

آموزش مهندسی در راستای توسعه پایدار: ویژگی‌ها، بررسی مطالعات و ارائه چهارچوبی جامع

حامد یزدانی^۱ و محمود یعقوبی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۱۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۱

DOI: 10.22047/ijee.2023.360852.1936

چکیده: چالش‌های جهانی نظیر تغییرات اقلیمی، امنیت منابع انرژی و غذا، فقر و حقوق بشر در سال‌های اخیر به طور جدی مورد توجه قرار گرفته‌اند. راهکارهای ارائه‌شده توسط سیاست‌گذاران و محققان مشخصاً نتوانسته است در مقیاس جهانی مؤثر واقع شود. برای نمونه، هنوز حدود یک‌سوم جمعیت زمین از دسترسی کافی به آب آشامیدنی سالم محروم هستند، اثرات مخرب گرمایش جهانی سلامت محیط‌زیست و مردم را به خطر انداخته و در اقصی نقاط جهان فقر نسبی و منازعه گسترده‌تر شده است. این عوامل منجر به اهمیت نگاه جهانی و آینده‌نگر به توسعه پایدار شده است. از آنجایی که مفهوم پایداری دارای پیچیدگی‌های ذاتی و ماهیت میان‌رشته‌ای با ابعاد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی است، آموزش توسعه پایدار در همه رشته‌های دانشگاهی، به خصوص برای دانشجویان مهندسی، ضروری به نظر می‌رسد. این مقاله با توصیف ویژگی‌های آموزش مهندسی پایدار و بررسی جامع مقالات داخلی و خارجی در این زمینه، سعی در ارائه راهکاری برای گنجاندن ابعاد فرارشته‌ای توسعه پایدار در برنامه درسی دانشجویان مهندسی دارد. در همین راستا، درون‌مایه درسی واحد با تأکید بر تقویت دانش اجتماعی مهندسان و افزایش توانایی ایشان در یافتن و درک اثرات متقابل ابعاد مختلف پایداری پیشنهاد و تحلیل شد. تشریح شد که چنین درسی می‌تواند مهندسان آینده را آماده روبه‌رو شدن و یافتن پاسخ پایدار برای چالش‌های پیچیده دنیای کنونی کند.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار، آموزش پایداری، آموزش مهندسی، دانشگاه نسل چهارم، پژوهش کیفی

۱- کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. (نویسنده مسئول). hamedme.yazdani@gmail.com

۲- استاد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. yaghoubi@shirazu.ac.ir

۱. مقدمه

صنعت در طی چند قرن گذشته، نسل‌های اول تا چهارم را پشت سر گذاشته و در حال ورود به نسل پنجم است. برای نسل جدید، طرح‌های مختلفی پیش‌بینی شده که عمدتاً تأکید بر توسعه پایدار و انسان‌محور دارند. برای نمونه، اتحادیه اروپا انقلاب صنعتی پنجم را در راستای ایجاد صنعتی پایدار، انسان‌محور و تاب‌آور تعریف کرده است (Breque et al., 2021).

نقش بی‌بدیل دانشگاه‌ها در تحول جوامع و به خصوص توسعه صنعتی، با تعلیم و تربیت رهبران، کارآفرینان و محققان غیرقابل انکار است. هرگونه سرمایه‌گذاری در دانشگاه‌ها، به منظور توانمندسازی نیروی کار و توسعه سرمایه انسانی دانش‌محور، نه تنها منجر به رشد و شکوفایی توانایی‌های افراد شده، بلکه در نهایت موجب توسعه و تعالی خود جامعه می‌شود. گفتنی است امروزه اغلب نظریه‌پردازان اذعان دارند که هدف عمده دانشجویان از تحصیل در دانشگاه اغلب به سمت اشتغال و بازدهی اقتصادی میل کرده است. این پدیده به‌طور مشخص اثرات مخربی نظیر عدم توازن مناسب بین فارغ‌التحصیلان رشته‌های مختلف و تک‌رشته‌ای شدن دانش را به همراه دارد (Karlsson et al., 2022). در رشته‌های مهندسی، این تغییر رویکرد آموزشی به پیشرفت‌های صنعتی نسبت داده می‌شود که در حقیقت هم‌راستا با رویکرد پایداری نیست (Sivapalan et al., 2016).

باید در نظر داشت که از ابتدای انقلاب صنعتی تا کنون، آموزش مهندسی همواره متأثر از تغییرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بوده است. در هر دوره با شرایط ویژه‌ای مواجه بوده و نسل‌های متعددی را پشت سر گذاشته است. امروزه عدم موفقیت تلاش‌های جهانی برای دستیابی به پایداری، چالش‌های جدی برای آموزش مهندسی و البته سایر رشته‌ها ایجاد کرده است. اهمیت توسعه پایدار به‌طور جدی نخستین بار حدود ۵۰ سال پیش توسط سازمان بین‌المللی حفظ طبیعت مطرح شد (IUCN, 1970). از آن پس، پژوهشگران تعریف‌های متنوعی از توسعه پایدار ارائه کرده‌اند (Borges et al, 2018; Martins et al., 2019). پایداری به مفهوم توانایی پیوسته و تجدیدپذیر انجام هر عملی است. بر این اساس در مرجع (Muñoz et al., 2020) تأکید شد که در توسعه پایدار می‌بایست نیازهای کنونی بشر بدون به‌مخاطره انداختن توانایی نسل‌های آینده در تأمین این نیازها فراهم شود. مشخص است این هدف بدون ایجاد تغییر عمده در شیوه آموزش پایدار محور برای توجه ویژه به مسائل محیط زیستی امکان‌پذیر نیست.

عمده مباحث مطرح‌شده پیرامون توسعه پایدار مربوط به آینده اقتصادی، توسعه اجتماعی بشر و حفاظت از محیط زیست است. برای تحقق آن، راهکارهایی نظیر استفاده بهینه از ذخایر طبیعی، بهره‌گیری از منابع انرژی تجدیدپذیر و همچنین مسئولیت‌های اخلاقی و اجتماعی شرکت‌های صنعتی

بزرگ و کوچک ارائه شده است (Cazeri et al., 2018; Rampasso et al., 2019). با این سازوکارها حالتی متوازن از توسعه خواهد بود، به طوری که در حین سودآوری اقتصادی و رفاه عمومی، حتی الامکان از تخریب منابع پشتیبان زیست محیطی جلوگیری کرده و به سازگاری و پایداری جامعه توجه می‌شود. در سال ۲۰۱۵، سازمان ملل متحد ۱۷ راهکار جامع برای توسعه پایدار ارائه کرد که از آن به عنوان اهداف توسعه پایدار نام برده شده است و نیاز به اقدام فوری توسط همه کشورها دارد (UN, 2015). راهکار چهارم این دستورات عمل، تأکید به آموزش مهندسی برای توسعه پایدار و اشاره شده که این فعالیت، نقش کلیدی در دستیابی به سایر ۱۶ هدف دیگر دارد. به طور خاص، التزام به توسعه دانش و شایستگی دانشجویان برای توانمندسازی آن‌ها در جهت توسعه پایدار، در بخش ۷-۴ این بیانیه مشخص شده است.

۱-۱. بیان مسئله پژوهش

عمده مطالعات انجام شده در زمینه پایداری منحصر به مسائل زیست محیطی نظیر انرژی‌های تجدیدپذیر، ارزیابی چرخه عمر و کاهش تلفات می‌شود. این در حالی است که حل معضلات اقتصادی و اجتماعی در راستای محقق شدن توسعه پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به عنوان مثال، مشخص است مهندسی که عوامل اجتماعی را در تصمیماتش در نظر نگیرد و یا پیامدهای تصمیماتش را بر جامعه درک نکند، نمی‌تواند یک طراحی بهینه را برای همه ابعاد پایداری، داشته باشد. این حقیقت تأکید می‌کند که مسئولین امر باید در دوره‌ها و برنامه‌های درسی تجدیدنظر کنند تا فارغ‌التحصیلان مهندسی برای چالش‌های جدید مهندسی پایدار آماده شوند. واضح است که تهیه برنامه درسی مناسب و آماده‌سازی اساتید برای پرداختن به وابستگی متقابل و پیچیده بین ابعاد زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی پایداری، یک چالش مهم و کلیدی در این راستا است.

۲-۱. اهداف پژوهش

با توجه به مباحث مطرح شده، این مقاله ضمن بیان ویژگی‌های آموزش مهندسی برای توسعه پایدار، به مرور تحقیقات پیشین انجام شده در خارج و داخل کشور در این حوزه پرداخته و هدف غایی آن واکاوی علل پیشرفت اندک آموزش پایداری در کشور و ارائه پیشنهاد برای تغییر و تحول در آن است. به طور خاص، محتوای درسی که به دانشجویان مهندسی امکان کشف وابستگی‌های متقابل بین ابعاد فنی، اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی پایداری را می‌دهد، بررسی و تحلیل می‌شود.

۳-۱. اهمیت و ضرورت پژوهش

با بررسی مطالعات گذشته پژوهش‌های بسیار اندکی را می‌توان یافت که به مرور مقالات داخلی در حوزه

آموزش مهندسی در راستای توسعه پایدار پرداخته باشند. این پژوهش با مرور جامع و دسته‌بندی این نوع مقالات از حدود ۲۰ سال پیش تا کنون می‌تواند نقش مهمی در ترسیم راه برای تحقیقات بیشتر در این حوزه ایفا کند. همچنین ارائه محتوای یک دانش تجزیه و تحلیل پایداری یکپارچه با تأکید بر تقویت مهارت‌های علوم اجتماعی در دانشجویان مهندسی ضرورت دیگر انجام این پژوهش بود. این شناخت، مهندسان آینده را توانمند می‌سازد تا روی سناریوهای واقعی‌تر کار کنند و ایده‌های جدید و راه‌حل‌های ممکن را به طور گسترده‌تر بررسی کنند.

۲. آموزش پایداری

فرایند یادگیری به شیوه‌ای که در آن آینده اقتصادی، زیست‌محیطی و برابری جوامع در بلندمدت لحاظ شود، آموزش برای توسعه پایدار تعریف می‌شود (Mathebula, 2018). در کشورهای پیشرفته، فعالیت‌های زیادی برای حرکت از توسعه اقتصادی به توسعه پایدار و تاب‌آور در حال انجام است. مرور مقالات نشان می‌دهد اغلب تلاش‌های انجام‌شده در دانشگاه‌ها در این زمینه مربوط به تحقیق، فعالیت‌های فضای باز درون دانشگاه (نظیر مسابقات دانشجویی) و نشست‌های مجازی بوده و ایجاد تغییر در برنامه‌های درسی دانشجویان مهندسی در مقیاس جهانی عملی نشده است (Ramirez-Mendoza et al., 2020). دلایل این امر، مواردی نظیر عدم آگاهی یا کم‌اهمیت شمردن پایداری، عدم تضمین اعتبار پژوهشی مناسب برای اساتید این حوزه، عدم حمایت و ضعف ساختاری، افزایش بیش از حد واحدهای درسی و مهم‌تر از همه مقاومت اساتید در برابر تغییر به دلیل تأکید بر عادات گذشته و عدم تمایل دانشجویان بیان شده است (Lozano & Lozano, 2014; Rampasso et al., 2018). برای نمونه، طبق نظرسنجی انجام‌شده در دانشگاه چمران، اگر چه عمده دانشجویان (بیش از ۹۰ درصد) موافق آموزش فرهنگ زیست‌محیطی در دانشگاه بودند، ولی فقط حدود ۴۰ درصد آن‌ها به افزایش واحدهای درسی محیط زیستی در برنامه آموزشی تحصیلی خود رأی دادند (Koushafar et al., 2011).

این در حالی است که معیارهای زیادی برای تعیین سهم برنامه‌های درسی در راستای توسعه پایدار گزارش شده است. برای نمونه در جدول ۱، حدود ۴۰ ویژگی که به کمک آن می‌توان برنامه‌های درسی فعلی را در راستای توسعه پایدار ارزیابی و از این طریق به بهبود نقاط ضعف نظام آموزشی در این حوزه پرداخت، دسته‌بندی شده است. بر این اساس می‌توان ابزاری برای واکاوی میزان توازن بین واحدهای درسی رشته‌های مرتبط با توسعه پایدار در زمینه ارائه مفاهیم چهارگانه پایداری اشاره شده در این جدول (اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و موضوعات پیونددهنده) ایجاد کرده و از آن برای مشخص کردن سهم رشته‌های مختلف در ارائه مفاهیم پایداری، مقایسه رشته‌های مختلف مرتبط با توسعه پایدار و همچنین رتبه‌بندی مؤسسات مختلف از نظر میزان پیشرفت در این حوزه طبق یک سامانه ارزیابی استفاده کرد (STAUNCH, 2010).

جدول ۱. معیار ارزیابی سهم واحدهای درسی در راستای توسعه پایدار (Lozano et al., 2019)

اقتصادی	زیست محیطی	اجتماعی	موضوعات پیوند دهنده
تولید ناخالص ملی	سیاست/مدیریت	آمارگیری و جمعیت	احترام به قوانین طبیعت
هزینه بازیافت منابع	محصولات و خدمات (حمل و نقل و ...)	اشتغال و بیکاری	تفکر نظام مند
مسائل مالی	آلودگی/انباشت زباله های سمی/ پساب	فقر	مسئولیت
الگوهای تولید و مصرف	تنوع زیستی	ارتشا، فساد و اختلاس	توانایی های راهبری
اقتصاد توسعه	بهره وری منابع و کارایی زیست محیطی	برابری و عدالت	کل نگرى
بازار و تجارت	گرمایش جهانی، انتشار گازهای گلخانه ای، باران اسیدی، تغییرات آب و هوایی و تخریب لایه اوزون	سلامت	دید بلندمدت
پاسخگویی	منابع انرژی و آب)	سیاست	ارتباط و گزارش
	بیابان زدایی، جنگل زدایی و استفاده از زمین	آموزش و تربیت	شرح توسعه پایدار
	تخریب لایه اوزون	تنوع نژادی و همبستگی اجتماعی	انضباط
	راهکارهای جایگزین: انرژی و فناوری	فرهنگ و مذهب	اخلاق و فلسفه
		کارگری/حقوق بشر	شفافیت
		صلح و امنیت	
		تعادل کار/زندگی	

۳. دانشگاه و توسعه

با وجود رتبه خوب ایران از نظر انتشار مقالات علمی، کشور ما واردکننده بسیاری از فناوری های انرژی پاک است. برای نمونه، در حوزه انرژی های تجدیدپذیر، صنعت بومی فناوری هایی نظیر فتوولتائیک در کشور به وجود نیامده است. در حالی که کشورهایی مانند اتریش و دانمارک با وجود فعالیت های پژوهشی کمتر، در زمینه سامانه های خورشیدی و بادی پیشرو هستند. این موضوع را می توان علاوه بر افزایش بی رویه دوره های تحصیلات تکمیلی، ناشی از عدم آموزش مهارت هایی نظیر کارآفرینی و کسب و کار و همچنین افزایش بعد علمی محض دانشگاه ها و عدم تطابق مطلوب بین اولویت های پژوهشی و نیازهای داخلی کشور برشمرد. لذا در این بخش به دلیل ارتباط بین دانشگاه و توسعه

جامعه، سعی در بررسی و مقایسه ۴ نوع دانشگاه مختلف از نظر اهداف آموزشی شده است. دانشگاه‌ها را می‌توان بر اساس اهداف آموزشی به چهار نسل تقسیم کرد. در جدول ۲ ویژگی نسل‌های مختلف ارائه شده است. برنامه درسی دانشگاه‌های نسل اول فقط محدود به آموزش‌های استاندارد شده است و لذا خروجی این نوع دانشگاه‌ها متخصصانی است که اگر چه وجود آن‌ها برای جامعه ضروری است ولی برای رشد و توسعه جامعه کافی نیست. به همین منظور، مفهوم دانشگاه‌های نسل دوم ابداع شد که به اهداف آموزشی آن‌ها تحقیق و پژوهش نیز اضافه شد. امروزه دانشگاه‌ها در گذر به فاز سوم هستند که فارغ‌التحصیلان آن‌ها علاوه بر متخصصین و محققین، شامل کارآفرینان نیز می‌شود. برای این منظور، در این دانشگاه‌ها علاوه بر آموزش و تحقیق، توجه به نحوه استفاده از دانش نیز نقش مهمی دارد. در این نوع دانشگاه‌ها باید ارتباط فزاینده‌ای با صنعت وجود داشته باشد تا امکان رقابت و استفاده از دانش فراهم شود. در همین رابطه، مطهری‌نژاد و همکاران (Motahhari-Nejad et al., 2012) در یک تحقیق توصیفی-پیمایشی با بهره‌گیری از نظرات مدیران صنعت و اعضای هیئت علمی، کارآفرینی و کاربردی شدن آموزش مهندسی را از ضرورت‌های اصلی در تدوین راهبردهای آموزش مهندسی ایران و راه برون‌رفت از مشکلات اجتماعی و اقتصادی حاضر برشمردند. چنین تحقیقاتی منجر به واکاوی میزان خلاقیت و نوآوری در دانشگاه‌های کشور توسط محققان شده است (Baradaran & Ameri, 2018).

در اهداف آموزشی اکثر دانشگاه‌های کنونی، تأکیدی بر پتانسیل دانشگاه‌ها در شکل‌دهی فعال و بهبود جامعه وجود ندارد. افزایش نقش دانشگاه‌های پیشرفته در حل مستقیم معضله‌های کنونی بشر، منجر به پیدایش مفهوم جدیدی به نام دانشگاه‌های نسل چهارم شده است. لذا در این دانشگاه‌ها علاوه بر اهداف پیشین، فعالیت حرفه‌ای و توسعه آینده‌نگر نیز باید در دانشجویان تقویت شود. در واقع، این نوع دانشگاه‌ها با مشخص کردن نقشه راه، محرک و تسریع‌کننده توسعه جوامع پیرامون خود هستند. به همین منظور، مدیریت این نوع دانشگاه‌ها به کمک افراد متخصص و کارشناسان مجرب برای تعیین و بازنگری برنامه آموزشی دانشجویان انجام می‌شود (Lukovics & Zuti, 2017).

برای دستیابی به اهداف عالی جوامع توسعه‌یافته، مهندسان جوان باید به‌گونه‌ای آموزش داده شوند که توانایی پیش‌بینی و درک چالش‌های پایداری را داشته باشند و از آن در جهت توسعه پایداری جهانی بهره‌برند. به علاوه، آن‌ها باید قابلیت سازگاری در محیط‌های کاری پویا و بین‌المللی را نیز کسب کنند. بر اساس این تعاریف مشخص است که تربیت چنین مهندسانی تنها به کمک دانشگاه‌های نسل چهارم میسر است. به همین منظور، امروزه در مقالات زیادی آینده آموزش مهندسی به منظور فراهم آوردن شایستگی‌های لازم برای حل مسائل پایداری در چنین دانشگاه‌هایی مورد بحث قرار گرفته است (Oztel et al., 2020).

جدول ۲. مقایسه دانشگاه‌های نسل اول تا چهارم از جنبه‌های مختلف (Lukovics & Zuti, 2017)

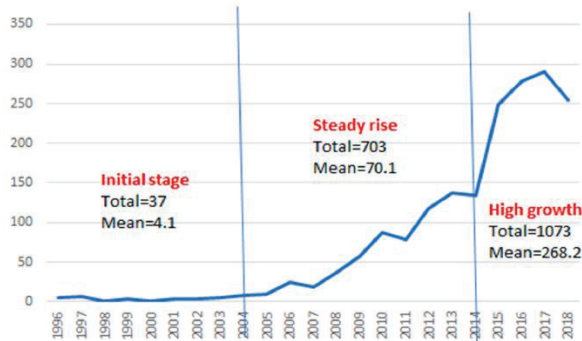
هدف	نسل اول	نسل دوم	نسل سوم	نسل چهارم
هدف	آموزش	آموزش و تحقیق	آموزش، تحقیق و کاربرد دانش	آموزش، تحقیق، کاربرد دانش و توسعه جامعه
نقش	حفظ حقیقت	شناخت طبیعت	تولید ارزش افزوده	تولید اهداف راهبردی و محرک جامعه
خروجی	متخصصین	متخصصین و محققین	متخصصین، محققین و کارآفرینان	متخصصین، محققین، کارآفرینان و کارشناسان
زبان	لاتین	ملی	انگلیسی	ملی و انگلیسی
مدیریت	رئیس	محققین	مدیریت حرفه‌ای	مدیریت حرفه‌ای و خبرگان

۴. پژوهش‌های پیشین

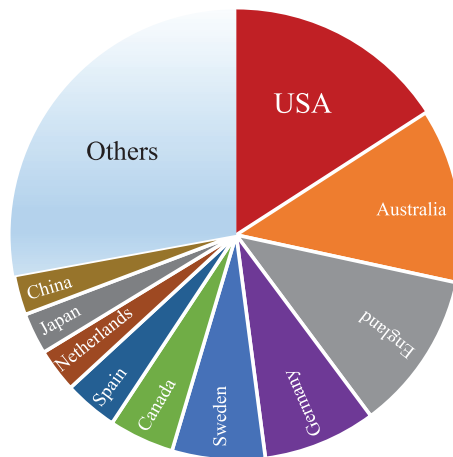
آغاز تحول مطالعات در حوزه آموزش برای توسعه پایدار، در سال ۱۹۹۲ بود که سازمان ملل متحد در اجلاس محیط زیست و توسعه برگزار شده در کشور برزیل به معرفی دستورالعمل ۲۱ برای انجام اقدامات لازم برای حرکت به سمت توسعه پایدار در قرن حاضر پرداخت. از آن پس مقالات مرتبط چاپ شده پیرامون توسعه پایدار رشد قابل توجهی داشته است، به طوری که دوره بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴، دهه آموزش برای توسط پایدار نامیده شد. طبق گزارش‌ها، در این دوره یونسکو (UNESCO) نقش مهمی در سرعت بخشی به آموزش برای توسعه پایدار و بهبود برنامه تحصیلی ایفا کرد.

برای مواردی نظیر بررسی کیفیت و رشد اهمیت، ارزیابی اثر حمایت‌های مالی، سهم هر کشور یا دانشگاه و نیز ترسیم نقشه راه در مورد یک زمینه مطالعاتی مشخص، استفاده از تحلیل‌های کتاب‌سنجی^۱ توصیه می‌شود. در چنین تحلیلی، از داده‌های کمی برای واکاوی انتشارات علمی در مورد یک مبحث خاص استفاده می‌شود. در پژوهش (Grosbeck et al., 2019)، از همین تحلیل برای کمی‌سازی سندهای منتشر شده در زمینه آموزش برای توسعه پایدار بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۸ استفاده شد. همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، در این سال‌ها حدود ۱۸۰۰ مقاله و کتاب به زبان‌های مختلف با عناوین متفاوت در زمینه آموزش برای پایداری چاپ شده است. توزیع این انتشارات را می‌توان به سه بخش تقسیم کرد: فاز اولیه از ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۴ فاقد افزایش معنادار، دوره رشد پیوسته از ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ و سپس رشد شدید که البته در انتها با یک افت جزئی مواجه بوده است. اگر چه این انتشارات از ۹۵ کشور مختلف بوده ولی همان‌گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، عمده پژوهش‌ها در کشورهای توسعه یافته انجام شده‌اند، به طوری که کشورهای آمریکا (۱۵/۹٪)، استرالیا (۱۲/۵٪)، انگلیس (۱۱/۴٪)، آلمان (۸/۱٪) و سوئد (۶/۷٪) در مجموع حدود ۵۰٪ از مقالات

منتشر شده در زمینه آموزش پایداری را به خود اختصاص داده‌اند. مشخص است برای دستیابی به توسعه پایدار فراگیر لازم است توجه جهانی بیشتری به این موضوع، به خصوص در کشورهای در حال توسعه که اغلب دارای منابع فراوان سوخت‌های فسیلی و یا مواد معدنی هستند، جلب شود. در ادامه به بررسی بیشتر این مقالات در جهان و به طور خاص ایران پرداخته شده است.



شکل ۱. روند تعداد انتشارات علمی در مورد آموزش برای توسعه پایدار از ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۸ (Grosseck et al., 2019)



شکل ۲. سهم هر کشور از انتشارات علمی در مورد آموزش برای توسعه پایدار از ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۸، بازتولید شده از (Grosseck et al., 2019)

۴-۱. آموزش مهندسی پایدار در جهان

اغلب مطالعات منتشر شده به بررسی و ارائه راهکارهایی جهت تقویت ویژگی‌های پایداری (بیان شده در جدول ۱) در دانشجویان برای تربیت کارشناسانی با گرایش پایداری پرداخته‌اند. از این میان، بیشترین توجه به رویکرد فرارشته‌ای در آموزش دانشجویان شده است. تجدور و همکاران (Tejedor et al., 2018) به بررسی این مهارت که خود دربرگیرنده دانش میان‌رشته‌ای، قابلیت درک مشکلات اجتماعی و توانایی

حل آن و تفکر انتقادی در آموزش مهندسی است، برای توسعه پایدار پرداخته و به اهمیت این موضوع در تدوین ساختار آموزشی (برنامه درسی، مهارت اساتید و رویکردهای آموزشی) برای دستیابی به توسعه پایدار تأکید کردند. مک کورمیک و همکاران (McCormick et al., 2015)، به اهمیت ترغیب دانشجویان به فعالیت‌های داوطلبانه خارج از برنامه درسی اشاره کرده‌اند. ایشان بیان کردند که چنین فعالیت‌هایی می‌تواند منجر به افزایش دانش و درک موضوعات اجتماعی شده که در فعالیت‌های حرفه‌ای آن‌ها تأثیر مثبت دارد. در همین رابطه، بیرزر و همیلتون (Birzer & Hamilton, 2019) به نقش یادگیری خدمت محور در آموزش پایداری اشاره کرده‌اند. چنین فعالیت‌هایی منجر به بهبود حس شهروندی و همدردی دانشجویان، افزایش مهارت‌های اجتماعی و مسئولیت‌پذیری و همچنین هوش هیجانی آن‌ها می‌شود. در مراجع زیادی به چالش‌های وارد کردن مسائل اجتماعی در آموزش مهندسی اشاره شده است (Akeel et al., 2019; Björnberg et al., 2015). این موضوع از عناوین رشته‌های مرتبط با پایداری نیز قابل برداشت است. برای نمونه، اگر چه در سال‌های اخیر رشته‌های متمرکز بر آموزش مهندسی برای توسعه پایدار افزایش یافته است که عمدتاً متمرکز بر مسائل انرژی و محیط زیست بوده‌اند (Lozano & Barreiro-Gen, 2019). در مرجع (Lozano & Lozano, 2014) حدود ۴۰ رشته مرتبط با پایداری، عمدتاً در دانشگاه‌های اروپا، امریکا و استرالیا در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد بررسی شده است. در همین تحقیق، با توجه اینکه مباحث اجتماعی برای توسعه پایدار در واحدهای درسی این رشته‌ها اعمال نشده است، ایشان واحدهای رشته مهندسی توسعه پایدار را در مقطع کارشناسی پیشنهاد کردند. درس‌های مختلف پیشنهاد شده توسط ایشان در جدول ۳ آورده شده است.

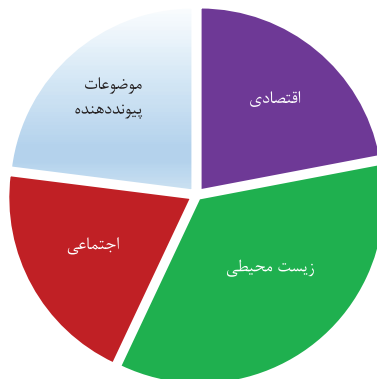
جدول ۳. دروس پیشنهادی برای رشته مهندسی توسعه پایدار در مقطع کارشناسی (Lozano & Lozano, 2014)

ترم	دروس						
۱	زبان خارجی	تجزیه و تحلیل و بیان کلامی	مقدمه‌ای بر توسعه پایدار	فیزیک ۱	ریاضی ۱	شیمی	تغییرات اقلیمی و بهره‌وری انرژی
۲	بیان کلامی در محیط کار	اخلاق، خود و جامعه	حل مسئله به کمک برنامه‌نویسی	فیزیک ۲	ریاضی ۲	اکوسیستم و تنوع زیستی	آزمایشگاه شیمی عمومی
۳	علوم انسانی و هنر	تعادل ماده	اصول توسعه پایدار	آمار و احتمال	برق و مغناطیس	ریاضی ۳	
۴	تراز انرژی	ترمودینامیک	روش‌های عددی در مهندسی	استاتیک	مدارهای الکتریکی ۱	معادلات دیفرانسیل	
۵	انتقال مومنتوم	مدارهای الکتریکی ۲	طراحی و تحلیل آزمایش	اقتصاد ایجاد کسب و کار	رفتار سازمانی و رشد استعداد های انسانی	مصرف پایدار آب	مدارهای الکتریکی و آزمایشگاه اندازه‌گیری

ادامه جدول ۳

۶	انتقال حرارت	مدیریت و ارزیابی پروژه	اکولوژی صنعتی	مدیریت منابع طبیعی و تغییرات اقلیمی	مذاکره و مدیریت مناقشه	انتخابی ۱
۷	کارآفرینی	سامانه‌های تولید انرژی	مسئولیت اجتماعی و پایداری شرکتی	کارایی زیست محیطی و فرایندهای پایدار	انرژی جایگزین	انتخابی ۲
۸	شهروندی	کسب و کار و حفاظت از اکوسیستم	فناوری استفاده بهینه انرژی حرارتی	سامانه‌های توزیع انرژی	آزمایشگاه مدیریت و مانیتورینگ انرژی	انتخابی ۳
۹	اخلاق کاربردی	مدیریت پروژه انرژی	پروژه نهایی در مورد توسعه پایدار	فناوری استفاده بهینه برق	مقدمه‌ای بر توسعه حرفه‌ای	انتخابی ۵
						انتخابی ۶

مشاهده می‌شود که علاوه بر آموزش‌های رایج مهندسی، درس‌های ارائه شده مرتبط با مسائل محیط‌زیست و بوم‌سازگان، انرژی، اجتماعی و سیاسی و همچنین مدیریت بوده که نشان از ماهیت میان‌رشته‌ای بر پایه علوم اجتماعی و مهندسی رشته پیشنهادی توسط ایشان است. در همین مقاله، نویسندگان بر اساس محتوا و تعداد واحدهای هر درس، درصد پوشش هر یک از موضوعات چهارگانه ذکر شده در جدول ۱ را به کمک یک سامانه امتیازدهی محاسبه کردند که نتایج در شکل ۳ آورده شده است. مشاهده می‌شود که در این رشته تعادل نسبتاً خوبی بین موضوعات زیست محیطی (۳۵٪)، اقتصادی (۲۲٪) و اجتماعی (۲۰٪) وجود داشته (با تمایل نسبی به موضوعات زیست محیطی) و سهم درس‌های مرتبط با توسعه پایدار ۴۷ درصد گزارش شده است (Lozano & Lozano, 2014).



شکل ۳. میزان پوشش ابعاد مختلف پایداری توسط برنامه دروس رشته توسعه پایدار، بازتولید شده از مرجع (Lozano & Lozano, 2014).

۴-۲. آموزش مهندسی پایدار در ایران

تعداد زیادی از مقالات داخلی به اهمیت آموزش برای پایداری در راستای حل معضلات خاصی که کشور در سطح کلان با آن روبه‌رو است، پرداخته‌اند. از این جمله می‌توان به چالش‌هایی نظیر کارایی پایین مصرف آب در بخش زراعی (Heydari, 2015)، اثرات منفی صنعت بتن بر محیط زیست (Maghani et al., 2015)، مدیریت بحران در سدها (Shamshirgaran & Molazadeh, 2019)، استفاده پایدار از منابع در صنعت جوش و بازرسی (Adab-Avazeh et al., 2019) و کاهش اثرات مخرب زیست محیطی مخاطرات طبیعی (Hounkezhi & Fanni, 2019) اشاره کرد. برای نمونه در مطالعه (Davari et al., 2014)، رهیافت‌های مدیریتی با دید توسعه پایدار برای آینده آموزش مهندسی در صنعت بتن ارائه و نشان داده شد که آموزش عالی مهندسی می‌تواند نقش مهمی در این امر ایفا کند. به عنوان مثالی دیگر، زرین‌نقش (Zarin-Naghsh, 2018) به مطالعه موردی پایداری در صنعت ساختمان‌سازی با در نظر گرفتن محورهای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی پرداخت. بر اساس نتایج این تحقیق، ساختمان‌سازی در اصفهان از نظر مؤلفه‌های آب (زیست محیطی)، فرهنگ (اجتماعی) و استانداردسازی (اقتصادی) به دلیل اصل قرارداد سودآوری حداکثری بسیار ضعیف عمل کرده است. علاوه بر این، حسینی (Hoseini, 2015) با تحلیل نتایج پرسش‌نامه از مهندسان و کاردانان فنی معماری استدلال کرد که بین آموزش معماری و شاخص‌های انرژی و زیست محیطی توسعه پایدار، ارتباط معنادار قوی ولی بین آموزش معماری و شرایط اجتماعی و اقتصادی جامعه، ارتباط معنادار ضعیف وجود دارد. طبق مطالعه موبد (Mobed, 2018)، علی‌رغم وجود پتانسیل برای گنجاندن مفاهیم پایداری در سرفصل‌های مصوب رشته مهندسی صنایع نظیر مسئولیت اجتماعی تولیدکننده، تحلیل چرخه عمر و تصمیمات پایان عمر محصولات و تبعات زیست محیطی و اجتماعی استقرار واحدهای صنعتی، هیچ‌اقدام قابل توجهی در زمینه تقویت شناخت پایداری دانشجویان این رشته نشده است. مطالعاتی از این دست نشان می‌دهد که به بحث توسعه پایدار در بخش آموزشی کشور توجه کافی نشده است. در ادامه به مرور مقالاتی که به طور خاص به آموزش مهندسی در دانشگاه‌ها برای توسعه پایدار اشاره دارند، پرداخته می‌شود. لزوم تحول در نظام آموزش کشور برای دستیابی به توسعه پایدار حدود ۲۰ سال پیش در مراجع (Kalantari, 2004; Maknoon, 1999; Maknoon, 2001) مطرح شده است. مکنون در مقالات خود توجه ویژه‌ای به طراحی ساختمان‌های انرژی‌کارا و دیدگاه‌های سبز دیگری که برای توسعه پایدار ارزشمند است، نموده است. کلانتری به نقش سه سامانه آموزش دانشجویان، سامانه رسانه‌ای برای آموزش عموم و سامانه تشکیلاتی برای بازآموزی فارغ‌التحصیلان و مدیران برای توسعه پایدار اشاره کرد. در تعیین راهبردهای سامانه آموزشی برای دانشجویان تأکید به گنجاندن درسی با عنوان (مربوط به) محیط زیست در تمامی رشته‌های مهندسی شد که محتوی آن متناسب با رشته مورد نظر و به شکل تخصصی باشد. کلانتری هم سرفصل‌های چنین درسی را نیز پیشنهاد کرد که در جدول ۴ خلاصه شده است.

جدول ۴. محتوی درس پیشنهادی محیط‌زیست برای رشته‌های مهندسی، بازتولید شده از مرجع (Kalantari, 2004)

شماره سرفصل	عنوان
۱	راهکارهای استفاده هر رشته از منابع طبیعی
۲	نوع آلاینده‌های حاصل از فعالیت‌های رشته و تأثیر آن‌ها بر طبیعت، عناصر طبیعی و به‌طور کلی محیط‌زیست
۳	روش‌های حفاظت از محیط‌زیست و کاهش آلاینده‌ها و کنترل اثرات مضر آن‌ها بر محیط‌زیست
۴	شناسایی راه‌های تقلیل استفاده از آن دسته منابع طبیعی که در حال اضمحلال بوده و نقش رشته موردنظر در این زمینه
۵	شناسایی اثرات مثبت و منفی ناشی از فعالیت رشته بر محیط‌زیست

چنین مطالعاتی بازخورد خوبی بین اساتید آموزش مهندسی کشور داشت و بسیاری به ارائه دروس مرتبط به آموزش پایداری در رشته‌های مختلف مهندسی پرداختند. علوی مقدم و همکاران (Alavi-Moghadam et al., 2008a) به تبیین راهبردهای دانشگاه صنعتی امیرکبیر در جهت توسعه پایدار شامل ارائه دروس جدید زیست‌محیطی برای رشته‌های مختلف در این دانشگاه، تغییر و اصلاح سرفصل دروس مرتبط، تأسیس پژوهشکده محیط‌زیست و ایجاد دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط‌زیست پرداختند. مشروح برنامه‌های این دانشگاه برای پیشبرد شعار پیش‌تاز توسعه پایدار در جدول ۵ خلاصه شده است.

جدول ۵. راهبردهای دانشگاه صنعتی امیرکبیر در جهت تحقق توسعه پایدار، بازتولید شده از مرجع (Alavi-Moghadam et al., 2008a)

شماره	برنامه
۱	تأسیس گرایش جدید مدیریت زیست‌محیطی با ارائه دروسی نظیر ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، مدیریت زیست‌محیطی جهانی، حقوق و اقتصاد و ممیزی زیست‌محیطی
۲	انجام پروژه‌هایی نظیر جمع‌آوری و بازچرخانی آب‌های سطحی در محوطه دانشگاه، بررسی وضعیت مواد زائد خطرناک مصرفی در آزمایشگاه‌های دانشگاه و جداسازی کاغذ از زباله‌های دانشکده‌ها
۳	ارائه درس طراحی سبز برای دانشجویان مهندسی
۴	تأسیس پژوهشکده محیط‌زیست باهدف ایجاد فرصتی مناسب برای پژوهش‌های علمی - کاربردی و برقراری ارتباط با صنعت و سازمان حفاظت محیط‌زیست

همین نویسندگان در مقاله دیگری (Alavi-Moghadam et al., 2008b)، علاوه بر آموزش و پژوهش در راستای توسعه پایدار، به حداقل رساندن آلودگی‌های زیست‌محیطی در محیط دانشگاه را از وظایف دانشگاه سبز عنوان کرده و به مرور فعالیت‌های سبز انجام شده در دانشگاه‌هایی نظیر هاروارد و کلرادو در امریکا و امیرکبیر و فردوسی در ایران پرداختند. غفاری و ظهور (Ghaffari & Zohour, 2014) با مرور تجربه کشورهای پیشرو در به‌کارگیری مفاهیم توسعه پایدار، توجه به رفع موانع و کمبودها، تشریک مساعی دانشگاه و صنعت و گنجانیدن برنامه مفاهیم و تجربه‌های پایداری را در برنامه درسی دانشجویان مهندسی برای تحقق توسعه پایدار در کشور ضروری دانسته و راهکارهایی جامع برای هر

مقوله پیشنهاد دادند. نزل آبادی و همکاران (Nazl-Abadi et al., 2015) در نخستین اجلاس بین المللی آموزش مهندسی برگزار شده در ایران - دانشگاه شیراز، به دسته بندی و مقایسه دروس مرتبط با محیط زیست و توسعه پایدار رشته مهندسی عمران در سرفصل های آموزشی مصوب پیشین و جدید این رشته برای دوره کارشناسی پرداختند. نتایج نشان داد در هر دو برنامه، فقط حدود ۱۵٪ دروس مربوط به توسعه پایدار یا به عبارت بهتر آموزش های زیست محیطی است. تنها تفاوت های قابل توجه اضافه شدن دروس اختیاری مرتبط مانند مباحث انرژی و توسعه پایدار و همچنین آموزش مدل سازی و شبیه سازی بوده است. در همین همایش، به لزوم ارائه دروس نظری و عملی بهسازی ساختمان های موجود از ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی، فنی و حقوقی برای رشته معماری در راستای توسعه پایدار اشاره شد (Banazadeh & Ali-Abadi, 2015). ایار و همکاران (Ayar et al., 2023) اخیراً با مقایسه برنامه مصوب آموزشی مهندسی عمران در کشور و دانشگاه های مطرح جهان به ارائه راهکارهایی برای به کارگیری رویکرد پایداری در این رشته پرداختند که از آن جمله می توان به استفاده از رویکردهای تعاملی، تشویقی و فعالیت های گروهی اشاره کرد. صید و سیدیان (Seyd & Seyedian, 2014)، از تحلیل پاسخ های اساتید معماری نتیجه گرفتند که دروس رشته معماری کنونی، نیاز دانشجویان برای طراحی پایدار را فراهم نمی سازد. آن ها همچنین بیان کردند که اغلب آیین نامه های نظام مهندسی مربوط به استحکام ساخت و ساز است و به همین منظور تدوین الفبای ارزیابی زیست محیطی در پروژه های اجرایی معماری و شهرسازی را ضروری دانستند. زارع و همکاران (Zare et al., 2017) به تدوین محتوای آموزشی یک درس دو واحدی عمومی آموزش توسعه پایدار برای تدریس الکترونیکی برای دانشجویان مهندسی عمران، معماری و کشاورزی پرداختند. برنامه درسی پیشنهاد شده شامل پنج فصل کلیات توسعه پایدار، اهداف و شاخص های توسعه پایدار، ابعاد توسعه پایدار، انواع توسعه پایدار و نقش نظام های آموزشی در آموزش توسعه پایدار بود.

تعداد اندکی از مقالات به نقش مهارت های پیونددهنده در آموزش مهندسی برای توسعه پایدار اشاره کرده اند. در پژوهش (Zamani, 2016)، گسترش تفکر خلاق در آموزش عالی، پیش شرط توسعه پایدار شمرده شد و موانع پرورش خلاقیت و راهکارهایی برای رفع آن ها ارائه شد. برای نمونه، ایشان تعلیم سنتی مستقیم مبتنی بر تقلید و انتقال را منجر به ضعیف شدن قوه تخیل دانشجویان برای جست و جوی تمام راهکارهای موجود برای حل مسئله بیان کرده و راهکارهایی نظیر روش های فعال در تدریس مانند بحث های کلاسی آزاد و متقابل، یادگیری خودانگیخته و فراهم آوردن شرایط تجربه و آزمایش در محیط دانشگاه را ارائه کردند.

همان گونه که پیش تر بیان شد، بعد اجتماعی برای دستیابی به توسعه پایدار در برنامه های آموزشی دانشجویان مهندسی مورد بی توجهی خاصی قرار گرفته است. این با وجودی است که محققان بسیاری در کشور، با درایت خاصی از مقایسه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، ریشه

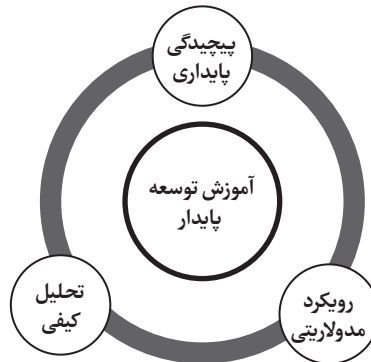
بسیاری از معضلات کنونی کشور در بخش‌های مختلف را اخلاق، فرهنگ و مسئولیت‌پذیری می‌داند (Haji-Mohammadzadeh & Pourang, 2015; Jabbari et al., 2020; Salimi, 2015). برای نمونه، محسنی‌پور و واقفی (Mohsenipoor & Vaghefi, 2017) به واکاوی رابطه بین اخلاق و توسعه پرداخته و نتیجه گرفتند که آموزش مهندسی توأم با اخلاق منجر به تربیت متخصصین متعهد شده که زمینه‌ساز تحقق توسعه پایدار است. به بیانی دیگر، طبق تحقیقات جامع یعقوبی و بهادری نژاد (Bahadori-Nejad, 2003a, 2003b; jad & Yaghoubi, 2003; Yaghoubi & Bahadori-Nejad, 2003a, 2003b) در همین رابطه، در کشور است. در همین رابطه، در مطالعه (Malihi & Hoseini-Saber, 2014) فرهنگ یکی از ارکان مهم توسعه پایدار شمرده شده است. با توجه به اهمیت این موضوع، مقالات متعددی به تبیین ابعاد گوناگون اخلاق مهندسی (Estilaei, 2015)، تدوین آیین‌نامه‌های اخلاقی برای توسعه پایدار (Soltani et al., 2015) و بررسی عوامل تأثیرگذار بر اخلاقی یا غیراخلاقی عمل کردن افراد جامعه و تشریح نقش مراکز آموزش عالی در شکل‌دهی اخلاقیات پرداخته‌اند (Heydarian et al., 2015). در همین راستا، یعقوبی و همکاران (Yaghoubi et al., 2015)، نظرات دانش‌آموختگان درس اخلاق مهندسی در چندین کشور را بررسی کرده و محتوای درسی به نام اخلاق در حرفه مهندسی را با تأکید بر اصول حاکم بر پایداری جامعه و روابط انسانی برای اضافه شدن در برنامه درسی دانشجویان مهندسی پیشنهاد کردند. به علاوه، یعقوبی و همکاران در دو بخش (Motahhari-Nejad et al., 2012; Yaghoubi, 2011) و Motahhari-Nejad, 2011)، به کمک نظرات خبرگان متخصص در حوزه صنعت و آموزش مهندسی، دروس اخلاق مهندسی، محیط زیست، انرژی و آشنایی با مهندسی را از ضرورت‌های اصلی در تدوین راهبردهای آموزش مهندسی برای توسعه پایدار شمردند. همچنین ایشان به ضرورت روش‌های یاددهی نوین نظیر کاربرد رایانه، پروژه‌های دانشجویی، دروس زبان انگلیسی، دوره‌های کارآموزی، آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های مرتبط برای رسیدن به این مهم تأکید کردند.

قابل ذکر است که تعدادی از مقالات نیز به نقش علوم و فناوری‌های جدید در توسعه پایدار کشور پرداخته‌اند که از آن جمله می‌توان به علوم زمین (Razaghian, 2020)، مهندسی ارزش (Hoseinipoor et al., 2018)، سامانه‌های بهداشت، ایمنی و محیط زیست موسوم به HSE (Raeisian, 2015)، فناوری‌های اطلاعات (Jangjou, 2019) و ژئوفورماتیک (Hasani, 2015) اشاره کرد.

۵. طراحی محتوای درسی برای آموزش پایداری

با وجود نوآوری‌های شگرف در علم و فناوری، نقش امروز دانشگاه‌ها در رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع قابل ملاحظه و انکارناپذیر شده است. وجود دانشجویان مشتاق و اساتید فرهیخته و رقابت شدید در نوآوری و تحول در حوزه آموزش مهندسی زمینه اصلی تجمیع دانشگاه و جامعه شده است. توانایی برقراری ارتباط با جامعه و آموزش دیدگاه جهانی توسعه به دانشجویان می‌تواند منجر به

ایجاد مسئولیت‌های اجتماعی ملی و جهانی با درک مسائلی نظیر فقر، حقوق بشر، عدالت و جهانی شدن در آن‌ها شود. همان‌گونه که در بخش پیشینه پژوهش بیان شد، راهکارهایی نظیر یادگیری خدمت‌محور و فعالیت‌های داوطلبانه یا ارائه برخی دروس ارائه شده در جدول ۳ می‌توانند در راستای شناخت بهتر مفهوم توسعه پایدار برای مهندسان کمک‌کننده باشند. با این اوصاف، دشواری درک دیدگاه‌های علوم انسانی برای مهندسان و دخیل کردن مسائل علوم اجتماعی در پروژه‌های حرفه‌ای ایشان بر هیچ‌کس پوشیده نیست. با توجه به این موضوع در این بخش سعی شده است، درون‌مایه درسی واحد که به طور خاص بتواند این توانایی را در کنار مهارت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی در مهندسان تقویت کند، ارائه شده است. بر اساس ویژگی‌های توسعه پایدار، چنین درسی باید شامل سه محور اصلی باشد که در شکل ۴ این محورها و در ادامه شرح هر یک از آن‌ها آورده شده است.



شکل ۴. طرح‌واره درون‌مایه درس توسعه پایدار

الف. خوانش مفهوم پیچیدگی پایداری: اغلب چالش‌های کنونی بشر نظیر تغییرات اقلیمی، فقر و کاهش منابع منحصراً به فناوری مربوط نشده و دربرگیرنده مسائل سیاسی، اجتماعی و اقتصادی هستند. مشخص است چنین مسائلی شامل درجه زیادی از عدم قطعیت و پیچیدگی‌های ذاتی هستند؛ به طوری که در اغلب موارد فرمول مشخص و واحدی برای حل آن‌ها وجود ندارد. در مرجع (Lönnngren & Svanström, 2016) بیان شد که دانشجوی مهندسی در مواجهه با چنین پیچیدگی‌هایی معمولاً در تلاش برای یافتن پاسخ، سعی در تقسیم نظام به بخش‌های کوچک و سپس حل مجزای آن‌ها می‌کند. مشخص است نادیده‌گرفتن تفکر نظام‌مند منجر به یافتن پاسخ‌های نامناسب شده و در نهایت مهندس به این نتیجه می‌رسد که هیچ راهکاری برای بهبود وضعیت وجود ندارد. حتی نمونه‌های زیادی در صنایع بزرگ نیز وجود دارد که در نظر نگرفتن اثرات متقابل یک نوع فناوری بر عوامل اجتماعی و زیست‌محیطی توسط مهندسان طراح منجر به شکست پروژه‌های بزرگ شده است (Gupta et al., 2019; Carton et al., 2020). لذا نخستین مرحله در آموزش مهندسی پایداری،

خوانش مفهوم تئوری پیچیدگی برای توضیح پایداری است (Sigahi and Sznclwar, 2022). به طوری که دانشجویان، فناوری پایدار را به مثابه یک نظام پیچیده دربرگیرنده عناصر زیاد (عوامل اقتصادی، سیاسی، حاکمیتی، زیست محیطی و اجتماعی) با اثر متقابل درک کنند. توجه به این نکته ضروری است که هدف این آموزش، کارشناس شدن مهندسان نسبت به همه مسائل اجتماعی و زیست محیطی نیست، بلکه افزایش توجه دانشجویان مهندسی دارای درک و فهم علوم و ریاضیات به مفاهیمی نظیر اقتصاد، سلامت، فرهنگ، توسعه، امنیت، اخلاق و آینده جامعه بوده که منجر به ایجاد فرصت‌های بهتر برای همکاری مؤثر با گروه‌های دیگر جهت تحقق توسعه پایدار می‌شود. در شکل ۵ مفاهیم کلی جهت آموزش پیچیدگی پایداری به دانشجویان مهندسی آورده شده است.



شکل ۵. مفاهیم آموزشی مورد نیاز برای درک بهتر دانشجویان مهندسی از پیچیدگی توسعه پایدار

ب. آموزش رویکرد پودمانگی برای طراحی پایدار: پس از درک ابعاد پیچیده پایداری، لازم است دانشجویان آموزش داده شوند که عوامل مؤثر دخیل در طراحی را شناسایی کرده و در سه بخش اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی تقسیم‌بندی و مدل‌سازی ساختاری نمایند. سپس به یافتن رابطه داخلی بین این عوامل در هر دسته (نظیر اثر قیمت مواد مصرفی بر قیمت نهایی محصول در تحلیل اقتصادی) و وابستگی عوامل بین دسته‌ای (مانند رابطه بین قیمت مواد مصرفی در دسته اقتصادی و آلایندگی‌های تولیدی هرکدام در دسته زیست محیطی) بپردازند. این فرایند که طراحی مدولار نامیده می‌شود (Mesa et al., 2020)، مشابه فرایند بهینه‌سازی چندهدفه منجر به یافتن مجموعه راهکارهایی می‌شود که به دیگر طراحی‌های محتمل ارجحیت دارند. مشخص است که اتخاذ تصمیم مناسب در این مرحله نیازمند این است که طراح هر بخش اثر تصمیم‌های اعضای دیگر گروه طراحی بر انتخاب خود را بادقت و به طور مستند در نظر بگیرد. این عمل با تعیین ارتباط عوامل مختلف و فهرست کردن وظایف اعضای گروه طراحی ممکن است. در پایان طراحی، باید گزارشی شامل عدم قطعیت‌های محصول نهایی تهیه شده و پیامدهای آن سنجیده شود. در شکل ۶، فرایند چهارمرحله‌ای

رویکرد بودمانگی شرح داده شده است. قابل ذکر است که شناسایی و تحلیل عوامل فنی، اقتصادی و زیست محیطی نظیر تعیین ظرفیت اجزا، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و آلودگی‌های ناشی از ایجاد طرح در طول عمر مفید آن با توجه به دروس گذرانده توسط مهندسان امکان‌پذیر است. برای نمونه، مهندس مکانیک می‌تواند با دانشی که از دروس سیالات و ترمودینامیک کسب کرده به ارزیابی پایداری جرم، تکانه و انرژی محصول مورد نظر بپردازد. نکته اصلی تشخیص اثرات اجتماعی طرح بوده که نیازمند اضافه شدن سرفصل دیگری است که در ادامه آورده شده است.

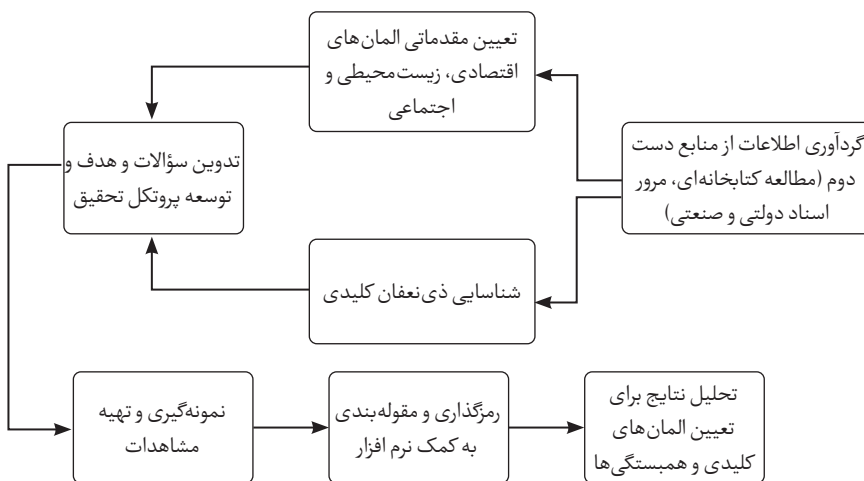


شکل ۶. فرایند طراحی پایدار با رویکرد بودمانگی

پ. آموزش روش‌های جمع‌آوری و تحلیل داده‌های کیفی: از آنجایی که پایداری بیچیدگی ذاتی دارد، پیش‌بینی کامل و دقیق پیامدهای یک طراحی مبتنی بر توسعه پایدار امکان‌پذیر نیست. برای مدیریت صحیح چالش‌های مربوط، بهره‌گیری از روش‌های پژوهشی تلفیقی الزامی است. در بخش پیشین اشاره شد که چگونه مهندس می‌تواند با کاربرد نظریه‌های کلی به تحلیل انرژی، اقتصادی و زیست محیطی یک سامانه بپردازد. به چنین فرایندی رویکرد قیاسی یا کل به جزء در کارهای تحقیقاتی گفته می‌شود.

در مقابل آن، رویکرد پژوهشی استقرائی یا جزء به کل وجود داشته که در آن نظریه‌پردازی بر اساس تحلیل نتایج مطالعات میدانی، مشاهدات، پرسش‌نامه و مصاحبه است. همان‌گونه که پیش‌تر بیان شد، برای دستیابی به یک طراحی پایدار، مهندس باید علاوه بر تحلیل‌های فنی و در نظر گرفتن عوامل اقتصادی و زیست‌محیطی بتواند مسائل مربوط به علوم انسانی نظیر پذیرش محصول، رقابت‌پذیری، نوآوری و به طور کلی اثرات اجتماعی آن بر جامعه را نیز در نظر بگیرد. این مهم جز با ترکیب تحقیقات کمی و کیفی ممکن نیست. از میان روش‌های جمع‌آوری داده‌های کیفی و تحلیل آن‌ها می‌توان به روش فراترکیب (Darabi, 2022) اشاره کرد.

در شکل ۷، فرایند کلی روش‌های پژوهش کیفی نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، پس از مشخص کردن مسئله پژوهش، شایسته است محقق به جمع‌آوری اطلاعات ثانویه برای درک بهتر و پیش‌بینی اثرات فرایند یا فناوری جدید مورد مطالعه بپردازد. پس از شناخت نسبی عناصر و جامعه اثرپذیر، شامل خریداران، کارمندان، فعالان اجتماعی و رسانه‌ها می‌توان به طرح سؤالات برای یافتن رابطه بین متغیرها پرداخت. در این مرحله، باید توجه داشت که پرسش‌ها نباید به گونه‌ای بسته طرح شوند که امکان اضافه شدن نقطه نظرات جدید توسط اعضای نمونه نباشد. در ادامه با ثبت مشاهدات به دست آمده از مصاحبه یا گفتگوهای گروهی متمرکز، امکان شناسایی عناصر و ذی‌نفعان مؤثر دیگری برای طرح مورد مطالعه وجود دارد. در نهایت، با استفاده از نرم‌افزارهای تحلیل داده کیفی به رمزگذاری و طبقه‌بندی مضامین مختلف پرداخته شده و با استنباط به رابطه مفاهیم با یکدیگر پی برده می‌شود. برای نمونه، محقق درمی‌یابد که پذیرش بهتر محصول، وابسته به انتخاب ماده خام خاصی است که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست.



شکل ۷. جمع‌آوری داده و فرایند تحلیل در روش پژوهش کیفی

۶. جمع بندی

در این مقاله ابتدا توسعه پایدار تعریف و به توصیف ویژگی های آن پرداخته شد. در بخش ویژگی های توسعه پایدار بیان شد که آموزش مهندسی در راستای توسعه پایدار نباید منحصر به مسائل فنی و زیست محیطی مانند بهره‌وری منابع و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شود بلکه برای تربیت مهندسانی با دید توسعه پایدار باید راهکارهایی برای گنجاندن ابعاد اجتماعی، اقتصادی و موضوعات پیونددهنده توسعه نظیر بازار و تجارت، صلح و امنیت و تفکر نظام‌مند در برنامه درسی دانشجویان اندیشیده شود. در کشورهای پیشرفته تلاش‌های زیادی برای تدوین ساختار آموزشی رشته مهندسی توسعه پایدار و افزایش رویکرد فرارشته‌ای در بین دانشجویان شده است. همچنین مرور مقالات داخلی نشان داد که بیشتر تحقیقات انجام شده، منحصر به تقویت یکی از ابعاد فنی، زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی توسعه پایدار شده و برنامه‌های یکپارچه و جامع برای افزایش درک دانشجویان مهندسی نسبت به مفهوم پیچیده توسعه پایدار ملاحظه نشده است.

در پایان نتیجه‌گیری شد از آنجایی که دروس رشته‌های مهندسی اغلب به ابعاد فنی و زیست محیطی توسعه پایدار می‌پردازند، تدوین درسی که مفاهیم اجتماعی پایداری را در کنار ابعاد دیگر آموزش دهد، بسیار ضروری است. زیرا به دلیل پیچیدگی‌های درونی توسعه پایدار و اثرات متقابل ابعاد گوناگون آن بر یکدیگر، مشخص است که عدم تقویت حتی یکی از این مهارت‌ها، به نارسایی و عدم تحقق توسعه پایدار یا حتی اثرات منفی بیشتر منجر می‌شود. لذا خوانش مفاهیم اجتماعی توسعه پایدار با آموزش جمع‌آوری و تحلیل داده‌های کیفی در کنار رصد معیارهای کمی می‌تواند گامی مهم در راستای تربیت مهندسانی با شناخت و معرفت‌پایداری برای توسعه کشور باشد. در این راستا، محتوی کلی درسی برای آموزش مفاهیم کلی توسعه پایدار به مهندسان ارائه شد.

چنین درسی باید در برنامه سال آخر دوره کارشناسی که دانشجویان دانش کافی مرتبط را کسب کرده‌اند، قرار داده شود. با تعریف پروژه نهایی در طول دوره آموزش این درس، می‌توان توانایی مهندسان در طراحی توسعه پایدار را سنجید. واضح است که مطالعات بیشتری در این زمینه برای طراحی دقیق‌تر محتوی چنین درسی برای دستیابی به تحقق آموزش مهندسی برای توسعه پایدار نیاز است. این امر با تبادل نظر، تحقیق، و بررسی‌های بیشتر کارشناسان آموزشی، تربیتی، فرهنگی و علمی برای تدوین جزئیات چنین درس جامعی قابل انجام است. علاوه بر این، مسئولین امر باید مقدمات آموزش اعضای هیئت علمی در دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی کشور در این باره را فراهم کنند.

References

- Adab-Avazeh, N., Navabakhsh, M., Adab-Avazeh, A., Khayam, A., & Vakili, A. (2019). Prioritization of the establishment of green weld inspection management system with QFD approach. *The 20th National Conference on Welding and Inspection and the 9th National Conference on Nondestructive Testing*, Shahrekord [in Persian].
- Akeel, U. U., Bell, S. J., & Mitchell, J. E. (2019). Assessing the sustainability content of the Nigerian engineering curriculum. *International Journal of Sustainability in Higher Education*.
- Alavi-Moghadam, S. M. R., Maknoon, R., & Shamsi, A. T. (2008a). Promoting engineering education and research in line with sustainable development - strategies. *Iranian Journal of Engineering Education*, 2(2), 81-87 [in Persian].
- Alavi-Moghadam, S. M. R., Maknoon, R., & Shamsi, A. T. (2008b). A review of the activities of green universities in Iran and the world. *2nd Conference of Environmental Engineering*, Tehran [in Persian].
- Ayar, P., Baghchesarai, O. R., Khademi, A. A., & Baibordy, A. (2023). A descriptive-comparative study of incorporating the sustainability approach in civil engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*. In press [in Persian].
- Bahadori-Nejad, M., & Yaghoobi, M. (2003). In the human virtues of engineers, Part II: Doctrine. *Iranian Journal of Engineering Education*, 5(17), 23-28 [in Persian].
- Banazadeh, B., & Ali-Abadi, M. (2015). The need to provide a course for retrofitting of existing buildings in the field of architectural engineering. *First International Conference and Fourth National Conference on Engineering Education (Based on new learning technologies)*, Shiraz [in Persian].
- Baradaran, M., & Ameri, M. (2018). Identification of the innovative features of the faculty members of Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources and the School of Agriculture of Shahid Chamran University of Ahvaz. *Entrepreneurial Research Approaches to Agriculture*, 1(1), 29-43 [in Persian].
- Birzer, C. H., & Hamilton, J. (2019). Humanitarian engineering education fieldwork and the risk of doing more harm than good. *Australasian Journal of Engineering Education*, 24(2), 51-60.
- Björnberg, K. E., Skogh, I. B., & Strömberg, E. (2015). Integrating social sustainability in engineering education at the KTH Royal Institute of Technology. *International Journal of Sustainability in Higher Education*.
- Borges, M. L., Anholon, R., Cooper Ordoñez, R. E., Quelhas, O. L. G., Santa-Eulalia, L. A., & Leal Filho, W. (2018). Corporate Social Responsibility (CSR) practices developed by Brazilian companies: An exploratory study. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 25(6), 509-517.
- Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). Industry 5.0: Towards more sustainable, resilient and human-centric industry. *Directorate-General for Research and Innovation, European Commission*, Tech. Rep. KI-BD-20-021-EN-N.
- Carton, W., Asiyani, A., Beck, S., Buck, H. J., & Lund, J. F. (2020). Negative emissions and the long history of carbon removal. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 11(6), e671.
- Cazeri, G. T., Anholon, R., da Silva, D., Ordoñez, R. E. C., Quelhas, O. L. G., Leal Filho, W., & de Santa-Eulalia, L. A. (2018). An assessment of the integration between corporate social responsibility practices and management systems in Brazil aiming at sustainability in enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 182, 746-754.
- Darabi, M. (2022). Dimensions and components of training quality of faculty members: A meta-synthesis study. *Iranian Journal of Engineering Education*, 23(92), 71-106 [in Persian].
- Davari, S. M., Shayesteh, A., & PoorAhmadi-Motlagh, M. (2014). Investigation of the negative effects of concrete industry on the environment and its reduction solutions. *The 2nd National Conference on Applied Research in Civil Engineering, Architecture and Urban Management*, Tehran [in Persian].
- Estilaei, M. (2015). Engineering ethics and sustainable development. *First International Conference and Fourth National Conference on Engineering Education (Based on new learning technologies)*, Shiraz [in Persian].
- Ghaffari, M. M., & Zohour, H. (2014). The global perspective of challenges of engineering research and education for sustainable development. *Iranian Journal of Engineering Education*, 16(63), 11-24 [in Persian].
- Grosseck, G., Țîru, L. G., & Bran, R. A. (2019). Education for sustainable development: Evolution and perspectives: A bibliometric review of research, 1992-2018. *Sustainability*, 11(21), 6136.

- Gupta, S. K., Gunasekaran, A., Antony, J., Gupta, S., Bag, S., & Roubaud, D. (2019). Systematic literature review of project failures: Current trends and scope for future research. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 274–285.
- Haji-Mohammadzadeh, Y., & Pourang, H. (2015). Sustainable design: The professional-ethical model of design engineers on the path of achieving sustainable development. *First International Conference and Fourth National Conference on Engineering Education (Based on new learning technologies)*, Shiraz [in Persian].
- Hasani, F. (2015). Application of geoinformatics technology in sustainable development. *The 1st International Conference and the Fourth National Conference on Tourism, Geography and Sustainable Environment*, Hamadan [in Persian].
- Heydari, N. (2015). Problems and measures of improving water use efficiency at fields in Iran. *Water Management in Agriculture*, 2(1), 33–48 [in Persian].
- Heydarian, M. H., Arabi, Sh., & Yaghoubi, M. (2015). The necessity of referring to ethics to achieve sustainable development, and the role of engineering education. *First International Conference and Fourth National Conference on Engineering Education (Based on new learning technologies)*, Shiraz [in Persian].
- Hoseini, S. A. (2015). Analysis of the relationship between architecture education and sustainable urban planning in the case of Rasht city. *National Conference on Sustainable Architecture and Urban Development*, Bukan [in Persian].
- Hoseinpoor, N., Kazemi, F., & Mehdizadeh, H. (2018). Attitude of value engineering in sustainable urban landscape design. *The 3rd International Conference & 4th National Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Design*, Tabriz [in Persian].
- Hounkezhi, M. A., & Fanni, Z. (2019). Reduction in the effects of natural hazards (earthquakes) on the urban environment with emphasis on capacity building (Case study: Zahedan). *Journal of Earth Science Researches*, 10(3), 191–213 [in Persian].
- IUCN (1970). International working meeting on environmental education in the school curriculum, final report, Gland, Switzerland: IUCN.
- Jabbari, O., Honar, M., & Safaei, M. (2020). An overview of the concepts of engineering ethics. *National Conference on Management, Ethics and Business*, Shiraz [in Persian].
- Jangjou, Z. (2019). Computer engineering, information technology and sustainable development. *The 5th International Conference on Science & Technology with Sustainable Development Approach*, Shiraz [in Persian].
- Kalantari, E. (2004). The impact of the educational system on technology development. *Journal of Industrial Technology Development*, 2(3), 5–12 [in Persian].
- Karlsson, T., Muhrman, K., & Nyström, S. (2022). A path towards a possible future-adult students' choice of vocational education. *Vocations and Learning*, 15(1), 111–128.
- Koushafar, A., Mojadam, E., & Delfani, K. (2011). Study of environmental culture of Chamran University students in 2010. *1st Regional Conference of Environment and Pollution*, Ahvaz [in Persian].
- Lozano, R., Barreiro-Gen, M., Lozano, F. J., & Sammalisto, K. (2019). Teaching sustainability in European higher education institutions: Assessing the connections between competences and pedagogical approaches. *Sustainability*, 11(6), 1602.
- Lozano, R., & Barreiro-Gen, M. (2019). Analysing the factors affecting the incorporation of sustainable development into European Higher Education Institutions' curricula. *Sustainable Development*, 27(5), 965–975.
- Lönngrén, J., & Svanström, M. (2016). Systems thinking for dealing with wicked sustainability problems: Beyond functionalist approaches. *New Developments in Engineering Education for Sustainable Development* (pp. 151–160). Springer, Cham.
- Lozano, F. J., & Lozano, R. (2014). Developing the curriculum for a new Bachelor's degree in engineering for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 64, 136–146.
- Lukovics, M., & Zuti, B. (2017). New functions of universities in century XXI towards "fourth generation" universities. *Academia. edu*, 9.
- Maknoon, R. (1999). Design and implementation of green buildings. *Proceedings of First International Conference Civil Engineering Association*, Tehran, Iran [in Persian].

- Maknoon, R. (2001). Green approach, a valuable result of sustainable development. *Proceedings of Conference on Sustainable Development Strategy in Iran*, Tehran, Iran [in Persian].
- Martins, V. W. B., Rampasso, I. S., Anholon, R., Quelhas, O. L. G., & Leal Filho, W. (2019). Knowledge management in the context of sustainability: Literature review and opportunities for future research. *Journal of Cleaner Production*, 229, 489–500.
- Maghani, S., Baser, H., Alizadeh-Afshar, F., & Maghani, S. S. (2015). Investigation of the role of recyclable concretes in reducing rural environmental pollution in Azerbaijan. *The 3th International Congress on Civil Engineering, Architecture & Urban Development*, Tehran [in Persian].
- Malihi, V., & Hoseini-Saber, S. A. (2014). An introduction to the role of cultural engineering in Iran's urban planning system with sustainable development approach. *Culture-Based Urban Planning National Conference*, Isfahan [in Persian].
- Mathebulu, M. (2018). *Engineering education for sustainable development: A capabilities approach*. Routledge.
- McCormick, M., Bielefeldt, A. R., Swan, C. W., & Paterson, K. G. (2015). Assessing students' motivation to engage in sustainable engineering. *International Journal of Sustainability in Higher Education*.
- Mesa, J. A., Esparragoza, I., & Maury, H. (2020). Modular architecture principles—MAPs: a key factor in the development of sustainable open architecture products. *International Journal of Sustainable Engineering*, 13(2), 108–122.
- Mobed, M. (2018). Industrial engineering techniques for sustainable development. *15th International Industrial Engineering Conference*, Yazd [in Persian].
- Mohsenipoor, Gh., & Vaghefi, M. (2017). The necessity of returning to engineering ethics as an important challenge for training of national engineers. *5th International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development*, Tehran [in Persian].
- Motahhari-Nejad, H., Yaghoobi, M., & Davami, P. (2012). Necessities for codifying strategies of engineering education in Iran (second sector: comparing viewpoints of industry managers and faculty members). *Iranian Journal of Engineering Education*, 14(55), 1–19 [in Persian].
- Muñoz, R. M., Fernández, M. V., & Salinero, Y. (2020). Sustainability, corporate social responsibility, and performance in the Spanish wine sector. *Sustainability*, 13(1), 7.
- Nazl-Abadi, S. E., Alavi-Moghadam, S. M. R., & Maknoon, R. (2015). Study of courses related to environment and sustainable development in the bachelor's degree in civil engineering of Iranian universities and other selected universities in the world. *First International Conference and Fourth National Conference on Engineering Education (Based on new learning technologies)*, Shiraz [in Persian].
- Oztel, H., Leal Filho, W., Azul, A. M., Brandli, L., Özuyar, P. G., & Wall, T. (2020). Fourth generation university: Co-creating a sustainable future. *Quality education. Encyclopedia of the UN sustainable development goals*, 316–328.
- Raeisian, A. H. (2015). Sustainable development and HSE systems. *The 2nd International Conference of HSE in Civil, Mine, Petroleum and Gas Energy Projects*, Tehran [in Persian].
- Ramirez-Mendoza, R. A., Morales-Menendez, R., Melchor-Martinez, E. M., Iqbal, H., Parra-Arroyo, L., Vargas-Martínez, A., & Parra-Saldivar, R. (2020). Incorporating the sustainable development goals in engineering education. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 14(3), 739–745.
- Rampasso, I. S., Anholon, R., Silva, D., Ordoñez, R. C., Quelhas, O. L. G., Leal Filho, W., & Santa-Eulália, L. A. (2018). An analysis of the difficulties associated to sustainability insertion in engineering education: Examples from HEIs in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 193, 363–371.
- Rampasso, I. S., Melo Filho, G. P., Anholon, R., de Araujo, R. A., Alves Lima, G. B., Perez Zotes, L., & Leal Filho, W. (2019). Challenges presented in the implementation of sustainable energy management via ISO 50001: 2011. *Sustainability*, 11(22), 6321.
- Razaghian, Gh. (2020). Investigation of the need to teach the concepts of earth sciences in schools. *The 39th National Congress and 4th International Congress of Earth Sciences*, Tehran [in Persian].
- Salimi, M. R. (2015). Engineering ethics and sustainable development. *First International Conference and Fourth*

- National Conference on Engineering Education (Based on new learning technologies)*, Shiraz [in Persian].
- Seyd, F. S., & Seyedian, S. A. (2014). An approach to appropriate topics for sustainability education in current architecture education. *National Conference on Sustainable Architecture and Urban Landscape*, Mashhad [in Persian].
 - Sigahi, T. F., & Szelwar, L. I. (2022). Exploring applications of complexity theory in engineering education research: A systematic literature review. *Journal of Engineering Education*.
 - Shamshirgaran, R., & Molazadeh, M. (2019). Dam safety engineering and its role in comprehensive crisis management. *The 6th National Conference on Applied Research in Civil Engineering, Architecture and Urban Management and the 5th Specialized Exhibition of Housing and Building Mass Builders in Tehran Province*, Tehran [in Persian].
 - Sivapalan, S., Clifford, M. J., & Speight, S. (2016). Engineering education for sustainable development: using online learning to support the new paradigms. *Australasian Journal of Engineering Education*, 21(2), 61–73.
 - Soltani, R., Parviz, S., & Soltani, R. (2015). Ethics, challenges and values in civil engineering. *3rd International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development*, Tehran [in Persian].
 - Tejedor, G., Segalàs, J., & Rosas-Casals, M. (2018). Transdisciplinarity in higher education for sustainability: How discourses are approached in engineering education. *Journal of Cleaner Production*, 175, 29–37.
 - STAUNCH. 2010. Sustainability Tool for Assessing Universities Curricula Historically.
 - UN (2015). Sustainable Development Goals.
 - Yaghoubi, M., & Bahadori-Nejad, M. (2003a). In the human virtues of engineers, Part I: Wisdom. (2003). *Iranian Journal of Engineering Education*, 5(17), 9–21 [in Persian].
 - Yaghoubi, M., & Bahadori-Nejad, M. (2003b). In the human virtues of engineers, Part III: Professional ethics. *Iranian Journal of Engineering Education*, 5(18), 57–68 [in Persian].
 - Yaghoubi, M., Bahadori-Nejad, M., & Aziziyan, K. (2015). Ethics in the engineering profession for engineering students. *Iranian Journal of Engineering Education*, 5(20), 9–22 [in Persian].
 - Yaghoubi, M., & Motahhari-Nejad, H. (2011). Requirements for codifying strategies of engineering education in Iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 13(51), 31–51 [in Persian].
 - Zamani, A. (2016). Sustainable development as a function of creativity in higher education. *First National Conference on Planning and Development of Educational System*, Ghom [in Persian].
 - Zare, S., Zeinalipour, H., Zaree, E. & Moahmmadi, M. (2017). Designing the e-content curriculum for sustainable development education in higher education system – a qualitative approach. *Technology of Education Journal*, 12(1), 79–93 [in Persian].
 - Zarin-Naghsh, K. (2018). Investigation of the effective factors of sustainable development on the implementation of sustainable building. *The 5th International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development*, Tehran [in Persian].

◀ **حامد یزدانی:** کارشناس ارشد مهندسی مکانیک از دانشگاه شیراز.

زمینه کار بررسی سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی و ارزیابی فنی و اقتصادی می‌باشد.



◀ **محمود یعقوبی:** استاد مهندسی مکانیک دانشگاه شیراز، زمینه

پژوهشی ایشان انرژی خورشیدی، انتقال حرارت و آموزش مهندسی می‌باشد