فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال بیست و پنجم، شماره ۹۸، تابستان ۱۴۰۲، صص.۱۲۵-۱۰۷

هم‌افزایی رویکردهای مهندسی انسان‌گرایانه، بوم‌گرایانه، جهان‌شمول و کل‌نگر برای بازنگری آموزش مهندسی

مهدی کلاهی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۲۵

DOI: 10.22047/ijee.2023.394213.1976

چکیده: به منظور شناخت چالش‌های روزافزونی که مهندسان با آنها مواجهه هستند، نیاز به بررسی جامع رویکردهای مهندسی انسان‌گرایانه، مهندسی بوم‌گرایانه، مهندسی جهان‌شمول و مهندسی کل‌نگر است. فلسفه و هدف این مقاله، ضمن پاسخ به این نیاز، مقایسه این رویکردها و ارائه ویژگی‌های توصیفی و کاربردی آنها در حوزه‌های مختلف است. این پژوهش بر اساس هدف، توسعه‌ای کاربردی، بر اساس شیوه گردآوری داده، توصیفی، و بر اساس ماهیت داده، کیفی از نوع مقایسه‌ای است. نتایج نشان می‌دهد که درهم‌کنش این رویکردها برای حل مسائل پیچیده مهندسی، ضروری است. همچنین آموزش مهندسی، نیاز به بازنگری اساسی دارد تا موضوعات رویکرد کل‌نگر، هم‌نشینی با اهداف توسعه پایا، اخلاق و مسئولیت‌پذیری اجتماعی، توازن دانش فنی و دیدگاه‌های انسان‌گرایانه و بوم‌گرایانه و ترویج دیدگاه‌های جهانی و شایستگی فرهنگی در پداگوژی مهندسی را دربرگیرد. لازم است که نه تنها راه‌حل‌های فنی، بلکه ابعاد اجتماعی، اخلاقی و بوم‌شناختی چالش‌های مهندسی نیز مد نظر قرار گیرند. آموزش‌های محیط‌زیستی و اجتماعی، یادگیری اجتماعی و تجربی، همکاری میان‌رشته‌ای، مطالعه موردی و ارائه تجربیات بین‌المللی، جهت آماده‌سازی مهندسان برای مقابله با چالش‌های محلی و جهانی، بسیار حیاتی است. این موارد می‌توانند در توسعه فهم عمیق‌تری از مسائل مختلف، به دانشجویان مهندسی کمک کنند. همچنین باعث می‌شوند که مهندسان آینده، دارای دانش و مهارت‌های لازم برای طراحی و پیاده‌سازی راهکارهای نوآورانه مناسب، فرهنگ‌مدار و قابل قبول از نظر محیط‌زیستی باشند.

واژگان کلیدی: مهندسی انسان‌گرایانه، مهندسی بوم‌گرایانه، مهندسی جهان‌شمول، مهندسی کل‌نگر، توسعه پایا

۱- استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، پژوهشکده آب و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد. ایران. MahdiKolahi@um.ac.ir

۱. مقدمه

آموزش مهندسی، بر روی مهارت‌ها و دانش‌های فنی و عملی تأکید دارد که اغلب منجر به کاستی در مسائل اجتماعی و محیط‌زیستی گردیده است (Van den Beemt et al., 2020). با این حال، در سال‌های اخیر، به مرور نیاز به یک رویکرد گسترده‌تر در آموزش مهندسی با درنظرگرفتن عوامل اجتماعی، فرهنگی و محیط‌زیستی در کنار تخصص فنی و عملی، افزایش یافته است (Handford et al., 2019). به همین دلیل، در دهه‌های اخیر، مفهوم مهندسی و تعریف آن در برخی از صنایع و حوزه‌های مختلف، تغییر کرده است (Sartal et al., 2020). ازیک‌طرف، بررسیِ نیاز به این تغییر در آموزش مهندسی و تدوین روش‌هایی برای دستیابی به این هدف، ضرورت دارد. از طرف دیگر و به طور خاص، چهار نگرش مهندسی انسان‌گرایانه[1] (Bolton, 2022)، مهندسی بوم‌گرایانه[2] (Marynowski, 2021)، مهندسی جهان‌شمول[3] (Kingdon, 2021) و مهندسی کل‌نگر[4] (Thompson et al., 2021)، به عنوان چهار الگوی مهندسی متفاوت برای پاسخگویی به چالش‌های مختلف در زمینه‌های متفاوت، مطرح شده‌اند. مقایسه و تحلیل این چهار نگرش، بررسی مزایا و معایب هر یک از آنها و نیز کاربرد هر یک در آموزش مهندسی الزامی است.

اهداف توسعه پایای (توسعه پایدار) سازمان ملل متحد، چارچوبی مناسب برای درک چالش‌هایی است که مهندسان اکنون و در سال‌های آینده با آنها روبه‌رو خواهند شد (Ramirez-Mendoza et al., 2020). این اهداف به مسائل گسترده‌ای از فقر و عدالت تا گرمایش جهانی، تغییر اقلیم و فرسایش بوم‌سازگان[5]های طبیعی می‌پردازند. دستیابی به اهداف توسعه پایا، نیازمند راهکارهای نوآورانه پایدار است و مهندسان در توسعه و پیاده‌سازی این راهکارها، نقش کلیدی ایفا می‌کنند. با این حال، برای انجام مؤثر این کار، مهندسان باید با دانش و مهارت‌های لازم برای مقابله با این چالش‌های پیچیده و پیوسته مجهز شوند (Mora et al,, 2020).

مهندسی، ریشه در انقلاب صنعتی قرن‌های ۱۸ و ۱۹ دارد که باعث پیشرفت قابل توجهی در فناوری و شیوه‌های مهندسی شد. در طی این دوره، مهندسان در اصل بر توسعه ماشین‌ها و زیرساخت‌هایی تمرکز داشتند که می‌توانستند کارایی و بهره‌وری در تولید و حمل‌ونقل را افزایش دهند (Bulleit et al., 2015). توسعه روش علمی نیز نقش مهمی در شکل‌گیری دیدگاه مهندسی ایفا کرد زیرا مهندسان شروع به اعمال اصول و روش‌های علمی در طراحی و بهینه‌سازی سامانه‌های فناوری می‌کردند. به هر حال، مهندسی یک رشته گسترده بوده است که دیدگاه‌ها و رویکردهای مختلفی به حل مسائل دارد. در کل، مهندسی بر تحلیل و بهینه‌سازی سامانه‌های فنی و عملی تمرکز می‌کند و به بهبود کارایی، اثربخشی

1- Humanistic engineering
2- Ecocentric engineering
3- Cosmopolitan engineering
4- Holistic engineering
۵- بوم‌سازگان برابرنهاده فرهنگستان برای اکوسیستم است.

و عالیت فنی تأکید دارید (Bucciarelli, 2008). این دیدگاه بر پایه این باور استوار است که مهندسی یک رشته فنی و علمی است که باید با استفاده از اصول و روش‌های علمی هدایت شود. یکی از تعاریف مشترک لغت‌نامه‌ها برای مهندسی، «استفاده از علوم و ریاضیات به منظور مفید بودن خواص مواد و منابع انرژی در طبیعت برای مردم» است (Engineering, 2023). مهندسی در واقع به روش‌های علمی و فنی برای طراحی، ساخت و بهینه‌سازی ابزارها، ماشین‌آلات و سامانه‌هایی اشاره دارد که برای حل مسائل فنی و عملی مورداستفاده قرار می‌گیرند.

مهندسی انسان‌گرایانه در نیمه سده بیستم، به عنوان پاسخی به محدودیت‌های درک‌شده از مهندسی، پدیدار شد. طرفداران این دیدگاه، مانند ویلیام جی. وینسنتی (Vincenti, 1990) و هنری پتروسکی (Petroski, 1985)، بر این باور بودند که مهندسی نه تنها باید از نظر فنی صحیح باشد، بلکه باید از نظر اجتماعی، مسئولیت‌پذیر و اخلاقی باشد. مهندسی انسان‌گرایانه بر اساس مجموعه‌ای از نظریات فلسفی و اجتماعی، از جمله مصلحت‌گرایی (پراگماتیسم)، فمینیسم و پست‌مدرنیسم، بر این اصل تأکید می‌کند که مهندسی باید بر مبنای فهمی گسترده از ارزش‌ها و نیازهای انسانی، بنیان نهاده شود. در اصل، مهندسی انسان‌گرایانه، بر قسمت «مردم» در تعریف مهندسی تأکید دارد. طبق تعریف، مهندسی بر کاربرد علوم و ریاضیات دلالت دارد اما یک محدودکننده را برای آن تعیین می‌کند و آن این که آن تولید نهایی باید «برای مردم مفید باشد» (Hynes & Swenson, 2013). مهندسی انسان‌گرایانه به روش‌های مهندسی می‌پردازد که به طور فعال با انسان‌ها در تعامل است و به دنبال حل مسائل اجتماعی و انسانی هستند. مهندسی انسان‌گرایانه به منظور توسعه راه‌حل‌هایی برای بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها، به عنوان مثال در حوزه سلامت، آسایش، حمل‌ونقل و فناوری ارتباطات، به کار می‌رود. آن به عنوان رویکردی است که بر اهمیت ارزش‌ها و نیازهای انسانی در فرایند مهندسی تأکید می‌کند. در نتیجه، مهندسی انسان‌گرایانه به این نکته توجه دارد که سامانه‌های فنی برای افراد، طراحی و استفاده می‌شوند، بنابراین باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که با ارزش‌ها و آرمان‌های انسانی هم‌راستا باشند.

مهندسی بوم‌گرایانه یک دیدگاه مهندسی است که تأکید قوی بر پایداری و حفاظت از محیط‌زیست دارد (Marynowski, 2021). این رویکرد با هدف ارتقای بوم‌سازگان‌های طبیعی با اقتصادی پایدارتر، به دنبال ادغام ملاحظات بوم‌شناختی[1] در طراحی و توسعه سامانه‌های فناوری است (Mihelcic & Zim-merman, 2014). مهندسی بوم‌گرایانه ابراز می‌کند که سامانه‌های فناوری با سایر سامانه‌های اجتماعی و بوم‌شناختی بزرگ‌تر در ارتباط هستند، به همین دلیل باید در یک حالتی، طراحی و مدیریت شوند که حمایت از بهبود طولانی‌مدت سلامت سرزمین و همه ساکنان آن را تضمین کنند. بنابراین با

۱- بوم‌شناسی برابرنهاده فرهنگستان برای اکولوژی است.

مفهوم‌بندی جدید و اهمیت بخشیدن به خدمات بوم‌سازگانی، کیفیت زندگی و تنوع زیستی، دیدگاه بوم‌گرایانه در آموزش مهندسی شامل قصد انسان‌محوری، بدون برتری خواندن خود است. به عبارت دیگر، به جای خوانش اشرف مخلوقات بودن[1]، خود را همگام با فرمایش قرآن، یعنی نماینده خدا در زمین دانستن است تا همراه با سایر موجودات زنده و غیرزنده، در یک پروژه آرمانی و آموزشی گسترده، یکپارچه شود. این پروژه از مفهومی آغاز می‌شود که بشر به طور مادی، فرهنگی و روحی با بقیه موجودات و زمین، هم‌بافته بوده و با هدف کمک به تحقق مشترک همگان، در چارچوب یک تنوع عمیق بوم‌سازگانی عمل می‌کند (Molina-Motos, 2019).

مهندسی یک حرفه است که نقش اساسی در شکل دادن به جهانی که در آن زندگی می‌کنیم، ایفا می‌کند. همان طور که جهان بیشتر به سمت ارتباطات بین‌المللی و جهانی شدن پیش می‌رود، برای مهندسان اهمیت پیدا می‌کند که در عملکرد خود یک دیدگاه جهان‌شمول را اتخاذ کنند (King-don, 2021). مهندسی جهان‌شمول، یک چارچوب نوظهور برای عملکرد جهانی مهندسی است که بر اهمیت حساسیت فرهنگی، مسئولیت اجتماعی و تصمیم‌گیری اخلاقی در مهندسی تأکید می‌کند. مفهوم جهان‌شمولیت در فلسفه یونان باستان، ریشه‌دار است و در طول تاریخ به صورت‌های مختلفی تعریف شده است. در دوران معاصر، جهان‌شمولیت به این معنا است که همه انسان‌ها به یک جامعه جهانی منتسب هستند و ما مسئولیت‌های اخلاقی و اخلاقیاتی مشترکی را نسبت به یکدیگر و سیاره داریم (Appiah, 2006). بنابراین، جهان‌شمولیت یک چارچوب مفید برای عملکرد مهندسی است که همبستگی دنیا و مسئولیت‌های مشترک مهندسان در ایجاد دنیایی عادلانه و پایدار را به شکلی مورد تأیید قرار می‌دهد.

مهندسی جهان‌شمول دارای چندین اصل کلیدی، مانند پایبندی به حساسیت فرهنگی، مسئولیت اجتماعی و تصمیم‌گیری اخلاقی است (Senthil, 2020). مهندسانی که چارچوب جهان‌شمول را به خود اختصاص می‌دهند، درک می‌کنند که سامانه‌های فناوری برای افرادی با زمینه‌های فرهنگی متفاوت طراحی و استفاده می‌شوند و طراحی و توسعه این سامانه‌ها باید با توجه به تفاوت‌های فرهنگی و محلی انجام شود. همچنین، مهندسی جهان‌شمول بر اهمیت مسئولیت اجتماعی، به ویژه در رابطه با مواجهه با چالش‌های جهانی مانند گرمایش جهانی، تغییر اقلیم، فقر و نابرابری تأکید دارد (Kingdon, 2018). در نهایت، تصمیم‌گیری اخلاقی (Tamassoki and Kolahi, 2023) یک جزء حیاتی از مهندسی جهان‌شمول است زیرا مهندسان باید در عمل خود با دو چالش اخلاقی پیچیده روبرو شوند و منافع رقابتی را تعادل بخشند.

چند نمونه از مهندسی جهان‌شمول در ادبیات یافت می‌شود. به عنوان مثال، میهلسیک و

1- Species supremacism

همکاران (Mihelcic & Zimmerman, 2014) رویکردی را برای آموزش مهندسی توصیف می‌کنند که بر شهروندی جهانی و پایداری تأکید دارد که به مهندسی بوم‌گرای جهان‌شمول[1] مربوط است. مهندسی بوم‌گرای جهان‌شمول، به تازگی پدیدار شده و بر پایه نگرانی‌های مربوط به تخریب محیط‌زیست، عدالت اجتماعی و جهانی شدن استوار است و به معنای تلفیق مهندسی با محیط‌زیست و بهبود محیط‌زیست برای تأمین منافع جهانی است. مهندسی بوم‌گرای جهان‌شمول، به دنبال حل مسائل جهانی مرتبط با محیط‌زیست مانند کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، حفاظت از منابع آب و حفظ تنوع زیستی است. این رویکرد سعی دارد ملاحظات بوم‌شناختی و اجتماعی را در طراحی و توسعه سامانه‌های فناوری در نظر بگیرد تا در نهایت به ارتقای دنیایی متعادل و پایدار کمک کند. یکی دیگر از مثال‌های مهندسی جهان‌شمول در عمل، می‌توان آن را در زمینه مهندسی انسان‌گرایانه یافت. مهندسی انسان‌گرایانه جهان‌شمول شامل طراحی و توسعه راه‌حل‌های فناورانه برای پاسخگویی به نیازهای جوامع در سراسر جهان است. این رویکرد بر اهمیت حساسیت فرهنگی و همکاری با جوامع محلی در طراحی و اجرای راه‌حل‌های فناورانه تأکید دارد (Dym et al., 2005). همان طور که جهان به صورت روزافزونی با هم تعامل می‌کند و جهانی می‌شود، برای مهندسان ضروری است که در تمرین‌ها و فعالیت‌های خود، چشم‌انداز کیهان‌گرایانه ایجاد کرده و هم‌زمان با تأکید بر ارتباط میان جوامع مختلف و مسئولیت‌پذیری اجتماعی شرکتی مهندسی، برای خلق یک جهانی عادلانه و پایدار تلاش کنند.

مهندسی کل‌نگر یک چارچوب نوظهور برای تمرین مهندسی است که بر پیوند وابستگی عوامل اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و فنی در طراحی و توسعه سامانه‌های فناوری تأکید می‌کند (Markolf et al., 2018; Staack et al., 2019). این رویکرد به این نکته توجه دارد که سامانه‌های فنی در چارچوبی اجتماعی و محیط‌زیستی بزرگ، تعبیه شده‌اند و طراحی و مدیریت این سامانه‌ها باید با مراعات تعاملات پیچیده میان عوامل مختلف صورت گیرد. مفهوم کل‌نگری در اصل در سیاست‌های فلسفی و علمی مختلفی مانند نظریه سامانه‌ها و بوم‌شناسی وجود داشته است. در بحث معاصر، کل‌نگری به این ایده اشاره دارد که یک سامانه تنها با بررسی اجزای آن و تعاملات آنها با یکدیگر و با محیط می‌تواند به طور کامل درک شود (Capra, 1997). به همین دلیل، مهندسی کل‌نگر، یک چارچوب مفید برای تمرین مهندسی است که نیاز به رویکرد جامع و یکپارچه در طراحی و توسعه فناوری دارد.

یکی از اصول اصلی مهندسی کل‌نگر، شناخت تأثیرات اجتماعی و محیط‌زیستی سامانه‌های فناوری است. مهندسانی که دیدگاه کل‌نگر را به خود اختصاص می‌دهند، درمی‌یابند که سامانه‌های فناوری می‌توانند تأثیرات گسترده‌ای بر جوامع و محیط‌زیست داشته باشند و باید این تأثیرات را در طول فرایند طراحی و توسعه سامانه‌ها در نظر گرفت. این شامل نه تنها تأثیرات مستقیم بر سامانه است، بلکه

1- Ecocentric cosmopolitan engineering

شرایط اجتماعی و محیط‌زیستی گسترده‌تری است که در آن سامانه استفاده خواهد شد (Chesh-mehzangi & Griffiths, 2014). یکی دیگر از اصول مهندسی کل‌نگر، اهمیت همکاری و رویکردهای بین و فرارشته‌ای است. مهندسی کل‌نگر می‌فهمد که سامانه‌های فناوری، پیچیده و چند رشته‌ای هستند و رفع این پیچیدگی‌ها نیازمند مشارکت تخصص‌ها و افراد مختلف است. این شامل همکاری بین مهندسان، دانشمندان اجتماعی، دانشمندان محیط‌زیست و دیگر متخصصان مرتبط و همچنین برقراری ارتباط با جوامع متأثر و دیگر گرودارن (Kolahi, 2021) جامعه است. در نتیجه، مهندسی کل‌نگر یک چارچوب مفید برای تمرین مهندسی است که بر ارتباط بین عوامل اجتماعی، اقتصادی، محیطی و فنی در طراحی و توسعه سامانه‌های فناوری تأکید می‌کند. در جهانی که روزبه‌روز پیچیده‌تر و پیونددهنده‌تر می‌شود، برای مهندسان ضروری است که در تمرین حرفه‌ای خود، دیدگاهی کل‌نگر را بپذیرند و نیاز به یک رویکرد کل‌نگر و یکپارچه در طراحی و توسعه فناوری داشته باشند.

اولین گام در بازنگری آموزش مهندسی، درک اهمیت رویکرد انسان‌گرایانه‌تر است (Bolton, 2022). این به معنای تأکید بیشتر بر تأثیرات اجتماعی و فرهنگی پروژه‌های مهندسی است و در نظر گرفتن دیدگاه‌ها و نیازهای کسانی که تحت تأثیر آنها قرار می‌گیرند. آموزش مهندسی باید به فراتر از تمرکز بر تخصص فنی و عملی بپردازد و درکی گسترده‌تر از معنای مهندس بودن در قرن بیست‌ویکم را به دنبال داشته باشد. علاوه بر دیدگاه انسان‌گرایانه، آموزش مهندسی باید آگاهی‌ها و کنش‌های دوستدار محیط‌زیست را هم به خود اختصاص دهد. گرمایش جهانی، تغییر اقلیم و دیگر چالش‌های محیط‌زیستی، از مهم‌ترین مسائلی هستند که با آن روبروییم و مهندسان، نقش حیاتی در برابر آنها بازی می‌کنند (Poluan et al., 2020). با جایگزینی درکی از پایداری محیط‌زیستی در برنامه‌های آموزشی مهندسی و توسعه شیوه‌های مهندسی پایدار، مهندسان می‌توانند به ایجاد یک آینده سعادتمند پایدار کمک کنند (Ramirez-Mendoza et al., 2020).

در نتیجه، آموزش مهندسی باید به گسترده‌ترین مفهوم آن پرداخته و در آن، اصول بشرگرایانه، مسئولیت‌پذیری اجتماعی و حفاظت محیط‌زیست، به عنوان محورهای اصلی تلقی شود (Ramos et al., 2023). این به معنای ترک تمرکز صرف بر مهارت‌های فنی و عملی، ولی بهره‌گیری از یک دیدگاه گسترده‌تر در خصوص چگونگی تبدیل شدن به یک مهندس در قرن ۲۱ است. با توجه به اهمیت مسائل اجتماعی، فرهنگی و محیطی، امروزه آموزش مهندسی، نیازمند بازنگری جدی است (Ortiz-Marcos et al., 2020). به علاوه، برای حفظ پایداری و زندگی بهتر برای تمامی افراد جامعه و طبیعت، به تلاش برای پیشگیری از آثار منفی تصمیمات و پروژه‌های مهندسی نیاز داریم (Asr et al., 2019). در این راستا، هدف این مطالعه، ارائه نمای تحلیلی از چهار رویکرد جدید مهندسی و مقایسه ویژگی‌های کلیدی، مزایا و محدودیت‌های آنهاست. در نهایت، بازنگری‌های بهینه جهت تغییر در آموزش مهندسی، مورد واکاوی و بحث قرار می‌گیرند.

۲. روش تحقیق

روش این پژوهش بر اساس هدف، توسعه‌ای کاربردی است زیرا توسعه دانش کاربردی در آموزش مهندسی را مد نظر دارد و سطح گفتمان، انتزاعی است. پژوهش حاضر بر اساس شیوه گردآوری داده‌ها، توصیفی بوده و روش تحقیق بر اساس ماهیت داده‌ها، کیفی از نوع مقایسه‌ای است. بر اساس ابزار تحلیل مقایسه‌ای کیفی چند شاخصه، سه رویکرد مهندسی انسان‌گرایانه، مهندسی بوم‌گرایانه و مهندسی جهان‌شمول، مورد مقایسه قرار گرفتند. در ادامه، مشخص شد که رویکرد کل‌نگرانه‌تری نیاز است که مهندسی کل‌نگر نیز به این بررسی افزوده شد. سؤالات تحقیقی که این مطالعه را در ارتباط با این رویکردها هدایت می‌کنند، عبارت از ویژگی‌های تفصیلی (شامل تعاریف، ارزش‌ها، تمرکز اصلی، اهداف اصلی، نکات کلیدی، نقاط قوت، نقاط ضعف، مزایا و معایب) و ویژگی‌های کاربردی (شامل روش‌ها، مسائل/چالش‌های حل‌شده، راه‌حل‌های قابل اعتماد، ملاحظات اخلاقی و نیز کاربردهایشان) است.

۳. نتایج تحقیق

جدول‌های ۱ و ۲، نتایج مقایسه چهار رویکرد مختلف و نوین، یعنی مهندسی انسان‌گرایانه، مهندسی بوم‌گرایانه، مهندسی جهان‌شمول و مهندسی کل‌نگر را با خود رویکرد مهندسی، به ترتیب از نظر ویژگی‌های تفصیلی و ویژگی‌های کاربردی نشان می‌دهند.

جدول ۱. مقایسه چهار رویکرد مختلف در آموزش مهندسی از نظر ویژگی‌های تفصیلی آنها

عنوان	توضیح کوتاه	ارزش‌ها	تمرکز اصلی	اهداف اصلی	نکات کلیدی	نقاط قوت	نقاط ضعف	مزایا	معایب
مهندسی	کاربرد علم و ریاضیات برای بهره‌گیری از مواد و انرژی برای استفاده انسان‌ها	کارایی و حل مسئله	تمرکز بر مهارت‌های فنی	توسعه تخصص فنی برای ایجاد راهکارهای کارآمد و مؤثر	تمرکز بر دانش و مهارت‌های فنی و عملی	تأکید قوی بر حل مسئله و کارایی	امکان عدم اهمیت به نگرانی‌های اجتماعی و محیط‌زیستی	تولید نتایج ملموس	امکان ایجاد عملیات ناپایدار
مهندسی انسان‌گرایانه	تأکید بر اهمیت تأثیرات اجتماعی و فرهنگی پروژه‌های مهندسی و درنظرگرفتن دیدگاه‌ها و نیازهای آنان	ارزش‌ها و نیازهای انسان	تمرکز بر تأثیرات اجتماعی و فرهنگی	رفع تأثیرات اجتماعی و فرهنگی پروژه‌های مهندسی و ترویج ملاحظات اخلاقی	گسترش تعریف مهندسی فراتر از تخصص فنی جهت دربرگیری عامل انسانی	تشویق به همکاری و ارتباط برقراری	امکان عدم اولویت دهی به تخصص فنی	ترویج شیوه‌های مهندسی اخلاقی و اجتماعی پاسخگو	امکان ایدئالیستی زیاد

ادامه جدول ۱

امکان ایدئالیستی زیاد	امکان ایجاد تضادها و تنش‌های فرهنگی	امکان نیاز به همکاری و ارتباطات زیادتر
ترویج پایداری محیطی و بهبود کیفیت زندگی تمام موجودات	ترویج پایداری جهانی و تنوع فرهنگی	ترویج شیوه‌های مهندسی پایدار و مسئولیت‌پذیر
امکان عدم اولویت‌دهی به تخصص فنی	امکان عدم اهمیت به نگرانی‌های محلی و ارزش‌های فرهنگی	امکان پیچیدگی زیاد در پیاده‌سازی
تشویق به تفکر کل‌نگری و رویکردهای پایداری	تشویق به همکاری و ارتباط بین‌المللی	تشویق به تفکر کل‌نگری و رویکردهای پایداری
تمرکز بر دیدگاه بوم‌شناختی و ترکیب انسان‌گرایی با مسائل بوم‌سازگانی	تمرکز بر تأثیرات جهانی پروژه‌های مهندسی و ترویج تنوع فرهنگی	کل‌نگری و یکپارچه‌سازی عوامل فنی، اجتماعی، فرهنگی و محیطی در پروژه‌های مهندسی
ترویج پایداری محیطی و بهبود رفاه تمامی موجودات	ترویج پایداری جهانی و تنوع فرهنگی	توسعه راهکارهای مهندسی برای درنظرگرفتن تمام عوامل مرتبط
تمرکز بر پایداری محیطی	تمرکز بر دیدگاه جهانی	تمرکز بر رویکرد کل‌نگری و سامانه‌ای
پایداری بوم‌سازگان‌ها	تنوع فرهنگی، همکاری جهانی	رویکرد کل‌نگر
تأکید بر پایداری محیط‌زیست و همبستگی تمام موجودات زنده و غیرزنده	تأکید بر دیدگاهی جهانی و بر همبستگی جهان	تأکید بر همبستگی عوامل فنی، اجتماعی، فرهنگی و محیطی در پروژه‌های مهندسی
مهندسی بوم‌گرایانه	مهندسی جهان‌شمول	مهندسی کل‌نگر

جدول ۲. مقایسه چهار رویکرد مختلف در آموزش مهندسی از نظر ویژگی‌های کاربردی آنها

عنوان	روش‌ها	مسائل/چالش‌های حل شده	راه‌حل‌های قابل‌اعتماد	ملاحظات اخلاقی	کاربردها
مهندسی	روش علمی، طراحی مهندسی	مشکلات فنی	پیشرفت فناوری	محدود در لحاظ‌کردن مسائل اخلاقی	تولید، حمل‌ونقل، زیرساخت‌ها
مهندسی انسان‌گرایانه	درک گسترده‌تری از نظریه‌های انسانی و نظریه‌های اجتماعی	مشکلات فنی و اجتماعی	رویکردهای همکارانه و بین‌رشته‌ای	مسئولیت اجتماعی، تصمیم‌گیری اخلاقی	زیرساخت‌ها، حفاظت محیطی
مهندسی بوم‌گرایانه	رویکرد جامع، تفکر سامانه‌ای	تضعیف محیط‌زیست، عدالت اجتماعی	رویکردهای چندرشته‌ای و یکپارچه	پایداری محیط‌زیستی، عدالت اجتماعی	انرژی تجدیدپذیر، توسعه پایا
مهندسی جهان‌شمول	همکاری بین‌المللی، حساسیت فرهنگی	چالش‌های جهانی، تضاد فرهنگی	همکاری بین‌المللی، تبادل فرهنگی	حساسیت فرهنگی، احترام به نوع	توسعه بین‌المللی، پروژه‌های بشردوستانه
مهندسی کل‌نگر	تفکر سامانه‌ای، همکاری بین‌رشته‌ای	مشکلات پیچیده و مرتبط	رویکردهای چندرشته‌ای و یکپارچه	مسئولیت اجتماعی و مسئولیت محیط‌زیستی	توسعه پایا، برنامه‌ریزی شهری

۴. بحث

با توجه به این که رویکردهای مهندسی انسان‌گرایانه، مهندسی جهان‌شمول و مهندسی بوم‌گرایانه، برای حل مسائل مختلف و در حوزه‌های متفاوت مورد استفاده قرار می‌گیرند، به نظر می‌رسد که برای حل مسائل به‌صورت کل‌نگر و همه‌جانبه، نیاز به تلفیق این سه رویکرد در طراحی و پیاده‌سازی راه‌حل‌های مهندسی است. در این راستا، تلاش برای پیاده‌سازی راهکارهایی با ترکیب این سه رویکرد می‌تواند بهبود عملکرد و کارایی مسائل را افزایش دهد و برای بهترشدن شرایط زندگی بشریت و بهسازی محیط‌زیست مفید باشد. این همگرایی می‌تواند ما را به رویکرد مهندسی کل‌نگری بکشاند و از پیچیدگی تعاملات و پیاده‌سازی آن بکاهد. به هر حال، با توجه به نتایج، شش بازنگری بهینه در آموزش مهندسی، ضروری است:

۴-۱. نیاز به رویکرد کل‌نگر در آموزش مهندسی

آموزش مهندسی بر دانش و مهارت فنی و عملی تمرکز داشته و به مسائل گسترده اجتماعی و اخلاقی، توجهی نداشته است. ولی با افزایش پیچیدگی پروژه‌های مهندسی و تقابل آنها با مسائل اجتماعی و محیط‌زیستی، نیاز به یک رویکرد کل‌نگر در آموزش مهندسی به وجود آمده است. این رویکرد بر

تلفیق ملاحظات فنی، اجتماعی و محیط‌زیستی در طراحی و حل مسائل مهندسی تأکید می‌کند (Kloot et al., 2022; Albert, 2020). یکی از جنبه‌های کلیدی رویکرد کل‌نگر در آموزش مهندسی، تداخل ملاحظات اخلاقی، اجتماعی و زیستی در برنامه درسی است. آن شامل تمرکز بر مسائلی از قبیل پایداری، عدالت اجتماعی و نوآوری مسئولانه است (Grasso & Burkins, 2010). با تلفیق این موضوعات در دروس مهندسی، دانشجویان می‌توانند درک عمیق‌تری از تأثیرات اجتماعی و محیط‌زیستی کار مهندسی و مسئولیت‌های اخلاقی مهندسان به دست آورند.

یکی از عناصر مهم در رویکرد جامع به آموزش مهندسی، توسعه مهارت‌ها و دانش بین‌رشته‌ای است. این کار شامل شکستن مرزهای تقسیمی میان رشته‌های مختلف و تشویق به همکاری میان مهندسان و متخصصان دیگر از زمینه‌های مختلف مثل دانشمندان اجتماعی، بوم‌شناسان، سیاست‌گذاران و اعضای جامعه است (Dunne & Martin, 2006). این تخصص‌ها و دیدگاه‌های متفاوت با کار در کنار هم، می‌توانند برای رسیدن به یک روش مؤثرتر و پایدارتر برای شناسایی و حل چالش‌های پیچیده مهندسی، کمک کنند. علاوه بر مسائل اجتماعی و بین‌رشته‌ای، رویکرد جامع به آموزش مهندسی همچنین بر اهمیت خلاقیت و نوآوری تأکید می‌کند. این کار شامل تشویق دانشجویان به فکر کردن خارج از قالب و پیدا کردن راه‌حل‌های نوآورانه برای مسائل مهندسی است، همچنین بررسی تأثیرات احتمالی این راه‌حل‌ها بر جامعه و محیط‌زیست را نیز در برمی‌گیرد (Maciejewski et al., 2017). به طور کلی، نیاز به رویکرد کل‌نگر به آموزش مهندسی برای برطرف کردن چالش‌های پیچیده و مرتبط با جامعه و محیط طبیعی رو به افزایش است. با یکپارچه‌سازی مسائل اجتماعی، اخلاقی، بین‌رشته‌ای و خلاقیتی در برنامه درسی، آموزش مهندسی می‌تواند دانشجویان را برای پاسخ به این چالش‌ها و خلق یک جهان پایدار و عادلانه‌تر، بهتر آماده کند.

۲-۴. هم‌نشینی مهندسی و اهداف توسعه پایا

اهداف توسعه پایای سازمان ملل متحد (SDGs) مجموعه‌ای از ۱۷ هدف مرتبط هستند که به منظور ایجاد یک جهان بیشتر پایدار و عادلانه تا سال ۲۰۳۰ مطرح شده‌اند (UNESCO, 2021). این اهداف شامل مسائل گسترده‌ای از جمله فقر، نابرابری‌ها، گرمایش جهانی و پایداری بوم‌سازگان‌ها هستند. مهندسی می‌تواند نقش مهمی در دستیابی به این اهداف داشته باشد زیرا شامل طراحی، توسعه و اجرای فناوری و زیرساختی است که می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر جامعه و محیط‌زیست داشته باشد.

برای کشف تلاقی مهندسی و اهداف توسعه پایا، لازم است تأثیرات بالقوه پروژه‌های مهندسی بر پایداری را درک کنیم. مهندسی پایدار[1] شامل طراحی و اجرای راه‌حل‌های مهندسی است که تأثیرات

1- Sustainable Engineering

محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی این راه‌حل‌ها را در طولانی‌مدت در نظر می‌گیرد (Bell & Morse, 2012). مهندسی پایدار برای دستیابی به اهداف توسعه پایا ضروری است زیرا می‌تواند به عنوان تضمینی باشد تا پروژه‌های مهندسی در تخریب محیط‌زیست و یا افزایش نابرابری‌های اجتماعی، دخیل نبوده یا مشارکت نمی‌کنند.

چندین هدف توسعه پایا، مانند هدف ۶ (آب و بهداشت بهینه)، هدف ۷ (انرژی ارزان و تمیز) و هدف ۹ (صنعت، نوآوری و زیرساخت) مستقیماً با مهندسی مرتبط هستند. دستیابی به این اهداف، نیاز به توسعه راه‌حل‌های مهندسی پایدار دارد که شامل فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر، ایستگاه‌های تصفیه آب و زیرساخت حمل‌ونقل پایدار می‌شود. مهندسی پایدار همچنین می‌تواند در دستیابی به هدف‌های دیگری مانند هدف ۱ (فقر صفر) و هدف ۸ (اشتغال مناسب و رشد اقتصادی)، با ترویج توسعه اقتصادی و کاهش فقر از طریق پیاده‌سازی پروژه‌های زیرساخت پایدار نیز مؤثر باشد (UNESCO, 2021).

چالش‌هایی هم برای تلاقی مهندسی و اهداف توسعه پایا وجود دارد. یکی از این چالش‌ها، تضمین این امر است که راهکارهای مهندسی، مناسب فرهنگ جامعه هدف باشند و تأثیر منفی بر جوامع محلی نداشته باشند. این شامل مشارکت با گروداران محلی در طراحی و اجرای پروژه‌های مهندسی است تا نظرات و نیازهای آنان در نظر گرفته شود (Bell & Morse, 2012). یکی دیگر از چالش‌ها، اطمینان حاصل‌کردن از این است که راهکارهای مهندسی، تخریب محیط‌زیست و تفاوت‌های اجتماعی را تشدید نکنند. این توجه، نیازمند یک رویکرد کل‌نگر در آموزش مهندسی است که برای طراحی و حل مسائل مهندسی، به عوامل فنی، اجتماعی و محیط‌زیستی توجه دارد (Maciejewski et al., 2017).

در نتیجه، تلاقی مهندسی و اهداف توسعه پایا، یک حوزه مهم در پژوهش و توسعه است. دستیابی به اهداف توسعه پایا نیازمند توسعه راه‌حل‌های مهندسی پایدار است که در آن، اثرات محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی این راه‌حل‌ها در طولانی‌مدت در نظر گرفته شده باشند. اگر چه چالش‌هایی در تلاقی مهندسی و اهداف توسعه پایا وجود دارد اما با استفاده از یک رویکرد کل‌نگر به آموزش مهندسی و مشارکت جوامع محلی و سایر گروداران در طراحی و اجرای پروژه‌های مهندسی، این چالش‌ها قابل پیش‌بینی و قابل مدیریت هستند. با یکپارچه‌سازی پایداری در عملیات مهندسی، می‌توان به ایجاد یک جهان پایدار و عادلانه کمک کرد.

۴-۳. تلفیق اخلاق و مسئولیت‌پذیری اجتماعی در آموزش مهندسی

مهندسی با طراحی، ایجاد و نگهداری زیرساخت‌هایی که فعالیت انسانی را ممکن می‌سازد، نقش بسیار مهمی در شکل دادن به جامعه دارد. با این حال، شناخت پیامدهای اخلاقی و اجتماعی تصمیمات مهندسی ضروری است زیرا پروژه‌های مهندسی می‌توانند برای جامعه، محیط‌زیست و نسل‌های آینده، پیامدهای دوراندیشانه‌ای داشته باشند. بنابراین، اخلاق و مسئولیت اجتماعی باید به عنوان

بخشی اساسی در آموزش مهندسی محسوب شود.

اهمیت اخلاق در آموزش مهندسی در این واقعیت دارد که مهندسان، مسئولیت دارند اطمینان حاصل کنند که کارشان ایمن، پایدار و از نظر اجتماعی، عادلانه است. این شامل درک بُعد اخلاقی تصمیمات مهندسی است، مانند بررسی مزایا و معایب یک پروژه، کسب اطمینان از اینکه راه‌حل‌های مهندسی به تخریب محیط‌زیست کمک نمی‌کند یا نابرابری‌های اجتماعی را تشدید نمی‌کند و بین منافع و ارزش‌های متضاد تعادل وجود دارد. با آموزش اخلاق در آموزش مهندسی، مهندسان آینده می‌توانند با مواجهه با چالش‌های اخلاقی پیچیده، تصمیمات مسئولانه و آگاهانه بگیرند.

مسئولیت اجتماعی در آموزش مهندسی به این حقیقت توجه دارد که مهندسی، یک شیوه اجتماعی است که بر جامعه و محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد. به همین دلیل، مهندسان مسئولیت دارند از مهارت‌ها و دانش خود برای ارتقای رفاه جامعه و حفاظت از محیط‌زیست استفاده کنند. مسئولیت اجتماعی در آموزش مهندسی شامل آموزش دادن به دانشجویان برای بررسی تأثیرات اجتماعی و محیط‌زیستی پروژه‌های مهندسی، از جمله مسائلی مانند دسترسی، عدالت و حقوق بشر است.

گنجاندن اخلاق و مسئولیت اجتماعی در آموزش مهندسی می‌تواند به نتایج بهتری برای جامعه و محیط‌زیست منجر شود. مهندسانی که در مورد مسائل اخلاقی و اجتماعی آگاهی دارند، توانایی بهتری در طراحی و اجرای پروژه‌هایی دارند که نیازهای جوامع خدمت‌رسانی‌شده را برآورده می‌کند. علاوه بر این، تمرکز بر اخلاق و مسئولیت اجتماعی، نوآوری در راه‌حل‌های مهندسی پایدار را ترویج می‌کند که نیازهای نسل حاضر و آینده را برآورده می‌کند.

در نتیجه، اخلاق و مسئولیت اجتماعی باید بخشی جدایی‌ناپذیر از آموزش مهندسی باشند. مهندسان، مسئولیت دارند بررسی پیامدهای اخلاقی و اجتماعی کار خود را مد نظر داشته باشند و آموزش در این حوزه‌ها، مهندسان را قادر می‌سازد تا تصمیمات آگاهانه و مسئولانه‌ای بگیرند. علاوه بر این، مسئولیت اجتماعی در آموزش مهندسی، به عنوان شناختی از این موضوع که مهندسی فعالیتی اجتماعی است که بر جامعه و محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد، طرح‌ریزی می‌شود. با گنجاندن اخلاق و مسئولیت‌پذیری اجتماعی در آموزش مهندسی، می‌توانیم تضمین کنیم که مهندسان آینده توانایی مقابله با چالش‌های پیچیده اخلاقی و اجتماعی مهندسی را داشته باشند و در ایجاد یک جهان بیشتر پایدار و عادلانه، سهیم باشند.

۴-۴. توازن دانش فنی و دیدگاه‌های انسان‌گرایانه در برنامه درسی مهندسی

آموزش مهندسی به طور سنتی بر اهمیت کسب دانش و مهارت‌های فنی و عملی به عنوان محور اصلی برنامه درسی تأکید می‌کند. اگرچه دانش فنی و عملی برای تمرین مهندسی ضروری است، اما نیاز فزاینده‌ای به ایجاد تعادل بین این دانش‌ها و دیدگاه‌های انسانی وجود دارد. به همین دلیل،

یکپارچه‌سازی دیدگاه‌های انسانی در آموزش مهندسی، برای آماده‌سازی مهندسان آینده برای مواجهه با چالش‌های پیچیده و بین‌رشته‌ای در طول حرفه آنها بسیار حائز اهمیت است. یکپارچه‌سازی دیدگاه‌های انسانی در برنامه درسی مهندسی، شامل در نظر گرفتن مسائل اجتماعی، اخلاقی و فرهنگی در آموزش مهندسی است. این مسائل می‌توانند شامل مسائلی مانند عدالت اجتماعی، پایداری و تأثیر مهندسی بر جامعه و محیط زیست باشند. این رویکرد می‌تواند در دانشجویان مهندسی، تفکر انتقادی و بارش افکار را تقویت کند و به آنها کمک کند تا بهترین تفسیرها و تحلیل‌های خود را خارج از حل مسائل فنی ارائه دهند.

یک رویکرد برای یکپارچه‌سازی دیدگاه‌های انسان‌گرایانه در برنامه‌های آموزشی مهندسی، استفاده از دروس و پروژه‌های بین‌رشته‌ای است. این دروس می‌توانند دانشجویان را از رشته‌های مختلف به همراه آورد و آنها را به همکاری در پروژه‌های پیچیده‌ای تشویق کنند که نیاز به درک مسائل اجتماعی، اخلاقی و فرهنگی دارند. دروس بین‌رشته‌ای همچنین می‌توانند فرصتی برای دانشجویان فراهم کنند تا از متخصصان در زمینه‌های دیگر یاد بگیرند و درک خود را از زمینه اجتماعی گسترده‌تری در مورد مهندسی تقویت کنند. یکی دیگر از رویکردها برای یکپارچه‌سازی دیدگاه‌های انسان‌گرایانه در برنامه‌های آموزشی مهندسی، استفاده از مطالعات موردی و سناریوهای اخلاقی است. این ابزارها می‌توانند برای برجسته‌کردن پیامدهای اجتماعی و اخلاقی تصمیمات مهندسی و کمک به دانشجویان برای توسعه مهارت‌های تفکر انتقادی و تصمیم‌گیری اخلاقی استفاده شوند. استفاده از مطالعات موردی می‌تواند همچنین دانشجویان را به تفکر درباره ارزش‌ها و باورهای خود و در نظر گرفتن آنچه که بر تمرین مهندسی آنها تأثیر می‌گذارد، ترغیب کند.

در نتیجه، ادغام دیدگاه‌های انسانی در برنامه درسی مهندسی به منظور آماده‌سازی مهندسان آینده برای چالش‌های پیچیده‌ای که در حرفه خود با آنها روبرو خواهند شد، ضروری است. با دخیل کردن مسائل اجتماعی، اخلاقی و فرهنگی در آموزش مهندسی، می‌توانیم تفکر انتقادی و تمرینات تأملی را در میان دانشجویان مهندسی پرورش دهیم و آنها را برای پرداختن به پیامدهای بزرگ‌تر از حل مسئله فنی، آماده کنیم. دروس بین‌رشته‌ای، مطالعات موردی و سناریوهای اخلاقی، برخی از رویکردهایی هستند که می‌توان از آنها برای ادغام دیدگاه‌های انسانی در برنامه درسی مهندسی استفاده کرد.

۴-۵. تلفیق آگاهی‌های محیط‌زیستی در آموزش مهندسی

یکی از رویکردهایی که برای ادغام آگاهی محیط‌زیستی در آموزش مهندسی به‌کار می‌رود، ادغام مباحث و مفاهیم محیط‌زیستی در دروس مهندسی است. به عنوان مثال، برخی از دروس علوم محیط‌زیست مانند «شناخت محیط‌زیست» می‌توانند به عنوان دروس اصلی در برنامه‌های درسی مهندسی قرار بگیرند و دروس مهندسی می‌توانند شامل مباحثی همچون پایداری، ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و

تجزیه‌وتحلیل چرخه عمر باشند (Kolahi & Boroumand, 2023). این رویکرد می‌تواند به دانشجویان مهندسی کمک کند تا تأثیرات محیط‌زیستی کارشان را درک کنند و مهارت‌های لازم برای طراحی و اجرای راه‌حل‌های پایدار محیط‌زیستی را به دست آورند.

دومین رویکرد برای ادغام آگاهی محیط‌زیستی در آموزش مهندسی، استفاده از پروژه‌های محیط‌زیست‌محور در دوره‌های آموزشی مهندسی است. پروژه‌های محیط‌زیست‌محور می‌توانند به دانشجویان کمک کنند تا مسائل محیط‌زیستی را با استفاده از رویکردهای مهندسی حل کنند و آنها را به عنوان مهندسانی با دیدگاه دوستدار محیط‌زیست، آموزش دهند. این رویکرد همچنین می‌تواند به دانشجویان کمک کند تا مهارت‌های همکاری و تفکر انتقادی خود را در برابر مسائل محیط‌زیستی بهبود بخشند.

یکی دیگر از رویکردهای یادگیری آگاهی محیط‌زیستی در آموزش مهندسی، استفاده از یادگیری اجتماعی و تجربی است. این رویکرد شامل ارائه تجربیات عملی برای دانشجویان مهندسی در پروژه‌های محیط‌زیستی در جهان واقعی، مانند طراحی و اجرای سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر، سامانه‌های مدیریت پسماند و ایستگاه‌های تصفیه آب است. یادگیری اجتماعی و تجربی می‌تواند به دانشجویان مهندسی کمک کند تا درک عمیقی از مسائل محیط‌زیستی و نیز مهارت‌های لازم برای حل این مسائل را به دست آورند.

علاوه بر این رویکردها، آموزش مهندسی نیز می‌تواند از همکاری رشته‌های مختلف مانند علوم منابع طبیعی و محیط‌زیست، بوم‌شناسی و سیاست عمومی بهره ببرد. همکاری می‌تواند باعث شود دانشجویان مهندسی به درک گسترده‌تری از مشکلات منابع طبیعی، محیط‌زیستی و ابعاد اجتماعی و سیاسی آنها برسند. همچنین، می‌تواند توسعه راهکارهای نوآورانه و بین‌رشته‌ای برای مسائل محیط‌زیستی را تشویق کند.

در نتیجه، افزودن آگاهی‌های محیط‌زیستی در آموزش مهندسی، برای آماده‌کردن مهندسان آینده برای مقابله با چالش‌های محیط‌زیستی بسیار مهم است. ادغام مباحث و مفاهیم منابع طبیعی و محیط‌زیست در دوره‌های مهندسی، استفاده از یادگیری اجتماعی و تجربی و همکاری میان‌رشته‌ای با دیگر دانش‌آموختگان، مانند علوم محیط‌زیست، بوم‌شناسی و سیاست عمومی، از رویکردهایی هستند که می‌توانند برای دستیابی به این هدف استفاده شوند. با ادغام آگاهی‌های محیط‌زیستی در آموزش مهندسی، می‌توانیم تضمین کنیم که مهندسان آینده با دانش و مهارت‌های لازم برای طراحی و پیاده‌سازی راهکارهای پایدار محیط‌زیستی مجهز شوند.

۴-۶. ترویج دیدگاه‌های جهانی و شایستگی فرهنگی در پداگوژی مهندسی

جهانی‌سازی باعث افزایش ارتباطات جهانی شده است و به همین دلیل، نیاز به مهندسانی با دیدگاه

جهانی و شایستگی فرهنگی بالا، رو به افزایش است. مهندسان به طور فزاینده‌ای نیاز دارند که در گروه‌های بین‌المللی کار کنند و با افرادی با زمینه فرهنگی متفاوت، همکاری داشته باشند. بنابراین، ضروری است که دیدگاه جهانی و صلاحیت فرهنگی در آموزش مهندسی در نظر گرفته شود تا مهندسان آینده برای این واقعیت آماده شوند.

یکی از راهکارهای ارتقای دیدگاه جهانی و شایستگی فرهنگی در آموزش مهندسی، اضافه‌کردن تجربیات بین‌المللی به برنامه‌های آموزش مهندسی است. به عنوان مثال، برنامه‌های تحصیل در خارج از کشور و کارآموزی بین‌المللی، برای دانشجویان مهندسی، فرصتی را برای کار با مهندسان دارای پس‌زمینه‌های مختلف فرهنگی و آشنایی با شیوه‌های مختلف مهندسی فراهم می‌کنند. این رویکرد می‌تواند به دانشجویان مهندسی در توسعه فهم گسترده‌تری از شیوه‌های عملیاتی مهندسی کمک کند و صلاحیت فرهنگی آنها را بهبود بخشد.

رویکرد دیگر، ادغام آموزش شایستگی فرهنگی در دروس مهندسی است. آموزش شایستگی فرهنگی، دانشجویان مهندسی را به مهارت‌های لازم برای ارتباط و همکاری مؤثر با افراد دارای پس‌زمینه‌های مختلف فرهنگی، تجهیز می‌کند. آن شامل آموزش درباره قواعد و ارزش‌های فرهنگی، شیوه‌های ارتباط و حل و فصل منازعات و تعارضات است. دانشجویان مهندسی می‌توانند با ارتقای شایستگی فرهنگی، مهارت‌های لازم را برای کار در گروه‌های متنوع، توسعه دهند و مدیریت تعارض را دقیق بیاموزند. به علاوه، همکاری با رشته‌های مختلفی مانند انسان‌شناسی و جامعه‌شناسی می‌تواند به ارتقای دیدگاه جهانی و شایستگی فرهنگی در آموزش مهندسی کمک کند. این همکاری می‌تواند، شناخت عمیق‌تری از عوامل اجتماعی و فرهنگی را که بر تمرین مهندسی تأثیر می‌گذارند، به دانشجویان مهندسی ارائه دهد. این درک می‌تواند به مهندسان در طراحی و اجرای راه‌حل‌هایی که حساس به قوانین و ارزش‌های فرهنگی محلی هستند، کمک کند.

در نهایت، درج مطالعات موردی و نمونه‌هایی از پروژه‌های مهندسی از مناطق مختلف جهان می‌تواند به ترویج دیدگاه جهانی و صلاحیت فرهنگی در آموزش مهندسی کمک کند. مطالعات موردی می‌توانند ابعاد اجتماعی و فرهنگی عملکرد مهندسی را برجسته کنند و به دانشجویان مهندسی کمک کنند تا تأثیر راه‌حل‌های مهندسی روی فرهنگ‌ها و جوامع مختلف را درک کنند. در نتیجه، ترویج دیدگاه جهانی و صلاحیت فرهنگی در آموزش مهندسی برای آماده‌سازی مهندسان آینده برای واقعیت‌های جهانی شدیداً ضروری است. آوردن تجربیات بین‌المللی، آموزش صلاحیت فرهنگی، همکاری بین رشته‌های مختلف و مطالعات موردی، همگی می‌توانند به ترویج دیدگاه جهانی و شایستگی فرهنگی در آموزش مهندسی کمک کنند. با این کار، می‌توانیم اطمینان حاصل کنیم که مهندسان آینده با مهارت‌ها و دانش لازم برای کار بهتر در گروه‌های متنوع و طراحی و اجرای راه‌حل‌های فرهنگی حساس و مناسب، مجهز هستند.

۵. نتیجه‌گیری

به طور کلی، جنبه‌های اصلی مهندسی انسان‌گرایانه، بوم‌گرایانه و جهان‌شمول شامل (۱) توجه به ارزش‌ها و نیازهای انسانی و مسائل محلی و جهانی محیط‌زیستی و بوم‌سازگانی، (۲) طراحی محصولات و سامانه‌ها، با توجه به تجربه مصرف‌کننده و اصول توسعه پایا، و (۳) کارایی و بهره‌وری بالا برای بهره‌بردار و کمترین ردپا برای طبیعت است. اصول این رویکردهای جدید مهندسی شامل (۱) درک کامل نیازهای مصرف‌کننده و طبیعت، (۲) ایجاد همکاری و تعامل بین طراحان و بهره‌برداران، و بین آنها با اصول توسعه پایا، و (۳) ارزیابی و بهبود مداوم تجربه بهره‌بردار و نیز وضعیت محیط‌زیست است. در نهایت، برای دستیابی به سودمندی‌های این رویکردها، موارد متعددی وجود دارد مانند (۱) شرکت در دوره‌های آموزشی مرتبط با طراحی تجربه بهره‌بردار و انسان‌گرایی و اصول محیط‌زیستی و توسعه پایا، (۲) مطالعه‌کردن کتاب‌ها و منابع مرتبط با این موضوع‌ها، (۳) کارکردن در پروژه‌هایی که تمرکز بر روی انسان و نیازهای او و نیز طبیعت و محیط‌زیست دارد، (۴) تزریق تفکر پزشکی به مهندسی، به این منظور که جهان‌بینی مهندسی باید از نگاه نجات از طریق نابودی!، به نجات از طریق شفا نیز بیندیشد؛ جهانی اندیشیدن، محلی عمل‌کردن! (۵) داشتن مهندسی پرسشگرانه، انتقادی و اخلاق مهندسی[1]، (۶) همکاری بین- و فرارشته‌ای متخصصان، و در نهایت، (۷) به تبعیت از نیچه، حرکت به سمت ارزش‌گذاری مجدد تمام ارزش‌های مهندسی[2].

در این مطالعه، چهار دیدگاه جدید مهندسی و کاربردهای نظری و عملی آنها در حوزه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت و این نتیجه حاصل شد که هر یک از این نگرش‌ها، مزایا و معایب خاص خود را دارند و بسته به صنایع و حوزه‌های مختلف، کاربرد متفاوتی دارند. به طور کلی، این رویکردهای مختلف، یک هدف مشترک در ایجاد راه‌حل‌های پایدار و مسئولیت‌پذیر در مهندسی دارند. با این حال، آنها در رویکرد و تمرکز خود تفاوت دارند. به عبارت دیگر، هر دیدگاه، قدرت و محدودیت‌های منحصربه‌فرد خود را در حل چالش‌های مهندسی دارد. در نتیجه، برای انتخاب نگرش مناسب در هر صنعت و حوزه، نیاز به بررسی و مقایسه دقیق این نگرش‌های جدید مهندسی است. این مطالعه نشان می‌دهد که برای پژوهش‌های آتی، مفید است که مطالعات موردی مقایسه‌ای بین این دیدگاه‌ها برای درک بهتر اثربخشی نسبی آنها در حل مشکلات مهندسی انجام شود. به علاوه، بررسی این که چگونه این دیدگاه‌ها در محیط‌های بین‌رشته‌ای یکپارچه و استفاده می‌شوند تا چالش‌های واقعی و پیچیده‌ای را مدیریت کنند، ارزشمند است. در این زمینه، آموزش مهندسی می‌تواند از ادغام عناصر هر رویکرد به منظور ایجاد رویکردی بیشتر جامع و گسترده‌تر، بهره ببرد.

1- Engineering ethics

2- Revaluation of all values of engineering

References

- Albert, L. (2020, June). Sustainable engineering: A comparative study of freshman and senior perspectives. In *2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access*.
- Appiah, K. A. (2006). *Cosmopolitanism: Ethics in a world of strangers*. WW Norton & Company.
- Asr, E. T., Kakaie, R., Ataei, M., & Mohammadi, M. R. T. (2019). A review of studies on sustainable development in mining life cycle. *Journal of Cleaner Production*, *229*, 213-231.
- Bell, S., & Morse, S. (2012). *Sustainability indicators: measuring the immeasurable?*. Routledge.
- Bolton, M. L. (2022). Humanistic Engineering: Engineering for the People. *IEEE Technology and Society Magazine*, *41* (4), 23-38.
- Bucciarelli, L. L. (2008). Ethics and engineering education. *European Journal of Engineering Education*, *33* (2), 141-149.
- Bulleit, W., Schmidt, J., Alvi, I., Nelson, E., & Rodriguez-Nikl, T. (2015). Philosophy of engineering: What it is and why it matters. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, *141* (3), 02514003.
- Capra, F. (1997). *The web of life: A new scientific understanding of living systems*. Anchor.
- Cheshmehzangi, A., & Griffiths, C. J. (2014). Development of green infrastructure for the city: a holistic vision towards sustainable urbanism. *Journal of Architecture and Environment*, *2* (2), 13-20.
- Dunne, D., & Martin, R. (2006). Design thinking and how it will change management education: An interview and discussion. *Academy of Management Learning & Education*, *5* (4), 512-523.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, *94* (1), 103-120.
- Engineering (2023). Merriam-Webster.com. Retrieved from https://www.merriam-webster.com/dictionary/engineering.
- Grasso, D., & Burkins, M. (Eds.). (2010). *Holistic engineering education: Beyond technology*. Springer Science & Business Media.
- Handford, M., Van Maele, J., Matous, P., & Maemura, Y. (2019). Which "culture"? A critical analysis of intercultural communication in engineering education. *Journal of Engineering Education*, *108* (2), 161-177.
- Hynes, M., & Swenson, J. (2013). The humanistic side of engineering: Considering social science and humanities dimensions of engineering in education and research. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, *3* (2), 4.
- Kingdon, P. (2018). The cosmopolitan engineering student: an analysis of a recruitment campaign for KTH Royal Institute of Technology in Stockholm. *International Journal of Technology and Design Education*, *28*, 787-802.
- Kingdon, P. (2021). Correction to: The cosmopolitan engineering student: an analysis of a recruitment campaign for KTH Royal Institute of Technology in Stockholm. *International Journal of Technology and Design Education*, *31*, 199-200.
- Kloot, B., Shaw, C., & Ahmed, N. (2022, November). Engaging the social in engineering. In *2022 IEEE IFEES World Engineering Education Forum-Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC)* (pp. 1-4). IEEE.
- Kolahi, M. (2021). Natural Resources Stakeholders. *Journal of Water and Sustainable Development*, 8 (1), 19-30. [In Persian].
- Kolahi, M., Boroumand, A. (2023). Identifying the root causes for the marginalization of the presentation of the introduction to the environment course in Iran's higher education. *Environmental Education and Sustainable Development* (accepted).
- Maciejewski, A. A., Chen, T. W., Byrne, Z. S., De Miranda, M. A., Mcmeeking, L. B. S., Notaros, B. M., ... & Notaros, O. (2017). A holistic approach to transforming undergraduate electrical engineering education. *IEEE Access*, *5*, 8148-8161.
- Markolf, S. A., Chester, M. V., Eisenberg, D. A., Iwaniec, D. M., Davidson, C. I., Zimmerman, R., ... & Chang, H. (2018). Interdependent infrastructure as linked social, ecological, and technological systems (SETSs) to address

lock-in and enhance resilience. *Earth's Future*, *6* (12), 1638-1659.

- Marynowski, R. (2021). Supports and barriers for teacher professional learning and growth. *STEM 2021 Proceedings Preface*, *50* (3), 284.
- Mihelcic, J. R., & Zimmerman, J. B. (2014). *Environmental engineering: Fundamentals, sustainability, design*. John Wiley & Sons.
- Molina-Motos, D. (2019). Ecophilosophical principles for an ecocentric environmental education. *Education Sciences*, *9* (1), 37.
- Mora, H., Signes-Pont, M. T., Fuster-Guilló, A., & Pertegal-Felices, M. L. (2020). A collaborative working model for enhancing the learning process of science & engineering students. *Computers in Human Behavior*, *103*, 140-150.
- Ortiz-Marcos, I., Breuker, V., Rodríguez-Rivero, R., Kjellgren, B., Dorel, F., Toffolon, M., ... & Eccli, V. (2020). A framework of global competence for engineers: The need for a sustainable world. *Sustainability*, *12* (22), 9568.
- Petroski, H. (1985). *To engineer is human: The role of failure in successful design*. St Martins Press.
- Poluan, A. R., Heydemans, N. A., Langi, F. M., & Nainggolan, A. M. (2020, November). Green education: study on understanding of perception and implementation of environmentally friendly behaviour an IAKN manado. In *ICCIRS 2019: Proceedings of the First International Conference on Christian and Inter Religious Studies, ICCIRS 2019, December 11-14 2019, Manado, Indonesia* (p. 6). European Alliance for Innovation.
- Ramirez-Mendoza, R. A., Morales-Menendez, R., Melchor-Martinez, E. M., Iqbal, H. M., 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*, 739-745.
- Ramos, B., dos Santos, M. T., Vianna Jr, A. S., & Kulay, L. (2023). An institutional modernization project in chemical engineering education in Brazil: Developing broader competencies for societal challenges. *Education for Chemical Engineers*, *44*, 35-44.
- Sartal, A., Bellas, R., Mejías, A. M., & García-Collado, A. (2020). The sustainable manufacturing concept, evolution and opportunities within Industry 4.0: A literature review. *Advances in Mechanical Engineering*, *12* (5), 1687814020925232.
- Senthil, R. (2020). Enhancement of engineering education by incorporating active learning methodologies. *Journal of Engineering Education Transformations*, *34* (1), 2349-2473.
- Staack, I., Amadori, K., & Jouannet, C. (2019). A holistic engineering approach to aeronautical product development. *The Aeronautical Journal*, *123* (1268), 1545-1560.
- Tamassoki, E., & Kolahi, M. (2023). Conceptual model for ethical roots of environmental crisis. *Journal of Water and Sustainable Development*, *9* (4), 77-88. doi: 10.22067/jwsd.v9i4.2209.1180
- Thompson, J. D., Kokkinaki, A., Parker, J., Böttger, H. M., & Kasdin, N. J. (2021, January). Designing a new holistic engineering program. In *2021 CoNECD*.
- UNESCO. (2021). *Engineering for sustainable development: Delivering on the sustainable development goals*. UN.
- Van den Beemt, A., MacLeod, M., Van der Veen, J., Van de Ven, A., Van Baalen, S., Klaassen, R., & Boon, M. (2020). Interdisciplinary engineering education: A review of vision, teaching, and support. *Journal of Engineering Education*, *109* (3), 508-555.
- Vincenti, W. G. (1990). *What engineers know and how they know it* (Vol. 141). Baltimore: Johns Hopkins University Press.

مهدی کلاهی: دکترای جامعه‌شناسی محیط‌زیست از دانشگاه کیوتو ژاپن، استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد است. ایشان دارای ۱۵ کتاب و بیش از ۱۰۰ مقاله علمی است. علائق ایشان در زمینه جامعه‌شناسی محیط‌زیست، آموزش و فلسفه محیط‌زیست، اخلاق محیط‌زیست، مشارکت مردمی، مدیریت تعارضات، توسعه پایدار، عدالت محیط‌زیستی و حفاظت مشارکتی است.