌ای)، و شکل‌گیری شبکه‌های همکاری علمی درون و بین گروه‌ها تبدیل می‌شود. این فرایند هم‌زمان با تقویت همکاری‌های بین‌رشته‌ای و افزایش گشودگی واحدها به سایر حوزه‌های علمی، زیرساخت «بهبود کیفیت مستمر» را در سطح سازمانی تغذیه می‌کند؛ به گونه‌ای که بازنگری برنامه درسی از یک پروژه زمان‌مند، به رویه‌ای نهادمند و تکرارشونده بدل می‌شود و در نهایت در سطح سوم، پیامدهای سازمانی در قالب پویایی‌های بازار و اقتصاد آموزش دیده می‌شوند. برنامه‌های مهندسی که به طور معنادار ابعاد توسعه پایدار را در نتایج یادگیری و تجربه دانشجویان تعبیه می‌کنند، از جذابیت بیشتری برای نسل جدید داوطلبان برخوردارند و شانس جذب و حفظ دانشجویان را افزایش می‌دهند و از طریق تقویت پیوند با صنعت، فرصت‌های اشتغال، کارآموزی و پروژه‌های مشترک را گسترش می‌دهند. این ترکیب، به تدریج به «پایداری مالی پژوهشی و آموزشی» یاری می‌رساند، زیرا همکاری‌های صنعتی و پروژه‌های مبتنی بر

نیازهای واقعی، جریان‌های جدیدی از منابع مالی و سرمایه اجتماعی را به سمت دانشگاه هدایت می‌کند و به برنامه‌های مهندسی امکان می‌دهد در بوم‌سازگان^۱ نوآوری و توسعه پایدار نقش فعال‌تری ایفا کنند. در حوزه پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی، گزارش‌ها بر افزایش پاسخ‌گویی اجتماعی، توسعه عدالت، شمول و ارتقای مسئولیت‌پذیری زیست‌محیطی تأکید دارند و نشان می‌دهند که مهندسان نه تنها به دانش فنی بلکه به نگرش‌های اخلاقی و اجتماعی مجهز شده‌اند که تضمین‌کننده پایداری بلندمدت است (Van Schalkwyk, 2025; Siller et al., 2022). همچنین تأمین تعادل بوم‌شناختی^۲ و خلق ثروت پایدار، اهداف حیاتی و بلندمدت در این فرایند محسوب می‌شوند (Sabri, 2025). بنابراین، پیامدهای نوسازی برنامه‌های درسی توسعه پایدار مجموعه‌ای پیچیده و چندبعدی از تأثیرات فردی، سازمانی و اجتماعی است که هم‌افزایی آنها موجب تحقق اهداف توسعه پایدار می‌شود. استمرار این پیامدها مستلزم توجه عمیق به بازخورد مستمر، تغییرات ساختاری و فرهنگی و تعامل گسترده‌ی ذی‌نفعان است که به عنوان محورهای کلیدی موفقیت بازنگری‌های برنامه‌ای شناخته می‌شوند.

۵. نتیجه‌گیری

نوسازی برنامه‌های درسی آموزش مهندسی بر مبنای آموزش برای توسعه پایدار، آموزش مهندسی را از یک نظام صرفاً فنی به یک بوم‌سازگان یادگیری اجتماعی-فنی، اخلاق محور و آینده‌نگر تبدیل می‌کند. در این مدل، شایستگی‌های پیچیده پایداری دانشجویان و هیئت علمی، زیرساخت‌های مدیریتی-مالی-فناورانه و بسترهای توانمندسازی آموزشی به عنوان اجزای یک سیستم سازگار شونده عمل می‌کنند و جهت، سرعت و عمق نوسازی را تعیین می‌کنند. اتکای پژوهش به فراترکیب نظریه‌ساز و استناد به شواهد بین‌المللی اخیر، این نتیجه را تقویت می‌کند که گذار به توسعه پایدار در آموزش مهندسی ضرورتی جهانی برای هم‌راستاسازی دانشگاه‌ها با اهداف توسعه پایدار و دستور کار ۲۰۳۰ ایجاد می‌نماید. از منظر جهانی یافته‌ها می‌گویند که برنامه‌های مهندسی موفق در حوزه توسعه پایدار، به طور هم‌زمان چند سطح را هدف قرار می‌دهند: در سطح یادگیرنده، شایستگی‌های جامع را برای کنشگری مسئولانه، تفکر نظام‌مند، بین‌رشته‌ای و قضاوت اخلاقی آگاهانه توسعه می‌بخشند؛ در سطح برنامه، مفاهیم توسعه پایدار را به صورت افقی و عمودی در درس‌های هسته‌ای و تجربه‌های میدانی جاسازی می‌کنند؛ و در سطح سازمانی، ساختارها، فرهنگ و سازوکارهای اعتباربخشی را برای پشتیبانی از نوآوری مداوم بازپیکربندی می‌کنند. درعین حال، شکاف‌های مهمی شناسایی می‌شوند: غلبه ابعاد فنی توسعه پایدار بر ابعاد اجتماعی-اقتصادی، کم‌رنگ بودن شایستگی‌های مرتبط با مشارکت اجتماعی و عدالت،

۱- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه «اکوسیستم»

۲- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه «اکولوژیکی»

و فاصله میان اهداف مصوب (مانند همکاری بین‌رشته‌ای) و تجربه واقعی دانشجویان در بسیاری از برنامه‌ها. این تصویر تأکید دارد که آموزش مهندسی در سطح بین‌المللی، هنوز در حال گذار از «افزودن محتوا» به «تغییر آفرانگاره» قرار دارد؛ یعنی از نگاه کاهش‌گرایانه و تک‌رشته‌ای به منطق طراحی برنامه درسی مبتنی بر سیستم‌های سازگار شونده و یادگیری تحول‌آفرین حرکت می‌کند. آنچه که مدل توسعه‌یافته نشان می‌دهد این است که در صورت اجرا و پشتیبانی درست، نوسازی مبتنی بر توسعه پایدار، نتایج فردی و سازمانی را به‌طور معنادار ارتقا می‌بخشد؛ از جمله تقویت شایستگی‌های پایدار دانشجویان، بهبود عملکرد کمی و کیفی (ارتقای نمرات، کاهش مردودی، افزایش مشارکت در پروژه‌ها و رقابت‌ها)، افزایش نرخ اشتغال و کیفیت ورود به بازار کار، بهبود جایگاه اعتباربخشی و ارتقای تصویر دانشگاه به‌عنوان نهاد مسئول در قبال چالش‌های جهانی. با این حال، تحلیل تطبیقی متون جدید بیان می‌کند که این دستاوردها زمانی پایدار می‌مانند تا چرخه «اجرا-پایش-اصلاح-نهادینه‌سازی» به‌صورت یک نظام CQI (بهبود مستمر کیفیت) نهادمند عمل کند و حمایت مدیریتی، سیاست‌های تشویقی و زیرساخت‌های داده‌محور، یادگیری سازمانی را در بلندمدت فراهم سازند.

۶. پیشنهادهای کاربردی

الف. طراحی نقشه جامع شایستگی‌های توسعه پایدار در سطح برنامه^۱ و نقشه‌برداری نظام‌مند آن در تمام درس‌های اصلی، پروژه‌های طراحی، کارآموزی و پایان‌نامه‌ها به‌جای محدود شدن به چند واحد اختیاری؛ و هم‌زمان تعریف مسیر پیشرفت توسعه پایدار به‌گونه‌ای که دانشجویان از آشنایی مفهومی در سال‌های اولیه به حل مسائل پیچیده اجتماعی-فنی واقعی در سال‌های پایانی برسند. ب. اجرای برنامه‌های توسعه حرفه‌ای پژوهش‌محور برای اعضای هیئت علمی با تمرکز دوگانه بر به‌روزرسانی دانش توسعه پایدار و توانمندسازی روش‌شناختی در رویکردهای یادگیری فعال، پروژه‌محور، بین‌رشته‌ای و مشارکتی؛ و تعبیه شایستگی‌های آموزش برای توسعه پایدار و ابتکار در نوسازی برنامه درسی به‌عنوان معیارهای رسمی در نظام ارزیابی عملکرد، ارتقا و ترفیع اعضای هیئت علمی به‌منظور به رسمیت شناختن نقش تحول‌آفرین آنها.

هم‌ترازسازی نتایج یادگیری برنامه‌ها با چارچوب‌های بین‌المللی مرتبط با اهداف توسعه پایدارمانند هم‌ترازسازی نتایج یادگیری برنامه‌ها با چارچوب‌های بین‌المللی مرتبط با اهداف توسعه پایدار، نظیر پیمان واشنگتن و شایستگی‌های مهندسی همسو با اهداف توسعه پایدار و بهره‌گیری از آنها به‌عنوان ابزار راهبردی طراحی و بازطراحی برنامه درسی؛ و گنجاندن شاخص‌های شایستگی‌های اجتماعی، اخلاقی، بین‌رشته‌ای و نظام‌مند در کنار شاخص‌های فنی در فرایندهای اعتباربخشی داخلی و خارجی

- به منظور رصد و تضمین پوشش ابعاد چندوجهی توسعه پایدار.
- ج. استفاده هدفمند از پژوهش‌های مرتبط با اهداف توسعه پایدار برای تولید راهنماهای طراحی برنامه درسی مبتنی بر شواهد و مطالعات موردی آموزشی قابل کاربرد مستقیم در درس‌های مهندسی؛ و تشویق پروژه‌های پژوهشی مشترک میان گروه‌های مهندسی و علوم انسانی/اجتماعی به منظور توسعه مدل‌های بومی سازی شده توسعه پایدار که همزمان به زمینه‌های محلی و الزامات جهانی پاسخگو باشند.
- د. قرار دادن فرایندهای بازنگری برنامه‌های مهندسی در چارچوب اسناد جهانی (Agenda 2030، ی‌للملانیدی‌له‌فرحی‌اهه‌ینایدو رادی‌پ‌ه‌سوت‌ف‌ادها) و بهره‌گیری از آنها به عنوان مبنای گفت‌وگوی راهبردی با نهادهای سیاست‌گذاری ملی و منطقه‌ای؛ و مشارکت فعال در شبکه‌های بین‌المللی و منطقه‌ای آموزش مهندسی برای توسعه پایدار به منظور تبادل تجربه‌ها، الگوبرداری متقابل و مشارکت در شکل‌دهی به استانداردهای نوظهور شایستگی‌های مهندسی آینده.

References

- ABET. (2023). Fundamentals of program assessment workshop syllabus. <https://www.abet.org/>
- ABET. (2024). Criteria for accrediting engineering programs: Effective for reviews during the 2025–2026 accreditation cycle. <https://www.abet.org/wp-content/uploads/2024/11/2025–2026–EAC–Criteria–10–25–2024.pdf>
- Acosta Castellanos, P. M., & Queiruga-Dios, A. (2022). From environmental education to education for sustainable development in higher education: A systematic review. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(3), 622–644. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-04-2021-0167>
- Aktar, M., & Rahman, M. S. (2020). Implementation of e-learning technology in higher education. *Journal of Educational Technology Systems*, 49(2), 123–145.
- Alhassani, F., Saleem, M. R., & Messner, J. (2025). Integrating sustainability in engineering: A global review. *Sustainability*, 17(15), 6930.
- American Society for Engineering Education & National Academy of Engineering. (2025). *The engineering mindset – Blueprint for change: Volume 1. Institutional guidelines for implementing change in undergraduate engineering and engineering technology education (National Task Force Report)*. <https://mindset.asee.org/wp-content/uploads/2024/09/The-Engineering-Mindset-Report.pdf>.
- Ayar, P., Baghchesaraci, O. R., Khademi, A., & Baibordy, A. (2023). A descriptive-comparative study of incorporating the sustainability approach in civil engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, 24(96), 93–118. <https://doi.org/10.22047/ijee.2023.352596.1931> [In Persian].
- Azapagic, A., Perdan, S., & Shallcross, D. (2005). How much do engineering students know about sustainable development? The findings of an international survey and possible implications for the engineering curriculum. *European Journal of Engineering Education*, 30(1), 1–19.
- Ballesteros-Sánchez, L., Ortiz-Marcos, I., & Rodríguez-Rivero, R. (2021). Investigating the gap between engineering graduates and practicing project managers. *International Journal of Engineering Education*, 37(1), 31–43.
- Bedoya-Dorado, C., Murillo-Vargas, G., & Gonzalez-Campo, C. H. (2022). Sustainability in the mission and vision statements of Colombian universities. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(1), 67–86. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-08-2020-0284>.
- Beldad, A. D., & Miedema, H. A. T. (2025). Introducing a framework for designing an interdisciplinary

- engineering curriculum. *European Journal of Engineering Education*, 50(3). <https://doi.org/10.1080/03043797.2025.2507243>.
- Bhogayata, A. C., Jadeja, R. B., Vora, T. P., Ved, A. D., & Rachchh, N. V. (2025). Enhancing engineering education: A curriculum framework for integrating experiential learning and research. *Journal of Engineering Education Transformations*, 38(1), 66–76. <https://doi.org/10.16920/jeet/2025/v38i1/12345>.
- Bianchi, G. (2020). Sustainability competences. *Publications Office of the European Union*. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC123624/jrc123624_1_1.pdf.
- Broo, D. G., Kaynak, O., & Sait, S. M. (2022). Rethinking engineering education at the age of Industry 5.0. *Journal of Industrial Information Integration*, 25, 100311.
- Brookfield, S. D. (2017). *Becoming a critically reflective teacher* (2nd ed.). Jossey-Bass.
- Brundiers, K., & Wiek, A. (2017). Beyond interpersonal competence: Teaching and learning professional skills in sustainability. *Education Sciences*, 7(1), Article 39. <https://doi.org/10.3390/educsci7010039>.
- Bürgermeister, A., Klamma, R., & Jansen, M. (2021). Peer feedback in higher education: A systematic review. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 46(8), 1173–1189.
- Chakraborty, S. (2024). Generative AI in the modern educational community. *Journal of Educational Technology & Society*, 27(1), 45–60.
- Chang, J. S. (2017). Network partnership model for capacity building in higher education. *International Journal of Educational Development*, 55, 1–9.
- Chen, S. Y., & Liu, S. Y. (2020). Developing students' action competence for a sustainable future: A review of educational research. *Sustainability*, 12(4), 1374. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/4/1374>.
- Clark, K. R. (2022). Education for sustainable development, curriculum reform and implications for teacher education in a small island developing state. *Discourse and Communication for Sustainable Education*, 13(1), 145–153.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Brodeur, D. (2007). Rethinking engineering education: The CDIO approach. Springer Press. <http://www.cdio.org>.
- Crosthwaite, C., Cameron, I., Lant, P., & Litster, J. (2014). Balancing curriculum processes and content in a project centred curriculum: The UQ chemical engineering experience. *Education for Chemical Engineers*, 9(2), e55–e62.
- Desha, C. J., Hargroves, K., & Smith, M. H. (2009). Addressing the time lag dilemma in curriculum renewal towards engineering education for sustainable development. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 10(2), 184–199.
- Desha, C., & Hargroves, K. (2010). *Rapid curriculum renewal in engineering: Issues, challenges and opportunities for development* (UNESCO Report, pp. 343–345). UNESCO Publishing.
- Desha, C., & Hargroves, K. (2014). *Higher education and sustainable development: A model for curriculum renewal*. Routledge.
- Dolmans, D. (2024). Faculty development as an essential response to curriculum renewal. *Medical Teacher*, 46(3), 285–291.
- Finfgeld-Connett, D. (2018). *A guide to qualitative meta-synthesis* (Vol. 10). Routledge.
- Fissi, S., Romolini, A., Gori, E., & Contri, M. (2021). The path toward a sustainable green university: The case of the University of Florence. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123655. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123655>
- Fullan, M. (2015). *The principal: Three keys to maximizing impact*. Jossey-Bass.
- Galloway, P. (2008). *The 21st century engineer: A proposal for engineering education reform*. ASCE Press.
- Garba, A. (2024). Achieving sustainable development goals through curriculum innovation and development. *Journal of Arabic Language Teaching*, 4(2), 151–168.
- Gatti, L., Ulrich, M., & Seele, P. (2019). Education for sustainable development through business simulation games: An exploratory study of sustainability gamification and its effects on students' learning. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117684. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117684>.

- Goodhew, P. (2013). *Teaching engineering: All you need to know about engineering education but were afraid to ask*. Royal Academy of Engineering.
- Graessler, I., & Grewe, B. (2025). Structuring systems engineering transformation: A three-step cycle of transformation. *Procedia CIRP*, 136, 936–942.
- Guntakandla, A. R. (2025). Modular architecture: A scalable and efficient system design approach for enterprise applications. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 26(1), 3114–3126. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.26.1.1340>.
- Gutierrez–Bucheli, L., Kidman, G., & Reid, A. (2022). Sustainability in engineering education: A review of learning outcomes. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129734.
- Haghighi, K., Smith, K., Olds, B., Fortenberry, N., & Bond, S. (2008). Guest editorial: The time is now: Are we ready for our role? *Journal of Engineering Education*, 97(2), 119–121.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.
- Högfeldt, A. K., Gumaelius, L., Berglund, P., Kari, L., Pears, A., & Kann, V. (2023). Leadership, support and organisation for academics' participation in engineering education change for sustainable development. *European Journal of Engineering Education*, 48(2), 240–266.
- Holgaard, J. E., Hadgraft, R., Kolmos, A., & Guerra, A. (2016). Strategies for education for sustainable development – Danish and Australian perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3479–3491. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.063>.
- Holmberg, J., & Samuelsson, B. E. (2006). *Drivers and barriers for implementing sustainable development in higher education*. UNESCO Education Sector.
- Holmberg, J., Svanström, M., Peet, D., Mulder, K., Ferrer–Balas, D. and Segalàs, J. (2008), “Embedding Sustainability in Higher Education through Interaction with Lecturers: Case studies from three European Technical Universities”, *European Journal of Engineering Education*, Vol. 33, No. 3, pp. 271–282.
- Hu, A., Mao, X., Fu, C., Wu, M., & Zhou, S. (2023). Engineering curriculum reform based on outcome-based education and five-color psychology theory. *Sustainability*, 15(11), 89.
- Huangfu, J., Li, R., Xu, J., & Pan, Y. (2025). Fostering continuous innovation in creative education: A multi-path configurational analysis of continuous collaboration with AIGC in Chinese ACG educational contexts. *Sustainability*, 17(1), 144.
- Hwang, Y., Ko, Y. S., Shim, S. S., Ok, S. Y., & Lee, H. (2023). Promoting engineering students' social responsibility and willingness to act on socioscientific issues. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00402-1>.
- Infosys Foundation & Indian National Academy of Engineering. (2024, May 15). *Infosys foundation and Indian national academy of engineering collaborate to transform engineering education in India* [Press release]. <https://www.infosys.com/newsroom/press-releases/2024/collaborate-transform-engineering-education-india.html>
- International Engineering Alliance. (2007). *Graduate attributes and professional competencies*. International Engineering Alliance. <https://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf>.
- IPCC. (2013). *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press.
- Karataş, T. Ö., & Tuncer, H. (2020). Sustaining language skills development of pre-service EFL teachers despite the COVID-19 interruption: A case of emergency distance education. *Sustainability*, 12(19), 8188. <https://doi.org/10.3390/su12198188>.
- Khan, M. S. H., Salele, N., Hasan, M., & Abdou, B. O. (2023). Factors affecting student readiness towards OBE implementation in engineering education: Evidence from a developing country. *Heliyon*, 9(10), e20556. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20556>.
- Kioupi, V., & Voulvoulis, N. (2019). Education for sustainable development: A systemic framework for connecting the SDGs to educational outcomes. *Sustainability*, 11(21), 6104. <https://doi.org/10.3390/su11216104>.

- Kopnina, H. (2020). Education for the future? Critical evaluation of education for sustainable development goals. *The Journal of Environmental Education*, 51(4), 280–291. <https://doi.org/10.1080/00958964.2019.1710444>.
- Kumagai, A. K., & Naidu, T. (2015). Reflection, dialogue, and the possibilities of space. *Academic Medicine*, 90(3), 283–288.
- Leifler, O., & Dahlin, J. E. (2020). Curriculum integration of sustainability in engineering education—a national study of programme director perspectives. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(5), 877–894.
- Lilley, D., & Lofthouse, V. (2009). Sustainable design education—considering design for behavioural change. *Engineering Education*, 4(1), 29–41.
- McKeown, R., & Hopkins, C. (2007). Moving beyond the EE and ESD disciplinary debate in formal education. *Journal of Education for Sustainable Development*, 1(1), 17–26. <https://doi.org/10.1177/097340820700100107>
- Megayanti, T., Busono, T., & Maknun, J. (2020). The effectiveness of project-based learning in vocational education: A literature review. *Journal of Vocational Education Studies*, 3(1), 1–10.
- Mesutoglu, C., Stollman, S., & Lopez Arteaga, I. (2024). Principles and practices of modular course design in higher engineering education. *International Journal of Information and Learning Technology*, 41(2), 153–165. <https://doi.org/10.1108/IJILT-05-2023-0061>.
- Mohammadi, M., Salimi, G., & Ghasemian, A. (2019). An evaluation of Shiraz University curriculum renewal process based on strategic approach of education for sustainable development. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, 29(3), 230–250.
- Mohammadi, M., Shirin Hesar, R., & Salimi, G. (2024). Attitude of engineering students of Shiraz University towards the relatedness of the graduate curriculum with sustainable development. *Iranian Journal of Engineering Education*, 25(100), 27–47. <https://doi.org/10.22047/ijee.2023.414181.2007> [In Persian]
- Núñez–Canal, M., de Obesso, M., & Pérez–Rivero, C. (2022). New challenges in higher education: A study of the digital competence of educators in Covid times. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121270. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121270>.
- Oe, H., Yamaoka, Y., & Ochiai, H. (2022). A qualitative assessment of community learning initiatives for environmental awareness and behaviour change: Applying UNESCO Education for Sustainable Development (ESD) framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3528. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063528>.
- OECD. (2022). Enhancing the impact of digital technology on learning. <https://doi.org/10.1787/xxxxxxx-en>
- Olewnik, A., Horn, A., Schrewe, L., & Ferguson, S. (2022). A systematic review of PBL literature: In search of implementation guidelines for engineering situated problem design, facilitation, and assessment. *International Journal of Engineering Education*, 38(6), 1450–1465.
- Patil, A. Y., Kundu, T., & Kumar, R. (2024). Finite element analysis megatrends: A road less traveled. *Computer Applications in Engineering Education*, 32(3), e22721. <https://doi.org/10.1002/cae.22721>.
- Pecheritsa, E. (2022). Formative assessment for lifelong learning and effective teaching. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 47(4), 567–580.
- Pourmokhtar, A., Ayatollahi, S. M., & Nadimi, H. (2024). Recognizing the meaning and stairs of sustainable education of architecture relying on the understanding of traditional education of architectural. *Iranian Journal of Engineering Education*, 26(102), 73–101. <https://doi.org/10.22047/ijee.2024.447373.2062> [In Persian].
- RET. (2012). *Consultation report and briefing note: Report by the Queensland University of Technology and Adelaide University to the Department of Resources, Energy and Tourism*. Department of Resources, Energy and Tourism.
- Riess, W., Martin, M., Mischo, C., Kotthoff, H. G., & Waltner, E. M. (2022). How can education for sustainable development (ESD) be effectively implemented in teaching and learning? An analysis of educational science recommendations of methods and procedures to promote ESD goals. *Sustainability*, 14(7), 3708. <https://doi.org/10.3390/su14073708>.

- Roca Bosch, E., Real Saladrías, E., & Ferrer Martí, L. (2022). Integrating sustainability and social commitment (s&sc) competences in the curriculum at the Barcelona School of Civil Engineering. *Towards a new future in engineering education, new scenarios that European alliances of tech universities open up* (pp. 1491–1498). Universitat Politècnica de Catalunya.
- Rumania, S., & Nuryani, N. (2023). Reality and factors of influence on the development of Arabic language education curriculum at SDNU Kencong Jember. *Language Teaching*, 4(1), 45–58.
- Ryan, A., & Tilbury, D. (2013). *Flexible pedagogies: New pedagogical ideas*. Higher Education Academy.
- Sabri, O. K. (2025). Rethinking sustainability in engineering education: A call for systemic change. *Frontiers in Education*, 10, 1587430. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1587430>.
- Seikkula-Leino, J., Jónsdóttir, S. R., Håkansson-Lindqvist, M., Westerberg, M., & Eriksson Bergström, S. (2021). Responding to global challenges through education: Entrepreneurial, sustainable, and pro-environmental education in Nordic teacher education curricula. *Sustainability*, 13(22), 12808. <https://doi.org/10.3390/su132212808>.
- Shamsudeen, M. T. (2023). Designing an effective OBE curriculum: A guide to conceptual framework and implementation strategy. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 10(4), f508–f515.
- Sharma, M., Kaur, G., & Brar, L. S. (2018). Social responsibility and sustainable development in engineering education. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4283–4290.
- Sikorskaia, G., & Savelyeva, T. (2022). Vocational cum pedagogical tertiary education and sustainable development in Russia. *Sustainable tertiary education in Asia: Policies, practices, and developments* (pp. 179–195). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Siller, N., Okhovat, R., & Stark, R. (2025). A sustainability-centric assessment framework for digital solutions across industries. *Flexible Automation and Intelligent Manufacturing: The Future of Automation and Manufacturing: Intelligence, Agility, and Sustainability: Proceedings of FAIM 2025* (Vol. 2, pp. 402–410). Springer.
- Siller, T., Atadero, R. A., Casper, A. M., & Paguyo, C. H. (2022). Leveraging sustainability to teach about social justice in civil engineering curricula. *International Journal of Engineering Education*, 38(3), 850–862.
- Steinert, Y. (2020). Faculty development: Core concepts and principles. In Y. Steinert (Ed.), *Faculty development in the health professions: A focus on research and practice* (pp. 3–25). Springer.
- Stern, N. H. (2007). *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge University Press.
- Swinburne University of Technology. (2007). *Curriculum framework project*. Swinburne University. <http://www.swinburne.edu.au/hed/framework/statement.html>.
- Taba, H. (1962). *Curriculum development: Theory and practice*. Harcourt, Brace & World.
- Trent, J., & Schnurr, L. (2018). *A United Nations renaissance* (pp. 11–18). Verlag Barbara Budrich. <https://doi.org/10.3224/84740711>.
- Van der Merwe, M., & Albertyn, R. M. (2009). Transformation through training: Application of emancipatory methods in a housing education programme for rural women in South Africa. *Community Development Journal*, 45(2), 149–168. <https://doi.org/10.1093/cdj/bsp001>.
- Van der Vleuten, C. P. M., Schuwirth, L. W. T., Driessen, E. W., Dijkstra, J., Tigelaar, D., Baartman, L. K. J., & van Tartwijk, J. (2015). A model for programmatic assessment fit for purpose. *Medical Teacher*, 34(3), 205–214.
- Van Schalkwyk, S. C. (2025). *Curriculum transformation and the expanded roles of educators*. Routledge.
- Van Schalkwyk, S. C., Hafler, J., Brewer, T. F., Maley, M. A., Margolis, C., McNamee, L., Meyer, I., Peluso, M. J., Schmutz, A. M., Spak, J. M., & Davies, D. (2019). Transformative learning as pedagogy for the health professions: A scoping review. *Medical Education*, 53(6), 547–558.
- Velthuis, F., Varpio, L., Helmich, E., Dekker, H., & Jaarsma, D. A. D. C. (2018). The importance of acknowledging the social and organizational aspects of change in curriculum reform. *Academic Medicine*, 93(8), 1189–1194.
- Walkington, J. (2002). A process for curriculum change in engineering education. *European Journal of Engineering*

- Education*, 27(2), 16.
- Wiek, A., & Kay, B. (2015). Learning while transforming: Solution-oriented learning for urban sustainability in Phoenix, Arizona. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 16, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.07.001>.
 - World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>.
 - Yadav, S. K., Banerjee, A., Jhariya, M. K., Meena, R. S., Raj, A., Khan, N., Kumar, S., & Sheoran, S. (2022). Environmental education for sustainable development. *Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability*, 415–431. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822976-7.00010-7>.
 - Yao, D., Zhang, X., & Liu, Y. (2022). Teaching reform in C programming course from the perspective of sustainable development: Construction and 9-year practice of “three classrooms–four integrations–five combinations” teaching model. *Sustainability*, 14(22), 15226.
 - Yazdani, H., & Yaghoubi, M. (2023). Integrating engineering education with sustainable development: Characteristics, literature review, and providing a comprehensive framework. *Iranian Journal of Engineering Education*, 24(96), 69–91. <https://doi.org/10.22047/ijee.2023.360852.1936>.
 - Yong, C. Y., & Iderus, S. A. (2024). Proposed comprehensive novel model (CN-model): To drive continuous quality improvement (CQI) on engineering programme in institution of higher learning. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 38(1), 48–63.



◀ **مهدی محمدی:** عضو هیئت علمی و استاد تمام گروه مدیریت و برنامه‌ریزی آموزشی دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه شیراز، حوزه پژوهشی مورد علاقه ایشان آموزش مهندسی، یادگیری الکترونیکی، آموزش عالی و توسعه پایدار، برنامه درسی در آموزش عالی است



◀ **فرزانه دیمه‌کار حقیقی:** دانش‌آموخته دکتری مطالعات برنامه درسی دانشگاه شیراز است. ایشان پژوهشگر حوزه‌های توسعه حرفه‌ای معلمان و آموزش مهندسی با تأکید بر آبرانگاره توسعه پایدار، بازطراحی الگوهای یاددهی-یادگیری در آموزش عالی از طریق ادغام هوش مصنوعی و تبیین بسترهای نوین در تربیت معلم و آموزش‌های تخصصی است.