

فصلنامه آموزش مهندسی ایران فصلنامه علم و فناوری اسلامی ایران

گروه علوم مهندسی

شماره ۱۰۷ ■ سال بیست و هفتم ■ پاییز ۱۴۰۴

- هوش مصنوعی، سواد دیجیتال و کار آفرینی دانشگاهی: بررسی نقش خود کارآمدی و حمایت اجتماعی / انور حاجی زاده، محمد حسنی و ناصر شیربگی
- کار گروهی مؤثر در آموزش مهندسی: تأثیر آن بر خلاقیت، همیاری و یادگیری دانشجویان / بهزاد بیگ پوریان
- بازتاب وضعیت بازار کار صنعت برق در کاهش گرایش به تحصیل رشته های فنی- مهندسی در آموزش عالی ایران / اشرف السادات پسندیده، آرمینا قربان شیروود و حامد کمالی
- تأملی در آموزش های مبتنی بر آزمایشگاه در رشته های مهندسی: پل ارتباطی بین تئوری و عمل / سیروس اسدیان و هانیه عیدی
- تحلیل محتوای سرفصل رشته های مهندسی مکانیک و صنایع بر اساس رویکرد حل مسئله ابداعی / سیده زهرا اسلامی، محسن آیتی، محمد علی رستمی نژاد و سارا سلیمی نمین
- ضرورت بازنگری در محتوای آموزشی کارشناسی مهندسی پلیمر مطابق با تحولات صنعتی و علمی / سارا تراشی، هلما وکیلی و سید مصطفی حسینی
- شناسایی مهم ترین عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی در رشته های مهندسی / سید علی مسیبی و محمود خانی الموتی
- بازتعریف مهندس بر جسته در قرن بیست و یکم (یادداشت پژوهشی) / حسین ساسانی
- معرفی کتاب
- چکیده انگلیسی مقالات



E-ISSN: ۲۶۷۶-۴۸۸۱
ISSN: ۱۶۰۷-۲۳۱۶
DOI: ۱۰.۲۲۰۴۷/ijee
DOR: ۲۰.۱۰۰۱.۱۶۰.۲۳۱۶

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



گروه علوم مهندسی

فصلنامه آموزش مهندسی ایران

سال بیست و هفتم، شماره ۱۰۷، پاییز ۱۴۰۴

صاحب امتیاز: فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران

مدیر مسئول: دکتر محمود یعقوبی

سردبیر: دکتر محمود یعقوبی

مدیر داخلی: دکتر میترا ملانی پروزی

ویراستار: یاشیل نوربخش

صفحه‌آرایی: مجید میراب‌زاده

پژوهش و طراحی هنری روی جلد: دکتر محمدحسین حلیمی

طراحی کامپیوتری نقش هندسی روی جلد: مریم دهنادی

طراحی و صفحه‌آرایی: خیرالله اصغری

مقالات منتشر شده در وبگاه فصلنامه در دسترس عموم قرار دارد

نشانی: تهران، ۳۳۱۱۱-۱۵۳۷۶

بزرگراه حقانی (غرب به شرق)، خروجی فرهنگستان‌ها و کتابخانه ملی

فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران

صندوق پستی: ۵۳۱۸-۱۹۳۹۵

تلفن: ۰۲۱-۸۸۱۹۰۴۳۳ / ۰۲۱-۸۸۶۵۶۲۱۶ / دورنگار: ۰۲۱-۸۸۶۵۶۲۱۶

وبگاه: <http://ijee.ias.ac.ir>

رایانامه: ijee78@ias.ac.ir

شاپا: ۲۳۱۶-۱۶۰۷ / شاپای الکترونیکی: ۴۸۸۱-۲۶۷۶

شناسه دیجیتال: (DOI) / [10.22047/ijee](https://doi.org/10.22047/ijee)

شناسه دیجیتال: (DOR): [20.1001.1.16072316](https://ntrs.nasa.gov/archive/00000195/201010116072316)

لیتوگرافی و چاپ و صحافی: باغ هنر

تهران، خیابان مفتاح شمالی، کوچه ششم پلاک ۵، واحد ۱

هیئت تحریریه

دکتر سعید سهراب‌پور / عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر مهدی سهرابی / عضو وابسته فرهنگستان علوم
دکتر ابراهیم شیرانی / عضو وابسته فرهنگستان علوم
دکتر محمد شاهیده پور / رئیس گروه مهندسی برق و کامپیوتر در
موسسه فناوری ایلینوی - آمریکا
دکتر حسن ظهور / عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر جواد فیض / عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر محمد مدرس یزدی / عضو وابسته فرهنگستان علوم
دکتر عزت الله نادری / عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر غلامعلی منصوری / استاد دانشگاه ایلینوی شیکاگو - آمریکا
دکتر محمود یعقوبی / عضو پیوسته فرهنگستان علوم

دکتر محمدرضا اسلامی / عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر گودرز احمدی / استاد رابرت هیل، دانشگاه کلارکسون - آمریکا
دکتر خدایار ایبلی / استاد دانشگاه تهران
دکتر مهدی بهادری نژاد / عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر جعفر توفیقی / عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر پرویز جبه دار مارالانی / عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر جلال حجازی / عضو وابسته فرهنگستان علوم
دکتر محمد حسین حلیمی / عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر رضوان حکیم زاده / استاد دانشگاه تهران
دکتر پرویز دوامی / عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر رهبر رحیمی / استاد دانشگاه سیستان و بلوچستان

هیئت مشاوران

دکتر ناصر طالب بیدختی / دانشگاه شیراز
دکتر محمدرضا عارف / عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر طاهره کاغذچی / دانشگاه صنعتی امیر کبیر
دکتر علی کاوه / عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر ناصر کنعانی / دانشگاه برلین
دکتر مجتبی محزون / دانشگاه شیراز
دکتر علی مقداری / دانشگاه صنعتی شریف
دکتر علی موقر رحیم‌آبادی / دانشگاه صنعتی شریف
دکتر حسین معاریان / عضو وابسته فرهنگستان علوم
دکتر معصومه نصیری کناری / دانشگاه صنعتی شریف
دکتر منوچهر وثوقی / دانشگاه صنعتی شریف

دکتر علی اشرفی زاده / دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دکتر عباس افشار / دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر فرامرز افشار طارمی / دانشگاه صنعتی امیر کبیر
دکتر محمد حسن پنجه‌شاهی / دانشگاه تهران
دکتر ناصر توحیدی / دانشگاه تهران
دکتر علی خاتریان اردکانی / دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر علی خاکی صدیقی / دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دکتر جلیل آقا راشد محصل / دانشگاه تهران
دکتر محمود شاکری / دانشگاه صنعتی امیر اکبیر
دکتر عباس شجاع الساداتی / دانشگاه تربیت مدرس
دکتر محمود مهرداد شکریه / دانشگاه علم و صنعت ایران

فصلنامه آموزش مهندسی ایران از همکاری صمیمانه انجمن آموزش مهندسی ایران سپاسگزار است.

پایگاه‌ها

پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC)

DOAJ	ProQuest
Civilica	Google Scholar
EuroPub	Eurasian Scientific Journal Index (ESJI)
Magiran	EBESCO
Pearson	World Book
BRITANNICA	VIRA SCIENCE
J-Gate	ROAD
Scientific Indexing Services (SIS)	Science Explore
Research bib (Academic Resource Index)	Advanced Sciences Index (ASI)

گنجینه اسناد کتابخانه ملی

پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

فهرست مطالب

فصلنامه آموزش مهندسی

سال ۲۷، شماره ۱۰۷، پاییز ۱۴۰۴

- ۱..... هوش مصنوعی، سواد دیجیتال و کارآفرینی دانشگاهی: بررسی نقش خودکاردآمدی و حمایت اجتماعی
انور حاجی زاده، محمد حسنی و ناصر شیربگی
- ۲۷..... کارگروهی مؤثر بر آموزش مهندسی: تأثیر آن بر خلاقیت، همیاری و یادگیری دانشجویان
بهزاد بیگ پوریان
- بازتاب وضعیت بازار کار صنعت برق در کاهش گرایش به تحصیل در رشته‌های
فنی-مهندسی در آموزش عالی ایران ۴۳
اشرف السادات پسندیده، آرمیتا قربان شیرودی و حامد کمالی
- ۷۱..... تأملی در آموزش‌های مبتنی بر آزمایشگاه در رشته‌های مهندسی: پل ارتباطی بین تئوری و عمل
سیروس اسدیان و هانیه عیدی
- ۸۷..... تحلیل محتوای سرفصل رشته‌های مهندسی مکانیک و صنایع، براساس رویکرد حل مسئله ابداعی
سیده‌زهرا اسلامی، محسن آیتی، محمدعلی رستمی نژاد و سارا سلیمی نمین
- ۱۰۷..... ضرورت بازنگری در محتوای آموزشی کارشناسی مهندسی پلیمر مطابق با تحولات صنعتی و علمی
سارا تراشی، هلمنا وکیلی و سید مصطفی حسینی
- ۱۳۳..... شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی در رشته‌های مهندسی
سیدعلی مسیبی و محمود خانی الموتی
- ۱۵۵..... بازتعریف مهندس برجسته در قرن بیست و یکم
حسین ساسانی
- ۱۷۱..... معرفی کتاب
- 1..... چکیده انگلیسی مقالات

هوش مصنوعی، سواد دیجیتال و کارآفرینی دانشگاهی: بررسی نقش خودکارآمدی و حمایت اجتماعی

انور حاجی زاده^۱، محمد حسنی^۲ و ناصر شیربگی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۱

DOI: 10.22047/ijee.2025.519003.2168

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.1.5

چکیده: پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر ترکیبی هوش مصنوعی و سواد دیجیتال بر نیت کارآفرینی دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشگاه ارومیه و تحلیل نقش میانجی خودکارآمدی کارآفرینی و تعدیلگری حمایت اجتماعی نگاشته شده است. هدف پژوهش حاضر کاربردی و نحوه گردآوری داده‌های آن توصیفی همبستگی، مبتنی بر مدل یابی معادلات ساختاری بوده است. جامعه آماری شامل ۹۰۱ دانشجوی تحصیلات تکمیلی دانشکده‌های فنی مهندسی و برق و کامپیوتر دانشگاه ارومیه می‌شود که ۳۰۰ نفر به روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای انتخاب شدند. داده‌ها با استفاده از پرسش‌نامه‌های استاندارد جمع‌آوری شدند و روایی و پایایی آنها تأیید شد. همچنین داده‌ها با نرم‌افزارهای SPSS و AMOS نسخه ۲۶ و روش SEM تحلیل شدند. یافته‌ها نشان داد هوش مصنوعی و سواد دیجیتال تأثیر مثبت و معناداری بر نیت کارآفرینی دانشجویان دارد. همچنین خودکارآمدی کارآفرینی نقش میانجی معناداری در این زمینه ایفا می‌کند. علاوه بر این، حمایت اجتماعی، به مثابه متغیر تعدیلگر، رابطه سواد دیجیتال و خودکارآمدی کارآفرینی را تقویت می‌کند اما تأثیر معناداری بر رابطه هوش مصنوعی و خودکارآمدی کارآفرینی نشان نداد. نتایج پژوهش اهمیت ارتقای مهارت‌های دیجیتال و تقویت خودکارآمدی کارآفرینی را در برنامه‌های آموزشی دانشگاهی، به منظور توسعه نیت کارآفرینی در میان دانشجویان، نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی، سواد دیجیتال، نیت کارآفرینی، حمایت اجتماعی، زیست بوم دانشگاهی

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم تربیتی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. an.hajizadeh@urmia.ac.ir

۲- استاد، گروه علوم تربیتی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (نویسنده مسئول). m.hassani@urmia.ac.ir

۳- استاد، گروه علوم تربیتی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. nshirbagi@gmail.com

۱. مقدمه

در عصر کنونی، تحولات فناورانه چشمگیر، به ویژه در حوزه‌های هوش مصنوعی (AI) و سواد دیجیتال، ساختار کسب‌وکارها و کارآفرینی را به شدت دگرگون کرده است (Nambisan et al., 2019). کارآفرینی، طی دهه‌های اخیر، راهبرد کلیدی توسعه فراگیر و پایدار از طریق اشتغال‌زایی، نوآوری، تقویت رقابت و ارتقای رفاه اجتماعی و نیز محرک اصلی رشد اقتصادی به شمار آمده است (Herman, 2018; Zarkua et al., 2025).

پژوهش‌ها نشان می‌دهند نخستین گام فرایند کارآفرینی شکل‌گیری قصد کارآفرینانه است چراکه قصد پیش‌گام فعالیت عملی کارآفرینی است (Linan et al., 2011). بسیاری از محققان معتقدند فعالیت‌های کارآفرینی مستقیماً از قصدهای فردی سرچشمه می‌گیرد و به اقدامات عملی‌ای منجر می‌شود که تأثیری بسزا بر خوداشتغالی، راه‌اندازی و توسعه کسب‌وکارهای جدید دارند (Linan et al., 2015; gupta et al, 2015). این نیت تمایل و آمادگی فرد به ورود به عرصه کارآفرینی است که شامل شناسایی فرصت‌های نوآورانه، طراحی الگوی کسب‌وکار، مدیریت منابع و پیاده‌سازی راهبردها می‌شود (Morris & Kuratko, 2023). هدف نهایی آن نیز خلق، رشد و توسعه سازمان‌های نوپا برای ایجاد ارزش‌های اقتصادی و اجتماعی پایدار است (Nabi et al., 2017). براساس نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده آجزن^۲، هر رفتاری، از جمله کارآفرینی، مستلزم برنامه‌ریزی قبلی است که می‌توان آن را از طریق بررسی قصد افراد پیش‌بینی کرد (Ajzen, 1991).

باین حال، بازار کار ایران دچار چالش‌هایی، مانند نرخ بالای بیکاری فارغ‌التحصیلان، است. هرچند این نرخ در سال‌های اخیر کاهش یافته (Statistical Center of Iran, 2023) نیاز جدی به تغییر رویکردهای آموزشی و تقویت مهارت‌های کارآفرینانه همچنان پابرجاست. براساس گزارش مجمع جهانی اقتصاد^۳ (۲۰۲۳)، بیش از ۸۵ درصد از مشاغل آینده نیازمند مهارت‌های دیجیتال و آشنایی با هوش مصنوعی خواهند بود. این آمار بر اهمیت تغییر بنیادین بازار کار و ضرورت توجه ویژه به این مهارت‌ها در نظام آموزش عالی تأکید می‌کند. دانشگاه‌ها، به مثابه نهاد‌های آموزشی، نقشی محوری در تربیت نسل آینده کارآفرینان ایفا می‌کنند (Nabi et al., 2017). دانشجویان نیز با ویژگی‌های نوآورانه خود در بهره‌گیری از ابزارهایی، مانند هوش مصنوعی و فناوری‌های دیجیتال، ظرفیت بالایی در ایجاد کسب‌وکارهای جدید دارند (Chen et al., 2024).

گسترش فناوری‌های هوشمند توانایی بهره‌مندی از آنها را به عاملی کلیدی در موفقیت کارآفرینان بدل ساخته است. ترکیب هوش مصنوعی و سواد دیجیتال، به مثابه دو عنصر بنیادین، در ارتقای توانمندی‌های کارآفرینانه دانشجویان اهمیتی ویژه دارد. هوش مصنوعی فرایندهای کسب‌وکار را

بهبودسازی و تصمیم‌گیری و تدوین راهبردها را مؤثرتر (Brynjolfsson, E. & McAfee, 2017) می‌سازد. این دو عامل با تحول الگوهای سنتی کسب‌وکار بستری بی‌سابقه برای نوآوری و توسعه رفتارهای کارآفرینانه ایجاد کرده‌اند (Nambisan et al., 2019; Obschonka & Audretsch, 2020). هوش مصنوعی، فراتر از یک ابزار، نیروی شتاب‌دهنده تحول کارآفرینی دیجیتال به‌شمار می‌آید (Brynjolfsson & McAfee). قابلیت‌هایی، چون تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی روند، به کارآفرینان در بهبودسازی منابع و شناسایی فرصت‌های نوآورانه کمک شایانی می‌کنند (Wamba-Taguimdje et al., 2020). در پژوهش پیش رو، منظور از هوش مصنوعی سطح دانش، نگرش و توانایی ابتدایی دانشجویان در فهم و کاربرد فناوری‌های مبتنی بر آن است که ابعاد شناختی، نگرشی، محیطی و رفتاری را شامل می‌شود (Chai et al., 2024).

از سوی دیگر، سواد دیجیتال شامل توانایی استفاده مؤثر از ابزارها و زیرساخت‌های دیجیتال در مدیریت اطلاعات، تحلیل داده‌ها و ارتباطات می‌شود و افراد را قادر می‌سازد در فضای رقابتی اقتصاد دیجیتال نقش مؤثری ایفا کنند (OECD, 2023). این مفهوم شامل دانش، مهارت‌ها و نگرش‌هایی می‌شود که افراد را آماده استفاده مؤثر، مسئولانه و ایمن از فناوری‌های دیجیتال در زندگی شخصی و حرفه‌ای آماده می‌سازد (Martin et al., 2008). سواد دیجیتال همچنین مستلزم درک مسائل اخلاقی، قانونی و اجتماعی مرتبط با فناوری‌های دیجیتال برای مشارکت فعال و سازنده در جامعه اطلاعاتی است (Gallego Arrufat et al., 2024). ترکیب این دو عامل توانمندی‌های فنی دانشجویان را تقویت و آنان را قادر می‌سازد با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین رفتارهای کارآفرینانه‌ای، مانند شناسایی فرصت‌ها و مدیریت ریسک، نشان دهند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند افراد دارای سواد دیجیتال بالا در شناسایی فرصت‌های فناورانه، ارزیابی ریسک و استفاده نوآورانه از فناوری در ایجاد ارزش اقتصادی و اجتماعی عملکرد بهتری دارند (Alom & Vijaykumar, 2024; Chandra & Hendayana, 2024).

علاوه بر این، خودکارآمدی کارآفرینی به باور فرد به توانایی خود در اجرای موفقیت‌آمیز وظایف مرتبط با کارآفرینی اطلاق می‌شود (Newman et al., 2019). این مفهوم ریشه در نظریه خودکارآمدی بندورا (Bandura, 1997) دارد و به ارزیابی فرد از قابلیت‌های خود در زمینه‌هایی، نظیر شناسایی فرصت‌ها، بسیج منابع و غلبه بر چالش‌ها، اشاره دارد. خودکارآمدی کارآفرینی نقش کلیدی در شکل‌دهی انگیزه، رفتار و عملکرد کارآفرینان افراد ایفا می‌کند و عامل پیش‌بینی‌کننده قوی‌ای در موفقیت در عرصه کارآفرینی شناخته می‌شود (Karimi, 2020). افرادی که خودکارآمدی بالایی دارند در مواجهه با موانع استقامت بیشتری از خود نشان می‌دهند (Bandura, 1997) و این خودکارآمدی بر شکل‌گیری نیت کارآفرینانه و بروز رفتارهای کارآفرینانه مؤثر خواهد بود (Newman et al., 2019) چنان‌که ابعاد آن شامل خلق فرصت‌های نو، مقابله با چالش‌ها، توسعه منابع انسانی، ایجاد فضای نوآورانه، همکاری با سرمایه‌گذاران و تعیین هدف می‌شود (Setiawan, 2014).

درنهایت، حمایت اجتماعی شبکه‌ای از روابط بین‌فردی تعریف می‌شود که افراد از طریق آن به منابع

و کمک‌های گوناگون دسترسی می‌یابند. این حمایت که عاطفی، ابزاری، اطلاعاتی یا ارزیابی‌کننده است نقش مهمی در ارتقای سلامت روانی، کاهش استرس و تقویت تاب‌آوری ایفا می‌کند (Mittal et al., 2025). در کارآفرینی، حمایت اجتماعی به مثابه عامل تعدیل‌کننده عمل و به افراد کمک می‌کند با اطمینان بیشتری به فعالیت‌های کارآفرینانه بپردازند (Neneh, 2022).

با توجه به انتظارات فزاینده درخصوص راهکارهای نوین مواجهه با بحران‌های مالی جهانی، دانشگاه‌ها نقش کلیدی در ترویج کارآفرینی فناوری محور ایفا می‌کنند (Rosienkiewicz et al., 2024). کارآفرینی فناورانه دانشجویی هم‌زمان مهارت‌های مشارکت در اقتصاد دانش بنیان را تقویت و به مثابه محرک قدرتمند توسعه پایدار عمل می‌کند. با یکپارچه‌سازی فناوری در فرایندهای آموزشی و ارتقای آگاهی دانشجویان از نیازهای بازار دانش بنیان، زمینه اشتغال نوآورانه و ایجاد شرکت‌های دانش بنیان فراهم می‌شود (Elshaiekh et al., 2024). همچنین ترویج فرهنگ کارآفرینی در آموزش عالی با تغییر نگرش دانشجویان فرصت‌های شغلی فردی را گسترش و رفاه اجتماعی را ارتقا می‌دهد (Nabi et al., 2017). از این رو، توانایی مراکز آموزشی در تقویت روحیه و مهارت‌های کارآفرینی در دانشجویان از چالش‌های اصلی نظام آموزش عالی به‌شمار می‌آید (Hosseininia et al., 2017).

مطالعه تأثیر هم‌زمان هوش مصنوعی و سواد دیجیتال بر توسعه فرصت‌های کارآفرینی با نقش واسطه‌ای خودکارآمدی کارآفرینانه و تعدیلگر حمایت اجتماعی در میان دانشجویان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Brynjolfsson & McAfee, 2017). پژوهش حاضر در پی بررسی تأثیر متقابل هوش مصنوعی و سواد دیجیتال بر توسعه فرصت‌های کارآفرینی در زیست‌بوم دانشگاهی، با تأکید بر نقش واسطه‌ای خودکارآمدی کارآفرینی و تعدیلگر حمایت اجتماعی است. این مطالعه با نمونه‌گیری از دانشجویان دانشگاه ارومیه چارچوب نظری منسجمی طراحی کرده است و می‌کوشد نشان دهد چگونه این دو عامل از طریق سازوکارهای یادشده نیت کارآفرینی را تقویت می‌کنند.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تحول شتابان فناوری‌های دیجیتال، به‌ویژه ظهور هوش مصنوعی (AI)، محیط‌های دانشگاهی را در تربیت نیروهای نوآور و کارآفرین با چالش‌ها و فرصت‌های جدیدی رو در رو کرده است. براین اساس، درک چگونگی شکل‌گیری نیت و رفتار کارآفرینانه دانشجویان در بستر فناوری‌های نوین نیازمند بهره‌گیری از چارچوب‌های نظری چندوجهی است. پژوهش حاضر با اتکا به سه نظریه مکمل «الگوی یکپارچه پذیرش و استفاده از فناوری (UTAUT)»، «رفتار برنامه‌ریزی‌شده (TPB)» و «شناخت اجتماعی (SCT)» نقش مؤلفه‌های فناورانه، روان‌شناختی و اجتماعی را در ارتقای گرایش‌های کارآفرینانه

دانشجویان نشان می‌دهد.

مدل UTAUT با تحلیل انتظار عملکرد، انتظار تلاش، تأثیر اجتماعی و وضعیت تسهیل‌کننده پذیرش هوش مصنوعی و سواد دیجیتال را در مسیر کارآفرینی توضیح می‌دهد (Venkatesh et al., 2003). نظریه TPB تأکید می‌کند که نگرش مثبت به رفتار، هنجارهای ذهنی و کنترل رفتاری ادراک شده (به‌ویژه خودکارآمدی) پیش‌شرط اصلی قصد و رفتار کارآفرینانه است (Ajzen, 1991). در تکمیل این دو، نظریه شناخت اجتماعی بندورا با تأکید بر یادگیری مشاهده‌ای، خودتنظیمی و خودکارآمدی نشان می‌دهد چگونه الگوگیری از موفقیت دیگران و بازخورد محیط دیجیتال باور دانشجویان به توانمندی‌شان را در بهره‌گیری از AI تقویت می‌کند (Bandura, 1997). این ادغام سه‌جانبه زمینه تحلیل علی و ساختاری تأثیر هم‌زمان فناوری، خودکارآمدی و حمایت اجتماعی ادراک شده را بر نیت و رفتار کارآفرینانه فراهم می‌آورد.

مطالعات متعددی نقش آموزش کارآفرینی و سواد دیجیتال را در تقویت انگیزه‌های کارآفرینانه و خودکارآمدی بررسی کرده‌اند؛ برای مثال، محسنی و همکاران (Mohseni et al., 2023) نشان داده‌اند آموزش کارآفرینی بر نگرش کارآفرینانه و باورهای خودکارآمدی عمومی دانشجویان اثرگذار است. به‌طور مشابه، مولیونو و همکاران (Mulyono et al., 2023) دریافته‌اند آموزش کارآفرینی و سواد دیجیتال خودکارآمدی را افزایش می‌دهند و خودکارآمدی نیت‌های کارآفرینانه را تقویت می‌کند. همچنین تناکون و همکاران (Tenn-kaon et al., 2023) به نقش مثبت آموزش برخط و خودکارآمدی دیجیتال در افزایش قصد کارآفرینانه اشاره کرده‌اند. علاوه بر این، پژوهش‌ها نشان داده‌اند سواد دیجیتال به‌طور کلی در توسعه کارآفرینی اهمیت دارد (Chen et al., 2024; Egbuka et al., 2024; Agarwal et al., 2019; Van Laar et al., 2020).

خودکارآمدی کارآفرینی نیز عامل مهم شکل‌گیری نیت‌های کارآفرینانه شناخته شده است. بر مبنای نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده آیزن، خودکارآمدی میزان کنترل رفتاری ادراک شده فرد را مشخص می‌کند که نقش مهمی در شکل‌گیری نیت فرد به رفتاری معین در آینده ایفا می‌کند (Ajzen, 1991). در خصوص ارتباط بین خودکارآمدی کارآفرینی و نیت کارآفرینانه می‌توان گفت افرادی که از سطح خودکارآمدی بالایی برخوردارند هنگام روبه‌رو شدن با مشکلات تلاش و پایداری بیشتری از خود نشان می‌دهند (Bandura, 1997)؛ تمایل دارند در موقعیت‌های چالش‌برانگیز شرکت کنند و در چنان وضعیتی احساس نیاز به موفقیت را تجربه می‌کنند. خودکارآمدی کارآفرینی عامل اساسی و تعیین‌کننده‌ای است که تأثیر بسیار قوی بر نیت‌های کارآفرینانه دارد (Asimakopoulos et al., 2019) به طوری که زمانی و نجف‌آبادی (Zamani & Omidinajafabadi, 2014) و رضایی (Rezaei, 2019) بر نقش محوری آن در تبیین نیت کارآفرینانه تأکید کرده‌اند. نیومن و همکاران (Newman et al., 2019) نیز نشان داده‌اند خودکارآمدی نقش میانجی در تأثیرگذاری فناوری‌های دیجیتال بر عملکرد کارآفرینی ایفا می‌کند به طوری که افراد با خودکارآمدی بالاتر با اطمینان بیشتری از فناوری‌های نوین بهره می‌برند. ساولا و همکاران (Saoula et

al., 2023) هم نشان دادند که آموزش کارآفرینی، انگیزه فردی و حمایت خانواده تنها در صورت تقویت خودکارآمدی نیت کارآفرینی را به طور معناداری ارتقا دهند. همچنین مولیونو و همکاران (Mulyono, et al., 2023) تأیید کردند که آموزش کارآفرینی و سواد دیجیتال، از طریق ارتقای خودکارآمدی دیجیتال، بخش عمده‌ای از واریانس نیت کارآفرینی را تبیین می‌کند. چونسالسین و خامپیرات (Chonsalsin & Khampirat, 2023) نیز در همین باره اثبات کرده‌اند که خودکارآمدی قوی، علاوه بر بهبود مهارت‌های فنی، انگیزه یادگیری فناوری‌های نوین را در دانشجویان مهندسی تقویت می‌سازد. درنهایت، تی‌سای و همکاران (Tsai et al., 2024) دریافتند که ترکیب تجربه پیشین در برنامه‌نویسی و باور به توانایی‌های شخصی شاخص خودکارآمدی و پیش‌بینی‌کننده موفقیت پروژه‌های نرم‌افزاری دانشجویان فنی و مهندسی است.

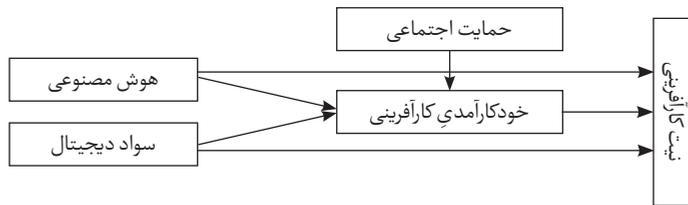
افزون براین، مطالعات اخیر به طور فزاینده‌ای به بررسی نقش فناوری‌های نوین، به‌ویژه هوش مصنوعی، در توسعه کارآفرینی پرداخته‌اند. رحیمی کلور و همکاران (Rahimi Kalvar et al., 2023) چالش‌ها و فرصت‌های کاربرد هوش مصنوعی را در کارآفرینی تحلیل کرده‌اند. همچنین سعیدی و بهمنی (Saeedi & Bahmani, 2023) نشان دادند که کارآفرینی دیجیتال و گرایش کارآفرینانه از طریق پذیرش هوش مصنوعی بر قصد راه‌اندازی کسب‌وکارهای خانوادگی مؤثرند. ترابلسی (Trabelsi, 2024)، گیگواشویلی (Gigwashvili, 2024)، موراندی و همکاران (Morande et al., 2023) و موگونزووا و منجیدی (Mugunzva & Manchidi, 2024) نیز هریک به جنبه‌های گوناگون نقش هوش مصنوعی در افزایش بهره‌وری، بهبود کارایی، شناسایی فرصت‌ها و نوآوری در کسب‌وکار پرداخته‌اند. به‌طور خلاصه، پژوهش‌های موجود بر اهمیت فزاینده فناوری‌های دیجیتال و هوش مصنوعی در کارآفرینی، نقش کلیدی سواد دیجیتال و خودکارآمدی در شکل‌گیری نیت‌های کارآفرینانه و ضرورت بررسی عوامل فردی، محیطی و فناوری در توسعه کارآفرینی تأکید دارند.

درنهایت، درخصوص نقش تعدیلگری حمایت اجتماعی در رابطه بین فناوری‌های دیجیتال و کارآفرینی، مطالعه لیانگ (Liang, 2023) نشان داده است که حمایت اجتماعی ادراک شده و خودکارآمدی کارآفرینی اجتماعی تأثیر مثبتی بر اهداف کارآفرینانه اجتماعی دارد و جهت‌گیری پایداری این روابط را تقویت می‌کند. سریاتون و همکاران (Sariyatun et al., 2025) نیز دریافته‌اند که حمایت اجتماعی رابطه بین سواد دیجیتال و خودکارآمدی را همراه با توانایی حل مسئله خلاقانه دانش‌آموزان تقویت می‌کند. همچنین اوونا و همکاران (Owunna et al., 2024) نشان داده‌اند که حمایت اجتماعی رابطه مثبت و معناداری با رفتار کارآفرینانه دانشجویان دارد و نقش کلیدی در موفقیت کارآفرینی ایفا می‌کند.

در بررسی مطالعات پیشین به‌راحتی می‌فهمیم که توسعه پُرشتاب فناوری‌های دیجیتال و هوش مصنوعی زمینه شکل‌گیری رفتار و نیت کارآفرینی را ایجاد کرده است. بااین حال، پژوهش‌های پیشین اغلب محدود به بررسی جداگانه تأثیر هوش مصنوعی یا سواد دیجیتال بر قصد کارآفرینی هستند و به

هم‌افزایی این دو عامل در زیست‌بوم‌های دانشگاهی به‌ندرت توجه شده یا شاید اصلاً توجهی نشده است. علاوه بر این، نقش هم‌زمان خودکارآمدی به‌مثابه میانجی، و حمایت اجتماعی، به‌عنوان تعدیلگر، در ادبیات کارآفرینی دیجیتال به‌اندازه کافی تبیین نشده است. این در حالی است که مطالعات تجربی نشان می‌دهند الگوهای تلفیقی، مانند ترکیب UTAUT، TPB و SCT، ابزارهای قدرتمند درک پویایی‌های کارآفرینی دیجیتال، به‌ویژه در میان نسل جوان و دانشجویان، به‌شمار می‌روند. درحالی‌که مطالعات پیشین عمدتاً به بررسی جداگانه عوامل فناورانه یا شناختی در تبیین نیت و رفتار کارآفرینانه پرداخته‌اند، پژوهش حاضر، با رویکردی نوین، نخستین بار تلاش می‌کند تلفیقی از مؤلفه‌های فناورانه (هوش مصنوعی و سواد دیجیتال) و روان‌شناختی - اجتماعی (خودکارآمدی کارآفرینانه و حمایت اجتماعی ادراک‌شده) را در چارچوبی ترکیبی و یکپارچه تحلیل کند.

با توجه به خلأهای پژوهشی یادشده، پرسش‌های کلیدی پژوهش حاضر عبارت‌اند از: الف) چگونه ترکیب هوش مصنوعی و سواد دیجیتال بر نیت کارآفرینی در زیست‌بوم‌های دانشگاهی اثرگذار است؟ و ب) نقش خودکارآمدی کارآفرینی، به‌مثابه متغیر میانجی، و حمایت اجتماعی، به‌مثابه متغیر تعدیلگر، چگونه تبیین می‌شود؟ در الگوی مفهومی پژوهش (شکل ۱)، نقش متغیرهای میانجی و تعدیلگر را نشان داده‌ایم.



شکل ۱. الگوی مفهومی پژوهش

۳. فرضیات پژوهش

۱. هوش مصنوعی تأثیر مثبت و معناداری بر نیت کارآفرینی دانشجویان تحصیلات تکمیلی دارد.
۲. سواد دیجیتال تأثیر مثبت و معناداری بر نیت کارآفرینی دانشجویان تحصیلات تکمیلی دارد.
۳. خودکارآمدی کارآفرینانه تأثیر مثبت و معناداری بر نیت کارآفرینی دانشجویان تحصیلات تکمیلی دارد.
۴. هوش مصنوعی تأثیر مثبت و معناداری بر خودکارآمدی کارآفرینی دانشجویان تحصیلات تکمیلی دارد.
۵. سواد دیجیتال تأثیر مثبت و معناداری بر خودکارآمدی کارآفرینی دانشجویان تحصیلات تکمیلی دارد.
۶. خودکارآمدی کارآفرینانه نقش میانجی در رابطه بین هوش مصنوعی و نیت کارآفرینی دانشجویان تحصیلات تکمیلی دارد.
۷. خودکارآمدی کارآفرینانه نقش میانجی در رابطه بین سواد دیجیتال و نیت کارآفرینی دانشجویان تحصیلات تکمیلی دارد.

۸. حمایت اجتماعی تعدیل‌کننده رابطه بین هوش مصنوعی و خودکارآمدی کارآفرینی دانشجویان تحصیلات تکمیلی است.
۹. حمایت اجتماعی تعدیل‌کننده رابطه بین سواد دیجیتال و خودکارآمدی کارآفرینی دانشجویان تحصیلات تکمیلی است.

۴. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی است و در گردآوری داده‌ها از روش توصیفی-همبستگی استفاده کرده است زیرا به دنبال بررسی روابط متغیرهای گوناگون (هوش مصنوعی، سواد دیجیتال، خودکارآمدی کارآفرینی، حمایت اجتماعی و نیت کارآفرینی) است و در تحلیل این روابط از مدل‌یابی معادلات ساختاری بهره می‌برد. در مدل تحلیلی، هوش مصنوعی و سواد دیجیتال متغیر مستقل، نیت کارآفرینی متغیر وابسته، خودکارآمدی کارآفرینی متغیر میانجی و حمایت اجتماعی متغیر تعدیلگر هستند. جامعه آماری پژوهش را همه دانشجویان شاغل به تحصیل در دو دانشکده فنی-مهندسی و برق و کامپیوتر دانشگاه ارومیه در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ تشکیل می‌دهند که تعداد آنان ۹۰۱ نفر است. حجم نمونه موردنیاز این جامعه آماری، براساس جدول کرجسی و مورگان، ۲۶۹ نفر است. برای انتخاب افراد نمونه، از نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای استفاده کردیم که در مرحله اجرایی ۳۵۰ پرسش‌نامه توزیع شد و ۳۰۰ پرسش‌نامه را نیز مناسب تحلیل تشخیص دادیم. با توجه به ساختار پژوهش، داده‌ها عمدتاً از طریق پرسش‌نامه‌های استاندارد با پرسش‌های بسته، همچون طیف لیکرت، گردآوری شده‌اند. برای جمع‌آوری داده‌ها از پرسش‌نامه‌های استاندارد استفاده کردیم که شامل موارد زیر است:

الف) هوش مصنوعی: برای سنجش هوش مصنوعی، از پرسش‌نامه استاندارد نیت یادگیری هوش مصنوعی چای و همکاران (Chai et al, 2024) استفاده کردیم که شامل ۱۸ پرسش درباره نیت یادگیری هوش مصنوعی در چهار بُعد است: ظرفیت شناختی (۶ پرسش)، نگرش‌های روان‌شناختی (۵ پرسش)، محیط‌های تسهیلگر (۴ پرسش)، و پیامدهای روان‌شناختی و رفتاری (۳ پرسش). پاسخ‌ها با استفاده از مقیاس لیکرت پنج‌درجه‌ای ثبت شدند.

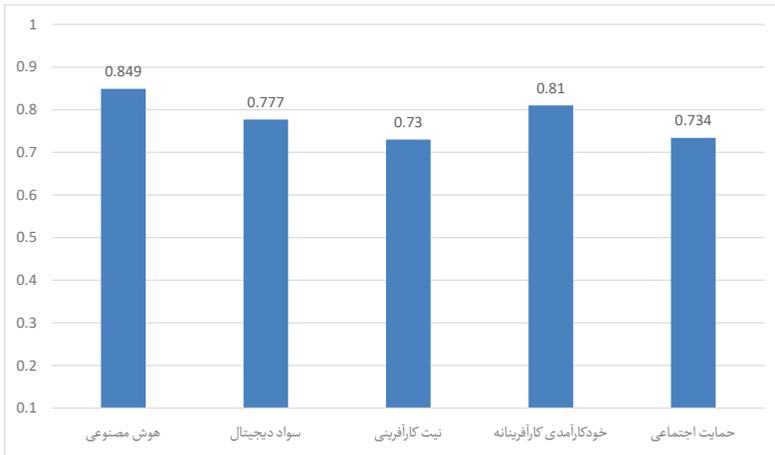
ب) سواد دیجیتال: برای اندازه‌گیری سواد دیجیتال، از پرسش‌نامه استاندارد ۲۰ سؤالی سطوح سواد دیجیتال مارتین (Martin, 2008) استفاده کردیم. این پرسش‌نامه سه سطح را می‌سنجد: شایستگی دیجیتال (مهارت‌ها، مفاهیم و نگرش‌ها) با ۷ سؤال؛ کاربری دیجیتالی (کاربرد شغلی و حرفه‌ای) با ۶ سؤال، و انتقال دیجیتالی (خلاقیت و نوآوری) با ۷ سؤال.

ج) خودکارآمدی کارآفرینانه: برای سنجش خودکارآمدی کارآفرینی، از پرسش‌نامه دی‌نابل و همکاران (De Noble et al., 1999) استفاده کردیم که شامل ۲۱ سؤال و ۶ بُعد است که باور افراد را به توانایی‌هایشان در فعالیتهای کارآفرینانه می‌سنجد: مهارت شناخت فرصت‌های بازار و توسعه محصول جدید (۵)

سؤال)؛ مهارت ایجاد محیط نوآورانه (۴ سؤال)؛ مهارت ایجاد رابطه با سرمایه‌گذاران (۳ سؤال)؛ مهارت شناسایی هدف اصلی و تبیین اهداف (۳ سؤال)؛ مهارت روبرویی با چالش‌های غیرمنتظره (۳ سؤال)؛ و مهارت توسعه منابع انسانی (۳ سؤال). پاسخ‌ها را با استفاده از مقیاس لیکرت پنج‌درجه‌ای ثبت کردیم. **د) حمایت اجتماعی:** برای اندازه‌گیری حمایت اجتماعی، از پرسش‌نامهٔ زیمت و همکاران (Zimet et al., 1988) استفاده کردیم که شامل ۱۲ سؤال دربارهٔ حمایت‌های دریافتی از خانواده، دوستان و افراد خاص در ۳ بُعد است: حمایت اجتماعی از سوی دیگران (۴ سؤال)؛ حمایت اجتماعی از سوی خانواده (۴ سؤال)، و حمایت اجتماعی از سوی دوستان (۴ سؤال). پاسخ‌ها با استفاده از مقیاس لیکرت پنج‌درجه‌ای ثبت شدند.

ه) نیت کارآفرینی: برای سنجش نیت کارآفرینی، از پرسش‌نامهٔ نیت کارآفرینانه استفاده کردیم. این پرسش‌نامه را چن و لینان (Chen & Linan, 2009) طراحی و اعتبارسنجی کرده‌اند و هدف اصلی آن اندازه‌گیری نیت‌های کارآفرینی دانشجویان براساس نظریهٔ رفتار برنامه‌ریزی شدهٔ آجزن است. براساس این نظریه، نیت رفتاری قوی‌ترین پیش‌بینی‌کنندهٔ رفتار واقعی است. این پرسش‌نامه ۱۵ پرسش و دو بُعد را شامل می‌شود: نیت کارآفرینی (۹ پرسش) و نگرش شخصی (۶ پرسش). پاسخ‌ها با استفاده از مقیاس لیکرت پنج‌درجه‌ای ثبت شدند. شایان ذکر است که همهٔ پرسش‌نامه‌های استفاده‌شده در پژوهش پیش رو استاندارد هستند و روایی و پایایی آنها بارها تأیید شده است.

در پژوهش حاضر، به منظور تحلیل داده‌ها، از روش‌های آماری پیشرفته، شامل تحلیل مسیر و مدل‌سازی معادلات ساختاری، استفاده شده است. دلیل انتخاب این روش‌ها توانایی آنها در بررسی هم‌زمان روابط پیچیدهٔ متغیرها و آزمون فرضیه‌های چندگانه بوده است. نرم‌افزارهای به‌کاررفته در تحلیل‌ها نسخهٔ ۲۶ نرم‌افزار SPSS برای تحلیل‌های توصیفی و نسخهٔ ۲۶ نرم‌افزار AMOS برای اجرای مدل‌سازی معادلات ساختاری بودند. برای اطمینان از روایی ابزار گردآوری داده‌ها، از روایی محتوایی و روایی سازه بهره گرفتیم. در سنجش روایی محتوایی، شاخص نسبت روایی محتوا (CVR) را با نظر ۱۰ متخصص حوزهٔ مربوط محاسبه کردیم. با توجه به جدول استاندارد لاوشه^۲، مقدار پذیرفته برای CVR برابر ۰/۷۵ در نظر گرفته شد. مقدار به‌دست‌آمده برای این شاخص برابر ۰/۹۰ بود که حاکی از روایی مطلوب سؤالات پرسش‌نامه است. همچنین همهٔ سؤالات را جداگانه از نظر CVR بررسی کردیم و تنها سؤالاتی را که مقدار CVR آنها کمتر از ۰/۶۲ بود، به دلیل تأیید نکردن متخصصان، از پرسش‌نامه حذف کردیم. روایی سازهٔ ابزار را نیز با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی (CFA) بررسی کردیم تا تناسب داده‌ها با ساختار مفهومی مدل پژوهش ارزیابی شود. برای سنجش پایایی ابزار پژوهش، ضریب آلفای کرونباخ هر یک از مؤلفه‌ها را برشمردیم.



شکل ۲. ضریب پایایی متغیرهای پژوهش

مطابق نتایج شکل ۲، مقدار آلفای کرونباخ همه مقیاس‌های پرسش‌نامه بیش از هفت‌دهم بود. از این رو، ابزار پژوهش از پایایی مقبولی برخوردار است. پس از اطمینان از روایی و پایایی ابزار، پرسش‌نامه نهایی را بین نمونه انتخاب شده از جامعه آماری پژوهش توزیع کردیم. داده‌ها را به دو شیوه حضوری و مجازی جمع‌آوری و در نرم‌افزارهای آماری ثبت کردیم. تحلیل داده‌ها، شامل توصیف ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نمونه و آزمون فرضیه‌های پژوهش، از طریق تحلیل مسیر و مدل‌سازی معادلات ساختاری انجام گرفت. در هر یک از مراحل پژوهش، اصول اخلاقی را، شامل اخذ رضایت آگاهانه از شرکت‌کنندگان، حفظ محرمانگی اطلاعات، جمع‌آوری نکردن اطلاعات هویتی و آزادی افراد در انصراف از مشارکت، رعایت کردیم.

۵. یافته‌های پژوهش

بخش اول پرسش‌نامه اطلاعات جمعیت‌شناختی دانشجویان بود که داده‌های آن در جدول ۱ آمده است. مشاهده می‌کنید که از مجموع دانشجویان گروه نمونه بیشتر مشارکت‌کنندگان مرد هستند. در پژوهش حاضر، ۳۰۰ دانشجوی تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) را از دو دانشکده فنی-مهندسی و برق و کامپیوتر دانشگاه ارومیه بررسی کردیم. میانگین سنی شرکت‌کنندگان ۲۷ سال بود و ۷۹/۷ درصد از نمونه را مردان و ۲۰/۳ درصد را زنان تشکیل می‌دادند. بیشتر شرکت‌کنندگان در مقطع کارشناسی ارشد (۷۰/۳ درصد) و بقیه در مقطع دکتری (۲۹/۷ درصد) مشغول به تحصیل بودند. همچنین از آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف^۱ برای آزمون نرمال بودن داده‌ها استفاده کردیم. اگر

توزیع داده‌ها نرمال باشد می‌توان از آزمون‌های آماری استنباطی استفاده کرد. در بررسی نرمال بودن داده‌ها، فرض صفر مبتنی بر این است که توزیع داده‌ها نرمال است. این آزمون در سطح خطای ۰/۰۵ اجرا می‌شود. با توجه به سطح معناداری ۰/۰۵، چنانچه مقدار p-value محاسبه شده بزرگ‌تر از ۰/۰۵ باشد فرض صفر رد نمی‌شود و نرمال بودن داده‌ها پذیرفتنی است. برای آزمون نرمال بودن داده‌ها، فرض‌های آماری به صورت زیر تنظیم می‌شود:

H0: توزیع داده‌های مربوط به متغیرها نرمال است.

H1: توزیع داده‌های مربوط به متغیرها نرمال نیست.

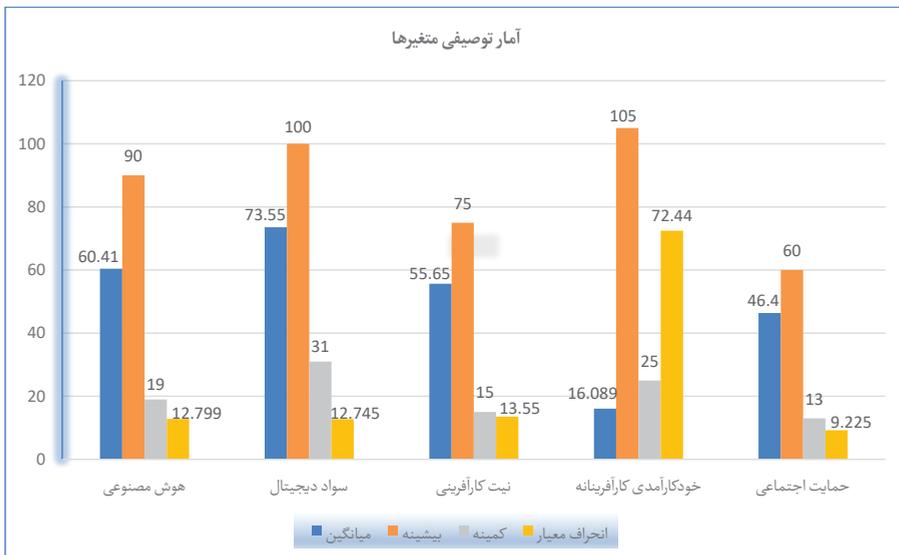
جدول ۱. اطلاعات جمعیت‌شناختی مشارکت‌کنندگان

جنسیت	فراوانی	درصد
مرد	۲۳۹	۷۹/۷
زن	۶۱	۲۰/۳
مدرک تحصیلی مشارکت‌کنندگان	فراوانی	درصد
کارشناسی ارشد	۲۱۱	۷۰/۳
دکترا	۸۹	۲۹/۷
شرکت افراد نمونه در کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی مرتبط با هوش مصنوعی	فراوانی	درصد
بله	۹۸	۳۲/۷
خیر	۲۰۲	۶۷/۳
سابقه فعالیت کارآفرینی افراد نمونه	فراوانی	درصد
بله	۸۰	۲۶/۷
خیر	۲۲۰	۷۳/۳
وضعیت اشتغال افراد نمونه	فراوانی	درصد
شاغل	۱۵۵	۵۱/۷
غیر شاغل	۱۴۵	۴۸/۳
کل	۳۰۰	۱۰۰

براساس نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، در همه موارد مقدار معناداری بزرگ‌تر از سطح خطا (۰/۰۵) به دست آمده است. بنابراین، رد فرض صفر دلیلی ندارد و توزیع داده‌ها نرمال است. نتایج این تحلیل را برای هر متغیر در جدول ۲ نشان داده‌ایم. همان‌طورکه مشاهده می‌کنید، همه مقادیر در محدوده مجاز قرار دارند؛ بنابراین، نتیجه می‌گیریم که توزیع متغیرهای پژوهش نرمال است و استفاده از آزمون‌های پارامتریک در ادامه تحلیل‌ها مانعی ندارد.

جدول ۲. آزمون نرمال بودن داده‌ها

متغیرها	آماره کلموگروف-اسمیرنوف	سطح معناداری	نتیجه آزمون
هوش مصنوعی	۰/۳۲۶	۰/۰۶۶	نرمال
سواد دیجیتال	۰/۳۵۳	۰/۰۶۴	نرمال
نیت ایجاد و توسعه کسب‌وکارهای جدید	۰/۳۰۸	۰/۰۹۱	نرمال
خودکارآمدی کارآفرینانه	۰/۲۷۶	۰/۰۸۳	نرمال
حمایت اجتماعی	۰/۵۰۱	۰/۰۷۲	نرمال



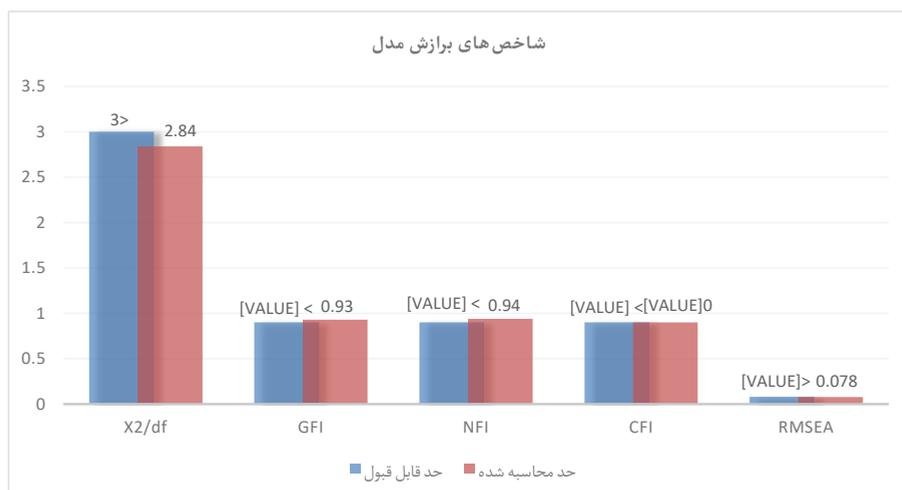
شکل ۳. آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش را، شامل میانگین، انحراف معیار، بیشینه و کمینه، در شکل ۳ نشان داده‌ایم. مقادیر میانگین و انحراف معیار نشان‌دهنده پراکندگی مناسب داده‌هاست. بنابراین، پیش‌فرض نرمال بودن توزیع متغیرها برقرار و شرایط مدل‌سازی علی نیز فراهم است. همچنین، برای بررسی فرضیات پژوهش، از معادلات ساختاری استفاده کردیم. نتایج مربوط به ماتریس همبستگی مربوط به این تحلیل در جدول ۳ نشان داده شده است که نشان‌دهنده همبستگی خطی و مثبت متغیرهاست و همه ضرایب در سطح خطای کمتر از ۰/۰۱ معنادارند. به‌طورکلی، این ماتریس نشان می‌دهد متغیرهای هوش مصنوعی، سواد دیجیتال و خودکارآمدی کارآفرینی همبستگی مثبت با نیت ایجاد و توسعه کسب‌وکار دارند. همچنین همبستگی‌های متوسط تا قوی بین برخی از متغیرهای مستقل و میانجی مشاهده می‌شود.

جدول ۳. ماتریس همبستگی متغیرهای پژوهش

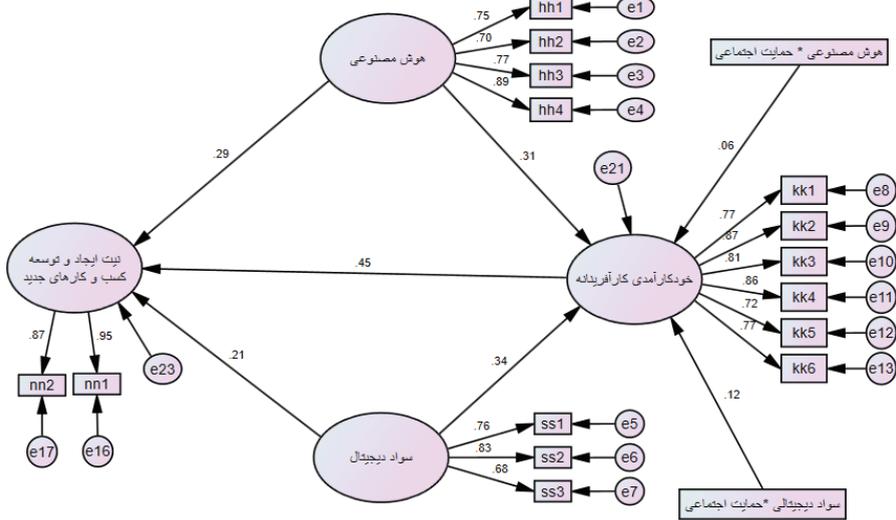
ردیف	متغیرها	۱	۲	۳	۴	۵
۱	هوش مصنوعی	۱				
۲	سواد دیجیتال	***/۵۴۳	۱			
۳	نیت ایجاد و توسعه کسب و کار	***/۵۵۷	***/۴۸۲	۱		
۴	خودکامدی کارآفرینی	***/۴۳۶	***/۴۴۳	***/۶۱۵	۱	
۵	حمایت اجتماعی	***/۴۰۷	***/۳۴۱	***/۵۲۱	***/۵۹۰	۱

**p<0.01



شکل ۴. شاخص‌های برازش مدل مفهومی پژوهش

با توجه به شکل ۴، مدل مفهومی پژوهش از برازش مقبولی با داده‌ها برخوردار است چراکه نسبت χ^2/df (۸۴۰/۲) و $RMSEA$ (۰/۷۸/۰)، هر دو، در محدوده مطلوب قرار دارند. شاخص‌های GFI (۹۳/۰) و NFI (۹۴/۰) فراتر از آستانه ۰/۹۰ هستند و ساختار منسجم مدل را با داده‌ها نشان می‌دهند. اگرچه مقدار شاخص CFI (۰/۹۰) در مرز قابل قبول قرار دارد و نشان می‌دهد بازبینی جزئی مسیرها می‌تواند برازش مدل را بهبود بخشد، اما با توجه به مقادیر مطلوب سایر شاخص‌ها، مدل از برازش کلی قابل قبولی برخوردار است. به‌طورکلی، یافته‌ها نشان می‌دهد مدل پیشنهادی توان تبیین مناسب روابط متغیرهای هوش مصنوعی، سواد دیجیتال، نیت کسب و کار، خودکامدی و حمایت اجتماعی را دارد و چارچوب معتبری برای بررسی تأثیر هوش مصنوعی و سواد دیجیتال بر کارآفرینی دانشجویان به‌شمار می‌آید.



شکل ۵. مدل پژوهش

همچنین، برای بررسی و آزمون فرضیه‌های پژوهش، تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها را بررسی کردیم که جداگانه در جدول ۴ آمده‌اند.

جدول ۴. تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها

نتیجه	P	S.E.	آماره C.R.	ضریب رگرسیونی استاندارد	مسیر
تأیید ✓	۰/۰۰۰	۰/۰۵۱	۵/۳۱۶	۰/۳۹۰	هوش مصنوعی ← نیت ایجاد و توسعه کسب و کار
تأیید ✓	۰/۰۰۰	۰/۰۷۱	۳/۶۵۲	۰/۲۱۰	سواد دیجیتال ← نیت ایجاد و توسعه کسب و کار
تأیید ✓	۰/۰۰۰	۰/۰۷۰	۷/۲۱۷	۰/۴۵۲	خودکارآمدی کارآفرینی ← نیت ایجاد و توسعه کسب و کار
تأیید ✓	۰/۰۰۰	۰/۰۵۱	۵/۰۳۳	۰/۳۰۵	هوش مصنوعی ← خودکارآمدی کارآفرینی
تأیید ✓	۰/۰۰۰	۰/۰۷۳	۵/۰۵۷	۰/۳۳۷	سواد دیجیتال ← خودکارآمدی کارآفرینی
رد ✗	۰/۲۶۷	۰/۰۴۱	۱/۱۰۹	۰/۰۶۱	تأثیر تعدیلگری حمایت اجتماعی بر رابطه هوش مصنوعی و خودکارآمدی کارآفرینی
تأیید ✓	۰/۰۳۱	۰/۰۴۱	۲/۱۵۱	۰/۱۱۸	تأثیر تعدیلگری حمایت اجتماعی بر رابطه سواد دیجیتال و خودکارآمدی کارآفرینی

در ادامه، یافته‌های آزمون فرضیه‌ها را بیان کرده‌ایم. به منظور تحلیل روابط متغیرهای مدل مفهومی، از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری بهره گرفتیم. پس از تأیید برازش کلی مدل، معناداری

ضرایب مسیرها را با استفاده از نتایج تحلیل مسیر^۱ بررسی کردیم. برای ارزیابی معناداری مسیرها، از دو شاخص نسبت بحرانی (Critical Ratio - C.R.) و سطح معناداری (P-value) استفاده کردیم. نتایج نشان داد همه ضرایب مسیرهای مستقیم و غیرمستقیم در سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ قرار دارند و مقادیر آماره^۲ تی (C.R.) برای این مسیرها از مقدار بحرانی ۱/۹۶ فراتر است. به‌طور خاص، هوش مصنوعی تأثیر مثبت و معناداری بر خودکارآمدی کارآفرینی و نیت ایجاد و توسعه کسب‌وکار داشت. همچنین سواد دیجیتال تأثیر مثبت و معناداری بر خودکارآمدی کارآفرینی و نیت ایجاد و توسعه کسب‌وکار نشان داد. یافته‌ها نشان دادند خودکارآمدی کارآفرینی نقش تقویت‌کننده معناداری بر نیت ایجاد و توسعه کسب‌وکار ایفا می‌کند. در بررسی نقش تعدیلگری حمایت اجتماعی، مشخص شد این متغیر تنها در رابطه بین سواد دیجیتال و خودکارآمدی کارآفرینی نقش تعدیل‌کننده معناداری دارد درحالی‌که در رابطه بین هوش مصنوعی و خودکارآمدی کارآفرینی تأثیر تعدیلگری حمایت اجتماعی تأیید نشد. همچنین، برای بررسی معناداری تأثیر متغیر میانجی خودکارآمدی در تبیین رابطه بین هوش مصنوعی و نیت کارآفرینی، از آزمون آماری سوبل بهره گرفتیم.

جدول ۵ نتایج آزمون‌های سوبل برای بررسی اثر میانجی

مسیر	مقدار a	مقدار S.Ea	مقدار b	مقدار S.Eb	آماره ^۲ آزمون	سطح معناداری	نتیجه
تأثیر میانجیگری خودکارآمدی کارآفرینی بر رابطه هوش مصنوعی و نیت ایجاد و توسعه کسب‌وکار	۰/۳۰۵	۰/۰۵۱	۰/۴۵۲	۰/۰۷	۴/۳۸۷	۰/۰۰۰	تأیید ✓
تأثیر میانجیگری خودکارآمدی کارآفرینی در رابطه سواد دیجیتال و نیت ایجاد و توسعه کسب‌وکار	۰/۳۳۷	۰/۰۷۳	۰/۴۵۲	۰/۰۷	۳/۷۵۵	۰/۰۰۰	تأیید ✓

به‌منظور ارزیابی نقش میانجی خودکارآمدی کارآفرینی در روابط متغیرهای پیش‌بین (هوش مصنوعی و سواد دیجیتال) و نیت کارآفرینی، آزمون سوبل را به کار گرفتیم. نتایج نشان داد هوش مصنوعی با ضریب $a=0.305$ ($SE=0.051$, $p<0.001$) به‌طور معناداری خودکارآمدی دانشجویان را پیش‌بینی می‌کند و خودکارآمدی نیز با ضریب $b=0.452$ ($SE=0.070$, $p<0.001$) چشمگیری بر نیت کارآفرینی دارد، ضمن آنکه تأثیر غیرمستقیم هوش مصنوعی بر نیت کارآفرینی از طریق خودکارآمدی با آماره^۲ $z=4.3876$ ($p<0.001$) معنادار بود. افزون‌براین، سواد دیجیتال با ضریب $a=0.337$ ($SE=0.073$, $p<0.001$) پیش‌بینی‌کننده معنادار خودکارآمدی کارآفرینانه بود و آزمون سوبل تأثیر غیرمستقیم آن را بر نیت کارآفرینی را با $z=3.755$ ($p=0.00017$) تأیید کرد. این نتایج بر نقش کلیدی خودکارآمدی کارآفرینانه به‌مثابه متغیر میانجی در انتقال تأثیر هوش مصنوعی و سواد دیجیتال بر نیت کارآفرینی تأکید می‌کنند.

۶. بحث

یافته‌های پژوهش حاضر که با هدف بررسی تأثیر هوش مصنوعی و سواد دیجیتال بر نیت کارآفرینی با نقش میانجی خودکارآمدی کارآفرینی و تعدیلگری حمایت اجتماعی در میان دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشگاه ارومیه انجام گرفته درخور توجه است. برازش مطلوب مدل مفهومی پژوهش ($CFI=0.90$)، $RMSEA=0.07$) اعتبار ساختاری یافته‌ها را تأیید و امکان استنباط منطقی از آن‌ها را فراهم می‌سازد. درخصوص فرضیه اول، یعنی تأثیر مستقیم هوش مصنوعی بر نیت ایجاد و توسعه کسب‌وکار، با ضریب مسیر $\beta = 0.290$ ($p < 0.001$) $C.R. = 5.316$ می‌توان با اطمینان ۹۹ درصد تأیید کرد آشنایی و کار با هوش مصنوعی نیت کارآفرینی دانشجویان را به‌طور معناداری افزایش می‌دهد. این نتیجه با بررسی گیندرت و مولر (Gindert & Muller, 2024) مبنی بر بهبود شناسایی فرصت‌های نوظهور در حضور هوش مصنوعی و ترغیب کاربران به خلق ایده‌های نوآورانه هم‌خوانی دارد. علاوه‌براین، (Trabelsi, 2024) نشان داده است که بهره‌گیری از هوش مصنوعی بهره‌وری کسب‌وکارهای کوچک را بالا می‌برد و انگیزه کارآفرینی را قوت می‌دهد. با این حال، در پژوهش‌های گیگواشویلی (Gigwashvili, 2024) و آگگون و حسینی (Akgun & Hosseini, 2025) اشاره شده است که در غیاب حمایت آموزشی و زیرساخت مناسب ممکن است دانشجویان در پیاده‌سازی ایده‌های هوش مصنوعی ناکام بمانند. استدلال ضمنی این یافته آن است که آشنایی عمیق‌تر دانشجویان با کاربردهای بالقوه هوش مصنوعی آنان را در شناسایی فرصت‌های کارآفرینی نوظهور و بهره‌برداری از آنها توانمند می‌سازد و زمینه اجرای ایده‌های خلاقانه را فراهم می‌آورد. از این منظر، یافته حاضر بر ضرورت ادغام آموزش و توسعه دانش هوش مصنوعی در برنامه‌های آموزشی دانشگاهی، به‌منظور تقویت بنیان‌های کارآفرینی دانشجویان، تأکید می‌ورزد. همچنین پیشنهاد می‌کنیم دانشگاه‌ها، علاوه بر توسعه دوره‌های تخصصی هوش مصنوعی، بستری را، مانند شتاب‌دهنده‌ها و کارگاه‌های عملی، برای انتقال سریع تجربه به دانشجویان فراهم آورند تا تأثیر AI بر نیت کارآفرینی به حداکثر برسد.

در فرضیه دوم (تأثیر سواد دیجیتال بر نیت ایجاد و توسعه کسب‌وکار)، ضریب مسیر $\beta = 0.210$ و آماره $C.R. = 3.652$ ($p < 0.001$) نشان از تأثیر مثبت و معنادار با اطمینان ۹۹ درصد دارد. این نتیجه همسو با یافته‌های آنگکاساکولکیت و همکاران (Angkhasakulkiat et al., 2025) درباره نقش سواد دیجیتال در بازاریابی برخط و تصمیم‌گیری کارآفرینانه و همچنین همسو با مطالعه یودکو و ایوو (Udekwe & Iwu, 2024) مبنی بر ارتباط مثبت مهارت‌های دیجیتال با انگیزش کارآفرینی است. نیز این نتیجه با پژوهش داخلی رزاقی و همکاران (Razaqi et al., 2022) که بر اهمیت سواد دیجیتال در پرورش رفتارهای کارآفرینانه تأکید دارد و مطالعه محمد و همکاران (Mohamad et al., 2025) و هیدایت و همکاران (Hidayat et al., 2024) هم‌خوانی دارد که نقش اساسی سواد اقتصادی و دیجیتال را در تقویت رفتار کارآفرینانه برجسته می‌کنند. در عصر حاضر، سواد دیجیتال نه تنها مهارت فنی بلکه شایستگی‌ای

بنیادین در موفقیت در زیست‌بوم کسب‌وکار دیجیتال به‌شمار می‌آید و دانشجویان با سطح سواد دیجیتال بالاتر توانایی بیشتری در بهره‌گیری از ابزارهای دیجیتال در فرایندهای کلیدی کارآفرینی، نظیر بازاریابی، فروش و مدیریت ارتباط با مشتریان، دارند که این امر به تقویت اعتماد به نفس و آمادگی آنان در ورود به عرصه کارآفرینی منجر می‌شود.

در فرضیه سوم (تأثیر خودکارآمدی کارآفرینی بر نیت ایجاد و توسعه کسب‌وکار)، ضریب مسیر $\beta = 0.452$ و آماره $C.R. = 7.217$ ($p < 0.001$) است که با اطمینان ۹۹ درصد نشان‌دهنده رابطه‌ای بسیار قوی و معنادار است. این یافته نظریه بندورا (Bandura, 1997) و نتایج دی‌نابل و همکاران (De Noble et al., 1999) را تأیید می‌کند که خودکارآمدی را عنصر کلیدی شکل‌گیری نیت کارآفرینی می‌دانند و نیز مطابق پژوهش نیومن و همکاران (Newman et al., 2019) است که تأکید دارد باور به توانمندی فردی پشتکار و تبدیل نیت به رفتار عملی را تسهیل می‌کند.

یافته‌های این پژوهش نتیجه مطالعه کاتیال و همکاران (Katyral et al., 2024) را تأیید می‌کند که نشان داده‌اند خودکارآمدی تأثیر مثبتی بر تمایل دانشجویان مهندسی به کارآفرینی دارد. علاوه بر این، نتایج حاضر با شواهد پیشین که رابطه بین خودکارآمدی کارآفرینی و نیت کارآفرینی را گزارش کرده‌اند همسوست؛ از جمله مطالعات اندوفریپی و همکاران (Ndofirepi et al., 2018)، باک و همکاران (Bacq et al., 2017)، ژانگ و کین (Zhang & Cain, 2017)، سولسویک (Solesvik, 2017)، لو و همکاران (Lu et al., 2021)، نونینسکی و همکاران (Nowinski et al., 2017)، هوکرتز (Hockerts, 2017)، یونس و همکاران (Younis et al., 2021)، رضایی (Rezaei, 2019)، زرینجویی (Zarrinjoeei, 2020) و کریمی (Karimi, 2020). دانشجویانی که از سطح بالایی از خودکارآمدی کارآفرینی برخوردارند چالش‌ها را فرصت‌یادگیری تلقی می‌کنند و با پشتکار بیشتری در مسیر کارآفرینی گام برمی‌دارند. این یافته بر اهمیت برنامه‌های آموزشی و مداخلاتی تأکید می‌کند که به توسعه و تقویت خودکارآمدی کارآفرینی دانشجویان می‌پردازند. پیشنهاد می‌کنیم، ضمن آموزش مهارت‌های کارآفرینی، برنامه‌های منتورینگ فردی و جلسات بازخورد مداوم برای افزایش تدریجی خودکارآمدی در نظر گرفته شود.

درخصوص فرضیه چهارم (تأثیر مستقیم هوش مصنوعی بر خودکارآمدی کارآفرینی)، با توجه به ضریب مسیر $\beta = 0.305$ و آماره $C.R. = 5.033$ ($p < 0.001$) می‌توان با سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید کرد هوش مصنوعی تأثیر مثبت و معناداری بر خودکارآمدی کارآفرینی دارد. این یافته با نتایج رحیمی‌کلور و همکاران (Rahimi Klour et al., 2023) همسوست که نشان داده‌اند کاربرد هوش مصنوعی در حوزه‌های شبکه‌سازی، هم‌گرایی فناوری و ارزش‌آفرینی شغلی باور افراد را به توانمندی‌های خود ارتقا می‌بخشد. همچنین ترابلسی (Trabelsi, 2024) و موراندی و همکاران (Morande et al., 2023) گزارش کرده‌اند که قابلیت‌های پیش‌بینی روند و خودکارسازی فرایند با AI موجب افزایش اعتماد به نفس کاربران در تصمیم‌گیری می‌شود. از سوی دیگر، گیگواشویلی (Gigwashvili, 2024) و آکگون و حسینی (Akgun & Hosseini, 2025)

معتقدند نبود زیرساخت‌های فناوری و مهارت‌های متناسب تأثیر AI را تضعیف می‌کند؛ نکته‌ای که دلیلی بر رد نقش تعدیلگر حمایت اجتماعی در این مسیر است. بنابراین، پیشنهاد می‌کنیم در طراحی دوره‌های هوش مصنوعی، علاوه بر آموزش مهارت‌های فنی، سازوکارهای حمایتی، اعم از مربیگری و فضای همیار، برای تقویت خودکارآمدی دانشجویان گنجانده شود.

درخصوص فرضیه پنجم (تأثیر مستقیم سواد دیجیتال بر خودکارآمدی کارآفرینی)، با توجه به ضریب مسیر $\beta = 0.337$ و آماره $C.R. = 5.057$ ($p < 0.001$) که به مراتب بالاتر از مقدار بحرانی $1/96$ است، می‌توان با سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید کرد که سواد دیجیتال تأثیر مستقیم، مثبت و معناداری بر خودکارآمدی کارآفرینی دانشجویان تحصیلات تکمیلی دارد. این یافته با مطالعات چن و همکاران (Chen et al., 2024) مبنی بر تقویت خودباوری دیجیتال و خودکارآمدی از طریق مهارت‌های دیجیتال و نیز با نتیجه بای و همکاران (Bai et al., 2023) در هم‌افزایی سواد دیجیتال و رفتار کارآفرینانه همسوست. پیشنهاد می‌کنیم در برنامه‌های آموزشی، علاوه بر آموزش محتوای تئوری سواد دیجیتال، کارگاه‌های عملی شبیه‌سازی پروژه‌های دیجیتال و تمرین‌های گروهی با بازخورد مستمر گنجانده شود تا ادراک توانمندی کاربردی دانشجویان بیش از پیش تقویت شود.

درخصوص فرضیه ششم (تأثیر نقش میانجی خودکارآمدی کارآفرینی بر رابطه بین هوش مصنوعی و نیت کارآفرینی)، نتایج آزمون میانجیگری نشان می‌دهد خودکارآمدی کارآفرینانه نقش میانجی معناداری در رابطه هوش مصنوعی و نیت ایجاد و توسعه کسب‌وکار ایفا می‌کند. براساس جدول ۵، آماره آزمون برای این اثر میانجیگری $4/387$ و سطح معناداری $0/000$ است. این نتایج تأیید می‌کند که این میانجیگری از نظر آماری معنادار است. مسیر غیرمستقیم از هوش مصنوعی به خودکارآمدی (با ضریب $0/305$) و سپس از خودکارآمدی به نیت کارآفرینی (با ضریب $0/452$) نشان‌دهنده یک سازوکار اثرگذاری قوی است. این یافته با پژوهش چن و همکاران (Chen et al., 2024) که نشان داده‌اند فناوری‌های نوظهور از طریق تقویت حس توانمندی فردی بر تصمیم‌گیری‌های کارآفرینانه تأثیرگذارند و نیز پژوهش سعیدی و بهمنی (Saeedi & Bahmani, 2023) که به تأثیر پذیرش هوش مصنوعی بر قصد کسب‌وکارهای خانوادگی با نقش واسطه‌ای نوآوری اشاره دارند هم‌خوانی دارد. به عبارت دیگر، آشنایی با هوش مصنوعی نه تنها به‌طور مستقیم نیت کارآفرینی را افزایش می‌دهد بلکه با تقویت باور دانشجویان به توانایی‌های خود در استفاده مؤثر از این فناوری در فعالیت‌های کارآفرینانه این نیت را دوچندان تقویت می‌کند. این یافته بر ضرورت یکپارچه‌سازی آموزش هوش مصنوعی با برنامه‌های توسعه خودکارآمدی کارآفرینی تأکید دارد.

درخصوص فرضیه هفتم (تأثیر نقش میانجی خودکارآمدی کارآفرینی بر رابطه بین سواد دیجیتال و نیت کارآفرینی)، نتایج آزمون میانجیگری نشان می‌دهد خودکارآمدی کارآفرینانه نقش میانجی معناداری در رابطه بین سواد دیجیتال و نیت ایجاد و توسعه کسب‌وکار ایفا می‌کند. براساس جدول ۵،

آمارهٔ آزمون برای این اثر میانجیگری ۳/۷۵۵ و سطح معناداری ۰/۰۰۰ است. این نتایج تأیید می‌کند این میانجیگری از نظر آماری معنادار است. مسیر غیرمستقیم از سواد دیجیتال به خودکارآمدی (با ضریب ۰/۳۳۷) و سپس از خودکارآمدی به نیت کارآفرینی (با ضریب ۰/۴۵۲) نشان‌دهندهٔ یک سازوکار اثرگذاری قوی است. این یافته با پژوهش‌های تانگ و همکاران (Tang et al., 2021) که نقش خودباوری ناشی از مهارت‌های دیجیتال را در ارتقای نیت‌های کارآفرینانه نشان داده‌اند، همچنین یافته‌های مولیونو و همکاران (Mulyono et al., 2023) که تأثیر مثبت سواد دیجیتال بر خودکارآمدی و نقش واسطه‌ای آن را بر نیت کارآفرینی بررسی کرده‌اند همسوست. دانشجویان با سطح سواد دیجیتال بالاتر احساس شایستگی بیشتری در استفاده از ابزارهای دیجیتال برای راه‌اندازی و توسعهٔ کسب‌وکار خود دارند که این ادراک توانمندی نیت کارآفرینی آنان را به‌طور معناداری افزایش می‌دهد. این یافته مجدداً بر اهمیت توسعهٔ سواد دیجیتال جامع و کاربردی در میان دانشجویان، به‌مثابهٔ پیش‌نیاز اساسی کارآفرینی موفق، تأکید می‌کند.

در فرضیهٔ هشتم (نقش تعدیلگری حمایت اجتماعی در رابطهٔ بین هوش مصنوعی و خودکارآمدی)، ضریب مسیر $\beta = 0.061$ و آمارهٔ $C.R. = 1.109$ ($p = 0.267$) کمتر از ۱/۹۶ است؛ بنابراین، تأثیر تعدیلگر مثبت حمایت اجتماعی معنادار نیست و فرضیه رد می‌شود. این یافته با نتایج پژوهش کیم و همکاران (Kim et al., 2019) که تفاوت‌های مشاهده‌شده در سطوح نمونه‌ها به تعمیم‌پذیری منتهی نشد و نیز مطالعهٔ پارک و همکاران (Park et al., 2021) که تأثیر تعدیلگری حمایت اجتماعی در برخی گروه‌ها معنادار ولی در کل نمونهٔ کلی معنادار نبود همسوست. در مقابل، پژوهش لویز و گارسیا (Lopez & Garcia, 2018) و زولکفلی و اسماعیل (Zulkeflee & Ismail, 2020) گزارش کرده‌اند که حمایت اجتماعی در سطح جامعه معنادار است و نقش تعدیل‌کننده دارد. بنابراین، نتایج این دو مطالعه با یافته‌های حاضر ناسازگار است. تضاد نتایج نشان‌دهندهٔ پیچیدگی ماهیت نقش حمایت اجتماعی در فرایند کارآفرینی دانشگاهی است. از یک سو، می‌توان فرض کرد ویژگی‌های فردی، مانند سطح خودکارآمدی کارآفرینی یا نگرش‌های شخصیتی، زمینه‌ساز تأثیر متفاوت حمایت اجتماعی هستند (Bandura, 1997). از سوی دیگر، ساختار فرهنگی و سازمانی دانشگاه ارومیه، شامل سیاست‌های داخلی، منابع مالی و کیفیت تعامل دانشجویان با مربیان، ممکن است کارکرد حمایت اجتماعی را محدود کرده باشد. علاوه بر این، اندازه‌گیری حمایت اجتماعی مبتنی بر پرسش‌نامهٔ خودسنجی معیاری از درک ذهنی دانشجویان از حمایت است، نه حمایت عینی و واقعی دریافت‌شده؛ موضوعی که در تأییدنشدن فرض تعدیلگری مؤثر بوده است. به‌هرحال، تأییدنشدن نقش تعدیلگری حمایت اجتماعی نشان‌دهندهٔ پیچیدگی این عامل در محیط دانشگاهی مطالعه‌شده است و ضرورت بررسی‌های بیشتر را در این زمینه آشکار می‌سازد. بالاخره، در فرضیهٔ نهم، یافته‌ها نشان می‌دهد که حمایت اجتماعی نقش تعدیلگر معناداری در رابطه بین سواد دیجیتال و خودکارآمدی کارآفرینی ایفا می‌کند ($\beta = 0.118$, $C.R. = 2.151$, $p = 0.031$).

این بدان معناست که تأثیر سواد دیجیتال بر خودکارآمدی کارآفرینی، بسته به میزان حمایت اجتماعی دریافتی دانشجویان، متفاوت است به طوری که سطوح بالاتر حمایت اجتماعی این تأثیر مثبت را تقویت می‌کند. این یافته با پژوهش‌های ساولا و همکاران (Saoula et al., 2023) و هیدایت و همکاران (Hidayat et al., 2024) که بر نقش تقویت‌کننده شبکه‌های حمایتی دانشگاهی در تأثیر سواد دیجیتال بر خودکارآمدی تأکید دارند همسوست. همچنین پژوهش جانگ و چو (Jang & Cho, 2023) نقش تعدیلی مشابهی از حمایت اجتماعی را در رابطه بین سواد دیجیتال و خودکارآمدی خلاقانه در دانش‌آموزان دبیرستانی نشان داده است. به طور کلی، یافته‌های پژوهش حاضر با بسیاری از مطالعات پیشین در حوزه تأثیر هوش مصنوعی، سواد دیجیتال و خودکارآمدی کارآفرینی بر نیت کارآفرینی همسوست و بر اهمیت این عوامل در شکل‌گیری تمایلات کارآفرینانه دانشجویان تحصیلات تکمیلی تأکید دارد.

۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر با هدف تبیین نقش هوش مصنوعی و سواد دیجیتال بر نیت کارآفرینی دانشجویان تحصیلات تکمیلی و با در نظر گرفتن نقش میانجی خودکارآمدی کارآفرینی و نقش تعدیلگر حمایت اجتماعی انجام پذیرفته است. یافته‌های پژوهش نشان داد هوش مصنوعی و سواد دیجیتال، به صورت مستقل و هم‌زمان، تأثیر مثبت و معناداری بر نیت کارآفرینی دانشجویان دارند. این امر نشان می‌دهد دانشجویانی که در هر دو حوزه از سطح مهارت بالاتری برخوردارند آمادگی بیشتری در ورود به عرصه کارآفرینی دارند. همچنین نقش واسطه‌ای خودکارآمدی کارآفرینی در تسهیل و تقویت تأثیر این عوامل بر نیت کارآفرینی تأیید شد. به عبارت دیگر، باور دانشجویان به توانایی‌های کارآفرینانه خود تأثیر مثبت هوش مصنوعی و سواد دیجیتال را بر تمایلات کارآفرینانه آنان تقویت می‌کند.

علاوه بر این، یافته‌ها حاکی است که حمایت اجتماعی، به مثابه متغیر تعدیلگر، رابطه بین سواد دیجیتال و خودکارآمدی کارآفرینی را به طور معناداری تقویت می‌کند بدین معنا که هرچه دانشجویان در زمینه سواد دیجیتال حمایت اجتماعی بیشتری دریافت کنند تأثیر مثبت این مهارت بر باور آنان به توانایی‌های کارآفرینانه‌شان افزایش می‌یابد. با این حال، حمایت اجتماعی تأثیر معناداری بر رابطه بین هوش مصنوعی و خودکارآمدی کارآفرینی نشان نداد که نشان‌دهنده تفاوت نحوه تعامل عوامل اجتماعی با ابعاد فناوری در شکل‌گیری خودباوری کارآفرینانه است و نیازمند بررسی‌های دقیق‌تر.

به طور کلی، نتایج این پژوهش بر اهمیت راهبردی توسعه مهارت‌های هوش مصنوعی و سواد دیجیتال دانشجویان تحصیلات تکمیلی، به منظور ارتقای نیت کارآفرینی آنان، تأکید دارد. در نتیجه، یافته‌های این پژوهش نکات مهمی را برای سیاست‌گذاران آموزشی و مدیران دانشگاه‌ها در زمینه طراحی و اجرای برنامه‌های آموزشی و توانمندسازی هدفمند مطرح می‌کند.

با وجود اینها، یکی از محدودیت‌های این پژوهش تمرکز جامعه آماری بر دانشجویان تحصیلات

تکمیلی دو دانشکده فنی-مهندسی و برق و کامپیوتر دانشگاه ارومیه است. اگرچه این انتخاب بستری همگن و مرتبط برای آزمون مدل فراهم می‌آورد می‌بایست در تعمیم‌بخشی نتایج به سایر دانشگاه‌ها با فرهنگ‌های سازمانی متفاوت، رشته‌های تحصیلی گوناگون (مانند علوم انسانی و هنر) و زیست‌بوم‌های کارآفرینی احتیاط شود. بنابراین، پیشنهاد می‌کنیم در پژوهش‌های آتی این مدل در دانشگاه‌های دیگر در سطح ملی و بین‌المللی نیز آزموده شود تا به نتایج جامع‌تر و تعمیم‌پذیرتری دست یابیم.

در ادامه، با توجه به یافته‌های پژوهش و محدودیت‌های موجود، پیشنهادهای زیر را برای تحقیقات آتی و اقدامات عملی مطرح می‌کنیم.

- به منظور افزایش روایی بیرونی یافته‌ها، پیشنهاد می‌کنیم مدل پژوهش در صنایع، بازارها و زیست‌بوم‌های استارت‌آپی واقعی و همچنین در دانشگاه‌های ملی و بین‌المللی با نمونه‌گیری از گروه‌های جمعیتی و حرفه‌ای متنوع آزموده شود.
- گنجاندن متغیرهای کلان و زمینه‌ای (مانند سیاست‌های حمایتی دولت، زیرساخت‌های فناورانه، سرمایه‌گذاری‌های دولتی و نهادهای تسهیلگر)، به مثابه متغیرهای تعدیل‌کننده یا پیش‌بین، در مدل‌های آتی پیشنهاد می‌شود. همچنین بهره‌گیری از روش‌های اندازه‌گیری چندگانه (مصاحبه عمیق، مشاهده میدانی، تحلیل گزارش‌های سیستمی) همراه با تحلیل چندسطحی، به منظور جداسازی تأثیرات فردی و سازمانی، توصیه می‌شود.
- بررسی جداگانه ابعاد حمایت اجتماعی (مالی، نهادی، مربیگری) و تأثیر متمایز هر یک بر خودکارآمدی کارآفرینی درک عمیق‌تری از نقش این عامل فراهم می‌آورد.
- مطالعات طولی برای بررسی تغییرات نیت کارآفرینی در طول زمان و ارزیابی اثربخشی مداخلات آموزشی و حمایتی با تمرکز بر هوش مصنوعی، سواد دیجیتال و خودکارآمدی کارآفرینی پیشنهاد می‌شود.
- ضرورت بازنگری در برنامه‌های آموزشی دانشگاهی و تقویت آنها، با محوریت ادغام دانش و مهارت‌های هوش مصنوعی و سواد دیجیتال، به‌ویژه با تأکید بر کاربردهای عملی و کارآفرینانه این فناوری‌ها، بیش از پیش آشکار می‌شود.
- طراحی و اجرای برنامه‌های توانمندسازی هدفمند با رویکرد ارتقای خودکارآمدی کارآفرینی دانشجویان در بهره‌گیری از فناوری‌های نوین امری حیاتی است. این برنامه‌ها شامل کارگاه‌های آموزشی تخصصی، منتورینگ و ایجاد فرصت‌های تجربی می‌شوند.
- ایجاد و تقویت زیرساخت‌های حمایتی، نظیر مراکز رشد، شتاب‌دهنده‌ها و شبکه‌های کارآفرینی، در محیط‌های دانشگاهی بستر پرورش و تجاری‌سازی ایده‌های نوآورانه دانشجویان را فراهم می‌آورد.
- حمایت از شکل‌گیری گروه‌های همیار کارآفرینی و ایجاد فضاهای همیارانه بین دانشجویان، استادان و فعالان صنعت به تبادل دانش و تجربه و تقویت روحیه کارآفرینی منجر می‌شود.

References

- Agarwal, A., McHale, J. & Oettl, A. (2019). Finding needles in haystacks: artificial intelligence and recombinant growth. In A. Agrawal, J. S. Gans & A. Goldfarb (Eds.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda* (pp. 115–146). University of Chicago Press.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T).
- Akgun, M. & Hosseini, H. (2025). Ai education in a mirror: challenges faced by academic and industry experts. arXiv preprint arXiv:2505.02856.
- Alom, M. M. & Vijaykumar, R. (2024, July). Digital literacy: a paradigm shift in 21st century. In *21st Century Teaching and Learning in Classrooms* (pp. 99–102). IIP Series. <https://doi.org/10.58532/nbennurctch13>.
- Angkhasakulkiat, R., Puriwat, W. & Hoonsopon, D. (2025). Digital literacy for business performance: a study of entrepreneurs. *HighTech and Innovation Journal*, 6(1), 273–288. <https://doi.org/10.28991/HIJ-2025-06-01-018>.
- Asimakopoulos, G., Hernandez, V. & Pena Miguel, J. (2019). Entrepreneurial intention of engineering students: the role of social norms and entrepreneurial self-efficacy. *Sustainability*, 11(16), 4314.
- Bacq, S., Ofstein, L., Kickul, J., & Gundry, L. (2017). Perceived entrepreneurial munificence and entrepreneurial intentions: a social cognitive perspective. *International Small Business Journal*, 35(5), 639–659. doi:10.1177/0266242616658943.
- Bai, J., Bai, S., Chu, Y., Cui, Z., Dang, K., Deng, X., ... & Zhu, T. (2023). Qwen technical report. *arXiv preprint arXiv:2309.16609*.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: the exercise of control*. New York: Freeman.
- Brynjolfsson, E. & McAfee, A. N. D. R. E. W. (2017). The business of artificial intelligence. *Harvard Business Review*, 7(1), 1–2.
- Chai, Ching & Yu, Ding & King, Ronnel & Zhou, Ying. (2024). Development and Validation of the Artificial Intelligence Learning Intention Scale (AILIS) for University Students. *SAGE Open*. 14. 10.1177/21582440241242188.
- Chandra, J. & Hendayana, Y. (2024). Influence of entrepreneurship education and digital literacy in forming entrepreneurial competence. *Dinasti International Journal of Management Science (DIJMS)*, 5(6), 1154–1161. <https://doi.org/10.38035/dijms.v5i6.2802>.
- Chen, J., Hou, H., Liao, Z. & Wang, L. (2024). Digital environment, digital literacy, and farmers' entrepreneurial behavior: a discussion on bridging the digital divide. *Sustainability*, 16(23), 10220.
- Chonsalasin, D. & Khampirat, B. (2023). The impact of achievement goal orientation, learning strategies, and digital skill on engineering skill self-efficacy in thailand. *IEEE Access*, *11*, 104874–104886. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3318304.
- De Noble, A. F., Jung, D., & Ehrlich, S. B. (1999). Entrepreneurial self-efficacy: the development of a measure and its relationship to entrepreneurial action. *Frontiers of Entrepreneurship Research*, 1999(1), 73–87.
- Egbuka, O., et al. (2024). The impact of digital literacy on economic empowerment of women: a study from owerri, nigeria. *International Journal of Digital Literacy*, 15(2), 134–147.
- Elshaiekh, N. E., Shehata, A., & Al Hosni, N. (2024). Enhancing students' knowledge-based economy skills at sultan qaboos university. *Education Sciences*, 14(11), 1141.
- Gallego Arrufat, M. J., García Martínez, I., Romero López, M. A., & Torres Hernández, N. (2024). Digital rights and responsibility in education: a scoping review.
- Giguashvili, G. (2024). Opportunities of using artificial intelligence in small and medium-sized businesses. *Grail of Science*, 40, 63–69. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.07.06.2024.006>.
- Gindert, M., & Muller, M. L. (2024). The impact of generative artificial intelligence on ideation and the performance of innovation teams (preprint). *arXiv preprint arXiv:2410.18357*.
- Gupta, V. K., & Gupta, A. (2015). Relationship between entrepreneurial orientation and firm performance in large

organizations over time. *Journal of International Entrepreneurship*, 13, 7–27.

- Herman, E. (2018). Innovation and entrepreneurship for competitiveness in the eu: an empirical analysis. In *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, 12(1), 425–435. Sciendo.
- Hidayat, M. T., Ramli, A., & Hasan, M. (2024). The influence of entrepreneurial literacy and digital literacy on business success (a study on smes assisted by the department of cooperatives in biringere village, north sinjai district, sinjai regency). *Transekonomika: Akuntansi, Bisnis dan Keuangan*, 4(5), 936–949.
- Hockerts, K. (2017). Determinants of social entrepreneurial intentions. *Entrepreneurship: Theory and Practice*, 41(1), 105–130. doi:10.1111/etap.12171.
- Hosseininia, G., Ataie, P., & Yaghoubi Farani, A. (2017). An assessment of students' entrepreneurial skills and characteristics and the impact on their entrepreneurial intention: a case of maharat applied science centers. *Iranian Journal of Engineering Education*, 19(73), 25–44. doi:10.22047/ijee.2017.61340.1408 [in Persian].
- Jang, H., & Cho, H.-I. (2023). The moderated mediation effect of social support on the relationship between digital literacy, creative self-efficacy, and creative problem-solving ability of high school students. *The Korean Society for Child Education*. <https://doi.org/10.17643/kjce.2023.32.4.07>.
- Karimi, S. (2020). Mediating role of entrepreneurial self-efficacy and self-perceived employability on the relationship between career adaptability and entrepreneurial intentions of agriculture students. *Quarterly Journal of Research and Planning in Higher Education*, 26(2), 53–76 [in Persian].
- Katyal, S., Lingappa, A. K., & Mathew, A. O. (2024). Influence of creative, social, and practical imaginativeness on self-efficacy and entrepreneurial intention of engineering students. *Creativity Studies*, 17(2), 362–378. <https://doi.org/10.3846/cs.2024.17079>.
- Kim, S., Park, J., & Lee, H. (2019). Examining the moderating role of perceived social support on the relationship between entrepreneurial self-efficacy and entrepreneurial intention among korean university students. *Journal of Asian Business and Management*, 8(1), 45–60. <https://doi.org/10.1234/jabm.2019.0081>.
- Liang, L. (2023). Enhancing social entrepreneurial goals through outcome expectations, perceived social support, and social entrepreneurial self-efficacy: the moderating effects of sustainability orientation. *Social Entrepreneurship Review*.
- Linan, F. & Chen, Y. W. (2009). Development and cross-cultural application of a specific instrument to measure entrepreneurial intentions. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 33(3), 593–617.
- Linan, F., Rodriguez-Cohard, J. C., & Rueda-Cantucho, J. M. (2011). Factors affecting entrepreneurial intention levels: a role for education. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 7(2), 195–218.
- Lopez, A., & Garcia, M. (2018). The role of digital skills and social networks in entrepreneurial intention: a study of spanish university students. *Journal of Small Business Management*, 56(2), 277–290. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12411>.
- Lu, G., Song, Y., & Pan, B. (2021). How university entrepreneurship support affects college students' entrepreneurial intentions: an empirical analysis from china. *Sustainability*, 13(6), 1–25. doi:10.3390/su13063224.
- Martin, A. (2008). Digital literacy and the digital society. In C. Lankshear & M. Knobel (Eds.), *Digital literacies: concepts, policies and practices* (pp. 151–176). Peter Lang.
- Mittal, S., Dhand, S., & Nghiem, X. H. N. (2025). Social support networks and their role in entrepreneurial well-being. *Supporting Psychological and Emotional Wellbeing Among Entrepreneurs* (pp. 319–344). IGI Global
- Mohamad, Z., Alim, N. S. S. M., Rashid, N. K. A., Hassim, N. H. C., Anang, Z., Abdullah, S., & Nasir, A. (2025). The impact of digital entrepreneurial competencies, digital literacy and government support on digital entrepreneurship using regression analysis. *Economics-Innovative and Economics Research Journal*, 13(1)
- Mohseni, A., Mousavi, S. H., & Jamali, M. (2023). The role of entrepreneurship training on students' entrepreneurial attitude and general self-efficiency beliefs. *Quarterly Journal of Research and Planning in Higher Education*, 19(3), 63–80 [in Persian]
- Morande, S., Arshi, T., Gul, K., & Amini, M. (2023). Secure ii: unlocking the potential of artificial intelligence for entrepreneurial success. *Qeios*.

- Morris, M. H., & Kuratko, D. F. (2023). Familiness and innovation outcomes in family firms: the mediating role of entrepreneurial orientation. *Journal of Small Business Management*, 61(4), 1345–1377.
- Mugunzva, F. I. & Manchidi, N. H. (2024). Re-envisioning the artificial intelligence–entrepreneurship nexus: A pioneering synthesis and future pathways. *Insights into Regional Development*, 6(3), 71–84.
- Mulyono, L. A., Soetjipto, B. E., & Hermawan, A. (2023). The relationship between entrepreneurship education and digital literacy on entrepreneurial intention through self-efficacy as an intervening variable. <https://doi.org/10.56442/ieti.v1i3.338>.
- Nabi, G., Linan, F., Fayolle, A., Krueger, N. & Walmsley, A. (2017). The impact of entrepreneurship education in higher education: a systematic review. *Academy of Management Learning & Education*, 16(2), 277–299.
- Nambisan, S., Wright, M., & Feldman, M. (2019). The digital transformation of innovation and entrepreneurship: progress, challenges and key themes. *Research Policy*, 48(8), 103773.
- Neneh, B. N. (2022). Entrepreneurial passion and entrepreneurial intention: the role of social support and entrepreneurial self-efficacy. *Studies in Higher Education*, 47(3), 587–603.
- Ndofirepi, T. M., Rambe, P. & Dzansi, D. Y. (2018). The relationship among technological creativity, self-efficacy and entrepreneurial intentions of selected South African university of technology students. *Acta Commercii*, 18(1), 1–14.
- Newman, A., Le, H., North–Samardzic, A., & Cohen, M. (2019). Examining the dark side of entrepreneurial self-efficacy: investigating a moderated mediation model. *Journal of Business Venturing Insights*, 11, e00123.
- Nowinski, W., Haddoud, M. Y., Lancaric, D., Egerova, D., & Czegledi, C. (2017). The impact of entrepreneurship education, entrepreneurial self-efficacy and gender on entrepreneurial intentions of university students in the visegrad countries. *Studies in Higher Education*, 44(2), 361–379. doi:10.1080/03075079.2017.1365359.
- Obschonka, M., & Audretsch, D. B. (2020). Artificial intelligence and big data in entrepreneurship: a new era has begun. *Small Business Economics*, 55(3), 529–539.
- OECD. (2023). *Digital literacy and the future workforce: skills for success in the digital economy*. OECD Publishing.
- Owunna, R., Alias, S. N., & Ajobi, A. O. (2024). Influence of Self-Efficacy and Social Support on Entrepreneurial Behavior among Universiti Putra Malaysia undergraduate Students. *International Journal of Academic Research in Business & Social Sciences*, 14(11). <https://doi.org/10.6007/ijarbs/v14-i11/23736>.
- Park, M., Choi, Y., & Kim, D. (2021). The conditional effect of social support on the entrepreneurial intention–behavior link: evidence from south korean student entrepreneurs. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 27(4), 819–838. <https://doi.org/10.1108/IJEER-10-2020-0654>.
- Rahimi Klour, H., & AkbariArbatan, G. (2023). Analyzing the challenges and opportunities of artificial intelligence on the development of entrepreneurship and the growth of start-up businesses. *Sciences and Techniques of Information Management*, 9(4), 205–232. doi:10.22091/stim.2023.9411.1952. [in Persian].
- Razzaghi, Mohammad; Balouch, Salim & Mohajeran, Behnaz (2022). The role of knowledge management and digital literacy in job performance: The variable contribution of organizational learning. *Sciences and Techniques of Information Management*, 8(1): 359–392. DOI: 10.22091/stim.2020.5816.1423.
- Rezaei, M. (2019). The relationship between entrepreneurial self-efficacy and entrepreneurial intention of agricultural students at university of tarbiat modarres. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 50(2), 409–419. doi:668669.267959.2019ijaedr/22059.10. [in Persian].
- Rosienkiewicz, M., Helman, J., Cholewa, M., Molasy, M., Gorecka, A., Kohen–Vacs, D., ... & Benis, A. (2024). Enhancing technology-focused entrepreneurship in higher education institutions ecosystem: implementing innovation models in international projects. *Education Sciences*, 14(7), 797.
- Saeedi, H., & Bahmani, M. (2023). The impact of digital entrepreneurship and entrepreneurial orientation on family business intentions with artificial intelligence adoption: the mediating role of business innovation. *Proceedings of the 15th National Conference on Management Research and Humanities in Iran*. Tehran, Iran. Retrieved from <https://civilica.com/doc/1815792>. [in Persian].

- Sariyatun, Sutimin, A., & Abidin, N. F. (2025). The role of social support in moderating the impact of digital literacy and metacognitive skills on self-efficacy among students. *EduPLIJ*, 14(78), Article e2025078. <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.14.78>.
- Setiawan, J. L. (2014). Examining entrepreneurial self-efficacy among students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 115, 235-242. doi:10.1016/j.sbspro.2014.02.431.
- Saoula, O., Shamim, A., Ahmad, M. J. & Abid, M. F. (2023). Do entrepreneurial self-efficacy, entrepreneurial motivation, and family support enhance entrepreneurial intention? The mediating role of entrepreneurial education. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 17(1), 20-45.
- Solesvik, M. Z. (2017). A cross-national study of personal initiative as a mediator between self-efficacy and entrepreneurial intentions. *Journal of East-West Business*, 23(3), 215-237. doi:10.1080/10669868.2017.1306821.
- Statistical Center of Iran. (2023). Unemployment rate of university graduates. Retrieved from <https://www.amar.org.ir>. [in Persian].
- Tennakoon, W. D. N. S. M., Amarathunga, P. A. B. H., Dilshani, A. K. D. N., Praveeni, S. M. N. & Lasanthika, W. J. A. J. M. (2023). Determinants of Employee Transition to Entrepreneurship: A Test of Theory of Planned Behavior and the Dualistic Model of Passion. *MENTOR The Journal of Business Studies*, 7(2), 57-71.
- Tang, L., Lin, Q., Luo, X., Li, Y. & Lu, M. (2025). The role of AI and entrepreneurial ecosystem in shaping students' digital entrepreneurship intentions: evidence from a multi-group analysis. *Asia Pacific Journal of Education*, 1-25
- Trabelsi, M. A. (2024). The impact of artificial intelligence on economic development. *Journal of Electronic Business & Digital Economics*, 3(2), 142-155.
- Tsai, C. Y., Chen, Y. A., Hsieh, F. P., Chuang, M. H. & Lin, C. L. (2024). Effects of a programming course using the GAME model on undergraduates' self-efficacy and basic programming concepts. *Journal of Educational Computing Research*, 62(3), 482-504.
- Udekwe, E. & Iwu, C. G. (2024). The nexus between digital technology, innovation, entrepreneurship education, and entrepreneurial intention and entrepreneurial motivation: a systematic literature review. *Education Sciences*, 14(11), 1211
- Van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M. & de Haan, J. (2020). The relation between 21st-century skills and digital skills: a systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, 116, 106613. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106613>
- Wamba-Taguimdje, S. L., Wamba, S. F., Kamdjoug, J. R. K. & Wanko, C. E. T. (2020). Influence of artificial intelligence (ai) on firm performance: the business value of ai-based transformation projects. *Business Process Management Journal*, 26(7), 1893-1924.
- World Economic Forum. (2023). The future of jobs report 2023. Geneva: World Economic Forum
- Younis, A., Xiaobao, P., Nadeem, M. A., Kanwal, S., Pitafi, A. H., Qiong, G. & Yuzhen, D. (2021). Impact of positivity and empathy on social entrepreneurial intention: the moderating role of perceived social support. *Journal of Public Affairs*, 21(1), e2124. doi:10.1002/pa.2124.
- Zarkua, T., Heijman, W., Benesova, I. & Krivko, M. (2025). Entrepreneurship as a driver of economic development. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 13(1), 61-77
- Zhang, P. & Cain, K. W. (2017). Reassessing the link between risk aversion and entrepreneurial intention: the mediating role of the determinants of planned behaviour. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 23(5), 793-811. doi:10.1108/ijeb-08-2016-0248.
- Zimet, G. D., Dahlem, N. W., Zimet, S. G. & Farley, G. K. (1988). The multidimensional scale of perceived social support. *Journal of Personality Assessment*, 52(1), 30-41. https://doi.org/10.1207/S15327752JPA5201_2.
- Zulkeflee, Z. & Ismail, N. (2020). Institutional support and entrepreneurial intention: a comparative analysis among Malaysian and Indonesian students. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 12(3), 345-362. <https://doi.org/10.1108/JEEE-02-2020-0034>.



◀ **انور حاجی زاده:** دانشجوی دکتری مدیریت آموزشی دانشگاه ارومیه است و در حوزه‌های مدیریت و رهبری آموزشی و تأثیر فناوری‌های نوظهور بر اشتغال و فرایندهای یاددهی یادگیری به پژوهش می‌پردازد.



◀ **محمد حسینی:** دارای دکترای رشته مدیریت آموزشی از دانشگاه دیوون فرانسه و استادتمام دانشگاه ارومیه است. حوزه پژوهشی ایشان مدیریت و برنامه‌ریزی آموزشی است.



◀ **ناصر شیرگی:** دارای دکترای تخصصی مدیریت آموزشی از دانشگاه پنجاب. چندین‌بار هندوستان و استادتمام دانشگاه کردستان است. علائق پژوهشی ایشان مدیریت آموزشی، توسعه حرفه‌ای معلمان و بهبود فرایندهای یاددهی و یادگیری در محیط‌های آموزشی است.

کار گروهی مؤثر بر آموزش مهندسی: تأثیر آن بر خلاقیت، همیاری و یادگیری دانشجویان

بهزاد بیگ پوریان^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۷

DOI: 10.22047/ijee.2025.508342.2157

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.2.6

چکیده: مؤسسات اعتبارسنجی آموزش مهندسی معتبر دنیا بر کسب مهارت کار گروهی مؤثر، همیاری و خلاقیت بالا در دانشجویان مهندسی تأکید صریح دارند. با این حال، تاکنون درخصوص کار گروهی مؤثر بر آموزش مهندسی و تأثیر آن بر خلاقیت و همیاری دانشجویان پژوهش نشده است. پژوهش حاضر چارچوبی را بر مبنای مدل نظری و تحقیقات پیشین طراحی کرده است که روش کار گروهی مؤثر را در کلاس‌های مهندسی نشان می‌دهد. همچنین، برای ارزیابی تأثیر الگوی کار گروهی مؤثر، سه گروه آزمایشی را در کلاس‌های درس مهندسی مطالعه می‌کند: گروه یکم، در فعالیتی فردی طرحی کلاسی را اجرا کرده است؛ گروه دوم، فعالیت را به صورت گروهی، بدون استفاده از توصیه‌های کار گروهی مؤثر، اجرا کرده است؛ و گروه سوم، با کمک چارچوب پیشنهادی کار گروهی مؤثر را تجربه کرده است. در نهایت، نمره خلاقیت، همیاری کلاسی و یادگیری دانشجویان با کمک روش تحلیل واریانس مقایسه و مشخص شده است که در صورت استفاده از کار گروهی خلاقیت، همیاری و یادگیری دانشجویان افزایش می‌یابد و اگر کار گروهی به شکل مؤثر انجام پذیرد خلاقیت و همیاری دانشجویان بیشتر هم می‌شود.

واژگان کلیدی: کار گروهی، پویایی گروه، خلاقیت، آموزش مهندسی، تشکیل گروه

۱. مقدمه

آموزش مهندسی نوین به دنبال ایجاد تحول در برنامه‌های درسی مهندسی و افزایش مهارت‌های حرفه‌ای^۱ است. همچنین، مطابق پژوهش‌های معتبر در رشته‌های گوناگون، بهترین روش یادگیری مفاهیم مهندسی اجرای پروژه یا حل مسئله در بستر فعالیت دانشجویی گروهی مؤثر است (Baker et al., 2005; Picard et al., 2022). درک مفهوم کار گروهی مؤثر^۲ نیازمند شناخت دقیق ارکان کار گروهی است. امروزه، دانش وسیعی در حوزه آموزش مهندسی و دیگر حوزه‌ها درباره این ارکان وجود دارد. نخستین گام در کار گروهی تشکیل گروه^۳ است. دوم، اعضای گروه می‌بایست با یکدیگر ارتباط مؤثر^۴ داشته باشند. مهارت هدایت گروه^۵ و همچنین گوش دادن مؤثر به فردی که قصد هدایت گروه را دارد، مهارت ارزیابی خود و دیگر اعضای گروه^۶، توانایی بازخورد^۷ مناسب دادن به هم‌گروهی‌های خود، توانایی ایده‌پردازی^۸، مهارت مدیریت اختلافات^۹ بین اعضای گروه، مهارت رفع مشکل مهندسی^{۱۰} و توانایی فراهم کردن محیطی امن برای مشارکت اعضا^{۱۱} از جمله مهارت‌های ضروری برای داشتن کار گروهی مؤثرند. در مقاله حاضر، با بررسی مدل نظری کار گروهی مؤثر و تکیه بر علم روز آموزش مهندسی در این حوزه، مدلی برای انتخاب روش تدریس مناسب کار گروهی پیشنهاد می‌شود. سپس، اثربخشی مدل پیشنهادی در چند کلاس درس مهندسی بررسی و در نهایت پیشنهادها تقویت روش‌های تدریس برای پیشبرد کارهای گروهی در کلاس‌های مهندسی مطرح می‌شود.

۲. تعریف مسئله و اهمیت پژوهش

امروزه، آموزش مهندسی نوین، با توجه به اهمیت کار گروهی^{۱۳} در حوزه صنعت، کار گروهی را در کلاس‌های مهندسی ضروری می‌داند. شورای ارزشیابی مهندسی و فناوری^{۱۴} در آمریکا به روشنی تأکید می‌کند که فارغ‌التحصیلان رشته آموزش مهندسی می‌بایست توانایی کار در گروه‌های متشکل از فارغ‌التحصیلان رشته‌های متفاوت را داشته باشند (ABET, 2024). طبق شورای ارزیابی مهندسی در استرالیا^{۱۵} و اروپا، فارغ‌التحصیلان مهندسی می‌بایست نحوه عضو مؤثر گروه بودن و رهبری گروه را بیاموزند (ENAE, 2008; Engineers Australia, 2013). امروزه، در صنعت، گروه‌های مهندسی وظیفه دارند محصولاتی خلاقانه، مطابق با نیاز جامعه و جهان، طراحی و تولید کنند که مستلزم داشتن توانایی همکاری مؤثر با افراد گوناگون در گروه است (Ford & Sterman, 2003). کار گروهی در کلاس‌های درس به شکل آموزش گروهی یا حرفه‌ای از اجرای پروژه عملی در طول ترم تحصیلی است

1- Professional skills

4- Effective communication

7- Feedback

10- Problem solving

13- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)

2- Teamwork effectiveness

5- Team leadership skill

8- Idea generation

11- Psychological safety

3- Team formation

6- Peer evaluation

9- Conflict management

12- Teamwork

14- Engineers Australia

(Krishnan et al., 2011; Millis & Philip G. Cottell, 1998). به هر حال، بودن عضوی مؤثر در گروه و داشتن کارایی بالا آسان نیست و به آموزش تخصصی در این زمینه نیاز است. این آموزش تخصصی در کلاس های درس مهندسی، به ویژه در سال اول و سال پایانی دوره کارشناسی مهندسی، می بایست در تلفیق با پروژه طراحی مهندسی صورت پذیرد (Leonardi et al., 2009; Steiner & Kanai, 2016). آموزش تخصصی کار گروهی شامل آموزش دانش کار گروهی، مهارت های مربوط به گروه و شناخت فرایند گروه است. برای آموزش تخصصی کار گروهی، در گام نخست، جامعه مهندسی ایران نیاز به درک صحیح و کامل مفهوم کار گروهی مؤثر دارد. بعد از این درک صحیح، می توان این مهارت را در کلاس های درس آموزش داد. از آنجایی که درک صحیح کار گروهی مؤثر نیازمند الگویی مشخص است که چنین الگویی تاکنون در کلاس های درس مهندسی در ایران طراحی نشده است، پژوهش حاضر ضروری به نظر رسید؛ پژوهشی که با طرح راهکار و الگوی کار گروهی مؤثر نوآوری ای در پژوهش آموزش مهندسی ایران خواهد بود.

۳. ادبیات و پیشینه تحقیق

عوامل گوناگونی بر کار مؤثر گروهی تأثیر گذارند (Kimpton & Maynard, 2025). در بخش حاضر، ابتدا به تحقیقات مرتبط با کار گروهی مؤثر بر آموزش مهندسی در زمینه تشکیل گروه، ارزشیابی همتا، پویایی گروه و آموزش کار گروهی می پردازیم؛ سپس، تحقیقاتی را مرور می کنیم که خلاقیت، تعامل و یادگیری را در کار گروهی بررسی کرده اند و آنگاه دلیل و اهمیت پُرکردن خلأ این پژوهش را در آموزش مهندسی ایران شرح می دهیم.

۳-۱. تشکیل گروه

نحوه انتخاب افراد گروه یا، به عبارتی، تشکیل گروه نخستین و مهم ترین مرحله به کارگیری گروه در کلاس های درسی است. افراد گروه انتظارات، نگرش ها، شخصیت ها و به طور خلاصه مشخصات فردی متفاوتی دارند. در واقع، در صورت رعایت نکردن نکات علمی در هنگام تشکیل گروه (حتی اگر از بهترین دانشجویان کلاس تشکیل شده باشد). این گروه کارایی بالایی نخواهد داشت (Godwin et al., 2017; Felder et al., 2002). عملکرد گروه هایی که اعضای کمتری دارند به مراتب بهتر از گروه های پُرجمعیت است و بهترین اندازه گروه را در کلاس های درسی سه تا پنج دانشجویی می بینیم (Griffin et al., 2004). تشکیل گروه روش های گوناگونی دارد که عبارت اند از: انتخاب تصادفی، گروه ساخته شده با انتخاب خود دانشجویان، گروه ساخته شده با انتخاب استاد، انتخاب گروه با کمک نرم افزارهای تشکیل گروه یا ترکیبی از روش های موجود (Parker et al., 2019). هر کدام از این روش ها مزایا و معایب خاص خود را دارد؛ برای مثال، تشکیل گروه توسط انتخاب خود دانشجویان آسان ترین راه انتخاب گروه است و دانشجویان هم گروهی هایی را انتخاب می کنند که به راحتی با آنان کار کنند

یا از مشخصات فردی آنان اطلاع دقیقی داشته باشند. این روش باعث می‌شود دانشجویان در اجرای پروژه مسئولیت‌پذیری بیشتری داشته باشند (Steiner & Kanai, 2016). با این حال، این روش معایب فراوانی دارد؛ برای نمونه، با استفاده از این روش ساختار گروه بسیار همگن می‌شود و دانشجویان کمتر دچار چالش می‌شوند یا ممکن است شاهد گروه‌هایی بسیار قوی در کلاس باشیم درحالی‌که دانشجویان ضعیف‌تر در گروه‌های سطح پایین تری قرار می‌گیرند. بهترین روش تشکیل گروه استفاده از نرم‌افزارهای تشکیل گروه است. این نرم‌افزارها، با توجه به مشخصات دانشجو، از جمله جنسیت، زبان و سطح علمی او، یا استفاده از الگوریتم‌هایی که برپایه علم بنا شده‌اند، بهترین ترکیب تشکیل گروه را نشان می‌دهند (Layton et al., 2010). فارغ از انتخاب هرگونه روش تشکیل گروه، با توجه به تحقیقات متعدد درخصوص انواع تشکیل گروه، توصیه می‌شود قبل از انتخاب هر روش از مزایا و معایب آن به خوبی اطلاع حاصل کنید.

۲-۳. ارزشیابی همتا

ارزشیابی همتا و ارزشیابی خود باعث مشارکت منصفانه همه دانشجویان در گروه می‌شود و امکان بهانه‌جویی بعضی از اعضای گروه را در انجام‌ندادن کار کاهش می‌دهد. آلبافورس و ریوس (Alba-Flores & Rios, 2019) با مطالعه گروه‌های دانشجویی مهندسی در سال آخر نشان داده‌اند که بررسی کار دانشجویان توسط همتایان مهارت ارتباطی و عملکرد دانشجویان را می‌افزاید. علاوه بر این، آنان متوجه شده‌اند که استفاده از ارزشیابی همتا مهارت ارائه، تفکر انتقادی، انگیزه و یادگیری دانشجویان را افزایش می‌دهد. پژوهشی دیگر نتایج مشابهی به دست آورده است: یادگیری پروژه مهندسی با استفاده از ارزشیابی همتا تسهیل می‌شود و مهارت ارتباط بین فردی دانشجویان را می‌افزاید (Cinar & Bilgin, 2009). به هر حال، استفاده از ارزشیابی همتا با چالش‌هایی روبه‌روست. در پژوهشی در استرالیا، محققان آموزش مهندسی متوجه شدند دانشجویان بین‌المللی نمره‌های بهتری به خود و دیگران می‌دهند درحالی‌که رویکرد دانشجویان بومی در ارزشیابی دانشجویان بین‌المللی سختگیرانه‌تر است (Cinar & Bilgin, 2011). لئوناردی و همکاران (Leonardi et al., 2009)، بعد از پژوهش روی دانشجویان سال اول مهندسی، دریافتند که، به دلیل آموزش کار گروهی نامؤثر، دانشجویان خودشان را ماهرتر و داناتر از دیگر اعضای گروه می‌بینند که این سبب می‌شود دانشجویان ضعیف‌تر مهندسی نمره‌ای بالاتر از نمره واقعی‌شان به خود بدهند که نشان از درک ناقص آنان از کار گروهی مؤثر دارد (Beigpourian, 2020; Minz & Saluja, 2023).

۳-۳. پویایی گروه و آموزش کار گروهی

پویایی گروه‌های دانشجویی، مانند رضایت گروهی، اعتماد، مدیریت تضاد و پیوستگی، تأثیر مستقیم بر مؤثر بودن کار گروهی دارد و کاربرد آن در آموزش مهندسی توصیه شده است (Borrego et al., 2013). برای

مثال، وابستگی گروه عبارت است از وابستگی اعضای آن به یکدیگر در فرایند پروژه و رسیدن به هدف (Guzzo & Shea, 1992). افزایش وابستگی در گروه منجر به افزایش اعتماد اعضای گروه (Verhagen et al., 2024) و بهره‌وری بیشتر در گروه (Jiang et al., 2024) می‌شود. امنیت روانی، به معنی حس امنیت در بیان ایده و ترس نداشتن از شکست پروژه، سبب افزایش یادگیری گروه‌ها می‌شود (Jiang et al., 2024) و استفاده از آن در کلاس‌های درسی مهندسی توصیه شده است (Huerta et al., 2024). امنیت روانی در گروه باعث می‌شود عملکرد دانشجویانی که در گروه منزوی شده‌اند بهبود یابد (Beigpourian & Ohland, 2024).

پیوستگی و اعتماد دو عامل مهم دیگر در پویایی گروه‌ها هستند که اعضای گروه را به صورت یک واحد هماهنگ کنار هم نگه می‌دارد و اعضای گروه در اجرای پروژه به یکدیگر اعتماد می‌کنند (Borrego et al., 2013). هنگامی که احتمال می‌رود پیوستگی و اعتماد در گروه به دلیل تضاد دچار اختلال شود، آموزش مدیریت حل اختلاف در اختلاف‌های شخصیتی یا راهبرد مناسب تصمیم‌گیری در زمان اختلاف نظر گروه‌های دانشجویی مهندسی را از بحران عبور می‌دهد و اعضای گروه را کنار یکدیگر نگه می‌دارد (Strenger et al., 2020; Ryan et al., 2023). همچنین هرگونه آموزش کار گروهی مؤثر در از بین بردن برداشت اشتباه دانشجویان مهندسی از نحوه کار گروهی و اصلاح رفتارهای غلط، از جمله نحوه صحیح هدایت گروه برای افزایش پویایی آن، ضروری است (Leonardi et al., 2009; Edmondson & Harvey, 2025; Beigpourian et al., 2019).

۳-۴. خلاقیت، تعامل و یادگیری در گروه

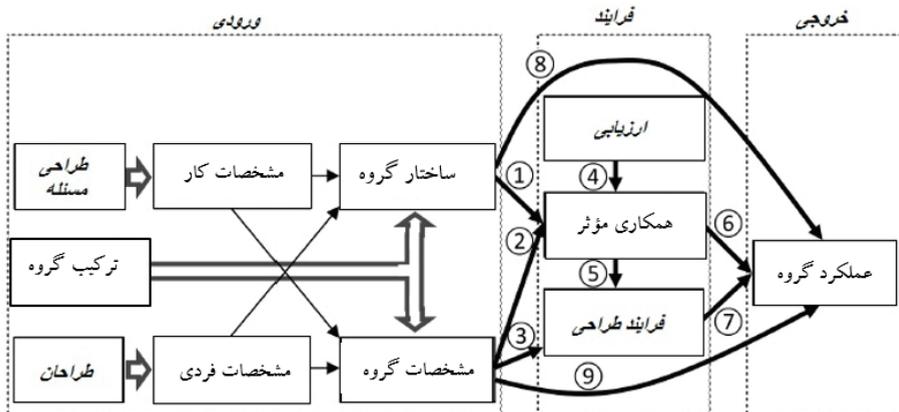
مؤسسات ارزشیابی و اعتبارسنجی آموزش مهندسی دنیا بر افزایش خلاقیت و همیاری دانشجویان مهندسی در اجرای پروژه‌های گروهی تأکید دارند (ABET, 2024). امروزه، حل بسیاری از چالش‌ها و مسائل مهندسی نیازمند نوآوری است. برای تحقق این امر، دانشگاه‌ها می‌بایست به نحو فعالیت‌های درسی را برنامه‌ریزی کنند که خلاقیت دانشجویان رشد یابد و گرنه مهندسان قادر به حل مسائل موردنیاز جامعه نخواهند بود (Cropley, 2015). بدین منظور، (Badran, 2007) به بررسی راهبردی سیستمی برای طراحی و افزودن درس‌هایی در مهندسی با هدف افزایش نوآوری دانشجویان مهندسی پرداخته است. همچنین خلاقیت بهتر است در یک محیط همیارانه گروهی بین‌رشته‌ای به دانشجویان آموزش داده شود تا بیشتر با محیط دنیای واقعی کار شبیه باشد (Gunawan et al., 2024).

هرچندکه پژوهش‌های پراکنده‌ای به بررسی خلاقیت و همیاری در آموزش مهندسی پرداخته‌اند و وجود پژوهشی که نشان دهد استفاده از الگوی کار گروهی مشخص تأثیری بر افزایش خلاقیت، همیاری و یادگیری دانشجویان مهندسی دارد ضروری به نظر می‌رسد. پژوهش پیش رو، با پیشنهاد چارچوبی برمبنای مدل نظری ارائه‌شده و تحقیقات پیشین، سعی در پرکردن این خلأ پژوهشی دارد.

۴. مدل نظری پژوهش

مدل‌های متنوعی برای ارزیابی مؤثر بودن گروه‌های مهندسی وجود دارد که اغلب از سه بخش ورودی، فرایند و خروجی تشکیل شده‌اند. این مدل‌ها به تازگی در آموزش کارگروهی در کلاس‌های طراحی مهندسی به کار گرفته شده‌اند. هرچند از نظر ساختار کلی شباهت زیادی به هم دارند اما تفاوت آنها در اجزای متفاوت هر بخش و همچنین نحوه ارتباط بخش‌ها با یکدیگر است (Hackman, 1987; McGrath, 1964; Takai & Esterman, 2019; Tannenbaum et al., 1992; Tucker et al., 2014). در ادامه، یکی از این مدل‌ها را که در کلاس‌های طراحی مهندسی کاربرد دارد معرفی می‌کنیم.

در این مدل همان‌گونه که در شکل ۱ مشخص است، روابط منطقی بین سه بخش ورودی، فرایند و خروجی وجود دارد. بخش ورودی از سه قسمت طراحی مسئله، ترکیب گروه و طراحان تشکیل شده است. در قسمت «طراحی مسئله»، نخستین گام در نظر گرفتن مشخصات کاری است که گروه می‌بایست به صورت جمعی به آن بپردازد. این مشخصات شامل نوع و پیچیدگی کار طراحی می‌شود. نوع طراحی ممکن است میزان نوآوری محصول باشد و پیچیدگی عبارت است از سختی کار طراحی و تعداد رشته‌هایی که برای اجرای پروژه ضروری هستند. برای مثال، پیچیدگی طرحی که تنها نیاز به مهندسان مکانیک دارد کمتر از طرحی است که نیازمند علم مهندسی برق و علم مهندسی مکانیک است. بعد از بررسی مشخصات کار، نوبت به ساختار کار می‌رسد. اگر اعضای گروه به شکلی مشابه موافق اهمیت کار طراحی مورد نظر باشند گروه‌های طراحی ساختاری خوب خواهند داشت. در قسمت طراحان، دو گزینه مشخصات فردی و مشخصات گروهی را داریم. مشخصات فردی عبارت است از تمایلات فردی در خصوص نحوه اجرای پروژه، مشخصات رفتاری اعضای گروه و نحوه ارتباط اعضای گروه. اعضای گروه دارای تمایلات متفاوتی هستند؛ برخی ترجیح می‌دهند پروژه را به بخش‌های گوناگون تقسیم کنند و هر فرد بخش مورد نظر را به سرانجام برساند؛ افرادی هم تمایل دارند تمام کار را همه اعضای گروه به شکل یکپارچه به انجام رسانند. علاوه بر این، دانش، مهارت، توانایی، انگیزه، نحوه نگرش، شخصیت و الگوی فکری از دیگر مشخصات فردی مهم اعضای گروه است. مشخصات گروه نیز در واقع وابسته به ترکیب مشخصات فردی است و برای داشتن کارگروهی مؤثر ترکیبی خوب از اعضای گروه ضروری است به نحوی که تعادل بین مشخصات اعضا برقرار باشد و همانند گروه واحد عمل کنند. بخش فرایند نیز شامل ارزیابی گروه حین کارگروهی، همکاری مؤثر اعضای گروه (به گونه‌ای که همه اعضا در اجرای پروژه مشارکت کنند و همگی از امنیت فکری برای ایده‌پردازی برخوردار باشند) و فرایند طراحی است. آخرین بخش نیز عملکرد گروه است. این بخش ممکن است ترکیبی از میزان موفقیت پروژه، میزان خلاقیت در محصول طراحی شده و میزان رضایت اعضای گروه باشد (Takai & Esterman, 2019).



شکل ۱. مدل کار گروهی مؤثر (برگرفته از: Takai & Esterman, 2019)

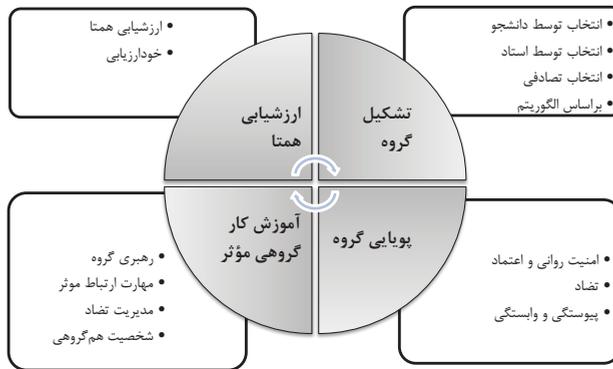
گروه زمانی کارایی بالا خواهد داشت که هر بخش مدل به خوبی کار کند و ارتباط خوبی بین بخش‌های گروه برقرار باشد. علاوه بر این، در پژوهش‌های آموزش مهندسی، به منظور داشتن گروه مؤثر، بر اهمیت تشکیل گروه، رفع مشکلات گروه، رهبری گروه، ارزیابی هم‌گروهی، ارتباط مؤثر اعضا در گروه، عملکرد گروه و انطباق پروژه با واقعیت تأکید شده است.

۴-۱. مدل پیشنهادی برای کار گروهی

براساس مدل گروهی مؤثر تاکای و استرمن (Takai & Esterman, 2019) که در پیشینه تحقیق بدان اشاره شد، بررسی کلی داده‌های وب‌افزار داده‌های گروهی CATME^۱ (که استادان مهندسی در سرتاسر دنیا از آن برای کار گروهی کلاسی خود استفاده می‌کنند.) و نیز دیگر مقالات معتبر آموزش مهندسی در حوزه کار گروهی، مدل شکل ۲ برای انتخاب روش تدریس مناسب کار گروهی پیشنهاد می‌شود. این چارچوب پیشنهادی، با الهام‌گرفتن از مدل نظری ارائه شده، انتخاب راهبرد مناسب در زمان تشکیل گروه را ورودی مناسب در نظر گرفته است و مدیریت پویایی گروه، ارزشیابی هم‌تا و آموزش کار گروهی مؤثر را برای فرایند گروهی مؤثر قوی پیشنهاد می‌دهد.

برطبق مدل پیشنهادی شکل ۲، زمانی استاد در درس مهندسی انتظار عملکرد مؤثر از گروه‌های دانشجویی خواهد داشت که راهبرد وی برای تشکیل گروه، ارزشیابی هم‌تا، پویایی گروه و آموزش کار گروهی مؤثر مناسب باشد. این مدل پیشنهادی به‌پشتوانه تحقیقات متعدد در حوزه آموزش مهندسی دانشگاه‌های معتبر دنیا طراحی شده است که تأکید می‌کنند کار گروهی بدون آموزش سبب پرورش

روش‌های غلط کار گروهی در دانشجویان می‌شود (Leonardi et al., 2009). همچنین نادیده‌گرفتن پویایی گروه‌ها به انزوای برخی از دانشجویان (Beigpourian & Ohland, 2024)، همکاری نکردن برخی از آنان در کارهای گروهی (Layton et al., 2010) و از بین رفتن اعتماد دانشجویان می‌انجامد (Schaubroeck et al., 2011). براساس این مدل، هرچه استادان در روش تدریس خود تدابیر بیشتری برای نکات یادشده داشته باشند انتظار عملکرد بالاتر و کار گروهی مؤثرتری از گروه‌های دانشجویی مهندسی خود خواهند داشت.



شکل ۲. مدل پیشنهادی کار گروهی در کلاس‌های مهندسی

۵. روش‌شناسی

۵-۱. سؤال پژوهشی

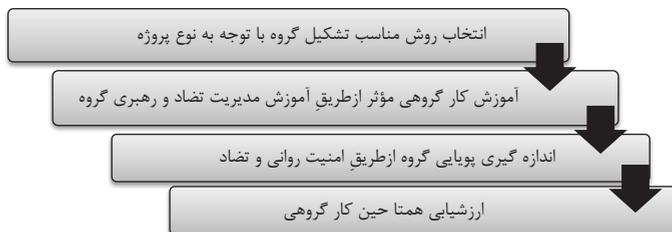
هدف پژوهش حاضر بررسی اثربخشی مدل پیشنهادی کار گروهی مؤثر در کلاس‌های درس مهندسی است. بنابراین، پرسش پژوهشی ما عبارت است از: بین ۱. گروهی که یادگیری آن در بستر فعالیت فردی است و ۲. گروهی که یادگیری آن در بستر کار گروهی است (بدون کنترل مؤثر بودن فعالیت گروهی) و ۳. گروهی که یادگیری آن در بستر فعالیت گروهی مؤثر انجام می‌گیرد،

- آیا تفاوت معناداری در میزان خلاقیت دانشجویان مهندسی وجود دارد؟
- آیا تفاوت معناداری در میزان یادگیری مفاهیم درسی دانشجویان مهندسی وجود دارد؟
- آیا تفاوت معناداری در میزان مهارت همیاری در فعالیت مشارکتی دانشجویان مهندسی وجود دارد؟

۵-۲. شرکت‌کنندگان در پژوهش

شرکت‌کنندگان در پژوهش حاضر دانشجویان مهندسی یکی از دانشگاه‌های برتر و مادر ایران هستند. در کل، ۱۲۰ دانشجوی رشته‌های مهندسی و سال‌های تحصیل متفاوت در این مطالعه شرکت کرده‌اند. بدین دلیل که پژوهش حاضر آزمایشی به روش تحلیل واریانس در جامعه‌ای بسیار محدود است، این

تعداد نمونه برای چنین آزمایشی کافی است (Tang, 1938). پژوهش در کلاس فنی مهارتی صورت گرفته است و دانشجویان در گروه‌های ۳ تا ۵ نفره به تمرینات پاسخ باز درک مفاهیم سه‌بعدی نقشه‌کشی صنعتی پرداخته‌اند. دانشجویان در سه گروه تقسیم شده‌اند که نوع درس، استاد درس، زمان تدریس و همه عوامل مؤثر ثابت در نظر گرفته شده‌اند. تنها تفاوت سه گروه در میزان استفاده از مدل پیشنهادی گروهی مؤثر بر کلاس درس است. در گروه اول، هیچ‌گونه فعالیت گروهی در نظر گرفته نشده است و دانشجویان به صورت فردی تمرین کرده‌اند؛ برای گروه دوم از گروه استفاده شده است اما از مدل پیشنهادی استفاده نشده است و، در نهایت، در گروه سوم نه تنها از فعالیت گروهی استفاده شده بلکه از مدل پیشنهادی نیز برای افزایش کیفیت روش تدریس استفاده شده است به گونه‌ای که درباره پویایی گروه‌ها با دانشجویان صحبت شده و برخی مفاهیم مهم، همچون امنیت روانی و تضاد و رهبری، آموزش داده شده است. همچنین در تشکیل گروه‌ها دقت به عمل آمده است تا تنوع گروه‌ها از نظر مهارت دانشجویان بالا برود و گروه‌ها در کلاس از این نظر تا حدی برابر باشند. همچنین از آنها خواسته شد تا دیدگاه خود را درباره هم‌گروهی‌هایشان بیان کنند. شکل ۳ مراحل استفاده از مدل نظری این پژوهش در گروه سوم را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۳. مراحل کار گروهی مؤثر در گروه آزمایشی سوم

۳-۵. روش تحلیل داده

پژوهش حاضر پژوهشی آزمایشی است که در آن از دو روش کیفی و کمی استفاده شده است. در گام نخست، با استفاده از روش کیفی، نمرات دانشجویان در خلاقیت، یادگیری مفاهیم درسی و همیاری در نظر گرفته شده است. سپس، با روش کمی تحلیل واریانس یک طرفه^۱ بین گروه‌های آزمایشی، تأثیر اجرای این مدل پیشنهادی مقایسه شده است. در روش کیفی، برای اندازه‌گیری خلاقیت و یادگیری مفاهیم درسی، از روش تحلیل مضمون^۲ استفاده شده است. برای افزایش دقت داده‌ها، از نمره میانگین قضاوت دو داور متفاوت استفاده شده است. همچنین از روش مشاهده برای جمع‌آوری داده‌های موردنیاز از میزان همیاری دانشجویان با یکدیگر استفاده شده است. برای اندازه‌گیری همیاری نیز، یک

فعالیت مشارکتی به دانشجویان داده و میزان همیاری آنان با یکدیگر با روش مشاهده اندازه‌گیری شده است. با توجه به تأکید منابع آموزشی به استفاده از معیارهای استاندارد برای سنجش عادلانه (Reddy & Andrade, 2010)، برای اندازه‌گیری میزان خلاقیت دانشجویان از چندین معیار دربارهٔ میزان ایده‌های مطرح‌شده، کیفیت ایده‌ها و کاربردی بودن آنها استفاده شده است. برای اندازه‌گیری همیاری نیز، با توجه به تأکید منابع معتبر آموزش مهندسی در حوزهٔ کار گروهی، از معیارهای رفتاری مؤلفهٔ همیاری تیمی گروه پژوهشی CATME در دانشگاه پردو^۱ بهره گرفته شده است (Beigpourian et al., 2020). برای اطمینان از پایایی و روایی این پژوهش، هرچند از روش‌های ارزشیابی معتبر در حوزهٔ آموزش مهندسی استفاده شده است، برای تقویت قدرت این تحقیق از روش روایی صوری نیز استفاده شده است و چندین متخصص آموزش مصنوعی این روش‌های ارزشیابی را بررسی و تأیید کرده‌اند.

در نهایت، در روش کمی برای تحلیل واریانس یک طرفه از سه گروه آزمایشی استفاده و نمرهٔ خلاقیت، یادگیری مفاهیم و تعامل این سه گروه با یکدیگر مقایسه شده است. روش تحلیل واریانس که به تحلیل جامعه‌های آماری از طریق مقایسهٔ گروه‌ها می‌پردازد روش مناسب این بخش است. سه تحلیل واریانس یک طرفه انجام شده است که به ترتیب خلاقیت، یادگیری و تعامل به‌عنوان متغیر وابسته انتخاب شده‌اند. (برای هر سه متغیر نمرات ۱ تا ۲۰ به شکل اعداد پیوسته وارد شده‌اند). در هر سه آزمایش، سطح استفاده از کار گروهی در روش تدریس به‌عنوان متغیر وابسته انتخاب شده است: روش تدریس بدون کار گروهی (روش تدریس ۱)؛ روش تدریس با کار گروهی بدون چارچوب پیشنهادی (روش تدریس ۲)، و کار گروهی نسبتاً کامل‌تر با استفاده از چارچوب پیشنهادی (روش تدریس ۳).

فرضیهٔ صفر ۱. میانگین نمرات خلاقیت دانشجویان در هر سه گروه یکسان است.

فرضیهٔ جایگزین ۱. میانگین نمرات خلاقیت دست‌کم یک گروه متفاوت با دیگر گروه‌هاست.

فرضیهٔ صفر ۲. میانگین نمرات یادگیری دانشجویان در هر سه گروه یکسان است.

فرضیهٔ جایگزین ۲. میانگین نمرات یادگیری دانشجویان دست‌کم یک گروه متفاوت با دیگر گروه‌هاست.

فرضیهٔ صفر ۳. میانگین نمرات همیاری دانشجویان در هر سه گروه یکسان است.

فرضیهٔ جایگزین ۳. میانگین نمرات تعامل دانشجویان دست‌کم یک گروه متفاوت با دیگر گروه‌هاست.

برای تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS27 استفاده کردیم. پیش از تحلیل داده‌ها، همهٔ پیش‌فرض‌های مرتبط با تحلیل واریانس یک طرفه را، از جمله نرمال بودن داده‌ها، برابری واریانس‌ها و مستقل بودن مشاهدات، بررسی کردیم و از درستی تحلیل اطمینان یافتیم. برای زمانی که فرض صفر رد شود و نیز با این هدف که بدانیم کدام گروه باعث نابرابری شده است، از آزمون‌های توکی (زمانی که فرض برابری واریانس‌ها در آزمون لون^۲ برقرار بوده است) و Tamhane's T2 (زمانی که فرض نابرابری

واریانس‌ها در آزمون لون برقرار نبوده است.) استفاده کردیم. در جدول ۱، تعداد دانشجویان هر گروه تدریس و میانگین نمرات آنان در سه متغیر خلاقیت، یادگیری و همیاری نشان داده شده است.

جدول ۱. میانگین نمرات خلاقیت، یادگیری و تعامل

روش تدریس	تعداد دانشجویان	خلاقیت	یادگیری	همیاری
روش تدریس ۱	۴۰	۱۱/۷	۱۲/۷۳	۹/۷۵
روش تدریس ۲	۴۰	۱۴/۹۳	۱۵/۲۵	۱۳/۰۸
روش تدریس ۳	۴۰	۱۶/۴۸	۱۶/۰۲	۱۶/۴۰
کل	۱۲۰	۱۴/۳۷	۱۴/۶۷	۱۳/۰۸

۶. نتایج تحقیق

در این بخش، نتایج هر پرسش پژوهشی که با کمک روش واریانس یک‌طرفه تحلیل شده است گزارش می‌شود. پرسش اول درباره تفاوت معنادار نمره خلاقیت دانشجویان شرکت‌کننده در کلاس‌های با روش‌های تدریس متفاوت است. ابتدا، در آزمون لون، با نتایج $F(2,117) = 0.995$ و $p = 0.373$ فرض برابری واریانس‌ها بررسی شده است که، با توجه به نتیجه تحلیل واریانس یک‌طرفه $F(2,117) = 74.824$ و $p < 0.001$ ، در گروه‌ها تفاوت معنادار وجود دارد. سپس، با کمک آزمون توکی نتیجه می‌گیریم که میانگین نمره خلاقیت در کلاسی که در آن از فعالیت گروهی با مدل پیشنهادی استفاده شده است به‌طور معناداری از میانگین خلاقیت کلاسی که فعالیت گروهی نداشته‌اند و کلاس با فعالیت گروهی بدون استفاده از مدل پیشنهادی بیشتر است $(p < 0.001)$. همچنین میانگین نمره خلاقیت کلاس با فعالیت گروهی بدون مدل پیشنهادی به‌طور معناداری از میانگین نمره خلاقیت کلاس بدون فعالیت گروهی بیشتر است $(p < 0.001)$.

برای بررسی پرسش پژوهشی دوم (تفاوت نمره یادگیری)، با توجه به نتیجه تحلیل واریانس یک‌طرفه $F(2,117) = 37.019$ و $p < 0.001$ ، در گروه‌های تفاوت معنادار وجود دارد. از آنجایی که فرض برابری واریانس‌ها در آزمون لون برای این تحلیل برقرار است $F(2,117) = 0.906$ و $p = 0.373$ ، با کمک آزمون توکی نتیجه می‌گیریم که میانگین نمره یادگیری در کلاسی که در آن از فعالیت گروهی با مدل پیشنهادی استفاده شده است به‌طور معناداری از میانگین نمره یادگیری کلاسی که فعالیت گروهی نداشته‌اند بیشتر است $(p < 0.001)$. همچنین میانگین نمره یادگیری کلاس با فعالیت گروهی بدون مدل پیشنهادی به‌طور معناداری از میانگین نمره یادگیری کلاس بدون فعالیت گروهی بیشتر است $(p < 0.001)$. با این حال، استفاده از مدل پیشنهادی تفاوت معناداری در نمره یادگیری گروه‌هایی که فعالیت گروهی داشتند ایجاد نکرد.

در نهایت، برای پرسش پژوهشی آخر به منظور مقایسه نمره تعامل دانشجویان، با توجه به نتیجه تحلیل واریانس یک‌طرفه $F(2,117) = 98.765$ و $p < 0.001$ ، بین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود دارد.

آزنجایی که فرض برابری واریانس‌ها در آزمون لون برای این تحلیل برقرار نیست ($F(2, 117) = 3/142$) و ($p = 0/045$)، از آزمون Tamhane's T2 برای مقایسه نمرات گروه‌ها استفاده می‌کنیم. طبق نتایج میانگین، نمره همیاری کلاسی که فعالیت گروهی با مدل پیشنهادی داشته است به طور معناداری از میانگین همیاری کلاسی که فعالیت گروهی نداشته و کلاسی با فعالیت گروهی بدون استفاده از مدل پیشنهادی بیشتر است ($p < 0/001$). همچنین میانگین نمره تعامل کلاس با فعالیت گروهی بدون مدل پیشنهادی به طور معناداری از میانگین نمره همیاری کلاس بدون فعالیت گروهی بیشتر است ($p < 0/001$).

۷. بحث و بررسی

در این بخش، با توجه به مدل نظری پژوهش، نتایج پژوهش را بررسی می‌کنیم. با توجه به مدل نظری، کار گروهی مؤثر با کار گروهی متفاوت است. برای اینکه به نتیجه مطلوب آموزشی در کلاس درسی مهندسی خود برسیم، یک فرایند مناسب کار گروهی می‌بایست بین ورودی و خروجی گروه‌ها باشد. با توجه به نتایج مقالات معتبر آموزش مهندسی، یک مدل پیشنهادی چهارگانه، متشکل از تشکیل گروه، پویایی گروه، ارزشیابی هم‌تا و آموزش کار گروهی مؤثر، پیشنهاد شده است. همان‌گونه که در نتایج مشهود است، استفاده از این روش در تدریس درس مهارتی مهندسی خلاقیت، یادگیری و همیاری دانشجویان را افزایش داده است. استفاده از کار گروهی به صورت کلی خلاقیت را میان دانشجویان افزایش داده که این نتیجه دقیقاً منطبق با یافته پژوهش دیگر است که استفاده از کار گروهی در حل مسئله منجر به افزایش خلاقیت در دانشجویان می‌شود (Chang et al., 2022). باین حال، زمانی که همین کار گروهی با استفاده از چارچوب پیشنهادی مدیریت شد خلاقیت دانشجویان به طرز درخور ملاحظه‌ای افزایش یافت. تحقیقات مؤثر بودن مدیریت گروه‌های دانشجویی را، از نظر امنیت روانی (Beigpourian et al., 2020) و همچنین مدیریت تضاد را بین اعضای گروه (O'Neill et al., 2024) نشان داده‌اند و همچنین مدیریت تضاد سبب افزایش ایده‌ها در گروه و ایجاد امنیت روانی بیشتر می‌شود که این افزایش امنیت روانی خلاقیت را افزایش می‌دهد (Yang et al., 2021). ایجاد اعتماد و وابستگی سبب می‌شود دانشجویان در گروه برای حل مسئله بیشتر به یکدیگر متکی شوند و به همه راه‌حل‌های بیان شده در گروه توجه کنند که این امر سبب می‌شود راه‌حل‌های بیشتری در گروه مطرح شود و خلاقیت دانشجویان در آن افزایش یابد. علاوه بر این، تشکیل گروه‌های متنوع گوناگونی گروه‌ها را افزایش داده که این خود عامل افزایش خلاقیت دانشجویان است.

نمره همیاری دانشجویان نتایج مشابهی داشته است. دانشجویانی که کار گروهی را تجربه کرده‌اند مهارت همیاری بیشتری در فعالیت مشارکتی بعدی نشان داده‌اند که ناشی از تمرین همیاری در کارهای گروهی خود است. دانشجویان در گروه یاد می‌گیرند به حرف‌های هم‌گروهی خود گوش کنند و پیشنهادهای آنان را در نظر بگیرند اما افرادی که به شکل فردی درس را یاد گرفته‌اند در فعالیت مشارکتی

نیز سعی می‌کنند بدون کمک‌گرفتن از همتایان خود در کلاس مسائل را حل کنند. این تأثیر بر افرادی که مدل پیشنهادی کار گروهی در روش تدریس آنان اجرا شده بیشتر است. دلیل این امر به احتمال این است که آنان یاد گرفته‌اند پیش از بیان ایده خود نظر هم‌گروهی را بدانند و زمانی که می‌خواهند ایده خود را مطرح کنند ابتدا به خوبی گوش دهند و سپس دیدگاه خود را مطرح کنند. دلیل دیگر این افزایش همیاری ممکن است این مسئله باشد که دانشجویان با یادگیری کار گروهی مؤثر آموخته‌اند که می‌بایست فردی را که مشارکت کمتری دارد به کار بیشتر تشویق کنند. تشویق سبب می‌شود آن دانشجو در فعالیت‌های مشارکتی بعدی همیاری بیشتری از خود نشان دهد. این نتایج نیز به نوعی یافته‌های پژوهش‌های پیشین را در خصوص افزایش همیاری تأیید می‌کنند (Beigpourian et al., 2020).

هرچند کار گروهی مؤثر خلاقیت و همیاری دانشجویان را افزایش درخور ملاحظه‌ای داده است، با وجود افزایش میزان یادگیری دانشجویانی که از کار گروهی مؤثر استفاده کرده‌اند، نمره یادگیری آنان از نظر آمار افزایش مهمی نداشته است. با توجه به نتایج، استفاده از کار گروهی، حتی بدون مدیریت گروه‌ها یا آموزش، سبب افزایش یادگیری می‌شود اما باید توجه داشت که این نمره یادگیری مرتبط با مهارت فنی دانشجویان است. منطبق با نظریه یادگیری اجتماعی^۱، یادگیرنده در محیط اجتماعی بهتر مفاهیم را می‌آموزد (Khalid et al., 2023; Vygotsky, 1978). بنابراین، زمانی که دانشجویان همیاری در گروه را تجربه می‌کنند سطح یادگیری‌شان افزایش می‌یابد. البته یکی از دلایلی که کاربرد کار گروهی مؤثر تأثیر آماری مهمی بر یادگیری نداشته است استفاده نکردن طولانی مدت از کار گروهی است چراکه، مطابق تحقیقات پیشین، افزایش مدت کار گروهی مؤثر در افزایش مهارت‌های دانشجویان کارساز است (Beigpourian, 2020).

۸. نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، ابتدا، با کمک مدل نظری پیشنهاد شده برای کار گروهی مؤثر و داده‌های پژوهشی و اطلاعاتی موجود در حوزه کار گروهی مؤثر در آموزش مهندسی، یک مدل پیشنهادی چهارگانه پیشنهاد شد که به استادان پیشنهاد می‌کند برای داشتن کار گروهی مؤثر از روش مناسب تشکیل گروه، آموزش کار گروهی مؤثر به دانشجویان، مدیریت پویایی گروه‌ها و استفاده از ارزشیابی همتا بهره بگیرند. سپس، برای بررسی اولیه اثربخشی این روش، سه گروه آزمایشی تشکیل شد که گروه نخست به شکل فردی به حل مسئله پرداخت؛ گروه دوم به صورت گروهی اما بدون در نظر گرفتن نکات مربوط به کار گروهی مؤثر و گروه سوم فعالیت گروهی مؤثر را تجربه کردند. همچنین، برای مشخص شدن میزان قدرت همیاری، برای هر سه گروه یک فعالیت مشارکتی طراحی شد. پس از تحلیل نتایج کیفی و سپس کمی، مشخص شد کار گروهی بر افزایش خلاقیت، همیاری و یادگیری دانشجویان تأثیرگذار است و همچنین در زمان استفاده از کار گروهی مؤثر، با کمک الگوی پیشنهادی پژوهش حاضر، میزان خلاقیت و همیاری

دانشجویان، در مقایسه با زمانی که از کار گروهی نامؤثر استفاده کرده‌اند، مجدداً افزایش پیدا کرده است. بنابراین به استادان مهندسی توصیه می‌شود در آموزش‌های خود از فعالیت‌های همیارانه و گروهی استفاده کنند. نیز، با توجه به نتایج این مطالعه، پیشنهاد می‌شود منطبق بر مدل نظری این پژوهش، تا آنجایی که زمان کلاس اجازه می‌دهد، از روش‌هایی، مانند تشکیل گروه، ارزشیابی همتا، و مدیریت پویایی گروه (ازجمله اندازه‌گیری امنیت روانی، آموزش مدیریت تضاد و رهبری به دانشجویان) استفاده کنند تا خلایق و همیاری دانشجویان را افزایش دهند.

۹. محدودیت‌ها و پیشنهادهای پژوهش

با توجه به نتایج، پیشنهاد می‌شود استادان مهندسی در کلاس‌هایی که امکان آن وجود دارد نه تنها از فعالیت‌های گروهی استفاده کنند بلکه این فعالیت را به سمت کارگروهی مؤثر هدایت کنند. برای این کار، آنان ابتدا باید تصمیم بگیرند بهترین روش تشکیل گروه چیست؛ کارگروهی مؤثر را آموزش دهند؛ پویایی گروه‌ها را مدیریت و از ارزشیابی همتا استفاده کنند. به‌رحال، پژوهش حاضر با استفاده از الگوی نظری کارگروهی مؤثر انجام شده است که از آنجایی که نمی‌توان همه فرایندهای کارگروهی مؤثر را اندازه گرفت نیاز به یک مدل پیشنهادی ساده‌سازی شده وجود داشته است. بنابراین، نتایج پژوهش بهتر است در محیط‌های متفاوت کلاس‌های مهندسی ارزشیابی شود تا پیشنهادهای بهینه‌سازی این مدل دریافت شود. همچنین مقایسه چهار عامل این مدل پیشنهادی نتایجی ارزشمند برای آموزش مهندسی در ایران خواهد داشت.

References

- ABET. (2024). Criteria for accrediting engineering programs, 2023-2024. ABET. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2023-2024>.
- Alba-flores, R. & Rios, F. (2019). Incorporating peer review techniques to enhance students' communication skills and team performance in engineering capstone projects., (5(B)), 1969-1982.
- Badran, I. (2007). Enhancing creativity and innovation in engineering education., (5), 573-585. <https://doi.org/10.1080/03043790701433061>.
- Baker, D. P., Salas, E., King, H., Battles, J. & Barach, P. (2005). The role of teamwork in the professional education of physicians: Current status and assessment recommendations., (4), 185-202. [https://doi.org/10.1016/S1553-7250\(05\)31025-7](https://doi.org/10.1016/S1553-7250(05)31025-7).
- Beigpourian, B. (2020). Purdue University.
- Beigpourian, B., EbrahimiNejad, H., Ohland, M. W. & Ferguson, D. M. (2019). The effect of preferred leadership role and preferred team leadership structure on students' perception of team processes and outcome. , 1-6. <https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028453>.
- Beigpourian, B., Ohland, M. & Ferguson, D. (2020). Effect of Psychological Safety on the Interaction of Students in Teams. , 34497. <https://doi.org/10.18260/1-2--34497>.
- Beigpourian, B. & Ohland, M. W. (2024). Psychological safety and team member effectiveness of minoritized students in engineering education. , (6), 57-84 <https://doi.org/10.1615/JWomenMinorScienEng.2023043341>.
- Borrego, M., Karlin, J., McNair, L. D. & Beddoes, K. (2013). Team effectiveness theory from industrial and

- organizational psychology applied to engineering student project teams: A research review. , (4), 472–512. <https://doi.org/10.1002/jee.20023>.
- Chang, T.-S., Wang, H.-C., Haynes, A. M., Song, M.-M., Lai, S.-Y. & Hsieh, S.-H. (2022). Enhancing student creativity through an interdisciplinary, project-oriented problem-based learning undergraduate curriculum. , , 101173. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101173>.
 - Cinar, Y., & Bilgin, A. A. (2009). A study on peer assessment of teamwork projects in undergraduate petroleum engineering education. , SPE-123166-MS. <https://doi.org/10.2118/123166-MS>.
 - Cinar, Y., & Bilgin, A. A. (2011). Peer assessment for undergraduate teamwork projects in petroleum engineering. , (2), 310–322.
 - Cropley, D. H. (2015). Promoting creativity and innovation in engineering education. , (2), 161–171. <https://doi.org/10.1037/aca0000008>.
 - Edmondson, A. C., & Harvey, J.-F. (2025). Team learning in the field: An organizing framework and avenues for future research. , (3), 614–632. <https://doi.org/10.1177/10464964251316877>.
 - ENAEE. (2008). European Network for Accreditation of Engineering Education. Engineers Australia. (2013). Stage 1 Competency standard for professional engineer. Felder, R. M., Felder, G. N. & Dietz, E. J. (2002). The effects of personality type on engineering student performance and attitudes., (1), 3–17. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2002.tb00667.x>.
 - Ford, D. N. & Serman, J. D. (2003). The Liar’s club: Concealing rework in concurrent development. , (3), 211–219. <https://doi.org/10.1177/106329303038028>.
 - Godwin, A., Kim, A. & Rohde, J. (2017). Awareness without action: Student attitudes after engineering teaming experiences. , (6a), 1878–1891.
 - Griffin, P. M., Griffin, S. O. & Llewellyn, D. C. (2004). The impact of group size and project duration on capstone design. , (3), 185–193. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00805.x>.
 - Gunawan, H., Hadis, A. & Qur’ani, B. (2024). Strategy for Increasing the creative performance of civil servants in public services: Effectiveness of education and training through teamwork., (03). <https://doi.org/10.55677/ijsers/V04I3Y2024-04>.
 - Guzzo, R. a. & Shea, G. P. (1992). Group performance and intergroup relations in organizations. (Vol. 3, pp. 269–313). Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press.
 - Hackman, J. R. (1987). *The design of work teams*. In J. W. Lorsch (Ed.), (pp. 315–342). Prentice Hall.
 - Huerta, M. V., Sajadi, S., Schibeli, L., Ryan, O. J. & Fisher, M. (2024). An exploration of psychological safety and conflict in first-year engineering student teams. , (3), 635–666 <https://doi.org/10.1002/jee.20608>.
 - Jiang, Z., Hu, X., Wang, Z. & Griffin, M. A. (2024). Enabling workplace thriving: A multilevel model of positive affect, team cohesion, and task interdependence. , (1), 323–350. <https://doi.org/10.1111/apps.12481>.
 - Khalid, A., Kazim, T., Diaz, K. R. V. & Iqbal, J. (2023). Breaking barriers in higher education: Implementation of cost-effective social constructivism in engineering education., 03064190231218123. <https://doi.org/10.1177/03064190231218123>.
 - Kimpton, C. & Maynard, N. (2025). Factors shaping teamwork skills development in tertiary engineering education: A systematic literature review., (2), 253–280 <https://doi.org/10.1080/03043797.2024.2357343>.
 - Krishnan, S., Gabb, R. & Vale, C. (2011). Learning cultures of problem-based learning teams. , (2), 67–78. <https://doi.org/10.1080/22054952.2011.11464057>.
 - Layton, R. A., Loughry, M. L., Ohland, M. W. & Ricco, G. D. (2010). Design and validation of a web-based system for assigning members to teams using instructor-specified criteria., (1), 1–28.
 - Leonardi, P. M., Jackson, M. H. & Diwan, A. (2009). The enactment-externalization dialectic: Rationalization and the persistence of counterproductive technology design practices in student engineering., (2), 400–420.
 - McGrath, J. E. (1964). *Social Psychology: A Brief Introduction*. Rinehart and Winston.
 - Millis, B. J., & Philip G. Cottell, J. (1998). Oryx Press.
 - Minz, N. K. & Saluja, A. (2023). Developing skills with team-based learning. B. Scott & M. E. Fox (Eds.), (pp.

- 25-53). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-7583-6.ch002>.
- O'Neill, T. A., Aldana, A. J., Espinoza, J. A., Sperry, M. P., Brykman, K. M. & Donia, M. B. L. (2024). Conflict management styles assessment and feedback for student self-awareness and team development. , (8), 1091-1104. <https://doi.org/10.1080/02602938.2024.2350682>.
 - Parker, R., Sangelkar, S., Swenson, M. & Ford, J. D. (2019). Launching for success: A review of team formation for capstone design. , (6(B)), 1926-1936.
 - Picard, C., Hardebolle, C., Tormey, R. & Schiffmann, J. (2022). Which professional skills do students learn in engineering team-based projects?, (2), 314-332. <https://doi.org/10.1080/03043797.2021.1920890>.
 - Reddy, Y. M. & Andrade, H. (2010). A review of rubric use in higher education. , (4), 435-448. <https://doi.org/10.1080/02602930902862859>.
 - Ryan, O., Fisher, M., Schibeli, L., Huerta, M. & Sajadi, S. (2023). Using a scenario-based learning approach with instructional technology to teach conflict management to engineering students. , 44561. <https://doi.org/10.18260/1-2--44561>.
 - Schaubroeck, J., Lam, S. S. K. & Peng, A. C. (2011). Cognition-based and affect-based trust as mediators of leader behavior influences on team performance. , (4), 863-871. <https://doi.org/10.1037/a0022625>.
 - Steiner, M., & Kanai, J. (2016). Creating effective multidisciplinary capstone project teams. , (2(A)), 625-639.
 - Strenger, L., Beigpourian, B., Ohland, M. & Ferguson, D. (2020). The effect of different dimensions of conflict on measures of team-member effectiveness. , 35306 <https://doi.org/10.18260/1-2--35306>.
 - Takai, S. & Esterman, M. (2019). A review of team effectiveness models and possible instruments for measuring design-team inputs, processes, and outputs. , (6(A)), 1684-1697.
 - Tang, P. C. (1938). The power function of the analysis of variance tests, with tables and illustrations of their use. 126-149.
 - Tannenbaum, S. I., Beard, R. L. & Salas, E. (1992). Team building and its influence on team effectiveness: An examination of conceptual and empirical developments. In K. Kelley (Ed.), (pp. 117-153). North-Holland.
 - Tucker, R., Abbasi, N., Thorpe, G., Ostwald, M., Williams, A. & Wallis, L. (2014). Office for Learning and Teaching, Department of Education.
 - Verhagen, R. S., Marcu, A., Neerinx, M. A. & Tielman, M. L. (2024). The influence of interdependence on trust calibration in human-machine teams. F. Lorig, J. Tucker, A. Dahlgren Lindström, F. Dignum, P. Murukkanaiah, A. Theodorou, & P. Yolum (Eds.),. IOS Press. <https://doi.org/10.3233/FAIA240203>.
 - Vygotsky, L. (1978). Harvard University Press.
 - Yang, Y., Li, Z., Liang, L. & Zhang, X. (2021). Why and when paradoxical leader behavior impact employee creativity: Thriving at work and psychological safety., (4), 1911-1922. <https://doi.org/10.1007/s12144-018-0095-1>.



◀ **بهزاد بیگ‌پوریان:** استادیار گروه آموزش مهندسی دانشگدان فنی دانشگاه تهران است. ایشان دکترای آموزش مهندسی را در ۱۳۹۹ از دانشگاه پردو آمریکا دریافت کرده و دورهٔ پس‌دکتری آموزش مهندسی را در مرکز طراحی مهندسی دانشگاه آریزونا آمریکا گذرانده است. همچنین دارای مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد در رشتهٔ مهندسی عمران است و در همایش‌های معتبر آموزش مهندسی در دنیا، از جمله ASEE، FIE و AAEE مشارکت فعال داشته است. مقالات متعددی نیز در زمینهٔ آموزش مهندسی در مجلات و همایش‌های بین‌المللی به چاپ رسانده است.

بازتاب وضعیت بازار کار صنعت برق در کاهش گرایش به تحصیل در رشته‌های فنی-مهندسی در آموزش عالی ایران

اشرف‌السادات پسندیده^۱، آرمیتا قربان‌شیرودی^۲ و حامد کمالی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۴

DOI: 10.22047/ijee.2025.519642.2167

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.3.7

چکیده: هدف مقاله حاضر بررسی تأثیرات بازار کار صنعت برق بر جذب و نگهداشت نیروی انسانی متخصص و روند گرایش به تحصیل در رشته‌های مهندسی است. رویکرد پژوهش ترکیبی است و شامل تحلیل ثانویه داده‌های آماری جمعیت دانشجویان و فارغ‌التحصیلان (۱۳۶۸ تا ۱۴۰۰) و نیز تحلیل کیفی مضمون مبتنی بر مصاحبه با مدیران و کارشناسان صنعت برق می‌شود. یافته‌ها نشان می‌دهد جمعیت دانشجویان مهندسی از ۱/۵ میلیون نفر در ۱۳۹۳ به کمتر از ۷۶۲ هزار نفر در ۱۳۹۹ و فارغ‌التحصیلان مهندسی برق از ۵۶۵۹۱ نفر در ۱۳۹۴ به ۲۰۴۳۱ نفر در ۱۴۰۰ کاهش یافته است. بخشی از علل این روند به وضعیت بازار کار صنایع کشور، از جمله صنعت برق، بازمی‌گردد. در صنعت برق، وضعیت اقتصادی نامناسب، کاهش سرمایه‌گذاری، محدودیت‌های استخدامی و چالش‌های مالی بنگاه‌های خصوصی انگیزه تحصیل مهندسی و ماندگاری در صنعت برق را کاهش و مهاجرت متخصصان را افزایش داده است. نتیجه‌گیری و پیشنهاد‌های پژوهش بر ضرورت بازنگری در سیاست‌های جذب و نگهداشت نیروی انسانی صنعت برق، افزایش سرمایه‌گذاری در صنعت، ارتقای محیط نوآرانه صنعت برق و تقویت ارتباط دانشگاه و صنعت تأکید دارد.

واژگان کلیدی: رشته‌های مهندسی، مهندسی برق، آموزش عالی، صنعت برق، بازار کار

۱- استادیار گروه مدیریت و علوم اجتماعی پژوهشکده مطالعات سیاستگذاری و حکمرانی پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
apasandideh@mri.ac.ir

۲- دانش‌آموخته دکتری آموزش عالی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. shiroodiarmita@yahoo.com
۳- استادیار گروه حکمرانی آموزش عالی پژوهشگاه مطالعات فرهنگی و اجتماعی وزارت عتف، تهران، ایران. hamed.kamali80@gmail.com

۱. مقدمه

صنعت برق کشور از صنایع زیرساختی است و شامل بیش از ۲۰۰۰ بنگاه دولتی و خصوصی می‌شود که در آن فارغ‌التحصیلان رشته‌های مهندسی در شرکت‌های مشاوره مهندسی، پیمانکار، سازنده تجهیزات، برق منطقه‌ای، توزیع برق و نیروگاه‌ها و نیز در بخش‌های ستادی و پژوهشی وزارت نیرو مشغول به فعالیت هستند (Deputy for Research and Planning of IEIS, 2020). این صنعت مهم و زیرساختی که ۷ درصد از اشتغال صنعتی کشور را به خود اختصاص داده است (Tehran Chamber of Commerce, 2015) طی سال‌های گذشته دچار چالش‌های متعددی شده که جذب و نگهداشت نیروی انسانی متخصص فنی را دچار مشکل کرده است. ناترازی مالی، مشکلات بودجه، کاهش روند سرمایه‌گذاری در صنعت برق، کوتاه‌شدن زنجیره تأمین صنعت برق و افزایش واردات تجهیزات از دلایل دشوار شدن وضعیت کسب‌وکار، به‌ویژه برای بخش خصوصی صنعت برق، است که بر وضعیت نیروی انسانی شاغل در این صنعت تأثیر مستقیم گذاشته است. در بخش دولتی (وزارت نیرو و شرکت‌های تابعه) نیز، تأثیر وضعیت مالی و بودجه‌ای حاکمیت برخی قوانین، نظیر قانون مدیریت خدمات کشوری، شرایط جذب و نگهداشت نیروی انسانی را دچار اشکالاتی کرده است.

آنچه مسلم است وضعیت بازار کار رشته‌های تحصیلی در انتخاب رشته تحصیلی توسط دانشجویان و خانواده‌های آنان بسیار حائز اهمیت است. وضعیت توسعه اقتصادی و صنعتی کشور طی سال‌های گذشته وضعیت بازار کار رشته‌های مهندسی را، از جمله در صنعت برق، متأثر کرده است. از سویی، در چند سال گذشته شاهد شکل‌گیری روند نزولی دانشجویان علاقه‌مند به تحصیل در رشته‌های فنی-مهندسی کشور بوده‌ایم به طوری که، طبق آمار مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی کشور، به عنوان مرجع رسمی آمار آموزش عالی کشور، در ۱۳۹۳ شمار دانشجویان رشته‌های فنی-مهندسی ۱۵۰۴۸۶۷ نفر بوده اما در ۱۳۹۹ این جمعیت به ۷۶۲۳۴۱ نفر رسیده است. به عبارتی، جمعیت دانشجویی مهندسی کشور طی شش سال ۵۰ درصد کاهش پیدا کرده؛ روندی که در سال‌های اخیر نیز استمرار داشته است. در میان رشته‌های فنی-مهندسی مهم، آمار جمعیت دانش‌آموختگان مهندسی برق درخور توجه است. در ۱۳۹۴، جمعیت دانش‌آموختگان مهندسی برق در همه گرایش‌های آن ۵۶۵۹۱ نفر بود اما، در ۱۴۰۰، این جمعیت به ۲۰۴۳۱ نفر رسید (Pasandideh & Khorsand Safaei, 2024). مسلماً، عوامل زیادی در شکل‌گیری این روندهای نزولی نقش‌آفرین بوده‌اند اما یکی از عوامل کلیدی وضعیت بازار کار و اشتغال فارغ‌التحصیلان مهندسی در کشور است. با تمرکز بر رشته مهندسی برق، از جمله صنایعی که همیشه میزبان اصلی فارغ‌التحصیلان این رشته تحصیلی مطرح بوده صنعت برق است که در بخش‌های زنجیره تولید، انتقال و توزیع برق وابسته به مهندسان برق است. با این حال، به نظر می‌رسد انعکاس وضعیت حاکم در بازار صنعت برق به مثابه یک بخش صنعتی مهم در اشتغال فارغ‌التحصیلان مهندسی، پیامدهای نامطلوبی خواهد داشت که از جمله آنهاست: کاهش علاقه‌مندی جوانان به

تحصیل در رشته‌های فنی-مهندسی، به‌ویژه مهندسی برق؛ افزایش مهاجرت به خارج از کشور برای ادامه تحصیل در رشته‌های مهندسی، به‌دلیل وضعیت بازار کار؛ و مهاجرت تدریجی متخصصان از صنعت برق به دیگر صنایع. این در حالی است که حفظ پایداری شبکه برق کشور و همچنین توسعه این صنعت به‌شدت وابسته به متخصصان فنی-مهندسی است و استمرار وضعیت توصیف‌شده پیامدهای ناگواری خواهد داشت.

با توجه به آنچه تشریح کردیم، هدف مقاله حاضر پاسخ به دو پرسش اصلی است:

- ۱. وضعیت تقاضای اجتماعی تحصیل در رشته‌های فنی-مهندسی، از جمله در رشته مهندسی برق، در کشور چگونه است؟ (این وضعیت با شواهد آماری مرتبط توصیف شود).
- ۲. وضعیت بازار کار دولتی و خصوصی صنعت برق چه تأثیری بر جذب و نگهداشت نیروی انسانی متخصص در این صنعت دارد و پیامدهای آن برای آموزش عالی در بخش مهندسی چیست؟

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در سال‌های گذشته، در برخی کشورها، شاهد پدیده کاهش جذابیت تحصیل در رشته‌های مهندسی و به‌نوعی کاهش تقاضای اجتماعی تحصیل^۱ در این گروه تحصیلی بوده‌ایم؛ موضوعی که سبب شده است گزارش‌هایی درخصوص کمبود مهندسان، به‌ویژه در تأمین نیازهای آینده صنایع و کارفرمایان بالقوه، انتشار یابد و این گزارش‌ها موضوع دستورکار جدی دولت‌ها، سازمان‌ها و شرکت‌های خصوصی قرار گیرد. این روند تعجب‌آور نیست زیرا کشورها و شرکت‌ها به‌شدت به کارکنان فنی وابسته هستند. بررسی‌ها نشان داده است تنها در ایالات متحد آمریکا این کمبود به‌ضرر احتمالی ۴۵۴ میلیارد دلاری منجر می‌شود (Joppen, 2020). راه‌اندازی زیرساخت‌های عمرانی و رسیدگی به چالش‌های حیات اجتماعی، نظیر تسهیل‌گذار انرژی^۲، به‌شدت به نیروی کار مهندسی وابسته است. عوامل اقتصادی، صنعت، جمعیت، نظام‌های آموزشی و... همگی، بر عرضه و تقاضای مهندسان و کارکنان فنی تأثیر دارند (Joppen, 2020). در آلمان نیز، در سال‌های اخیر، کمبود نیروی مهندسی جدی شده است. به نظر می‌رسد ورود به عصر دیجیتال، به‌ویژه حفاظت از آب‌وهوا و انقلاب انرژی، به‌طور چشمگیری وضعیت را تشدید خواهد کرد (Electronica, 2022). تقاضای مهندس در این کشور همچنان رو به رشد دارد زیرا آلمان به سمت یک جامعه تمام‌الکتریکی (نظیر به‌کارگیری خودروهای برقی) حرکت می‌کند و شرکت‌های آلمانی به مهندسان

۱- تقاضای افراد برای آموزش عالی «تقاضای اجتماعی» و تقاضای بنگاه‌ها برای آموزش دیدگان آموزش عالی «تقاضای اقتصادی آموزش عالی» نامیده می‌شود. تقاضای اجتماعی برای آموزش عالی حاصل مجموع تقاضاهای انفرادی است و مجموع تصمیمات افراد درباره نوع و مدت تحصیل تقاضای اجتماعی آموزش عالی را شکل می‌دهد (Karami & Poorkarimi, 2018). در بررسی عوامل مؤثر بر تقاضای اجتماعی آموزش عالی، می‌بایست به نکاتی توجه کرد؛ از جمله: بررسی تأثیر تحولات جمعیتی، ویژگی‌ها و علایق فردی جوانان، عوامل فرهنگی، تأثیرات عرضه آموزش عالی، عوامل اقتصادی و اجتماعی و قوانین و مقررات (Gharoon, 2005).

بیشتری نیاز خواهند داشت (Becker, 2010). نمونه دیگر اسپانیاست که نرخ ترک تحصیل دانشجویان مهندسی آن به مشکلی نگران‌کننده بدل شده است. این پدیده چالش‌هایی را در به‌کارگیری متخصصان در بخش‌های خاص فناوری و همچنین تأثیر منفی اقتصادی مرتبط با آن در بلندمدت ایجاد کرده است (Tayebi & Gomez, 2021). در کنار کشورهای توسعه‌یافته، کاهش تقاضای اجتماعی تحصیل در رشته‌های مهندسی در برخی کشورهای در حال توسعه، نظیر هندوستان، نیز مشاهده می‌شود؛ موضوعی که به نگرانی جدی در بخش آموزش هند بدل شده است و تنها یک توصیف آماری به نظر نمی‌آید (GEARUP, 2024). این روند نزولی نشان‌دهنده تغییر در خورج توجه ترجیحات آموزشی و آرزوهای شغلی جوانان هندی است. شایان ذکر است که هند بیشترین شمار مهندس و نیز بیشترین تعداد مؤسسات آموزشی مهندسی و زیرساخت‌های آن را در جهان داراست (Thakur, 2024).

در میان رشته‌های مهندسی، رشته‌ای که تقاضای اجتماعی تحصیل آن روند نزولی دارد مهندسی برق است به طوری که در برخی کشورها ثبت نام در رشته‌های سنتی مهندسی برق، نظیر مهندسی برق قدرت، در حال کاهش است و دانشجویان به رشته‌های علوم کامپیوتر، رباتیک، هوش مصنوعی، علوم داده و مثال اینها گرایش پیدا کرده‌اند. بخشی از دلایل شکل‌گیری این روند تقاضای بازار این رشته‌هاست به طوری که حوزه‌های فناوری نوین فرصت‌های شغلی بیشتری دارند. لذا، چنین تغییراتی تا حدودی منعکس‌کننده تقاضای بازار کار و فرصت‌های شغلی بهتر در فناوری‌های نوظهور است. برای نمونه، در آمریکا، در ۲۰۲۰، کنگره ایالات متحد آمریکا قانون چیپز و علم را تصویب کرد؛ قانونی که تقریباً ۲۸۰ میلیارد دلار بودجه جدید برای تقویت تحقیقات داخلی و تولید نیمه‌هادی‌ها در ایالات متحد فراهم می‌کند که سبب می‌شود در سال‌های آینده ده‌ها هزار شغل ایجاد شود که نیازمند مدرک مهندسی برق خواهند بود. این در حالی است که از ۱۹۹۷ تا ۲۰۲۰ مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی برق در این کشور تنها ۳۷/۵ درصد افزایش یافته اما مدارک تحصیلی سایر رشته‌ها ۸۱/۱ درصد افزایش داشته است (Long, 2023). آلمان نیز اگرچه در حال حاضر با جذب متخصصان خارج از کشور با کمبود مهندسان برق مقابله می‌کند این امر راه‌حلی برای آینده نیست. تغییرات جمعیتی و موضوعاتی مانند توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، دیجیتالی‌سازی و ظهور صنعت ۴ (انقلاب صنعتی چهارم)^۲ موجب افزایش نیاز به مشاغل جدید و تخصص‌های نوین در حوزه مهندسی شده است. پژوهش‌ها این خطر را گوشزد می‌کنند که روند شکل‌گرفته سبب کاهش تحقیقات مهندسی برق در آلمان شده است که منجر به فرسایش بیشتر در

1- CHIPS and science act

۲- صنعت ۴ یا انقلاب صنعتی چهارم (Industry 4.0) مرحله‌ای از تحول صنعتی است که با ادغام فناوری‌های نوین، همچون اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، تحلیل داده‌های بزرگ، رباتیک و خودکارسازی پیشرفته، مرز میان جهان فیزیکی و دیجیتال را در تولید و خدمات صنعتی از میان برداشته است. این تحول پس از سه انقلاب صنعتی پیشین رخ داده است: انقلاب اول (استفاده از نیروی بخار و ماشینی‌کردن تولید؛ انقلاب دوم) تولید انبوه با نیروی برق و خطوط مونتاژ و، انقلاب سوم (خودکارسازی مبتنی بر فناوری اطلاعات و رایانه. صنعت ۴ با هدف ارتقای هوشمندی، انعطاف‌پذیری و بهره‌وری در صنایع زمینه‌ساز شکل‌گیری کارخانه‌های هوشمند و شبکه‌های تولید یکپارچه شده است.

موضوعات ذکر شده می‌شود چنان‌که آلمان نخواهد توانست استانداردهای بالا را حفظ کند (Nichizhen-ova, 2023). نمونه دیگر آفریقای جنوبی است که در آن مهندسان برق با چالش حمایت از بخش خصوصی روبه‌رو هستند که بر توانایی آنان در توسعه و حفظ زیرساخت برق تأثیر می‌گذارد. کمبود مهندسان برق ماهر در آفریقای جنوبی توسعه و حفظ این زیرساخت حیاتی را دشوار می‌کند. در این کشور، کمبود بودجه و سرمایه‌گذاری اندک در پروژه‌های زیربنایی فرصت اشتغال مهندسان برق را محدود کرده است. به‌طور کلی، توسعه زیرساخت برق نیاز به سرمایه‌گذاری درخور توجهی دارد و کمبود بودجه بر کیفیت و قابلیت اطمینان زیرساخت‌ها تأثیر می‌گذارد (ALENG GROUP, 2023).

میان انتخاب رشته تحصیلی و وضعیت بازار کار رابطه‌ای محکم وجود دارد (Johnson, 2021). به‌منظور تأمین و تربیت نیروی انسانی متخصص و توسعه‌یافته، برنامه‌ریزی آموزش و تربیت نیروی انسانی ضروری است. این امر مستلزم برنامه‌ریزی و ارتباط نظام‌مند و دوسویه دانشگاه و محیط کار است تا بتوان با درک نیازها و هماهنگی و همکاری با یکدیگر نیروی انسانی مورد نیاز جامعه را آموزش داد و جذب بازار کار کرد. به‌علاوه، برنامه‌ریزی آموزشی و تربیت منابع انسانی بایستی با دید سیستمی تدوین و به برنامه‌های کلان و توسعه ملی ربط داده شود. بنابراین، برنامه‌ریزی نیروی انسانی و آموزشی در همه گروه‌های تحصیلی، از جمله مهندسی، می‌بایست با مفهوم توسعه ملی پیوند داده شود؛ مفهومی که شامل توسعه اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و سیاسی می‌شود و بر تمامیت ملی کشورها تأکید می‌ورزد. از سویی، برای فراهم آوردن بهترین فرصت استفاده از منابع انسانی می‌بایست نیروی انسانی به سوی فعالیت‌ها و مشاغل اولویت‌دار هدایت شود به طوری که یکی از مؤلفه‌های مهم قضاوت درباره کارایی داخلی و خارجی آموزش عالی جامعه کیفیت آموزش نیروی انسانی در هماهنگی با نیازها و تغییرات بازار کار است (Khodaei et al., 2011). درخصوص چگونگی ارتباط انتخاب رشته تحصیلی و وضعیت اشتغال و بازار کار، محققان از رویکردهای متفاوتی به موضوع پرداخته‌اند که عبارت‌اند از:

الف) رویکرد مدل‌سازی انتخاب: مطابق این رویکرد، واحد تحلیل فردی است که در معرض انتخاب رشته قرار دارد و معمولاً با در نظر گرفتن دو متغیر (عایدی انتظاری و ویژگی‌های شخصی و استعداد) درخصوص رشته تحصیلی خود تصمیم می‌گیرد. ازجمله مطالعات درخصوص این رویکرد مطالعه Zafar (2011) است که انتظارات افراد را از عایدی هر رشته تحصیلی مدل‌سازی کرده و دریافته است که افراد به‌مرور انتظارات خود را اصلاح می‌کنند و حتی تغییر رشته می‌دهند. لانگ و همکاران^۱ (Long et al., 2014) نیز با استفاده از روش آماری و مدل‌سنجی به بررسی این فرضیه پرداخته‌اند که آیا تغییر دستمزد هر رشته باعث تغییر انتخاب آن رشته می‌شود یا خیر و نتیجه گرفته‌اند که سهم انتخاب هر رشته به دستمزدهای کشف‌شده در سه سال قبل وابسته است. بیکر و همکاران^۲ (Baker et al., 2017)

موضوع انتخاب رشته و بازار کار را بررسی کرده و تصورات دانشجویان را از دستمزد و وضعیت نرخ بیکاری هر رشته سنجیده‌اند. آنان، پس از تطبیق یافته‌های پرسش از دانشجویان با داده‌های رسمی، دریافته‌اند که دانش‌آموزان همه رشته‌ها (علوم، هنر، علوم انسانی و مهندسی و...) تصویری نادرست از وضعیت متغیرهای بازار کار دارند. همچنین، در مطالعه‌ای دیگر، دریافته‌اند که هر ۱ درصد افزایش دستمزد هر رشته احتمال انتخاب آن رشته را ۱/۵ درصد افزایش می‌دهد. طبق یافته‌های آنان، احتمال یافتن شغل (نرخ بیکاری رشته) در هر رشته تأثیر کمتری بر انتخاب رشته دارد بدین ترتیب که هر ۱ درصد افزایش احتمال اشتغال در هر رشته فقط ۰/۴ درصد احتمال انتخاب آن رشته را افزایش می‌دهد (Arshadi et al., 2021).

ب) رویکرد سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی: در این رویکرد که از نگاه سرمایه‌گذاری انسانی به موضوع نگاه می‌کند، بازگشت سرمایه هر رشته سنجیده می‌شود که افراد براساس آن رشته تحصیلی (و البته سطح تحصیلات و...) خود را انتخاب می‌کنند. این رویکرد شباهت‌هایی به رویکرد اول دارد اما به طور کلی، برخلاف رویکرد اول که نگاه مدل‌سازی براساس یک واحد تحلیل مشخص دارد، به مقایسه بین گزینه‌های سرمایه‌گذاری می‌پردازد.

ج) رویکرد ناهم‌خوانی: این رویکرد در ادبیات بازار کار کاربرد گسترده‌ای دارد. یکی از مفاهیم کلیدی این رویکرد «ناهم‌خوانی افقی مهارت^۱» است که به وضعیت اشتغال فارغ‌التحصیلان در مشاغل اشاره دارد که با رشته تحصیلی یا مهارت‌های تخصصی کسب‌شده آنان هم‌خوانی ندارد. به عبارت دیگر، در این حالت، فرد در حوزه‌ای مشغول به کار می‌شود که ارتباط مستقیمی با زمینه تحصیلی یا مهارت‌های آموخته‌شده او ندارد و این ناهمگونی منجر به کاهش بهره‌وری فردی و سازمانی و همچنین نارضایتی شغلی می‌شود (Arshadi et al., 2021). برای نمونه، بوداربات و چرنوف^۲ (۲۰۰۹) به مطالعه ناهم‌خوانی افقی در کانادا پرداخته و گزارش کرده‌اند که ۳۵/۱ درصد از فارغ‌التحصیلان در حوزه نامرتبط با رشته خود کار می‌کنند (Boudarbat & Chernoff, 2009).

در ایران، مطالعات نشان می‌دهند در چندین سال گذشته چشم‌انداز شغلی و درآمدی رشته‌های فنی-مهندسی منفی بوده که سبب شده است تقاضای تحصیل به سمت رشته‌هایی تغییر کند که بازار کار مناسب‌تر و درآمد بالاتری دارند، به‌ویژه در حوزه علوم پزشکی و برخی رشته‌های علوم انسانی، نظیر حقوق و روان‌شناسی. مطابق گزارش‌های مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی وزارت علوم، در سال تحصیلی ۱۳۹۶-۱۳۹۷، درصد غیرشاغلان دانش‌آموخته گروه تحصیلی فنی-مهندسی

۱- ناهم‌خوانی مهارت (Horizontal skill mismatch): در ادبیات بازار کار، ناهم‌خوانی افقی مهارت وضعیتی است که در آن فرد در شغلی فعالیت می‌کند که با رشته تحصیلی دانشگاهی یا مهارت‌های تخصصی او متفاوت است. این پدیده به‌ویژه میان فارغ‌التحصیلان رشته‌های فنی-مهندسی رایج است و از شاخص‌های مهم ارزیابی کارایی نظام آموزش عالی به‌شمار می‌رود (Boudarbat & Chernoff, 2009).

۵۸/۲۶ درصد از کل دانش‌آموختگان این گروه تحصیلی بوده است. این در حالی است که درصد غیرشاغلان گروه تحصیلی علوم پزشکی ۳۷/۲۵ و در گروه تحصیلی علوم انسانی ۵۵/۰۵ بوده یعنی نرخ بیکاری فارغ‌التحصیلان رشته‌های فنی-مهندسی بالاتر از رشته‌های علوم پزشکی و علوم انسانی بوده است. این درصد افزایش نیز یافته به طوری که، در سال تحصیلی ۱۳۹۳-۱۳۹۴، سهم غیرشاغلان از کل فارغ‌التحصیلان گروه فنی-مهندسی ۳۹/۸۳ درصد بوده است (Gharoon, 2021).

براساس مطالب ذکرشده، یکی از دلایل مهم تقاضای اجتماعی تحصیل در رشته‌های تحصیلی گوناگون، از جمله مهندسی، وضعیت بازار کار، نرخ بیکاری، وضعیت دستمزدها و به‌طورکلی احتمال بازگشت سرمایه‌گذاری فرد در آن رشته است. وضعیت بازار کار ندایی است که به جامعه منعکس می‌شود و جوانان و خانواده‌هایشان به خوبی آن را تشخیص می‌دهند و درخصوص آینده تحصیلی تصمیم می‌گیرند. در ادامه مقاله، این رابطه را درخصوص وضعیت جمعیت دانشجویان مهندسی کشور و نیز وضعیت بازار کار صنعت برق ایران به‌عنوان نمونه موردی بررسی می‌کنیم.

۳. روش‌شناسی تحقیق

- با توجه به آنچه در بخش مقدمه بیان کردیم، در مقاله حاضر به دو پرسش اصلی پاسخ خواهیم داد:
- الف) وضعیت تقاضای اجتماعی تحصیل در رشته‌های فنی-مهندسی، از جمله در رشته مهندسی برق، در کشور چگونه است؟ (با شواهد آماری)
 - ب) تأثیر وضعیت بازار کار دولتی و خصوصی صنعت برق بر جذب و نگهداشت نیروی انسانی متخصص در این صنعت چگونه است و پیامدهای آن برای آموزش عالی در بخش مهندسی چیست؟

سؤالات یادشده را با رویکرد ترکیبی (کمی و کیفی) و با هدف دستیابی به تصویری جامع از وضعیت تقاضای اجتماعی تحصیل در رشته‌های فنی-مهندسی، به‌ویژه مهندسی برق، و بررسی تأثیر بازار کار صنعت برق بر این روند پاسخ داده‌ایم. در بخش کمی، یعنی پاسخ به پرسش اول، روش تحقیق مبتنی بر تحلیل ثانویه داده‌ها بوده است. جامعه آماری این بخش شامل همه دانشجویان و فارغ‌التحصیلان رشته‌های فنی-مهندسی در تمام گرایش‌ها و مقاطع تحصیلی مؤسسات آموزش عالی کشور تأییدشده دو وزارت «علوم، تحقیقات و فناوری» و «بهداشت، درمان و آموزش پزشکی» طی ۱۳۶۸ تا ۱۴۰۰ می‌شود. به دلیل دسترسی به داده‌های جامع، نمونه‌گیری نکردیم و کل جامعه آماری را تحلیل کردیم. داده‌ها را از بانک اطلاعاتی مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی استخراج و سپس پالایش و دسته‌بندی کردیم و با استفاده از روش‌های آماری توصیفی (مانند محاسبه فراوانی، درصد تغییرات و روندهای زمانی) آنها را تحلیل کردیم تا تغییرات جمعیت دانشجویان و فارغ‌التحصیلان طی سال‌های بررسی شده تبیین شود. در بخش کیفی، یعنی پاسخ به پرسش دوم تحقیق، جامعه آماری شامل مدیران و کارشناسان

شرکت‌های فعال در صنعت برق کشور (شرکت‌های دانش بنیان، شرکت‌های مشاوره مهندسی، سازندگان تجهیزات، و مدیران منابع انسانی وزارت نیرو و شرکت‌های تابعه) می‌شد. به روش هدفمند و مبتنی بر کفایت نظری نمونه‌گیری کردیم بدین معناکه مصاحبه‌ها تا زمانی ادامه یافت که داده‌های جدید به یافته‌های قبلی افزوده نشد و اشباع نظری حاصل شد. در مجموع، با ۱۵ نفر از خبرگان صنعت برق مصاحبه نیمه ساختاریافته کردیم. ابزار گردآوری داده‌ها در این بخش مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته و بررسی اسناد و گزارش‌های مرتبط با وضعیت بازار کار و اشتغال در صنعت برق بود. داده‌های کیفی گردآوری شده را با روش تحلیل مضمون و کدگذاری چندمرحله‌ای (باز، محوری و انتخابی) تحلیل و یافته‌ها را در قالب چهار مقوله اصلی «علل»، «پیامدها»، «راهبردهای کنش» و «تأثیرات میان مدت و بلندمدت» طبقه‌بندی و تفسیر کردیم. این رویکرد ترکیبی امکان ارائه تصویری چندبُعدی و واقع‌گرایانه را از وضعیت فعلی و آینده بازار کار مهندسی برق و تأثیر آن بر آموزش عالی کشور فراهم ساخت.

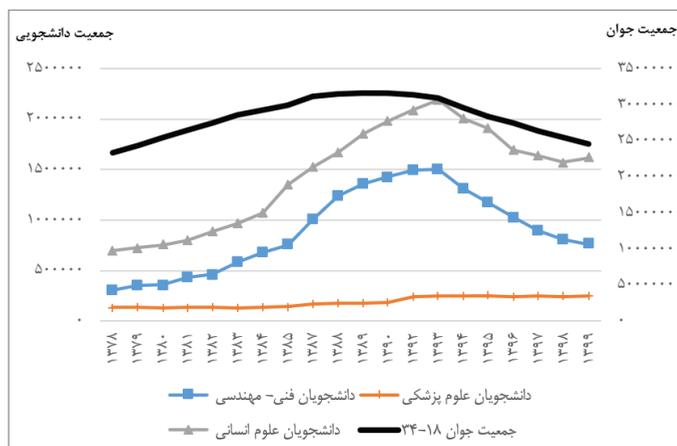
۴. یافته‌های تحقیق

در این بخش، به تفکیک سؤالات تحقیق به یافته‌های مرتبط اشاره می‌کنیم.

۴-۱. وضعیت جمعیت دانشجویی کشور در رشته‌های فنی-مهندسی در ایران پرسش اول تحقیق در خصوص توصیف وضعیت تقاضای اجتماعی تحصیل در رشته‌های فنی-مهندسی در کشور، از جمله در مهندسی برق، بوده است. مطابق آنچه در ادامه آورده‌ایم، با استفاده از داده‌های پالایش شده دانشجویان مهندسی مستخرج از بانک داده مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی، نمودارهای توصیفی استخراج شده‌اند که آنها را به همراه توضیحات تکمیلی در ادامه آورده‌ایم.

۴-۱-۱. کاهش گرایش جوانان به تحصیل در رشته‌های مهندسی ایران از کشورهایی است که طی سالیان گذشته با پدیده کاهش تقاضای اجتماعی تحصیل در رشته‌های مهندسی روبه‌رو شده است. در شکل ۱، جمعیت دانشجویی کشور را در رشته‌های فنی-مهندسی، علوم پزشکی و علوم انسانی در کنار روند جمعیت جوان ۱۸ تا ۳۴ ساله کشور ترسیم کرده‌ایم. مطابق شکل، جمعیت دانشجویی در رشته‌های علوم پزشکی، به ویژه از ۱۳۹۰ به بعد، با شیبی ملایم افزایش یافته است. همچنین، در گروه علوم انسانی، از ۱۳۹۸ به بعد جمعیت دانشجویی مرتبط با آن افزایش یافته در حالی که از ۱۳۹۲ به بعد در جمعیت جوان ۱۸ تا ۳۴ ساله کشور روند نزولی رخ داده است. مطابق شکل، با ورود به دهه هشتاد هجری شمسی تعداد دانشجویان رشته‌های مهندسی در ایران با شیب زیادی افزایش یافته به طوری که، در ۱۳۸۰، شمار دانشجویان مهندسی ۳۵۸۷۳۳ نفر بوده و در ۱۳۹۳ این تعداد به ۱۵۰۴۸۶۷ دانشجوی رسیده است؛ به عبارتی، اندکی بیش از چهار برابر شده است. از ۱۳۹۳ به بعد،

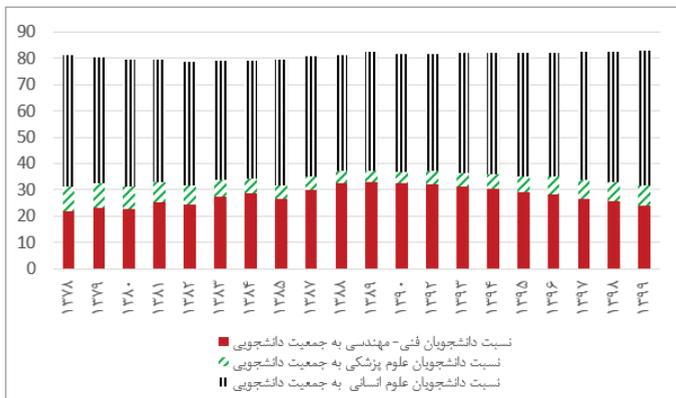
برخلاف سال‌های پیشین، جمعیت دانشجویان مهندسی کشور روند نزولی با شیب زیاد داشته است. با توجه به افزایشی که در جمعیت دانشجویی گروه علوم پزشکی و علوم انسانی، برخلاف روند جمعیت جوان کشور، مشاهده می‌شود نمی‌توان نتیجه کلی گرفت که تغییرات جمعیت دانشجویی کشور در گروه‌های تحصیلی تابع تغییرات جمعیت جوان کشور است. محاسبه ضریب همبستگی نیز این نکته را تأیید می‌کند به طوری که ضریب همبستگی میان جمعیت جوان و جمعیت دانشجویی گروه علوم پزشکی منفی به دست آمده و در گروه علوم انسانی نیز کوچک‌تر از ۰/۷ است که معنادار نیست.



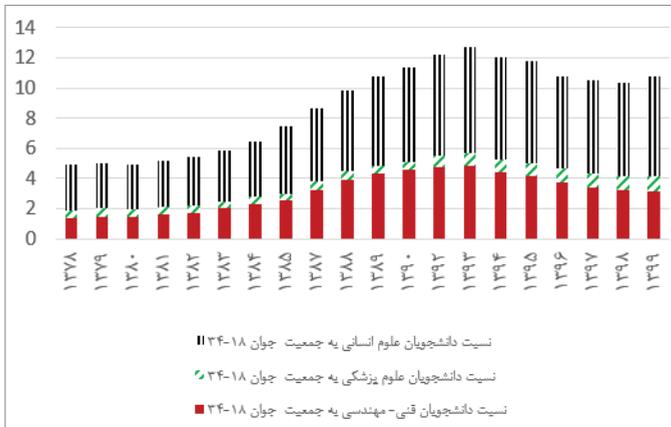
شکل ۱. جمعیت دانشجویی کشور به تفکیک گروه‌های تحصیلی فنی-مهندسی، علوم پزشکی و علوم انسانی (Pasandideh et al., 2025)

نمودارهایی که در ادامه آورده‌ایم تصویر دقیق‌تری از وضعیت تحصیل در گروه‌های تحصیلی دانشگاهی نشان می‌دهند. در شکل ۲، سهم دانشجویان گروه‌های تحصیلی فنی-مهندسی، علوم پزشکی و علوم انسانی در مقایسه با کل جمعیت دانشجویی کشور در سال‌های متفاوت ترسیم شده است. همچنین، در شکل ۳، این سهم در مقایسه با جمعیت جوان ۱۸ تا ۳۴ ساله در هر سال ترسیم شده است. مطابق شکل ۲، سهم دانشجویان فنی-مهندسی در مقایسه با جمعیت دانشجویی کشور تا ۱۳۸۹ افزایش داشته و سپس روند کاهشی یافته است. در مقابل، سهم دانشجویان علوم پزشکی و علوم انسانی در سال‌های اخیر افزایش یافته است. در شکل ۳، مشخص است که از ۱۳۹۳ به بعد سهم دانشجویان فنی-مهندسی در مقایسه با جمعیت جوان کشور کاهش داشته اما، برعکس، در سال‌های اخیر، سهم دانشجویان علوم پزشکی و علوم انسانی از جمعیت جوان کشور روند افزایشی داشته است. بدین ترتیب، در سال‌های اخیر، درصد کمتری از جمعیت دانشجویی و همچنین جمعیت جوان کشور علاقه‌مند به تحصیل در رشته‌های مهندسی بوده‌اند.

شایان ذکر است از ۱۳۹۳ به بعد جمعیت دانشجویی کشور نزولی شده به طوری که از ۴,۸۱۱,۵۸۱ نفر در آن سال به ۳,۲۴۹,۰۰۰ هزار نفر در ۱۴۰۱ رسیده یعنی رشد منفی تقریباً ۳۲/۴ درصد رخ داده است. اوج دانشجویان فنی-مهندسی نیز در ۱۳۹۳، با ۱,۵۰۴,۸۶۷ نفر بوده که تا ۱۴۰۰ با ۴۹/۳ درصد کاهش به ۷۶۲,۳۴۱ نفر رسیده است. لذا، آهنگ کاهش تمایل به رشته‌های فنی-مهندسی از کاهش تمایل به دانشجویان در سال‌های اخیر سریع‌تر بوده است!



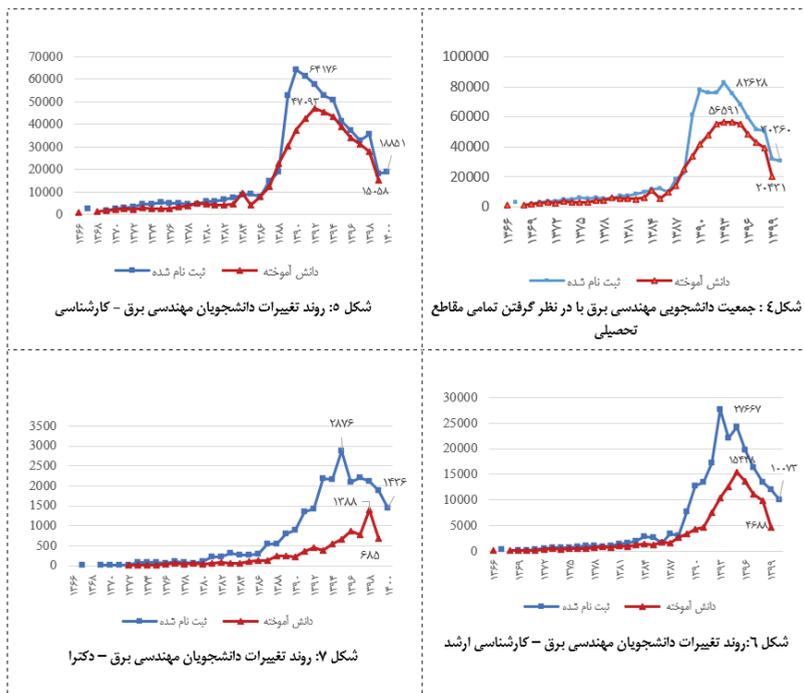
شکل ۲. سهم دانشجویان کشور در گروه‌های فنی-مهندسی، علوم پزشکی و علوم انسانی از جمعیت دانشجویی کشور در هر سال (Pasandideh et al., 2025)

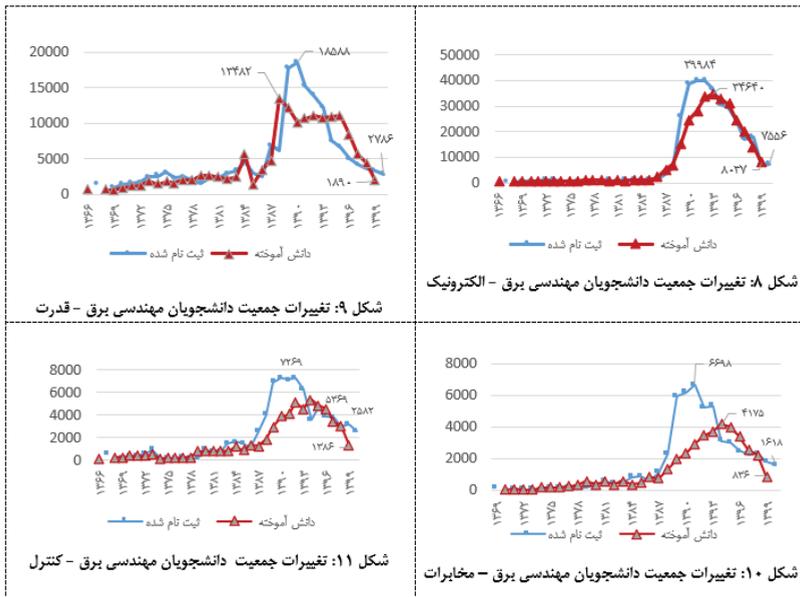


شکل ۳. سهم دانشجویان کشور در گروه‌های فنی-مهندسی، علوم پزشکی و علوم انسانی به جمعیت جوانان ۱۸ تا ۲۴ ساله کشور (Pasandideh et al., 2025)

۲-۱-۴. وضعیت جمعیت دانشجویی در رشته مهندسی برق به تفکیک مقطع تحصیلی در شکل ۴، وضعیت جمعیت فارغ‌التحصیلان و دانشجویان مهندسی برق را با لحاظ همه مقاطع تحصیلی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری طی سال‌های گذشته آورده‌ایم. مطابق شکل، از ۱۳۹۴ به بعد روند

نزولی جمعیت فارغ التحصیلان مهندسی برق رخ داده و همچنین، با توجه به نمودار ثبت نام شدگان، مشخص است که از ۱۳۹۳ جمعیت دانشجویی نیز در این رشته روند نزولی پیدا کرده است. در شکل های ۵، ۶ و ۷، این جمعیت را به تفکیک مقاطع تحصیلی آورده ایم. چنان که ملاحظه می کنید، جمعیت دانش آموختگان و ثبت نام شدگان در همه مقاطع تحصیلی این رشته روند نزولی داشته است. البته، نخست روند کاهشی در مقطع کارشناسی رخ داده است (۱۳۹۲ در نمودار دانش آموختگان)، سپس در کارشناسی ارشد مهندسی برق (۱۳۹۴ در نمودار دانش آموختگان) و در نهایت در مقطع دکترا (۱۳۹۸ در نمودار دانش آموختگان). در شکل های ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ نیز جمعیت دانش آموختگان و ثبت نام شدگان مهندسی برق را به تفکیک گرایش های الکترونیک، قدرت، کنترل و مخابرات ترسیم کرده ایم. در این شکل ها نیز مشخص است که کاهش جمعیت در هر دو بخش ثبت نام شدگان و دانش آموختگان مهندسی برق در همه گرایش های این رشته تحصیلی (مخابرات، کنترل، الکترونیک و قدرت) رخ داده است و خاص مهندسی برق-قدرت نیست. از دلایل مهم این روندهای نزولی جذابیت بیشتر رشته مهندسی کامپیوتر، به دلیل بازار کار بهتر این رشته، است.





(Pasandideh & Khorsand safaei, 2024)

با توجه به آنچه توصیف کردیم، طی سال‌های گذشته، جمعیت دانشجویی مهندسی کشور روند نزولی پیدا کرده است. این ویژگی در اغلب رشته‌های مهندسی، از جمله مهندسی برق، ملاحظه شده است. روندهای ترسیم شده در درازمدت پیامدهای ناگواری برای صناعی خواهد داشت که به شدت به متخصصان فنی-مهندسی متکی هستند؛ از جمله صنعت برق کشور. مطابق آنچه در بخش ادبیات و پیشینه مقاله ذکر کردیم، از عوامل تأثیرگذار بر روند کاهشی تقاضای اجتماعی تحصیل در رشته‌های فنی-مهندسی وضعیت بازار کار مهندسی است. بنابراین، در ادامه این بخش، وضعیت بازار کار دولتی و خصوصی صنعت برق کشور را تحلیل می‌کنیم.

۲-۴. تأثیر وضعیت بازار کار صنعت برق بر عرضه و تقاضای نیروی انسانی مهندسی

پرسش دوم مقاله حاضر در خصوص تأثیر وضعیت بازار کار صنعت برق بر عرضه و تقاضای نیروی انسانی فنی-مهندسی است. از آنجا که صنعت برق از بازارهای اصلی فعالیت متخصصان و فارغ‌التحصیلان مهندسی، به ویژه مهندسی برق، است ضرورت دارد وضعیت این بازار کار بررسی و موشکافی شود. سیاست‌های استخدامی وزارت نیرو طی سال‌های گذشته به چه ترتیب بوده و همچنین وضعیت سرمایه‌گذاری در این صنعت زیرساختی چگونه است؟ وضعیت شرکت‌های خصوصی فعال در صنعت برق چگونه است؟ این پرسش‌ها درک روشنی از وضعیت بازار کار صنعت برق به ما می‌دهد. مسلماً، وضعیت بازار کار صنعت برق به جامعه نیز بازتاب دارد و بر تصمیم‌گیری‌های جوانان در انتخاب رشته

تحصیلی دانشگاهی، به‌ویژه مهندسی، تأثیر خواهد داشت. برای بررسی وضعیت، در ادامه، با رویکرد کیفی و با روش تحلیل مضمون مؤلفه‌های اصلی وضعیت بازار کار صنعت برق را استخراج و تأثیرات این وضعیت را بر عرضه و تقاضای نیروی انسانی مهندسی مشخص کرده‌ایم.

۴-۲-۱. توضیحاتی در خصوص شرکت‌های فعال در صنعت برق کشور

در صنعت برق کشور، شاهد حضور ۲۰۷۶ بنگاه خصوصی و دولتی هستیم که به انواع فعالیت‌های صنعتی می‌پردازند. مطابق جدول ۲، از مجموع شرکت‌ها ۱۱۲ شرکت وابسته مستقیم یا تابع وزارت نیرو هستند و در بخش دولتی صنعت برق مشغول به فعالیت‌اند و مابقی در بخش خصوصی صنعت برق حضور دارند (Asadi et al., 2023). این شرکت‌ها در حوزه‌هایی، مانند مشاوره مهندسی در رتبه‌های متفاوت، بازرگانی، دانش بنیان، سازنده تجهیزات صنعت برق و شرکت‌های بخش خصوصی تولیدکننده برق، فعالیت دارند. طبق آخرین آمار منتشرشده، بالغ بر ۱۵۰۰۰۰ نفر در بنگاه‌های بخش دولتی و خصوصی صنعت برق شاغل هستند که از این تعداد ۴۷۲۳۳ نفر، یعنی ۳۱/۵ درصد از کل، در بخش دولتی وزارت نیرو و مابقی، یعنی حدود ۶۸/۵ درصد، در بخش خصوصی صنعت برق در ۱۴۰۱ حضور داشته‌اند. شایان ذکر است ۷ درصد از اشتغال صنعتی ایران مرتبط با صنعت برق است (Deputy for Research and Planning of IEIS, 2020).

جدول ۲. تعداد بنگاه‌های خصوصی و دولتی فعال در صنعت برق (Deputy for Research and Planning of IEIS, 2020)

ردیف	شرکت‌های فعال در صنعت برق	تعداد
۱	شرکت‌های پیمانکاری تولید و انتقال (رتبه ۲، ۱ و ۳) و توزیع	۱۶۲
۲	شرکت‌های مهندسی مشاور (رتبه ۲، ۱ و ۳)	۸۸
۳	شرکت‌های مهندسی بازرگانی	۱۰۳
۴	شرکت‌های دانش بنیان (نویا)	۳۶۳
۵	شرکت‌های دولتی (برق منطقه‌ای، توزیع نیروی برق، توانیر، مادر تخصصی)	۱۱۲
۶	شرکت‌های بخش خصوصی تولید برق	۵۰
۷	شرکت‌های تولیدی (سازنده تجهیزات)	۱۱۹۸

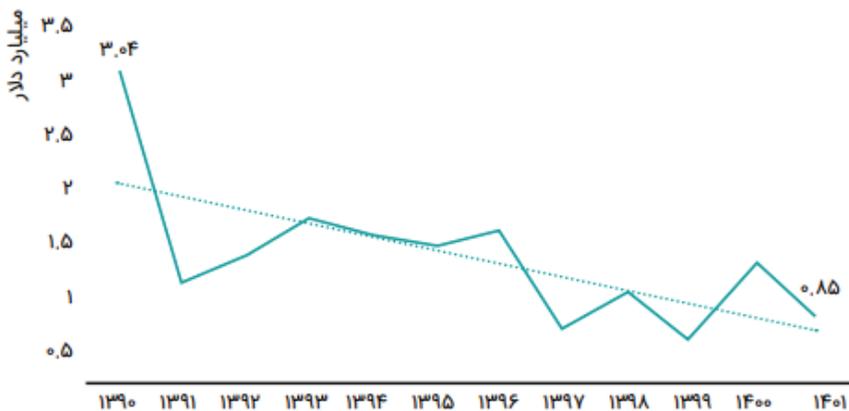
۴-۲-۲. مهم‌ترین چالش‌های صنعت برق از منظر مالی و سرمایه‌گذاری

چنان‌که در بخش پیشین مشاهده کردید، بیش از دوهزار بنگاه خصوصی و دولتی در صنعت برق مشغول به فعالیت هستند و نزدیک به ۱۵۰ هزار نفر نیروی انسانی نیز در این بنگاه‌ها اشتغال دارند اما، طی چند سال گذشته، وضعیت اقتصادی و سرمایه‌گذاری کشور به‌نوعی بر صنعت برق تأثیر گذاشته و چالش‌های متعددی برای این صنعت به وجود آمده است. بنابراین، می‌بایست در بررسی وضعیت بازار کار صنعت برق این نکات تشریح شود تا بتوانیم تأثیر آن را بر استخدام فارغ‌التحصیلان مهندسی

و نگهداشت نیروی انسانی فنی-مهندسی در صنعت برق بررسی کنیم.

الف) اقتصاد نامتوازن و ناترازی مالی صنعت برق: صنعت برق، مشابه سایر بخش‌های انرژی کشور، به دلیل قیمت‌گذاری دستوری (تکلیفی) که قیمت فروش برق از قیمت تمام‌شده آن کمتر است، دچار اقتصاد نامتوازن است. براساس گزارش بودجه و صورت‌های مالی حسابرسی‌شده شرکت توانیر، زیان خالص این شرکت در ۱۴۰۱ بیش از ۶۰ هزار میلیارد تومان بوده است و در کل وزارت نیرو به ۱۰۰ هزار میلیارد تومان (معادل دست‌کم ۲۰ میلیارد دلار) می‌رسد. نکته مهم دیگر آن است که منابع تأمین مالی صنعت برق در دو گروه ۱. ذخایر و اندوخته‌ها و سایر دارایی‌های جاری و کم‌درآمد عمومی و ۲. تسهیلات بانکی و وام‌ها (داخلی و خارجی) و سایر دریافتی‌ها قابل بررسی است. در این میان، تسهیلات بانکی و وام‌ها (داخلی و خارجی) و سایر دریافتی‌ها ۸۵ درصد از کل منابع سرمایه‌ای صنعت برق را در بودجه هر سال به خود اختصاص می‌دهند. عملکرد صنعت برق نشان می‌دهد منابع ذکرشده، شامل تسهیلات بانکی، اتکاناپذیرند و عملاً محقق نمی‌شوند به طوری که «منابع موهوم» نامیده می‌شوند. چنین وضعیتی سبب شده است صنعت برق طی سالیان گذشته دچار بحران ناترازی مالی شود که تبعات گسترده‌ای برای این صنعت داشته است (Setabran16, 2024).

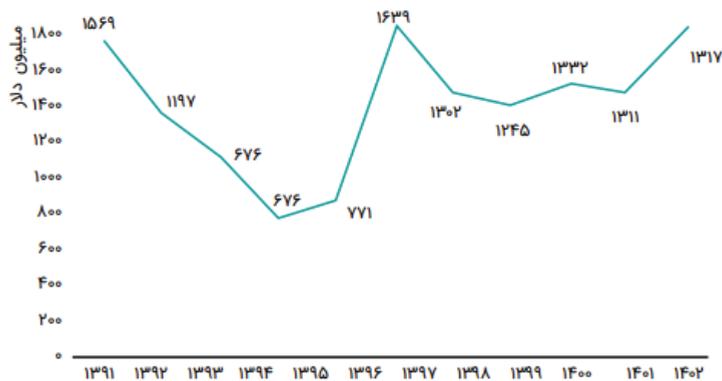
ب) روند نزولی سرمایه‌گذاری در صنعت برق کشور: نتیجه اقتصاد نامتوازن صنعت برق روند نزولی سرمایه‌گذاری در صنعت برق بوده است، ضمن آنکه تأثیرات تحریم‌های خارجی عملاً سرمایه‌گذاری خارجی را در صنعت برق به حداقل رسانده است. تأثیر کاهش سرمایه‌گذاری رشد زیرساخت‌های تولید و شبکه برق متناسب با رشد تقاضای برق و در نتیجه کاهش پایداری عرضه برق است. چنان‌که در شکل ۱۲ ملاحظه می‌کنید، سرمایه‌گذاری در صنعت برق که در ۱۳۹۱ به ۳٫۰۴ میلیارد دلار رسیده بود در ۱۴۰۱ تنها به ۰٫۸۵ میلیارد دلار رسیده است.



شکل ۱۲. روند سرمایه‌گذاری در صنعت برق در دهه اخیر (Setabran16, 2024)

ج) کوچک‌شدن زنجیره تأمین صنعت برق: با توجه به کمبود منابع مالی دولت در دهه ۹۰ برای اجرای طرح‌های توسعه‌ای، هزینه تأمین مالی از طریق ایجاد بدهی در زنجیره تأمین بخش مشاور و پیمانکار این صنعت جبران شده است. به دلیل پرداخت نشدن بموقع و تأخیرهای طولانی در پرداخت صورت وضعیت‌های مشاوران، پیمانکاران و تولیدکنندگان تجهیزات که در بخش خصوصی صنعت برق مشغول به فعالیت هستند، رکود شدیدی در بخش زنجیره تأمین صنعت برق رخ داده و در نتیجه این بخش کوچک شده است. تا میانه دهه ۹۰، هنوز سهم زنجیره تأمین صنعت برق در اقتصاد کشور بزرگ بوده ولی، از میانه دهه ۹۰ و با فشار دولت از طریق ایجاد بدهی به زنجیره تأمین، سهم بخش خصوصی از ۴۵ درصد طی ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ به ۲۳ درصد طی ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ رسیده است.

د) افزایش واردات تجهیزات: پیامد وضعیت حاکم توسعه نیافتن زنجیره تأمین صنعت برق است به طوری که زنجیره تأمین دیگر توان پاسخ‌گویی به نیازهای شبکه صنعت برق را ندارد و در مقابل وزارت نیرو، برای تأمین نیازهای شبکه، اقدام به واردات تجهیزات صنعت برق کرده به طوری که، براساس آمار گمرک ایران، روند واردات کالا و تجهیزات صنعت برق طی ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۲ صعودی بوده است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳. روند واردات تجهیزات صنعت برق طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۲ (Setabran16, 2024)

۲-۳. پیامدهای وضعیت مالی، اقتصادی حاکم بر بنگاه‌های صنعت برق با توجه به چالش‌های مالی و اقتصادی وزارت نیرو، کسب و کارهای صنعت برق، به ویژه کسب و کارهای بخش خصوصی آن، دچار وضعیت دشواری شده‌اند که به مهم‌ترین چالش‌های آن اشاره می‌کنیم.

الف) رکود و کاهش بازار: روند تقاضای شرکت‌های سازنده و پیمانکاری صنعت برق کاملاً متأثر از طرح‌های توسعه‌ای احداث تأسیسات تولید، انتقال و توزیع برق در وزارت نیروست. چنان‌که اشاره کردیم، نظام مالی صنعت برق دچار بحران بی‌توازی درآمد و هزینه شده و وزارت نیرو دچار عارضه کسری بودجه است. به همین خاطر، روند سرمایه‌گذاری در صنعت برق کاهش یافته و تقاضای محصولات و

خدمات کسب و کارهای صنعت برق دچار رکود است. این امر سبب ظرفیت‌های خالی در شرکت‌های خصوصی فعال در این صنعت شده به طوری که گردش مالی اجرای پروژه‌های بیشتر این شرکت‌ها، در مقایسه با ۱۳۹۰، در سال‌های اخیر با قیمت‌های ثابت به حدود یک سوم کاهش پیدا کرده است.

ب) مطالبات انبوه: هم‌اکنون، به دلیل انباشت زیاد مطالبات، بسیاری از فعالان صنعت برق، به خصوص تولیدکنندگان کوچک که از حمایت‌های نهادهای دولتی و خصوصی بی‌نصیب بوده‌اند، در آستانه ورشکستگی و تعطیلی قرار گرفته‌اند. برخی دیگر نیز به سراغ تولید در سایر بخش‌ها رفته و از ادامه همکاری با صنعت برق صرف‌نظر کرده‌اند. پرداخت مطالبات سازندگان، پیمانکاران و فعالان صنعت برق به‌کندی صورت می‌گیرد که باعث کمبود نقدینگی در این صنعت و توقف توسعه و سرمایه‌گذاری شده است.

ج) توقف فعالیت‌های توسعه فناوری-رکود و ناپویایی فناورانه: شرکت‌های سازنده، به دلیل همکاری نکردن با شرکت‌های جهانی و مراکز علمی در سال‌های گذشته، نتوانسته‌اند انتقال فناوری انجام دهند و از سوی دیگر، به دلیل محدودیت‌های مالی و خط بالای پروژه‌های تحقیق و توسعه، برای خلق نوآوری سرمایه‌گذاری نکرده‌اند. در نتیجه، شکاف فناوری روی بسیاری از شرکت‌های سازنده تأثیرگذار بوده است و عملاً در بسیاری از تجهیزات برقی مزیت رقابت در بازارهای جهانی ندارند.

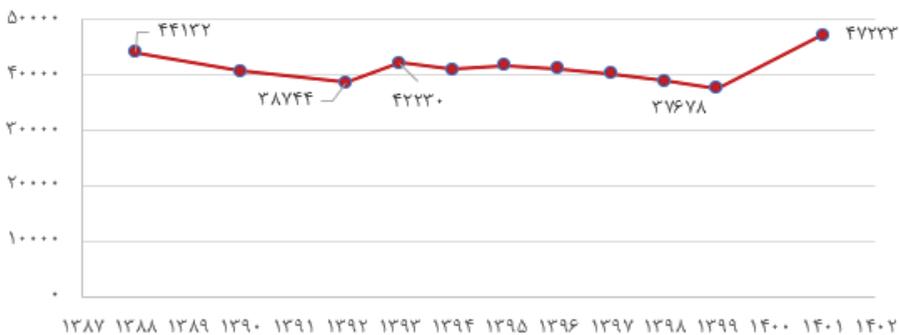
۴-۲-۴. وضعیت جذب و نگهداشت نیروی انسانی متخصص در بنگاه‌های بخش خصوصی صنعت برق با توجه به چالش‌های برشمرده در بخش‌های پیشین، پیامد مهم این وضعیت متأثر شدن وضعیت جذب و نگهداشت نیروی انسانی فعال در بنگاه‌های خصوصی صنعت است. وضعیت حاکم سبب شده است بنگاه‌ها نیروی انسانی خود را تعدیل کنند و برخی شرکت‌ها نیز در تأمین حقوق و دستمزد کارکنان خود دچار مشکلات عدیده شده‌اند. همچنین، به دلیل فضای رکود در صنعت برق، فعالیت‌های توسعه فناوری و نوآوری در پایین‌ترین سطح خود در بنگاه‌ها در حال انجام است. لذا، بسیاری از متخصصان نیروهای تحصیل‌کرده بنگاه‌های بخش خصوصی صنعت برق ترجیح می‌دهند از آن خارج شوند و برای ادامه فعالیت‌های صناعی را انتخاب کنند که وضعیت مالی بهتری دارند (مانند فولاد یا پتروشیمی). تعداد زیادی نیز راهبرد مهاجرت از کشور را انتخاب کرده‌اند. در جدول ۳، به نمونه‌هایی از مهم‌ترین مشکلاتی اشاره کرده‌ایم که شرکت‌ها، در نتیجه وضعیت حاکم، برای جذب و نگهداری نیروی انسانی متخصص خود دارند. مطابق این جدول، کوچ نیروی انسانی متخصص و مهاجرت آنها به خارج از کشور یا دیگر صنایع دغدغه جدی شرکت‌هاست. همچنین وضعیت مالی این شرکت‌ها سبب شده است بناچار سیاست تعدیل نیروی انسانی را برگزینند که این موضوع نیز برای آنها چالش جدی ایجاد کرده چون در شرکت‌های صنعت برق، برای نمونه، شرکت‌های مهندسی مشاوره، اساس بر حضور و فعالیت نیروهای متخصص است. همچنین استمرار این وضعیت برای صنعت برق نیز مطلوب نخواهد بود چون این صنعت به‌منظور تداوم حیات و توسعه به فعالیت مؤثر انواع بنگاه‌های سازنده، مشاور و دانش‌بنیان وابسته است.

جدول ۳. مسائل شرکت‌های خصوصی صنعت برق در حوزه نیروی انسانی در نتیجه وضعیت حاکم

نمونه نقل قول‌ها	مسئله در حوزه نیروی انسانی	نوع شرکت در صنعت برق
<p>از اعضای دانش بنیان سندیکای صنعت برق ایران: «دو مشکل نبود بازار فروش و کوچ نیروی انسانی از شرکت‌های کوچک و متوسط به شرکت‌های با توانایی مالی بالاتر صنعت برق از مهم‌ترین چالش‌های امروز شرکت‌های صنعت دانش بنیان برق به شمار می‌رود. در واقع، نیروهای متخصص یا جذب شرکت‌های بزرگ می‌شوند یا به کشورهای دیگر مهاجرت می‌کنند که در هر دو حالت دستمزدها قابل قیاس با پرداختی شرکت‌های دانش بنیان صنعت برق نیست.»</p> <p>نماینده صندوق پژوهش و فناوری صنعت برق و انرژی: «شرکت‌های دانش بنیان، علاوه بر اینکه در جذب منابع انسانی توانمند محدودیت‌هایی دارند، بر اثر مهاجرت جوانان و نخبگان روزبه‌روز بیشتر دچار بحران سرمایه انسانی می‌شوند.»</p>	<p>کوچ نیروی انسانی متخصص. مهاجرت جوانان و نخبگان</p>	<p>دانش بنیان</p>
<p>از اعضای کمیته مهندس مشاور سندیکای صنعت برق ایران: «سال‌های زیادی طول کشیده است تا مشاوران تراز اول با ظرفیت رقابت با مشاوران بزرگ جهانی پرورش یابند... متأسفانه، در حال حاضر حال شرکت‌های مهندسی مشاور خوب نیست و چنانچه اوضاع آنها سریعاً بهبود نیابد امکان هرگونه فروپاشی وجود دارد. قطعاً هر خللی در ساختار دانش و نیروی انسانی این شرکت‌ها لطمات جبران‌ناپذیری به آینده توسعه کشور خواهد زد.»</p> <p>مدیرعامل یکی از شرکت‌های مشاوره بخش خصوصی صنعت برق: «به دلیل مشکلات، شرکت‌های فعال در حوزه مهندسی مشاور با پدیده بی‌ثباتی و مهاجرت نیروی کار رودررو شده‌اند که برای شرکت‌های مهندسان مشاور و مهاجرت مدیران میانی، کارشناسان و تکنسین‌ها مشکل ساز شده است. مقصر میل به مهاجرت کم‌توجهی دولت و کارفرما به شرکت‌های مهندسی مشاور است که متأسفانه دامنه رشد آن هر سال بیشتر می‌شود. از سوی دیگر، ضعف آموزش عمومی و آگاهی‌دادن به دانشجویان و نبود کار فرهنگی مناسب در دانشگاه‌ها باعث شده است دانش‌آموختگان دانشگاهی جدید میلی به جذب و استخدام در داخل کشور نداشته باشند چنان‌که شرکت‌های مهندسان مشاور صنعت برق در حال خالی شدن از نیروهای متخصص هستند.»</p>	<p>اختلال در نیروی انسانی شرکت‌های مشاوره صنعت برق بی‌ثباتی و مهاجرت نیروهای نخبه شرکت‌ها</p>	<p>مشاوره مهندسی</p>
<p>مدیرعامل یکی از شرکت‌های سازنده تجهیزات: «در حال حاضر، فعالان صنعت برق دچار مشکلاتی در تأمین نقدینگی و مواد اولیه، واردات تجهیزات، صادرات و تأمین هزینه نهادهای تولید هستند که به رکود، تعدیل نیروی انسانی و انباشت مطالبات از دولت منجر شده است.»</p> <p>مدیرعامل یکی از شرکت‌های سازنده تجهیزات: «اگرچه در حال حاضر ثبت سفارش، قیمت و مقدار تخصیص ارز و قوانین گمرکی اصلی‌ترین چالش فعالان کسب و کار هستند، از دیدگاه من، مهم‌ترین مشکل امروز صنایع مهاجرت نخبگان و متخصصان از کشور و تربیت نشدن نیروهای ماهر است. مسئله اینجاست که متأسفانه چنین مشکل بزرگی در هیاهوی رسیدگی به مشکلات دیگر مغفول مانده است. به نظر می‌رسد کاملاً پیش‌بینی پذیر است که کارخانجات تولیدی در آینده‌ای نزدیک با مهاجرت نیروی کار ماهر خود دچار مشکلات جدی خواهند شد. در صورت ادامه مهاجرت و کمبود نیروی متخصص، در سال‌های آینده ناچار به واردات خدمات فنی-مهندسی از دیگر کشورها خواهیم بود که زنگ خطری جدی برای صنعت کشور است.»</p>	<p>تعدیل نیروی انسانی. مهاجرت نخبگان و متخصصان</p>	<p>شرکت‌های سازنده تجهیزات</p>

۴-۲-۵. وضعیت نیروی انسانی در بخش دولتی صنعت برق

بخش دولتی صنعت برق نیز، مشابه بخش خصوصی صنعت برق، دارای مشکلات متعدد در جذب و نگهداشت نیروی انسانی است، ضمن اینکه علل این قضیه تا حدودی به وضعیت مالی و اقتصادی وزارت نیرو بازمی‌گردد اما حاکمیت برخی قوانین بر وزارت نیرو وضعیت را سخت‌تر کرده است. به‌منظور تشریح وضعیت حاکم بر بازار کار بخش دولتی صنعت برق، می‌بایست نخست به روند تغییرات جمعیت شاغل در بخش دولتی وزارت نیرو طی سال‌های گذشته توجه کنیم. مطابق شکل ۱۴، از ۱۳۸۸ نیروی انسانی در بخش دولتی وزارت نیرو کاهش یافته است اما، طی ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۳، نزدیک به چهارهزار نفر به این جمعیت اضافه شده است. از ۱۳۹۳، بار دیگر روند کاهشی نیروی انسانی رخ داده که تا ۱۳۹۹ ادامه داشته است اما از این سال به بعد شاهد رشد صعودی نیروی انسانی بخش دولتی وزارت نیرو بوده‌ایم به طوری که حدود ۱۰ هزار نفر به آمار شاغلان دولتی صنعت برق افزوده شده است. در ادامه، مشخص می‌شود دلایل افزایش رخ داده در سال‌های اخیر چه بوده است و آیا آمیدی به جذب فارغ‌التحصیلان مهندسی، از جمله مهندسان برق، در بخش دولتی صنعت برق هست یا خیر.



شکل ۱۴. جمعیت نیروی انسانی شاغل بخش دولتی صنعت برق (Pasandideh & Khorsand safaei, 2024)

۴-۲-۶. بی‌تناسبی برخی از قوانین حاکم با ماهیت فعالیت‌های صنعت برق کشور

علاوه بر وضعیت مالی و اقتصادی که بخش دولتی صنعت برق را، مانند بخش خصوصی، متأثر ساخته، فضای بازار کار دولتی صنعت برق از برخی قوانین تأثیر پذیرفته است که اساساً با فعالیت‌های تخصصی این وزارتخانه تناسبی ندارد. یکی از این قوانین که بیش از یک دهه است وزارت نیرو را متأثر کرده «قانون مدیریت خدمات کشوری» است. طبق مصوبه هیئت دولت، وزارت نیرو از ۱۳۹۲ موظف به اجرای کامل قانون مدیریت خدمات کشوری شده که نوعی بازطراحی فرایند استخدام در دستگاه‌های اجرایی است. بنابر این قانون، دستگاه‌های اجرایی موظف‌اند براساس نظام برنامه‌ریزی منابع انسانی

نیازمندی‌های خود را حسب مورد به سازمان امور استخدامی اعلام کنند. سازمان امور استخدامی، پس از بررسی نیازمندی‌ها، مجوزهای استخدامی دستگاه‌های متقاضی را تعیین و برای نشر آگهی ابلاغ می‌کند. فرایند استخدام شامل آزمون کتبی (عمومی و تخصصی)، مصاحبه و گزینش است. این در حالی است که وزارت نفت در برابر پیوستن به این قانون مقاومت کرده و خود را وزارتخانه‌ای تخصصی معرفی کرده است که نبایستی مثل دستگاه‌های دولتی عمومی با آن برخورد شود. با تحلیل مصاحبه‌ها و بررسی اسناد مشخص می‌شود که حاکمیت قانون یادشده تناسب چندانی با ماهیت تخصصی صنعت برق ندارد، ضمن آنکه اجرای آن با مشکلاتی همراه بوده است که در ادامه به آنها اشاره می‌کنیم.

الف) مشکلات ساختاری صنعت برق در نتیجه تخصصی‌سازی ناقص در این صنعت: چنان‌که اشاره کردیم، وزارت نفت با تأکید بر اینکه وزارتخانه تخصصی است و می‌بایست در استخدام و نگهداشت نیروی انسانی متخصص دارای اختیار باشد خود را از شمول این قانون استثناء کرده اما وزارت نیرو بر اثر فشارها مجبور به پیروی از این قانون شده است. این در حالی است که وزارت نیرو مجموعه‌ای از شرکت‌های تخصصی زیرمجموعه است که در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع برق فعالیت دارند. لذا، ایراد اساسی آن است که بسیاری از فعالیت‌های این شرکت‌های دولتی وابسته به وزارت نیرو از نوع اجرایی و تصدی‌گری است و حاکمیتی نیست. بنابراین، طبق برنامه تخصصی‌سازی صنعت برق، انتظار می‌رفته است این شرکت‌ها تخصصی‌سازی شوند (مانند شرکت‌های توزیع برق و نیروگاه‌ها). به دلایلی، تخصصی‌سازی ناقصی در صنعت برق کشور رخ داده و هرچند ماهیت فعالیت‌های بسیاری از شرکت‌های زیرمجموعه وزارت نیرو اجرایی و تخصصی است در عمل همچنان دولتی اداره می‌شوند. اگر این شرکت‌ها تخصصی شده بودند، با توجه به نیازهای تخصصی، اقدام به جذب نیروی متخصص می‌کردند و در بحث حقوق و دستمزد نیروی انسانی متخصص خود آزادی عمل داشتند اما، در حال حاضر، فرایند جذب نیروی انسانی در این شرکت‌ها با ماهیت شرکت تخصصی مغایرت دارد و سازمان اداری و امور استخدامی که دیدگاه چندان دقیقی درباره ماهیت فعالیت‌های صنعت برق ندارد درخصوص جذب نیروی انسانی در این شرکت‌ها نظر می‌دهد. از آنجاکه در وزارت نیرو وظایف حاکمیتی، اجرایی و تصدی‌گری هنوز کاملاً از یکدیگر جدا نشده‌اند، سازمان ثانویه‌ای مانند سازمان اداری و امور استخدامی که دیدگاه کلی به ماهیت فعالیت‌های این وزارتخانه دارد سیاستگذاری درستی درخصوص جذب و حتی نگهداشت نیروی انسانی در این وزارتخانه ندارد.

ب) برگزاری آزمون‌های استخدامی اندک و ظرفیت پذیرش محدود: پیرو حاکمیت قانون مدیریت خدمات کشوری، راهبرد اصلی وزارت نیرو در جذب نیروهای جدید طی سال‌های گذشته برگزاری آزمون‌های استخدامی با محوریت سازمان امور استخدامی کشور بوده است. نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد طی ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ این وزارتخانه آزمون استخدامی برگزار نکرده است. با اینکه در ۱۳۹۳ این وزارتخانه آزمون استخدامی برگزار کرد اعتراضات زیاد مهندسان برق و فارغ‌التحصیلان دانشگاهی را

در پی داشت. دلیل اصلی آن بود که در آگهی استخدامی وزارت نیرو در همه رشته‌های برق، اعم از قدرت، مخابرات، الکترونیک، کنترل، شبکه‌های انتقال و توزیع و...، شمار نفرات محدودی برای استخدام در نظر قرار گرفته بود. این در حالی است که پذیرش دانشجوی رشته مهندسی برق هر سال در مجموع دانشگاه‌های دولتی، آزاد، غیرانتفاعی، پیام نور، علمی کاربردی و مؤسسات آموزش صنعت آب و برق بیش از ۴۰۰۰ نفر (بدون محاسبه افراد پذیرفته در مقاطع تحصیلات تکمیلی) بوده است. بدین ترتیب، وزارت نیرو از میان بیش از ۱۰۰۰۰ فارغ‌التحصیل برق طی ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ نفرات محدودی را استخدام کرد که با اشتغال مهندسان برق در این صنعت تناسبی نداشت. پس از برگزاری چند دوره آزمون استخدامی با شرایط ذکر شده و ظرفیت پذیرش اندک، مجدداً از ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ آزمون استخدامی دیگری برگزار نشد.

ج) احساس تبعیض و نارضایتی نیروهای متخصص وزارت نیرو: شرایط آزمون‌های استخدامی در واقع صدایی است که از بخش دولتی صنعت برق به فارغ‌التحصیلان مهندسی، از جمله مهندسی برق منعکس می‌شود. بدین ترتیب که فرصت‌های استخدامی اندکی در انتظار فارغ‌التحصیلان مهندسی است، ضمن آنکه نیروی انسانی شاغل در صنعت نیز دچار مشکلات حقوق و دستمزد بر اثر قواعد محدودکننده قانون مدیریت خدمات کشوری و وضعیت دشوار درآمدی است. هرچند این نیروها در وضعیت بحران مالی وزارت نیرو عهده‌دار مشاغل تخصصی فنی هستند احساس تبعیض زیادی با هم‌تایان خود در صنعت نفت می‌کنند. وضعیت درآمدی نیروهای متخصص در بخش دولتی صنعت برق در کنار ناپویایی و رکود حاکم بر این صنعت سبب شده است در سال‌های اخیر شاهد خروج تدریجی آنان از وزارت نیرو باشیم یعنی هم در بخش خصوصی و هم دولتی صنعت برق مهاجرت نیروهای متخصص افزایش یافته است. بدین ترتیب، نیروهای جدید با سختی و با شمار اندک وارد این صنعت می‌شوند و هم آنان و حتی نیروهای با سابقه از شرایط فعلی راضی نیستند و راهبرد خروج تدریجی از صنعت را برمی‌گزینند.

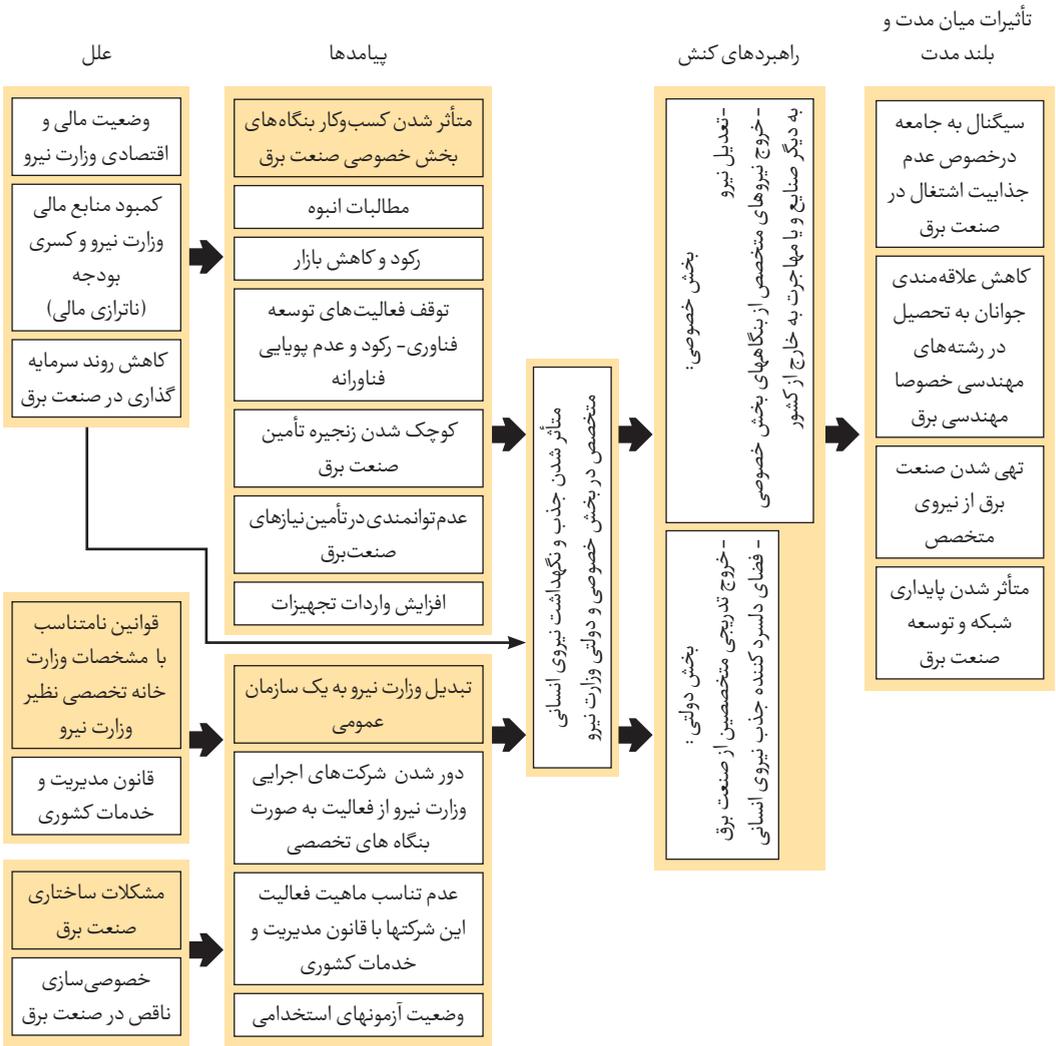
د) تبدیل آزمون‌های استخدامی به آزمون‌های داخلی وزارت نیرو برای تبدیل وضعیت نیروهای موجود: در شکل ۱۴، مشاهده می‌کنید که طی دو سال اخیر حدود ۱۰ هزار نفر به مجموعه نیروی انسانی بخش دولتی وزارت نیرو افزوده شده‌اند. این افزایش از طریق آزمون‌های استخدامی نبوده بلکه رویکرد وزارت نیرو در استخدام‌های جدید «تبدیل وضعیت نیروهای داخلی» وزارتخانه بوده است. این فرایند به احساس تبعیض با کارکنان دولتی صنعت برق که مشمول تبدیل وضعیت نمی‌شوند دامن زده است و فارغ‌التحصیلان دانشگاهی، به ویژه در رشته مهندسی که منتظر برگزاری آزمون‌های استخدامی هستند، نیز از این وضعیت ناراضی هستند. این در حالی است که هزاران فارغ‌التحصیل مهندسی، از جمله مهندسان برق، پشت درهای ورود به صنعت برق مانده‌اند. نمونه‌ای از دیدگاه‌های افراد را در خصوص راهبردهای استخدامی وزارت نیرو در سال‌های گذشته در جدول ۴ آورده‌ایم.

جدول ۴. دیدگاه‌های فارغ‌التحصیلان مهندسی، از جمله مهندسی برق، و نیروهای متخصص شاغل در خصوص آزمون‌های استخدامی وزارت نیرو

ردیف	نمونه نقل قول	تأکید اصلی
۱	این کار ظلم بزرگی است به فارغ‌التحصیلان برق! آزمون سراسری بگذرانند، بعد به افراد شاغل شرکتی که سابقه کار دارند امتیازی بدهند و نیروهای خودشان را رسمی کنند! خیلی دارند به جوانان جفا می‌کنند.	ظلم به فارغ‌التحصیلان مهندسی برق احساس تبعیض در میان جوانان
۲	لطفاً هرچه سریع‌تر آزمون را لغو کنید. من شاگرد اول دانشگاه دولتی هستم؛ حق من است امتحان بدهم، نه نیروی شرکتی. اگر این آزمون برگزار شود فاجعه است.	نارضایتی فارغ‌التحصیلان احساس تبعیض
۳	واقعاً ناعادلانه است. ده سال است فارغ‌التحصیل شده‌ام و منتظر آزمون استخدامی هستم که خانم مهندس برق قدرت بخواند. اگر جامعه به مهندس خانم نیاز ندارد چرا باید چندین سال در این رشته درس بخواند؟	احساس تبعیض و وضعیت نامناسب برگزاری آزمون‌های استخدامی
۴	چه تبدیل وضعیتی؟ پس شایسته‌گزینی چه می‌شود؟ نخبه‌ها کجای کارند؟	احساس نارضایتی و احساس تبعیض

۴-۲-۷. نتایج نهایی تحلیلی مضمون

بر اساس تحلیل مضمون مصاحبه‌ها و اسناد، چارچوب مفهومی تأثیر وضعیت بازار کار بر عرضه و تقاضای نیروی انسانی متخصص در صنعت برق را در قالب شکل ۱۵ نشان داده‌ایم. این مدل شامل چهار مقوله اصلی علل، پیامدها، راهبردهای کنش و تأثیرات میان مدت و بلندمدت است. در این شکل، به صورت مفهومی نشان داده‌ایم که وضعیت بازار کار صنعت برق، اعم از بخش دولتی و خصوصی، چگونه بر تقاضای اجتماعی تحصیل در رشته‌های مهندسی و اشتغال نیروهای فنی اثرگذار است. در این نمودار، ارتباط زنجیره‌ای رکود مالی، کاهش سرمایه‌گذاری و سیاست‌های محدودکننده استخدامی در صنعت برق را با کاهش جذابیت تحصیل در رشته‌های فنی-مهندسی، به ویژه در مهندسی برق، به تصویر کشیده‌ایم. نتیجه این وضعیت کاهش تعداد داوطلبان و دانشجویان مهندسی برق و افزایش مهاجرت متخصصان به سایر صنایع یا خارج از کشور است که منجر به کمبود نیروی انسانی متخصص و تضعیف پایداری و توسعه صنعت برق می‌شود. این چرخه منفی نه تنها آینده صنعت برق را تهدید می‌کند نظام آموزش عالی را نیز با چالش‌هایی در جذب دانشجویان مستعد و تربیت نیروی انسانی کارآمد رودررو می‌سازد. تداوم چنین وضعیتی پویایی و کیفیت آموزش مهندسی را می‌کاهد و انگیزه جوانان را در انتخاب این مسیر تحصیلی تضعیف می‌کند. در چنین وضعیتی، اصلاح سیاست‌های بازار کار، افزایش سرمایه‌گذاری، بهبود شرایط استخدام و تقویت ارتباط دانشگاه و صنعت برای حفظ و پایداری منابع انسانی متخصص در صنعت برق کاملاً ضروری است.



شکل ۱۵. تأثیر بازار کار صنعت برق (دولتی و خصوصی) بر تقاضای اجتماعی تحصیل در رشته های مهندسی و شاغلان فنی صنعت برق

۵. بحث و نتیجه گیری

صنعت برق از صنایع زیرساختی و بازارهای اصلی اشتغال فارغ التحصیلان مهندسی است طی سال های اخیر دچار چالش های عمیقی در حوزه جذب و نگهداشت نیروی انسانی متخصص شده است. ناترازی مالی، کسری بودجه و کاهش سرمایه گذاری وضعیتی دشوار برای کسب و کارهای بخش خصوصی این صنعت رقم زده چنان که سیاست های انقباضی، مانند تعدیل نیرو و کاهش دستمزدها، موجب مهاجرت متخصصان به صنایع دیگر یا حتی به خارج کشور شده است. در بخش دولتی نیز، وجود

قوانین ناکارآمد و سیاست‌های استخدامی تبعیض‌آمیز، از جمله تبدیل وضعیت نیروهای داخلی، سبب ناامیدی فارغ‌التحصیلان مهندسی و کاهش انگیزه نیروی انسانی شاغل شده و روند خروج تدریجی متخصصان را از این صنعت تشدید کرده است. این در حالی است که پایداری و توسعه شبکه برق کشور به شدت وابسته به نیروی انسانی فنی و متخصص است و تداوم این وضعیت پیامدهای ناگواری برای آینده صنعت برق و توسعه ملی به همراه داشته باشد.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که روند نزولی جمعیت دانشجویان و فارغ‌التحصیلان رشته‌های فنی-مهندسی، به ویژه مهندسی برق، طی سال‌های اخیر شدت یافته به طوری که جمعیت دانشجویان رشته‌های فنی-مهندسی از بیش از ۱/۵ میلیون نفر در ۱۳۹۳ به حدود ۷۶۲ هزار نفر در ۱۳۹۹ و جمعیت دانش‌آموختگان مهندسی برق از ۵۶ هزار نفر در ۱۳۹۴ به ۲۰ هزار نفر در ۱۴۰۰ کاهش یافته است. این روند بازتابی مستقیم از وضعیت بازار کار و چشم‌انداز منفی اشتغال در این حوزه است که انگیزه انتخاب این رشته‌ها را در جوانان به شدت کاهش داده است.

مقایسه این یافته‌ها با مطالعات بین‌المللی نیز نشان می‌دهد کاهش جذابیت تحصیل در رشته‌های مهندسی پدیده‌ای جهانی است و در کشورهایی، مانند آمریکا، آلمان، هند و آفریقای جنوبی، نیز مشاهده می‌شود. در این کشورها، عواملی، چون تغییرات بازار کار، ناهم‌خوانی مهارت‌ها با نیاز بازار، رشد فناوری‌های نوین و کاهش بازدهی اقتصادی برخی رشته‌های مهندسی، از مهم‌ترین دلایل کاهش تقاضای این رشته‌ها بیان شده است. برای مثال، در آمریکا، با وجود نیاز فزاینده به مهندسان برق در صنایع نوظهور، رشد مدارک مهندسی برق کمتر از سایر رشته‌ها بوده است. در آلمان و آفریقای جنوبی، کمبود بودجه و سرمایه‌گذاری در پروژه‌های زیربنایی فرصت‌های شغلی مهندسان برق را محدود کرده و بر کیفیت زیرساخت‌ها تأثیر گذاشته است. در ایران نیز، گزارش‌های مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی نشان می‌دهد نرخ بیکاری فارغ‌التحصیلان فنی-مهندسی بالاتر از دیگر گروه‌های تحصیلی است؛ موضوعی که به تغییر انتخاب رشته داوطلبان به رشته‌هایی با بازار کار بهتر منجر شده است. این امر، نشان‌دهنده رابطه مستقیم وضعیت بازار کار و انتخاب رشته تحصیلی است و تأکید می‌کند که برنامه‌ریزی آموزش عالی باید مبتنی بر نیازهای واقعی بازار و آینده صنعت باشد.

در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر وجود رابطه علی میان وضعیت بازار کار صنعت برق و روند کاهش تقاضای اجتماعی تحصیل را در رشته‌های مهندسی تأیید می‌کند. این امر، ضرورت بازنگری در سیاست‌های توسعه انسانی و آموزشی کشور را، به ویژه در تعامل صنعت و دانشگاه، برجسته می‌سازد.

۶. پیشنهادها

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، صنعت برق کشور از مهم‌ترین صنایع زیرساختی و بازاری برای اشتغال فارغ‌التحصیلان مهندسی به شمار می‌آید که طی سال‌های اخیر با چالش‌های متعددی در

حوزه جذب و نگهداشت نیروی انسانی متخصص روبه‌رو شده است. کاهش سرمایه‌گذاری، ناترازی مالی، مشکلات بودجه‌ای، سیاست‌های استخدامی غیررقابتی و نبود ارتباط مؤثر میان آموزش عالی و صنعت برق از جمله عوامل کاهش انگیزه جوانان به تحصیل در رشته‌های فنی-مهندسی، به‌ویژه مهندسی برق، بوده است. روند نزولی جمعیت دانشجویان و فارغ‌التحصیلان این رشته‌ها، افزایش مهاجرت متخصصان و تغییر انتخاب رشته داوطلبان زنگ خطر آینده صنعت برق و توسعه ملی کشور به‌شمار می‌رود. براین اساس، طرح راهکارهای عملی و مبتنی بر شواهد پژوهش، برای اصلاح سیاست‌ها و برنامه‌ریزی توسعه نیروی انسانی در صنعت برق و آموزش عالی، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. پیشنهادهای زیر را با هدف رفع چالش‌های شناسایی شده و ارتقای پایداری و کارآمدی صنعت برق کشور مطرح می‌کنیم.

الف) ظرفیت‌سازی دولت مرکزی، پیش‌شرط توسعه پایدار صنعت برق: عبور از چالش‌های صنعت برق مستلزم تقویت ظرفیت نهادی و اجرایی دولت مرکزی در حوزه توسعه این صنعت است. این ظرفیت‌سازی می‌بایست در قالب توانمندسازی ساختارهای جذب سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی و تسهیل مبادلات فناوری و همکاری‌های بین‌المللی صورت گیرد. افزایش سرمایه‌گذاری‌های هدفمند در زیرساخت‌ها و پروژه‌های توسعه‌ای همراه با بهبود شاخص‌های مالی وزارت نیرو موجب ارتقای فضای کسب‌وکار بنگاه‌های فعال، به‌ویژه در بخش خصوصی، خواهد شد. این امر به‌طور مستقیم بر جذب، تربیت و نگهداشت نیروی انسانی تخصصی و مهندسی برق تأثیرگذار است و از طریق ایجاد فرصت‌های شغلی باکیفیت و پایدار بومیایی نیروی کار را تضمین می‌کند.

ب) انتقال فناوری و ارتقای کیفیت مشاغل تخصصی: سرمایه‌گذاری خارجی و تعاملات فناورانه، علاوه بر افزایش ظرفیت تولید، منجر به ارتقای کیفیت فرایندها و محصولات صنعت برق می‌شود که بهبود مستمر کیفیت مشاغل تخصصی را به دنبال دارد. براین اساس، علاوه بر بهینه‌سازی نظام پرداخت‌ها، ارتقای کیفیت محیط کار، فرصت‌های آموزش تخصصی و توسعه حرفه‌ای از طریق همکاری‌های بین‌المللی و انتقال فناوری از عوامل کلیدی افزایش جذابیت اشتغال برای متخصصان فنی به‌شمار می‌رود.

ج) استقلال نهادی صنعت برق، زیربنای حکمرانی اثربخش: پیگیری و تحقق استقلال نهادی صنعت برق از راهکارهای بنیادین تضمین توسعه پایدار منابع انسانی فنی-مهندسی است. استقلال نهادی می‌بایست در قالب ساختارهای حقوقی و مدیریتی مستقل، مبتنی بر اصول رقابت‌پذیری، شفافیت و پاسخ‌گویی، تعریف و اجرا شود. این استقلال امکان تصمیم‌گیری‌های تخصصی و بموقع را فراهم می‌سازد و از مداخلات دستوری و دیوان‌سالاری جلوگیری می‌کند.

د) گذار به حکمرانی بنگاه‌های در صنعت برق: در مقابل الگوی حکمرانی دولتی که مبتنی بر مداخلات اداری و چارچوب‌های دیوان‌سالارانه است، حکمرانی بنگاه‌های با تکیه بر منطق بازار، اصالت بنگاه و مدیریت بهینه منابع انسانی و مالی چارچوبی کارآمدتر برای اداره صنعت برق فراهم می‌آورد. این

الگوی حکمرانی، براساس تدوین مقررات تخصصی و بنگاه‌محور، خصوصی‌سازی هدفمند بنگاه‌های اقتصادی و ایجاد سازوکارهای رقابتی، منافع سهامداران را تضمین و رضایت مشتریان را افزایش می‌دهد. به عبارت دیگر، حکمرانی بنگاه‌ها با تمرکز بر خلق ارزش پایدار، بهبود مستمر کیفیت خدمات و ارتقای بهره‌وری منابع بستر توسعه صنعت برق را در وضعیت رقابتی فراهم می‌کند.

ه) بازنگری در سیاست‌های جذب و نگهداشت نیروی انسانی متخصص در بخش دولتی صنعت برق: با توجه به کاهش انگیزه فارغ‌التحصیلان در ورود به صنعت برق و خروج تدریجی متخصصان، ضروری است سیاست‌های استخدامی وزارت نیرو و شرکت‌های تابعه، به‌ویژه در حوزه جذب نیروهای جوان و متخصص، شفاف، رقابتی و مبتنی بر شایستگی تدوین شود. همچنین می‌بایست از به‌کارگیری سیاست‌های تبعیض‌آمیز پرهیز و فرصت‌های برابر برای همه فارغ‌التحصیلان فراهم شود.

و) ایجاد ارتباط نظام‌مند و اثربخش میان آموزش عالی و صنعت برق: با توجه به ناهم‌خوانی عرضه آموزش عالی و نیازهای واقعی بازار کار، می‌بایست سازوکارهای مؤثری برای همکاری مستمر دانشگاه‌ها و صنعت برق طراحی شود. تشکیل کارگروه‌های مشترک، تعریف پروژه‌های کاربردی و بازنگری در محتوای دروس براساس نیازهای روز صنعت از جمله اقدامات مؤثر در این زمینه است.

ز) تدوین برنامه جامع توسعه نیروی انسانی صنعت برق با رویکرد آینده‌نگر: با توجه به روندهای جهانی و نیازهای آتی صنعت برق (مانند دیجیتالی‌سازی، انرژی‌های نو و انقلاب صنعتی چهارم)، می‌بایست در خصوص نیروی انسانی این صنعت با رویکرد سیستمی و آینده‌نگر برنامه‌ریزی شود و توسعه مهارت‌های نوین در دستورکار قرار گیرد.

ح) حمایت از کارآفرینی و نوآوری در صنعت برق: برای افزایش جذابیت صنعت برق برای فارغ‌التحصیلان و ایجاد فرصت‌های شغلی جدید، حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان، استارت‌آپ‌ها و پروژه‌های نوآورانه در این حوزه توصیه می‌شود.

ط) توسعه نقش دانشگاه‌ها و آموزش مهندسی در صنعت برق: علاوه بر ظرفیت‌سازی دولت مرکزی و وزارت نیرو، نقش دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی در توسعه پایدار صنعت برق حیاتی است. دانشگاه‌ها، به‌مثابه مراکز اصلی تربیت نیروی انسانی متخصص و بستر تحقیق و توسعه فناوری، با ایجاد رشته‌های تخصصی نوین، به‌روزرسانی محتوای آموزشی و تقویت ارتباط صنعت و دانشگاه کیفیت آموزش مهندسی را، از جمله در مهندسی برق، ارتقا خواهند داد. راه‌اندازی دانشکده‌های تخصصی انرژی و فناوری‌های نوین در دانشگاه‌های صنعتی کشور نمونه‌ای از این ظرفیت‌سازی آموزشی است.

ی) راهکارهای تکمیلی ویژه دانشگاه‌ها و آموزش مهندسی: بازنگری در برنامه‌های درسی و سرفصل‌های آموزشی مهندسی و به‌روزرسانی آنها مطابق با نیازها و فرصت‌های آینده حوزه برق و انرژی؛ گسترش فرصت‌های کارآموزی در صنعت برق و طراحی پروژه‌های عملی و کارورزی؛ حمایت از فعالیت‌های کارآفرینانه و نوآورانه دانشجویی (توسعه زیرساخت‌ها و پشتیبانی از توسعه شرکت‌های

دانش بنیان و استارت‌آپ‌های دانشجویی در حوزه برق و انرژی؛ تقویت همکاری‌های پژوهشی و فناورانه بین دانشگاه‌ها و صنعت برق از طریق ایجاد واحدهای تحقیق و توسعه در دانشکده‌ها و مراکز علمی؛ پایش و ارزیابی مستمر وضعیت اشتغال فارغ‌التحصیلان مهندسی (تنظیم سیاست‌ها و برنامه‌های آموزشی مهندسی براساس داده‌های وضعیت اشتغال فارغ‌التحصیلان).

سپاسگزاری

نویسندگان از یکایک شرکت‌کنندگان در پژوهش صمیمانه سپاسگزارند.

References

- ALENG GROUP. (2023). From the Ground Up: Exploring the impact of electrical engineers. Retrieved from <https://alenggroup.com>.
- Arshadi, V. & Tavakkoli Jaghargh, R. (2021). Evaluation of efficiency of signals of choosing educational field from the perspective of labor market needs. *Journal of Economic Modeling Research, Kharazmi University*, 44, 105-142 [in Persian].
- Asadi, A., Aliabadi, M. & Valipour, Z. (2021). Electricity industry analysis report. Iran Electrical Industry Syndicate [in Persian].
- Becker, F. (2010). Why don't young people want to become engineers?. *European Journal of Engineering Education*, 35(4), 349-366.
- Boudarbat, B. & Chernoff, V. (2009). The determinants of education-job match among Canadian. Bonn, Germany: Institute for the Study of Labor.
- Deputy for Research and Planning of IEIS. (2020). Statistical and technical information of Iran's power industry. Iran Electrical Industry Syndicate [in Persian].
- Electronica. (2022). Shortage of skilled labor in hampering the energy revolution. Retrieved from <https://electronica.de/en/discover/industry-portal/detail/shortage-of-skilled.html>.
- GEARUP, C. (2024). Exploring the decline in Indian students' interest in engineering and its implications. Retrieved from <https://careergearup.com/decline-in-indian-students-interest-in-engineering>.
- Gharoon, M. (2005). Analysis and estimation of social demand for entering higher education. Institute for Research & Planning in Higher Education [in Persian].
- Gharoon, M. (2021). Iran higher education graduates trace network. Institute for Research and Planning in Higher Education. [in Persian].
- Johnson, W. (2021). Declining interest in engineering studies at a time of increased business need. Hewlett-Packard Company.
- Joppen, L. (2020). *Shortage of engineers starting to impact industry*. Retrieved from <https://stainless-steel-world.net/shortage-of-engineers-starting-to-impact-industry/>.
- Karami, M. & Poorkarimi, J. (2018). Identification and evaluation of factors affecting the social demand for higher education (Case Study: Graduate students at campuses of technical colleges of University of Tehran). *Higher Education Letter*, 11(41), 35-58 [in Persian].
- Khodaci, E., Dehnavi, H. & Zarinamizi, F. (2011). The relationship between the course of study and vocation of postgraduate candidates in Iran 2006. *Higher Education Letter*, 4(16), 45-61.
- Long, T. (2023). Short circuited: Electrical engineering degrees in the United States. Information Technology & Innovation Foundation.
- Nichizhenova, E. (2023). Fewer and fewer students are studying electrical engineering: A series of image studies identifies reasons and possible solutions. *VDE Press*.

- Pasandideh, A. & Khorsand Safaei, L. (2024). An analysis of the demand for engineering fields in the national electricity industry. *Niroo Research Institute* [in Persian].
- Pasandideh, A., Khorsand Safaei, L. & Nezakaty Rezapour, F. (2025). Quantitative and qualitative analysis of the social demand for the education of the country's youth in engineering fields. *Iranian Journal of Engineering Education*, 26(104), 77-110 [in Persian].
- Setabran16. (2024). The twelve strategic initiatives for the power industry presented to the fourteenth government. pp. 7-19.
- Tayebi, A. & Gomez, J. (2021). Analysis on the lack of motivation and dropout in engineering students in Spain. *IEEE Access*, 9, 253-265.
- Tehran Chamber of Commerce. (2015). The power industry accounts for seven percent of total industrial employment in Iran. Retrieved from <https://news.tccim.ir/story?nid=40723> [in Persian].
- Thakur, A. (2021). Engineering still needs its own regulator. Retrieved from <https://theprint.in/opinion/modi-govts-hec-cant-just-be-ugc-with-new-label-engineering-still-needs-its-own-regulator/597847>.



◀ **اشرف السادات پسندیده:** عضو هیئت علمی گروه مدیریت و علوم اجتماعی پژوهشگاه نیروست. تحصیلات کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق (الکترونیک) دانشگاه شهید بهشتی و کارشناسی ارشد و دکتری را در رشته مدیریت تکنولوژی دانشگاه علامه طباطبائی گذرانده است.



◀ **آرمینا قربان شیرودی:** فارغ التحصیل دکتری تخصصی برنامه ریزی توسعه آموزش عالی از دانشگاه شهید بهشتی و پژوهشگر و نویسنده فعال در حوزه آموزش عالی و جامعه‌شناسی علم است. مطالعات وی عمدتاً بر اخلاق پژوهش، حکمرانی آموزش عالی، اجتماع علمی و مسئولیت اجتماعی دانشگاه‌ها متمرکز است.



◀ **حامد کمالی:** دارای دکترای تخصصی در رشته آموزش عالی از دانشگاه شهید بهشتی است. رویکرد حرفه‌ای وی مبتنی بر حمایت دانشی و سیاستی از نهاد علم و آموزش عالی در مناسبات و تعاملات مؤثر و نقادانه با کنشگران دولتی و غیردولتی زیست‌بوم حکمرانی آموزش عالی است. در این رویکرد، علایق و تمرکز تحقیقاتی وی بر موضوعاتی مانند آموزش عالی و توسعه، حکمرانی آموزش عالی و سیاست پژوهی در آموزش عالی متمرکز است.

تأملی در آموزش‌های مبتنی بر آزمایشگاه در رشته‌های مهندسی: پل ارتباطی بین تئوری و عمل

سیروس اسدیان^۱ و هانیه عیدی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۳

DOI: 10.22047/ijee.2025.505472.2154

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.4.8

چکیده: پژوهش حاضر وضعیت اجرای دروس آزمایشگاه محور را در رشته‌های فنی و مهندسی بررسی می‌کند. این پژوهش از نوع زمینه‌یابی است و جامعه آماری آن همه دانشجویان و دانش‌آموختگان دوره کارشناسی را در رشته‌های فنی و مهندسی تا سال ۱۴۰۲ در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان شامل می‌شود. تعداد کل آنان ۵۳۲۱ نفر بود که ۳۵۷ نفر به عنوان نمونه انتخاب شد. در انتخاب حجم نمونه، از روش نمونه‌گیری تصادفی نظام‌مند استفاده کردیم. برای جمع‌آوری اطلاعات نیز پرسش‌نامه محقق ساخته را به کار گرفتیم. روایی صوری و محتوایی پرسش‌نامه به تأیید پنج کارشناس آموزش با مدرک تحصیلی دکترا رسید. برای بررسی پایایی نیز از ضریب آلفای کرونباخ استفاده کردیم که برای کل پرسش‌نامه ۰/۷۸۱ برآورد شد. به منظور تحلیل داده‌ها، علاوه بر آمار توصیفی برای پاسخ به پرسش‌های پژوهش، از آزمون‌های تی تک‌نمونه‌ای و فریدمن استفاده کردیم. یافته‌ها حاکی بود که وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی در عناصر شش‌گانه اهداف، محتوا، مواد و امکانات، فعالیت‌ها و روش‌ها، زمان یادگیری و فضای آموزش در حد بالاتر از متوسط قرار دارد. همچنین نتایج آزمون فریدمن بُعد محتوا را با بالاترین میانگین در رتبه اول، بُعد فعالیت‌ها و روش‌ها را در رتبه دوم و مؤلفه اهداف را در رتبه آخر نشان داد.

واژگان کلیدی: آزمایشگاه، دروس آزمایشگاهی، دروس عملی، آموزش مهندسی

۱- دانشجویار رشته مطالعات برنامه درسی دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه شهید مدنی، آذربایجان، تبریز، ایران (نویسنده مسئول) dr.sasadian@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مطالعات برنامه درسی دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه شهید مدنی، آذربایجان، تبریز، ایران. sanie137376@gmail.com

۱. مقدمه

مهندسان در تغییر جهان از طریق اختراع و توسعه فناوری‌های نوین نقش کلیدی ایفا می‌کنند که تأثیری بسزا بر رشد اقتصادی و کیفیت زندگی دارد. توجه به کیفیت آموزش مهندسان در حوزه‌های گوناگون همواره موضوعی حایز اهمیت بوده است. اگرچه پیشرفت‌های فناوری در مهندسی بسیار پُر بار بوده است همچنان مشکلات پیچیده‌ای در حوزه‌های گوناگون وجود دارد که نیازمند توجه مهندسان است. از سوی دیگر، محل کار و فعالیت مهندسی در حال تغییر است. امروزه، بعید است فارغ‌التحصیلان مهندسی برای کل حرفه خود در شرکتی خاص باقی بمانند و ممکن است در طول دوران حرفه‌ای خود بین نقش‌های مهندسی، مدیریتی و رهبری در استارت‌آپ‌ها، شرکت‌های کوچک یا سازمان‌های بزرگ در حال فعالیت و جابه‌جایی باشند. این امر ایجاب می‌کند مهندسان آینده، علاوه بر بُعد دانش و اطلاعات، از نظر فنی و مهارتی توانمند باشند. در چنین وضعیتی، دانشکده‌های مهندسی همواره می‌بایست در اصلاح برنامه‌های درسی و شیوه‌های آموزشی خود برای رسیدن به چنین اهدافی تلاش کنند (Zappe et al., 2023).

براین اساس در عصر حاضر و با پیشرفت سریع فناوری و تحولات گسترده علمی و صنعتی، دانشگاه‌ها، به‌ویژه در رشته‌های فنی و مهندسی، با چالش‌های جدیدی روبه‌رو هستند. یکی از ارکان اساسی تربیت مهندسان کارآمد آموزش‌های عملی و آزمایشگاهی است که به دانشجویان امکان می‌دهد تئوری‌های آموخته را در محیطی کنترل شده به کار گیرند و مهارت‌های ضروری به دست آورند. دروس آزمایشگاه محور پل ارتباطی بین دانش نظری و کاربردهای عملی هستند و نقشی تعیین‌کننده در آماده‌سازی دانش‌آموختگان برای ورود به جامعه و بازار کار دارند. با این حال، در اجرای مؤثر دروس یادشده همواره موانع و محدودیت‌هایی وجود داشته است. کمبود امکانات آزمایشگاهی، نبود نیروی انسانی متخصص، فرسوده بودن تجهیزات، و بی‌تناسبی سرفصل‌ها با نیازهای صنعت از چالش‌های پیش روی دانشگاه‌ها به‌شمار می‌رود. همچنین، در برخی موارد، به دلیل حجم بالای دروس نظری، زمان کافی به فعالیت‌های آزمایشگاهی اختصاص نمی‌یابد که این امر بر کیفیت یادگیری تأثیر منفی می‌گذارد (NAE, 2017).

از آنجایی که برنامه‌های درسی رشته‌های تحصیلی دربرگیرنده اهداف، مأموریت‌ها و راهبردهای اجرایی مربوط به آنهاست، یکی از راه‌های ارزشیابی وضعیت اجرای دروس در سطح دانشگاه و میزان موفقیت آنها توجه به برنامه‌های درسی مربوط از نگاه ذی‌نفعان، از جمله دانشجویان، دانش‌آموختگان، استادان و کارشناسان، است. براساس دیدگاه کارشناسان حوزه آموزش و پرورش، برنامه‌های درسی هر رشته تحصیلی متشکل از عناصر گوناگونی است. تایلر (Tyler, 1949) در کتاب خود با عنوان اصول اساسی برنامه درسی و آموزش^۱، به چهار عنصر هدف، محتوا، روش و ارزشیابی اشاره می‌کند. تابا (Taba, 1962)

نیز به شش عنصر تشخیص نیازها، تعیین اهداف، محتوا، سازمان دهی محتوا، انتخاب تجارب یادگیری و تعیین روش‌های ارزشیابی اشاره می‌کند. کلاین (Klein, 1991) تأکید می‌کند که برنامه‌داری دارای نه عنصر است: فعالیت‌های یادگیری، اهداف، محتوا، مواد آموزشی، راهبردهای یادگیری، گروه‌بندی، ارزشیابی، فضا، و زمان.

براین اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان موفقیت و توجه به عناصر شش‌گانه برنامه‌های درسی (اهداف، محتوا، امکانات، فعالیت‌ها و روش‌ها، زمان آموزش و فضای یادگیری) رشته‌های مهندسی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان اجرا شده است. بدین منظور، تلاش کرده‌ایم به پرسش‌های تحقیق پاسخ دهیم:

۱. وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی در رشته‌های مهندسی در ابعاد شش‌گانه چگونه است؟
 ۲. اولویت‌بندی وضعیت توجه به ابعاد شش‌گانه برنامه‌های درسی آزمایشگاهی چگونه است؟
- مقاله حاضر تلاش می‌کند با تحلیل وضعیت موجود راهکارهای بهبود آن را مطرح کند. در ادامه، پس از مرور مبانی نظری و پیشینه پژوهش، اطلاعات را به تفصیل بیان می‌کنیم و در پایان پیشنهادها را چگونگی ارتقای کیفیت آموزش‌های عملی را در رشته‌های مهندسی مطرح می‌کنیم.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

از آغاز آموزش رسمی مهندسی، تنشی بین نظریه و عمل وجود داشته است. در سال‌های آغازین، تمرکز اصلی در این رشته‌ها به روشنی بر عمل و آموزش مهارت بود. اولین مدرسه مهندسی در ایالات متحد، آکادمی نظامی ایالات متحد^۱ که در ۱۸۰۲ در وست پوینت^۲ نیویورک تأسیس شد، بیشتر بر عمل متکی بود (Feisel & Rosa, 2005). در قرن نوزدهم، با ظهور انقلاب صنعتی، آموزش مهندسی همچنان عمدتاً عملی و مهارت‌محور بود و بیشتر بر آموزش آزمایشگاهی تأکید داشت. پس از آن و در فرایند اعتباربخشی به مهندسی که از مؤسسه مهندسان شیمی آمریکا^۳ در حدود ۱۹۲۵ و شورای مهندسان برای توسعه حرفه‌ای^۴ در ۱۹۳۲ آغاز شد، بیشتر بر نظریه نسبت به عمل تأکید می‌شد به طوری که به عمل آزمایشگاهی کمتر توجه می‌شد و بیشتر بخشی ضمنی از آموزش مهندسی به شمار می‌آمد (Robin & Ottar, 2019). این تمایل بیشتر بدین دلیل تقویت شد که بسیاری از پیشرفت‌های فناوری در طول جنگ جهانی دوم را دانشمندان، نه مهندسان، ایجاد کرده بودند. این موضوع باعث شد انجمن آموزش مهندسی آمریکا، به استناد گزارش گرینتر (Grinter, 1995) نتیجه بگیرد که برنامه‌های مهندسی موجود بیش از حد به جنبه‌های عملی متمایل‌اند و تقویت علوم پایه (ریاضیات، فیزیک، شیمی) را توصیه کند. با وجود تغییر به سمت برنامه‌های درسی نظری‌تر در رشته‌های مهندسی، بخش صنعت پیوسته

1- The U.S. Military Academy

2- West Point

3- American Institute of Chemical Engineers

4- Engineers' Council for Professional Development (ECPD)

به دانش‌آموختگان مهندسی با مهارت‌های عملی نیاز داشت. زمانی که شورای مهندسان برای توسعه حرفه‌ای در حدود ۱۹۸۰ به عنوان هیئت اعتباربخشی به مهندسی و فناوری فعالیت خود را آغاز کرد مجدداً بر بهبود مهارت‌های عملی از طریق آموزش‌های آزمایشگاهی و کارگاهی تأکید کرد (Estes, 2012). بنابراین، با معیارهای جدید مهندسی، تمرکز اصلی به‌طور درخور توجهی از یک استاندارد مبتنی بر برنامه درسی تجویزی به رویکردی برپایه پیامد تغییر کرد و شش مهارت جدید «حرفه‌ای» معرفی شد: مهارت‌های فرایندی، شامل ارتباطات، کار گروهی، درک اخلاق و تخصص‌گرایی، و مهارت‌های آگاهی‌بخشی، شامل مهندسی در بستر جهانی و اجتماعی، یادگیری مادام‌العمر و آگاهی از مسائل معاصر. این مهارت‌ها به‌طور غیرمستقیم با فعالیت‌های آزمایشگاهی و کارگاهی مرتبط بودند (Robin & Ottar, 2019).

مهندسی رشته‌ای عملی و مهارت‌محور است که به کاربرد نظریه‌ها و روش‌های علمی در رفع مشکلات دنیای واقعی می‌پردازد. حوزه مهندسی به بهره‌برداری و تغییر سه منبع بنیادینی اختصاص دارد که بشر برای ایجاد همه فناوری‌ها در اختیار دارد: انرژی، مواد و اطلاعات. هدف کلی آموزش مهندسی آماده‌سازی دانشجویان برای عمل در زمینه مهندسی، به‌ویژه مقابله با نیروها و مواد طبیعی، است. بنابراین همان‌گونه که پیش‌تر اشاره کردیم— از روزهای اولیه آموزش مهندسی آزمایشگاه‌های آموزشی بخش اساسی برنامه‌های درسی کارشناسی و در برخی موارد کارشناسی ارشد بوده‌اند. در واقع، پیش از تأکید بر علم مهندسی می‌توان گفت بیشتر آموزش‌های مهندسی در آزمایشگاه‌ها داده می‌شد (Feisel & Rosa, 2005) اما به نظر می‌رسد در سال‌های اخیر چالش‌ها و کاستی‌هایی در این خصوص به وجود آمده است. یک گروه بین‌المللی از متفکران برجسته حوزه فناوری به بررسی و شناسایی چالش‌های عمده مهندسی در قرن بیست و یکم پرداخته و در مطالعات خود به چهارده چالش مهم و اساسی اشاره کرده‌اند. اولین چالش ارتقای یادگیری در حوزه آموزش مهندسی است (NAE, 2017).

امروزه، فناوری‌ها محرک حیاتی توسعه اقتصادی به‌شمار می‌آیند. مهندسان در مدیریت مؤثر فناوری نقش اساسی دارند. آموزش مهندسانی که به‌طور موفقیت‌آمیز با زمینه‌های در حال تغییر فناوری‌ها و سیستم‌های پیچیده سازگار شوند چالشی اساسی است (Mirtchev, 2022). بنابراین، استعدادها و توانایی‌هایی که جامعه از متخصصان آینده خود انتظار دارد جنبه‌ای مهم است که می‌بایست در طراحی هر راهبرد آموزشی بدان توجه شود. تغییرات فناورانه، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی، با توجه به آنچه شرکت‌ها از متخصصان خود نیاز دارند، رویکردهای جدیدی را تعریف می‌کند. مدت‌هاست برخی از شرکت‌های فناوری نکات ذیل را کمبودهای بخش آموزش دانشگاه برمی‌شمارند:

- ناکافی بودن آمادگی در تحقیق
- تأکید بیش از حد بر آموزش نظری و کم‌رنگ شدن بخش عملی دانش به شکل عمومی، غیرتخصصی و ناکارآمد
- آمادگی ناچیز در هدایت و راهبری نیروی انسانی (De los Rios et al., 2010)

امروزه، مفهوم شایستگی‌ها از ارکان مهم دنیای حرفه‌ای و عنصر کلیدی هر الگوی آموزشی است. در حال حاضر، جامعه بیش از کارشناسان آموخته به متخصصان شایسته نیاز دارد. مطالعات متعدد در سراسر جهان یادگیری مبتنی بر پروژه و مهارت‌محور را مناسب‌ترین رویکرد توسعه آموزش‌های برپایه شایستگی و مهارت‌ورزی معرفی می‌کنند (برای نمونه، Chinnowsky et al., 2006; Gijsselaers, 1996; Johnson, 1999; Padmanadhan & Katti, 2002). یادگیری مبتنی بر پروژه رویکردی آموزشی است که در آن فراگیران با درگیر شدن فعال در دنیای واقعی مسائل/چالش‌های پیچیده را یاد می‌گیرند. یادگیری فعال با ایجاد اعتماد به نفس و فضایی بدون ترس از شکست دانشجویان را به گفت‌وگوی آزادانه درباره ایده‌ها ترغیب می‌کند. این روش که براساس احترام به سرعت یادگیری فردی استوار است محیط کلاس را شاداب و گفت‌وگومحور می‌سازد (Jaroenkhasemmesuk et al., 2023). براین اساس، کارگروه یورو-کیس (Euro-CASE Committee, 2020) به هفت عامل مهم اشاره می‌کند که بر آینده آموزش مهندسی اثرگذارند:

۱. گسترش فراگیر دانش و تغییر الگوی یادگیری
۲. چالش‌های بزرگ اجتماعی و مهندسی
۳. نیروهای بازار و ادغام با اقتصاد
۴. غیرانحصاری بودن و دسترسی آزاد
۵. رقابت پذیری بازارها و تأمین مالی
۶. جهانی شدن دامنه عمل
۷. فناوری‌های دیجیتال و نوآوری در آموزش

در طول دو دهه گذشته، تلاش‌های زیادی برای بهبود آموزش مهندسی شده که از آن جمله است: ایجاد پیشرفت در آموزش یادگیرنده‌محور؛ معرفی طراحی و سایر مفاهیم و تجربیات مهندسی در برنامه‌های درسی؛ تأمل در کیفیت ارزیابی عملکرد تحصیلی در رشته‌های مهندسی، و ایده‌های جدید درباره نحوه جذب، حفظ و فارغ‌التحصیل شدن دانشجویان این رشته‌های مهندسی (Mirtchev, 2022). در گزارش اخیر که آکادمی ملی علوم و مهندسی آلمان^۱ منتشر کرده، بر اهمیت مهارت‌ها و توسعه آنها در محیط کار در حال تغییر سریع تأکید شده است. از ۲۰۱۱، پیمان کیفیت تدریس که به طور مشترک توسط دولت‌های ایالتی و دولت مرکزی آلمان تأمین مالی می‌شود بیش از ۲۵۰ پروژه را در حدود ۱۸۵ مؤسسه آموزش عالی تا ۲۰۲۰ تأمین مالی کرده است. هدف اصلی این پیمان بهبود وضعیت تحصیلی و کیفیت تدریس همه زمینه‌های آموزشی در سراسر آلمان است. در تلاقی بین تقاضای روزافزون صنعت در خصوص مهندسانی که بهتر با چالش‌های صنعت مقابله می‌کنند و افزایش کیفیت تدریس، پروژه

همکاری تدریس و یادگیری ممتاز در علم مهندسی در مرکز توسعه راهبردهای جدید آموزش مهندسی قرار گرفته است. اهمیت بالای یادگیری مبتنی بر آزمایش در آموزش مهندسی به همراه افزایش تعداد دانشجویان موجب توسعه آزمایشگاه‌های مدرن شده است که به استفاده مؤثر و کارآمد از دستگاه‌ها و امکانات موجود منجر خواهد شد (Grodotski et al., 2018).

بنابراین، بدیهی است که دانشجویان رشته‌های مهندسی به چیزی فراتر از ابزارهای کلامی انتقال دانش در کلاس درس نیاز دارند. برای بسیاری از آنان یادگیری به واسطه تجربه سودمند است. با تعریف یادگیری به مثابه فرایند ایجاد دانش از طریق بازسازی تجربه، می‌بینیم که تجربه یا از راه بازتاب درونی یا دستکاری فعال جهان بیرونی گسترش می‌یابد (Morton & Uhomoibhi, 2011). برای اینکه برنامه‌های درسی به هر دو هدف (بازتاب درونی و دستکاری فعال جهان بیرونی) برسند می‌بایست قابلیت تسهیل مشارکت دانشجویان در فعالیت‌های یادگیری عملی را داشته باشند. دسترسی به تجربه و آزمایش فعال از طریق فعالیت‌های آزمایشگاهی و عملی به دانشجویان امکان می‌دهد با استفاده از سبک یادگیری ترجیحی خود بیاموزند. این موضوع عنصر اساسی ایجاد نگرش مثبت به مهندسی و همچنین تقویت درک یادگیرنده و بهبود عملکرد او در حوزه مهندسی قلمداد می‌شود (Aladejana & Aderibigbe, 2007; Aziz & Chassapis, 2007).

آموزش‌های مهارتی و دروس آزمایشگاهی فرایند آماده‌سازی دانشجویان برای کسب مهارت‌های عملی و فنی، شناخت فرصت‌های درآمدزایی و کسب بینش موفقیت در عمل و حرفه آینده است. این موضوع به ویژه در رشته‌های فنی و مهندسی دارای اهمیتی دوچندان است (Olugbola, 2017). فعالیت علمی و آزمایشگاهی در آموزش امری حیاتی است. از این رو، آزمایش‌ها در برنامه درسی ادغام می‌شوند تا دانشجویان را آماده تجربه و تمرین قبل از فارغ‌التحصیلی کنند (Salim et al., 2012) شانا و ابولیبده (Shana & Abulibdeh, 2020) معتقدند مؤثرترین روش آموزش فعالیتی به دانشجویان درخواست انجام کاری از آنان است. بنابراین، دانشجویان در آزمایشگاه مهارت‌هایی را با تمرین کردن می‌آموزند که به صورت نظری قابل یادگیری نیستند. با شرکت در فعالیت‌های آزمایشگاهی، آنان فرصت می‌یابند مهارت‌های عملی خود را توسعه دهند. همچنین در معرض گزارش نویسی و سایر مهارت‌های عمومی، مانند کار گروهی و مهارت‌های ارتباطی، قرار می‌گیرند مهارت فنی آنان نیز بهبود می‌یابد (Krivikas & Krivikas, 2007). نمایش دادن فرایند آزمایش/فعالیت علمی در آزمایشگاه با تدریس در کلاس درس یا سخنرانی تفاوت زیادی دارد زیرا نیازمند به طیف وسیع‌تری از مهارت‌هاست. مدرسان در آزمایشگاه می‌بایست بدانند چگونه آموزش دهند، چگونه دانشجویان را مدیریت کنند و چگونه ابزارها و مواد را به کار ببرند، بر ایمنی آزمایشگاه نظارت کنند و، مهم‌تر از همه، آسیب‌ها و چالش‌های راه آموزش را شناسایی و خنثی کنند. نتایج برخی پژوهش‌ها حاکی است که مدرسان آزمایشگاه‌ها در بیشتر اوقات از دانش نظری کافی در موضوع مدنظر برخوردارند اما در بُعد مهارتی کاستی‌هایی دارند. روشن است که در محیط‌های

آزمایشگاهی و کارگاهی بعد مهارت و دست‌ورزی بیش از انتقال دانش و اطلاعات در نظر است. از سوی دیگر، برنامه‌های درسی می‌بایست به‌گونه‌ای طراحی شوند که دانش و مهارت کافی را در دانشجویان ایجاد و آنان را آماده درگیر شدن در تجربیات اصیل یادگیری در محیط‌های آزمایشگاهی مهیا بکنند (Nikolic et al., 2015). تجربیات یادگیری در محیط‌های آزمایشگاهی و کارگاهی منجر به ارتقای توانایی‌های کار گروهی، تقویت مهارت‌های عملی، توسعه استدلال علمی، درک پیچیدگی و ابهام کار تجربی و پرورش علاقه به یادگیری می‌شود (Rathod & Kalbande, 2016). همچنین تحقیقات در زمینه آموزش مهندسی و حوزه‌های مربوط به آموزش و یادگیری بر اهمیت یادگیری گروهی در دستیابی به نتایج آموزشی گوناگون، از جمله یادگیری بادوام و حل مسئله و آماده‌سازی شغلی، تأکید می‌کنند (Barron & Darling-Hammond, 2008; Hmelo-Silver & Chinn, 2016).

تأکید بر آزمایشگاه‌ها در طول سال‌ها نوسان داشته چنان‌که توجه زیادی به برنامه درسی و روش‌های تدریس شده اما کمتر درباره آموزش آزمایشگاهی نگاشته شده است؛ برای مثال، براساس مقالات نشریه آموزش مهندسی از ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۷، مشخص شده است که فقط در ۶/۵ درصد از مقالات «آزمایشگاه» کلیدواژه بوده است. از ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲، این نسبت حتی کمتر شده و به ۵/۲ درصد رسیده است. یکی از دلایل پژوهش محدود درباره آزمایشگاه‌های آموزشی توافق نداشتن بر سر اهداف اساسی تجربه آزمایشگاهی است در حالی‌که به نظر می‌رسد توافق عمومی بر این است که آزمایشگاه‌ها ضروری هستند. البته ضروری است که سه نوع اساسی آزمایشگاه‌های مهندسی را از هم جدا کنیم: توسعه، تحقیق و آموزش. این آزمایشگاه‌ها ویژگی‌های مشترک زیادی دارند اما تفاوت‌های بنیادین هم دارند (Feisel & Rosa, 2005) براساس آنچه بیان کردیم، مشخص شد آزمایشگاه‌ها هرچند فرازوفرودهایی داشته‌اند همواره جزء جدایی‌ناپذیری از آموزش در رشته‌های فنی و مهندسی بوده و مانند حلقه‌ وصل بین نظریه و عمل در برنامه‌های درسی این رشته‌ها عمل کرده‌اند. همان‌طور که پیش‌تر گفتیم، متأسفانه، شمار تحقیقات درباره آزمایشگاه‌ها و نقش آنها در فرایند یاددهی و یادگیری اندک است؛ برای نمونه، بشکزی و معماریان (Boshkazi & Memarian, 2022) در پژوهش خود روی آزمایشگاه شبیه‌سازی در الکترومغناطیس متمرکز شده و به چالش‌ها و دستاوردهای آن اشاره کرده‌اند. اکبری پردنجانی و صالحی (Akbari Pordenjani & Salehi, 2022) نیز درباره استفاده از آزمایشگاه‌های مجازی و از راه دور در آموزش مهندسی پژوهشی کرده و اذعان دارند که در آینده نزدیک آزمایشگاه‌های مجازی در همه زمینه‌های آموزشی به‌طور وسیع به کار خواهند رفت و به کمبود رویکردهای نظری و روش‌شناختی در این خصوص اشاره کرده‌اند. خلیلی و همکاران (Khalili et al., 2023) در تحقیق خود الگویی برای برنامه دروس آزمایشگاهی رشته‌های فنی و مهندسی طراحی کرده‌اند.

با توجه به کمبودهای پژوهشی در این باره، پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی در رشته‌های فنی و مهندسی صورت گرفته است و در نهایت، با جمع‌آوری داده‌ها

در این خصوص، اطلاعات جامعی دربارهٔ هریک از ابعاد شش‌گانه برنامهٔ درسی، شامل اهداف، محتوا، مواد و امکانات، فعالیت‌ها و روش‌های آموزش، زمان و فضای آموزش، به دست می‌دهد و پیشنهادهایی هم برای بهبود وضعیت مطرح می‌کند.

۳. روش تحقیق

پژوهش حاضر از لحاظ هدف در زمرهٔ پژوهش‌های کاربردی و از نظر ماهیت جزو تحقیقات توصیفی از نوع زمینه‌یابی است. جامعهٔ آماری پژوهش شامل همهٔ دانشجویان و دانش‌آموختگان دورهٔ کارشناسی رشته‌های فنی و مهندسی در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان تا ۱۴۰۲ می‌شود که دست‌کم یکی از دروس آزمایشگاهی خود را گذرانده‌اند که، مطابق آمار اداره کل آموزش دانشگاه، تعداد کل آنان برابر با ۵۳۲۱ نفر است. برای برآورد حجم نمونه، از جدول کرجسی و مورگان استفاده و ۳۵۷ نفر را به عنوان نمونه انتخاب کردیم. با توجه به دسترسی به شماره‌های دانشجویی جامعهٔ آماری و منظم شدن آنها از قبل، از روش نمونه‌گیری تصادفی نظام‌مند برای انتخاب حجم نمونه استفاده کردیم که از روش‌های نمونه‌گیری احتمالی است که در آن نمونه‌ها منظم و با فاصله‌ای ثابت از جامعهٔ آماری انتخاب می‌شوند. این روش زمانی مناسب است که جامعهٔ آماری ساختار منظمی داشته باشد و هیچ الگوی تکراری (چرخه‌ای) در داده‌ها وجود نداشته باشد. برای جمع‌آوری اطلاعات، از پرسش‌نامهٔ ۲۸ گویه‌ای محقق ساخته استفاده کردیم که وضعیت اجرای دروس آزمایشگاه محور را در ابعاد شش‌گانهٔ اهداف، محتوا، امکانات، فعالیت‌ها و روش‌ها، زمان آموزش و فضای یادگیری، در طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت (خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم)، می‌سنجید. روایی صوری و محتوایی پرسش‌نامه به تأیید پنج متخصص علوم تربیتی با درجهٔ تحصیلی دکتری رسید. برای بررسی پایایی نیز از ضریب آلفای کرونباخ استفاده کردیم که برای کل پرسش‌نامه ۰/۷۸۱ برآورد شد. به منظور تحلیل داده‌ها، در بخش آمار توصیفی از فراوانی، درصد، میانگین و انحراف معیار، و در بخش آمار استنباطی، برای پاسخ به سؤال‌های پژوهش، از آزمون تی تک‌نمونه‌ای^۱ و آزمون فریدمن^۲ استفاده کردیم.

۴. یافته‌ها

در این بخش، نتایج پژوهش را بررسی و تحلیل می‌کنیم. همان‌گونه که آماره‌های توصیفی جدول ۱ نشان می‌دهد، میانگین بُعد اهداف ۱۵/۵۵، محتوا ۲۸/۱۶، امکانات ۱۳/۷۷، فعالیت‌ها و روش‌ها ۱۴/۳۱، زمان آموزش ۱۳/۴۵، فضای یادگیری ۱۰/۰۲ و میانگین کل ۹۵/۷۸ بود. بازهٔ پاسخ‌های نمونهٔ آماری را به پرسش‌نامهٔ تحقیق در جدول ۱، ستون کمینه و بیشینه، آورده‌ایم. این دو ستون نشان‌دهندهٔ محدودهٔ نمره‌های هر پرسش یا مجموع مقیاس‌هاست.

جدول ۱. شاخص‌های توصیفی ابعاد شش‌گانه

انحراف استاندارد	میانگین	پیشینه	کمینه	ابعاد شش‌گانه
۵/۱۳	۱۵/۵۵	۲۵	۶	اهداف
۳/۷۹	۲۸/۱۶	۴۰	۱۸	محتوا
۲/۶۸	۱۳/۷۷	۲۰	۶	امکانات
۲/۷۱	۱۴/۳۱	۲۰	۷	فعالیت‌ها و روش‌ها
۲/۷۱	۱۳/۴۵	۲۰	۶	زمان آموزش
۲/۴۰	۱۰/۰۲	۱۵	۴	فضای یادگیری
۹/۹۰	۹۵/۷۸	۱۳۰	۷۶	کل

در ادامه، برای پاسخ به پرسش اول پژوهش، از آمار استنباطی و به‌طور خاص آزمون تی تک‌نمونه‌ای استفاده شده کرده‌ایم اما پیش از به‌کارگیری آمار پارامتریک باید از توزیع نرمال داده‌ها اطمینان می‌یافتیم. بدین منظور، از آماره‌های چولگی^۱ و کشیدگی^۲ استفاده کردیم که نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. آماره چولگی و کشیدگی برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها

ابعاد آماره	اهداف	محتوا	امکانات	فعالیت‌ها و روش‌ها	زمان	فضا	کل
چولگی	-۰/۴۴۰	-۰/۰۰۶	-۰/۴۲۷	-۰/۳۰۸	۰/۲۱۰	-۰/۰۹۴	۰/۷۵۵
کشیدگی	-۰/۹۹۶	-۰/۱۷۹	-۰/۱۹۷	-۰/۵۶۱	-۰/۲۶۶	-۰/۶۴۳	۰/۴۰۵

در حالت کلی، چنانچه چولگی و کشیدگی در بازه ۲ تا ۲- نباشد داده‌ها توزیع نرمال ندارند. در پژوهش حاضر، از آنجایی که میزان چولگی و کشیدگی در مؤلفه‌های مطالعه‌شده در بازه ۲ تا ۲- قرار داشتند توزیع داده‌ها نرمال است.

پرسش اول پژوهش: وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی در رشته‌های مهندسی در ابعاد شش‌گانه چگونه است؟

به‌منظور پاسخ به پرسش اول پژوهش، از آزمون پارامتریک تی تک‌نمونه‌ای استفاده کردیم.

جدول ۳. تحلیل تی تک‌نمونه‌ای برای بررسی وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی در رشته‌های مهندسی در ابعاد شش‌گانه

ابعاد شش‌گانه	میانگین	نمره معیار	انحراف استاندارد	t	Sig	حجم جامعه
اهداف	۱۵/۵۵	۱۵	۵/۱۳	۲/۰۱۱	۰/۰۴۵	۳۵۷
محتوا	۲۸/۱۶	۲۸	۳/۷۹	۲۰/۷۲۹	۰/۰۰۰	۳۵۷
امکانات	۱۳/۷۷	۱۲	۲/۶۸	۱۲/۵	۰/۰۰۰	۳۵۷
فعالیت‌ها و روش‌ها	۱۴/۳۱	۱۲	۲/۷۱	۱۶/۱۰۶	۰/۰۰۰	۳۵۷
زمان آموزش	۱۳/۴۶	۱۲	۲/۷۱	۱۰/۰۸۲	۰/۰۰۰	۳۵۷
فضای یادگیری	۱۰/۰۲	۹	۲/۴	۸/۰۳۹	۰/۰۰۰	۳۵۷
کل	۹۵/۷۸	۸۴	۹/۹	۲۲/۴۷۷	۰/۰۰۰	۳۵۷

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌کنید، میانگین مؤلفه اهداف ۱۵/۵۵ با انحراف استاندارد ۵/۱۳، میانگین مؤلفه محتوا ۲۸/۱۶ با انحراف استاندارد ۳/۷۹، میانگین مؤلفه مواد و امکانات ۱۳/۷۷ با انحراف استاندارد ۲/۶۸، میانگین مؤلفه فعالیت‌ها و روش‌ها ۱۴/۳۱ با انحراف استاندارد ۲/۷۱، میانگین مؤلفه زمان یادگیری ۱۳/۴۶ با انحراف استاندارد ۲/۴ و میانگین مؤلفه فضای آموزشی ۱۰/۰۲ با انحراف استاندارد ۲/۴ به دست آمده است؛ همگی به طور معناداری ($p < 0.05$) از میانگین مطلوب بیشتر بودند که حاکی از وضعیت مناسب اجرای ابعاد شش‌گانه در دروس آزمایشگاهی در سطح دانشگاه است. علاوه بر این، میانگین کل وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی ۹۵/۷۸ با انحراف استاندارد ۹/۹ بود که به طور معناداری ($p < 0.05$) از میانگین مطلوب (۸۴) بیشتر بود.

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد از نظر دانشجویان دروس آزمایشگاهی تا حد زیادی اهداف قصدشده خود را در عمل محقق ساخته‌اند. این نتیجه حاکی است که دانشگاه در آموزش دروس آزمایشگاهی به دانشجویان مؤثر عمل کرده و این امر تأثیر مثبتی بر یادگیری دانشجویان گذاشته است. دانشگاه و مسئولان آن وضعیتی فراهم کرده‌اند تا دانشجویان با دنبال کردن روشی مشخص به نتیجه‌ای ازپیش تعیین شده دست یابند. این موضوع به آنان امکان داده است مواد و تجهیزات را دستکاری کنند، روش‌های استاندارد را یاد بگیرند، داده‌ها را جمع‌آوری و تفسیر کنند و در نهایت گزارشی درباره یافته‌های خود بنویسند. در ادبیات تخصصی نیز تأکید شده است که کار عملی برای آموزش و یادگیری علمی ضروری است و کار عملی با کیفیت خوب به توسعه درک دانشجویان از فرایندها و مفاهیم علمی کمک می‌کند (Shana & Abulibdeh, 2020). نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش جوادیان و همکاران (Javadian et al., 2002) هم‌سوست چرا که آنان نیز وضعیت اجرای دروس عملی را خوب ارزیابی کرده‌اند. تدوین اهداف معین و از سویی روشن و دست‌یافتنی برای هر درس آزمایشگاهی منجر به پیشرفت‌های ملموس در یادگیری دانشجویان خواهد شد. اهداف متناسب و قابل اندازه‌گیری سبب می‌شوند دانشجویان تمرکز بیشتری روی درس داشته باشند و نتایج مطلوبی در فرایند یادگیری خود به دست آورند. بسیاری از محققان بر لزوم شفافیت اهداف دروس آزمایشگاهی تأکید کرده‌اند. از سوی دیگر، اهداف می‌بایست مرتبط با محتوای دروس باشند تا پیوندی منطقی میان تئوری و عمل ایجاد کنند. این ارتباط موجب می‌شود دانشجویان طیف وسیع‌تری از مهارت‌ها و دانش را کسب کنند که کاربردی و مرتبط با زندگی واقعی باشند.

بخش دیگری از یافته‌های پژوهش نشان داد محتوای برنامه درسی دروس آزمایشگاه محور تا حد زیادی رضایت نسبی دانشجویان را به دست آورده است. به نظر می‌رسد دانشگاه در این بُعد نیز با رعایت اصول و استانداردهای مرتبط یادگیری مؤثر و بادوامی برای دانشجویان رقم زده است. یکی از علل مهم رضایت دانشجویان از محتوای دروس آزمایشگاهی ارتباط مستمر دانشگاه‌ها با صنعت و استفاده از فناوری‌های نوین است. با توجه به پیشرفت‌های سریع فناوری‌های مهندسی، ضروری است

محتوای آموزشی با نیازهای روز صنعت همگام باشد. تحقیقات نشان داده‌اند پیوند آموزش و صنعت منجر به آموزش مفاهیم علمی و فنی باکیفیت بالاتر می‌شود (Perkins & Neumayer, 2014). بنابراین، استادان با دعوت از متخصصان صنعت به‌روزترین فناوری‌ها و کاربردهای عملی را به دانشجویان خود معرفی می‌کنند. از سوی دیگر، در سطح دانشگاه، استادان تلاش کرده‌اند محتوای تجربی و پروژه‌های عملی را در دروس آزمایشگاهی بگنجانند. این امر به دانشجویان امکان داده است مفاهیم نظری را در عمل مشاهده و تجربه کنند. این نوع یادگیری باعث می‌شود دانشجویان درک بهتری از مفاهیم نظری پیدا کنند و آنها را در سناریوهای واقعی به کار ببرند. انتقال محتوای علمی و فنی به‌روز و معتبر توسط استادان نیز کلید یادگیری مؤثر دانشجویان به‌شمار می‌آید. استادان می‌بایست توانایی تحلیل منابع علمی معتبر و استفاده از مقالات و کتاب‌های جدید را در آموزش محتوای دروس آزمایشگاهی داشته باشند. مطالعات نشان می‌دهد استفاده از فضاهای علمی و منابع معتبر کیفیت یادگیری را ارتقا می‌بخشد و دانشجویان با مباحثه درباره مفاهیم جدید می‌توانند دانش خود را عمق دهند.

از دیگر عوامل کلیدی در یادگیری مؤثر دروس آزمایشگاهی کیفیت مواد و امکانات موجود در آزمایشگاه‌هاست. یافته‌های این تحقیق نشان داد دانشجویان از وضعیت مواد و امکانات آزمایشگاهی رضایت دارند و معتقدند دانشگاه در این بُعد نیز عملکرد درستی داشته است. وجود مواد و تجهیزات باکیفیت و به‌روز آزمایشگاهی در دانشگاه‌ها شاهدهی بر این مدعاست و نقش مهمی در یادگیری دانشجویان ایفا می‌کند. هنگامی که دانشجویان با ابزارها و فناوری‌های پیشرفته کار می‌کنند قادر به اجرای دقیق‌تر آزمایش‌ها و درک بهتر مفاهیم علمی هستند. تحقیقات نشان داده‌اند دسترسی به تجهیزات مدرن به دانشجویان امکان می‌دهد تجربیات یادگیری بهتری کسب و مهارت‌های عملی خود را تقویت کنند. وقتی دانشجویان به راحتی به مواد اولیه و تجهیزات موردنیاز برای آزمایش‌های خود دسترسی دارند بی‌وقفه به یادگیری و آزمایش می‌پردازند. این فرایند جریان یادگیری را سرعت می‌بخشد و به دانشجویان امکان می‌دهد مباحث نظری را بهتر درک کنند و توانایی‌های فنی خود را توسعه دهند (Issah et al., 2023).

دانشجویان بر مناسب بودن فعالیت‌ها و روش‌های تدریس استادان در آزمایشگاه‌ها نیز تأکید داشتند. با توجه به اینکه استادان این دانشگاه در پی شرکت منظم در کارگاه‌های دانش‌افزایی برگزارشده در سطح دانشگاه از روش‌های تدریس فعال و متناسب با اهداف و محتوای درس استفاده می‌کنند موفق شده‌اند تجربه یادگیری مؤثرتری برای دانشجویان خود فراهم آورند. به‌کارگیری فعالیت‌هایی، مانند کار گروهی، بحث و گفت‌وگو و حل مسائل در زمان آموزش، به دانشجویان امکان داده است عمیق‌تر با مفاهیم علمی آشنا شوند و توانایی‌های شناختی و حل مسئله خود را توسعه دهند. همچنین استادان در فضای آزمایشگاه‌ها با طراحی فعالیت‌هایی که دانشجویان را به تحقیق و خودآموزی ترغیب می‌کنند یادگیری آنان را تقویت کرده‌اند. این کار به دانشجویان کمک کرده است

مهارت‌های جست‌وجو و تحلیل خود را بهبود بخشند.

درنهایت، بخش دیگری از یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که از نظر دانشجویان زمان آموزش و فضای یادگیری در آزمایشگاه‌های دانشگاه تا حد درخور توجهی مناسب است. دانشگاه در سال‌های اخیر نگاهی ویژه به توسعه و بازسازی آزمایشگاه‌ها داشته و به استانداردهای فضاهای آزمایشگاهی از هر نظر توجه کرده‌اند. یک آزمایشگاه با امکانات خوب به ایجاد محیط یادگیری مثبت کمک می‌کند. طراحی و سازمان‌دهی محیط آزمایشگاه باید تأثیرگذار باشد؛ برای مثال، نور مناسب، فضای کاری کافی و نظم مواد آموزشی از عوامل افزایش توجه و تمرکز دانشجویان است. چنین محیطی به راحتی فضای آموزش و افزایش انگیزه یادگیری منجر می‌شود. فضای یادگیری در آزمایشگاه باید به گونه‌ای طراحی شود که تعامل و همکاری بین دانشجویان را تشویق کند. زمان مناسب برای آموزش آزمایشگاه‌ها نیز اهمیت زیادی دارد. زمانی که دانشجویان به اندازه کافی وقت دارند مراحل آزمایش را به دقت اجرا و نتایج را تحلیل کنند یادگیری عمیق‌تری خواهند داشت. پژوهش‌ها نشان داده‌اند زمان کافی برای تمرین و آزمایش توانایی یادگیری و درک بهتر مفاهیم را می‌افزاید. این زمان همچنین به دانشجویان فرصت می‌دهد با دقت بیشتری به جزئیات توجه کنند و از تجربیات عملی بهره ببرند (Oduyuyi, 2015).

سؤال دوم پژوهش: اولویت‌بندی وضعیت توجه به ابعاد شش‌گانه برنامه‌های درسی آزمایشگاهی چگونه است؟

در ادامه، برای اولویت‌بندی ابعاد شش‌گانه، از آزمون فریدمن استفاده کردیم که نتایج آن در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴. اولویت‌بندی ابعاد شش‌گانه، با استفاده از آزمون فریدمن

Sig	df	خی دو	تعداد	رتبه	میانگین رتبه	ابعاد شش‌گانه
.۰۰۰	۵	۴۵/۵۶۸	۳۵۷	۶	۳/۱۸	اهداف
				۱	۳/۸۵	محتوا
				۳	۳/۵۶	مواد و امکانات
				۲	۳/۸۴	فعالیت‌ها و روش‌ها
				۵	۳/۲۷	زمان آموزش
				۴	۳/۲۹	فضای یادگیری

نتایج آزمون فریدمن تفاوت معناداری بین میانگین رتبه ابعاد شش‌گانه نشان داد چون سطح معناداری آزمون کمتر از ۰/۰۵ است؛ بُعد محتوا با میانگین ۳/۸۵ در رتبه اول، بُعد فعالیت‌ها و روش‌ها با میانگین ۳/۸۴ در رتبه دوم، بُعد امکانات با میانگین ۳/۵۶ در رتبه سوم، بُعد فضای آموزش با میانگین ۳/۲۹ در رتبه چهارم، بُعد زمان یادگیری با میانگین ۳/۲۷ در رتبه پنجم و بُعد اهداف با میانگین ۳/۱۸ در رتبه ششم قرار دارد.

یافته‌ها نشان می‌دهد محتوای آموزشی در نظر گرفته شده برای دانشجویان از کیفیت و استانداردهای کیفی کافی برخوردار بوده است و مدرسان این برنامه‌های درسی، همسو با پیشرفت‌های علمی، از منابع معتبر و به‌روز استفاده کرده و اطلاعات معتبری به دانشجویان داده‌اند. از سوی دیگر، همسو با انتخاب محتوای مناسب، در انتقال محتوا از روش‌ها و راهبردهای تدریس مؤثر استفاده کرده‌اند. با این حال، به نظر می‌رسد مسئولان دانشگاه، به‌ویژه مسئولان بخش آزمایشگاه، می‌بایست به بازتعریف اهداف آموزشی برنامه‌های درسی، تخصیص زمان کافی و بهینه‌سازی فضا و امکانات آموزشی در بستر آزمایشگاه‌ها توجه بیشتری داشته باشند.

۵. نتیجه‌گیری

پژوهش پیش رو با هدف بررسی وضعیت اجرای دروس آزمایشگاه‌محور در رشته‌های فنی و مهندسی در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان صورت گرفته است. نتایج نشان داد وضعیت اجرای دروس آزمایشگاهی در ابعاد شش‌گانه اهداف، محتوا، مواد و امکانات، فعالیت‌ها و روش‌ها، زمان یادگیری و فضای آموزش در حد بالاتر از متوسط قرار دارد. علاوه بر این، از منظر دانشجویان رشته‌های فنی و مهندسی، در اجرای برنامه‌های درسی آزمایشگاه‌محور، دانشگاه، به‌ویژه استادانی که دروس آزمایشگاه‌محور تدریس می‌کنند، در بُعد آموزش محتوای باکیفیت، معتبر و منسجم و نیز استفاده از روش‌های تدریس مؤثر و کارآمد عملکردی بالاتر از مؤلفه‌ها (اهداف برنامه درسی، مواد و امکانات آموزشی، زمان آموزش و فضای یادگیری) داشته‌اند.

با توجه به یافته‌های پژوهش، پیشنهادهایی برای حفظ وضع موجود و ارتقای بهینه آن می‌دهیم. بدیهی است آزمایشگاه‌های آموزشی بخش بسیار مهمی در آموزش مهندسی به‌شمار می‌آیند. این آزمایشگاه‌ها طیف وسیعی از مهارت‌ها را، از جمله ارتباطات، دانش، کار گروهی، اخلاق و تشویق به کسب اطلاعات، در دانشجویان پرورش می‌دهند. آموزش مهندسی در همه دوره‌ها می‌بایست تا حد امکان با بهره‌گیری از بسترهای آزمایشگاهی و کارگاهی پشتیبانی شود. دانشجویان بدون رفتن به آزمایشگاه و مشاهده فرایند آزمایش و فعالیت‌های عملی دانش خود را به مهارت تبدیل نخواهند کرد. از سوی دیگر، سطح رضایت دانشجو می‌بایست در مرکز بهبود فعالیت‌ها و تجربیات آزمایشگاهی قرار گیرد و همواره ثبت و تحلیل شود تا اشکالات و آسیب‌های احتمالی اصلاحی انجام شوند. اهداف بهبود تجربیات آزمایشگاهی عبارت‌اند از: افزایش درک مباحث درسی، توانایی‌های کار گروهی، تقویت مهارت‌های عملی، توسعه استدلال علمی، درک پیچیدگی و ابهام کار تجربی و ارتقای علاقه به یادگیری. همچنین مطالعات متعددی در زمینه مدیریت آزمایشگاه و چگونگی استفاده از آن در مدیریت مؤثر کیفیت، ایمنی و منابع انجام گرفته است. مدیریت فعالیت‌های آزمایشگاه‌ها و اطمینان از کیفیت آنها با وجود تعداد زیادی از دروس آزمایشگاهی کار آسانی نیست. گاهی چندین هماهنگ‌کننده دوره،

مسئول آزمایشگاه و کارشناس آزمایشگاهی در گروه آموزشی و گاهی بین طرح‌های آموزشی دوره‌ها و دروس بین‌رشته‌ای وجود دارد. بنابراین، هماهنگی مؤثر مسئولان آزمایشگاه‌ها امری ضروری است که با داشتن «مدیر آزمایشگاه اثربخش» در سطح گروه/دانشکده که به‌قدر کافی مسئولیت‌پذیر باشد تحقق یابد. برآوردن نیازهای گوناگون نرم‌افزاری، به‌کارگیری تجهیزات به‌روز، ایجاد تعامل با آزمایشگاه‌های هم‌جوار و استفاده متقابل از دستگاه‌ها و امکانات، تنظیم برنامه زمانی و غیره نیز می‌بایست توسط مدیر آزمایشگاه به‌بهترین شکل ممکن مدیریت شود.

References

- Akbari Pordenjani, Z. & Salehi, K. (2022). A systematic review of the achievements, advantages, and limitations of using virtual and remote laboratories in engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, 24(95), 57–88. [in Persian].
- Aladejana, F. & Aderibigbe, O. (2007). Science laboratory environment and academic performance. *Journal Science Educational Technology*, 16, 500–506.
- Aziz, E.; Esche, S. & Chassapis, C. (2007). It-enhanced laboratory experience within a modern undergraduate engineering curriculum. *International Conference of Engineering Education, ICEE*.
- Barron, B. & Darling-Hammond, L. (2008). *Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. Powerful learning: What we know about teaching for understanding*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Boshkazi, S. & Memarian, M. (2022). Design and implementation of a new virtual course on simulation laboratory in electromagnetism. *Iranian Journal of Engineering Education*, 24(94), 1–22 [in Persian].
- Bye, R. T., & Osen, O. L. (2019). On the development of laboratory projects in modern engineering education. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1300–1307).
- Chinnowsky, P.; Brown, H.; Szajman, A. & Realph, A. (2006). Developing knowledge landscapes through project-based learning. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 132(2), 118–125.
- Euro-CASE (2020). *Euro-CASE engineering education platform – discourses on the future of engineering education in Europe*, published by the European Council of Academies of Applied Sciences, Technologies and Engineering (Euro-CASE), Paris, France, ISBN: 0123456789 tbd, doi 0123456789 tbd.
- Estes, A. (2012). Ten years of ABET EC 2000: One person's reflections," in 2012 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings, pp. 5.1271.1–25.1271.12.
- Feisel, Lyle D. & Rosa, A.J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*. 94(1), 121–130.
- Gijsselaers, W. H. (1996). Connecting problem-based practices with educational theory. In L. Wilkerson & W. H. Gijsselaers (Eds.), *Bringing problem-based learning to higher education: Theory and practice*. Jossey-Bass Publishers, San Francisco. 13–21.
- Grinter, L. E. (1955). Report of the committee on evaluation of engineering education. *Journal of Engineering Education*, 45, 25–60.
- Grodotzki, J.; Ortel, T.R. & Tekkaya, A.E. (2018). Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab. *46th SME North American Manufacturing Research Conference, NAMRC 46*, Texas, USA.
- Hmelo-Silver, C.E. & Chinn, C.A. (2016). *Collaborative learning*. In L. Corno & E. M. Anderman (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 349–363). Routledge/Taylor & Francis Group.
- De los Ríos, I.; Cazorla, A.; Díaz-Puente, J.M. & Yagüe, J. L. (2010). Project-based learning in engineering higher education: Two decades of teaching competences in real environments. *Procedia Social and Behavioral Sciences*,

- 2(2), 1368–1378.
- Issah, I.; Baalongbuoro, V. & Afram Oware, S. (2023). The impact of laboratory practical activities on students' academic performance at queen of peace senior high school in the nadowli–kaleo district of the upper west region of Ghana. *International Journal of Scientific Research and Management*. 11(03): 2727–2739.
 - Jaroenhasemmesuk, C., Lima, R.M.; Horgan, K.; Mesquita, D. & Supeekit, T. (2023). Active learning in Engineering education: Case study in mechanics for engineering. Leveraging transdisciplinary engineering in a changing and connected world. Proceedings of the 30th ISTE International Conference on Transdisciplinary Engineering. IOS Press BV.633–642.
 - Javadian, Y.; Miri, M.M.; Karimi, P. & Alizadeh Navayi, R. (2002). Evaluation of students' perceptions of the teaching quality of practical and laboratory courses at Babol University of Medical Sciences in the first semester of 2001–2002. *Iranian Journal of Medical Education*, 2 (8) (Special Issue), 1–8 [in Persian].
 - Johnson, P.A. (1999). Project–based, cooperative learning in the engineering classroom, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 125 (1), 8–11.
 - Klein, F. (1991). *The politics of curriculum decision-making: issues in centralizing the curriculum*. State university of New York Press.
 - Khalili, M.; Khosravi Babadi, A.A.; Khorshidi, A. & Hamidi Far, F. (2023). Proposing a curriculum model for laboratory courses in technical and engineering fields based on grounded theory. *Journal of Higher Education Curriculum Studies*, 14(28), 143–186 [in Persian].
 - Krivikas, R. V. & Krivickas, J. (2007). Laboratory instruction in engineering education. *Global J. Eng. Educ*, 11(2), 191–196.
 - Mirtchev, Seferin. (2022). Challenges for engineering education, research and innovation – survey. *Electrotechnica & Electronica*, 57, (1–2), 8–23.
 - Morton, W. & Uhomobhi, J. (2011). E–laboratory design and implementation for enhanced science, technology and engineering education. *Campus–Wide Information Systems*, 28(5), 367–377.
 - NAE (National Academy of Engineering). (2017). *Engineering technology education in the United States*. The National Academies Press.
 - Nikolic, S.; Ritz, C.; Vial, P. J.; Ros, M. & Stirling, D. (2015). Decoding student satisfaction: How to manage and improve the laboratory experience. *IEEE Transactions on Education*, 58(3), 151–158.
 - Odutuyi, M. (2015). Influence of laboratory learning environment on students' academic performance in secondary school chemistry. *US–China Education Review A* 5(12), 814–821.
 - Olugbola S. A. (2017). Exploring entrepreneurial readiness of youth and startup success components: Entrepreneurship training as a moderator. *Journal of Innovation & Knowledge*, 2(3), 155–171.
 - Padmanadhan, G. & Katti, D. (2002). Using community–based projects in civil engineering capstone courses, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 125(1), 12–18.
 - Perkins, R., & Neumayer, E. (2014). Geographies of educational mobilities: exploring the uneven flows of international students. *Theorizing Student Mobility*, 19(5), 641–661
 - Rathod, S. S. & Kalbande D. R. (2016). Improving laboratory experiences in engineering education. *Journal of Engineering Education Transformations*.29 (4), 51–60
 - Salim, K. R., Puteh, M., & Daud, S. M. (2012). Assessing students' practical skills in basic electronic laboratory based on psychomotor domain model. *Procedia–Social and Behavioral Sciences*, 56, 546–555.
 - Zappe, S.E.; Huang–Saad, A.Y.; Duval–Couetil, N. & Simmons, D. R. (2023). Teaching for creativity, entrepreneurship, and leadership in engineering. In A. Johri (Ed.), *International Handbook of Engineering Education Research* 433–454, Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003287483-24>.
 - Shana, Z. & Abulibdeh, E. S. (2020). Science practical work and its impact on high students' academic achievement. *JOTSE*, 10(2), 199–215.
 - Taba, H. (1962). *Curriculum development: Theory and practice*. Harcourt, Brace & World.
 - Tyler, R.W. (1949). *Basic principles of curriculum and instruction*. University of Chicago Press.



◀ **سیروس اسدیان:** دارای دکترای رشته مطالعات برنامه‌داری از دانشگاه علامه طباطبائی و عضو هیئت‌علمی گروه علوم تربیتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان با مرتبه‌دانشیار است. ایشان دو کتاب تخصصی و بیش از چهل مقاله پژوهشی در مجلات علمی منتشر و ده‌ها مقاله نیز در همایش‌های ملی و بین‌المللی ایراد کرده است. حوزه پژوهشی ایشان کتب و کیف برنامه‌های درسی در دوره‌های تحصیلی و فرایند یاددهی-یادگیری فراگیران است.



◀ **هانیه عیدی:** دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته مطالعات برنامه‌داری در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان است. وی به پژوهش در حوزه تخصصی خود، از جمله فرایند یاددهی-یادگیری دانش‌آموزان و دانشجویان و نیز کتب و کیف برنامه‌های درسی، علاقه‌مند است.

تحلیل محتوای سرفصل رشته‌های مهندسی مکانیک و صنایع، براساس رویکرد حل مسئله ابداعی

سیده‌زهرا اسلامی^۱، محسن آیتی^۲، محمدعلی رستمی نژاد^۳ و سارا سلیمی نمین^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۱

DOI: 10.22047/ijee.2025.494453.2151

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.5.9

چکیده: به‌منظور ارتقای کیفیت آموزش و تربیت مهندسان توانمند، می‌بایست برنامه‌های درسی دانشگاه‌ها شامل روش‌ها و راه‌حل‌های خلاقانهٔ رویارویی با مسائل پیچیده و ناشناخته باشد. این امر از طریق بهره‌گیری از رویکردهای نوآورانه و نظام‌مند، همچون رویکرد حل مسئله ابداعی، امکان‌پذیر است. هدف پژوهش حاضر تحلیل محتوای سرفصل رشته‌های مهندسی مکانیک و صنایع براساس اصول حل مسئله ابداعی بوده است. برای رسیدن به هدف پژوهش، از روش تحلیل محتوای کیفی قیاسی استفاده کردیم. جامعه آماری پژوهش سرفصل‌های مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در مقطع کارشناسی رشته مهندسی مکانیک و صنایع بود. همچنین از روش نمونه‌گیری هدفمند (ملاک محور) بهره بردیم که حجم نمونه در سرفصل دروس مهندسی مکانیک شامل ۳۱ واحد درسی، معادل ۱۱ عنوان درسی، و در دروس مهندسی صنایع در مجموع ۶۳ واحد درسی، معادل ۲۱ عنوان درسی، بود. دروس برگزیده از دروس کلیدی و مهم برنامه درسی هستند که تأثیر بیشتری بر توانمندسازی دانشجویان در حل مسائل دارند. ابزار گردآوری داده‌ها فهرست و آرسی تحلیل محتوا بود که مؤلفه‌ها و نشانگرهای آن را براساس اصول تریز تعیین کردیم. واحد تحلیل پژوهش اهداف سرفصل واحدهای درسی در برنامه درسی بود. واحد ثبت مضمون اهداف بود. نتایج پژوهش نشان می‌دهد دروس ارتعاشات مکانیکی (رفع تضادگرایی)، مدیریت و کنترل پروژه (منبع‌گرایی و ایدئال‌گرایی)، مقاومت مصالح و دینامیک ماشین (کارکردگرایی) در مهندسی مکانیک و نیز دروس مدیریت کنترل پروژه، برنامه‌ریزی و کنترل موجودی، مدیریت و برنامه‌ریزی استراتژیک و طراحی ایجاد صنایع (منبع‌گرایی) در مهندسی صنایع با اصول تریز هم‌سویی دارند. در انتهای پژوهش، پیشنهادهایی برای توجه به حل مسئله ابداعی در برنامه‌های درسی مطرح کرده‌ایم.

واژگان کلیدی: حل مسئله ابداعی، سرفصل، تحلیل محتوا، برنامه درسی، آموزش مهندسی

۱- دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی درسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران (نویسنده مسئول).
seyedezahra.eslami@birjand.ac.ir

۲- دانشیار گروه علوم تربیتی دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. mayati@birjand.ac.ir

۳- دانشیار گروه علوم تربیتی دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. marostami@birjand.ac.ir

۴- استادیار گروه آموزش مدیریت کسب‌وکار دانشکده مدیریت علم و فناوری دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران. sara.salimi@aut.ac.ir

۱. مقدمه

در دنیای پُر رقابت و پیچیده امروز، رویارویی با چالش‌ها و مسائل گوناگون اهمیتی ویژه دارد. مردم با دو گروه مسئله روبه‌رو هستند: الف) مسائلی با راه‌حل‌های شناخته‌شده و ب) مسائلی با راه‌حل‌های ناشناخته. مسائل آشنا با راه‌حل‌های استاندارد کتاب‌ها و مجلات فنی یا توسط متخصصان حل می‌شوند؛ راه‌حلی که از الگوهای کلی حل مسئله پیروی می‌کنند. مسائل با راه‌حل‌های ناشناخته «مبتکرانه» نامیده می‌شوند. آلتشولر^۱ مسئله مبتکرانه را مسئله‌ای تعریف کرده است که دست‌کم یک تضاد دارد. وی تضاد را وضعیتی تعریف می‌کند که در آن هر کوششی برای بهبودبخشیدن به یک ویژگی سیستم از ویژگی دیگر آن می‌کاهد (Tandpour & Kafili, 2019).

براین اساس، برنامه‌های درسی مهندسی می‌بایست به دانشجویان کمک کنند تا با مسائل با راه‌حل‌های ناشناخته روبرو شوند. هدف هر نظام آموزشی تربیت فراگیران متفکر، خلاق، نقاد و دارای بینش علمی است که در زندگی روزمره خود به بهترین شیوه ممکن زمینه رشد فردی و اجتماعی خود و دیگران را فراهم می‌سازند. این امر صرفاً در سایه انتقال اطلاعات به ذهن فراگیران حاصل نمی‌شود بلکه می‌بایست در برنامه‌های آموزشی روش‌هایی گنجانده شود که از طریق آنها فراگیران و دانشجویان قابلیت‌های چگونه آموختن را با نظم فکری بیاموزند. یکی از مطرح‌ترین نظریه‌ها در این زمینه «حل مسئله ابداعی»^۲ (تریز) است.

تریز معادل انگلیسی عبارت «نظریه حل مسئله ابداعی» یا تریس^۳ در زبان روسی است. در ۱۹۴۶، جنریش آلتشولر و همکارانش در اتحاد جماهیر شوروی سابق تریز را توسعه دادند چنان‌که اکنون در سراسر جهان از آن برای حل مسائل پیچیده یا اختراعی در زمینه‌ها و حوزه‌های گوناگون استفاده می‌شود. تریز براساس این نظریه/اعتقاد ایجاد شد که «اصول جهانی اختراع وجود دارند که اساس نوآوری‌هایی هستند که فناوری را پیش می‌برند و اگر این اصول شناسایی پذیر و تدوین پذیر باشند قابلیت آموزش به مردم را دارند. اساسی‌ترین مفهوم تریز این است که توانایی خلاقیت در تولید اختراعات جدید قابل آموزش است و نیازی نیست مخترعان زمان زیادی (چندین سال در بیشتر مواقع) صرف عرضه اختراعات جدید کنند (Jani, 2013).

تریز بر این فرض استوار است که تکامل فناوری و مسیر اختراع فرایندی تصادفی نیست بلکه پیش‌بینی پذیر است و با قوانین مشخصی عمل می‌کند (Eversheim, 2009; Souchkov, 1997). این روش بر منطق تحلیلی و شیوه‌ای نظام‌مند از تفکر بنا شده است (Savransky, 2000; Souchkov, 1997). این رویکرد نظام‌مند ساختاری کلی به‌کارگیری مجموعه ابزارها و شیوه‌های تریز را نشان می‌دهد. بااینکه تریز توصیفات گوناگونی دارد (روش‌شناسی، مجموعه ابزار، علم (Barry et al, 2010)، فلسفه

(Nakagawa, 2011) که باعث سردرگمی درباره ماهیت واقعی آن می‌شود.) قابلیت‌های دستیابی آن به اهداف خاص کاملاً روشن است. تریز رویکردی نظام‌مند به یافتن راه‌حل‌های مسائل فنی و نوآوری در سیستم‌های تکنیکی فراهم می‌کند (Ilevbare, 2013).

در مقایسه با روش‌های نوآوری سنتی، مانند «طوفان فکری» و «آزمون و خطا»، تریز دارای مزایای جهت‌گیری هدف قوی، گام‌های واضح و منظم و ابزار غنی است که از هزینه‌های آزمون و خطا و زمان مصرف زیاد ناشی از تکیه بر تجربه و تفکر آشفته جلوگیری می‌کند و کیفیت فعالیت‌های نوآورانه را بهبود می‌بخشد (Peng et al, 2020). تئوری تریز راه شکستن اینرسی تفکر، ابزار پیش‌بینی فناوریانه و رویکرد نظام‌مند حل مسئله را فراهم می‌کند. همچنین تفکر خلاق را تحریک می‌کند و کارایی نوآوری را بهبود می‌بخشد (Jiang, 2013). اصول و ارکان هر نظریه، از جمله تریز، برای فهم درست و دقیق آن ضروری است؛ اصولی که نه تنها اهداف آن نظریه را بیان می‌کنند بلکه در نظریه تریز با دانستنشان می‌توان از آنها به عنوان عمومی‌ترین ابزار استفاده کرد (Khomeini & Ashtiani, 2007).

از بین اصول تریز، رفع تضادگرایی^۱ (Altshuller, 1998; Mann, 2000; Mann, 2002; Souchkov, 2007; Cascini et al., 2008; Khomeini & De Guio, 2007; Khomeini & Ashtiani, 2007; Litvin, 2007; Savransky, 2000) ایدئال‌گرایی^۲ (Altshuller, 1998; Mann, 2000; Mann, 2002; Litvin, 2007; Savransky, 2000) کارکردگرایی^۳ (Mann, 2000; Mann, 2002; Litvin, 2007; Souchkov, 2007; Savransky, 2000) و منبع‌گرایی^۴ (Altshuller, 1998; Mann, 2000; Mann, 2002; Litvin, 2007; Savransky, 2000) مهم‌ترین هستند.

یک تضاد در تریز با یک زوج «اثر مثبت در مقابل اثر منفی» نشان داده می‌شود که در آن هر دو اثر در نتیجه وضعیتی خاص ظاهر می‌شوند. بعد از اینکه تضادها را شناسایی کردیم، گام بعدی حل آنهاست؛ نه برای مصالحه یا بهینه‌سازی بلکه برای از بین بردن هر تضاد به روش برد-برد. برای کمک به آن، تریز طیف وسیعی از ابزارها را پیشنهاد می‌کند که بسته به پیچیدگی تضاد به کار می‌روند. برای مثال، اگر مخازن سوخت را با ظرفیت زیاد بسازیم می‌توانیم کشتی را به مدار بیاوریم اما بار مفید آن کم می‌شود (Mann, 2000). آلتشولر و همکارانش سه نوع اصلی از تناقضات را شناسایی کرده‌اند: اداری، فنی و فیزیکی. تناقضات اداری^۵ زمانی رخ می‌دهد که چیزی برای دستیابی به نتیجه یا جلوگیری از پدیده‌ای نامطلوب مورد نیاز است اما روش دستیابی به نتیجه مشخص نیست. برای مثال، می‌خواهیم کیفیت تولید را افزایش دهیم و هم‌زمان هزینه مواد اولیه را کاهش. چنین تناقضی به شکل اولیه خود شبیه به وضعیتی ابداعی است. با این حال، تناقض اداری به خودی خود ارزش اکتشاف ندارد و مسیر دستیابی به پاسخ را نشان نمی‌دهد.

در تناقضات فنی^۱، یک عمل به‌طور هم‌زمان مفید و مضر است یا منجر به عملکردهای مفید^۲ (UF) و مضر^۳ (HF) می‌شود. تناقضات فنی زمانی اتفاق می‌افتد که ایجاد/تقویت یک عملکرد مفید در زیرسیستم باعث ایجاد عملکرد مضر جدید یا تشدید عملکرد مضر موجود در زیرسیستم دیگر شود؛ حذف/کاهش عملکرد مضر در زیرسیستم عملکرد مفید را در زیرسیستم دیگر تخریب کند؛ تقویت عملکرد مفید یا کاهش عملکرد مضر در زیرسیستم باعث پیچیدگی نامطلوب در سایر زیرسیستم‌ها/کل سیستم می‌شود.

تناقض فیزیکی^۴ زمانی رخ می‌دهد که تقویت عملکرد مفید در زیرسیستم به‌طور هم‌زمان عملکرد مضر موجود در همان زیرسیستم را تشدید کند یا کاهش عملکرد مضر در زیرسیستم به‌طور هم‌زمان عملکرد مفید را در همان زیرسیستم کاهش دهد (Savransky, 2000).

تریز مفهوم ایدئال را هم مطرح می‌کند بدین صورت که نسبت کارکردهای سودمند را به کارکردهای زیان‌بار کم می‌کند (Mahmoudian & Babaian, 2020). سیستم ایدئال به سیستمی اطلاق می‌شود که کارکرد موردنظر را بدون صرف هیچ هزینه، منبع یا آسیبی (اقتصادی، اجتماعی، محیطی و دیگر جنبه‌ها) به انجام می‌رساند. این اصل به دانشجویان کمک می‌کند به دنبال راه‌حل‌های بهینه و ایدئال مشکلات و چالش‌های مهندسی باشند. فرض کنید می‌خواهیم یک موتور احتراقی جدید طراحی کنیم. هدفمان این است که این موتور با بالاترین بازدهی کار کند و کمترین آلایندگی را داشته باشد. در چنین حالتی، ایدئال‌گرایی بدین معناست که موتور به‌گونه‌ای طراحی شود که بیشترین انرژی ورودی تبدیل به کار مفید شود و درعین حال تولید آلودگی و مصرف سوخت به کمترین برسد؛ مثلاً، استفاده از مواد پیشرفته و فناوری‌های نوین به تحقق این ایدئال کمک می‌کند.

اصل دیگر تریز کارکردگرایی است. کارکرد موضوعی مشترک است که از طریق آن امکان به اشتراک گذاشتن دانش بین صنایع بسیار متفاوت وجود دارد. کارکردگرایی از حل‌کننده مسئله می‌خواهد رویکرد انعطاف‌پذیر بیشتری به شیوه نگاه خود به حل مسائل موردنظر در پیش گیرد. دوران تخصص‌گرایی محض به پایان خود نزدیک می‌شود و چه بسا فرد در حوزه‌های دیگر دانش راه‌حل بهتری برای مسئله خود بیابد. ماشین موتور راه‌حلی خاص برای کارکرد عمومی «حرکت افراد» است همان‌طور که پودر لباس‌شویی راه‌حل خاص کارکرد عمومی «حذف جسم جامد» است. طبقه‌بندی و مرتب‌سازی دانش براساس کارکرد به تولیدکنندگان پودر لباس‌شویی امکان می‌دهد تا بررسی کنند چگونه صنایع دیگر به کارکرد اصلی «حذف جسم جامد» دست یافته‌اند. «راه‌حل‌ها تغییر می‌کنند؛ کارکرد ثابت می‌ماند» پیامی است که موضوعی اصلی را در روش تریز شکل می‌دهد: مردم سوراخ می‌خواهند، نه مته (Mann, 2000). در تریز، برای منابع تعریفی گسترده در نظر گرفته شده است: منبع هر چیزی است که در حل مسئله و بهبود سیستم بدون هزینه زیاد کاربرد دارد. منابع باید ارزان، آزاد و دردسترس باشند. منابع

1- Technical contradictions

2- Useful function

3- Harmful function

4- Physical contradiction

سیستم و عناصر آن مبنای قوی‌ترین و کارآمدترین راه‌حل‌ها هستند که تشخیص آنها فرصت توسعه مفاهیم و راه‌حل‌ها را فراهم می‌سازد (Mann, 2000). سوچکو (Souchkov, 2014) در تعریف منبع بیان می‌کند: «هر نوع ماده محسوس/نامحسوس که برای حل یک مسئله اختراعی استفاده شود: زمان، فضا، مواد، میدان‌ها، خواص و مؤلفه‌های آنها و غیره» (Gräbe, 2022).

پژوهش‌های متعددی اثربخشی آموزش تریز را به دانشجویان مهندسی نشان داده‌اند؛ از آن جمله: براون و بلک (Brown & Black, 2019) ادبیات کاربرد تریز را در آموزش مرور و راهبردهای ادغام اصول تریز را در برنامه درسی شناسایی کرده‌اند. یافته‌های آنان آشکار کرده است که ترکیب فعالیت‌ها و تمرین‌های مبتنی بر تریز در کلاس درس درک دانشجویان را از مفاهیم پیچیده آسان می‌کند و مهارت‌های تفکر انتقادی را ارتقا می‌دهد. افزون بر این، این بررسی بر اهمیت پرورش ذهن نوآور از طریق تریز تأکید می‌کند. نتایج پژوهش بردی و همکاران (Birdi, 2012) نشان می‌دهد شرکت در دوره‌های آموزش تریز منجر به بهبود مهارت‌های حل مسئله خلاق و انگیزه نوآوری مهندسان می‌شود.

ناکاگاوا (Nakagawa, 2011) در دانشگاه اوزاگاگاکوین^۱، ژاپن، طرح شش باکس از سمینارهای آموزشی تریز را با عنوان «آموزش و تدریس تفکر حل مسئله خلاق با تریز» به مدت سه روز روی دانشجویان مهندسی اجرا کرد. ابتدا، یک سخنرانی مقدماتی درباره تریز (۶۰ دقیقه) ایراد کرد تا مهندسانی را که عمدتاً در تریز تازه‌کارند راهنمایی کند. سپس، شیوه‌های گروهی حل مسائل واقعی را اجرا کرد. این مطالعه نشان داد روش تریز تفکر مبتکر ساختاریافته دانشجویان را در استخراج آثار مهندسی خلاق تشویق می‌کند.

بلسکی (Belski, 2011)، با هدف افزایش دوره تریز برای مهارت‌های تفکر و حل مسئله دانشجویان مهندسی، مؤسسه فناوری سلطنتی ملبورن^۲ پژوهشی را انجام داد، که در این مطالعه، ۴۲ دانشجوی مهندسی، در سال دوم تا چهارم تحصیل خود، در یک دوره انتخابی «حل نظام‌مند و مبتکرانه مسئله» در نیمسال دوم ۲۰۰۶ (ژوئیه تا نوامبر) ثبت نام کردند. آنان در طول ۱۳ هفته ترم تحلیل موقعیت، روش، نتیجه ایدئال، تحلیل معصر میدانی ماده - میدان^۳ و ۴۰ اصل نوآورانه را آموختند. هر دانشجو می‌بایست چهار تکلیف انفرادی مربوط به ابزارهای فکری خاص را انجام می‌داد و در یک دوره سه هفته‌ای در کارگروهی شرکت می‌کرد. نتایج نشان داد دوره تریز مهارت‌های تفکر و حل مسئله دانشجویان مهندسی را افزایش می‌دهد. بررسی پیشینه پژوهشی نشان داد توجه به تریز در برنامه درسی مهندسی مهارت‌های حل مسئله را تقویت می‌کند، نوآوری را افزایش می‌دهد و مهندسان را آماده رویارویی با چالش‌های واقعی صنعت می‌کند. از این رو، تحلیل محتوای برنامه‌های درسی براساس اصول تریز ضروری است تا نقاط قوت و ضعف دروس شناسایی شود. این تحلیل کیفیت آموزش را ارتقا می‌دهد و به طراحان برنامه‌های درسی کمک می‌کند برنامه‌های آموزشی را به گونه‌ای طراحی کنند تا دانشجویان مهارت استفاده از روش‌های نوآورانه را در حل مسائل پیچیده کسب کنند.

1- Osaka Gakuin University

2- Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT)

3- Contemporary substance-field analysis

مورد مطالعه پژوهش حاضر برنامه درسی دوره کارشناسی مهندسی مکانیک و صنایع است. هدف دوره کارشناسی مهندسی مکانیک ارتقای سطح دانش مهندسی کشور در رشته مکانیک و تربیت افرادی مستعدی است که آموخته‌های نظری و عملی آنان همسطح دانشگاه‌ها و مراکز پیشرفته علمی و صنعتی جهان باشد (سرفصل رشته کارشناسی مکانیک، ۱۳۸۸). هدف کلی برنامه‌های درسی در این دوره‌ها تربیت دانشجویانی با توانایی‌هایی همچون طراحی، خلق محصولات و بهره‌برداری از آنها، فرایندها و سیستم‌های جدید است. بسیاری از مسائل مهندسی مکانیک با استفاده از روش تریز حل می‌شوند. حوزه فعالیت مهندسی مکانیک چنان گسترده است که نه تنها صنعتی را نمی‌یابیم که از آن بی‌نیاز باشد بلکه بخش مهمی از توسعه هر صنعت در گرو پیشرفت‌های مهندسی مکانیک است. از سوی، مهندسی صنایع با طراحی، اجرا و بهبود سیستم‌های یکپارچه‌ای از انسان، مواد، اطلاعات، تجهیزات و انرژی مرتبط است. این رشته برپایه دانش تخصصی در علوم ریاضی، طبیعی، اجتماعی و نیز قوانین و روش‌های تحلیل مهندسی و طراحی بنا شده است تا به کمک آنها به ارزیابی نتایج سیستم‌های یکپارچه بپردازد (سرفصل رشته کارشناسی صنایع، بازنگری در ۱۴۰۱). از این رو، دلایل انتخاب این رشته‌ها برای بررسی میزان توجه به رویکرد حل مسئله ابداعی عبارت‌اند از: ۱. هدف این رشته‌ها که طراحی، تولید و بهره‌برداری از محصولات است و ۲. وجود دروسی که به مباحث حل مسئله ابداعی می‌پردازند که این امر بستر طراحی و نوآوری را در رشته مهندسی مکانیک و صنایع فراهم کرده است. پژوهش پیش رو در پی پاسخ به این پرسش است که «تا چه میزان برنامه‌های درسی مهندسی مکانیک و صنایع به اصول حل مسئله ابداعی توجه دارند؟» تا آخرین برنامه‌های مصوب و پیشنهادها را در خصوص حل مسئله ابداعی بررسی کند.

۲. روش تحقیق

روش تحقیق تحلیل محتوای کیفی از نوع قیاسی است. برای شناخت وضعیت موجود برنامه درسی، مقوله‌های تحلیل محتوا را با توجه به اصول نظریه تریز (رفع تضادگرایی، ایدئال‌گرایی، کارکردگرایی و منبع‌گرایی) و براساس مبانی نظری صاحب‌نظران این حوزه استخراج کردیم. همچنین اهداف سرفصل برنامه‌های درسی رشته‌های مهندسی مکانیک و صنایع را با توجه به اصول نظریه حل مسئله ابداعی تحلیل کردیم. رویکرد تحلیل محتوای پژوهش حاضر از نوع پنهان است.

جامعه پژوهش برای تحلیل محتوای کیفی شامل سرفصل‌های مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در مقطع کارشناسی رشته مهندسی مکانیک (۱۳۸۸، برگرفته از تارنمای دانشگاه بیرجند) و صنایع (بازنگری ۱۴۰۱، برگرفته از تارنمای دانشگاه صنعتی بیرجند) بود. با توجه به اینکه ورودی‌های پیش از ۱۴۰۲ رشته مهندسی مکانیک براساس سرفصل ۱۳۸۸ آموزش دیده بودند، نمونه‌گیری هدفمند (ملاک محور) است. متناسب با معیارهای مورد مطالعه، در هر طبقه از دروس تعدادی از آنها را به عنوان نمونه انتخاب کردیم. دروسی که نمونه انتخاب شده‌اند دارای اهمیت بیشتری در فرایند آموزشی

دانشجویان هستند و تأثیر بیشتری بر توانمندسازی دانشجویان در حل مسائل فنی و مهندسی دارند. همچنین دروس انتخاب شده ارتباطی نزدیک با نیازهای صنعت و بازار کار دارند و به دانشجویان کمک می‌کنند مهارت‌های عملی و کاربردی را فراگیرند. از سویی، دروس را براساس میزان تمرکز آنها بر حل مسئله و مفاهیم مرتبط با آن برگزیده‌ایم. در رشته‌های گوناگون، دروسی وجود دارند که به نحوی به حل مسائل پیچیده و تحلیلی می‌پردازند.

با توجه به هدف پژوهش در سرفصل رشته مکانیک، از بین ۱۴۰ واحد درسی (شامل ۲۰ واحد دروس عمومی؛ ۲۵ واحد دروس پایه؛ ۶۱ واحد دروس اصلی؛ ۱۲ واحد دروس تخصصی الزامی؛ ۱۵ واحد دروس تخصصی انتخابی؛ و ۷ واحد دروس کارگاه، پروژه و کارآموزی)، متناسب با معیارهای مورد مطالعه و غیر از دروس عمومی، پایه و کارگاهی، ۹ واحد درسی از دروس تخصصی و ۲۲ واحد از دروس اصلی را به عنوان نمونه انتخاب کردیم که در مجموع ۳۱ واحد درسی، معادل ۱۱ عنوان درسی، تحلیل شدند.

در سرفصل رشته مهندسی صنایع، با توجه به هدف پژوهش، از بین ۱۴۰ واحد درسی (شامل ۲۰ واحد دروس عمومی؛ ۲۲ واحد دروس پایه؛ ۶۵ واحد دروس اصلی؛ ۱۸ واحد دروس تخصصی؛ و ۱۵ واحد دروس اختیاری)، متناسب با معیارهای مورد مطالعه و غیر از دروس عمومی و پایه، ۶ واحد درسی از دروس تخصصی، ۴۸ واحد درسی از دروس اصلی و ۹ واحد درسی از دروس اختیاری را به عنوان نمونه انتخاب کردیم که در مجموع ۶۳ واحد درسی، معادل ۲۱ عنوان درسی، تحلیل شدند. دروس عمومی و پایه معمولاً به مفاهیم پایه‌ای و نظری می‌پردازند که کمتر در ارتباط مستقیم با حل مسائل ابداعی و خلاقانه هستند. این پژوهش بر تحلیل و ارزیابی دروس تخصصی و کاربردی متمرکز است که به مهارت‌های عملی و خلاقانه دانشجویان در حل مسائل کمک می‌کند. از سویی، تحلیل همه دروس، شامل عمومی، پایه و تخصصی، نیازمند زمان زیادی است.

به منظور بهره‌وری بیشتر و ارائه نتایج دقیق‌تر، بر دروس تخصصی تمرکز کردیم. ابزار گردآوری داده‌ها فهرست و ارسای تحلیل محتوا بود که نشانگرهای آن را براساس مبانی نظری اصول تریز تعیین کردیم. این ابزار دارای چهار اصل از اصول تریز، براساس نظر من (Mann, 2000)، و تعاریف و مثال‌های مربوط به هر اصل است که براساس مبانی نظری موجود ساخته شده است. ابزار فهرست و ارسای را در اختیار استادان این حوزه قرار دادیم که پس از تأیید مبنای کار قرار گرفت. واحد تحلیل پژوهش اهداف مورد نظر سرفصل واحدهای درسی در برنامه درسی بود. واحد ثبت مضمون اهداف بود. بنابراین، مضمون اهداف هر واحد درسی را براساس نشانگرهای فهرست و ارسای کدگذاری کردیم. از آنجایی که اگر بیش از یک محقق تحقیق را اجرا کند به طور طبیعی نتایج معتبرتری خواهد داشت، در این پژوهش، برای اعتباردهی به فرایند کدگذاری، از شاخص کاپا استفاده کردیم. به منظور محاسبه شاخص کاپا، از یک فرد خبره در موضوع خواستیم بدون اطلاع از کدگذاری محقق به کدگذاری و دسته‌بندی مفاهیم بپردازد بدین صورت که روش تحلیل محتوا و شاخص‌های تحلیل و درس‌های تحلیل شده را به یک متخصص دادیم و از او خواستیم میزان توجه هریک از دروس مصوب مبتنی بر داوری ارزشی پنج‌گانه را، شامل کاملاً نامناسب،

نسبتاً نامناسب، متوسط، نسبتاً مناسب و کاملاً مناسب، با هریک از اصول چهارگانه مطرح شده بررسی کند. مبنای این داوری بررسی هدف هر عنوان درسی است. سپس، دیدگاه‌ها و نتایج تحلیل محتوای متخصص را با نتایج تحلیل محتوای به دست آمده مقایسه و نتایج را اعتباریابی کردیم. آنگاه، با استفاده از نرم افزار اسپاس، مفاهیم پژوهشگر را با مفاهیم فرد خبره مقایسه کردیم. نزدیک بودن کدهای این دو محقق نشان دهنده توافق بالابین این دو کدگذار و پایایی است.

در جدول ۱ و ۲، ضریب توافق کاپا در تحلیل محتوای سرفصل رشته مکانیک و صنایع را نشان داده‌ایم. مقدار شاخص کاپای محاسبه شده برای تحلیل محتوای سرفصل مهندسی مکانیک و مهندسی صنایع به ترتیب ۰/۷۰ و ۰/۶۴ است که در سطح توافق معتبر قرار دارد. این مقدار نشان می‌دهد کدگذاران به میزان بالایی هم نظر بوده و اختلاف کمتری در مقوله بندی داده‌ها داشته‌اند.

جدول ۱. ضریب توافق کاپا در تحلیل محتوای سرفصل رشته مکانیک

وضعیت توافق	مقدار عددی شاخص کاپا	نتایج آماره (ضریب توافق کاپای کوهن)	
ضعیف	کمتر از ۰	۰/۷۰	ارزش
بی‌اهمیت	۰-۰/۲		
متوسط	۰/۲۱-۰/۴	۴۴	تعداد نمونه‌ها
مناسب	۰/۴۱-۰/۶		
معتبر	۰/۶۱-۰/۸	۰/۰۰۰	معناداری
عالی	۰/۸۱-۱		

جدول ۲. ضریب توافق کاپا در تحلیل محتوای سرفصل رشته صنایع

وضعیت توافق	مقدار عددی شاخص کاپا	نتایج آماره (ضریب توافق کاپای کوهن)	
ضعیف	کمتر از ۰	۰/۶۴	ارزش
بی‌اهمیت	۰-۰/۲		
متوسط	۰/۲۱-۰/۴	۸۴	تعداد نمونه‌ها
مناسب	۰/۴۱-۰/۶		
معتبر	۰/۶۱-۰/۸	۰/۰۰۰	معناداری
عالی	۰/۸۱-۱		

روش تحلیل محتوای کیفی قیاسی به دنبال پاسخ به این پرسش بوده است که دروس سرفصل برنامه‌های درسی، از منظر مفروضات پنهان در آنها، در نحوه نگریستن به حل مسئله ابداعی در کدام اصول رفع تضادگرایی، ایدئال‌گرایی، کارکردگرایی و منبع‌گرایی جای می‌گیرند. ابتدا، اصول را به روشنی تعریف و سپس مثالی را که مصداق آن باشد ذکر کرده‌ایم. پس از آن، هریک از دروس سرفصل برنامه‌های درسی رشته مکانیک و صنایع را بررسی کرده‌ایم که، براساس تطبیق آنها با اصول و مثال ذکر شده، در یکی از طبقات جای گرفته‌اند.

۳. یافته‌های پژوهش

در پاسخ به پرسش پژوهش، میزان توجه به اصول حل مسئله ابداعی را در برنامه‌های درسی رشته‌های

مهندسی مکانیک و صنایع در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده‌ایم. جدول ۳ میزان توجه به اصول تریز را در برنامه‌های درسی رشته مکانیک نشان می‌دهد.

جدول ۳. میزان توجه برنامه‌های درسی رشته مهندسی مکانیک به هریک از اصول چهارگانه

نام درس	تعداد واحد/نوع درس	اهداف	اصول تریز
ارتعاشات مکانیکی	۳ واحد/اصلی	ارتعاشات، صرف‌نظر از کاربردهای صنعتی شان، معمولاً مخرب سازه‌ها و ماشین‌ها هستند. براین اساس، در طراحی خوب می‌بایست تا حد امکان مقدار ارتعاش را کاهش دهیم و از بروز تشدید بپرهیزیم. در این درس، نحوه مدل‌سازی سیستم‌های واقعی و پیچیده فیزیکی با مدل‌های ساده‌شده ریاضی و کاربردی در مهندسی را می‌آموزیم. یادگیری شیوه حل مسئله و برخورد با مسائل واقعی از مهارت‌های موردنیاز مهندسی است که دانشجویان در این درس فرامی‌گیرند. توانایی حل معادلات ریاضی براساس آموخته‌های پیشین دانشجویان در معادلات دیفرانسیل و نیز استفاده از رایانه در حل عددی از دیگر اهداف این درس است. علاوه بر اینها، مطالبی، مانند بالانس شفت‌ها، ایزولاسیون و جذب ارتعاشات، به عنوان روش‌های کاهش دامنه ارتعاش تشریح می‌شوند.	رفع تضادگرایی
مدیریت و کنترل پروژه	۲ واحد/تخصصی	هدف اصلی این درس آشنایی دانشجویان کارشناسی رشته مهندسی مکانیک با مبانی مدیریتی و روش‌های علمی مدیریت پروژه و نیز پیش‌بینی زمان اجرا و فازبندی پروژه‌ها و چگونگی کنترل فعالیت‌ها و فازهای پروژه براساس زمان‌های پیش‌بینی شده است.	منبع‌گرایی
مقاومت مصالح ۱	۳ واحد/اصلی	هدف اصلی درس مقاومت مصالح این است که مهندس بتواند سازه‌های تحت بارگذاری را تحلیل کند. دانستن اینکه آیا سازه‌ها توانایی تحمل بارهای واردشده را دارند از اهمیت بالایی در طراحی سازه‌های مذکور و بهره‌برداری از آنها برخوردار است. در هر مرحله، می‌بایست با طرح مثال و حل تشریحی آن شیوه کاربرد فرمول‌ها و ارزیابی مسئله آموزش داده شود. درس مقاومت مصالح نیاز به حل مسئله دارد و افرادی که مسائل بیشتری حل می‌کنند مهارت بیشتری به دست می‌آورند.	کارکردگرایی
دینامیک ماشین	۳ واحد/اصلی	از آنجاکه ساخت ماشین‌ها برای کاربردهای گوناگون بخش مهمی از مهندسی مکانیک است، در این درس دانشجویان با تحلیل عملکرد سینماتیکی و دینامیکی ماشین‌ها آشنا می‌شوند. مباحث تحلیل حرکت و تحلیل نیرویی ماشین‌ها در این درس گنجانده شده است. همچنین این درس اجزای اصلی ماشین‌ها و سازوکارها را معرفی و اصول تحلیل آنها را با نگاهی به مباحث مهم طراحی ماشین مطرح می‌کند.	کارکردگرایی
مدیریت و کنترل پروژه	۲ واحد/تخصصی	در این درس، دانشجویان با مبانی مدیریتی، روش‌های علمی مدیریت پروژه، پیش‌بینی زمان اجرا و فازبندی پروژه‌ها و چگونگی کنترل فعالیت‌ها و فازهای پروژه براساس زمان‌های پیش‌بینی شده آشنا می‌شوند. این مفاهیم به آنان کمک می‌کند به دنبال راه‌حل‌های بهینه مدیریت و کنترل پروژه‌ها باشند.	ایدئال‌گرایی

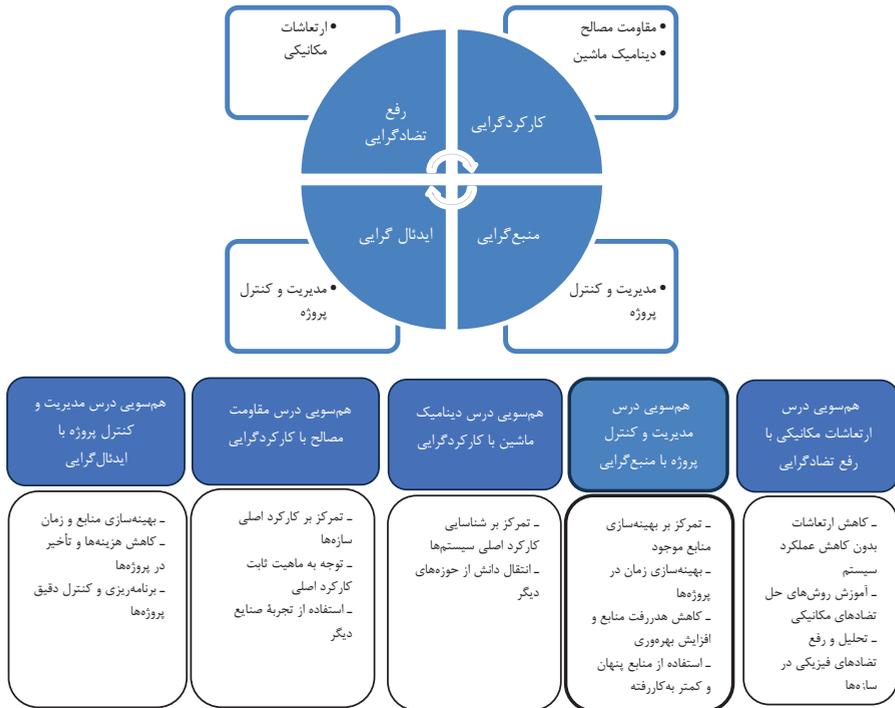
درس «ارتعاشات مکانیکی»، با هدف کاهش و مدیریت ارتعاشات سازه‌ها و ماشین‌ها، با رفع تضادگرایی نظریه‌تریز همسوست. در طراحی مهندسی، یکی از تضادهای اصلی در برابر دانشجویان نیاز به کاهش ارتعاشات سیستم‌ها بدون تأثیر منفی بر عملکرد آنهاست. اصل رفع تضادگرایی تریز به دانشجویان کمک می‌کند راه‌حلی بیابند که هم‌زمان ارتعاشات را کاهش دهند و عملکرد بهینه سیستم را حفظ کنند. در بخش بالانس شفت‌ها و ایزولاسیون ارتعاشات، دانشجویان یاد می‌گیرند چگونه تضادهای سیستم‌های مکانیکی را حل کنند. برای نمونه، در طراحی سازه‌های بزرگ، کنترل ارتعاشات چالشی اساسی است. تضاد اصلی در اینجا میان کاهش دامنه ارتعاشات و حفظ استحکام و پایداری سازه است. این مشکل تضادی فیزیکی است زیرا سازه می‌بایست به اندازه کافی انعطاف‌پذیر باشد تا ارتعاشات را جذب کند اما هم‌زمان می‌بایست استحکام بالایی در مقاومت در برابر نیروهای خارجی داشته باشد. براساس اصل رفع تضادگرایی، با استفاده از مواد چندمنظوره موادی، مانند کامپوزیت‌های پیشرفته، در طراحی سازه‌ها به کار گرفته می‌شوند. این مواد هم‌زمان خاصیت جذب ارتعاش و استحکام مکانیکی دارند که منجر به رفع تضاد اصلی می‌شود. به‌طور خاص، دانشجویان در طراحی یک پل می‌آموزند تا ارتعاشات ناشی از عبور خودروها را کاهش دهند. آنان با استفاده از روش‌هایی، مانند بالانس شفت‌ها، ایزولاسیون و جذب ارتعاشات، دامنه ارتعاشات را کاهش می‌دهند و از بروز تشدید جلوگیری می‌کنند. این رویکرد به آنان کمک می‌کند تضاد بین نیاز به عبور خودروها و حفظ سلامت سازه را حل کنند. مثال یادشده نشان‌دهنده تأثیر عملی اصل رفع تضادگرایی در حل مسائل پیچیده مهندسی است.

یکی از اهداف اصلی درس «مدیریت و کنترل پروژه» پیش‌بینی زمان و فازبندی پروژه‌هاست. این مسئله با اصل منبع‌گرایی تریز هماهنگ است زیرا با استفاده بهینه از منابع زمانی و برنامه‌ریزی دقیق می‌توان پروژه‌ها را کارآمد و بدون هدررفت منابع اجرا کرد. در این درس، دانشجویان با روش‌های علمی مدیریت پروژه آشنا می‌شوند که شامل مدیریت منابع انسانی و مادی است. اصل منبع‌گرایی تریز به دانشجویان کمک می‌کند از منابع موجود بهترین استفاده را کنند و بهره‌وری را افزایش دهند. در مدیریت پروژه، منابع انسانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. استفاده بهینه از این منابع به کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری کمک می‌کند. در پروژه ساخت‌وساز، با تحلیل منابع انسانی موجود و تخصیص بهینه آنها به فعالیت‌های پروژه بهره‌وری کارگران افزایش و هزینه‌های نیروی انسانی کاهش می‌یابد. در پروژه تحقیق و توسعه، با تحلیل دقیق هزینه‌ها و بودجه‌بندی بهینه منابع مالی می‌توان از این منابع به بهترین شکل استفاده کرد. زمان از منابع مهم مدیریت پروژه است. استفاده بهینه از زمان به افزایش کارایی و کاهش زمان اجرای پروژه کمک می‌کند. برای مثال، در پروژه ساخت یک پل، با منابع محدودی، از جمله مواد، نیروی انسانی و بودجه، دانشجویان یاد می‌گیرند چگونه منابع را به بهترین شکل ممکن تخصیص دهند تا پروژه در زمان مقرر و با کمترین هزینه تکمیل شود.

درس «مقاومت مصالح ۱» با اصل کارکردگرایی تریز مرتبط است. اصل کارکردگرایی تریز تأکید دارد که راه‌حل‌ها ممکن است تغییر کنند اما کارکرد اصلی ثابت می‌ماند. این درس می‌دهد روش‌های کاربرد

فرمول‌ها و ارزیابی مسائل را، با استفاده از مثال‌ها و حل تشریحی مسائل، به دانشجویان یاد می‌دهد. با تمرکز بر کارکرد اصلی سازه‌ها، یعنی «تحمّل و انتقال بار»، دانشجویان از رویکردها و حتی صنایع دیگر در بهبود و بهینه‌سازی عملکرد سازه‌ها استفاده می‌کنند. فرض کنید در حال طراحی یک پل هستید که باید بارهایی را، از جمله وزن خودروها و نیروهای ناشی از باد، تحمل کند. کارکرد اصلی این پل «تحمّل بارهای وارده و انتقال آنها به پایه‌های پل» است. در تریز، کارکردگرایی به شما اجازه می‌دهد به جای تمرکز صرف بر جزئیات سازه بر کارکرد اصلی آن تمرکز کنید. بنابراین، به جای اینکه فقط بر مصالح و ابعاد تیرهای پل تمرکز کنید، ابتدا کارکرد اصلی، یعنی «تحمّل و انتقال بار»، را در نظر می‌گیرید و سپس بررسی می‌کنید چگونه سایر صنایع و سیستم‌ها به کارکردی مشابه دست یافته‌اند.

درس «دینامیک ماشین» با اصل کارکردگرایی تریز مرتبط است و با معرفی اجزای اصلی ماشین‌ها و سازوکارها و ارائه اصول تحلیل آنها به دانشجویان امکان می‌دهد کارکردهای اصلی ماشین‌ها را شناسایی و تحلیل کنند. فرض کنید در درس دینامیک ماشین با تحلیل حرکت و نیروی یک روبات صنعتی سروکار دارید. کارکرد اصلی این روبات حرکت دادن قطعات در خط تولید است. با نگاه کارکردگرایی در تریز، به جای اینکه فقط روی بهینه‌سازی اجزای موجود روبات، مانند موتور و چرخ‌دنده‌ها، تمرکز کنیم، ابتدا کارکرد اصلی «حرکت دادن قطعات» را در نظر می‌گیریم. سپس، بررسی می‌کنیم چگونه سایر صنایع به کارکرد مشابه «حرکت دادن» دست یافته‌اند. همچنین، براساس کارکردگرایی، حل‌کننده مسئله می‌بایست دانش را در صنایع به اشتراک بگذارد و از راه‌حل‌های حوزه‌های دیگر استفاده کند. برای مثال، فرض کنید یک مهندس مکانیک در حال طراحی سیستم انتقال قدرت است. او، با استفاده از دانش و مهارت‌های کسب‌شده در درس دینامیک ماشین، سازوکارهای مشابه را در صنایع دیگر، مانند خودروسازی یا هوافضا، بررسی و از راه‌حل‌های موفق آنها بهره‌برداری می‌کند. این انتقال دانش بین صنایع به مهندسان کمک می‌کند راه‌حل‌های بهتری برای مسائل خود پیدا و عملکرد سیستم‌ها را بهینه‌سازی کنند. درس «مدیریت و کنترل پروژه» با اصل ایدئال‌گرایی تریز همسوست. ایدئال‌گرایی در تریز به دنبال راه‌حلی است که کارکرد موردنظر را، بدون صرف هزینه یا آسیب به منابع، اجرا کند. در این درس، دانشجویان می‌آموزند چگونه پروژه‌ها را با استفاده از بهینه‌سازی منابع و زمان پیش‌بینی و کنترل کنند. به‌کارگیری روش‌های پیشرفته مدیریت پروژه و استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای تخصیص منابع و برنامه‌ریزی به دانشجویان کمک می‌کند به راه‌حل‌های کارآمد و بهینه مدیریت پروژه‌ها دست یابند. فرض کنید دانشجویان در حال برنامه‌ریزی یک پروژه ساخت‌وساز هستند. هدف این است که پروژه با بالاترین کارایی و کمترین هزینه و تأخیر به اتمام برسد. اصل ایدئال‌گرایی به آنان کمک می‌کند در پی راه‌حلی باشند که کارکردهای پروژه را به بهترین شکل ممکن تحقق می‌بخشند. برای مثال، استفاده از روش‌های پیشرفته مدیریت پروژه، برنامه‌ریزی دقیق و کنترل مستمر به دانشجویان کمک می‌کند زمان و منابع پروژه را بهینه‌سازی و از هدررفت منابع جلوگیری کنند و نیز پروژه‌ها را با کیفیت بالا و هزینه کم به پایان برسانند. با استفاده از اصل ایدئال‌گرایی، دانشجویان راه‌حل‌های نوآورانه بهبود کیفیت پروژه‌ها را پیدا می‌کنند.



شکل ۱. هم‌سویی دروس رشته مکانیک با اصول حل مسئله ابداعی

جدول ۴ میزان توجه به اصول حل مسئله ابداعی را در برنامه‌های درسی رشته مهندسی صنایع نشان می‌دهد.

جدول ۴. میزان توجه برنامه‌های درسی رشته مهندسی صنایع به هریک از اصول چهارگانه

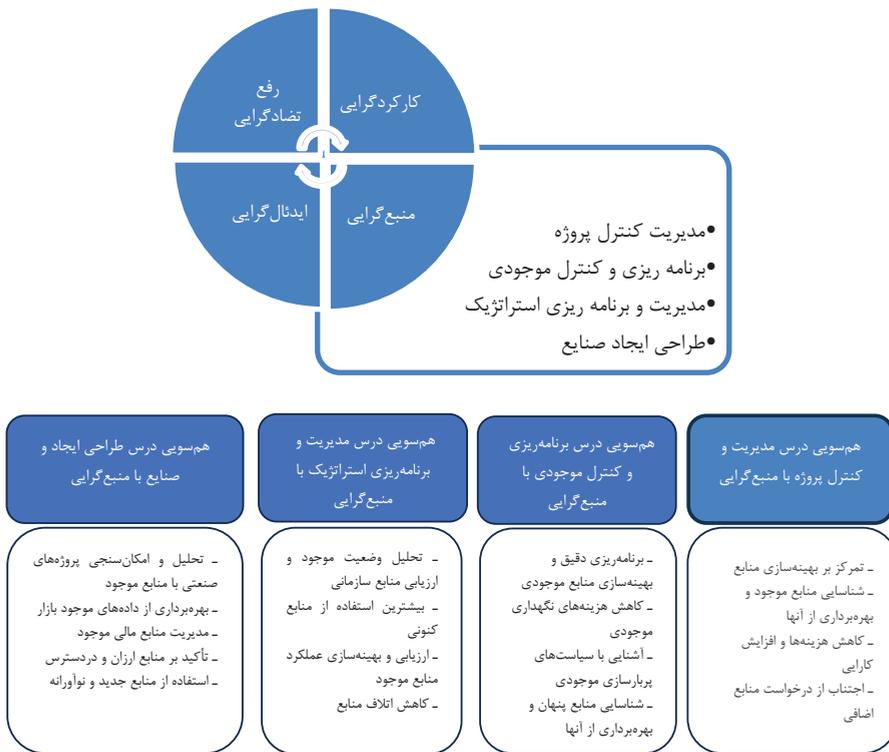
اصول تریز	اهداف	تعداد واحد/نوع درس	نام درس
منبع‌گرایی	هدف این درس آشنایی با مفاهیم مدیریت، برنامه‌ریزی و کنترل زمان و هزینه پروژه‌هاست.	۳ واحد/اصلی	مدیریت کنترل پروژه
منبع‌گرایی	هدف این درس آشنایی با مدل‌های کنترل موجودی، سیاست‌های پُربارسازی، هزینه‌های موجودی و تأثیر آن در انجام برنامه‌ریزی سفارش‌ها و تولید تحت شرایط قطعی و احتمالی است.	۳ واحد/اصلی	برنامه‌ریزی و کنترل موجودی ۱
منبع‌گرایی	راهنمای تدوین، اجرا و ارزیابی برنامه‌های راهبردی برای شرکت‌ها و سازمان‌ها	۳ واحد/اختیاری	مدیریت و برنامه‌ریزی استراتژیک
منبع‌گرایی	دانشجو با روش امکان‌سنجی پروژه‌های صنعتی در چهار حوزه تحلیل بازار، تحلیل فنی، تحلیل مالی و تحلیل اقتصادی آشنا می‌شود.	۳ واحد/اختیاری	طراحی ایجاد صنایع

درس «مدیریت کنترل پروژه» بر بهینه‌سازی استفاده از منابع، شامل زمان، بودجه و نیروی انسانی، تمرکز دارد. منبع‌گرایی در تریز نیز به شناسایی و استفاده بهینه از منابع موجود در حل مسائل و بهبود عملکرد سیستم‌ها اشاره دارد. این هم‌سوایی نشان می‌دهد دانشجویان با یادگیری نحوه مدیریت و تخصیص بهینه منابع پروژه‌ها را کارآمدتر، کم‌هزینه‌تر و با کارایی بیشتر مدیریت خواهند کرد. اصل منبع‌گرایی تریز در اینجا تأکید می‌کند که به جای درخواست منابع اضافی می‌توان با شناسایی بهتر منابع موجود (مثل استفاده چندمنظوره از ماشین‌آلات یا به‌کارگیری فناوری‌های مدرن در کاهش زمان ساخت) عملکرد پروژه را بهبود بخشید. بدین ترتیب، این درس به‌طور مؤثری اصل منبع‌گرایی تریز را در فرایند مدیریت پروژه‌ها به دانشجویان منتقل و آنان را آماده رویارویی با چالش‌های پیچیده پروژه‌ها می‌کند. نتایج تحلیل محتوا نشان می‌دهد درس «برنامه‌ریزی و کنترل موجودی ۱» با اصل منبع‌گرایی تریز همسوست. هدف این درس برنامه‌ریزی دقیق و بهینه‌سازی موجودی انبارهاست. دانشجویان با سیاست‌های پُربارسازی، مدیریت هزینه‌های موجودی، برنامه‌ریزی سفارش‌ها و تولید در وضعیت‌های متفاوت آشنا می‌شوند. این امر به آنان کمک می‌کند از منابع موجود استفاده بهینه کنند، هزینه‌ها را کاهش و کارایی سیستم‌های تولیدی و مدیریتی را افزایش دهند. در برنامه‌ریزی و کنترل موجودی، مدیریت منابع موجود اهمیت زیادی دارد. برای مثال، تحلیل هزینه‌های نگهداری موجودی در کارخانه تولیدی و بهینه‌سازی سطح موجودی به‌گونه‌ای که هزینه‌های نگهداری کاهش یابد و بهره‌وری از منابع افزایش یابد نمونه‌ای از میزان توجه این درس به اصل منبع‌گرایی تریز است.

نتایج تحلیل محتوا نشان می‌دهد درس «مدیریت و برنامه‌ریزی استراتژیک» با اصل منبع‌گرایی تریز همسوست. در مدیریت و برنامه‌ریزی استراتژیک، دانشجویان می‌آموزند چگونه با تحلیل وضعیت موجود و ارزیابی قوت‌ها و ضعف‌ها از منابع سازمان بهترین بهره را ببرند و برنامه‌های راهبردی کارآمدی تدوین و اجرا کنند. بنابراین، اهداف این درس با مؤلفه منبع‌گرایی تریز همسوست که بر استفاده مؤثر از منابع در حل مسائل پیچیده تأکید دارد. فرض کنید یک سازمان تولیدی با افزایش هزینه‌های عملیاتی روبه‌روست و قصد دارد راهبردهای کاهش این هزینه‌ها را بدون تأثیر منفی بر کیفیت محصولات تدوین کند. در چنین وضعیتی، اصل منبع‌گرایی تریز به دانشجویان در طراحی راهکار عملی کمک می‌کند. دانشجویان با استفاده از ابزارهای مدیریتی منابع سازمانی موجود را، مانند ماشین‌آلات، نیروی انسانی و مواد اولیه، ارزیابی می‌کنند. ممکن است شناسایی شود که برخی دستگاه‌ها اغلب در فرایند تولید بدون کاربرد هستند یا بهره‌وری آنها پایین است. اساس اصل منبع‌گرایی تریز، به جای اضافه‌کردن منابع جدید یا سرمایه‌گذاری‌های اضافی، تمرکز بر بیشترین استفاده از منابع فعلی است. برای مثال، پیشنهاد می‌کنیم برنامه تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات بهینه‌سازی شود تا عملکرد بهتری داشته باشند.

نتایج تحلیل محتوا نشان می‌دهد درس «طراحی ایجاد صنایع» با اصل منبع‌گرایی تریز همسوست. در این درس، دانشجویان می‌آموزند چگونه پروژه‌های صنعتی را با استفاده بهینه از منابع موجود

تحلیل و امکان‌سنجی کنند. این درس به آنان کمک می‌کند با بهره‌برداری از منابع موجود بازار، فنی، مالی و اقتصادی، راه‌حل‌های کارآمد مسائل پیچیده را پیدا کنند. برای مثال، فرض کنید دانشجویان در حال بررسی امکان‌سنجی یک پروژه صنعتی برای تولید محصولی جدید هستند. در این فرایند، آنان می‌بایست از منابعی، مانند داده‌های بازار، مواد اولیه، فضای تولید، زمان و هزینه‌ها، استفاده کنند تا به تحلیل دقیق پروژه بپردازند. اصل منبع‌گرایی تریز به آنان کمک می‌کند با استفاده از منابع موجود و بدون هزینه زیاد به نتایج بهینه برسند. دانشجویان از داده‌های بازار موجود در تحلیل نیازها و تقاضای بازار استفاده و از منابع مالی موجود برای بررسی هزینه‌های تولید و بهره‌وری پروژه بهره‌برداری می‌کنند. در بخش تحلیل فنی، دانشجویان با جنبه‌های فنی پروژه آشنا می‌شوند. اصل منبع‌گرایی تریز به آنان کمک می‌کند از منابع فنی موجود بهترین استفاده را بکنند و از منابع جدید و نوآورانه بهره بگیرند. براساس یافته‌ها، چهار عنوان درسی سرفصل مصوب مهندسی صنایع به اصول تریز توجه کرده‌اند. گفتنی است بیشترین توجه به اصل منبع‌گرایی در برنامه‌های درسی صنایع است.



شکل ۲. هم‌سویی دروس رشته صنایع با اصول حل مسئله ابداعی

۴. بحث در یافته‌ها

در پژوهش پیش رو، تلاش کرده‌ایم محتوای سرفصل رشته‌های مهندسی مکانیک و صنایع را براساس اصول حل مسئله ابداعی تحلیل کنیم. نتایج نشان می‌دهد درس ارتعاشات مکانیکی به اصل رفع تضادگرایی توجه دارد. یکی از دلایل هم‌سویی این درس با اصل رفع تضادگرایی نیاز ذاتی طراحی‌های مهندسی به حل تضادهای میان کاهش ارتعاشات و حفظ عملکرد سیستم‌هاست. براساس مبانی تریز، مؤثرترین راه حل خلاقانه یک مسئله اغلب به غلبه بر تناقضات بستگی دارد. تناقضات هنگامی رخ می‌دهد که بهبود یک ویژگی فناوری تأثیر منفی بر همان ویژگی یا دیگر ویژگی‌های سیستم می‌گذارد. به طور معمول، اگر تناقضی برطرف نشود مشکل نیز رفع نمی‌شود. برخلاف طراحی‌های معمول که به سازش تناقضات (پذیرفتن یکی و رد دیگری: OR...OR) یا انتخاب ترکیب‌های ترجیحی در تعارضات منجر می‌شوند، طراحی مبتنی بر تریز در پی رفع تناقضات و ایجاد سیستمی است که در آن بهبود یک ویژگی با کاهش کیفیت دیگر ویژگی‌ها همراه نباشد (AND...AND) و به بُرد-بُرد دست یابد (Savransky, 2000). استفاده از روش‌هایی، همچون بالانس شفت‌ها و ایزولاسیون ارتعاشات، نشان‌دهنده کاربرد عملی این اصل در طراحی‌های سازگار و ماشینی‌هاست. از آنجایی که اصل رفع تضادگرایی در تریز به رفع محدودیت‌ها و تعارض‌های سیستم‌ها می‌پردازد ارتباطی عمیق میان این اصل و اهداف این درس برقرار است.

توجه به اصول منبع‌گرایی و ایدئال‌گرایی در درس «مدیریت و کنترل پروژه» نشان‌دهنده اهمیت استفاده بهینه از منابع و دستیابی به وضعیت ایدئال در مدیریت پروژه‌هاست. در درس مدیریت و کنترل پروژه، به دانشجویان آموزش داده می‌شود که منابع پروژه‌ها را به شیوه کارآمد مدیریت کنند تا هدررفت منابع کاهش یابد و بهره‌وری کلی پروژه‌ها به بیشترین برسد و از کمترین منابع برای دستیابی به عملکرد بهینه استفاده کنند. همچنین دانشجویان آموزش می‌بینند که چگونه منابع پنهان/کمتر استفاده شده را شناسایی و از آنها در بهبود عملکرد پروژه استفاده کنند که این موارد نشان‌دهنده هم‌سویی این درس با اصل منبع‌گرایی است. چهارمین تغییر ویژگی اصلی در تریز تأکید بی‌سابقه‌ای بر به حداکثر رساندن استفاده از همه عناصر موجود در سیستم می‌کند. در تریز، منبع به هر چیزی در سیستم که استفاده نمی‌شود اشاره دارد. این روش مستلزم جست‌وجوی پیوسته و بی‌وقفه برای شناسایی چیزهایی در داخل (واطراف) سیستم است که به طور کامل از ظرفیت آنها بهره‌برداری نشده است. کشف این منابع فرصت بهبود طراحی سیستم را فراهم می‌کند (Mann, 2000; Mueller, 2005). در این درس، وضعیت ایدئال زمانی رخ می‌دهد که سیستم‌هایی طراحی شوند که عملکرد پروژه‌ها را به بیشترین حد ممکن برسانند در حالی که هزینه‌ها، زمان و ریسک‌ها کاهش می‌یابد که مطابق اصل ایدئال‌گرایی تریز است. اصل ایدئال‌گرایی تریز به شناسایی راه‌حلی می‌کند که در آن تعادل میان هزینه و کارایی برقرار است. ایدئال‌گرایی در تریز به دنبال ایجاد سیستمی است که در آن عملکردها به بیشترین می‌رسند و هزینه‌ها و تأثیرات جانبی مضر به کمترین به طوری که سیستمی ایدئال با عملکرد بهینه شکل می‌گیرد (Savransky, 2000; Mann, 2000).

نتایج نشان می‌دهد دروس «مقاومت مصالح» و «دینامیک ماشین» با اصل کارکردگرایی همسو هستند. با توجه به اهداف این دروس، هر دو درس بر آموزش روش‌هایی تأکید دارند که به دانشجویان کمک می‌کند وظایف اصلی و کارکردهای پایه را شناسایی و ارزیابی و راه‌حل‌هایی متناسب با نیازهای سیستم را مطرح کنند. این دروس نه تنها بر شناسایی وظایف اصلی سیستم‌ها متمرکزند بلکه بر توانایی انتقال دانش و راه‌حل‌های نوآورانه از سایر رشته‌ها تأکید دارند که نشان‌دهنده توجه به اصل کارکردگرایی در اهداف این دروس است. در حوزه کارکردگرایی تریز، کارکرد کاری است که برای برآوردن نیاز و خواسته‌ای انجام می‌دهیم و به واسطه انجام آن پروژه/محصول مورد نظر ارزش می‌یابد. به عبارت دیگر، کارکرد ویژگی‌ای است که چیزی را کارا می‌سازد یا به فروش می‌رساند. به خاطر داشته باشیم که کارکرد هدف فعالیت و نتیجه‌ای است که می‌بایست به دست آید و برای تحقق آن می‌توان ایده‌های گوناگون داد (Karimi, 2005). در بحث کارکردگرایی تریز، مهم‌ترین مسئله فهم درست مسئله و رسیدن به کارکرد اصلی آن است. کارکردگرایی رویکرد انعطاف‌پذیر به شیوه نگاه به مسئله را ترغیب می‌کند (Jabal Ameri et al, 2018). یکی از کاربردهای مهم کارکردگرایی در تریز اشتراک‌گذاری دانش است. اشتراک دانش عملکرد میان صنایع و امکان دستیابی به راه‌حل‌های نوآورانه و بهینه‌تر را در دروس مقاومت مصالح و دینامیک ماشین فراهم می‌کند. چنین رویکردی نشان می‌دهد راه‌حل‌ها ممکن است تغییر کنند اما کارکرد اصلی ثابت می‌ماند.

همچنین نتایج نشان می‌دهد در رشته مهندسی صنایع دروس مدیریت کنترل پروژه، برنامه‌ریزی و کنترل موجودی، مدیریت و برنامه‌ریزی استراتژیک و طراحی ایجاد صنایع به‌طور درخور توجهی به اصل منبع‌گرایی تریز پرداخته‌اند. در تریز، منابع به هر چیزی اطلاق می‌شود که در دستیابی به عملکرد/ارزش مطلوب کاربرد دارد؛ چه ملموس باشد، چه ناملموس. منبع هر ماده، میدان، قابلیت، فضا، زمان، حوزه، ویژگی، خلأ یا حتی «هیچ‌چیز» است که به هدف عملکرد یا ارزش دست می‌یابد. منابع مفید، مضر، خنثی یا حتی ظاهراً نامرتب با هدف هستند (Sheu & Yen, 2020). در درس «مدیریت کنترل پروژه»، منابع زمانی و مالی منابع کلیدی پروژه‌ها شناخته می‌شوند. برنامه‌ریزی صحیح و کارآمد این منابع، با تأکید بر اصل منبع‌گرایی، منجر به کاهش تأخیرها و جلوگیری از هزینه‌های اضافی می‌شود. در درس «برنامه‌ریزی و کنترل موجودی»، مدیریت موجودی با شناسایی و بهره‌برداری از منابع پنهان، به‌جای سرمایه‌گذاری بر ایجاد ذخایر جدید، هزینه‌های اضافی را کاهش می‌دهد. در درس «مدیریت و برنامه‌ریزی استراتژیک»، بهره‌برداری بهینه از منابع موجود، به منظور دستیابی به اهداف بلندمدت و شناسایی فرصت‌های راهبردی، اهمیت بسزایی دارد. همچنین، در درس «طراحی و ایجاد صنایع»، فرایندهای صنعتی به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که همه منابع موجود در سیستم به شکل کارآمد به کار گرفته شوند. این امر انعکاسی از اصل منبع‌گرایی تریز است که بر استفاده بهینه از منابع و کاهش هدررفت‌ها تأکید دارد.

به طور کلی، پژوهش حاضر نشان می‌دهد که اصول تریز می‌بایست در برنامه‌ریزی دروس دانشگاهی به کار روند تا دانشجویان را آماده حل مسائل پیچیده و واقعی کنند. پژوهش‌های اسمیت و اسمیت (Smith & Smith, 2018) و براون و بلک (Brown & Black, 2019) نشان می‌دهد گنجاندن مفاهیم تریز در برنامه‌های درسی عملکرد و کارایی فراگیران را بهبود می‌بخشد و توانایی‌های تفکر خلاق آنان را افزایش می‌دهد. همچنین نتایج پژوهش ناواس و همکاران (Navas et al, 2015) نشان می‌دهد تولید ایده‌ها و راه‌حل‌های نوآورانه با استفاده از روش تریز سهم درخور توجهی در موفقیت پروژه مهندسان دارد.

۵. نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، میزان توجه برنامه‌های درسی رشته‌های مهندسی مکانیک و صنایع را به اصول حل مسئله ابداعی بررسی کردیم. بدین منظور، چند نتیجه استخراج شد (الف) توجه به اصول تریز در برنامه‌های درسی مهندسی مکانیک برحسب ماهیت و اهداف هر درس متفاوت است. هم‌سویی برخی دروس با اصول تریز نشان‌دهنده توانمندی این اصول در حل مسائل مهندسی است.

(ب) بی‌توجهی همه دروس اصلی و تخصصی به اصول تریز ممکن است نشان‌دهنده نیاز به بازنگری در برنامه‌های درسی باشد. این بازنگری تضمین خواهد کرد که دانشجویان به طور گسترده‌تر با این اصول آشنا شوند و توانایی‌های خلاقانه آنان تقویت شود.

(ج) رشته مهندسی صنایع با تأکید ویژه بر اصل منبع‌گرایی برنامه‌های درسی نقش حیاتی در مدیریت و بهینه‌سازی منابع ایفا می‌کند. یکی از دلایل اصلی ارتباط دروس این رشته با اصل منبع‌گرایی تریز اهمیت بالای مدیریت و استفاده مؤثر از منابع در این حوزه است. مطابق اهداف تعریف شده در سرفصل این رشته، مهندسی صنایع به طراحی، اجرا و بهبود سیستم‌های یکپارچه متشکل از انسان، مواد، اطلاعات، تجهیزات و انرژی می‌پردازد. این رشته با تأکید بر کاهش منابع تلف شده، مانند زمان، هزینه، مواد اولیه و انرژی، در تلاش است بهره‌وری سیستم‌ها را به حداکثر برساند و از منابع موجود به شکل بهینه استفاده کند. اهداف مهندسی صنایع، همسو با اصل منبع‌گرایی تریز، نشان‌دهنده تلاش نظام‌مند در ایجاد بهره‌وری در همه ابعاد و کاهش هدررفت‌هاست.

توجه به اصول تریز در طراحی برنامه‌های درسی به ایجاد نظام‌های آموزشی مؤثرتر کمک می‌کند و زمینه‌ساز موفقیت دانشجویان در مسیر تحصیلی و حرفه‌ای می‌شود. ادغام تریز در برنامه درسی ضرورتی آموزشی برای ارتقای نظام آموزشی و آماده‌سازی دانشجویان برای رویارویی با چالش‌های پیچیده دنیای واقعی است. با توجه به نیازهای امروز جامعه در زمینه مهندسی، تربیت متخصصانی که توانایی تفکر خلاق، تحلیل مسائل پیچیده و طرح راه‌حل‌های نوآورانه را داشته باشند اهمیت فراوانی پیدا کرده است. درنهایت، دروس همسو با تریز ابزار ارزشمندی برای دانشجویان فراهم می‌کنند تا

مسائل عملی و فنی را با رویکرد خلاقانه و کارآمد حل کنند. این موضوع تأیید می‌کند که اصول تریز در برنامه‌ریزی درسی نقش برجسته‌تری ایفا می‌کنند.

پژوهش حاضر، به‌رغم توجه برخی از دروس مهندسی مکانیک و صنایع به رویکرد حل مسئله ابداعی، محدودیت‌هایی نیز دارد. یکی از محدودیت‌ها، تمرکز بر دروس خاصی از رشته‌های مهندسی مکانیک و صنایع، با توجه به سرفصل ارائه‌شده در دانشگاه‌ها، است این تفاوت‌ها تأثیر درخور توجهی بر پیاده‌سازی و نتایج پژوهش دارد و امکان تعمیم نتایج را به همه دروس در دانشگاه‌های دیگر محدود کند.

با توجه به اهمیت توانمندسازی دانشجویان در حل مسائل ابداعی، ضروری است اصول تریز به‌شکلی جامع‌تر و عملی‌تر در برنامه‌های آموزشی ادغام شوند. بنابراین، با توجه به نتایج پژوهش، پیشنهاد می‌کنیم برنامه‌های درسی به‌نحوی تنظیم شوند که همه اصول تریز را، از جمله منبع‌گرایی، کارکردگرایی، ایدئال‌گرایی و رفع تضادها، متوازن پوشش دهند. طراحی پروژه‌های عملی و تحقیقاتی بیشتر که نیازمند استفاده از روش‌های بین‌رشته‌ای و بهینه‌سازی باشند؛ گنجاندن دروس اختصاصی تریز که مفاهیم کلیدی را به‌طور جامع آموزش دهند؛ آموزش دوره‌های آموزشی میان‌رشته‌ای که دانشجویان رشته‌های گوناگون بتوانند با اصول تریز آشنا شوند؛ برگزاری کارگاه‌های آموزشی تکمیلی و بازنگری در دروس برنامه درسی مهندسی را بهبود می‌بخشد و مهارت‌های دانشجویان را در حل مسائل پیچیده و بهینه‌سازی فرایندها تقویت می‌کند.

References

- Altshuller, G.S. (1998). The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation, and technical creativity: *Technical Innovation Center*.
- Barry, K., Domb, E., & Slocum, M. S. (2010). TRIZ-what is TRIZ. *The TRIZ Journal*, 603-632.
- Belski, I. (2011). TRIZ course enhances thinking and problem solving skills of engineering students. *Procedia Engineering*, 9, 450-460.
- Brown, S., & Black, K. (2019). TRIZ and education: A literature review. Proceedings of the Institution of Mechanical engineers, Part B: *Journal of Engineering Manufacture*, 233(5), 1407-1422.
- Cascini, G; Jantschgi, J; Khomenko, N; Murashkovska, I; Sokol, A & Tomasi, F. (2008). TETRIS: Teaching TRIZ at school-meeting the educational requirements of heterogeneous curricula. *Proceedings of the 8th ETRIA TRIZ Future Conference, Floranc*.
- Eversheim, W. (2009). *Innovation management for technical products: Systematic and integrated product development and production planning*. Springer-Verlag.
- Gräbe, H. G. (2022). Systems, resources, and systemic development in TRIZ. *International TRIZ Future Conference, Warsaw*.
- Hlevbare, I. M., Probert, D., & Phaal, R. (2013). A review of TRIZ, and its benefits and challenges in practice. *Technovation*, 33(2-3), 30-37.
- Jabal Ameri, M., Mozaffar, F., Karimi, M., & Ghasemi, V. (2018). Application of TRIZ functionalism in the architectural design process. *Journal of Fine Arts, Architecture and Urban Planning*, 33(3), 83-94 [in Persian].

- Jani, H. M. (2013). Teaching TRIZ problem-solving methodology in higher education: a review. *International Journal*, 2(9), 98-103.
- Jiang, J.-g., Zhang, Y.-d., Zhang, J.-y., & Du, H.-y. (2013). Training pattern of undergraduate's innovative ability based on TRIZ theory. *Proceedings of the 2013 8th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, 1461-1466.
- Karimi, M. (2005). *Undoubted improvement: applied engineering education value*, Rasa, Tehran [in Persian].
- Khomenko, N., & Ashtiani, M. (2007). Classical TRIZ and OTSM as a scientific theoretical background for non-typical problem solving instruments. *ETRIA TRIZ Future Conference, Frankfurt*.
- Khomenko, N., & De Guio, R. (2007). OTSM network of problems for representing and analyzing problem situations with computer support, *Trends in computer aided innovation*, Springer, Boston.
- Litvin S., Petrov V., Rubin M. (2007). TRIZ body of knowledge. *TRIZ Developers Summit, Russia*.
- Mahmoudian Azar Sharbiyani, A., & Babaian Pour, M. (2020). Application of TRIZ theory in resistance economy (case study component: production boom). *Science and Technology of Construction*, 1(4), 11-26 [in Persian].
- Mann, M. (2000b). The four pillars of TRIZ. <https://www.researchgate.net/publication/241256240>.
- Mann, M. (2002a). *Hands-on systematic innovation for business & management*. London, UK: Lazarus Press.
- Ministry of Science, Research, and Technology. (2009). Undergraduate curriculum for the mechanical engineering program.
- Ministry of Science, Research and Technology. (2022). Undergraduate curriculum for Industrial Engineering: *Revised Edition*.
- Mueller, S. (2005). The TRIZ resource analysis tool for solving management tasks: previous classifications and their modification. *Creativity and Innovation Management*, 14(1), 43-58.
- Nakagawa, T. (2011). Education and training of creative problem solving thinking with TRIZ/USIT. *Procedia Engineering*, 9, 582-595.
- Navas, H. V., Tenera, A. M., & Machado, V. A. C. (2015). Integrating TRIZ in project management processes: An ARIZ contribution. *Procedia Engineering*, 131, 224-231.
- Peng, Z., Shen, H., & Tao, Y. (2020). Research on innovative design method based on TRIZ taking the elderly-oriented transformation of outdoor seats as an example. *International Conference on Environment and Water Resources Engineering*, Les Ulysses, France.
- Savransky, S. D. (2000). *Engineering of creativity: Introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving* (1st ed.). CRC Press.
- Sheu, D. D., & Yen, M. Z. (2020). Systematic analysis and usage of harmful resources. *Computers & Industrial Engineering*, 145, 106459.
- Smith, J., & Smith, J. (2018). Enhancing problem solving and creativity through the application of the theory of inventive problem solving (TRIZ) in engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 43(5), 708-729.
- Souchkov, V. (1997). Accelerate innovation with TRIZ. Retrieved from <http://www.xtriz.com/publications/AccelerateInnovationWithTRIZ.pdf>. (Accessed November 30, 2011).
- Souchkov, V. (2007). Breakthrough thinking with TRIZ for business and management: An overview. <http://www.xtriz.com/TRIZforBusinessAndManagement.pdf>.
- Souchkov, V. (2014). Glossary of TRIZ and TRIZ-related terms. 2015-06-06]. http://matriz.org/wpcontent/uploads/2012/10/TRIZ_glossaryversion1-2.pdf.
- Tandpour, S., & Kafili, N. (2019). Application of TRIZ knowledge to explain the position of creative design in contemporary Iranian functional ceramics. *Journal of Fine Arts - Visual Arts*, 25(13), 99-110 [in Persian].



◀ **سیده زهرا اسلامی:** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی درسی از دانشگاه بیرجند و در حال حاضر دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی درسی است. در حوزه‌های آموزش حل مسئله و نوآوری فعالیت دارد.



◀ **محسن آینی:** دانش‌آموخته برنامه‌ریزی درسی از دانشگاه خوارزمی (تربیت معلم تهران)، دانشیار گروه علوم تربیتی دانشگاه بیرجند و پژوهشگر برتر دانشگاه در ۱۳۹۳ و ۱۳۹۱ است. ۱۰۲ مقاله منتشر شده در مجلات و ۶۵ مقاله همایشی در موضوعات مدیریت دانش، آموزش و برنامه‌داری دارد.



◀ **محمدعلی رستمی نژاد:** دانش‌آموخته فناوری آموزشی از دانشگاه علامه طباطبایی و دانشیار گروه علوم تربیتی دانشگاه بیرجند است. بیش از ده مقاله علمی-پژوهشی در حوزه‌های سنجش فناوری در آموزش، فناوری برنامه‌داری، فناوری در آموزش افراد با نیازهای ویژه، علوم شناختی و فناوری‌های یاددهی-یادگیری، به‌ویژه یاددهی-یادگیری الکترونیکی، منتشر کرده است.



◀ **سارا سلیمی نمین:** عضو هیئت علمی دانشکده مدیریت، علم و فناوری دانشگاه صنعتی امیرکبیر است. تأسیس مرکز نوآوری و شتاب‌دهی آب و آینه و راه‌اندازی گروه پژوهشی TRIZ در ایران از دستاوردهای برجسته ایشان به‌شمار می‌آید. همچنین در حوزه‌های مدیریت نوآوری، آموزش و توسعه روش‌های خلاقانه حل مسئله فعالیت‌های گسترده داشته و نقش کلیدی در اجرای پروژه‌هایی در صنعت و آموزش و پرورش ایفا کرده است. سهم ایشان در تقویت نوآوری و کارآفرینی با عرضه خدمات منتورینگ به استارت‌آپ‌ها و برگزاری کارگاه‌های آموزشی درخور توجه است.

ضرورت بازنگری در محتوای آموزشی کارشناسی مهندسی پلیمر مطابق با تحولات صنعتی و علمی

سارا تراشی^۱، هلما وکیلی^۲ و سید مصطفی حسینی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۲

DOI:10.22047/ijee.2025.535994.2189

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.6.0

چکیده: با پیشرفت فناوری‌های نوین پلیمری نیاز صنعت به متخصصان کارآموده افزایش یافته است اما برنامه‌های آموزشی کارشناسی مهندسی پلیمر همچنان بر سرفصل‌های سنتی تکیه دارند و کمتر با تحولات علمی و نیازهای صنعت همسو هستند. لذا، بسیاری از دانش‌آموختگان از مهارت‌های ورود مؤثر به صنعت یا انجام پژوهش‌های پیشرفته بی‌بهره‌اند. مطالعه تحلیلی-انتقادی حاضر نشان می‌دهد ساختار و محتوای فعلی برنامه آموزشی رشته مهندسی پلیمر در ایران تا حد زیادی بر الگوهای منسوخ و حافظه‌محور تکیه دارد و دچار کمبودهایی در مهارت‌آموزی عملی، آموزش میان‌رشته‌ای، به‌روزرسانی سرفصل‌ها مطابق با فناوری‌های نوظهور و ارتباط میان دانشگاه و صنعت است. براین اساس، پژوهش حاضر چارچوبی جامع برای بازنگری در ساختار آموزشی ارائه می‌دهد که بر ادغام رویکردهای نظری-عملی، پذیرش فناوری‌های نوین آموزشی و همکاری دانشگاه و صنعت تأکید دارد. یافته کلیدی تحقیق پیش رو این است که اجرای اصلاحات پیشنهادی از طریق تلفیق آموزش نظری، عملی، فناورانه و میان‌رشته‌ای به توانمندسازی فارغ‌التحصیلان رشته مهندسی پلیمر در پاسخ‌گویی به نیازهای روبه‌رشد صنعت پلیمر و توسعه علمی کشور کمک می‌کند که به نوبه خود منجر به افزایش قابلیت اشتغال و رقابت فارغ‌التحصیلان و تقویت نوآوری خواهد شد.

واژگان کلیدی: مهندسی پلیمر، بازنگری در برنامه درسی، آموزش مهندسی، آموزش مهارت‌محور، نوآوری آموزشی

۱- استادیار گروه مهندسی پلیمر دانشکده مهندسی شیمی دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول). s.tarashi@ut.ac.ir

۲- استادیار گروه مهندسی پلیمر، دانشکده مهندسی شیمی، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول). vakili.helma@ut.ac.ir

۳- استادیار گروه مهندسی پلیمر دانشکده مهندسی شیمی دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

smostaffahosseini@ut.ac.ir

۱. مقدمه

رشته مهندسی پلیمر شاخه‌ای راهبردی از علوم مهندسی است که نقش کلیدی در توسعه فناوری‌های نوین، ارتقای صنایع پیشرفته و خلق ارزش افزوده دارد. پلیمرها با سبکی، انعطاف پذیری، مقاومت شیمیایی و قابلیت مهندسی در صنایع خودروسازی، هوافضا، پزشکی، نفت و گاز، بسته بندی و الکترونیک کاربرد گسترده دارند (Shojaei, 2007). از سوی دیگر، روند جهانی حرکت به سوی توسعه پایدار، اقتصاد سبز و تولید محصولات زیست پایه اهمیت این مواد را دوچندان کرده است. در دهه‌های گذشته، تحولات علمی و فناوری مهمی در حوزه پلیمرها رخ داده است. ظهور نانوپلیمرها، کامپوزیت‌های هوشمند، پلیمرهای زیست تخریب پذیر، چاپ سه بعدی مواد پلیمری و استفاده گسترده از نرم افزارهای شبیه سازی و طراحی گویای سرعت بالای تغییرات در این حوزه است (Ghiass, 2011). این تحولات نه تنها ماهیت صنایع پلیمری را دگرگون کرده بلکه به طور بنیادین انتظارات از نیروی انسانی متخصص را تغییر داده است. شواهد بین المللی نشان می دهد بازار جهانی پلیمر و پلاستیک در حال رشد مستمر است. براساس برآوردهای مؤسسه لوسینتل^۱، ارزش این بازار تا ۲۰۳۰ به حدود ۱,۱۳۶ میلیارد دلار خواهد رسید و نرخ رشد سالانه آن بین ۲۰۲۴ تا ۲۰۳۰ حدود ۴/۸ درصد خواهد بود (Lucintel, 2025). منابع دیگر نیز رشد بازار را بین ۵ تا ۵/۴ درصد و ارزش کل آن را بین ۸۳۸ تا بیش از ۱,۰۱۷ میلیارد دلار تا ۲۰۳۰ تخمین زده اند (Crowd-Newswire, 2024; Globenewswire, 2022). این رشد سریع هم زمان با ظهور فناوری‌های نوین نشان می دهد صنعت پلیمر جهانی در مسیر تحولات بنیادین قرار دارد. در چنین وضعیتی، آموزش عالی، به ویژه آموزش مهندسی پلیمر، می بایست خود را با دگرگونی‌ها تطبیق دهد (Haghshenas et al., 2024).

از سوی دیگر، آمارها نشان می دهد ایران از کشورهایی است که میان پنج کشور نخست جهان از نظر شمار فارغ التحصیلان رشته های مهندسی قرار دارد. تنها در ۲۰۱۶ حدود ۳۳۵ هزار نفر در حوزه های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات (STEM)^۲ از دانشگاه های کشور فارغ التحصیل شده اند که بخش بزرگی از آنان را دانش آموختگان رشته های مهندسی، از جمله مهندسی پلیمر، تشکیل می دهند (Wikipedia, 2025). با وجود این ظرفیت عظیم، بخش درخور توجهی از فارغ التحصیلان یا وارد بازار کار مرتبط نمی شوند یا در یافتن شغل متناسب با رشته خود دچار دشواری های جدی هستند. در بهار ۱۴۰۲، نرخ بیکاری جمعیت فارغ التحصیل آموزش عالی به طور متوسط ۱۲/۱ درصد گزارش شده و نرخ مشارکت اقتصادی آنان تنها حدود ۵۴ درصد بوده است (Mehrnews, 2024). همچنین بیشترین تعداد بیکاران دانشگاهی به رشته های مهندسی تعلق دارد به گونه ای که ۲۵۱ هزار نفر در این حوزه بیکار ثبت شده و نرخ بیکاری این گروه تا ۴۱/۶ درصد برآورد شده است. از میان کل بیکاران دارای مدرک تحصیلی نیز بیش از ۵۰۵ هزار نفر کارشناسی،

حدود ۵۲ هزار نفر کارشناسی ارشد و نزدیک به سه هزار نفر دکترای تخصصی دارند (Isna, 2016). در مجموع، شواهد به روشنی نشان می‌دهد فارغ‌التحصیلان مهندسی، از جمله رشته مهندسی پلیمر، دچار چالش واقعی در ورود به بازار کار هستند. از یک سو، صنعت جهانی پلیمر با سرعتی چشمگیر در حال رشد و تحول است و، از سوی دیگر، ایران با حجم بالای فارغ‌التحصیلان مهندسی روبه‌روست که بخش درخورتوجهی از آنان جایگاه مناسبی در بازار کار پیدا نمی‌کنند. ترکیب این دو واقعیت ضرورت بازنگری بنیادین در ساختار و محتوای آموزشی مهندسی پلیمر و ارتقای کیفیت آموزش و تناسب آن را با نیازهای واقعی صنعت برجسته می‌سازد. با این حال، بررسی نظام آموزشی مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران نشان می‌دهد ساختار آموزشی موجود هنوز تا حد زیادی برپایه الگوهای قدیم، حافظه‌محور و سنت‌گرا قرار دارد. این ساختار که عمدتاً ریشه در الگوهای آموزشی دهه‌های گذشته دارد در بسیاری از موارد خود را با تحولات شتاب‌دار علمی و صنعتی هماهنگ نساخته است (Abbasian et al., 2010). از سویی، محتوای دروس همچنان تا حد زیادی بر مفاهیم نظری متمرکز است. اگرچه آموزش نظری پایه‌ای ضروری درک مفاهیم بنیادی است در غیاب آموزش‌های عملی، مهارت‌محور و بین‌رشته‌ای پاسخ‌گوی نیازهای امروز صنعت پلیمر نیست. در اغلب برنامه‌های درسی، سهم دروس عملی محدود و گاهی غیرساختاریافته است. کارگاه‌های آموزشی به‌روز نشده‌اند؛ بسیاری از آزمایشگاه‌ها تجهیزات پیشرفته و فناوری‌محور ندارند و ارتباط ساختاریافته‌ای با صنایع در قالب کارآموزی هدفمند یا پروژه‌های مشترک وجود ندارد. در نتیجه، دانشجویان اغلب در محیط‌های صرفاً علمی پرورش می‌یابند، بدون آنکه با مسائل واقعی صنعت، استانداردهای جهانی، نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و الگوهای نوین حل مسئله آشنایی کافی داشته باشند (Memarian, 2011). این نقصان شکافی عمیق بین توانمندی‌های دانش‌آموختگان و نیازهای واقعی بازار ایجاد کرده است. صنعت، به‌ویژه در حوزه‌های نوظهور پلیمری، به دنبال نیروهایی است که افزون بر دانش علمی دارای مهارت‌های کاربردی، قدرت تحلیل، روحیه کارگروهي، آشنایی با استانداردهای بین‌المللی و توانایی کار با نرم‌افزارها و تجهیزات پیشرفته باشند. اما بخش درخورتوجهی از فارغ‌التحصیلان مهندسی پلیمر، به دلیل ضعف آموزش عملی و کمبود تجربه، چنین ویژگی‌هایی ندارند؛ موضوعی که بر میزان اشتغال‌پذیری، کارآمدی حرفه‌ای و توان رقابت بین‌المللی این دانش‌آموختگان به شدت تأثیر داشته است (Abbasian et al., 2009).

از سوی دیگر، دانشگاه‌های پیشرو در سطح جهانی با درک نیاز به تحول به‌طور پیوسته در حال بازطراحی و به‌روزرسانی برنامه‌های درسی خود هستند. در این الگو، یادگیری مبتنی بر پروژه^۱ (PBL)، تلفیق آموزش نظری با تجربیات عملی، توسعه مهارت‌های نرم و همکاری ساختارمند با صنایع در

اولویت قرار دارد. افزون بر این، مفاهیمی، نظیر مهندسی چندمهارته، مهندسی برای توسعه پایدار، آموزش مادام‌العمر و تربیت مهندسانی با نگرش نوآورانه و بین‌رشته‌ای، در قالب سیاست‌های کلان آموزشی نهادینه شده‌اند تا آموزش را از الگوی یک‌سویه انتقال دانش به فرایندی همیارانه، پویا و مسئله‌محور تبدیل کنند (Anjelino, 2003; Chini, 2024; Khodaparast Haghi, 2007). در چنین بستری، نظام آموزش عالی ایران برای حفظ و تقویت جایگاه علمی و ایفای نقش مؤثر در توسعه ملی، ارتقای رقابت‌پذیری صنعتی و مشارکت در تحولات جهانی در حوزه مهندسی پلیمر ناگزیر از بازنگری بنیادین در ساختار و محتوای آموزشی این رشته در مقطع کارشناسی است. لذا، بازنگری در برنامه درسی نباید صرفاً در قالب به‌روزرسانی عناوین دروس بماند بلکه می‌بایست بر مبنای رویکردی سیستمی، آینده‌نگر و شایستگی‌محور صورت گیرد.

بر اساس مطالعه حاضر، با رفع کاستی‌های موجود و اجرای محتوای آموزشی بازنگری شده می‌توان به شیوه‌های زیر فارغ‌التحصیلان رشته مهندسی پلیمر را در رویارویی با چالش‌های واقعی صنعت توانمند ساخت.

- چارچوب اصلاحات پیشنهادی بر تلفیق آموزش نظری و عملی تأکید دارد و پیشنهاد می‌کند دست‌کم ۳۰ درصد از واحدهای درسی به فعالیت‌هایی مانند طراحی محصول، شبیه‌سازی صنعتی و کار آزمایشگاهی اختصاص یابد تا دانشجویان تجربه عملی از چالش‌های صنعتی کسب کنند.
- برنامه درسی بازنگری شده شامل محتوای میان‌رشته‌ای، فناوری‌های نوین و نرم‌افزارهای تخصصی می‌شود. از آن جمله می‌توان به حوزه‌هایی همچون فناوری نانو، چاپ سه‌بعدی، شبیه‌سازی محاسباتی و تجهیزات تحلیلی پیشرفته اشاره کرد. گنجاندن این موضوعات فارغ‌التحصیلانی انعطاف‌پذیر و توانمند در حل مسائل پیچیده و میان‌رشته‌ای صنعت تربیت خواهد کرد.
- این بازنگری همچنین بر ایجاد همکاری ساختارمند و پایدار میان دانشگاه و صنعت تأکید دارد، به‌ویژه از طریق اجرای پروژه‌های تحقیقاتی مشترک، دوره‌های آموزشی تحت هدایت صنعت و کارآموزی‌های نظام‌مند. چنین همکاری‌هایی تضمین می‌کند که برنامه‌های درسی همواره همسو با نیازهای واقعی صنعت باقی بمانند و دانشجویان پیش از ورود به بازار کار تجربه‌های ارزشمند حرفه‌ای کسب کنند.
- علاوه بر این، اصلاحات پیشنهادی اهمیت ویژه‌ای به مهارت‌های نرم می‌دهد؛ مهارت‌هایی، نظیر تفکر انتقادی، حل مسئله، کار گروهی و رعایت اخلاق حرفه‌ای، که اغلب در برنامه‌های فعلی نادیده گرفته می‌شوند. تقویت این توانمندی‌ها به فارغ‌التحصیلان امکان می‌دهد محیط‌های پیچیده و رقابتی حرفه‌ای را با موفقیت و کارآمدی بیشتری مدیریت کنند.

با اجرای اصلاحات یادشده آموزش مهندسی پلیمر در ایران از الگوی سنتی به نظامی پویا و همگام

با نیازهای صنعت تبدیل می‌شود؛ فارغ‌التحصیلانی با دانش علمی و مهارت‌های عملی، میان‌رشته‌ای و نرم پرورش می‌یابند؛ آمادگی آنان در ورود به بازار کار و مشارکت در توسعه صنعتی و علمی کشور افزایش و شکاف میان دانشگاه و صنعت کاهش می‌یابد.

مرور ادبیات نشان می‌دهد تنها شمار اندکی از مطالعات داخلی به ارزیابی آموزش مهندسی پلیمر پرداخته‌اند و اغلب این پژوهش‌ها صرفاً به توصیف وضعیت موجود محدود بوده و چارچوب جامع اصلاح ساختار و محتوای آموزشی را ارائه نکرده‌اند. برای مثال، گیاث به بررسی اهمیت پژوهش‌های نظری در علوم و مهندسی پلیمر پرداخته و بر ضرورت حرکت از رویکردهای صرفاً تجربی به سمت نگرش‌های نظری، ریاضی و محاسباتی تأکید کرده است. او نشان داده است که توسعه روش‌های محاسباتی، تقویت زیرساخت‌های آموزشی و هدایت پژوهش‌های نظری از نیازهای اساسی آینده صنایع پلیمری کشور است (Ghiass, 2011). عباسیان نیز در دو پژوهش خود بر لزوم بازنگری در دوره کارشناسی مهندسی پلیمر و اهمیت جداسازی گرایش‌های شیمی پلیمر و مهندسی شیمی برای تربیت مهندسانی متناسب با نیازهای صنعت تأکید کرده است. همچنین ضرورت تقویت گرایش‌های زیست‌محیطی و آموزش مهارت‌های مدیریتی را در مقاطع تحصیلات تکمیلی یادآور شده است (Abbassian et al., 2010). در سطح بین‌المللی نیز، اگرچه تجارب موفق در دانشگاه‌های پیشرو جهان وجود دارد به انتقال و بومی‌سازی این دستاوردها در زمینه آموزش مهندسی پلیمر در ایران کمتر توجه شده است. در نتیجه، خلأ اصلی آموزش مهندسی پلیمر نبود چارچوب نظام‌مند برای بازنگری برنامه درسی متناسب با نیازهای نوین صنعت و روندهای جهانی است.

پژوهش حاضر با تحلیل وضعیت فعلی، مقایسه تجارب بین‌المللی و طراحی چارچوب اجرایی به دنبال تربیت مهندسان توانمند، خلاق و پاسخگو به چالش‌ها و فرصت‌های آینده است.

۲. روش پژوهش

پژوهش پیش رو از نوع کاربردی با رویکرد توصیفی-تحلیلی است و هدف آن طراحی چارچوب بازنگری در ساختار و محتوای آموزشی رشته مهندسی پلیمر با تأکید بر نیازهای نوین صنعت و تحولات علمی. بدین منظور، از رویکردی ترکیبی بهره گرفته‌ایم که روش‌های توصیفی، تحلیلی و انتقادی را با یکدیگر تلفیق می‌کند. این رویکرد شامل تحقیقات اسنادی، تحلیل محتوای برنامه‌های درسی و مقایسه تطبیقی با نمونه‌های بین‌المللی می‌شود تا درکی جامع از وضعیت فعلی آموزش مهندسی پلیمر در ایران و چالش‌های موجود فراهم شود.

در گام نخست، اسناد رسمی و منابع دانشگاهی مرتبط را بررسی کرده‌ایم؛ از جمله برنامه‌های درسی مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، سرفصل‌های تأییدشده شورای عالی برنامه‌ریزی و اطلاعات موجود در وب‌سایت‌های رسمی دانشگاه‌ها. این مرحله با هدف گردآوری نظام‌مند داده‌های مربوط به

ساختار و محتوای برنامه کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران اجرا شد. تحلیل محتوای به دست آمده میزان هماهنگی این برنامه‌ها را با نیازهای صنعت مدرن و روندهای علمی جهانی آشکار ساخت و چالش‌هایی را، همچون ضعف آموزش مهارت‌های عملی، نبود رویکرد میان‌رشته‌ای، به‌روزی نبودن سرفصل‌ها و شکاف عمیق میان دانشگاه و صنعت، برجسته کرد. در این مرحله، دیدگاه انتقادی مبتنی بر شواهد گردآوری شده را به همراه یافته‌های تحلیل تطبیقی به کار گرفتیم.

در گام بعد، با تحلیل تطبیقی، برنامه‌های آموزشی مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر را در چند دانشگاه معتبر جهانی بررسی کردیم و ساختار دروس، محتوای آموزشی، شیوه‌های تدریس، مهارت‌های موردانتظار از دانشجویان و میزان ارتباط صنعت و دانشگاه را در این کشورها استخراج و مطالعه کردیم. معیارهای خاص انتخاب این دانشگاه‌ها شامل جایگاه آن‌ها در رتبه‌بندی‌های جهانی، شهرت در حوزه علوم و مهندسی پلیمر و رویکردهای آموزشی نوآورانه می‌شد. با توجه به تعداد زیاد دانشگاه‌های معتبر، سه دانشگاه جهانی پیشرو را از سه منطقه جغرافیایی متفاوت، شامل آمریکای شمالی، اروپا و آسیای شرقی، انتخاب کردیم و برنامه درسی ایران را با برنامه‌های مؤسسه فناوری ماساچوست، دانشگاه RWTH آخن و دانشگاه توکیو مقایسه کردیم. شاخص‌های این مقایسه شامل آموزش عملی و آزمایشگاهی، یادگیری مبتنی بر پروژه، محتوای بین‌رشته‌ای، بهره‌گیری از نرم‌افزار تخصصی، آموزش زبان خارجی، انعطاف‌پذیری در انتخاب دروس تخصصی، تجربه صنعتی و استفاده از یادگیری برخط میشد. شاخص‌ها را برای شناسایی حوزه‌هایی انتخاب کردیم که برنامه درسی ایران با اصلاح آنها به روز خواهد شد و همگام با نیازهای صنعت و بهترین شیوه‌های جهانی حرکت خواهد کرد.

در پایان، با تلفیق یافته‌های بررسی نظام آموزشی داخلی، تحلیل روندهای بین‌المللی و نیازهای صنعت، چارچوب پیشنهادی بازنگری در برنامه درسی رشته مهندسی پلیمر را تدوین کردیم. این چارچوب بر محوریت مهارت‌آموزی، یادگیری پروژه‌محور، به‌روزرسانی محتوای آموزشی و تقویت همکاری دانشگاه با صنعت تأکید دارد و مبنای تحول بنیادین آموزش مهندسی پلیمر و ارتقای کیفیت تربیت نیروی انسانی متخصص در کشور خواهد بود.

۳. ارزیابی برنامه آموزشی مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران

برنامه کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران سال‌ها پیش با هدف آموزش مبانی علمی و عملی، تربیت نیروی متخصص و پاسخ‌گویی به نیازهای صنعتی تدوین شد و در زمان خود همگام استانداردهای بین‌المللی بود. با این حال، تحولات سریع علمی و فناوری‌های نوین پلیمری، مانند نانوکامپوزیت‌ها، پلیمرهای هوشمند، زیست‌پلیمرها، چاپ سه‌بعدی و مهندسی مولکولی، همراه با نیاز صنعت به مهارت‌های نرم و میان‌رشته‌ای چالش‌های جدی برای این برنامه سنتی ایجاد کرده و بازنگری در ساختار و محتوای آموزشی را ضروری ساخته است. در ادامه، برنامه آموزشی مقطع کارشناسی مهندسی

پلیمر در ایران را از جنبه‌های ساختار کلی و واحدهای درسی، نقاط قوت برنامه آموزشی موجود، کاستی‌ها و چالش‌های برنامه آموزشی، مقایسه تطبیقی با دانشگاه‌های بین‌المللی ارزیابی می‌کنیم.

۳-۱. ساختار کلی و واحدهای درسی

براساس برنامه مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی، دروس مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران ۱۴۰ واحد است که به پنج دسته عمومی، پایه، اصلی و تخصصی (الزامی)، اختیاری و کارآموزی تقسیم می‌شوند (Polymer Engineering Undergraduate Program, 2017).

- **دروس عمومی (۲۲ واحد)** شامل معارف اسلامی، زبان فارسی، تربیت بدنی، زبان انگلیسی و غیره می‌شود که در همه رشته‌ها مشترک است.
- **دروس پایه (۲۷ واحد)** شامل ریاضی عمومی، شیمی عمومی، فیزیک، معادلات دیفرانسیل، برنامه‌نویسی، نقشه‌کشی و غیره می‌شود که پایه‌های علمی ورود به دروس تخصصی هستند.
- **دروس اصلی و تخصصی (الزامی) (۸۰ واحد)** شامل دروسی نظیر استاتیک و مقاومت مصالح، ترمودینامیک، انتقال حرارت، مکانیک سیالات، عملیات واحد، شیمی-فیزیک پلیمر، خواص فیزیکی و مکانیکی پلیمرها، مهندسی پلاستیک، رئولوژی، مهندسی الاستومر، کامپوزیت، و آزمایشگاه‌های تخصصی می‌شود.
- **دروس اختیاری (۱۱ واحد)** شامل خواص و کاربرد پلیمرهای طبیعی، مهندسی الیاف، زبان تخصصی پلیمر، آمار و احتمالات مهندسی، مبانی مهندسی برق و غیره می‌شود.
- **کارآموزی (۲ واحد)** که در پایان دوره، بدون احتساب در میانگین و واحد، برگزار می‌شود.

۳-۲. نقاط قوت برنامه آموزشی کنونی

برنامه کارشناسی مهندسی پلیمر با آموزش پایه‌های علمی در شیمی، فیزیک و ریاضیات و نیز پوشش مباحث بنیادین پلیمر زمینه تربیت نیروی متخصص را فراهم می‌کند. وجود آزمایشگاه‌های تخصصی یادگیری عملی و ارتقای مهارت‌های کاربردی را تقویت و امکان ادامه تحصیل و پژوهش در مقاطع بالاتر را مهیا می‌سازد. این نقاط قوت در کنار هم نشان‌دهنده انسجام و کارآمدی نسبی برنامه آموزشی فعلی در تربیت نیروهای متخصص و آماده فعالیت‌های علمی و صنعتی در حوزه پلیمر است (Sadeghmand et al., 2017; Khodayi et al., 2024; Hadavand, 2010).

۳-۳. کاستی‌ها و چالش‌های برنامه آموزشی حاضر

- روزآمد نبودن سرفصل‌ها و محتوای آموزشی
- یکی از ضعف‌های اصلی برنامه کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران انطباق نداشتن با تحولات علمی و فناورانه بین‌المللی است. درحالی‌که دانشگاه‌های پیشرو مفاهیم نوینی را، مانند پلیمرهای هوشمند،

زیست پایه، مهندسی سطح، چاپ سه‌بعدی و چهاربُعدی و طراحی پایدار، در برنامه‌های خودگنجانده‌اند. دروس تخصصی در ایران غالباً قدیمی، بدون بازنگری و محدود به سرفصل‌های تکراری هستند.

- ضعف آموزش مهارت‌های عملی و تجربی با وجود دروس آزمایشگاهی، زیرساخت‌های ناکارآمد و کمبود تجهیزات مدرن همراه با محدودیت دسترسی به نرم‌افزارهای طراحی و شبیه‌سازی مانع آشنایی دانشجویان با فناوری‌های صنعتی و کاهش مهارت‌های عملی و فنی آنان شده است.

- نبود همکاری مؤثر و ساختاریافته با صنعت در بیشتر دانشگاه‌های کشور، ارتباط با صنعت به گذراندن واحد کارآموزی محدود است. در حالی که در بسیاری از کشورها پیوند دانشگاه و صنعت از طریق طراحی پروژه‌های مشترک، تعریف پایان‌نامه‌های کاربردی، برگزاری دوره‌های آموزشی با حضور متخصصان صنعتی و حتی آموزش دروس مشترک دانشگاه-صنعت نهادینه شده است. نبود این سازوکارها در برنامه فعلی مهندسی پلیمر اثربخشی آموزشی را کاسته و موجب افت قابلیت اشتغال فارغ‌التحصیلان شده است. (Yaghoubi et al., 2012; Hadavand, 2008).

- بی‌توجهی به رویکردهای میان‌رشته‌ای و آموزش بین‌المللی ماهیت بین‌رشته‌ای مهندسی پلیمر مستلزم آشنایی دانشجویان با حوزه‌هایی چون مهندسی شیمی، نانو، پزشکی، طراحی صنعتی و مکانیک است اما این رویکرد در برنامه فعلی یا غایب است یا پراکنده اجرا می‌شود. همچنین کمبود آموزش زبان تخصصی، نگارش علمی، کار گروهی و استفاده از منابع بین‌المللی توان رقابت جهانی دانشجویان را محدود کرده است.

- نادیده‌گرفتن مهارت‌های نرم و شایستگی‌های حرفه‌ای مهارت‌های کلیدی، مانند تفکر نقادانه، حل مسئله، مدیریت پروژه، ارائه علمی، نوآوری، تفکر طراحی و اخلاق حرفه‌ای، برای موفقیت در محیط‌های کاری امروزی ضروری‌اند. این مهارت‌ها در برنامه درسی مهندسی پلیمر به‌طور ساختاریافته آموزش داده نمی‌شوند و نبود آنها توانایی فارغ‌التحصیلان را در تطبیق با الزامات حرفه‌ای کاهش می‌دهد (Yazdanpanah et al., 2022).

۳-۴. مقایسه تطبیقی با دانشگاه‌های بین‌المللی پیشرو در مطالعه تطبیقی ساختارها و شیوه‌های آموزشی دانشگاه‌های پیشرو آمریکا، آلمان، ژاپن و کانادا و

برنامه‌های درسی دانشگاه‌های ایران تفاوت‌های معناداری در محورهای کلیدی آموزشی، پژوهشی و مهارت‌آموزی مشاهده می‌شود. در ادامه، این تفاوت‌ها را از منظر شش مؤلفه اصلی بررسی و وضعیت فعلی نظام آموزش مهندسی ایران را با رویکردهای نوین بین‌المللی مقایسه می‌کنیم (ABET, 2025; Moghadas et al., 2019).

- پروژه‌های صنعتی

در دانشگاه‌های پیشرو، پروژه‌های صنعتی بخشی جدانشدنی از آموزش عملی هستند و مهارت‌های فنی و آمادگی شغلی دانشجویان را تقویت می‌کنند. در ایران، اجرای چنین پروژه‌هایی محدود یا صرفاً کارآموزی بدون نظارت مؤثر است.

- آموزش مهارت‌های نرم

در نظام آموزشی کشورهای پیشرفته، مهارت‌های نرم، مانند ارتباط مؤثر، حل مسئله، کارگروهی و تفکر انتقادی، از طریق درس و کارگاه‌های آموزشی توسعه می‌یابند اما در برنامه‌های درسی دانشگاه‌های ایران آموزش این مهارت‌ها تقریباً غایب است.

- آموزش میان‌رشته‌ای

دانشگاه‌های بین‌المللی پیشرو رویکردهای میان‌رشته‌ای را در ساختار درسی خود نهادینه کرده و دانشجویان امکان انتخاب درس از رشته‌های مشابه دیگر دارند. در ایران چنین آموزش‌هایی بسیار محدود و در اغلب غیررسمی است.

- فناوری‌های نو

در دانشگاه‌های پیشرفته، مفاهیم و فناوری‌های نوظهور، مانند هوش مصنوعی، پرینت سه‌بعدی، بیومتریال‌ها و فناوری نانو، به صورت به‌روز و در قالب درس رسمی آموزش داده می‌شوند اما در دانشگاه‌های ایران آموزش این مباحث در مقطع کارشناسی غالباً در سطح مقدماتی و بدون تجهیزات و زیرساخت مناسب صورت می‌گیرد.

- همکاری با صنعت

در سطح بین‌الملل، دانشگاه و صنعت از طریق قراردادهای مالی، تعریف پروژه‌های مشترک، طراحی درس با مشارکت متخصصان صنعتی و حتی تأسیس مراکز نوآوری مشترک همکاری می‌کنند. در ایران، چنین همکاری‌ای بیشتر غیرنظام‌مند و مقطعی است و به ارتباطات شخصی اعضای هیئت علمی محدود است.

• به روزرسانی سرفصل‌های درسی

دانشگاه‌های معتبر جهان سرفصل‌ها را سالانه با مشارکت دانشگاه و صنعت بازنگری می‌کنند درحالی‌که این فرایند در ایران کند و سنتی است و کمتر ذی‌نفعان صنعتی را درگیر می‌کند. بررسی‌های تطبیقی و بازخورد فارغ‌التحصیلان نشان می‌دهد برنامه فعلی کارشناسی مهندسی پلیمر پاسخ‌گوی نیازهای روز نیست. ضعف به‌روزرسانی محتوا، کمبود آموزش عملی و نبود ارتباط مؤثر دانشگاه و صنعت از چالش‌های اصلی‌اند. بنابراین، بازطراحی آینده‌نگر و میان‌رشته‌ای برنامه، با حفظ پایه‌های نظری و توجه به حوزه‌های نوین، برای تربیت مهندسان خلاق و کارآمد ضروری است.

۴. تحولات جهانی و روندهای نوظهور آموزش مهندسی پلیمر

با ورود به دهه سوم قرن بیست و یکم، آموزش مهندسی در سطح بین‌المللی دستخوش تحولات بنیادین و ساختاری شده است؛ تحولاتی که نه تنها در محتوای دروس بلکه در شیوه‌های آموزش، ارزشیابی، همکاری با صنعت و تعریف نقش مهندس آینده بازتاب یافته‌اند. این تغییرات اغلب متأثر از عواملی، مانند توسعه فناوری‌های نو، چالش‌های زیست‌محیطی، جهتگیری نیازهای بازار به سمت مهارت‌محوری و انعطاف‌پذیری حرفه‌ای، جهانی‌شدن اقتصاد و شکل‌گیری استانداردهای مشترک آموزشی و حرفه‌ای در سراسر جهان، و ورود مفاهیمی، نظیر انقلاب صنعتی چهارم (Industry 4.0)، است (Ghazanfarian, 2024).

مهندسی پلیمر، به‌مثابه رشته‌ای میان‌رشته‌ای و کاربردی، نیازمند بازنگری در رویکردهای آموزشی است. دانشگاه‌های پیشرو الگوهای سنتی را با آموزش مهارت‌های عملی، درک میان‌رشته‌ای، ارتباط با صنعت و آمادگی برای نوآوری فناورانه جایگزین کرده‌اند. در ادامه، مهم‌ترین تحولات جهانی و روندهای نوظهور را در آموزش مهندسی پلیمر بررسی می‌کنیم.

۴-۱. محوریت یافتن آموزش میان‌رشته‌ای

در دهه‌های اخیر، تحولات علمی و فناوری شیوه‌های آموزش مهندسی را دگرگون کرده است. مهندسی پلیمر نیز از یک حوزه تخصصی مستقل به رشته‌ای میان‌رشته‌ای تبدیل شده است که در دانشگاه‌های پیشرو، با همکاری رشته‌هایی مانند مهندسی شیمی، نانوفناوری، بیوتکنولوژی، مهندسی پزشکی و طراحی صنعتی، آموزش داده می‌شود. برای مثال، در مؤسسه فناوری ماساچوست (MIT)، گرایش پلیمر را در دانشکده مهندسی مواد به صورت دوره‌های مشترک با بیوانفورماتیک، طراحی سیستم‌های دارورسانی، محاسبات مولکولی و طراحی صنعتی آموزش می‌دهند. در این برنامه‌ها، دانشجویان به جای تمرکز صرف بر خواص فیزیکی و شیمیایی پلیمرها می‌آموزند چگونه از پلیمرها در حل چالش‌هایی مانند درمان بیماری‌های مزمن، طراحی مواد هوشمند، یا بهینه‌سازی انرژی استفاده کنند (PPSM, 2025).

به همین ترتیب، در دانشگاه توکیو مهندسی پلیمر در قالب یک برنامه کل نگر با عنوان «مواد و نوآوری پایدار» آموزش داده می‌شود که تأکید ویژه‌ای بر پایداری زیست‌محیطی، طراحی مواد دوستدار محیط‌زیست، و انتقال فناوری به صنعت دارد (University of Tokyo, 2025). این رویکرد سبب تربیت فارغ‌التحصیلانی با دید چندجانبه، انعطاف‌پذیر و توانمند در حل مسائل پیچیده و میان‌رشته‌ای شده است. بنابراین، بازنگری در ساختار آموزشی رشته مهندسی پلیمر در کشور و حرکت به سوی برنامه‌های میان‌رشته‌ای ضرورت اجتناب‌ناپذیر ارتقای کیفیت آموزش، افزایش کارایی فارغ‌التحصیلان و پاسخ‌گویی به نیازهای روز بازار کار و صنعت است.

۲-۴. تأکید بر مهارت‌محوری و آموزش مبتنی بر پروژه (PBL)

با پیشرفت فناوری، آموزش سنتی مبتنی بر سخنرانی جای خود را به رویکردهای نوین، به‌ویژه یادگیری فعال و پروژه‌محور (PBL)، داده است. در این الگو، دانشجویان با مسائل واقعی و پروژه‌های صنعتی و بین‌رشته‌ای مواجه می‌شوند و نظریه‌ها را به عمل تبدیل می‌کنند. استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی، مدل‌سازی و داده‌کاوی یادگیری علمی را عمیق‌تر می‌کند و مهارت‌های کلیدی، مانند کار گروهی، مدیریت زمان، حل مسئله و ارتباط مؤثر با صنعت، تقویت می‌شود تا فارغ‌التحصیلان با آمادگی و اعتماد بیشتری وارد محیط حرفه‌ای شوند (Ghasemi, 2021; Hajipour, 2024). برای مثال، دانشگاه‌هایی مانند مؤسسه فناوری فدرال زوریخ^۱ و دانشگاه آکرون^۲ در این زمینه پیشرو هستند و دوره‌های پایان‌نامه در مقطع کارشناسی را در قالب پروژه‌های چندمرحله‌ای برگزار می‌کنند که در آنها دانشجویان به‌طور مستقیم با صنعت همکاری می‌کنند. این نوع از آموزش نه تنها به فراهم‌سازی بستر مناسب یادگیری دانشجویان می‌انجامد بلکه موجب تقویت ارتباط دانشگاه و صنعت می‌شود و خلاقیت دانشجویان را شکوفا می‌کند. با توجه به مطالب اشاره‌شده، به‌کارگیری رویکرد مهارت‌محوری و آموزش مبتنی بر پروژه نسل جدیدی از متخصصان و پژوهشگران را شکل می‌دهد که قادر به پاسخ‌گویی به چالش‌های امروز و آینده جامعه خواهند بود.

۳-۴. ورود فناوری‌های نوین به آموزش مهندسی پلیمر

تحولات فناورانه و پیشرفت‌های علمی در دهه‌های اخیر نقش بسزایی در متحول کردن آموزش مهندسی پلیمر در مقطع کارشناسی ایفا کرده است. این تغییرات نه تنها سطح دانش و توانایی‌های دانشجویان را ارتقا می‌دهد بلکه شیوه‌های آموزشی را به‌طور چشمگیری دگرگون می‌کند (Bakhtiarinejad et al., 2016). برخی از فناوری‌های نوظهور که به‌ویژه در آموزش مهندسی پلیمر مورد توجه قرار گرفته‌اند عبارت‌اند از:

- **فناوری نانو:** این مواد با ویژگی‌های منحصر به فرد خود، بخشی از دوره‌های اصلی آموزش مهندسی پلیمر معرفی شده‌اند. دانشجویان در این دوره‌ها با ساختار، سنتز و خواص نانوپلیمرها و نانوکامپوزیت‌ها به صورت دقیق و علمی آشنا می‌شوند که پایه‌گذار تحقیقات نوین و کاربردهای صنعتی هستند.
 - **چاپ سه‌بعدی^۲ و ساخت افزایشی^۳:** این فناوری به دانشجویان امکان می‌دهد با طراحی به کمک کامپیوتر (CAD^۴) و پرینت قطعات پلیمری آشنا شوند. این مهارت‌ها به آنان امکان می‌دهد خلاقیت خود را در تولید محصولات جدید به کار بگیرند و فرایندهای تولید را به راحتی بهبود بخشند.
 - **شبیه‌سازی کامپیوتری^۵ و یادگیری ماشین^۶ در مهندسی مواد:** استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در این زمینه به دانشجویان کمک می‌کند رفتار پلیمرها را پیش‌بینی و مواد جدید طراحی کنند. این امکان زمینه‌ساز نوآوری‌های تازه و بررسی دقیق‌تر خواص مواد است.
 - **کار با تجهیزات پیشرفته آنالیز^۷:** آموزش استفاده از دستگاه‌های پیشرفته، مانند میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، کاریمتری روبشی تفاضلی (DSC)، گراموزنی (TGA)، طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR)، رئومتر (Rheometer) و کروماتوگرافی ژل تراوایی (GPC) در محیط واقعی آزمایشگاهی، به دانشجویان امکان می‌دهد با فرایندهای آنالیز دقیق و روش‌های ارزیابی مواد پلیمری آشنا شوند.
 - **واقعیت مجازی^۸ و واقعیت افزوده^۹:** این فناوری‌ها به منظور آموزش فرایندهای تولید و همچنین آزمایشگاه‌های مجازی به کار گرفته می‌شوند. با استفاده از واقعیت مجازی، دانشجویان تجربیات عمیق‌تری از فرایندهای پیچیده تولید و آزمایش خواهند داشت و در محیط‌های شبیه‌سازی شده، بدون خطرهای آزمایشگاه‌های واقعی، مهارت‌های خود را پرورش خواهند داد.
- در مجموع، ورود فناوری‌های نوین به آموزش مهندسی پلیمر کیفیت یادگیری را افزایش می‌دهد و دانشجویان را با چالش‌های صنعتی و تحقیقاتی آشنا می‌کند؛ مهارت‌های نوآوری و پیشرفت آنان را تقویت و آنان را به متخصصانی توانمند و خلاق تبدیل می‌سازد.

۴-۴. تأکید بر توسعه پایدار و پلیمرهای زیست‌پایه

با تشدید بحران‌های محیط‌زیستی و پیامدهای گرمایش جهانی، آموزش مهندسی پلیمر به مفاهیم مرتبط با توسعه پایدار، مانند پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر، اقتصاد چرخشی، بازیافت پیشرفته، مهندسی سبز و طراحی پایدار، توجه بیشتری کرده است که هم به حفظ محیط‌زیست و هم به تربیت

1- Nanotechnology

4- Computer-aided design

7- Advanced analysis equipment

2- 3D printing

5- Computer simulation

8- Virtual reality (VR)

3- Additive manufacturing

6- Machine learning

9- Augmented reality (AR)

نیروی متخصص در این حوزه کمک می‌کند (Hu, 2023; Aldieri, 2021).

- **پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر:** این مواد به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که پس از اتمام عمر مفید خود به راحتی در محیط زیست تجزیه می‌شوند. در آموزش مهندسی پلیمر، به دانشجویان آموزش داده می‌شود چگونه این پلیمرها را سنتز و ویژگی‌های آنها را بررسی کنند تا به نحوی در طراحی محصولات دوستدار محیط زیست مشارکت داشته باشند.
- **اقتصاد چرخشی^۲:** این مفهوم به جایگزینی مدل‌های خطی تولید و مصرف با مدل‌هایی اشاره دارد که در آنها مواد و انرژی به‌طور مؤثر استفاده می‌شوند. در این زمینه، آموزش‌هایی دربارهٔ راهبردهای کاهش ضایعات، استفادهٔ مجدد از مواد و طراحی محصولات برای تسهیل بازیافت داده می‌شود.
- **بازیافت پیشرفته^۳ مواد پلیمری:** این بخش از آموزش بر شیوه‌های نوآورانهٔ بازیافت تمرکز دارد که به دانشجویان کمک می‌کند با روش‌های مدرن و مؤثر بازیابی و استفادهٔ دوباره از مواد پلیمری آشنا شوند. این رویکرد به افزایش تقاضای منابع اولیه و کاهش زباله‌های پلیمری کمک می‌کند.
- **مهندسی سبز^۴ و طراحی برای پایداری (DFs):** آموزش این مفاهیم در مهندسی پلیمر موجب می‌شود دانشجویان در طراحی و توسعهٔ فرایندهای تولید به‌گونه‌ای عمل کنند که نه تنها توسعهٔ اقتصادی بلکه حفاظت از محیط زیست در نظر گرفته شود.

دانشگاه‌های پیشرفته، مانند دلف (TU Delft) و استنفورد، برای این تغییرات دروس مهندسی پلیمری سبز و طراحی پایدار را آموزش می‌دهند تا دانشجویان توانمندی رویکردهای مدرن و توسعهٔ پایدار را کسب کنند. این تمرکز هم به بهبود محیط زیست کمک می‌کند و هم نیروی کار متخصص و خلاق برای حل چالش‌های آینده پرورش می‌دهد.

۴-۵. توسعهٔ برنامه‌های بین‌المللی و یادگیری مادام‌العمر

- یکی از تحولات مؤثر در حوزهٔ آموزش مهندسی در سال‌های اخیر بین‌المللی شدن آموزش و ایجاد مسیرهای یادگیری مادام‌العمر^۵ است که علاوه بر بهبود مهارت‌های علمی و عملی موجب گسترش روابط بین‌المللی در عرصه‌های علم و صنعت می‌شود. برخی از جنبه‌های کلیدی این تحولات عبارت‌اند از:
- **دوره‌های مشترک بین چند دانشگاه^۶:** این برنامه‌ها امکان تحصیل هم‌زمان در چند دانشگاه معتبر و دریافت مدارک با اعتبار جهانی را فراهم می‌کنند و تجربهٔ بین‌المللی، آشنایی با فرهنگ‌ها و روش‌های آموزشی گوناگون، و تقویت تفکر انتقادی و خلاقیت دانشجویان را به همراه دارند (Knight, 2011).

1- Biodegradable

2- Circular economy

3- Advanced recycling

4- Green Engineering

5- Design for sustainability

6- Lifelong learning

7- Joint degree program

- آموزش‌های برخط در مقطع کارشناسی؛ دوره‌های برخط گسترده (MOOCs) فرصت یادگیری را در هر زمان و مکانی فراهم می‌کنند و به دانشجویان امکان می‌دهند بدون محدودیت‌های جغرافیایی/ زمانی از استادان دانشگاه‌های معتبر جهانی آموزش ببینند و به روزترین اطلاعات و مهارت‌ها را در زمینه‌های گوناگون کسب کنند (Margaryan, 2015; Zhang et al., 2016).
- گواهینامه‌های مهارتی کوتاه‌مدت^۲: این برنامه‌ها راه‌حل سریع و مؤثر توسعه مهارت‌های خاص در حوزه‌های موردنیاز صنعت تعریف شده‌اند. برای مثال، دوره‌هایی مانند «چاپ سه‌بُعدی پلیمرها» یا «رئولوژی و شبیه‌سازی پلیمر» به افراد کمک می‌کنند مهارت‌های کاربردی و تخصصی را به سرعت و متمرکز بیاموزند و به بازار کار معرفی شوند.
- زیرساخت‌هایی چون ادایکس^۳ و کورسرا^۴: این زیرساخت‌ها با همکاری دانشگاه‌های برتر دوره‌های مهندسی پلیمر و سایر رشته‌ها را برگزار می‌کنند و به دانشجویان امکان می‌دهند یادگیری خود را براساس نیاز و علاقه شخصی‌سازی کنند.

توسعه برنامه‌های یادشده کیفیت آموزش مهندسی پلیمر را ارتقا می‌دهد و فارغ‌التحصیلانی آماده چالش‌های جهانی تربیت می‌کند. یادگیری مادام‌العمر نیز امکان به‌روزمندان و تقویت مهارت‌ها را فراهم و نوآوری و رقابت‌پذیری ملی و بین‌المللی را تقویت می‌کند.

۴-۶. گنجانند و تلفیق مهارت‌های نرم و کارآفرینی فناورانه در برنامه‌ها در نظام‌های آموزشی نوین، مهارت‌های نرم به‌مثابه رکن اساسی آموزش مهندسی، به‌ویژه در مهندسی پلیمر، اهمیت یافته‌اند و دانشجویان، علاوه بر دانش فنی، نیازمند توانایی‌های فراتر از مهارت‌های سنتی برای موفقیت در محیط‌های پیچیده و رقابتی هستند. این مهارت‌ها شامل تفکر طراحی^۵، نوآوری فناورانه^۶، توانمندی در راه‌اندازی و توسعه استارت‌آپ‌ها، مهارت‌های بین‌فردی و ارتباطی، رهبری گروه، مدیریت پروژه، اخلاق حرفه‌ای، مسئولیت‌پذیری اجتماعی و درک مسائل اقتصادی و زیست‌محیطی مرتبط با فناوری‌های پلیمری هستند.

برخی دانشگاه‌های معتبر جهان، مانند مؤسسه فناوری جورجیا^۷ و دانشگاه RWTH آخن در آلمان، پیشگام تلفیق این مهارت‌ها با محتوای فنی در برنامه‌های مهندسی خود بوده‌اند. این دانشگاه‌ها دوره‌هایی تخصصی را با محوریت طراحی و توسعه کسب و کارهای پلیمری، نوآوری صنعتی و حل مسائل واقعی صنعت برگزار می‌کنند. در کارگاه‌های پروژه‌محور، دانشجویان در گروه‌های چندرشته‌ای با چالش‌های

1- Massive open online course

4- Coursera

7- Georgia Institute of Technology

2- Micro-credentials

5- Design thinking

3- EdX

6- Technology-based innovation

واقعی صنعت کار می‌کنند و، علاوه بر دانش تخصصی، مهارت‌های رهبری، تفکر انتقادی و کار گروهی را می‌آموزند. این تجربه آمادگی فارغ‌التحصیلان را برای بازار کار و نقش آفرینی در زیست بوم نوآوری و کارآفرینی افزایش می‌دهد. به‌ویژه در مهندسی پلیمر، این مهارت‌ها برای توسعه پایدار و رقابت پذیری حیاتی‌اند و بازنگری در برنامه‌های آموزشی با تمرکز بر مهارت‌های نرم و کارآفرینی فناورانه ضرورت راهبردی دارد.

۴-۷. تقویت مشارکت صنعت در آموزش

در آموزش مهندسی نوین، مشارکت فعال صنعت با دانشگاه امری کلیدی است و صنایع پلیمری در طراحی سرفصل‌ها، تعریف پروژه‌های کاربردی، تأمین منابع پژوهشی و اجرای کارآموزی‌های ساختارمند نقش حیاتی دارند. در بسیاری از دانشگاه‌های پیشرو جهان، بخشی از دروس تخصصی را متخصصان با سابقه صنعتی تدریس می‌کنند. این افراد که «استادان صنعتی» شناخته می‌شوند تجربیات عملی و دانش روز بازار را به کلاس‌های درس وارد می‌کنند. حضور آنان موجب نزدیکی مفاهیم آموزشی به واقعیت‌های صنعت و آشنایی دانشجویان با چالش‌ها و روندهای فناوری در محیط‌های صنعتی می‌شود. علاوه بر این، طرح‌های تحقیقاتی و پایان‌نامه‌ها با حمایت مالی یا راهبری مستقیم صنایع انجام می‌گیرند. این همکاری‌ها نه تنها موجب افزایش کاربردی بودن پژوهش‌ها می‌شود بلکه فرصت کارآموزی تحقیقاتی، اشتغال پس از فارغ‌التحصیلی و انتقال فناوری را به شرکت‌های صنعتی فراهم می‌آورد. همچنین بسیاری از برنامه‌های آموزشی موفق، از سال‌های ابتدایی تحصیل در مقطع کارشناسی، دانشجویان را از طریق بازدیدهای صنعتی، دوره‌های کارورزی ساختاریافته و برنامه‌های راهبری^۲ با فضای واقعی صنعت آشنا می‌کنند. این تجربه‌های میدانی در کنار آموزش دانشگاهی باعث شکل‌گیری نگرش واقع‌بینانه و مهارت‌محور در دانشجویان می‌شود (Abbassian et al., 2010; Moghadas et al., 2019). تحولات جهانی آموزش مهندسی پلیمر نشان‌دهنده گذار از نظام سنتی نظری به الگویی همیارانه، پروژه‌محور، فناورانه و میان‌رشته‌ای با پیوند نزدیک به صنعت است و بازنگری عمیق در ساختار آموزشی برای همگام‌سازی ایران ضروری است. این بازنگری می‌بایست در چند سطح دنبال شود:

- به‌روزرسانی محتوای درسی و افزودن دروس جدید متناسب با فناوری‌های نوین و نیازهای واقعی صنعت پلیمری؛
- اصلاح روش‌های تدریس و ارزشیابی، با استفاده از بهره‌گیری از روش‌های همیارانه، مانند یادگیری مبتنی بر پروژه و ارزیابی مستمر مهارت‌محور؛
- ایجاد ساختارهای ارتباطی پایدار با صنعت به وسیله نهاد‌های مشترک دانشگاه-صنعت، مراکز نوآوری مشترک و دفاتر انتقال فناوری؛

• توانمندسازی استادان و دانشجویان در همکاری با صنعت از طریق برنامه‌های فرصت مطالعاتی صنعتی برای اعضای هیئت علمی و فراهم‌سازی زیرساخت‌های حضور دانشجویان در شرکت‌ها. چنین تحولی نه تنها به ارتقای کیفیت آموزش مهندسی پلیمر در کشور منجر خواهد شد بلکه زمینه‌ساز توسعه نوآوری‌های صنعتی، افزایش اشتغال‌پذیری فارغ‌التحصیلان و ارتقای رقابت‌پذیری صنایع پلیمری در سطح منطقه‌ای و جهانی خواهد بود.

۵. تطبیق برنامه درسی مهندسی پلیمر با استانداردهای بین‌المللی

برای ارتقای کیفیت آموزش مهندسی پلیمر در ایران و همگام‌سازی با تحولات جهانی، بررسی تطبیقی برنامه‌های آموزشی دانشگاه‌های برتر نقاط قوت و ضعف نظام داخلی را شناسایی و راهکارهای بهبود آن را مطرح می‌کند. براین اساس، ساختار برنامه‌های آموزشی مقطع کارشناسی در سه دانشگاه پیشرو جهان را در حوزه مهندسی مواد و پلیمر، شامل مؤسسه فناوری ماساچوست، دانشگاه RWTH آخن و دانشگاه توکیو، با برنامه درسی موجود در ایران مقایسه کرده و نتایج را در جدول ۱ نمایش داده‌ایم (Polymer Engineering Undergraduate Program, 2017; PPSM, 2025; University of Tokyo, 2025; Rwth-Aachen, 2025). این مقایسه شامل جنبه‌هایی، از جمله آموزش عملی، دروس پروژه‌محور، محتوای میان‌رشته‌ای، آموزش نرم‌افزارها و زبان تخصصی، انعطاف‌پذیری انتخاب گرایش، تجربه صنعتی و آموزش برخط، است که به بهبود کیفیت آموزش در کشور ما منجر می‌شود.

جدول ۱. مقایسه برنامه درسی مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر در دانشگاه‌های ایران و دانشگاه‌های بین‌المللی منتخب

معیار ارزیابی	دانشگاه‌های ایران	دانشگاه‌های بین‌المللی
آموزش عملی و آزمایشگاه	محدود و حدود ۲۰ درصد، غالباً تمرین آزمایشگاهی ساده و تکراری	گسترده و بیش از ۳۵ درصد، با تجهیزات آزمایشگاهی و پروژه‌های واقعی
دروس پروژه‌محور	محدود به پایان‌نامه	پروژه‌های تحقیقاتی یا طراحی مهندسی اجباری در دو تا چهار ترم
محتوای میان‌رشته‌ای	محدود به شیمی پلیمر	تلفیق با زیست‌مواد، نانو، انرژی، طراحی صنعتی، علوم داده
آموزش نرم‌افزارهای تخصصی	اختیاری یا اغلب شامل معرفی کلی بدون تمرین عملی	الزامی و آموزش دقیق نرم‌افزارهایی چون MATLAB, Moldflow, COMSOL, ANSYS
زبان تخصصی پلیمر	اختیاری	الزامی و بخشی از سرفصل رسمی
انعطاف‌پذیری انتخاب گرایش	بسیار محدود	بالا
تجربه صنعتی	محدود به کارآموزی و بدون چارچوب مشخص	استاد مدعو صنعتی، دوره‌های رسمی کارآموزی، همکاری با شرکت‌ها، پروژه صنعتی
آموزش برخط و ترکیبی	بسیار محدود یا غایب	وجود دوره‌های برخط گسترده MOOCs

بررسی تطبیقی برنامه‌های مهندسی پلیمر در ایران و دانشگاه‌های برتر نشان می‌دهد ارتقای کیفیت این رشته در ایران نیازمند تغییرات بنیادین است. دانشگاه‌های پیشرو آموزش نظری را با مهارت‌های عملی، تجربه صنعتی و نگاه آینده‌نگر تلفیق می‌کنند درحالی‌که برنامه‌های ایرانی همچنان سنتی و کمتر مهارت‌محور هستند. برای انطباق با استانداردهای جهانی، می‌بایست سهم آموزش عملی و پروژه‌محور افزایش یابد؛ تجربه اجرای دست‌کم دو پروژه کاربردی در سال فراهم شود؛ حدود ۳۰ درصد از دوره به آزمایشگاه، طراحی و شبیه‌سازی اختصاص یابد و آموزش عملی و اجباری نرم‌افزارهای تخصصی گنجانده شود.

از سوی دیگر، تقویت پیوند با صنعت از طریق کارآموزی ساختاریافته، طراحی پایان‌نامه‌های کاربردی با همکاری مستقیم صنایع و بهره‌گیری از مدرسان صنعتی در دروس تخصصی از اقدامات کلیدی کاهش شکاف بین دانشگاه و صنعت است. ساختار رسمی کارآموزی که شامل ارزیابی صنعتی، استاد ناظر و نمره مشخص می‌شود، مشابه تجربه موفق دانشگاه RWTH آلمان، به ارتقای آمادگی شغلی دانشجویان کمک می‌کند. برنامه درسی می‌بایست با دروس میان‌رشته‌ای و فناوری‌محور، مانند زیست‌مواد، مهندسی سطح، طراحی صنعتی و یادگیری ماشین، غنی شود تا دانشجویان آماده چالش‌های نوظهور شوند. توسعه مهارت‌های نرم، شامل نگارش فنی، ارائه علمی و زبان تخصصی، نیز ضروری است. علاوه بر این، ایجاد پایگاه‌های صنعتی و تعریف پروژه‌های واقعی به عنوان پایان‌نامه زمینه همکاری مستمر دانشگاه و صنعت و تحول بنیادین در آموزش مهندسی پلیمر را فراهم می‌کند.

۶. پیشنهاد‌های بازنگری در برنامه درسی و بهبود آن

با توجه به فاصله برنامه‌های آموزشی مهندسی پلیمر در ایران با نیازهای صنعت و استانداردهای بین‌المللی، بازنگری اساسی در ساختار، محتوا، روش‌های آموزشی و ارزیابی دانشجویان ضروری به نظر می‌رسد. در این بخش، پیشنهادهایی در سه سطح ساختاری، محتوایی و اجرایی مطرح می‌کنیم تا کیفیت آموزش و هم‌خوانی آن با تحولات علمی و صنعتی ارتقا یابد.

۶-۱. پیشنهاد‌های ساختاری

• طراحی چارچوب آموزشی مبتنی بر شایستگی

ضروری است چارچوب برنامه درسی بر مبنای مهارت‌ها و دانش‌های کلیدی مورد نیاز مهندس پلیمر طراحی شود. شایستگی‌ها شامل مواردی، چون تحلیل فرایندهای صنعتی، انتخاب مواد مناسب، طراحی مهندسی، شبیه‌سازی فرایندها، کار گروهی مؤثر و تفکر سیستمی، هستند. در این رویکرد، گذراندن دروس به تنهایی کافی نیست بلکه می‌بایست توانمندی‌های واقعی و عملی دانشجوی مبنای ارزشیابی قرار گیرد (Memarian, 2023؛ Memarian, 2024).

• جداسازی مسیرهای تخصصی در دوره کارشناسی

پیشنهاد می‌کنیم دانشجویان مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر از سال سوم امکان انتخاب مسیرهای تخصصی متنوعی را داشته باشند؛ برای مثال، پلیمرهای مهندسی (با کاربرد در خودروسازی و صنایع سنگین)؛ پلیمرهای پزشکی و زیستی؛ بسته‌بندی و پلیمرهای غذایی؛ نانوپلیمرها و کامپوزیت‌ها. چنین ساختاری امکان تمرکز بیشتر، یادگیری عمیق‌تر و آمادگی بهتر را برای ورود به بازار کار تخصصی فراهم می‌کند.

۲-۶. پیشنهادهای محتوایی

• بازنگری در دروس نظری با رویکرد حل مسئله و کاربردی‌سازی محتوا

مشاهدات و بازخورد دانشجویان نشان می‌دهد بسیاری از دروس نظری مهندسی پلیمر فرمول‌محور و کم‌ارتباط با نیازهای صنعت هستند و فارغ‌التحصیلان در به‌کارگیری مفاهیم مسائل واقعی ضعف دارند. برای رفع این مشکل، بازنگری در دروس نظری با رویکرد مسئله‌محور و صنعتی، استفاده از مطالعه موردی، تحلیل پروژه‌های صنعتی و منابع علمی به‌روز و طراحی زنجیره‌ای از مباحث پایه تا مراحل اجرایی را پیشنهاد می‌کنیم. در جدول ۲، پیشنهادهای اصلاحی برای وضعیت کنونی دروس نظری را مطرح کرده‌ایم.

جدول ۲. پیشنهادهای اصلاحی برای وضعیت کنونی دروس نظری

پیشنهاد اصلاحی	وضعیت کنونی
تلفیق نظریه با تحلیل موردی؛ طرح مثال‌های صنعتی و پروژه‌های کاربردی	دروس نظری بدون ارتباط با مسائل واقعی
استفاده از منابع روزآمد، مقالات علمی معتبر، گزارش‌های صنعتی و استانداردهای جهانی	منابع قدیم و اغلب ترجمه شده
طراحی مرحله‌ای و مکمل دروس	نابینوستگی محتوای دروس
تأکید بر درک مفهومی، تحلیل نتایج، تفسیر داده‌ها و کاربرد در طراحی واقعی	تمرکز بر حفظ فرمول‌ها و محاسبات
استفاده از روش‌های فعال یادگیری، مانند بحث گروهی، حل تمرین‌های چالشی، شبیه‌سازی و ارائه پروژه	آموزش منفعل و مبتنی بر سخنرانی

• افزایش و تقویت واحدهای عملی و مهارت‌محور

به‌منظور ارتقای توانمندی‌های عملی دانشجویان و ایجاد پیوند مؤثر میان دانش نظری و نیازهای واقعی صنعت، تقویت آموزش‌های کاربردی را در قالب سه محور اصلی پیشنهاد می‌کنیم:

الف) توسعه و تجهیز آزمایشگاه‌های تخصصی و نیمه‌صنعتی، نظیر رئولوژی و فرایندهای شکل‌دهی پلیمری، به‌منظور شبیه‌سازی وضعیت صنعتی و فراهم‌سازی بستر تجربه عملی؛

ب) تعریف پروژه‌های ترمی برای هر درس که با هدف حل مسائل واقعی، تحلیل فرایندها و طراحی کاربردی اجرا و باعث تلفیق دانش نظری با تجربه عملی شود؛

ج) آموزش مهارت‌محور و عملی نرم‌افزارهای تخصصی پُرکاربرد در صنعت پلیمر، از جمله Moldflow

ساختاریافته و پروژه‌های نرم‌افزار، که در مجموع موجب افزایش آمادگی شغلی، توان تحلیلی و قابلیت اجرای پروژه‌های صنعتی و پژوهشی در دانشجویان خواهد شد.

- افزودن دروس میان‌رشته‌ای و نوظهور

برای همگام شدن با تحولات علمی و صنعتی، می‌بایست دروس نوین و کاربردی، مانند علوم داده در مواد، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، پلیمرهای زیست‌سازگار، پایداری و بازیافت، مهندسی سطح و پوشش‌های هوشمند، مدیریت صنعتی و نوآوری و کارآفرینی پلیمری، در برنامه درسی گنجانده شوند.

- افزایش سهم زبان تخصصی و مهارت‌های نرم

برای تقویت مهارت‌های حرفه‌ای و ارتباطی دانشجویان مهندسی پلیمر، آموزش زبان تخصصی انگلیسی و مهارت‌های نرم ضروری است. این آموزش‌ها شامل تحلیل مقالات علمی، نگارش گزارش فنی، ارائه مطالب، تفکر انتقادی، کار گروهی و مدیریت پروژه می‌شود تا آمادگی شغلی و موفقیت حرفه‌ای فارغ‌التحصیلان افزایش یابد.

- ۳-۶. پیشنهاد‌های اجرایی و عملیاتی

- بازنگری در نظام ارزشیابی دانشجو

یکی از گام‌های مهم در بهبود آموزش مهندسی پلیمر بازنگری در روش‌های ارزشیابی است. ارزشیابی سنتی مبتنی بر امتحان پایان‌ترم توانایی حل مسائل عملی و یادگیری خلاقانه را نمی‌سنجد. پیشنهاد می‌کنیم بخشی از نمره به پروژه‌های کاربردی، ارائه علمی، تحلیل موردی و تمرین گروهی اختصاص یابد و یادگیری مبتنی بر پروژه در دست‌کم ۳۰ درصد از واحدها اجرا شود تا مهارت‌های عملی، تفکر تحلیلی و کار گروهی تقویت شود.

- تقویت پیوند دانشگاه و صنعت

یکی از شکاف‌های مهم آموزش مهندسی پلیمر نبود همکاری منظم دانشگاه و صنعت است. رفع این مشکل مستلزم اجرای پروژه‌های پایان‌نامه مشترک با صنعت و برنامه‌های کارآموزی دست‌کم شش‌ماهه و نیز حضور متخصصان صنعتی در تدریس و آموزش‌های کاربردی است تا آموزش با تجربیات واقعی صنعت همسو شود.

- ایجاد امکان یادگیری ترکیبی و فناورمحور

در عصر تحول دیجیتال و توسعه فناوری‌های آموزشی، بازنگری در شیوه‌های ارائه محتوا و ایجاد

فرصت‌های یادگیری ترکیبی به ضرورت بدل شده است. استفاده از زیرساخت‌های آموزش مجازی برای آموزش دروس نظری، تمرین‌های همیارانه و شبیه‌سازی‌های مجازی بهره‌وری آموزشی را افزایش و محدودیت‌های مکانی و زمانی را کاهش می‌دهد. توسعه دوره‌های برخط گسترده (MOOC) با مشارکت استادان دانشگاه‌ها و کارشناسان صنعت اقدامی راهبردی برای گسترش عدالت آموزشی و توسعه مهارت‌های تخصصی است. همچنین بهره‌گیری از فناوری واقعیت مجازی (VR) در آموزش فرایندهای پیچیده صنعتی، مانند قالب‌گیری، رولوژی، فرایندهای ترکیب و شکل‌دهی مواد، امکان نزدیک شدن به محیط واقعی صنعت را برای دانشجویان فراهم می‌کند.

در مجموع، چارچوب نظری این مطالعه بر گذار از آموزش سنتی مبتنی بر محتوا به الگوی آموزش شایستگی‌محور و تجربه‌محور تأکید دارد. افزایش سهم فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی، توسعه یادگیری پروژه‌محور، استفاده نظام‌مند از نرم‌افزارهای تخصصی و تقویت همکاری پایدار دانشگاه و صنعت اجزای اصلی این چارچوب به‌شمار می‌روند. چنین رویکردی، علاوه بر تقویت دانش نظری، موجب پرورش مهارت‌های کاربردی، میان‌رشته‌ای و نرم می‌شود و زمینه توانمندسازی دانشجویان را در نوآوری و حل مسائل واقعی صنعت فراهم می‌آورد. همچنین ورود فناوری‌های نوظهور به برنامه‌های درسی پلیمر ظرفیت دانشگاه‌ها را برای تربیت نیروی انسانی توانمند در پاسخ‌گویی به تحولات سریع صنعت و علم به‌شکل محسوس ارتقا می‌دهد (Sotudeh et al., 2012).

۷. چالش‌ها و موانع پیش رو

هرگونه تلاش در بازنگری ساختار و محتوای برنامه درسی، به‌ویژه در رشته‌های مهندسی، مانند مهندسی پلیمر، با چالش‌ها و موانعی در سطوح سیاست‌گذاری، اجرایی، فرهنگی و زیرساختی روبه‌روست. به‌رغم افزایش آگاهی مسئولان و دانشگاهیان از شکاف بین آموزش دانشگاهی و نیازهای واقعی صنعت، بسیاری از نهادهای آموزش عالی در اجرای اصلاحات بنیادین و اثربخش برنامه‌های درسی ناکام مانده‌اند (Mohammadi et al., 2023). در بخش حاضر، چالش‌ها و موانع اصلی را بررسی و تصویری جامع از موانع موجود ترسیم می‌کنیم.

۷-۱. چالش‌های سطح کلان (سیاست‌گذاری و نظام آموزش عالی)

یکی از چالش‌های اصلی آموزش مهندسی پلیمر ساختار دیوان‌سالارانه (بروکراتیک) و غیرانعطاف‌پذیر بازنگری در سرفصل‌هاست که با تحولات سریع فناوری و نیازهای صنعت ناهمسوست. تمرکز بیش از حد بر آموزش نظری و مدرک‌محور مهارت‌های عملی فارغ‌التحصیلان را تضعیف می‌کند و ارزیابی کیفیت آموزشی اغلب توانمندی واقعی آنان را برای بازار کار بازتاب نمی‌دهد. همچنین ضعف سیاست‌گذاری مبتنی بر داده‌های دقیق و نیازسنجی واقعی صنعت موجب شده است تصمیمات کلان بدون پشتوانه اطلاعاتی جامع

گرفته شوند. نبود بانک اطلاعاتی جامع از مهارت‌های مورد نیاز صنعت پلیمری کشور و ناتوانی در تحلیل نظام‌مند شکاف‌های آموزشی برنامه‌ریزی‌های اصلاحی را ناکارآمد ساخته است (Memarian, 2011).

۲-۷. چالش‌های سطح میانی (دانشگاه و دانشکده‌ها)

در سطح دانشگاه، کمبود زیرساخت‌های عملی، شامل تجهیزات مدرن، آزمایشگاه‌های صنعتی و نرم‌افزارهای تخصصی، همچنین محدودیت‌های بودجه و ارتباط ضعیف با صنعت آموزش کاربردی را محدود کرده است. علاوه بر این، مقاومت فرهنگی و ساختاری برخی دانشکده‌ها در برابر نوآوری پذیرش تغییر و جذب استادان باتجربه صنعتی را دشوار می‌کند.

۳-۷. چالش‌های سطح خرد (استادان و دانشجویان)

در سطح فردی، یکی از موانع اصلی مقاومت برخی اعضای هیئت علمی در برابر رویکردهای نوین آموزشی است. آشنایی ناکافی با روش‌هایی نظیر آموزش پروژه‌محور (PBL)، کلاس معکوس و آموزش میان‌رشته‌ای موجب شده است بیشتر دروس به صورت تئوری و با اتکا بر جزوات قدیم و منابع ترجمه شده تدریس شوند. این امر خلاقیت، همکاری و یادگیری عمیق دانشجویان را محدود می‌سازد. علاوه بر این، در برنامه‌های درسی به مهارت‌های نرم و زبان تخصصی انگلیسی توجه چندانی نشده است. ضعف آموزش زبان علمی و مهارت‌های ارتباطی همراه با نبود راهنمایی شغلی و ناکافی بودن آگاهی دانشجویان از نیازهای صنعت توانایی بهره‌گیری از منابع جهانی و انزوای علمی و حرفه‌ای دانشجویان را کاهش می‌دهد.

۴-۷. چالش‌های فنی

از نظر فنی، یکی از چالش‌های برجسته عقب‌ماندگی نرم‌افزاری و دیجیتال در حوزه آموزش مهندسی پلیمر است. بسیاری از دروس پشتیبانی نرم‌افزاری برای شبیه‌سازی فرایندها و تحلیل‌های تخصصی ندارند. آموزش نظام‌مند نرم‌افزارهای کلیدی، مانند MATLAB، Moldflow، COMSOL و Python، در زمینه‌های پلیمری هنوز در بیشتر دانشگاه‌ها وجود ندارد یا پراکنده و غیرکاربردی است. همچنین ضعف جدی در تولید محتوای دیجیتال و آموزش مجازی در این رشته مشهود است. با وجود پیشرفت فناوری‌های آموزشی، بسیاری از دروس همچنان بر اساس جزوه‌نویسی سنتی و بدون محتوای تعاملی دیجیتال تدریس می‌شوند. نبود زیرساخت‌های تخصصی مجازی در آموزش مهندسی پلیمر انتقال مفاهیم پیچیده را دشوار و دسترسی فراگیر دانشجویان را محدود کرده است.

۵-۷. چالش‌های فرهنگی و اجتماعی

در بُعد فرهنگی و اجتماعی، برخی از مدیران، استادان و حتی دانشجویان دیدگاهی سنتی به رشته

مهندسی پلیمر دارند و آن را رشته‌ای کم‌کاربرد می‌دانند. این نگاه منسوخ مانع جذب حمایت، نوسازی زیرساخت‌ها و ارتقای جایگاه این رشته در نظام آموزش عالی کشور می‌شود. همچنین نبود رقابت سالم و اثربخش میان دانشگاه‌های مجری این رشته کیفیت برنامه‌های آموزشی را تا حدی یکنواخت و بدون نوآوری نگه داشته است. غیاب شاخص‌های رقابتی، مانند رتبه‌بندی کیفی یا انتشار گزارش‌های عملکرد آموزشی، انگیزه بهبود مستمر برنامه‌ها را ایجاد نکرده است.

ادامه چالش‌های فعلی فاصله آموزش دانشگاهی و نیازهای صنعت را افزایش و اشتغال‌پذیری فارغ‌التحصیلان را کاهش می‌دهد و موجب کمبود نیروی متخصص در صنایع پلیمری می‌شود که به خروج نخبگان و ازدست‌رفتن فرصت‌های توسعه صنعتی و فناورانه می‌انجامد. بنابراین، بازنگری در برنامه درسی مهندسی پلیمر نه تنها ضرورت آموزشی است بلکه مأموریتی ملی و نیازمند برنامه‌ریزی، تأمین منابع، توانمندسازی مدرسان و ایجاد انگیزه ساختاری تغییر به شمار می‌آید.

۸. نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر ضرورت و الزامات بازنگری در برنامه درسی کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران را بررسی و وضعیت فعلی آموزش، شکاف میان نیازهای صنعت و روندهای جهانی، و راهکارهای تحول‌آفرین را شناسایی کرد. با توجه به تغییرات سریع فناوری و نیاز بازار کار به مهارت‌های عملی، اصلاح برنامه‌های درسی این رشته ضرورتی فوری و راهبردی ملی است.

مطالب اشاره شده نشان دادند که شکاف درخور توجهی میان محتوای آموزشی مهندسی پلیمر در ایران و نیازهای صنعت وجود دارد؛ مهارت‌های کلیدی، مانند طراحی فرایند، شبیه‌سازی، تحلیل داده‌ها، زبان تخصصی و توانمندی‌های بین‌رشته‌ای به‌طور ناکافی منتقل می‌شوند و آموزش عمدتاً تئوریک است. مقایسه با دانشگاه‌های برتر جهان عقب‌ماندگی نظام آموزشی کشور را نشان می‌دهد. مسیر بازنگری با چالش‌های چندلایه، از جمله ساختارهای دیوان‌سالارانه، کمبود زیرساخت‌ها، ناآشنایی استادان با روش‌های نوین و نگاه محافظه‌کارانه، روبه‌روست چنان‌که بدون رفع این موانع اصلاحات اثربخش نخواهند بود.

یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج پژوهش‌های پیشین داخلی همسوست و ضعف برنامه‌های آموزشی و شکاف میان دانشگاه و صنعت را تأیید می‌کند. با تحلیل برنامه‌های درسی، منابع آموزشی و تجربه‌های عملی، کاستی‌ها را مستند و با الهام‌گرفتن از دانشگاه‌های معتبر بین‌المللی چارچوبی کاربردی و بومی برای بازنگری در برنامه طراحی کردیم. این چارچوب هم با روندهای جهانی، مانند یادگیری مبتنی بر پروژه، رویکرد میان‌رشته‌ای و همکاری دانشگاه و صنعت، هم‌خوانی دارد و هم قابلیت اجرایی و اثرگذاری واقعی را در بهبود آموزش مهندسی پلیمر ایران فراهم می‌کند. شایان ذکر است که یافته‌های این پژوهش در سه سطح زیر تعمیم پذیرند:

الف) درون‌رشته‌ای: نتایج در همه دانشکده‌های مهندسی پلیمر کشور، با فراهم‌سازی زیرساخت‌های

آموزشی و تقویت ارتباط با صنعت، کاربرد دارند.

ب) **بین رشته‌ای:** اصولی، چون یادگیری پروژه محور، آموزش میان رشته‌ای و همکاری دانشگاه و صنعت، ماهیت عمومی در آموزش مهندسی دارند و با تغییرات جزئی و جایگزینی نرم افزارهای تخصصی و غیره در رشته‌هایی مانند مهندسی مواد، مکانیک و شیمی نیز پیاده سازی می‌شوند.

ج) **ملی:** چارچوب ارائه شده مبنای سیاست‌گذاری آموزشی در سطح ملی است و آموزش مهندسی را با نیازهای صنعت و استانداردهای جهانی همگام می‌سازد.

با توجه به اینکه مطالعه حاضر به موانع فرهنگی/سازمانی، از جمله نگاه کم‌کاربرد به رشته مهندسی پلیمر، نبود سازوکار بهبود مستمر و فرسودگی زیرساخت‌های آموزشی، اشاره دارد، تعمیم موفق یافته‌های آن مستلزم توجه به برخی ملاحظات زمینه‌ای، از جمله نوسازی زیرساخت‌های آزمایشگاهی، تقویت فرهنگ سازمانی دانشگاه‌ها و ایجاد مشوق‌های مؤثر بر مشارکت صنعت، است. توجه به این پیش‌نیازها اثربخشی چارچوب پیشنهادی را در سطحی گسترده‌تر تضمین خواهد کرد.

References

- Abbasian, A. & MohammadHosseinpour, P. (2009). Optimization of engineering education in Iran and the world: a case study of polymer engineering. *Engineering Education Conference in 2025*, (pp. 1-10). Tehran [in Persian].
- Abbasian, A. & Mohammad Hosseinpour, P. (2010). Benchmarking of polymer engineering education in Iran and the world. *Technical Faculty Journal*, 67-78 [in Persian].
- ABET. (2025). Retrieved from <https://www.abet.org/>.
- Aldieri, L. (2021). Knowledge spillovers and technical efficiency for cleaner production: an economic analysis from agriculture innovation. *Journal of Cleaner Production*, 128830.
- Anjelino, H. (2003). Engineering education and personal development in germany, france and united kingdom examples for establishing continuing professional development of engineers in japan. *NIJ Journal*.
- Bakhtiarinejad, F. & Sheykhani, N. (2016). Engineering programs revision for technology development. *Journal of Rhyafi*, [in Persian].
- Chini, A. (2024). Accreditation of civil engineering education programs in the united states of america. *Iranian Journal of Engineering Education*, [in Persian].
- Ghasemi, P. (2021). Analysis of new project-based education methods in improving problem-solving skills. *Journal of Research and Innovation in Education and Development*, [in Persian].
- Ghazanfarian, J. (2024). Improving the efficiency of the mechanical engineering curriculum by combining a native, global, and future-oriented perspective. *Iranian Journal of Engineering Education*, 1-19 [in Persian].
- Ghiass, M. (2011). Importance and situation of theoretical researches in polymer science and engineering. *Basparesh Educational and Research Quarterly Journal*, 37-46 [in Persian].
- globenewswire. (2022). Retrieved from <https://www.globenewswire.com/>.
- Hadavand, S. (2010). Management of comprehensive quality in engineering educational programs. *Iranian Journal of Engineering Education*, 12-27 [in Persian].
- Hadavand, S. & Sadeghiyan, S. (2008). Indecision about cooperation between government, university and industry. *Iranian Journal of Engineering Education*, 1 [in Persian].
- Haghshenas Gorgani, H. & Jahantigh Pak, A. (2024). Responding to the needs of today's industry by updating the mechanical engineering curriculum using a two-stage quality function deployment. *Iranian Journal of Engineering Education*, 147-156 [in Persian].

- Hajipour, M. (2024). Qualitative analysis of the effect of soft skills training on students' academic success. *Journal of Research and Innovation in Education and Development*, [in Persian].
- Hu, Z. (2023). Recycling of kerf loss silicon: an optimized method to realize effective elimination of various impurities. *Waste Management*, 230-239.
- ICrowdNewswire. (2024). Retrieved from <https://icrowdnewswire.com/2024/08/27>.
- Iisna. (2016). Retrieved from <https://www.isna.ir/news/93071407555>.
- Khodaparast Haghi, A. (2007). Engineering education based on problem based learning, a review on aalborg denmark university. *Iranian Journal of Engineering Education*, [in Persian].
- Khodayi, E., Keykha, A., & Sadeghinia, Z. (2024). The quality of engineering education from the perspective of content analysis. *Iranian Journal of Engineering Education*, 77-103 [in Persian].
- Knight, J. (2011). Education hubs: a fad, a brand, an innovation? *Journal of Studies in International Education*, 221-240.
- Lucintel. (2025). Retrieved from <https://www.lucintel.com/polymer-market>.
- Margaryan, A. (2015). Instructional quality of massive open online courses (MOOCs). *Computers & Education*, 77-83.
- Mehrnews. (2024). Retrieved from <https://www.mehrnews.com/news/5869018>.
- Memarian, H. (2011). Shortcomings of engineering education programs in iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 53-74 [in Persian].
- Memarian, H. (2023). Internal and external evaluation for improving quality in engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, 29-55 [in Persian].
- Memarian, H. (2024). Strategies for improving the quality of engineering education in iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 29-48 [in Persian].
- Moghadas, J., Yasrebi, N., Sadati, A., & Taghavi, M. (2019). Study and comparison of the curriculum and teaching methods of chemical engineering in american and iranian universities. *Iranian Journal of Engineering Education*, 25-45 [in Persian].
- Mohammadi, R., Khodai, E., & Eshaghi, F. (2023). Quantitative trends in the expansion of engineering education in iran and the challenges of improving its quality. *Iranian Journal of Engineering Education*, 105-128 [in Persian].
- *Polymer Engineering Undergraduate Program*. (2017). Supreme Planning Council of the Ministry of Science, Research and Technology, Retrieved from <https://www.msrt.ir/fa>.
- PPSM. (2025). Retrieved from poragram in polymers and soft matter: <https://ppsm.mit.edu>.
- Rwth-Aachen. (2025). Retrieved from <https://www.rwth-aachen.de>.
- Sadeghmand, F., Mohamadi, R., & Zamanifar, M. (2017). Internal evaluation and quality of improvement of the curriculum in engineering departments. *Iranian Journal of Engineering Education*, 45-67 [in Persian].
- Shojaei, A. (2007). Gas engineering, polymer engineering and food engineering. *The 7th National Chemical Engineering Student Conference*, (pp. 1-7). Shiraz [in Persian].
- Sotudeh Gharebagh, R., Gorji Kandi, S. & Masoumi Godarzi, S. (2012). Retrospective glance at the improvement of chemical engineering education in Iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 51 [in Persian].
- University of Tokyo. (2025). Retrieved from <https://www.u-tokyo.ac.jp/en/about/gx/education>.
- wikipedia. (2025). Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Education_in_Iran.
- Yaghoubi, M., Motahharinejad, H., & Davami, P. (2012). Requirements of engineering education for meeting the needs of industry in Iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 23 [in Persian].
- Yazdanpanah, M., Hassani, M. & Galavandi, H. (2022). Assessing the status and prioritization of non-technical skills of engineering graduates in the fourth industrial revolution from the perspective of employers and graduates. *Iranian Journal of Engineering Education*, 3-26 [in Persian].
- Zhang, J. & Bonk, C. (2016). MOOCs and open education in the global south: Challenges, successes, and future directions. *Asian Association of Open Universities Journal*, 1-14.



◀ **سارا تراشی:** مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی شیمی از دانشگاه صنعتی اصفهان و مدارک کارشناسی ارشد و دکترای خود را از دانشگاه صنعتی امیرکبیر در رشته مهندسی پلیمر دریافت کرده است. از ۱۴۰۲ عضو هیئت علمی دانشگاه تهران است.



◀ **هلما وکیلی:** مدارک کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترای خود را از دانشگاه صنعتی امیرکبیر در رشته مهندسی پلیمر دریافت کرده و از ۱۴۰۲ عضو هیئت علمی دانشگاه تهران است.



◀ **سیدمصطفی حسینی:** مدرک کارشناسی خود را از دانشگاه صنعتی امیرکبیر و مدارک کارشناسی ارشد و دکترای خود را از دانشگاه تربیت مدرس در رشته مهندسی پلیمر دریافت کرده و از ۱۴۰۲ عضو هیئت علمی دانشگاه تهران است.

شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی در رشته‌های مهندسی

سیدعلی مسیبی^۱ و محمود خانی الموتی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۱

DOI: 10.22047/ijee.2025.487523.2130

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.7.1

چکیده: امروزه، دستیاران آموزشی نقش انکارناپذیری در بهبود یادگیری دانشجویان دارند. بنابراین، شناسایی و رفع مشکلات دانشجویان کیفیت آموزش و یادگیری آنان را به‌طور درخور توجهی بهبود خواهد بخشید. هدف پژوهش حاضر شناسایی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر عملکرد دستیاران آموزشی بوده و راهکارهای بهبود عملکرد آنان را نیز مطرح کرده است. براین اساس، پس از شناسایی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار، پرسش‌نامه‌ای در اختیار ۱۵۶ نفر از دانشجویان با سابقه دستگیری آموزشی قرار گرفت و میزان پایایی پرسش‌نامه براساس روش آلفای کرونباخ ۰/۷۸ برآورد شد. برای بررسی درستی روابط در نظر گرفته شده در مدل پژوهش، از تحلیل عاملی تأییدی (CFA) استفاده کردیم. نتایج نشان‌دهنده وجود رابطه‌ای معنادار میان هر شش متغیر پنهان، با سازه اصلی عملکرد دستیاران، بود. همچنین، از دید بیشتر دستیاران (۹۶ درصد)، هماهنگی بیشتر با استادان از طریق برگزاری جلسات منظم از نکات تأثیرگذار به‌شمار می‌رود. از سویی، اغلب دستیاران آموزشی (۸۳ درصد) با تکرار دوباره همه مطالب بیان‌شده استادان چندان موافق نیستند و بیشتر آنان (۷۱ درصد) برگزاری کارگاه‌های آموزشی مرتبط را چندان موجب افزایش مهارت تدریستان نمی‌دانند.

واژگان کلیدی: دستیاران آموزشی، دانشجویان رشته‌های مهندسی، آموزش، تحلیل عاملی تأییدی

۱- استادیار دانشکده مهندسی راه‌آهن دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). mosayebi@iust.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری مهندسی حمل‌ونقل دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران. mahmoudkhani1378@aut.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه، دستیاران آموزشی (TA) نقش حیاتی و انکارناپذیری در کیفیت آموزش دارند چراکه به دانشجویان در شفاف‌سازی مفاهیم دشوار کمک می‌کنند. همچنین ایشان با بیان دیدگاه‌های خود و طرح روش‌های آموزشی گوناگون و خلاقانه مشارکت دانشجویان را در مباحث کلاسی و نیز یادگیری آنان را افزایش می‌دهند. با توجه به زمان اندک تدریس، استادان ممکن است قادر به تکرار مفاهیم درسی و حل مسائل هر بخش نباشند. از این رو، دستیاران آموزشی، با توجه به فرصتی که دارند، به مرور مفاهیم درسی بیان‌شده توسط استادان و حل مسائل می‌پردازند و از این طریق به افزایش یادگیری و آمادگی دانشجویان برای امتحانات کمک می‌کنند.

به طور کلی، امروزه اشتغال نیمه‌وقت دانشجویان مقاطع تحصیلات تکمیلی با هدف کمک به آموزش و افزایش یادگیری دانشجویان مقطع کارشناسی در دانشگاه‌ها در حال افزایش است به گونه‌ای که شمار دانشجویان فارغ‌التحصیلی که در آموزش عالی انگلستان در مقام دستیار آموزشی به آموزش دانشجویان کارشناسی کمک می‌کنند به‌طور فزاینده‌ای در حال رشد است و در دانشگاه‌های آمریکای شمالی نیز از فارغ‌التحصیلان مقاطع تحصیلات تکمیلی به‌عنوان دستیار آموزشی، به‌ویژه در مقطع کارشناسی، بهره می‌برند (Abili et al., 2018). افزون بر این، در یک تقسیم بندی کلی و مطابق ادبیات موجود، دستیاران آموزشی به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱. دستیاران آموزشی در حال تحصیل در ترم‌های نهایی مقطع که UTA^۱ نامیده می‌شوند و ۲. دستیاران فارغ‌التحصیل که به آنان GTA^۲ می‌گویند (Reeves et al., 2016). در ادامه، برخی از پژوهش‌های مهم مرتبط با دستیاران آموزشی در داخل و خارج از کشور را خلاصه‌وار بررسی می‌کنیم. بومان (Boman, 2013) به چالش‌های دستیاران آموزشی در مدیریت کلاس درس پرداخته و چهار ویژگی دستیاران آموزشی فارغ‌التحصیلی، از جمله نوع، جنسیت، تجربه تدریس و رشته تحصیلی، را به‌عنوان متغیر بررسی کرده است. وی برای جمع‌آوری داده‌ها از پرسش‌نامه‌ای استفاده کرده که دارای دو بخش کلی «ویژگی‌های خود دستیاران آموزشی» و «نکات مربوط به رفتارهای دانشجویان» است و در پایان چند سؤال پایان‌باز دارد که بین دستیاران آموزشی بین‌المللی و نیز دستیاران خاص ایالات متحد توزیع شده است. تحلیل رگرسیون این مطالعه نشان می‌دهد که متغیرهای «نوع»، «تجربه تدریس» و «رشته تحصیلی» مهم‌ترین پیش‌بینی‌کنندگان مشکلات و نگرانی‌های کلاس هستند در حالی که جنسیت تأثیر چندانی ندارد.

لو و همکاران (Luo et al., 2000) اثربخشی برگزاری کارگاه‌های آموزشی را برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی‌ای که دارای سطوح متفاوت تجربه و سوابق فرهنگی بودند بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد شرکت‌کنندگان در طی دوره آموزشی به‌طور معناداری خودکارآمدی و رفتارهای آموزشی مؤثر خود را

افزایش داده‌اند، دلهرهٔ سخنرانی آنان در جمع کاهش یافته است و در مجموع تأثیر برگزاری کارگاه‌های آموزشی بر کارایی دانشجویان مثبت ارزیابی شده است.

از دیگر پژوهش‌های مرتبط با هدف شناسایی عوامل کمک‌کننده و نیز موانع انجام وظایف دستیاران آموزشی پژوهش‌های مربوط به همکاران (Marbouti et al., 2013) است که نشان می‌دهد ویژگی‌هایی، همچون برخورداری از دانش و تجارب قبلی و انگیزهٔ درونی، از عوامل مهم کمکی به‌شمار می‌روند. در سوی مقابل، نکاتی، همچون مبارزه با حجم کار سنگین، تعهد زمانی، درک ماهیت باز مشکلات و راه‌حل‌های دانش‌آموزان، از موانع مهم شناسایی شده‌اند. برخی بر این باورند که از آنجایی که تعداد بیشتری از اعضای هیئت‌علمی از روش‌های دانشجوی‌محور استفاده می‌کنند می‌بایست در آینده‌ای نزدیک منتظر افزایش دستیاران آموزشی فارغ‌التحصیل (GTA) باشیم که از آنان خواسته می‌شود در کلاس‌ها به‌طور مشترک با استادان تدریس کنند. رایت و همکاران (Wright et al., 2011)، ضمن بررسی چالش‌های پیش روی دستیاران آموزشی، براساس بازخوردهای دانشجویان و دستیاران آموزشی راهبردهای تسهیل‌یادگیری مؤثر دانشجویان را در دوره‌هایی که دستیاران آموزشی تدریس می‌کنند مطرح کرده‌اند.

گرین (Green, 2010)، در مطالعهٔ مرتبطی، مشکلات و نقاط قوت تدریس را از دید دستیاران آموزشی فارغ‌التحصیل دانشگاه بررسی کرده است. در این مطالعه، ده دانشجوی کارشناسی‌ارشد که درس آمار مقدماتی را تدریس می‌کردند انتخاب شدند و داده‌های موردنیاز پژوهش از طریق مصاحبه با آنان جمع‌آوری شد. نتایج تحلیل داده‌ها این ایده را تقویت کرد که «محتوا»، «آموزش» و «فناوری» جنبه‌های اصلی آموزش دورهٔ آمار مقدماتی هستند و دستیاران آموزشی تأکید داشتند که بهره‌گیری از راهکارهای روشن و نیز ایجاد فرصت‌های غنی‌سازی مهارت‌های آموزشی آنان تأثیرگذاری بر دانشجویان را افزایش می‌دهد. از دیگر پژوهش‌های این حوزه پژوهش کارتر (Carter et al., 2019) دربارهٔ نقش‌ها و مسئولیت‌های دستیاران آموزشی در رشتهٔ حقوق در استرالیا است که بزرگ‌ترین نظرسنجی در استرالیا تاکنون به‌شمار می‌رود و نظرسنجی از ۳۶۱ دستیار آموزشی را در مراکز آموزشی در بر می‌گیرد. نتایج حاکی از نیاز به تمرکز بیشتر بر حمایت از دستیاران دانشجویست و نشان می‌دهد دستیاران نیاز چندانی به آموزش تخصصی در زمینه‌های مرتبط با وظایف دستیاری خود احساس نمی‌کنند و بدان باور ندارند. بنابراین، الگوهای فعلی استفاده از دستیاران آموزشی ممکن است مشکل‌ساز و نیازمند بازنگری باشند. همچنین نتایج پژوهش ویکتورین (Viktorin, 2018) در این زمینه نشان می‌دهد همکاری برنامه‌ریزی‌شدهٔ دستیار با استاد درس به‌منظور رفع مشکلات و ابهامات آموزشی دانشجویان مهم‌ترین پیش‌شرط آموزش مؤثر و بی‌نقص است. داشتن سطح بالای دانش و توانایی تعامل مفید با دانشجویان از عوامل مؤثر بر بالابردن کیفیت آموزش به‌کمک دستیاران به‌شمار می‌رود. همچنین داشتن دو شاخصهٔ درک متقابل و بردباری برای دستیار آموزشی بسیار مهم ارزیابی شد.

ژو و همکاران (Zhu et al., 2013)، در مطالعهٔ مرتبط دیگری، با تمرکز بر یک نظرسنجی دانشجویی

بازخورد آموزش دستیاران آموزشی را بیان کرده‌اند. توسعه این نظرسنجی براساس چارچوب نحوه یادگیری افراد در قالب چهار بُعد (دانش محوری، فراگیرمحوری، ارزیابی محوری و جامعه‌محوری) است و برای ارزیابی تجربی آموزش GTA و یادگیری دانشجویان، به‌ویژه در رشته‌های مهندسی، به کار رفته است. در این پژوهش، از روش نظرسنجی در جمع‌آوری داده و تحلیل عاملی اکتشافی، به منظور تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده، استفاده و در نهایت سه عامل متمایز فردی، اجتماعی و ترکیبی در ساختار نظرسنجی شناسایی شده است.

بات (Butt, 2018) مطالعه‌ای کیفی با دیدگاه‌های متعدد در استرالیا انجام داده است تا صلاحیت دستیاران آموزشی را بررسی کند. براساس نتایج پژوهش وی، راهکار پیشنهادی تفکر واحد و صحیح منطبق کردن صلاحیت دستیاران با مزایایی، مانند مشوق و حقوق ثابت، است. وی همچنین ایجاد ساختار شغلی‌ای را که در آن دستیاران مسئول آموزش تکمیلی هستند توصیه کرده است. اهدای گواهی به آنان برای درج در رزومه‌شان نیز از دیگر نکات توصیه شده است.

معماریان و همکاران (Memarian et al., 2015) در مقاله «توسعه مهارت‌های یاددهی-یادگیری در دستیاران آموزشی برنامه‌های مهندسی» که جزو معدود مطالعات در زمینه‌های مشابه در داخل کشور به‌شمار می‌رود، ضمن بررسی داده‌های نظرسنجی‌ها از کارگاه‌های آموزشی پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران و استفاده از تجربیات مشابه در برخی از کشورها، راهکارهای آموزش دستیاران آموزشی مهندسی را در سطح ملی و مواجهه آنان را با چالش‌های موجود مطرح کرده‌اند. جدول ۱ برخی دیگر از مهم‌ترین مطالعات را در این زمینه معرفی می‌کند.

جدول ۱. برخی دیگر از مهم‌ترین مطالعات در زمینه دستیاران آموزشی

ردیف	عنوان	نویسندگان	خلاصه	سال انتشار	مرجع
۱	دستیاران آموزشی در کلاس‌های درس فراگیر: تحلیلی نظام‌مند از تحقیقات بین‌المللی	شارما و همکاران	بررسی داده‌های بین‌المللی مطالعات به زبان انگلیسی درباره استفاده از دستیاران آموزشی در طول بازه ده ساله و شناخت نقش آنها و عواملی که بر عملکرد دستیاران تأثیرگذار خواهند بود.	۲۰۱۶	(Sharma & Salend, 2016)
۲	مزایا و معایب استفاده از دستیاران تحصیلات تکمیلی (GTAs) در آموزش دانشجویان کارشناسی	پارک ^۲	بررسی مزایا و معایب استفاده از دستیاران آموزشی فارغ‌التحصیل در تدریس به دانشجویان کارشناسی، از دیدگاه سایر دانشجویان کارشناسی، دانشجویان تحصیل کرده و دپارتمان‌های مربوط	۲۰۰۲	(Park, 2002)

ردیف	عنوان	نویسندگان	خلاصه	سال انتشار	مرجع
۳	نظرسنجی از دستیاران آموزشی در مقاطع تحصیلات تکمیلی و کارشناسی	وایدرت ^۱ و همکاران	بررسی مزایای فعالیت در مقام دستیار آموزشی، با استفاده از نظرسنجی برخط از ۷۰ شرکت‌کننده از بخش‌های گوناگون ایالات متحد که در حال تحصیل (UTA) یا فارغ‌التحصیل (GTA) بودند.	۲۰۱۲	(Weidert et al., 2012)
۴	نظرسنجی برای نیازسنجی آموزش دستیار آموزشی فارغ‌التحصیل	سوهونی ^۲ و همکاران	نظرسنجی با هدف بررسی اهمیت نقش و مسئولیت‌ها و برنامه‌ریزی به منظور توسعه کارآمد مهارت‌های آموزشی دستیاران فارغ‌التحصیل	۲۰۱۳	(Sohoni et al., 2013)
۵	دستیاران آموزش مجازی: بررسی یک فناوری آموزشی جدید	آدراس ^۳ و همکاران	مطالعه درباره دستیاران آموزشی مجازی (VTA ^۴) و کاربرد بالقوه آنان در کاهش بار استادان در سراسر مراکز آموزشی در چین	۲۰۲۲	(Audras et al., 2022)
۶	ادراک دانشجویی از دستیاران آموزشی کارشناسی	فیلز ^۵ و همکاران	شناسایی مهم‌ترین ویژگی‌های دستیاران آموزشی در مقطع کارشناسی، به منظور تأثیرگذاری بیشتر آنها از دید سایر دانشجویان، با استفاده از توزیع پرسش‌نامه برخط	۲۰۱۳	(Filz & Gurung, 2013)
۷	ارزیابی تأثیر متفاوت برنامه‌های آموزشی دستیار آموزشی بر تدریس دانشجویان فارغ‌التحصیل بین‌المللی	میداوز ^۶ و همکاران	بررسی و مقایسه تأثیرات برنامه‌های آموزشی سنتی و تخصصی برای آموزش دستیاران فارغ‌التحصیل بین‌المللی	۲۰۱۵	(Meadows et al., 2015)
۸	بازنگری در نقش‌های آموزشی و مسئولیت‌های ارزشیابی دستیاران آموزشی دانشجویان	والد و هارلند ^۷	بررسی انتقادی شایستگی به‌کارگیری دانشجویان به‌عنوان دستیار آموزشی، با در نظر گرفتن تنوع درون این گروه و نقش‌های استادان	۲۰۲۰	(Wald & Harland, 2020)
۹	جایگاه دستیاران آموزشی فارغ‌التحصیل (GTAs): ادراکات و بازتاب‌ها	موزاکا ^۸	بررسی و درک بهتر جایگاه دستیاران آموزشی فارغ‌التحصیل (GTAs) در نظام آموزش عالی کنونی بریتانیا، با انعکاس نتایج یک نظرسنجی در یکی از دپارتمان‌های دانشگاه شفیلد	۲۰۰۹	(Muzaka, 2009)
۱۰	تأثیر آموزش بر توسعه حرفه‌ای دستیاران آموزشی: فرصت‌ها و راهبرد آینده	براون و دوکی ^۹	شناسایی آموزش و توسعه حرفه‌ای برای دستیاران آموزشی و تعیین تأثیر آموزش بر پیشرفت و حرفه‌ای بودن آنان، به منظور در نظر گرفتن راهبرد آینده در این زمینه	۲۰۱۳	(Brown & Devecchi, 2013)

1- Weidert

4- Virtual teaching assistants

7- Wald & Harland

2- Sohoni

5- Filz

8- Muzaka

3- Audras

6- Meadows

9- Brown & Devecchi

سابقه تحقیقات مرتبط در این حوزه نشان می‌دهد به‌رغم اینکه در خارج از کشور مطالعات متعددی درخصوص دستیاران آموزشی و مباحث مربوط به آنها انجام شده همچنان در داخل کشور چندان تحقیقات مرتبطی در این زمینه نشده و خلأ پژوهشی در این حوزه در داخل کشور حس می‌شود. مقاله حاضر با پژوهش درباره دستیاران آموزشی به دنبال کاهش این مسئله است. در این مقاله، با هدف شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی، اولین بار دیدگاه‌های دستیاران درخصوص موارد گوناگون تأثیرگذار بر انگیزه و عملکرد آنان بررسی شده است. ساختار کلی پژوهش حاضر بدین صورت است که، پس از مقدمه و بیان اهمیت موضوع در بخش اول، در بخش دوم به پاسخ‌گویی به مهم‌ترین سؤالات تحقیق پرداخته‌ایم. در بخش سوم، «روش تحقیق»، جزئیات پرسش‌نامه و جامعه آماری و نیز روش تحقیق را به‌طور خلاصه توضیح داده‌ایم. در بخش چهارم، نتایج تحقیق را تشریح کرده و در بخش پنجم و پایانی را نیز به بحث و نتیجه‌گیری اختصاص داده‌ایم.

۲. تعریف مسئله

همان‌گونه‌که اشاره کردیم، امروزه نقش دستیاران آموزشی در کیفیت آموزش و افزایش یادگیری دانشجویان انکارناپذیر است. از این رو، شناسایی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کارایی آنان با هدف ارتقای عملکردشان از اهمیتی ویژه برخوردار است. این در حالی است که، با وجود اهمیت این موضوع، همچنان خلأ پژوهشی در مطالعات مربوط به دستیاران آموزشی، به‌ویژه در داخل کشور، احساس می‌شود. در پژوهش حاضر، نخستین بار، از طریق نظرسنجی با توزیع پرسش‌نامه برخط بین دستیاران آموزشی دانشگاه‌های کشور و با سطوح تحصیلات گوناگون سعی در دستیابی به اهداف تحقیق، یعنی شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی در رشته‌های مهندسی، داشته‌ایم. مهم‌ترین سؤالاتی که تحقیق پیش رو به دنبال پاسخ به آنهاست عبارت‌اند از:

- الف) آیا هریک از عوامل در نظر گرفته شده در این تحقیق بر عملکرد دستیاران آموزشی تأثیرگذار است یا خیر؟
- ب) نقش دستیاران آموزشی در کلاس‌های درس چیست؟
- ج) آیا در نظر گرفتن تسهیلات مشوق از سوی دانشگاه و استادان به افزایش انگیزه دستیاران آموزشی کمک می‌کند؟
- د) آیا برگزاری دوره‌های آموزشی مرتبط کیفیت عملکرد دستیاران آموزشی را بهبود خواهد بخشید؟
- ه) از نظر دستیاران آموزشی، چه عاملی در نحوه همیاری استادان با آنان اهمیت بیشتری دارد؟
- و) از دید آنان، چه دروسی بیشتر نیازمند استفاده از دستیاران آموزشی هستند؟
- در بخش‌های بعدی، با تحلیل داده‌ها و بهره‌گیری از روش تحلیل عاملی به سؤالات بالا پاسخ داده‌ایم.

۳. روش تحقیق

همان‌گونه‌که بیان کردیم، هدف اصلی تحقیق حاضر شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی

در رشته‌های مهندسی از طریق بررسی دیدگاه‌های آنان و طرح راهکارهای بهبود عملکرد آنان براساس نتایج، با هدف افزایش رضایت و ارتقای سطح کیفی تدریس آنان، بوده است. بدین منظور، پس از شناسایی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر عملکرد دستیاران آموزشی از طریق بررسی مطالعات مشابه پیشین و نیز نظر تعدادی از استادان و دستیاران، پرسش‌نامه‌ای شش‌سازه‌ای و بیست‌گویه طراحی کردیم تا بخشی از چالش‌های گسترده‌ای را که بر سر راه دستیاران آموزشی قرار دارد پوشش دهد و دیدگاه‌هایشان را در خصوص مسائل مرتبط با عملکرد و انگیزه‌شان جویا شود. جامعه آماری تحقیق متشکل از دانشجویان هر سه مقطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری از دانشگاه‌های کشور است که همگی در طول دوران تحصیلی خود سابقه دستگیری آموزشی داشته‌اند و این امر منجر به اعتبار بیشتر نتایج پرسش‌نامه شده است. همه این افراد با مسئولیت‌ها و چالش‌های دستگیری آموزشی و عوامل مؤثر بر عملکردشان آشنایی کافی دارند. از روابط ۱ و ۲ که فرمول لوی و لمشو (Levy & Lemeshow, 2013) نام دارد به منظور تعیین تقریبی کمینه تعداد نمونه از جامعه آماری اشاره شده استفاده کرده‌ایم.

$$n \geq \frac{Z^2 v_x^2}{\mathcal{E}^2} \quad (1) \quad v_x = \frac{S_x}{\bar{x}} \quad (2)$$

- n : حجم نمونه
- Z : آماده
- v_x : ضریب تغییرات نمونه
- \mathcal{E} : میزان خطا
- S_x : انحراف معیار استاندارد نمونه
- \bar{x} : میانگین نمونه

که در آن ($\mathcal{E} = 0.05$, $Z = 1.96$) است. ابتدا، برای یک نمونه ۳۵ تایی میزان انحراف معیار و میانگین به ترتیب $S_x = 1/222$ و $\bar{x} = 4/2$ محاسبه شد. نتایج نشان داد کمترین حجم نمونه تقریباً برابر ۱۳۰ است که در نهایت تعداد ۱۵۶ پرسش‌نامه تکمیل و جمع‌آوری شد که با توجه به کمترین تعداد نمونه محاسبه شده حاکی از کافی بودن آن برای تحقیق است.

پس از یافتن متغیرهای پنهان اثرگذار بر عملکرد دستیاران آموزشی، پرسش‌نامه را طراحی و به صورت برخط بین اعضای جامعه آماری توزیع کردیم. در بخش سؤالات عمومی، اطلاعات کلی پاسخ‌دهندگان، از جمله سن، جنسیت و مقطع تحصیلی، از آنان پرسیده شد. در بخش سؤالات تخصصی نیز، از طیف پنج‌درجه لیکرت که از رایج‌ترین مقیاس‌های اندازه‌گیری شناخته می‌شود، استفاده کردیم. در این بخش، در مجموع، ۲۰ پرسش (گویه) در نظر گرفتیم که جداگانه، در قالب شش عامل (متغیر پنهان) دسته‌بندی شدند. هریک از بیست گویه تحقیق و متغیرهای پنهان مربوط به آنها را در جدول ۲ مشاهده می‌کنید.

جدول ۲. متغیرهای پنهان (عوامل) و گویه‌ها

شماره سازه	نام عامل (فاکتور)	شماره پرسش	پرسش (گویه‌ها)
۱	نقش و وظایف دستیاران	۱	دستیاران می‌بایست به‌طور هماهنگ با تدریس استاد پیش بروند و تدریس مطالب خارج از سرفصل از وظایف آنان نیست.
		۲	دستیاران آموزشی وظیفه حل مسائل متنوع را نیز، به‌منظور آماده‌سازی دانشجویان برای آزمونک و امتحان‌های میان‌ترم و پایان‌ترم بر عهده دارند.
		۳	دستیاران نقش مهمی در علاقه‌مندی و پیشرفت دانشجویان ایفا می‌کنند.
		۶	به‌طور معمول، دانشجویان از دستیاران توقع نمره کمکی و تشویقی دارند.
		۷	تدریس نرم‌افزارهای مرتبط با دروس مهندسی بر عهده دستیاران آموزشی است.
۲	تسهیلات جانبی	۴	در نظر گرفتن تسهیلات مشوق مناسب از سوی دانشگاه و استاد به افزایش انگیزه دستیاران آموزشی کمک می‌کند.
		۵	برگزاری کارگاه‌های آموزشی در زمینه عملکرد مناسب دستیار آموزشی سبب افزایش کیفیت کار و ارتقای مهارت دستیاران می‌شود.
۳	نحوه آموزش مطالب	۸	به‌منظور فهم بهتر مطالب درسی، همه مطالب تدریس شده استاد می‌بایست در کلاس حل تمرین مرور و اشکالات آنها رفع شود.
		۹	برگزاری جلسات کلاسی برخط حل تمرین حضوری یا ترکیبی است.
۴	دروس نیازمند به دستیاران آموزشی	۱۸	دروس پایه مهندسی نیاز بیشتری به دستیار آموزشی دارند.
		۱۹	تنها دروس اصلی رشته‌های مهندسی نیازمند به دستیارانند.
		۲۰	حتی دروس اختیاری و عمومی نیاز به دستیار آموزشی دارند.
۵	انتظارات دستیاران از دانشگاه و استادان	۱۵	در نظر گرفتن کلاس مجهز برای جلسات حل تمرین کمترین توقع دستیار از دانشگاه است.
		۱۶	حذف الزام به بالاتر بودن مقطع تحصیلی دستیاران آموزشی و توجه بیشتر به پاس کردن درس مورد نظر و دانش دستیار آموزشی در مباحث آن درس
		۱۷	ملاک استادان در انتخاب دستیاران آموزشی صرفاً انتخاب دانشجویان خود نباشد و براساس دانش و تخصص افراد باشد.
۶	نحوه همکاری دانشگاه و استادان با دستیاران	۱۰	آموزش دانشگاه می‌بایست، همانند نظارت بر استادان، عملکرد دستیاران آموزشی را هم بررسی کند.
		۱۱	برگزاری جلسات منظم هماهنگی و ارزیابی عملکرد استادان و دستیاران آموزشی منجر به بهبود عملکردشان شود.
		۱۲	تعیین زمان و نحوه برگزاری جلسات حل تمرین، با هماهنگی استاد و مشورت با دانشجویان، بر عهده دستیاران آموزشی است.
		۱۳	دستیاران آموزشی در مسائل کلاسی، از جمله بررسی تکالیف و برگزاری آزمونک‌ها و امتحانات، با استادان هم‌فکری و به آنان کمک می‌کنند.
		۱۴	هنگام تعارض بین نظر استاد و دانشجویان، دستیاران آموزشی دیدگاه‌های دانشجویان را به استاد انتقال می‌دهند.

در مطالعه حاضر، به منظور ارزیابی روایی صوری پرسش نامه، علاوه بر اینکه سعی کرده ایم تا حد امکان سؤالات ساده فهم باشند، پرسش نامه را در اختیار ۵ استاد و متخصص فعال در این حوزه قرار داده و از آنان درخواست کرده ایم دیدگاه های خود را درخصوص میزان روایی پرسش نامه و ارتباط هریک از گویه ها با اهداف پژوهش بیان کنند. همچنین از شاخص روایی محتوای والتز و باسل^۱ برای اطمینان بیشتر از منطبق بودن سؤالات طراحی شده با هدف تحقیق استفاده کرده ایم که در آن از استادان و متخصصان خواسته می شود نظرشان را درباره میزان رسایی و روشن بودن سؤالات و نیز ارتباط هریک از آنها با هدف تحقیق در قالب طیف لیکرت چهارگزینه ای مشخص کنند که در آن هرچه نمره انتخابی به ۴ نزدیک تر باشد نشان دهنده وضع مطلوب تر گویه در این سه زمینه است. با توجه به نتایج، شاخص CVI به صورت زیر تعریف شد:

$$CVI = \frac{\text{تعداد کارشناسانی که به گویه نمره ۳ و ۴ دادند}}{\text{تعداد کل کارشناسان}} \quad (۳)$$

که در آن کمترین مقدار پذیرفته برای این شاخص ۰/۷۹ است؛ درغیراین صورت، آن گویه می بایست از مجموعه سؤالات کنار گذاشته شود (Polit & Beck, 2006). نتایج محاسبه این شاخص برای همه گویه های پرسش نامه، جز دو گویه که حذف شدند، روایی محتوایی پرسش نامه را تأیید کرد. به علاوه، برای بررسی پایایی پرسش نامه از روش ضریب آلفای کرونباخ، از رایج ترین روش های سنجش ضریب پایایی، استفاده کردیم. در این شاخص که میزان تناسب گروهی از گویه هایی را نشان می دهد که یک عامل را اندازه گیری می کنند، ابتدا واریانس نمرات هر گویه و نیز واریانس کل آزمون را محاسبه کردیم و سپس مقدار آن مطابق فرمول زیر به دست آمد (Brown, 2002):

$$\alpha = \left(\frac{K}{K-1} \right) \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S^2} \right) \quad (۴)$$

- α : ضریب آلفای کرونباخ
- K : تعداد سؤال های پرسش نامه
- S_i^2 : واریانس مربوط به سؤال i ام
- S^2 : واریانس کل آزمون

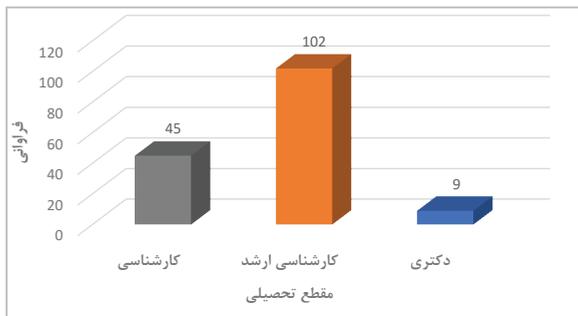
بررسی پایایی پرسش نامه با روش ضریب آلفای کرونباخ نیز مقدار آن را ۰/۷۸ نشان داد که بیان کننده پایایی مناسب پرسش نامه بود. درنهایت، داده های جمع آوری شده را با استفاده از نرم افزار SPSS26 تحلیل کردیم. سپس، با بهره گیری از روش تحلیل عاملی تأییدی و اجرای آن در نرم افزار SmartPLS3، صحت روابط مفروض گویه ها و متغیرهای پنهان پژوهش را با هدف شناسایی مهم ترین عوامل مؤثر بر

عملکرد دستیاران بررسی کردیم.

گاهی محققان علوم رفتاری به مطالعه سازه‌های نظری‌ای می‌پردازند که به طور مستقیم مشاهده‌پذیر نیستند؛ از این رو، اندازه‌گیری مستقیم آنها امکان ندارد که به آنها متغیر پنهان گفته می‌شود. بنابراین، این متغیرها به متغیرهای آشکار (گویه‌ها) که درحقیقت سؤالات پرسش‌نامه هستند ارتباط داده می‌شوند که مشاهده‌پذیر هستند و امکان اندازه‌گیری را فراهم می‌کنند. براین اساس، یکی از روش‌های مفید بررسی روابط متغیرهای پنهان و مشاهده‌پذیر الگوی تحلیل عاملی تأییدی است که درحقیقت روش آماری عمومی‌ای به شمار می‌رود که با هدف دستیابی به مجموعه‌ای کوچک از متغیرهای مشاهده‌نشده (پنهان یا عامل) از طریق کوواریانس بین مجموعه‌ای وسیع‌تر از متغیرهای مشاهده‌شده (آشکار) به کار می‌رود. در این روش، پژوهشگر ابتدا عامل‌های اصلی را انتخاب و براساس مبانی نظری موجود گویه‌هایی را برای هر عامل شناسایی می‌کند. نتایج این تحلیل نشان می‌دهد که آیا گویه‌های هر عامل به درستی انتخاب شده‌اند یا خیر (Farbod, 2018).

۴. نتایج تحقیق

همان‌گونه‌که در بخش پیشین اشاره کردیم، ۱۵۶ پرسش‌نامه صحیح جمع‌آوری شد. تحلیل نتایج پاسخ‌های پرسش‌دهندگان به سؤالات عمومی - همان‌گونه‌که در نمودار شکل ۱ مشاهده می‌کنید - نشان می‌دهد در مجموع ۴۵ نفر دانشجوی کارشناسی، ۱۰۲ نفر دانشجوی کارشناسی ارشد و تنها ۹ نفر دانشجوی دکتری بوده‌اند.



شکل ۱. تعداد دستیاران آموزشی شرکت‌کننده در نظرسنجی به تفکیک مقطع تحصیلی.

جامعه آماری تحقیق را دانشجویان برخی از دانشگاه‌های صنعتی کشور در رشته‌های مهندسی تشکیل دادند که در تکمیل پرسش‌نامه مشارکت کردند. در بخش سؤالات اصلی - همان‌گونه‌که اشاره کردیم - هر سؤال پنج گزینه داشت که معنای هر یک به ترتیب عبارت بود از: گزینه ۱: مخالفت کامل با موضوع متن پرسش؛ گزینه ۲: مخالفت جزئی؛ گزینه ۳: نداشتن نظر؛ گزینه ۴: ابراز موافقت محدود و،

گزینه ۵، موافقت کامل دستیاران آموزشی با موضوع مطرح شده. جدول ۳ میانگین نمرات و انحراف معیار پاسخ‌های دانشجویان را به هریک از گویه‌های پرسش‌نامه نشان می‌دهد.

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار پاسخ‌های دانشجویان به سؤالات پرسش‌نامه

شماره پرسش	پرسش	میانگین نمرات پاسخ‌ها براساس مقیاس طیف لیکرت	انحراف معیار
۱	دستیاران می‌بایست به‌طور هماهنگ با تدریس استاد پیش بروند و آموزش مطالب خارج از سرفصل از وظایف آنان نیست.	۴	۱/۰۴
۲	دستیاران آموزشی وظیفه حل مسائل گوناگون را، به‌منظور آماده‌سازی دانشجویان برای آزمونک و امتحان‌های میان‌ترم و پایان‌ترم، بر عهده دارند.	۴/۲۳	۰/۶۴
۳	دستیاران نقشی مهم در علاقه‌مندی دانشجویان به درس و پیشرفت آنان ایفا کنند.	۳/۸۱	۰/۹۸
۴	در نظر گرفتن تسهیلات مشوق مناسب از سوی دانشگاه و استاد انگیزه دستیاران آموزشی را افزایش می‌دهد.	۴/۷۳	۰/۶۵
۵	برگزاری کارگاه‌های آموزشی در زمینه عملکرد مناسب دستیار آموزشی سبب افزایش کیفیت کار و ارتقای مهارت دستیاران می‌شود.	۳/۸۵	۱/۰۱
۶	به‌طور معمول، دانشجویان از دستیاران توقع نمره کمکی و تشویقی دارند.	۴/۱۵	۰/۸۲
۷	تدریس نرم‌افزارهای مرتبط با دروس مهندسی بر عهده دستیاران آموزشی است.	۳/۵۴	۱/۱۲
۸	به‌منظور فهم بهتر مطالب درسی، همه مطالب تدریس شده استاد می‌بایست در کلاس حل تمرین مرور و اشکالات رفع شود.	۳/۴۸	۱/۰۸
۹	برگزاری جلسات کلاسی برخط حل تمرین حضوری یا ترکیبی است.	۴/۲۸	۰/۷۹
۱۰	آموزش دانشگاه می‌بایست بر عملکرد دستیاران آموزشی نیز، همانند عملکرد استادان، نظارت کند.	۳/۷۵	۱/۰۹
۱۱	برگزاری منظم جلسات ارزیابی عملکرد استادان و دستیاران آموزشی عملکرد آنان را بهبود می‌بخشد.	۴/۴۴	۰/۷۲
۱۲	تعیین زمان و نحوه برگزاری جلسات حل تمرین، با هماهنگی استاد و مشورت با دانشجویان، بر عهده دستیاران آموزشی است.	۴/۳۳	۰/۹۱
۱۳	دستیاران آموزشی در مسائل کلاسی، از جمله بررسی تکالیف و برگزاری آزمونک‌ها و امتحانات، با استادان هم‌فکری و به آنان کمک می‌کنند.	۴/۴۸	۰/۸
۱۴	هنگام تعارض بین نظر استاد و دانشجویان، دستیاران آموزشی دیدگاه‌های دانشجویان را به استاد انتقال می‌دهند.	۴/۲۹	۰/۷۷
۱۵	در نظر گرفتن کلاس مجهز برای جلسات حل تمرین کمترین توقع دستیار از دانشگاه است.	۴/۵۴	۰/۷۲

ادامه جدول ۳

شماره پرسش	پرسش	میانگین نمرات پاسخ‌ها براساس مقیاس طیف لیکرت	انحراف معیار
۱۶	حذف الزام به بالاتر بودن مقطع تحصیلی دستیاران آموزشی و توجه بیشتر به گذراندن درس و دانش دستیار آموزشی در مباحث آن درس	۳/۷۷	۱/۰۹
۱۷	ملاک استادان در انتخاب دستیار آموزشی صرفاً انتخاب دانشجویان خود نباشد بلکه دانش و تخصص افراد باشد.	۴/۲۱	۰/۷۹
۱۸	دروس پایه مهندسی نیاز بیشتری به دستیار آموزشی دارند.	۴	۰/۹۲
۱۹	تنها دروس اصلی رشته‌های مهندسی نیازمند به دستیارند.	۳/۴۸	۱/۴
۲۰	حتی دروس اختیاری و عمومی نیاز به دستیار آموزشی دارند.	۳/۱۰	۱/۱۱

با توجه به نتایج جدول ۳، نکات زیر مطرح می‌شود:

۴-۱. نقش دستیاران آموزشی در کلاس‌های درس چیست؟

مطابق نتایج، بیشتر دستیاران آموزشی (۸۳ درصد) بر این باورند که مرور مطالب توسط استادان از وظایف آنان نیست. آنان میانگین نمره نسبتاً پایین ۳/۴۸ را به این پرسش داده‌اند که از پایین‌ترین میانگین‌ها بین سؤالات است. شاید از دید آنان بیان مطالب اصلی دروس، رفع اشکالات درسی مهم دانشجویان و آماده‌سازی آنان برای امتحان اهمیت بیشتری دارد و، با توجه به کمبود وقت، نیازی به بیان مجدد مطالب نیست. کسب میانگین نمره ۴/۲۳ در پاسخ به پرسش دوم که وظیفه حل مسائل را به منظور آماده‌سازی دانشجویان برای امتحانات و وظیفه دستیاران آموزشی دانسته نیز مؤید همین امر است.

۴-۲. آیا در نظر گرفتن تسهیلات مشوق از سوی دانشگاه و استادان انگیزه دستیاران آموزشی را افزایش می‌دهد؟ همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده کردید، از دید بیشتر دستیاران آموزشی (۹۷ درصد)، در نظر گرفتن تسهیلات مشوق مناسب از سوی استادان و دانشگاه بر افزایش انگیزه آنان در انجام وظایف تدریس تأثیرگذار است تا جایی که بیشترین مقدار میانگین، یعنی ۴/۷۳، را به خود اختصاص داده است. این امر تا حد زیادی پیش از تحقیق نیز استنباط می‌شد و نتایج پرسش نامه تأییدکننده بر این فرضیه بود.

۴-۳. آیا برگزاری دوره‌های آموزشی مرتبط کیفیت عملکرد دستیاران آموزشی را بهبود می‌بخشد؟ کسب میانگین ۳/۸۵ که از میانگین‌های پایین بین پرسش‌هاست در پاسخ به پرسش در خصوص نقش برگزاری کارگاه‌های آموزشی بهبود عملکرد دستیاران نشان می‌دهد بیشتر دستیاران آموزشی (۷۱ درصد) چنان‌که باید با این امر موافق نیستند و از نظر آنان نیاز چندانی به برگزاری کارگاه‌های آموزشی

برای دستیاران وجود ندارد و این کار تأثیر چندانی بر عملکردشان نخواهد داشت. به رغم اینکه مطابق نتایج برخی مطالعات در این زمینه انتظار می‌رفت دستیاران آموزشی با این گزاره موافق باشند، نتایج چنین نبود. علت این مسئله ممکن است ناآشنایی/کم‌آشنایی دستیاران آموزشی با چنین کارگاه‌هایی یا ناکارآمد بودن کارگاه‌های آموزشی در این زمینه باشد.

۴-۴. از نظر دستیاران آموزشی، چه عاملی در نحوه همکاری استادان و دانشگاه با آنان از اهمیت بیشتری برخوردار است؟

درباره نحوه همکاری استادان و دانشگاه با دستیاران آموزشی، نظر دستیاران آموزشی را در قالب پنج پرسش ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ جویا شدیم. همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده کردید، نتایج نشان می‌دهد دستیاران هم‌فکری با استادان را در مسائل گوناگون کلاسی، از جمله بررسی تکالیف و برگزاری آزمون‌ها، با میانگین ۴/۴۸ دارای بیشترین اهمیت دانسته و تعداد زیادی از افراد (۹۴ درصد) نیز با آنان موافق بوده‌اند. پس از آن، بیشتر دستیاران آموزشی (۹۶ درصد)، با اختلاف اندک و با میانگین پاسخ ۴/۴۴، با برگزاری جلسات هماهنگی میان دستیاران و استادان در فواصل زمانی منظم موافق و معتقد بودند این امر هماهنگی با استادان را تقویت می‌کند و عملکرد دستیاران را بهبود می‌بخشد. بنابراین، یکی از عوامل ارتقای کیفیت آموزش دستیاران آموزشی هماهنگی بیشتر بین آنان از طریق برگزاری جلسات است که لزوم توجه بیشتر استادان را به آن و در نظر گرفتن زمان‌هایی را برای این منظور نشان می‌دهد.

۴-۵. از دید دستیاران، چه دروسی بیشتر نیازمند استفاده از دستیاران آموزشی هستند؟
پاسخ دستیاران آموزشی به سؤالات مربوط به دروس نیازمند دستیار آموزشی نشان می‌دهد از دید بیشتر آنان (۷۵ درصد) دروس پایه نیاز بیشتری به دستیار آموزشی دارند. سؤال ۱۸ بیشترین مقدار میانگین پاسخ‌ها را بین سؤالات مطرح شده درباره این عامل به خود اختصاص داده و این در حالی است که، از دید بیشتر دستیاران، دروس اصلی رشته‌های مهندسی با مقدار میانگین ۳/۴۸ و دروس اختیاری و عمومی با میانگین ۳/۱۰، به ترتیب، در اولویت‌های بعدی، از لحاظ لزوم برخورداری از دستیاران آموزشی، قرار می‌گیرند. هرچند به نظر می‌رسد می‌بایست این سؤال از دانشجویان هم پرسیده شود تا بهتر در خصوص آن نتیجه بگیریم نتایج پاسخ دستیاران آموزشی نشان می‌دهد که، از دید بیشتر آنان، دروس عمومی و اختیاری نیاز چندانی به دستیار آموزشی ندارند و این نیاز بیشتر درباره دروس پایه و پس از آن دروس اصلی احساس می‌شود.

۴-۶. مهم‌ترین انتظارات دستیاران آموزشی از استادان و دانشگاه چیست؟
در خصوص عامل انتظارات دستیاران آموزشی از استادان و دانشگاه سه گویه ۱۵، ۱۶ و ۱۷ مطرح و از آنان

خواسته شد میزان موافقت خود را با هریک از گزاره‌ها، همچون سایر سؤالات، نشان دهند. شایان ذکر است میانگین پاسخ ۴/۲۱ دستیاران آموزشی به گزاره حذف الزام انتخاب دستیار آموزشی توسط استادان از بین دانشجویان خودشان است (پرسش ۱۷) که نشان می‌دهد از دید بیشتر دستیاران آموزشی (۸۱ درصد) این الزام نباید وجود داشته باشد و دانشجویان واجد شرایط می‌بایست فرصت همکاری با سایر استادان را نیز به عنوان دستیار آموزشی داشته باشند. این در حالی است که میانگین موافقت ۳/۷۷ با گزاره‌ای که درخصوص «حذف الزام به بالاتر بودن مقطع تحصیلی دستیاران آموزشی و توجه بیشتر به دانش دستیار آموزشی در مباحث آن درس است» نشان می‌دهد از نظر بیشتر آنان (۶۹ درصد) این الزام می‌بایست وجود داشته باشد و دستیاران آموزشی، به‌رغم برخورداری از دانش و تخصص کافی، حتماً از بین دانشجویان مقاطع بالاتر تحصیلات تکمیلی انتخاب شوند و این مسئله را قابل قبول می‌دانند. همچنین میانگین پاسخ‌ها به پرسش ۱۵ که برابر با ۴/۵۴ است نشان می‌دهد بیشتر دستیاران آموزشی (۹۶ درصد) انتظار در نظر گرفتن کلاسی مجهز و با امکانات کافی را به منظور آموزش بهتر دروس از دانشگاه دارند. این امر که توقع منطقی دستیاران آموزشی به شمار می‌رود لزوم توجه بیشتر دانشگاه و آموزش دانشکده را به برخورداری کلاس از فضا و امکانات مناسب تدریس نشان می‌دهد.

۴-۷. برخی دیگر از نکات تحلیل نتایج

از دید بیشتر دستیاران آموزشی (۸۸ درصد)، جلسات آموزشی لزوماً نباید حضوری برگزار شود بلکه می‌توان از شیوه‌های آموزش مجازی و ترکیبی نیز با بهره‌گیری از بسترها و تجربیات آموزش از راه دور، پس از تجربه آموزش مجازی در زمان فراگیری کرونا، به منظور یاددهی دروس استفاده کرد. این گزینه نیز میانگین نمره بالایی، یعنی ۴/۳۸، به خود اختصاص داده است. نکته جالب توجه دیگر در نتایج داده‌ها میزان موافقت تقریباً بالای برابر با ۴/۱۵ دستیاران آموزشی با گزاره «معمول دانشجویان از دستیاران توقع نمره کمکی و تشویقی دارند» است که نشان می‌دهد بیشتر این افراد (۹۰ درصد) که غالباً خودشان دانشجو هستند بر این باورند که دانشجویان از آنان توقع نمرات بالاتر بر نمره درس را دارند.

در این تحقیق، با هدف بررسی دقیق‌تر عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی، از روش تحلیل حداقل مربعات جزئی (PLS) استفاده کرده‌ایم که یک روش مدل‌سازی واریانس محور به شمار می‌رود. از این رو، پس از کدگذاری، داده‌ها را وارد نرم‌افزار SmartPLS3 کردیم و با هدف بررسی فرضیه‌ها و وجود/نبود روابط میان متغیرهای پنهان و گویه‌ها مدل در نظر گرفته شده را در این نرم‌افزار اجرا کردیم. برای تعیین پایایی هریک از گویه‌های پرسش‌نامه، از شاخص پایایی ترکیبی^۲ (CR) استفاده کردیم که در آن، برخلاف شاخص آلفای کرونباخ، پایایی سازه‌ها نه به صورت مطلق بلکه با توجه به همبستگی سازه‌هایشان با

یکدیگر محاسبه می‌شود و مطابق نتایج بررسی شبیه‌سازی هنسلا^۱ و همکاران کمترین مقدار پذیرفته برای آن ۰/۷ است. همچنین یکی از رایج‌ترین شیوه‌های ارزیابی میزان روایی هم‌گرا در سطح سازه شاخص میانگین واریانس استخراج‌شده^۲ (AVE) پیشنهادشده فرنل و لارکر^۳ است که در آن کمترین مقدار پذیرفته برای اعتبار هم‌گرایی کافی برابر با ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود (Fornell & Larcker, 1981) و مقدار میانگین کل توان دوم بارهای معرف متناظر با هر سازه تعریف می‌شود.

جدول ۴ شاخص‌های کلی نیکویی برازش مدل را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌کنید، مقدار همه شاخص‌های مدل در محدوده مطلوب قرار دارد. مطابق نتایج همه متغیرهای پنهان (عوامل)، مقدار میانگین واریانس استخراج‌شده بیش از ۰/۵ (کمترین مقدار پذیرفته)، شاخص‌های پایایی مرکب و آلفای کرونباخ بیش از ۰/۷ (کمترین مقدار پذیرفته) به دست آمده است؛ بنابراین، می‌توان گفت مدل برازش خوبی داشته و نتایج آن اعتمادپذیر است. هرچند که درباره تعدادی از عوامل مقدار آلفای کرونباخ کمی پایین‌تر از ۰/۷ است، بدین دلیل که این اختلاف چندان زیاد نیست و شاخص پایایی مرکب و قرارگیری این شاخص در بازه مطلوب اهمیت بیشتری دارد، می‌توان آن را نادیده گرفت.

جدول ۴. شاخص‌های نیکویی برازش مدل

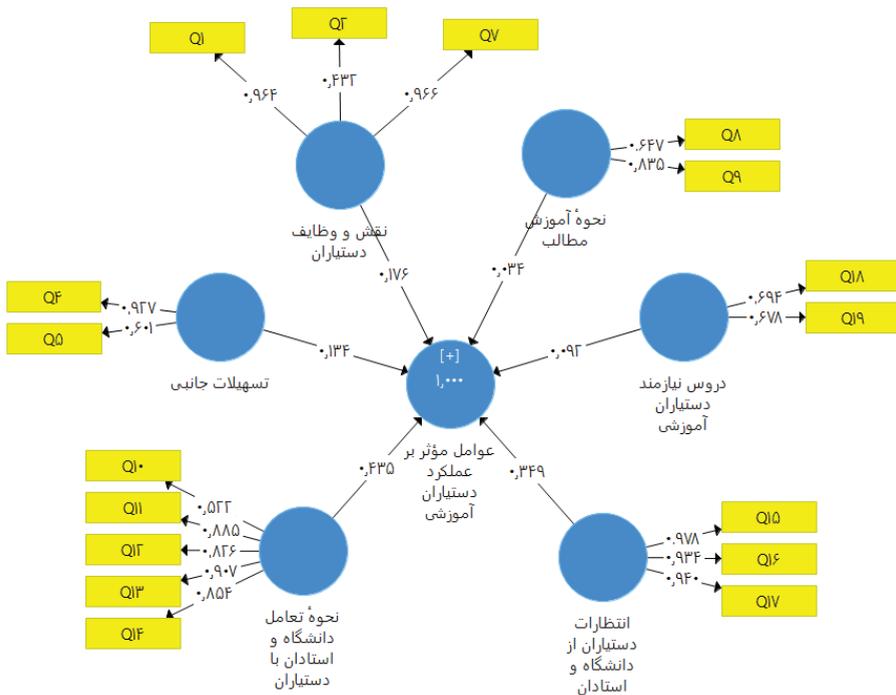
روایی هم‌گرا (AVE)	پایایی		متغیرهای پنهان (عوامل)
	پایایی مرکب (CR)	آلفای کرونباخ	
۰/۶۸	۰/۸۵	۰/۷۲	نقش و وظایف دستیاران
۰/۶۱	۰/۸۲	۰/۷۰	تسهیلات جانبی
۰/۵۶	۰/۷۷	۰/۶۴	نحوه آموزش مطالب
۰/۵۱	۰/۷۳	۰/۶۳	دروس نیازمند به دستیاران آموزشی
۰/۸۰	۰/۹۴	۰/۸۱	انتظارات دستیاران از دانشگاه و استادان
۰/۶۹	۰/۹	۰/۷۹	نحوه همکاری استادان و دانشگاه با دستیاران

در پژوهش حاضر، از آزمون بار متقاطع برای سنجش روایی واگرا پرسش‌نامه استفاده کرده‌ایم. با توجه به این آزمون، مقدار بارعاملی یک گویه خاص می‌بایست در ارتباط با متغیر پنهان خود، در مقایسه با بارعاملی همان گویه بر سایر متغیرهای پنهان، بیشتر باشد. نتایج اجرای این آزمون روایی واگرای ابزار اندازه‌گیری این مدل را تأیید کرد که در اینجا، برای پرهیز از طولانی شدن مقاله، آن نتایج را درج نکرده‌ایم.

به منظور سنجش درستی روابط در نظر گرفته شده بین متغیرها، از تحلیل عاملی تأییدی مرتبه اول و دوم استفاده کردیم. هدف اصلی از استفاده از تحلیل عاملی تأییدی مرتبه اول محاسبه مقادیر بارهای

عاملی است که اگر مقدارشان برابر یا بیش از ۰/۴ شود نشان دهنده دقت بالای شاخص در اندازه‌گیری آن سازه است (Gefen & Straub, 2005). براساس خروجی اجرای مدل در نرم‌افزار، به‌استثنای گویه ۳ (نقش مهم و اصلی دستیاران در علاقه‌مندی و پیشرفت دانشجویان درس با بارعاملی ۰/۰۱۳) و گویه ۶ (توقع نمره کمکی و تشویقی از دستیاران با بارعاملی ۰/۱۶۸) مربوط به متغیر پنهان نقش و وظایف دستیاران و نیز گویه ۲۰ (نیاز به دستیار آموزشی، حتی برای دروس اختیاری و عمومی با بارعاملی ۰/۳۶) مربوط به متغیر پنهان دروس نیازمند دستیاران آموزشی که به‌سبب داشتن بارعاملی کمتر از ۰/۴ از مدل اندازه‌گیری کنار گذاشته شدند، سایر گویه‌ها بارعاملی بیش از این مقدار داشتند.

شکل ۲ مدل شش عاملی مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی را به‌همراه برآورد ضرایب بارهای عاملی پس از حذف گویه‌های مطرح‌شده نشان می‌دهد. به‌علاوه، از آماره t با هدف بررسی معناداری بارهای عاملی استفاده کردیم که، همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌کنید، از آن جایی که مقدار این آماره برای همه بارهای عاملی از ۱/۹۶ بزرگ‌تر است، می‌توان گفت تمام بارهای عاملی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادارند.



شکل ۲. نتایج اجرای مدل تحلیل عاملی تأییدی به‌همراه ضرایب مسیر.

جدول ۵. ضرایب بارهای عاملی و آماره t در تحلیل عاملی مرتبه اول

متغیر پنهان	گویه‌ها	بارعاملی	آماره t	متغیر پنهان	گویه‌ها	بارعاملی	آماره t
نقش و وظایف دستیاران	Q1	۰/۹۶۴	۶۷/۹۷۷	نحوه همکاری دانشگاه و استادان با دستیاران	Q10	-۰/۵۲۲	۵/۴۸۲
	Q2	۰/۴۳۲	۴/۵۹۹		Q11	-۰/۸۸۵	۲۶/۱۸۱
	Q7	۰/۹۶۶	۷۰/۴۳۳		Q12	-۰/۸۲۶	۴۱/۱۸۸
نحوه آموزش مطالب	Q8	۰/۶۴۷	۲/۲۹۱	دروس نیازمند دستیاران آموزشی	Q13	-۰/۹۰۷	۳۳/۲۶۷
	Q9	-۰/۸۳۵	۳/۹۵۳		Q14	-۰/۸۵۴	۱۸/۷۱۲
انتظارات دستیاران از دانشگاه و استادان	Q15	۰/۹۷۸	۴۳/۰۱۰	تسهیلات جانبی	Q18	-۰/۵۱۹	۲/۹۳۲
	Q16	-۰/۹۳۴	۳۳/۳۰۱		Q19	-۰/۷۹۵	۳/۹۲۶
	Q17	۰/۹۴۰	۳۶/۲۰۴				
	Q4	۰/۹۲۷	۳۴/۸۴۷				
	Q5	۰/۶۰۱	۲/۷۳۰				

همان‌طور که اشاره کردیم، مطابق مفروضات، عملکرد دستیاران آموزشی در نتیجه شش متغیر پنهان مدل مفهومی این پژوهش رقم می‌خورد. برای بررسی معناداری آثار متغیرهای پنهان، از تحلیل عاملی تأییدی مرتبه دوم استفاده می‌شود. درحقیقت، در تحلیل عاملی مرتبه دوم، برخلاف مدل اندازه‌گیری، در بخش درونی مدل به گویه‌ها کاری نداریم و تنها متغیرهای پنهان را همراه با روابط میان آنها بررسی می‌کنیم. یکی از شاخص‌های اصلی بررسی و تأیید روابط مدل ساختاری بررسی معنادار بودن ضرایب مسیر با استفاده از مقدار آماره t است. به منظور آزمودن معناداری مسیرها، مقادیر مربوط به آماره t هر مسیر مطابق جدول ۶ به دست آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، نتایج نشان می‌دهد، با توجه به بیشتر بودن مقادیر این آماره از مقدار ۱/۹۶، همه ضرایب در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادارند.

جدول ۶. معناداری ضرایب مسیر متغیرهای بررسی شده در این پژوهش (تحلیل عاملی مرتبه دوم)

جهت مسیر	ضریب مسیر	آماره t
نقش و وظایف دستیاران ← عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی	۰/۱۷۶	۱۰/۴۸۷
نحوه آموزش مطالب ← عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی	۰/۰۳۴	۲/۳۰۰
انتظارات دستیاران از دانشگاه و استادان ← عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی	۰/۳۴۹	۱۷/۸۷۹
تسهیلات جانبی ← عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی	۰/۱۳۴	۵/۸۲۵
نحوه همکاری دانشگاه و استادان با دستیاران ← عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی	۰/۴۳۵	۲۱/۱۴۳
دروس نیازمند دستیاران آموزشی ← عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی	۰/۰۹۲	۳/۱۹۲

نتایج اجرای تحلیل عاملی تأییدی در نرم‌افزار نشان می‌دهد هر شش متغیر پنهان در نظر گرفته شده تأثیری معنادار بر شکل‌گیری و تبیین سازه اصلی عوامل مؤثر بر عملکرد دستیاران آموزشی دارد. از سوی دیگر، براساس اندازه مقادیر ضرایب به دست آمده می‌توان گفت از بین این شش عامل، به ترتیب، متغیرهای نحوه همکاری دانشگاه و استادان با دستیاران (۰/۴۳۵)، انتظارات دستیاران از دانشگاه و استادان (۰/۳۴۹)، نقش و وظایف دستیاران (۰/۱۷۶)، تسهیلات جانبی (۰/۱۳۴)، دروس نیازمند دستیاران آموزشی (۰/۰۹۲) و نحوه آموزش مطالب (۰/۰۳۴) بیشترین تأثیر را بر شکل‌گیری سازه اصلی در نظر گرفته شده در این پژوهش دارند. البته، با توجه به ضرایب به دست آمده و نزدیک بودن برخی ضرایب به یکدیگر، هرکدام از این پنج عامل به نوبه خود سهمی در عملکرد دستیاران آموزشی و انگیزه‌شان دارند و توجه به همگی آنها در افزایش و بهبود عملکردشان ضروری به نظر می‌رسد به طوری که هرچه بیشتر این شش عامل تقویت شوند انتظار می‌رود کیفیت عملکرد دستیاران آموزشی نیز بالاتر رود و برعکس.

۵. بحث

دستیاران آموزشی (TA) دانشجویان در حال تحصیل یا فارغ‌التحصیلی هستند که، بنابر صلاحدید استادان، به آنان در اجرای مسئولیت‌های آموزشی‌شان کمک می‌کنند و برخی فعالیت‌های مرتبط را، از جمله مسئولیت برگزاری کلاس‌های رفع اشکال و آماده کردن هرچه بیشتر دانشجویان برای امتحانات، بر عهده می‌گیرند. دستیاران آموزشی معمولاً نقش کلیدی در کمک به استادان در انجام وظایف آموزشی‌شان و بهبود عملکرد یادگیری دانشجویان، به ویژه از طریق تکمیل مباحث و حل مسائل گوناگون مرتبط، ایفا می‌کنند. اهمیت دستیاران آموزشی در فرایند یادگیری به گونه‌ای است که به ویژه دانشگاه‌های خارج از کشور بسیار بدان پرداخته و همواره سعی در شناسایی چالش‌ها و دغدغه‌های دستیاران آموزشی و طرح راهکارهای بهبود عملکردشان و به دنبال آن افزایش کیفیت یادگیری دانشجویان داشته‌اند. این در حالی است که در کشور ما به این مسئله کمتر پرداخته شده تا جایی که مطالعه جامعی نیز در این زمینه نشده است. از این رو، پژوهش حاضر، با هدف شناسایی مهم‌ترین چالش‌ها و عوامل تأثیرگذار بر افزایش رضایت و بهبود عملکرد دستیاران آموزشی و در نهایت طرح برخی راهکارها در این زمینه انجام گرفته است.

۶. نتیجه‌گیری

پس از جمع‌آوری داده‌ها از طریق پرسش‌نامه و بین نمونه آماری ۱۵۶ نفره از دانشجویانی که سابقه دستیار آموزشی را در بعضی از دانشگاه‌های کشور داشتند و در نهایت تحلیل داده‌ها و نتایج اجرای مدل تحلیل عاملی تأییدی، مهم‌ترین یافته‌های تحقیق به شرح زیر به دست آمد:

الف) مطابق نظر بیشتر دستیاران آموزشی (۹۷ درصد) و آن‌گونه که نتایج برخی از تحقیقات گذشته نیز نشان می‌داد، در نظر گرفتن تسهیلات مشوق مناسب از سوی دانشگاه و استادان کمک شایانی به افزایش انگیزه آنان و بهبود عملکردشان در انجام وظایف آموزشی محوّل استادان می‌کند (Butt, 2018).

ب) از دید بیشتر دستیاران آموزشی (۸۳ درصد)، بیان جزء به جزء همه مطالب درسی تدریس شده استادان از وظایف آنان نیست بلکه می‌بایست تمرکزشان را بیشتر بر حل مهم‌ترین مسائل آموزشی متنوع، با هدف افزایش آمادگی و مهارت دانشجویان در حل مسائل درسی و امتحانات، بگذارند.

ج) با اینکه نتایج برخی از تحقیقات پیشین نشان‌دهنده تأثیر مثبت برگزاری کارگاه‌های آموزشی بر کارایی دستیاران آموزشی است (Green, 2010; Boman, 2013)، در این تحقیق اغلب دستیاران آموزشی (۷۱ درصد) مخالف‌اند که برگزاری کارگاه‌های آموزشی مرتبط و مناسب منجر به افزایش مهارتشان می‌شود و از دید آنان این امر تأثیر چندانی بر بهبود عملکردشان ندارد. به نظر می‌رسد علت این امر ناآشنایی دستیاران آموزشی با کارگاه‌ها و نیز برگزارنشدن کارگاه‌های آموزشی مناسب در این زمینه باشد.

د) همکاری استادان و دستیاران آموزشی از عوامل افزایش هماهنگی و به دنبال آن بهبود عملکرد دستیاران در آموزش مؤثر به‌شمار می‌آید (Viktorin, 2018). نتایج این تحقیق نیز نشان می‌دهد از دید بیشتر دستیاران (۹۴ درصد) هم‌فکری با استادان در نحوه اجرای وظایف آموزشی از طریق برگزاری جلسات هماهنگی در فواصل زمانی منظم کمک شایانی به انجام مطلوب وظایفشان و هماهنگی هرچه بیشتر در اجرای آنها می‌کند؛ مسئله‌ای که می‌بایست استادان بیشتر بدان توجه کنند. داشتن دانش کافی و تجربه تدریس از مهم‌ترین ویژگی‌هایی است که دستیاران آموزشی می‌بایست از آن برخوردار باشند (Marbouti et al., 2013; Luo et al., 2000). بیشتر دستیاران آموزشی (۸۱ درصد) که در این تحقیق مشارکت داشتند معتقدند این تصور که استادان باید دستیاران خود را تنها از دانشجویانشان انتخاب کنند غلط است و صرفاً می‌بایست تجربه و دانش دانشجویان در انتخاب دستیار آموزشی در نظر قرار گیرد.

و) از دید بیشتر دستیاران آموزشی (۷۵ درصد)، در تدریس دروس پایه نیاز بیشتری به آنان است و باید از این حیث در اولویت قرار گیرند. این در حالی است که، از دید آنان، دروس اصلی رشته‌های مهندسی و دروس اختیاری و عمومی کمتر از دروس پایه به دستیار آموزشی نیاز دارند و از این نظر به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.

همچنین نتایج اجرای مدل تحلیل عاملی تأییدی در نرم‌افزار SmartPLS صحت روابط در نظر گرفته شده میان متغیرهای این تحقیق را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد که همه شش متغیر پنهان جزو عوامل تأثیرگذار بر عملکرد دستیاران آموزشی به‌شمار می‌روند. هرچند نتایج اجرای تحلیل عاملی تأییدی در رتبه‌بندی عوامل کاربرد ندارد نشان می‌دهد که، از دید دستیاران آموزشی، عامل «نحوه

تعامل دانشگاه و استادان با دستیاران آموزشی» بیشترین مقدار بارعاملی (۰/۴۴۲) را به خود اختصاص داده و پس از آن عوامل «انتظارات دستیاران از دانشگاه و استادان» و «نقش و وظایف دستیاران»، به ترتیب، با مقدار بارعاملی ۰/۳۴۵ و ۰/۱۸۲ در جایگاه‌های دوم و سوم از حیث میزان تأثیرگذاری بر عملکرد دستیاران آموزشی قرار دارند. این در حالی است که، مطابق نتایج اجرای مدل، عامل «نحوه ارائه مطالب» با مقدار بارعاملی ۰/۰۳۱ کمترین تأثیر را از دید دستیاران بر عملکردشان داشته است.

References

- Abili, K., Mostafavi, Z. A.-S. & Narenji Sani, F. (2018). Identifying the competencies of teaching assistants in the electronic teaching-learning process: a qualitative research [in Persian].
- Audras, D., Zhao, A., Isgar, C. & Tang, Y. (2022). Virtual teaching assistants: A survey of a novel teaching technology. *International Journal of Chinese Education*, 11(2), 2212585X221121674.
- Boman, J. S. (2013). Graduate student teaching development: Evaluating the effectiveness of training in relation to graduate student characteristics. *Canadian Journal of Higher Education*, 43(1), 100-114.
- Brown, J. & Devecchi, C. (2013). The impact of training on teaching assistants' professional development: Opportunities and future strategy. *Professional Development in Education*, 39(3), 369-386.
- Brown, J. D. (2002). The Cronbach alpha reliability estimate. *JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter*, 6(1).
- Butt, R. (2018). 'Pulled in off the street' and available: what qualifications and training do Teacher Assistants really need? *International Journal of Inclusive Education*, 2, 217-234, (3)2.
- Carter, M., Stephenson, J. & Webster, A. (2019). A survey of professional tasks and training needs of teaching assistants in New South Wales mainstream public schools. *Journal of Intellectual & Developmental Disability*, 44(4), 447-456.
- Farbod, I. (2018). *Structural equation modeling in questionnaire data using Amos24 software*. Mehregan Ghalam [in Persian].
- Filz, T. & Gungur, R. A. (2013). Student perceptions of undergraduate teaching assistants. *Teaching of Psychology*, 40(1), 48-51.
- Fornell, C. & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- Gefen, D. & Straub, D. (2005). A practical guide to factorial validity using PLS-Graph: Tutorial and annotated example. *Communications of the Association for Information systems*, 16(1), 5.
- Green, J. L. (2010). Teaching highs and lows: exploring university teaching assistants' experiences. *Statistics Education Research Journal*, 9(2), 108-122.
- Levy, P. S. & Lemeshow, S. (2013). *Sampling of populations: methods and applications*. John Wiley & Sons.
- Luo, J., Bellows, L. & Grady, M. (2000). Classroom management issues for teaching assistants. *Research in Higher Education*, 41, 353-383.
- Marbouti, F., Rodgers, K. J., Jung, H., Moon, A. & Diefes-Dux, H. A. (2013). Factors that help and hinder teaching assistants' ability to execute their responsibilities. *2013 ASEE Annual Conference & Exposition*.
- Meadows, K. N., Olsen, K. C., Dimitrov, N. & Dawson, D. L. (2015). Evaluating the differential impact of teaching assistant training programs on international graduate student teaching. *Canadian Journal of Higher Education*, 45(3), 34-55.
- Memarian, H., Shirban, L. & Shekarchizadeh, M. (2015). Development of teaching and learning skills in teaching assistants of engineering programs. *Iranian Journal of Engineering Education*, 17(65), 59-78 [in Persian].
- Muzaka, V. (2009). The niche of graduate teaching assistants (GTAs): Perceptions and reflections. *Teaching in Higher Education*, 14(1), 1-12.

- Park, C. (2002). Neither fish nor fowl? The perceived benefits and problems of using graduate teaching assistants (GTAs) to teach undergraduate students. *Higher Education Review*, 35(1), 50-62.
- Polit, D. F. & Beck, C. T. (2006). The content validity index: are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in Nursing & Health*, 29(5), 489-497.
- Reeves, T. D., Marbach-Ad, G., Miller, K. R., Ridgway, J., Gardner, G. E., Schussler, E. E. & Wischusen, E. W. (2016). A conceptual framework for graduate teaching assistant professional development evaluation and research. *CBE-Life Sciences Education*, 15(2), es2.
- Sharma, U. & Salend, S. J. (2016). Teaching assistants in inclusive classrooms: A systematic analysis of the international research. *Australian Journal of Teacher Education (Online)*, 41(8), 118-134.
- Sohoni, S., Cho, Y. & French, D. P. (2013). A survey to capture needs assessment for graduate teaching assistant training. *Advances in Engineering Education*, 3(3), n3.
- Viktorin, J. (2018). Teacher assistant in the inclusive school environment. *The Educational Review, USA*, 2(6), 320-329.
- Wald, N. & Harland, T. (2020). Rethinking the teaching roles and assessment responsibilities of student teaching assistants. *Journal of Further and Higher Education*, 44(1), 43-53.
- Weidert, J. M., Wendorf, A. R., Gurung, R. A., & Filz, T. (2012). A survey of graduate and undergraduate teaching assistants. *College teaching*, 60(3), 95-103.
- Wright, M. C., Bergom, I. & Brooks, M. (2011). The role of teaching assistants in student-centered learning: Benefits, costs, and negotiations. *Innovative Higher Education*, 36, 331-342.
- Zhu, J., Li, Y., Cox, M. F., London, J., Hahn, J. & Ahn, B. (2013). Validation of a survey for graduate teaching assistants: Translating theory to practice. *Journal of Engineering Education*, 102(3), 426-443.



◀ سیدعلی مسیبی: استادیار دانشکده مهندسی راه آهن دانشگاه علم و صنعت ایران



◀ محمود خانی الموتی: دانش آموخته مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی راه آهن دانشگاه علم و صنعت ایران و دانشجوی مقطع دکتری برنامه ریزی حمل و نقل دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک)

(یادداشت پژوهشی)

بازتعریف مهندسی برجسته در قرن بیست و یکم

حسین ساسانی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۷

Doi: 10.22047/ijee.2025.522768.2172

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.8.2

چکیده: مهندسان معاصر در جهانی به شدت به هم پیوسته فعالیت می‌کنند؛ جایی که ذی‌نفعان از حوزه‌ها، فرهنگ‌ها و زمینه‌های گوناگون گرد آمده‌اند و نیروهای اجتماعی، فرهنگی و سیاسی، توفیق یا شکست نوآوری‌های فناورانه را رقم می‌زنند. از این رو، دیگر نمی‌توان مهندس برجسته را صرفاً با ترازوی مهارت فنی سنجید. دیدگاه‌های اخیر بر آن هستند که «اهمیت مهندس در جامعه آن چنان است که نمی‌توان نقش او را به شایستگی‌های فنی محدود ساخت» روزگاری نه‌چندان دور، مهندسان بیش از هر چیز به واسطه دستاوردهای فنی‌شان ستایش می‌شدند، توانایی در حل مسائل دشوار، ساخت محصولات نو، یا تسلط بر حوزه‌ای خاص. این نگاه کلاسیک، مهندس برجسته را به فردی خاص تقلیل می‌داد. اما اکنون، نهادهای پیشرو مهندسی و سازمان‌های جهانی در حال بازاندیشی این تصویر هستند.

واژگان کلیدی: بازتعریف، مهندس، مهندس برجسته، قرن ۲۱

۱. مقدمه

در عصری آکنده از دگرگونی‌های فناورانه و چالش‌های پیچیده جهانی، تعریف مهندس برجسته دیگر در چهارچوب کلیشه‌ایِ نبوغ فنی فردی نمی‌گنجد. پیچیدگی روزافزون چالش‌های جهانی و تحولات نقش اجتماعی مهندسان ما را به بازنگری در این تعریف فرامی‌خواند.

مهندسان معاصر در جهانی به شدت به هم پیوسته فعالیت می‌کنند؛ جایی که ذی‌نفعان از حوزه‌ها، فرهنگ‌ها و زمینه‌های گوناگون گرد آمده و نیروهای اجتماعی، فرهنگی و سیاسی و توفیق/شکست نوآوری‌های فناورانه را رقم می‌زنند.^۱ از این رو، دیگر نمی‌توان مهندس برجسته را صرفاً با ترازوی مهارت فنی سنجد. دیدگاه‌های اخیر بر آن اند که «اهمیت مهندس در جامعه چنان است که نمی‌توان نقش او را به شایستگی‌های فنی محدود ساخت»^۲.

روزگاری نه‌چندان دور، مهندسان بیش از هر چیز به واسطه دستاوردهای فنی‌شان ستایش می‌شدند؛ توانایی حل مسائل دشوار، ساخت محصولات نو یا تسلط بر حوزه‌ای خاص. چنین نگاه کلاسیکی مهندس برجسته را به فردی تقلیل می‌داد که در خلوت ذهن خود گرهی فنی را می‌گشاید و به نقطه‌ای ممتاز در حوزه‌ای محدود می‌رسد. اکنون، نهادهای پیشرو مهندسی و سازمان‌های جهانی در حال بازاندیشی درباره این تصویر هستند.

در نگاه امروز، معیار برجستگی در مهندسی در توان حل مسئله یا تسلط بر ابزار خلاصه نمی‌شود بلکه در آمیختگی توان فنی با خرد انسانی و بینش آینده‌نگر تجلی می‌یابد؛ یعنی مهندس برجسته کسی است که مهندسی را در خدمت دگرگونی مثبت جامعه و محیط‌زیست به کار می‌گیرد. نهادهایی، چون آکادمی‌های مهندسی ملی ایالات متحد، بریتانیا، چین و آلمان، در بیانیه‌ها و گزارش‌های رسمی خود تأکید می‌کنند که اگرچه مهارت‌های فنی، همچون خلاقیت، تحلیل سیستم‌ها و حل مسئله، همچنان اساسی هستند در برابر پیچیدگی مسائل امروز دیگر کافی نیستند. مهندسی آینده‌محور نیازمند «تفکر سیستمی»^۳ و حتی «یافتن مسئله»^۴ است بدین معنا که مهندس برجسته می‌بایست توانایی دیدن مسئله‌های پنهان، درک بافت اجتماعی و درهم‌تنیدگی عوامل گوناگون را داشته باشد تا راه‌حل‌های مؤثر و پایدار بیابد.^۵

در کنار اینها، مجموعه‌ای از شایستگی‌های نوین ارکان مهندسی ممتاز شناخته شده‌اند؛ از جمله نوآوری، تأثیر اخلاقی و اجتماعی، رهبری میان‌رشته‌ای، پایداری محیطی، مهارت دیجیتال و بینش آینده‌نگر. این تحولات در معیارهای جوایز بین‌المللی، مانند جایزه الیزابت دوم در مهندسی^۶ و گزارش‌های یونسکو درباره آموزش مهندسی برای توسعه پایدار^۷، و نیز الگوی‌های نوین آموزشی، چون

1- NAP.NATIONALACADEMIES.ORG

3- System thinking

5- NAE, RAE, CAE, Acatech, Global Engineering Competency report, 2022

7- UNESCO Engineering report, 2021

2- MDPI.COM

4- Problem finding

6- Queen Elizabeth prize for engineering

برنامه چالش‌های بزرگ آکادمی ملی مهندسی آمریکا^۱، به روشنی بازتاب یافته‌اند. خلاصه آنکه، تعریف نوین مهندس برجسته در تلافی مهارت فنی با مسئولیت اخلاقی، نوآوری با درک سیستمی و تخصص علمی با رسالت اجتماعی شکل می‌گیرد. چنین مهندسی در میدان دگرگونی‌های جهانی نه تنها متخصص بلکه سازنده فردا، معمار معنا و حافظ پیوند علم و انسانیت است. در چنین چشم‌اندازی که مهندسی به عرصه‌ای چندلایه، چندرشته‌ای و به شدت انسانی بدل شده، شناخت و تعریف «مهندس برجسته» مستلزم واکاوی دقیق مهارت‌ها، قابلیت‌ها و شایستگی‌هایی است که در قرن بیست‌ویکم او را از صرف «حل‌کننده مسئله» به «معمار تحول» بدل می‌سازد. در ادامه، به بررسی ساختاریافته این قابلیت‌ها می‌پردازیم؛ مهارت‌هایی که مهندس امروز را قادر می‌سازد تا در دل ابهام، پیچیدگی و دگرگونی نقش خود را به مثابه متخصص فنی و در مقام رهبر اخلاقی، متفکر سیستمی، نوآور و عامل پیوند علم و جامعه ایفا کند.

۲. نوآوری در حل مسئله

نوآوری قلب تپنده هویت مهندس معاصر است؛ جوهری که از میان منطق و خیال می‌گذرد و به آفرینش پاسخ‌های نو برای جهان در حال تحول می‌انجامد. مهندسان برجسته نه تنها به سبب دانستن بلکه به واسطه توان خلق چیزهایی شناخته می‌شوند که پیش‌تر ممکن نمی‌نمود. آنان پیشروانی هستند که مرزهای دانش را درمی‌نوردند؛ راه‌حل‌های نو می‌آفرینند و از دل ساختارهای موجود مسیری تازه به سوی تأثیر واقعی و ملموس در جهان می‌گشایند.

امروزه، جوایز بین‌المللی معتبر مهندسی این روح نوآور را در کانون ارزش‌گذاری خود قرار داده‌اند؛ از جمله جایزه معتبر ملکه الیزابت در مهندسی که به پاس «نوآوری‌های مهندسی جسورانه، بنیادین و تحول‌آفرین» اعطا می‌شود که «نفعی جهانی برای بشر در پی دارند»^۲. این نگاه چرخشی معنا‌دار را در ارزش‌گذاری نشان می‌دهد؛ از صرف نووغ فنی به سوی اثربخشی انسانی و جهانی. به همین سیاق، جوامع حرفه‌ای مهندسی در سراسر جهان نوآوری را معیار بنیادین برجستگی حرفه‌ای می‌شناسند. برای مثال، انجمن مهندسان استرالیا «مهندس سال» را از میان کسانی برمی‌گزیند که «نمونه‌هایی از نوآوری و ابتکار» در کارنامه خود دارند.^۳ چنین نگاهی مهندس را به متخصص فنی فرو نمی‌کاهد بلکه او را به خالق معنا، طراح آینده و بازیگر صحنه تحول بدل می‌کند.

نکته کلیدی در رویکرد نوین این است که نوآوری دیگر با شمار پتنت‌ها یا مقالات علمی سنجیده نمی‌شود بلکه با میزان «تأثیر عملی و سودمندی اجتماعی» آن ارزیابی می‌شود. در این منظومه ارزشی، مهندس برجسته کسی است که چالش‌های پیچیده را با نگاه خلاقانه و راه‌حل‌های اجرایش

1- NAE Grand Challenges Scholars Program

2- Queen Elizabeth Prize, 2023

3- Engineers Australia, Engineer of the Year Criteria, 2023

پاسخ می‌دهد؛ چه با طراحی سامانه‌های نوین انرژی‌های تجدیدپذیر، چه با توسعه فناوری‌هایی نجات‌بخش در حوزه سلامت و چه با خلق ابزارهایی که کیفیت زندگی انسان‌ها را ارتقا می‌بخشند. در نهایت، آنچه مهندس برجسته دوران ما را ممتاز می‌سازد تسلط بر دانش روز و توانایی عبور از چارچوب‌ها، بازی با عناصر و آفرینش جهانی است که پیش از او کسی آن را به‌تصور نیاورده بود. او نوآوری را نه هدفی منفصل بلکه راه خدمت به خیر همگانی می‌بیند و در این راه مرز علم را به انسانیت پیوند می‌زند.

۳. رهبری میان‌رشته‌ای و هم‌افزایی دانشی

چالش‌های سترگ دنیای امروز، از تغییرات اقلیمی گرفته تا هوش مصنوعی، دیگر در چارچوب‌های سنتی علوم مهندسی نمی‌گنجند بلکه ماهیتی فرارشته‌ای دارند و مرزهای دانش را در هم شکسته‌اند. در چنین بستری، یکی از معیارهای نوین و غیرکلیشه‌ای تشخیص مهندس برجسته توانایی او در کار میان‌رشته‌ای و رهبری گروه‌های متنوع و چندبُعدی است.

در جهانی که مسائل پیچیده به پاسخ‌های تلفیقی نیاز دارند، مهارت تنها در یک تخصص فنی کافی نیست بلکه مهندسی برجسته است که در حوزه خود ژرف‌نگر است، افقی گسترده از علوم گوناگون رادرمی‌یابد و توانایی پیوند دادن میان این حوزه‌ها را به‌منظور خلق راه‌حل‌های نو دارد. به‌گفته یکی از اندیشمندان مهندسی، «مهندس برجسته امروز می‌بایست با علوم و رشته‌های گوناگون آشنایی داشته باشد چراکه اغلب پیشرفت‌ها در مرزهای مشترک میان رشته‌ها رخ می‌دهد»^۱.

نمونه‌های پُرشمار این پیوندها را در طرح‌های نوآورانه می‌یابیم؛ آنجا که مکانیک با زیست‌شناسی درمی‌آمیزد تا دستگاه‌های پزشکی زیستی خلق شود یا نرم‌افزار با مهندسی عمران تلفیق می‌شود تا زیرساخت‌های هوشمند و پویای شهری طراحی شود. چنین هم‌افزایی‌هایی اثرگذاری مهندس را چندین برابر می‌سازد و بُعدی انسانی‌تر به نوآوری می‌بخشد.

اما صرف دانش فرارشته‌ای کافی نیست. مهندس برجسته پل‌ساز گفت‌وگوست؛ او میان زبان‌های تخصصی گوناگون ترجمه برقرار می‌کند؛ از کسب‌وکار تا سیاست‌گذاری، از طراحی صنعتی تا علوم اجتماعی. این توانایی مستلزم مهارت‌های نرم^۲ است (همچون کار گروهی، ارتباط مؤثر، رهبری پروژه، و مدیریت تضادها) که مهندس را قادر می‌سازد پروژه‌های پیچیده را در بسترهای وسیع‌تر اجتماعی و سازمانی به پیش ببرد.^۳

نهادهای آموزشی و جویز مهندسی در سال‌های اخیر بیش از پیش ارزش رهبری میان‌رشته‌ای را درک کرده و به آن ارج نهاده‌اند. برای نمونه، برنامه‌های آموزشی چین و نهادهای بین‌المللی تأکید

دارند مهندس برجسته می‌بایست، افزون بر دانش فنی ژرف، توان حل نظام‌مند مسئله و رهبری نوآورانه را در بسترهای فرارشته‌ای دارا باشد و این ظرفیت را برای تحقق اهداف جهانی به کار گیرد.^۱ درنهایت، مهندس برجسته دوران ما بیش از آنکه متخصص باشد رهبر میان‌رشته‌ای است؛ کسی که توان گردآوری ذهن‌های متفاوت، ترجمه زبان‌های علمی گوناگون و همسوکردن دغدغه‌های متنوع را در مسیر هدفی مشترک دارد. چنین مهندسی جهان را نه تکه‌تکه بلکه یکپارچه می‌بیند و همین جامع‌نگری او را در ردیف معماران آینده جای می‌دهد.

۴. رهبری اخلاق‌مدار و اثرگذاری اجتماعی

از دیگر مؤلفه‌های برجسته مهندس ممتاز معاصر برخورداری از قطب‌نمای اخلاقی روشن و تعهد پایدار به مسئولیت‌پذیری اجتماعی است. مهندسان همواره با اصول اخلاقی در پیوند بوده‌اند (مانند پاسداشت ایمنی عمومی) اما پیچیدگی‌های دنیای امروز اقتضا می‌کند از این حدود سنتی فراتر روند چنان‌که اخلاق و تأثیرات اجتماعی می‌بایست نه تنها به مثابه دغدغه بیرونی بلکه همچون جوهری درونی در متن تصمیم‌های مهندسی گنجانده شود. مهندس برجسته پیشاپیش پیامدهای فناورانه را می‌سنجد و می‌کوشد آن‌گونه بیندیشد و طراحی و عمل کند که کوشش‌های او به نفع اجتماع، به‌گونه‌ای عادلانه و انسانی، به بار نشیند.

این نگاه امروزه در رهنمودهای معتبرترین نهادهای مهندسی جهان تجلی یافته است. برای مثال، آکادمی سلطنتی مهندسی بریتانیا بر آن است که آگاهی از مسائل نوپدید اخلاقی (همچون تبعیض الگوریتمی در هوش مصنوعی) از بنیان‌های ضروری حرفه مهندسی شود تا مهندسان قادر باشند اصول اخلاقی را در ساختار فناوری‌ها نه فقط لحاظ بلکه «طراحی» کنند آن‌گونه‌که رویکردهایی، چون طراحی اخلاق‌مدار^۲ یا حتی رهبری اخلاقی، در این بستر معنا می‌یابد.^۳

در عمل، این رویکرد بدین معناست که مهندس برجسته، از مرحله ایده‌پردازی تا اجرای پروژه، پرسش‌هایی، چون پایداری زیست‌محیطی، عدالت اجتماعی و خیر عمومی، را در کانون توجه خود قرار می‌دهد. چنین مهندسی به کیفیت فنی کرامت انسانی و مصالح عمومی وفادار است. نمونه‌ای از این باور را در جوایز انجمن مهندسان استرالیا می‌بینیم که مهندسانی را ارج می‌نهد که «بالاترین معیارهای فنی، حرفه‌ای و خدمات اجتماعی» را در کارنامه خود نمایان ساخته‌اند.^۴

در مقیاس جهانی، رویکرد تربیت مهندسان نیز دگرگون شده است؛ دیگر هدف صرفاً آموزش ابزار و فرمول نیست بلکه پرورش مهندسی است با «چشم‌انداز جهانی، مسئولیت‌پذیری اجتماعی و

1- Chinese Academy of Engineering & WFEO, 2022

2- Ethical-by-Design

3- Royal Academy of Engineering, 2022

4- Engineers Australia, 2023

روحیه نوآفرینی» چنان که در برنامه‌های آموزشی یونسکو به روشنی آمده است.^۱ این بدان معناست که مهندس برجسته «کار را درست انجام می‌دهد» و، مهم‌تر از آن، کار درست انجام می‌دهد یعنی از تخصص خویش بهره می‌گیرد تا بر بخت آدمیان بیفزاید؛ از منافع عمومی پاسداری کند و مهندسی را به خدمتی اخلاق مدار، اجتماعی‌نگر و انسان دوست بدل سازد.

۵. پایداری، مسئولیت و تعهد زیست‌محیطی

مهندسی از دیرباز توانایی شگفت‌انگیزی در دگرگون‌سازی جهان داشته است اما، در قرن بیست و یکم، سنجه اصالت و برتری در مهندسی نه در قدرت صرف بلکه در چگونگی به‌کارگیری مسئولانه قدرت در پاسخ‌گویی به نیازهای زیست‌محیطی و اجتماعی معنا می‌یابد.

امروزه، تعریف مهندس برجسته بیش از هر زمان با «نقش‌آفرینی در توسعه پایدار» و «تعهد به پاسداری محیط‌زیست» گره خورده است. نهادهای بین‌المللی و آکادمی‌های برجسته مهندسی جهان به روشنی اعلام کرده‌اند که مهندسان می‌بایست در خط‌مقدم حل چالش‌هایی، چون تغییرات اقلیمی، آب پاک، انرژی پایدار و شهرهای هوشمند زیست‌پذیر، قرار گیرند.^۲

در گزارش بنیادین یونسکو درباره مهندسی در خدمت اهداف توسعه پایدار^۳، تأکید شده که نقش مهندسی در تحقق همه ۱۷ هدف توسعه پایدار حیاتی است. در این گزارش، به روشنی نشان داده شده است که چگونه نوآوری‌های نوظهور مهندسی (از داده‌های کلان^۴ و هوش مصنوعی گرفته تا فناوری‌های سبز) در حال جهت‌گیری به سوی چالش‌های حیاتی بشر هستند؛ هم برای توسعه و هم برای بقا.

در حوزه آموزش نیز، الگوهایی، چون برنامه چالش‌های بزرگ آکادمی ملی مهندسی آمریکا^۵، در حال پرورش نسلی از مهندسان هستند که از همان آغاز مسیر با آگاهی اجتماعی و انگیزه حل مسائل انسانی وارد میدان می‌شوند. این برنامه‌ها مهندسی را هنری فناورانه و رسالتی انسان‌مدار و زیست‌محیطی معرفی می‌کنند؛ رسالتی که در آن خدمت به مردم و سیاره هسته اصلی مأموریت مهندسی در آینده است.^۶ در عرصه عمل، مهندس برجسته امروز بی‌گمان با پروژه‌هایی درگیر است که تأثیری روشن بر بهبود وضعیت زیست‌محیطی یا عدالت اجتماعی دارند؛ خواه طراحی سامانه‌ای نوین برای کاهش گازهای

گلخانه‌ای، خواه گسترش دسترسی به فناوری‌های درمانی در مناطق محروم باشد. رهبران حوزه مهندسی اکنون بر نیاز به پرورش مهندسانی با «ذهنیت توسعه پایدار»^۷ تأکید دارند؛ مهندسانی که پروژه‌های خود را با چشم‌انداز بلندمدت زیست‌محیطی و مصالح بین‌نسلی همسو سازند. (WFEO, 2022)

حتی در صنایع، تقاضا برای مهندسانی که مهارت‌های مرتبط با پایداری را دارا باشند به شدت رو

1- UNESCO Engineering Report, 2021

3- UNESCO, Engineering for Sustainable Development Report, 2021

5- NAE Grand Challenges Scholars Program

7- Sustainable Development Mindset

2- Royal Academy of Engineering, UNESCO, WFEO, 2021

4- Big Data

6- NAE, 2020

به افزایش است؛ مهندسانی که توان تحقق اهدافی، همچون کربن صفر^۱، را در زیرساخت‌ها، فرایندها و محصولات داشته باشند.^۲

در نتیجه، یکی از برجسته‌ترین و نوین‌ترین شاخص‌های تمایز مهندس ممتاز تعهد آگاهانه و عمیق او به مسئولیت‌های اجتماعی و زیست‌محیطی است؛ تعهدی که نه از سر الزام بلکه از درک رسالتی والا برمی‌خیزد و در نهایت راه آینده‌ای پایدار، متعادل و عادلانه را برای انسان و طبیعت هموار می‌سازد.

۶. سواد دیجیتال و توانمندی در سازگاری

انقلاب دیجیتال ساحت مهندسی را از بنیان دگرگون ساخته است. در جهانی که نرم‌افزار، داده و فناوری‌های نوظهور با سرعتی بی‌سابقه در حال تحول هستند، توانمندی دیجیتال و انعطاف‌پذیری ذهنی دیگر مهارتی انتخابی نیست بلکه ضرورت اجتناب‌ناپذیر هر مهندس برجسته به‌شمار می‌رود. در روزگار ما، تقریباً همه شاخه‌های مهندسی، از مکانیک و عمران گرفته تا زیست‌پزشکی و صنایع، به‌طور مستقیم از فناوری‌های دیجیتال تأثیر می‌پذیرند اما مهندسی در صف پیشروان قرار می‌گیرد که از این موج عظیم عقب نمی‌ماند بلکه با ذهنی خلاق این تحول را به فرصت نوآوری بدل می‌سازد. سواد دیجیتال، در معنای امروزی خود، فراتر از دانستن زبان‌های برنامه‌نویسی است و شامل مهارت تحلیل داده‌ها، آشنایی با سامانه‌های خودکار، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، زیرساخت‌های کلان‌داده، شبیه‌سازی و مدل‌سازی دیجیتال می‌شود. اینها اکنون بنیان‌های مشترک همه مهندسان در نظر گرفته می‌شوند.^۳ در یک بررسی جهانی درباره مهارت‌های مهندسی آینده، تأکید شده است که دیجیتالی‌سازی شاخص‌ترین تحولی است که بر نیازهای مهارتی مهندسان تأثیر گذاشته و مهارت‌های دیجیتال زیربنای کسب و به‌کارگیری دیگر مهارت‌های مهندسی تلقی می‌شوند.^۴

براین اساس، مهندس برجسته با ابزارهای پیشرفته عصر دیجیتال به راحتی کار می‌کند؛ چه در زمینه نرم‌افزارهای شبیه‌سازی، چه الگوریتم‌های هوش مصنوعی و چه زیرساخت‌های تحلیل داده‌های عظیم. با این حال، شاید مهم‌تر از مهارت فنی روح یادگیری مستمر و توان سازگاری سریع با دانش و ابزارهای نوین باشد. در دنیایی که فناوری در حال پوست‌اندازی لحظه‌به‌لحظه است، تنها کسانی که ذهن انعطاف‌پذیر و روبه‌رشد دارند جایگاه خود را در خط مقدم نگاه می‌دارند.

در بسیاری از گزارش‌های تخصصی، «توانایی ارتقای سریع مهارت‌ها»^۵ از اولویت‌های مهم و حیاتی حرفه‌مندان مهندسی معرفی شده است.^۶ در چنین فضایی، انعطاف‌پذیری ذهنی، گشودگی در برابر فناوری‌های نو و تعهد به یادگیری همیشگی بخشی از جوهره مهندس برجسته به‌شمار می‌رود.

1- Carbon neutrality

3- World Economic Forum, Future of Jobs Report, 2023

5- Rapid upskilling and reskilling

2- World Economic Forum, 2023

4- UNESCO-UNEVOC, Skills Trends in Engineering Education, 2022

6- McKinsey Global Institute, 2021

در یک کلام، مهندس برجسته در عصر دیجیتال در اصول کلاسیک مهندسی تبحر دارد و به خوبی در دریای فناوری‌های نو شنا می‌کند. او از ابزارهای جدید نمی‌هراسد بلکه آنها را درمی‌یابد، می‌آزماید و با نگاه خلاق در خدمت آینده‌ای هوشمند و انسانی به‌کار می‌گیرد. چنین مهندسی پلی است میان سنت علمی و افق‌های آینده‌نگر فناورانه و راز برتری‌اش در پذیرش تغییر، تسلط بر ابزار و شوق یادگیری پیوسته نهفته است.

۷. چشم‌انداز جهانی و ذهن آینده‌نگر

مهندسی در قرن بیست و یکم دیگر صرفاً بومی یا فنی نیست بلکه شبکه‌ای جهانی و آینده‌محور از دانش، کنش و مسئولیت است. در چنین چشم‌اندازی، مهندس برجسته در قلمرو تخصص خود مهارت دارد، چالش‌های مهندسی را در بستر جهانی درک می‌کند و به آنها پاسخ می‌دهد. نهادهای پیشرو مهندسی جهان به‌روشنی تأکید می‌ورزند که مهندس برجسته می‌بایست از بینش جهانی و ذهن آماده^۱ تأثیرگذاری بلندمدت برخوردار باشد؛ یعنی هم افق‌ها را ببیند، هم پیامدها را بسنجند^۱. چنین بینشی مستلزم آگاهی فرهنگی، نگرش فراگیر و درک پیامدهای جهانی تصمیم‌ها و طراحی‌هاست. مهندسانی که با ذهن باز فرهنگ‌ها و جوامع گوناگون را می‌فهمند راه‌حلی می‌آفرینند که هم‌در بافت محلی و هم در بازارها و اجتماعات متنوع جهانی کارآمدند.

برنامه‌های وابسته به یونسکو به‌ویژه بر پرورش مهندسان دارای «چشم‌انداز جهانی» تأکید دارند؛ افرادی که در تقویت ظرفیت‌های بومی مناطق در حال توسعه ایفای نقش کنند و فناوری را در خدمت توانمندسازی پایدار به‌کار گیرند.^۲ در این نگرش، مهندس برجسته کسی است که با پروژه‌هایی فراتر از مرزها درگیر می‌شود (از مهندسی انسان دوستانه گرفته تا تبادل دانش میان کشورها) تا مطمئن شود منافع فناورانه به‌شکل عادلانه و گسترده میان اقوام و فرهنگ‌ها تقسیم می‌شود.

اما در کنار نگاه جهانی، آنچه جوهرة این مهندس را متمایز می‌سازد نگاه آینده‌نگر است. مهندس برجسته تنها به حل مسائل امروز نمی‌پردازد بلکه نیازهای فردا را پیش‌بینی و طراحی خود را با روندهای بلندمدت و چالش‌های نوظهور هم‌سو می‌کند. برای نمونه، توسعه زیرساخت‌های مقاوم در برابر اقلیم یا طراحی چهارچوب‌های اخلاقی برای هوش مصنوعی، پیش از آنکه بحران‌ها فرارسند.^۳ بسیاری از مهندسان برجسته خود را نه صرفاً واکنشگر بلکه پیش‌برنده آگاه تغییر می‌دانند؛ کسانی که در پرتو ابتکارهای آینده‌نگر (چون برنامه «چالش‌های بزرگ» آکادمی ملی مهندسی آمریکا) الهام می‌گیرند و مهندسی را به ابزار ساختن فردای بهتر بدل می‌سازند.^۴ در عرصه عمل، چنین ذهنیتی

1- Royal Academy of Engineering, WFOE, 2022

3- World Economic Forum & NAE, 2022

2- UNESCO, Engineering for 2030, 2021

4- NAE Grand Challenges, 2020

ممکن است در قالب مهندسی نمود یابد که نه تنها پروژه‌ای موفق را امروز به انجام می‌رساند بلکه در تربیت نسل بعد، تأثیر بر سیاست‌گذاری فناوری و ترسیم مسیرهای راهبردی برای آینده نقش آفرین است. مهندسی که چشم به افق‌های جهانی دارد و دل به آینده‌ای انسانی سپرده است دیگر تنها متخصص فنی نیست بلکه رهبری روشن‌ضمیر است که مرزهای حرفه را با ژرف‌نگری، همدلی و امید به جهان بهتر درمی‌نوردد.

۸. هوش هیجانی و همدلی در برتری مهندسی

مهندسان برجسته هوش فنی^۱ را با درجه بالایی از هوش هیجانی^۲ در هم می‌آمیزند. هوش هیجانی (توانایی درک و مدیریت احساسات خود و دیگران) متمایزکننده عملکردهای حرفه‌ای برجسته در محیط کار شناخته شده است.^۳ در واقع، ۹۰ درصد از افراد با عملکرد بالا دارای هوش هیجانی بالا هستند و ۷۱ درصد از کارفرمایان هوش هیجانی را مهم‌تر از بهره هوشی می‌دانند.^۴ هوش هیجانی دیگر نه یک مهارت نرم فرعی بلکه ابزار کلیدی موفقیت مهندسی است چراکه موجب بهبود همکاری گروهی، رهبری مؤثر و حل خلاقانه مسائل می‌شود. یکی از رهبران صنعت در این باره می‌گوید: «مهم‌ترین سفارش من به مهندسان جوان پرورش هوش هیجانی است؛ مهارتی حیاتی که هم در پیشرفت شغلی و هم در زیست فردی به آنان کمک می‌کند».^۵

در مهندسی، هوش هیجانی دربرگیرنده سه مؤلفه بنیادین است: خودآگاهی، همدلی و مهارت‌های ارتباطی. خودآگاهی به مهندس امکان می‌دهد ارزیابی واقع‌بینانه‌ای از توانایی‌ها و کاستی‌های خویش داشته باشد و در مواقع ضروری از دیگران یاری جوید؛ امری که از افراط‌گرایی فنی می‌کاهد و پویایی گروه را تقویت می‌کند. همدلی و مهارت‌های بین‌فردی نیز به مهندس کمک می‌کنند نیازهای کاربران و نگرانی‌های همکاران را به خوبی درک کند؛ امری حیاتی در طراحی انسان‌محور و ارتباط مؤثر. در واقع، مهارت‌های نرم توانایی کار در گروه و طراحی راه‌حل‌های متناسب با نیازهای انسانی را به مهندس می‌دهند.^۶ مهندس برجسته با اتکا بر همدلی تفکر طراحی فراگیر را هدایت می‌کند بدین معنا که راه‌حل‌های کاربردی، پذیرفتنی و متناسب با بافت زندگی انسان‌ها می‌آفریند.

افزون بر این، هوش هیجانی در تصمیم‌گیری اخلاقی و هدایت پروژه‌های پیچیده نقش کلیدی ایفا می‌کند. مهندسانی که هوش هیجانی بالایی دارند با آرامش بحران‌ها را مدیریت و در حل تعارضات و مذاکره‌ها توانمند عمل می‌کنند؛ ویژگی‌هایی بنیادین در رهبری مؤثر پروژه‌های میان‌رشته‌ای. از سوی دیگر، هوش هیجانی بنیان‌گذار تاب‌آوری فردی است (که در بخش‌های آتی بدان خواهیم پرداخت).

1- Technical Intelligence – IQ

2- Emotional Intelligence – EQ

3- .USF.EDU

4- USF.EDU

5- USF.EDU

6- MDPI.COM

زیرا به مهندس قدرت رویارویی سالم با فشارها، شکست‌ها و بازسازی مسیر می‌بخشد. در جمع‌بندی، مهندس برجسته کسی است که هوش هیجانی را می‌زید: در مدیریت خویش تواناست؛ به نیازهای دیگران حساس است و دانش فنی را با مهارت‌های انسانی می‌آمیزد تا به نتایجی فراتر از انتظار دست یابد. این بُعد به‌ویژه در آموزش و جذب مهندس اهمیت دارد چراکه دانشگاه‌ها و شرکت‌ها با تمرکز بر پرورش هوش هیجانی نسلی از مهندسانی را تربیت خواهند کرد که مسئله‌حل‌کن و رهبرانی همدل و نوآور در مسیر پیشرفت انسان و جامعه هستند.

۹. طراحی باززاینده و تفکر سیستمی، افقی فراتر از طراحی پایدار

مهندس برجسته تنها به حل مسائل آبی و پاسخ‌گویی به نیازهای فنی نمی‌اندیشد بلکه نگاهش معطوف به کل سامانه‌ها، روابط میان اجزا و پایداری ابعاد گوناگون انسانی، زیست‌محیطی و اقتصادی است. در این رویکرد، مفهوم نوین «طراحی باززاینده»^۱ به مثابه افقی فراتر از طراحی پایدار ظهور کرده است. این نوع طراحی به کاستن آسیب‌ها و ترمیم، نوسازی و ارتقای سامانه‌های طبیعی و اجتماعی می‌پردازد. در عمل، «طراحی باززاینده» یعنی نگرستن به طبیعت نه به مثابه منبعی قابل استخراج بلکه به منزله الگوی الهام‌بخش طراحی سامانه‌هایی که، همچون زیست‌بوم‌ها، پویا، چرخه‌پذیر و خودترمیم‌اند. چنین طراحی‌هایی می‌کوشند تا از پسماند منابع تازه بسازند؛ انرژی را در مسیر بازتولید هدایت کنند و تأثیرات انسانی را از «کاهش تخریب» به «افزایش بازسازی» سوق دهند. بنیاد این نوع طراحی تفکر سیستمی^۲ است؛ نگاهی که به روابط میان اجزای سیستم توجه دارد؛ نه صرفاً به عملکرد مجزای آنها. مهندس برجسته هر پروژه را نه در خلأ بلکه در پیوستار نظام‌های پیچیده در نظر می‌گیرد: زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی. برای مثال، مهندس منابع آب، در طراحی سد یا شبکه آبیاری، هم‌زمان به وضعیت حوزه آبخیز، تأثیرات زیست‌محیطی پایین دست، نیازهای معیشتی جوامع محلی و تغییرات اقلیمی در بلندمدت توجه می‌کند. در این مسیر، مهندس باززاینده از دانش رشته‌های دیگر نیز بهره می‌گیرد؛ مفاهیمی همچون بازخورد، تاب‌آوری، هم‌افزایی و چرخه‌های تطبیق‌پذیر که از زیست‌شناسی، بوم‌شناسی، اقتصاد و جامعه‌شناسی گرفته شده‌اند. هدف آن است که طراحی‌ها به حل منفرد مسئله و خلق پاسخ‌های هم‌زمان به چند چالش پردازند؛ همچون ساختمان‌هایی که انرژی تولید می‌کنند؛ سامانه‌هایی که به بازیافت کامل مواد می‌انجامند یا زیرساخت‌هایی که خدمات زیست‌بومی را تقویت می‌کنند (مانند تالاب‌های مصنوعی تصفیه آب‌های سطحی).

براساس تعریف ویکی‌پدیا، طراحی باززاینده «با بهره‌گیری از تفکر سیستمی و رویکردهای هم‌پیوند به خلق سامانه‌های تاب‌آور، عادلانه و هماهنگ با نیازهای انسان و طبیعت می‌پردازد». مهندس

برجسته این اصول را از سطح شعار به لایه طراحی منتقل می‌کند؛ از کاهش تأثیرات منفی به ایجاد آثار مثبت، بلندمدت و بازسازنده. در جهانی که با بحران‌های اقلیمی، تهی شدن منابع و افزایش نابرابری‌ها رویاروست، مهندسی بدون نگرش بازآینده نه کافی بلکه گاهی حتی مخرب است. در نهایت، مهندس برجسته، در این تعریف نوین، صرفاً سازنده نیست؛ پرورش دهنده زیست بوم است؛ کسی که می‌کوشد با دانش، بینش و مسئولیت‌پذیری زیستن در جهان را شایسته‌تر سازد.

۱۰. تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری در مهندسی فردی و سیستمی

در زیست‌جهان ناپایدار و پُر تغییر امروز، یکی از ویژگی‌های متمایز مهندس برجسته توانایی ایجاد و تجربه تاب‌آوری^۱ است؛ چه در سامانه‌هایی که طراحی می‌کند، چه در شیوه زیستن و کارکردن خود. تاب‌آوری مهندسی، به مثابه حوزه‌ای نوظهور، بر توان سامانه‌ها در رویارویی و تطبیق با رخداد‌های پیش‌بینی‌ناپذیر و بازیابی آنها تمرکز دارد. نقش مهندس برجسته صرفاً طراحی وضعیت ایدئال نیست بلکه پیش‌بینی ناکامی‌ها، انحرافات و بحران‌ها و ایجاد زیرساخت‌هایی است که در برابر فشار و آشفتگی مقاوم، منعطف و سازگار باقی بمانند. او می‌پرسد: «اگر همه چیز طبق برنامه پیش نرفت چه باید کرد؟» و طراحی خود را چنان سامان می‌دهد که سیستم، در صورت بروز خطا، آسیب را محدود کند؛ از آن بیاموزد و عملکرد خود را ادامه دهد. برای نمونه، در مهندسی زیرساخت، سامانه تاب‌آور ممکن است مسیرهای جایگزین، پشتیبان‌های چندلایه یا قابلیت تغییر کاربری داشته باشد؛ در مهندسی نرم‌افزار، طراحی ممکن است شامل قابلیت شناسایی خطا، اصلاح خودکار یا سقوط ایمن باشد. مهندس برجسته، در همه این مواقع، نه تنها به بهره‌وری بلکه به پایداری عملکرد در وضعیت ناپایدار می‌اندیشد.

اما تاب‌آوری تنها ویژگی سیستم‌ها نیست؛ ویژگی درونی مهندس نیز هست. در جهان واقعی پروژه‌های مهندسی، شکست، خطا، تردید، بازبینی و پیچیدگی امری عادی هستند. مهندس برجسته کسی است که در رویارویی با عدم قطعیت‌ها انعطاف‌پذیر، یادگیرنده و مقاوم در برابر فشارهای ذهنی و سازمانی باقی می‌ماند. در بیانی ساده اما عمیق، «اگر در حل مسئله‌ای ده بار شکست بخوری آیا در یازدهمین بار همچنان امید و خلاقیت خود را حفظ می‌کنی؟ مهندس برجسته کسی است که آری می‌گوید». مهندس برجسته از شکست نمی‌هراسد؛ آن را تغذیه تفکر و اصلاح مسیر می‌داند چنان‌که فلسفه عمل‌گرایی اصول مدارا^۲ سفارش می‌کند.

پرورش تاب‌آوری، به‌ویژه در آموزش مهندسی، به معنای خلق فضاهای آزمون، خطا، شکست و بازاندیشی است؛ فرایندهایی که در آن دانشجو یاد می‌گیرد چگونه در وضعیت ابهام مسئله را تحلیل

و هیجان‌ات خود را مدیریت کند و مسیری جدید بیابد. در فضای سازمانی نیز، تشویق به بازان‌دیشی، پذیرش خطای صادقانه و نظایر آن بازخورد پیوسته تاب‌آوری فردی و جمعی را ارتقا می‌بخشد. در نهایت، مهندس برجسته کسی است که هم سیستم‌های مقاوم طراحی می‌کند و هم در برابر تلاطم‌ها تاب می‌آورد؛ هم ایستادگی می‌آموزد و هم انعطاف.

۱۱. ادغام علوم انسانی و فلسفه در قضاوت مهندسی

مهندس برجسته نه تنها حامل دانش فنی است بلکه واجد افقی گسترده‌تر از خردورزی، درک انسان‌شناسانه و تشخیص ارزشی است که ریشه در علوم انسانی و فلسفه دارد. در جهان متغیر امروز، برخورداری از درک عمیق ابعاد فرهنگی، اخلاقی و وجودی مسائل بخشی جدایی‌ناپذیر از «قضاوت مهندسی» شده است؛ یعنی همان لحظه‌هایی که مهندس می‌بایست میان راه‌های ممکن درست‌ترین راه انسانی را برگزیند.

پژوهش‌های جدید به روشنی نشان می‌دهند که «مهندسان حرفه‌ای نیازمند آشنایی با علوم انسانی‌اند» و این آشنایی نه تنها مهارت‌های نرم، مانند ارتباط مؤثر و همدلی، را تقویت می‌کند بلکه افکار و ارزش‌های آنان را تعالی می‌بخشد. مطالعه تاریخ، ادبیات، هنر، جامعه‌شناسی، اخلاق و فلسفه مهندس را با جنبه‌هایی از زندگی انسانی آشنا می‌سازد که در هیچ معادله یا الگوریتمی نمی‌گنجد. این دانش مهارت کلیدی‌ای به نام خرد عملی^۱ در اختیار او می‌گذارد؛ یعنی توان تشخیص هدف درست و عمل شایسته در وضعیت پیچیده، چندبُعدی و پُرابهام. در مقام مثال، مهندسی که با فلسفه اخلاق آشنا باشد زودتر متوجه دوگانگی‌های پنهان در طراحی یک سامانه خواهد شد: آیا این الگوریتم عدالت را تأمین می‌کند؟ آیا این سامانه حریم خصوصی را نقض نمی‌کند؟ یا مهندسی که با ادبیات سروکار دارد در طراحی خود جهان‌بینی و تجربه زیسته گروه‌های کاربران را بهتر درک می‌کند و راه‌حل‌هایی انسانی‌تر، همدلانه‌تر و سازگارتر مطرح می‌کند.

علوم انسانی همچنین مهندس را از خطر کاستن انسان به داده و سیستم باز می‌دارد. او می‌آموزد پشت هر نمودار انسانی ایستاده است و ورای هر مسئله فنی جهانی اخلاقی و اجتماعی جریان دارد. در نظام آموزش مهندسی، گنجانیدن دروس علوم انسانی، کارگاه‌های میان‌رشته‌ای، پروژه‌های مشترک با رشته‌های فلسفه، ادبیات و هنر و ترغیب به تأمل در معنا، اخلاق و آینده نسلی از مهندسان را تربیت خواهد کرد که تکنسین‌هایی زبردست و متفکرانی خلاق، اخلاق‌مدار و الهام‌بخش خواهند بود. در نگاهی جامع، مهندس برجسته کسی است که در کنار محاسبه می‌اندیشد؛ در کنار طراحی درون‌نگری می‌کند و در کنار ساختن می‌فهمد برای چه و برای که می‌سازد.

۱۲. نتیجه‌گیری: تعریفی نو از مهندس برجسته

حرفه مهندسی در آستانه عصری تازه ایستاده است؛ عصری که در آن مرز دانش فنی و مسئولیت اجتماعی، فناوری و انسان، و نوآوری و اخلاق بیش از پیش در هم تنیده است. بازتعریف مفهوم «مهندس برجسته» نه آرایه‌ای زبانی بلکه ضرورتی ساختاری است؛ ضرورت همسازکردن مهندسی با اقتضائات قرن بیست‌ویکم.

در نوشتار پیش رو، کوشیدم تصویری جامع، انسانی و پیشرو از مهندس برجسته ترسیم کنم؛ تصویری که ۱۰ ویژگی بالا را ترسیم کرده است. این تعریف تازه، دو کارکرد اصلی دارد: نخست آنکه، گستره توانمندی‌ها و ارزش‌های موردانتظار از مهندس را واقع‌بینانه و انسانی گسترش می‌دهد. مهندس برجسته دیگر نه صرفاً حل‌کننده مسئله بلکه معمار تحول، رهبر اندیشه‌ورز، کنشگر اخلاقی، نوآور، رهبر اخلاقی، همکار همدل، پاسدار پایداری، چیره‌دست در زیست دیجیتال و چشم‌اندازگرا و آینده‌نگر است. درنهایت، مهندس برجسته قرن بیست‌ویکم دیگر فقط طراح دستگاه‌ها و سامانه‌ها نیست؛ او «معمار معنا» است؛ «پل‌زن اندیشه و انسان» و سازنده آینده‌ای که در آن فناوری در خدمت انسانیت می‌ایستد. دوم آنکه، این بازتعریف مبنای عملی سیاست‌گذاری در آموزش عالی، طراحی برنامه‌های شناسایی استعداد، بازنگری در شاخص‌های جوایز مهندسی و تدوین مسیرهای پیشرفت حرفه‌ای است. در بیان عینی، چنین مهندسی

۱. پرچم‌دار نوآوری است: همواره راه‌حل‌های خلاقانه و پیش‌برنده مطرح می‌کند که مرزها را درمی‌نوردند و آثار ملموس انسانی و اجتماعی برجای می‌گذارند.^۱
۲. پاسدار اخلاق و رفاه اجتماعی است: اصول اخلاقی را در تاروپود تصمیم‌های مهندسی جای می‌دهد و برای ارتقای خیر عمومی گام برمی‌دارد؛ نشان دهنده مسئولیت‌پذیری اجتماعی.^۲
۳. رهبری میان‌رشته‌ای دارد: دانش و بینش چندرشته‌ای را با مهارت همکاری و هدایت گروه‌های متنوع در هم می‌آمیزد تا مسائل پیچیده را به شکل سیستمی و نوآورانه حل کند.^۳
۴. متعهد به پایداری است: پروژه‌های خود را با دغدغه پایداری زیست‌محیطی و اجتماعی طراحی می‌کند و آنها را همسو با اهداف جهانی توسعه پایدار به پیش می‌برد.^۴
۵. مسلط بر فناوری‌های دیجیتال و سازگار با تغییرات است: در خط‌مقدم تحولات فناورانه، چون هوش مصنوعی، کلان‌داده و خودکارسازی، قرار دارد و پیوسته در حال یادگیری و به‌روزرسانی مهارت‌های خویش است.^۵
۶. دارای چشم‌انداز جهانی و آینده‌محور است: به آینده می‌اندیشد؛ از چشم‌اندازهای بین‌فرهنگی آگاه

1- Queen Elizabeth Prize, 2023; Engineers Australia, 2023

3- UNESCO-WFEO, 2022

5- World Economic Forum, 2023; McKinsey, 2021

2- Royal Academy of Engineering, 2022; UNESCO, 2021

4- UNESCO Engineering for SDGs, 2021; NAE, 2020

است و پروژه‌های خود را با درک چالش‌های پیش رو جهت می‌دهد تا مهندسی را در خدمت جهانی عادلانه‌تر و زیست‌پذیرتر قرار دهد.^۱

۷. برخوردار از هوش هیجانی و توان همدلی انسانی است: مهندسی را تنها در قالب فرمول و عدد نمی‌بیند بلکه آن را عرصه‌ی درک نیازهای انسانی، شنیدن صداها، خاموش و آفرینش پاسخ‌های همدلانه و عادلانه می‌داند. او می‌داند هم‌افزایی درون‌گروه، طراحی انسان‌محور و تصمیم‌گیری اخلاقی بدون هوش هیجانی و مهارت ارتباطی تحقق‌ناپذیر است.^۲

۸. دارای ذهن تاب‌آور و انعطاف‌پذیر است: در جهان ناپایدار و پُرشتاب امروز، مهندس برجسته کسی است که در برابر ابهام، خطا و شکست فرو نمی‌ریزد و از آنها می‌آموزد؛ مسیر را بازسازی می‌کند و پویاتر از پیش به حرکت ادامه می‌دهد. او طراح زیرساخت‌های تاب‌آور و صاحب روحیه‌ای انعطاف‌پذیر و روبه‌رشد است.^۳

۹. پیشرو در تفکر سیستمی و طراحی بازاینده است: توانایی دارد فراتر از حل مسئله‌های موضعی بیندیشد. به روابط درونی سیستم‌ها، حلقه‌های بازخورد، پویایی میان اجزا و تأثیرات درازمدت تصمیم‌ها توجه می‌کند. در نگاه او، مهندسی ابزار بازسازی سامانه‌های طبیعی و اجتماعی است؛ نه صرفاً ابزار ساخت و مصرف.^۴

۱۰. پیوند خورده با علوم انسانی، فلسفه و اخلاق تأمل‌محور است: درک عمیقی از ارزش‌های انسانی دارد. از خرد عملی برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده بهره می‌گیرد و می‌داند مهندسی بی تأمل در معنا، هویت و آینده‌ی انسان ناقص است. چنین مهندسی هم‌زمان که با فناوری‌های پیشرفته کار می‌کند ریشه در عمق فرهنگی و فلسفی تمدن بشری دارد.^۵

این چهره‌نو مهندس را از قالب سنتی حل‌کننده صرف مسائل فنی فراتر می‌برد و سیمای انسانی‌تر جامع‌تر و تأثیرگذارتری از او ترسیم می‌کند. اکنون، دامنه و کیفیت تأثیرگذاری اجتماعی، زیست‌محیطی و فرهنگی مهندس بخشی جدایی‌ناپذیر از سنجش برتری اوست.

همان‌گونه که جوامع مهندسی و نهادهای بین‌المللی به درستی دریافته‌اند، مهندس برجسته امروز کسی است که درخشش فنی را با تخیل، یکپارچگی اخلاقی، همدلی انسانی و بینش آینده‌محور درمی‌آمیزد. در عصر دگرگونی‌های شتابناک فناورانه و تحولات ژرف اجتماعی، مهندسان چندبُعدی مسیر پیشرفت را می‌سازند، مسئولانه و الهام‌بخش هدایت می‌کنند و برای نسل‌های آینده راهی روشن‌تر می‌کشایند.

1- NAE Grand Challenges, 2020; UNESCO, 2021

2- USF.edu - The Importance of Emotional Intelligence in Engineering

3- National Academy of Engineering - Building resilience in engineering systems (NAE reports)

4- UNESCO (2021). Engineering for Sustainable Development

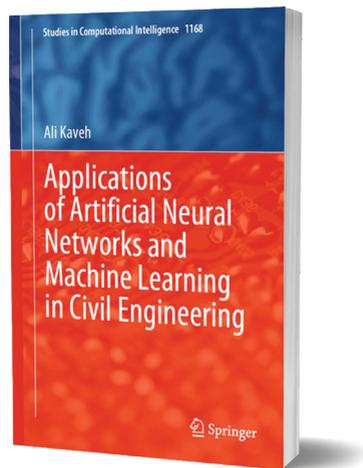
5- Stanford Encyclopedia of Philosophy - Practical wisdom (Phronesis)

فرجام سخن؛ در روزگار ما، مهندس برجسته بودن یعنی چه؟ یعنی دلیرانه نوآوری کردن و درعین حال پاسخ‌گوماندن در برابر ارزش‌های مشترک انسانی؛ یعنی رهبری تلاش‌های گروهی که مرزهای علم را درمی‌نوردد و ثمراتی اخلاق‌مدار، پایدار و انسان‌دوستانه برای مردم و سیاره به‌همراه دارد. مهندس برجسته همان قدر که به‌گد و داده مسلط است به‌گفت‌وگویی میان‌فرهنگی و درک کلان‌نگر آگاه است. او با همان شوقی که به ارتقای فناوری پیشرفته می‌پردازد در جست‌وجوی راه‌حل بحران‌های جهانی قدم برمی‌دارد. این تعریف نوین که از دل اندیشه‌ی نهادهای پیشرو، متفکران جهانی و جریان‌های تحول‌آفرین مهندسی برآمده است تصویری تازه و رها از کلیشه‌ها ارائه می‌دهد: مهندس برجسته دیگر تنها مخترعی درخشان و منزوی نیست بلکه انسانی جامع‌نگر است که قدرت فنی را با خلاقیت، وجدان و تعهد به ساختن آینده‌ای بهتر در هم می‌آمیزد. این چنین افرادی تجسم روح متکامل مهندسی در جهان امروزند؛ مهندسانی که در آنچه می‌آفرینند ممتازند و در چگونگی تأثیر آن آفرینش بر سرنوشت انسان و جهان شایستگی و بینش خود را به‌زیباترین وجه نشان می‌دهند.

References

- Boyatzis, R. E. (2009). Competencies as a behavioral approach to emotional intelligence, *Journal of Management Development*
- Engineers Australia , Engineer of the Year Award Criteria
- Fiksel, J. (2006). Sustainability and resilience: toward a systems approach. *Sustainability: Science, Practice and Policy*.
- Goldberg, D. E. & Somerville, M. M. (2014). A whole new engineer: The coming revolution in engineering education
- Goleman, Daniel (1995). *Emotional Intelligence: Why it Can matter more than IQ*. Bantam
- Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. (2006). *Resilience engineering: Concepts and precepts*. Ashgate Publishing.
- *Journal of Resilience Engineering , Principles and practice*
- MDPI.com , *Engineering Education and ethics: A Systematic Review*
- Meadows, Donella H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer*. Chelsea Green Publishing.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking through technology: The path between engineering and philosophy*. University of Chicago Press.
- NAP.Nationalacademies.org , *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*
- OJS.Deakin.edu.au , *Iranian engineering students' attitudes toward ethics and society*
- Queen Elizabeth Prize for Engineering – Official prize statement
- *Stanford Encyclopedia of Philosophy – Practical Wisdom (Phronesis)*
- Tufts University , Shafiqul Islam on Socio-Technical Diplomacy
- UNESCO (2021). , *Engineering for sustainable development: delivering on the sustainable development goals*
- USF.edu – *The importance of emotional intelligence in engineering*
- *Wikipedia.org – Regenerative Design*

معرفی کتاب



کتاب آقای دکتر علی کاوه تحت عنوان کاربردهای شبکه‌های عصبی مصنوعی و یادگیری ماشینی در مهندسی عمران توسط انتشارات Springer چاپ شده است.

Applications of Artificial Neural Network and Machine Learning in Civil Engineering

در این کتاب کاربردهای مختلف شبکه‌های عصبی و همچنین یادگیری ماشینی در مسائل متنوع مهندسی عمران مطرح شده است. امروزه دنیا در حال تحول است و پیشرفت‌های قابل توجهی را در زمینه‌های رایانه و علوم مرتبط با آن تجربه می‌کند. نویسنده این کتاب به همراه دانشجویان خود در سی سال گذشته پژوهش‌های مبسوطی انجام داده است که تعدادی از فصول این کتاب را تشکیل می‌دهد. برخی از فصول دیگر به پیشرفت‌های اخیر نویسنده و دانشجویان دکتری وی اختصاص دارد. هوش مصنوعی کاربردهای زیادی در پزشکی، صنعت، تجارت، مهندسی و کشاورزی پیدا کرده است و سریعاً در حال پیشرفت و گسترش است. این کتاب می‌تواند به عنوان قسمتی از درس هوش مصنوعی در مهندسی عمران و دیگر رشته‌های مهندسی نظیر مهندسی مکانیک و مهندسی صنایع مورد استفاده قرار گیرد.

(RESEARCH NOTE)

REDEFINING THE OUTSTANDING ENGINEER IN THE 21ST CENTURY

H. Sasani¹

Received: 11 May 2025 ; Accepted: 27 November 2025

DOR: 10.22047/ijee.2025.522768.2172

DOI: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.8.2

Abstract: Today's engineers operate in a highly interconnected world, where stakeholders from diverse domains, cultures, and contexts come together, and social, cultural, and political forces shape the success or failure of technological innovations. Therefore, an outstanding engineer can no longer be measured solely by technical skill. Recent views suggest that "the importance of the engineer in society is such that his role cannot be limited to technical competence." Not so long ago, engineers were praised above all for their technical achievements, the ability to solve difficult problems, create new products, or be master in a specific field. This classic view reduced the outstanding engineer to someone specific. But now, leading engineering institutions and global organizations are rethinking this image.

Keywords: Redefining engineer, outstanding engineer, century21

IDENTIFYING THE MOST IMPORTANT FACTORS AFFECTING THE PERFORMANCE OF TEACHING ASSISTANTS (TAS) IN ENGINEERING FIELDS

S. A. Mosayebi¹ and M. Khani Alamoti²

Received: 11 November 2024 ; Accepted: 1 March 2025

DOI: 10.22047/ijee.2025.487523.2130

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.7.1

Abstract: Today, teaching assistants play an undeniable role in improving student learning. Therefore, identifying their problems can lead to a significant improvement in the quality of students' teaching and learning. The aim of this research is to investigate the most important factors affecting the performance of teaching assistants, and at the end, solutions are presented with the aim of helping to improve their performance. So, after identifying the most important influencing factors, a questionnaire was given to 156 students with teaching assistant experience. The reliability of the questionnaire was estimated as 0.78 based on Cronbach's alpha method. Confirmatory factor analysis (CFA) was used to check the correctness of the relationships considered in the model. The results indicated the existence of a significant relationship between all six latent variables with the main structure of assistants' performance. Also, the most important results showed that from the point of view of most assistants (96%), more coordination with professors through holding regular meetings is among the most effective factors. Also, most of the teaching assistants (83%) do not agree with repeating all the material stated by the professors. Most of them (71%) do not consider holding related training workshops to increase their teaching skills too.

Keywords: Teaching assistants, engineering students, education, confirmatory factor analysis

1- Assistant Professor, School of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

E-mail: mosayebi@iust.ac.ir

2- PhD Candidate in Transportation Engineering, Amirkabir University, Tehran, Iran. E-mail: mahmoudkhani1378@aut.ac.ir

THE NECESSITY OF REVISING THE UNDERGRADUATE POLYMER ENGINEERING CURRICULUM IN LINE WITH INDUSTRIAL AND SCIENTIFIC DEVELOPMENTS

S. Tarashi¹, H. Vakili² and S. M. Hosseini³

Received: 21 July 2025 ; Accepted: 4 October 2025

DOI:10.22047/ijee.2025.535994.2189

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.6.0

Abstract: With the advancement of modern polymer technologies, the demand for skilled professionals in the industry has significantly increased. However, undergraduate polymer engineering programs still rely heavily on traditional curricula and remain poorly aligned with scientific advancements and industrial needs. As a result, many graduates lack the competencies required for effective entry into the industry or for conducting advanced research. This analytical–critical study revealed that the current structure and content of the polymer engineering curriculum in Iran largely depend on outdated, memory-based models and suffer from shortcomings such as weak practical training, lack of interdisciplinary education, outdated syllabi not aligned with emerging technologies, and a noticeable gap between academia and industry. Accordingly, this study proposes a comprehensive framework for curriculum revision that emphasizes the integration of theoretical and practical approaches, adoption of modern educational technologies, and enhanced university–industry collaboration. The key finding is that implementing the proposed reforms through the integration of theoretical, practical, technological, and interdisciplinary training can empower polymer engineering graduates to meet the growing demands of the polymer industry and contribute to the nation’s scientific development. This, in turn, will enhance graduates’ employability, competitiveness, and capacity for innovation.

Keywords: Polymer engineering, curriculum revision, engineering education, skills-based learning, educational innovation

1- Assistant Professor, Department of Polymer Engineering, School of Chemical Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran (Corresponding Author). Email: s.tarashi@ut.ac.ir

2- Assistant Professor, Department of Polymer Engineering, School of Chemical Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran (Corresponding Author). Email: vakili.helma@ut.ac.ir

3- Assistant Professor, Department of Polymer Engineering, School of Chemical Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran (Corresponding Author). Email: smostaffahosseini@ut.ac.ir

CONTENT ANALYSIS OF THE SYLLABUS OF MECHANICAL AND INDUSTRIAL ENGINEERING DISCIPLINES BASED ON THE INVENTIVE PROBLEM-SOLVING APPROACH

S. Z. Eslami¹, M. Ayati², M. A. Rostaminejad³ and S. Salimi Namin⁴

Received: 4 February 2025; Accepted: 22 April 2025

DOI: 10.22047/ijee.2025.494453.2151

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.5.9

Abstract: To enhance the quality of education and develop competent engineers, university curricula must include creative methods and solutions for addressing complex and unknown problems. This can be achieved through the adoption of innovative and systematic approaches, such as the inventive problem-solving methodology. For this aim, the present study was conducted to analyze the content of the syllabi for mechanical and industrial engineering programs based on the principles of inventive problem-solving. To achieve the research objectives, a qualitative content analysis method of the deductive type was employed. The statistical population consisted of approved syllabi by the Ministry of Science, Research, and Technology for the undergraduate programs in Mechanical and Industrial Engineering. In this study, purposive sampling (criterion-based) was utilized. The sample size in the Mechanical Engineering course syllabus includes 31 credits, equivalent to 11 course titles. In the industrial engineering courses, the total comprises 63 credits, equivalent to 21 course titles. The selected courses are among the key and important courses of the curriculum, having a greater impact on empowering students to solve problems. The data collection tool was a content analysis checklist, with components and indicators determined based on TRIZ principles. The unit of analysis was the objectives stated in the course syllabi. The recording unit was the content of the objectives. Research results indicate that the courses mechanical vibrations (contradiction), project management and control (resource and ideality), strength of materials, and machine dynamics (functionality) in mechanical engineering, and the courses project management and control, inventory planning and control, strategic management and planning, and designing the creation of industries (resource) in industrial engineering, align with TRIZ principles. At the end of the research, suggestions have been made to consider inventive problem solving in curricula.

Keywords: Inventive problem solving, syllabus, content analysis, curriculum, engineering education

1- PhD Student in Curriculum, Faculty of Educational and Psychology, University of Birjand, Birjand, Iran (Corresponding Author). E-mail: seyedezahra_eslami@birjand.ac.ir

2- Associate Professor, Department of Educational, Faculty of Educational and Psychology, University of Birjand, Birjand, Iran. E-mail: mayati@birjand.ac.ir

3- Associate Professor, Department of Educational, Faculty of Educational and Psychology, University of Birjand, Birjand, Iran. E-mail: marostami@birjand.ac.ir

4- Assistant Professor, Department of Business Management, Faculty of Science and Technology Management, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran. E-mail: sara.salimi@aut.ac.ir

EXAMINING LABORATORY-BASED EDUCATION IN ENGINEERING: BRIDGING THEORY AND PRACTICE

S. Asadian¹ and H. Eidi²

Received: 9 February 2025; Accepted: 23 April 2025

DOI: 10.22047/ijee.2025.505472.2154

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.4.8

Abstract: The present study aimed to investigate the implementation status of laboratory-based courses in engineering disciplines. The research employed a survey method. The statistical population consisted of all undergraduate students and graduates engineering fields up to the year 2023 at Azarbaijan Shahid Madani University. The total population was 5,321 individuals, from which a sample of 357 was selected. Systematic random sampling was used to determine the sample size. Data were collected using a researcher-made questionnaire. The face and content validity of the questionnaire were confirmed by five educational experts holding PhD degrees. Reliability was assessed using Cronbach's alpha coefficient, which was estimated at 0.781 for the entire questionnaire. In addition to descriptive statistics, one-sample t-test and Friedman test were used to analyze the data and answer the research questions. The findings indicated that the implementation status of laboratory courses across six key components: Objectives, content, materials and facilities, activities and methods, learning time, and educational space, was above average. Furthermore, the Friedman test results revealed that the content dimension had the highest mean rank, followed by activities and methods, while the objectives component ranked last.

Keywords: laboratory, laboratory courses, practical courses, engineering education

1- Associate Professor of Curriculum Studies, Faculty of Education and Psychology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran (Corresponding Author). E-mail: dr.sasadian@gmail.com

2- Master's Student in Curriculum Studies, Faculty of Education and Psychology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran. E-mail: sanie137376@gmail.com

REFLECTION OF THE LABOR MARKET CONDITIONS IN THE ELECTRICITY INDUSTRY ON THE DECLINE OF INTEREST IN TECHNICAL ENGINEERING EDUCATION IN HIGHER EDUCATION OF IRAN

S. Pasandideh¹, A. Ghorban Shiroodi² and H. Kamali³

Received 27 April 2025; Accepted: 25 July 2025

DOI: 10.22047/ijee.2025.519642.2167

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.3.7

Abstract: This study investigates the impact of the electricity industry's labor market on the attraction and retention of skilled professionals and the trend in students' inclination toward engineering fields. Employing a mixed-methods approach, it combines secondary analysis of statistical data on engineering students and graduates (1989–2021) with thematic analysis of interviews conducted with managers and experts in the electricity sector. The results reveal a significant decline in the number of engineering students from 1.5 million in 2014 to less than 762,000 in 2020, and electrical engineering graduates from 56,591 in 2015 to 20,431 in 2021. This downward trend is partly attributed to labor market conditions in key industries such as electricity. In this sector, economic instability, declining investment, hiring constraints, and financial difficulties in private firms have reduced the motivation to study engineering, diminished retention in the industry, and increased professional migration. The study concludes by emphasizing the need to revise human resource policies, boost investment, foster innovation in the electricity sector, and strengthen university-industry collaboration.

Keywords: Engineering disciplines, electrical engineering, higher education, electricity industry, labor market

1- Assistant Professor, Management and Social Science Department, Niroo Research Institute, Tehran, Iran.
(Corresponding author). E-mail: apasandideh@nri.ac.ir

2- PhD Graduate of Higher Education, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: shiroodiarmita@yahoo.com

3- Assistant Professor of Higher Education Governance, Institute for Social and Cultural Studies, Tehran, Iran.
E-mail: hamed.kamali80@gmail.com

EFFECTIVE TEAMWORK IN ENGINEERING EDUCATION: ITS IMPACT ON STUDENT CREATIVITY, INTERACTION, AND LEARNING

B. Beigpourian¹

Received 25 February 2025; Accepted: 28 May 2025

DOI: 10.22047/ijee.2025.508342.2157

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.2.6

Abstract: The world's most reputable engineering education accreditation institutions have explicitly emphasized the necessity of acquiring effective teamwork skills, interaction skills, and creativity by engineering students. However, no research in Iranian universities examines effective teamwork in engineering education and its impact on student creativity and interaction. This research proposes a framework based on a theoretical model and previous research findings to fill this research gap. This framework proposes a method for using effective teamwork in engineering classes by suggesting appropriate methods for team formation, managing team dynamics, teaching effective teamwork, and conducting peer evaluation. Then, to evaluate the impact of this effective team model, three experimental groups were studied: Group 1, which carried out a class project in an individual activity, Group 2, which carried out the activity as a team without using effective teamwork recommendations, and Group 3, which experienced effective teamwork with the help of the proposed framework. Finally, the scores of creativity, interaction with classmates, and learning of students were compared using the one-way ANOVA method, and it was found that if teamwork is used, students' creativity, interaction, and learning increase, and if effective teamwork strategies are used, students' creativity and interaction increase further.

Keywords: Teamwork, team dynamic, creativity, engineering education, team creation

1- Assistant Professor, Engineering Education Department, College of Engineering's, University of Tehran, Tehran, Iran.
E-mail: Beigpourian@ut.ac.ir

ABSTRACTS

ARTIFICIAL INTELLIGENCE, DIGITAL LITERACY, AND ACADEMIC ENTREPRENEURSHIP: EXAMINING THE ROLE OF SELF-EFFICACY AND SOCIAL SUPPORT

A. Hajizadeh¹, M. Hassani², and N. Shirbagi³

Received 30 April 2025; Accepted: 22 July 2025

DOI: 10.22047/ijee.2025.519003.2168

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.1.5

Abstract: The present study aimed to examine the combined effects of artificial intelligence and digital literacy on the entrepreneurial intention of graduate students at Urmia University, and to analyze the mediating role of entrepreneurial self efficacy and the moderating role of perceived social support. The research aim is applied in purpose and employs a descriptive correlational design based on structural equation modeling (SEM). The statistical population comprised 901 postgraduate students from the Faculties of Engineering and Electrical and Computer Engineering at Urmia University, of whom 300 were selected through stratified random sampling. Data were collected using established questionnaires whose validity and reliability were confirmed. The analyses were conducted with SPSS and AMOS version 26 using SEM techniques. The findings indicate that both artificial intelligence and digital literacy exert a positive and significant influence on students' entrepreneurial intention. Moreover, entrepreneurial self efficacy serves as a significant mediator in these relationships. Additionally, perceived social support moderates the association between digital literacy and entrepreneurial self efficacy, strengthening this link, whereas its moderating effect on the relationship between artificial intelligence and entrepreneurial self efficacy was not significant. The results underscore the importance of enhancing digital competencies and fostering entrepreneurial self efficacy within university curricula to promote the development of entrepreneurial intention among students.

Keywords: Artificial intelligence, digital literacy, entrepreneurial intention, entrepreneurial self efficacy, university ecosystem

1- PhD Student, Department of Educational Sciences, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: an.hajizadeh@urmia.ac.ir

2- Professor, Department of Educational Sciences, Urmia University, Urmia, Iran. (Corresponding author)

E-mail: m.hassani@urmia.ac.ir

3- Professor, Department of Educational Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: nshirbagi@gmail.com

Contents

Iranian Journal of Engineering Education

Vol. 27 No. 107, Autumn 2025

- *Artificial intelligence, digital literacy, and academic entrepreneurship: Examining the role of self-efficacy and social support* / A. Hajizadeh, M. Hassani and N. Shirbagi
- *Effective teamwork in engineering education: Its impact on student creativity, interaction, and learning* / B. Beigpourian
- *Reflection of the labor market conditions in the electricity industry on the decline of interest in technical-engineering education in higher education in Iran* / A. S. Pasandideh, A. Ghorban Shiroodi and H. Kamali
- *Examining laboratory-based education in engineering: Bridging theory and practice* / S. Asadian and H. Eidi
- *Content analysis of the syllabus of mechanical and industrial engineering disciplines based on the inventive problem-solving approach* / S. Z. Eslami, M. Ayati, M. A. Rostaminejad and S. Salimi Namin
- *The necessity of revising the undergraduate polymer engineering curriculum in line with industrial and scientific developments* / S. Tarashi, H. Vakili and S. M. Hosseini
- *Identifying the most important factors affecting the performance of teaching assistants (TAs) in engineering fields* / S. A. Mosayebi and M. Khani Alamoti
- *Redefining the outstanding engineer in the 21st century (Research Note)* / H. Sassani
- *English Abstracts of the Articles*

Editorial Board:

Prof. Khodayar Abili / University of Tehran
Prof. Godarz Ahmadi/Robert Hill Professor, Clarkson University, USA
Prof. Mehdi Bahadori Nezhad / Fellow, Academy of Sciences
Prof. Parviz Davami / Fellow, Academy of Sciences
Prof. Mohammad Reza Eslami/ Fellow, Academy of Sciences
Prof. Javad Faiz / Fellow, Academy of Sciences
Prof. Mohammad Hossein Halimi / Fellow, Academy of Sciences
Prof. Rezvan Hakimzadeh / University of Tehran
Prof. Jalal Hejazi / Associate Member, Academy of Sciences
Prof. Parviz Jabbehdar Maralani/ Fellow, Academy of Sciences
Prof. Gholamali Mansouri / University of Illinois, Chicago, USA
Prof. Mohammad Modares Yazdi/ Associate Member, Academy of Sciences
Prof. Ezatolah Naderi/ Fellow, Academy of Sciences
Prof. Rahbar Rahimi/ University of Sistan and Balochestan
Prof. Mohammad Shahidepour / Head of Electrical and Computer Engineering Department at Illinois Institute of Technology-USA
Prof. Ebrahim Shirani/ Associate Member, Academy of Sciences
Prof. Mehdi Sohrabi/ Associate Member, Academy of Sciences
Prof. Saeed Sohrabpour/ Fellow, Academy of Sciences
Prof. Jafar Towfighi/ Fellow, Academy of Sciences
Prof. Hassan Zohoor/ Fellow, Academy of Sciences
Prof. Mahmood Yaghoubi/ Fellow, Academy of Sciences

Editorial Advisory Board:

Prof. Abbas Afshar/ Iran University of Science and Technology
Prof. Faramarz Afshar Taremi/ Amirkabir University of Technology
Prof. Ali Ashrafzadeh/ K. N. Toosi University of Technology
Prof. Ali Haerian Ardakani/ Ferdowsi University of Mashhad
Prof. Mohammad Reza Aref/ Fellow, Academy of Sciences
Prof. Tahereh Kaghazchi/ Amirkabir University of Technology
Prof. Naser Kanani/ Technische Universität Berlin
Prof. Ali Kaveh/ Fellow, Academy of Sciences
Prof. Ali Khaki Sediq/ K. N. Toosi University of Technology
Prof. Mojtaba Mahzon/ Shiraz University
Prof. Ali Meghdari/ Sharif University of Technology
Prof. Hossein Memarian/ Associate Member, Academy of Sciences
Prof. Ali Movaghar Rahim Abadi/ Sharif University of Technology
Prof. Masomeh Nasrin Kenari/ Sharif University of Technology
Prof. Mohammad Hassan Panjeshahi/ University of Tehran
Prof. Jalali Agha Rashed Mohassel/ University of Tehran
Prof. Mahmoud Shakeri/ Amirkabir University of Technology
Prof. Abbas Shoja Sadati/ Tarbiat Modares University
Prof. Mohammad M. Shokrieh/ Iran University of Science and Technology
Prof. Naser Taleb Bidokhti/ Shiraz University
Prof. Naser Towhidi/ University of Tehran
Prof. Manochehr Vosoghi/ Sharif University of Technology

This Journal Appreciate the Collaboration of Iranian Society of Engineering Education

Index by:

DOAJ
Islamic World Science Citation Center (ISC)
ProQuest
Civilica
EuroPub
Eurasian Scientific Journal Index (ESJI)
Google Scholar
Magiran
EBESCO
Pearson
World Book
BRITANNICA
VIRA SCIENCE
Scientific Indexing Services (SIS)
J-Gate
Science Explore
Research bib (Academic Resource Index)
Advanced Sciences Index (ASI)
GANJINE-YE ASNAD
SID (Scientific Information Database)
ROAD

IN THE NAME OF GOD



Department of Engineering Sciences

Iranian Journal of Engineering Education

Vol. 27 No. 107, Autumn 2025

Proprietor: The Academy of Sciences of IR Iran

Managing Director: Prof. Mahmood Yaghoubi

Editor-in-Chief: Prof. Mahmood Yaghoubi

Office Manager: Dr. Mitra Molaee Parvarei

Persian Editor: Miss. Yashil Norbakhsh

Page Layout: Mr. Majid Mirabzadeh

Research and artistic design: Dr. Mohammad Hossein Halimi

Computer design of geometric patterns: Miss. Maryam Dehnadi

Cover design and layout: Mr. Khairullah Asghari

This Journal is Open Access

Mailing Address: Academies & National Library Exit,
Shahid Haghani Exp., Tehran, 1537633111, IR Iran

P. O. Box: 19395-5318

Tel: +98 21 88190433

Fax: +98 21 88656216

E-Mail: ijee78@ias.ac.ir

Website: <http://ijee.ias.ac.ir>

ISSN: 1607-2316

E-ISSN: 2676-4881

DOI: 10.22047/ijee

DOR: 20.1001.1.16072316

IRANIAN JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION

The Academy of Sciences
I. R. Iran

Department of Engineering Sciences

■ Number 107 ■ Volume 27 ■ Autumn 2025

- ◆ **Artificial intelligence, digital literacy, and academic entrepreneurship: Examining the role of self-efficacy and social support** / A. Hajizadeh, M. Hassani and N. Shirbagi
- ◆ **Effective teamwork in engineering education: Its impact on student creativity, interaction, and learning** / B. Beigpourian
- ◆ **Reflection of the labor market conditions in the electricity industry on the decline of interest in technical-engineering education in higher education in Iran** / A. S. Pasandideh, A. Ghorban Shiroodi and H. Kamali
- ◆ **Examining laboratory-based education in engineering: Bridging theory and practice** / S. Asadian and H. Eidi
- ◆ **Content analysis of the syllabus of mechanical and industrial engineering disciplines based on the inventive problem-solving approach** / S. Z. Eslami, M. Ayati, M. A. Rostaminejad and S. Salimi Namin
- ◆ **The necessity of revising the undergraduate polymer engineering curriculum in line with industrial and scientific developments** / S. Tarashi, H. Vakili and S. M. Hosseini
- ◆ **Identifying the most important factors affecting the performance of teaching assistants (TAs) in engineering fields** / S. A. Mosayebi and M. Khani Alamoti
- ◆ **Redefining the outstanding engineer in the 21st century (Research Note)** / H. Sassani
- ◆ **English Abstracts of the Articles**



E-ISSN: 2676-4881

ISSN: 1607-2316

DOI: 10.22047/ijee

DOR: 20.1001.1.16072316