

فصلنامه آموزش مهندسی ایران فصلنامه علوم مهندسی ایران

گروه علوم مهندسی

■ شماره ۱۰۹ ■ سال بیست و هشتم ■ بهار ۱۴۰۵

- **بازاندیشی سنوات دوره کارشناسی مهندسی در ایران: راه کارها، ملاحظات و الزامات سیاستی** / فرهاد ابراهیم آبادی، وحید تقی خانی و جعفر توفیقی
- **طراحی الگوی نگهداشت فارغ التحصیلان مهندسی دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی** / زهرا صنعتی، محمد حسینی و رضا فتحی
- **نوسازی برنامه‌درسی مهندسی بارویکرد آموزش برای توسعه پایدار: یک مطالعه فراترکیب** / مهدی محمدی و فرزانه دیمه کار حقیقی
- **ابعاد افت ریاضیات در ایران: زنگ خطری برای آینده آموزش علوم و مهندسی** / ابوالفضل رفیع‌پور و پویا کریمی
- **آموزش مفاهیم پیچیده بارویکرد پرسش و پاسخ طنز آمیز: مطالعه موردی در مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر** / سامان پیره‌بایی و رقیه گوگ‌ساز قوجانی
- **ارائه مدل آموزش فنی و مهندسی مبتنی بر فناوری برای ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای شرکت‌های خدمات‌دهنده نفت و گاز** / مریم بهی‌فر، محمدرضا رضوی و پروش جعفری
- **چکیده انگلیسی مقالات**

E-ISSN: ۲۶۷۶-۴۸۸۱

ISSN: ۱۶۰۷-۳۳۱۶

DOI: ۱۰.۲۲۰۴۷/ijee

DOR: ۲۰۱۰۰۱.۱۶۰۷۳۳۱۶



کروه علوم مهندسی

فصلنامه آموزش مهندسی ایران

سال بیست و هشتم، شماره ۱۰۹، بهار ۱۴۰۵

صاحب امتیاز: فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران

مدیر مسئول: دکتر محمود یعقوبی

سرمدیر: دکتر محمود یعقوبی

مدیر داخلی: دکتر میترا ملانی پوری

ویراستار: دکتر فتنانه نادری

صفحه‌آرایی: مجید میراب‌زاده

پژوهش و طراحی هنری روی جلد: دکتر محمدحسین حلیمی

طراحی کامپیوتری نقش هندسی روی جلد: مریم دهنادی

طراحی و صفحه‌آرایی روی جلد: 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://dor.lanl.gov/archive/10.1001.1.16072316)

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 محمدرضا اسلامی/ عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر ابراهیم شیرانی/ عضو وابسته فرهنگستان علوم	دکتر گودرز احمدی/ استاد رابرت هیل، دانشگاه کلارکسون - آمریکا
دکتر محمد شاهیده پور/ رئیس گروه مهندسی برق و کامپیوتر در موسسه فناوری ایلینوی - آمریکا	دکتر خدایار ایبلی/ استاد دانشگاه تهران
دکتر حسن ظهور/ عضو پیوسته فرهنگستان علوم	دکتر مهدی بهادری‌نژاد/ عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر جواد فیض/ عضو پیوسته فرهنگستان علوم	دکتر جعفر توفیقی/ عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر محمد مدرس یزدی/ عضو وابسته فرهنگستان علوم	دکتر پرویز جبه‌دار مارالانی/ عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر عزت الله نادری/ عضو پیوسته فرهنگستان علوم	دکتر جلال حجازی/ عضو وابسته فرهنگستان علوم
دکتر غلامعلی منصوری/ استاد دانشگاه ایلینوی شیکاگو - آمریکا	دکتر محمد حسین حلیمی/ عضو پیوسته فرهنگستان علوم
دکتر محمود یعقوبی/ 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 علی اشرفی‌زاده/ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دکتر محمدرضا عارف/ عضو پیوسته فرهنگستان علوم	دکتر عباس افشار/ دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر طاهره کاغذچی/ دانشگاه صنعتی امیر کبیر	دکتر فرامرز افشار طارمی/ دانشگاه صنعتی امیر کبیر
دکتر علی کاوه/ عضو پیوسته فرهنگستان علوم	دکتر محمد حسن پنجه‌شاهی/ دانشگاه تهران
دکتر ناصر کنعانی/ دانشگاه برلین	دکتر ناصر توحیدی/ دانشگاه تهران
دکتر مجتبی محزون/ دانشگاه شیراز	دکتر علی حائریان اردکانی/ دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر علی مقداری/ دانشگاه صنعتی شریف	دکتر علی خاکی صدیقی/ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دکتر علی موقر رحیم‌آبادی/ دانشگاه صنعتی شریف	دکتر جلیل آقا راشد محصل/ دانشگاه تهران
دکتر حسین معماریان/ عضو وابسته فرهنگستان علوم	دکتر محمود شاکری/ دانشگاه صنعتی امیر اکبیر
دکتر معصومه نصیری کناری/ دانشگاه صنعتی شریف	دکتر عباس شجاع الساداتی/ دانشگاه تربیت مدرس
دکتر منوچهر وثوقی/ دانشگاه صنعتی شریف	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 ۲۸، شماره ۱۰۹، بهار ۱۴۰۵

- بازاندیشی سنوات دوره کارشناسی مهندسی در ایران: راه‌کارها، ملاحظات و الزامات سیاستی ۱
فرهاد ابراهیم‌آبادی، وحید تقی‌خانی و جعفر توفیقی
- طراحی الگوی نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی ۲۹
زهرآ صنعتی، محمد حسنی و رضا فتحی
- نوسازی برنامه درسی مهندسی با رویکرد آموزش برای توسعه پایدار: یک مطالعه فراترکیب ۵۳
مهدی محمدی و فرزانه دیمه‌کار حقیقی
- ابعاد افت ریاضیات در ایران: زنگ خطری برای آینده آموزش علوم و مهندسی ۸۱
ابوالفضل رفیع‌پور و پویا کریمی
- آموزش مفاهیم پیچیده با رویکرد پرسش و پاسخ طنزآمیز: مطالعه موردی در مهندسی
انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۰۹
سامان بیره‌بابی و رقیه گوگ‌ساز قوچانی
- ارائه مدل آموزش فنی و مهندسی مبتنی بر فناوری برای ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای
شرکت‌های خدمات‌دهنده نفت و گاز ۱۲۹
مریم بهی‌فر، محمدرضا رضوی و پریش جعفری
- چکیده انگلیسی مقالات 1

بازاندیشی سنوات دوره کارشناسی مهندسی در ایران: راهکارها، ملاحظات و الزامات سیاستی

فرهاد ابراهیم‌آبادی^۱، وحید تقی‌خانی^۲ و جعفر توفیقی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۹

DOI: 10.22047/ijee.2025.563615.2228

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.1.6

چکیده: در حال حاضر، بازنگری طول دوره کارشناسی در دستور کار وزارت علوم، تحقیقات و فناوری قرار گرفته است. این مطالعه کاربردی با هدف شناسایی راه‌حل‌ها، ملاحظات و الزامات مرتبط، با رویکرد کیفی انجام شده است. داده‌ها از طریق تحلیل اسنادی و نشست‌های تخصصی گردآوری و با استفاده از تحلیل مضمون، تحلیل شده‌اند. شرکت‌کنندگان شامل صاحب‌نظران آموزش عالی بودند که با روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی انتخاب شدند. یافته‌ها نشان داد در کشورهای توسعه‌یافته، تنوع ساختارمندی از مدارک دانشگاهی با کارکردهای متمایز و با هدف افزایش هم‌راستایی آموزش عالی و نیازهای بازار کار وجود دارد. نتایج همچنین نشان داد ارائه سه نوع درجه لیسانس، یعنی درجه لیسانس دانشگاهی چهارساله در دانشگاه‌ها، و درجه‌های لیسانس سه‌ساله کاربردی و حرفه‌محور در دانشگاه‌های مهارتی، امکان انطباق بهتر برنامه‌های درسی با مسیرهای حرفه‌ای و دانشگاهی را فراهم می‌سازد. تنوع‌بخشی در مقاطع کاردانی، کارشناسی ارشد و دکتری نیز به عنوان گزینه‌های قابل اجرا مطرح شد؛ با این حال، ایجاد «چارچوب مدارک تحصیلی آموزش عالی ایران» یک ضرورت راهبردی برای نظام‌مند کردن این تنوع شمرده می‌شود. این مطالعه در نهایت نتیجه‌گیری می‌کند که سنوات استاندارد بین‌المللی درجه لیسانس مهندسی دانشگاهی، چهار سال (۱۲۰ تا ۱۲۵ واحد درسی) است و کاهش آن با مقررات جهانی در تضاد خواهد بود.

واژگان کلیدی: بازاندیشی دوره لیسانس، تنوع مدارک تحصیلی، مهندسی، انطباق آموزش با بازار کار، چارچوب ملی مدارک تحصیلی

۱- استادیار گروه نوآوری آموزشی و درسی، مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول).

f.ebrahimabadi@irphe.ac.ir

۲- استاد دانشکده مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف، دبیر انجمن مهندسی شیمی ایران، تهران، ایران. taghikhani@sharif.edu

۳- استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. towfighi@modares.ac.ir

۱. مقدمه

بازاندیشی در طول دوره لیسانس^۱ در ایران به عنوان یکی از محورهای اصلی سیاست‌گذاری آموزش عالی مطرح شده است. یکی از پیشنهادها مهم در این زمینه، کاهش سنوات دوره لیسانس از چهار سال به سه سال است؛ پیشنهادی که با دلایلی همچون تسهیل و تسریع ورود دانش‌آموختگان به بازار کار، کاهش هزینه‌های آموزشی برای دانشجویان و دولت، و وجود نمونه‌های مشابه در کشورهای اروپایی توجیه می‌شود. این رویکرد در نگاه نخست می‌تواند به ارتقای بهره‌وری تحصیلی و افزایش کارآمدی نظام آموزش عالی منجر شود، اما هم‌زمان پرسش‌های جدی درباره کیفیت آموزشی، هم‌راستایی با استانداردهای بین‌المللی، و پیامدهای حرفه‌ای و اجتماعی آن مطرح می‌گردد (خبرگزاری تسنیم، ۱۴۰۴؛ خبرگزاری مهر، ۱۴۰۴).

بررسی‌ها نشان می‌دهند که تغییر در طول دوره‌های تحصیلی تنها زمانی موفقیت‌آمیز خواهد بود که در چارچوبی جامع و ساختاریافته صورت گیرد؛ چارچوبی که هم به تنوع مدارک تحصیلی و مسیرهای آموزشی توجه کند و هم با چارچوب‌های ملی و بین‌المللی مدارک تحصیلی هم‌راستا باشد. در غیر این صورت، خطر کاهش کیفیت یادگیری، محدود شدن فرصت‌های بین‌المللی برای دانشجویان، و تضعیف جایگاه حرفه‌ای دانش‌آموختگان وجود خواهد داشت (Swenty & Swenty, 2019). بر این اساس، پژوهش حاضر با یک رویکرد کیفی و مقایسه‌ای، به بررسی عمیق موضوع کاهش سنوات دوره لیسانس مهندسی در ایران می‌پردازد. هدف اصلی، شناسایی الزامات، ملاحظات و راهکارهای سیاستی مرتبط با این بازاندیشی است تا ضمن بهره‌گیری از تجارب بین‌المللی، راه‌حلی متناسب با شرایط بومی ایران ارائه کند. این پژوهش با تحلیل اسناد ملی و بین‌المللی و گردآوری دیدگاه‌های ذی‌نفعان، تصویری روشن از فرصت‌ها و چالش‌های پیش‌روی بازاندیشی سنوات دوره لیسانس مهندسی در ایران ارائه می‌کند.

۲. پیشینه

۲-۱. چارچوب‌های بین‌المللی و ساختار نظام‌های آموزش عالی
از آنجاکه ساختار نظام‌های آموزش عالی از کشوری به کشور دیگر متفاوت است، لذا تنوع قابل توجهی در طراحی و اجرای دوره‌های لیسانس مهندسی نیز مشاهده می‌شود. این تنوع تنها محدود به سنوات دوره لیسانس (سه یا چهار ساله) نیست، بلکه در سطوح مدارک تحصیلی (مانند Bachelor of Engineering

۱- در ادبیات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، واژه «کارشناسی» برای اشاره به Bachelor's Degree یا licence's degree استفاده شده است. با این حال، از آنجاکه در متون دانشگاهی و بین‌المللی، واژه «لیسانس» نیز رایج است، لذا در این مقاله برای سهولت مقایسه با نمونه‌های جهانی از اصطلاح «لیسانس» استفاده شده است. در اینجا از واژه «تحصیلات کارشناسی» برای اشاره به Undergraduate education استفاده شده است.

۲- خبرگزاری تسنیم (۱۴۰۴، شهریور ۸): <https://www.tasnimnews.com/fa/news/1404/06/08/3388052>

۳- خبرگزاری مهر (۱۴۰۴، آبان ۲۹): <https://www.mehrnews.com/news/6664080>

در مقابل Bachelor of Science in Engineering)، معیارهای پذیرش، محتوای دروس تخصصی و عمومی، نسبت واحدهای عملی به نظری، و همچنین سازوکارهای اعتباربخشی حرفه‌ای نیز منعکس می‌شود (Ebrahimabadi, 2024; 2025). مطالعات تطبیقی نشان می‌دهند که این تفاوت‌ها عمدتاً ریشه در سه عامل کلیدی دارند:

- مأموریت‌های ذاتی نظام‌های آموزش عالی (آموزش محض در مقابل آموزش-کاربرد)؛
 - نیازهای پویای بازار کار ملی و منطقه‌ای؛
 - هماهنگی با چارچوب‌ها و استانداردهای بین‌المللی، به‌ویژه پیمان‌های زیرمجموعه اتحادیه بین‌المللی مهندسی همچون پیمان واشنگتن^۱، سیدنی^۲، و دوبلین^۳ (Engineers Australia, 2025; IEA, 2025; QAA, 2024; CICIC, 2025).
- این پیمان‌های بین‌المللی آموزش مهندسی با تأکید بر همسان‌سازی دستاوردهای یادگیری^۴ به جای صرفاً سنوات یا تعداد واحدهای درسی، باعث شده‌اند دوره‌های لیسانس مختلف (اعم از سه‌ساله و چهارساله) بتوانند از اعتبار بین‌المللی برخوردار باشند، مشروط بر اینکه معیارهای کیفی تعیین‌شده را برآورده سازند (IEA, 2025). برای روشن‌سازی این تفاوت‌های ساختاری و محتوایی، جدول‌های ۱ تا ۶ ساختار نظام آموزشی چند کشور کلیدی، به‌ویژه انواع دوره‌های لیسانس مهندسی در کشورهای مختلف را ارائه می‌دهد.

جدول ۱. نظام آموزشی ایالات متحده آمریکا (IEE, 2025)

مرحله	طول	توضیحات
پیش‌دبستانی	۱ تا ۲ سال	اختیاری
دبستان و متوسطه	۱۲ سال	پایان دوره متوسطه با دریافت مدرک دیپلم دبیرستان
لیسانس	۴ سال	B.Sc. یا B.Eng. اگرچه در ایالات متحده، اعتباربخشی اجباری نیست، اما در عمل دوره‌های مهندسی باید توسط ABET اعتباربخشی شده باشند تا مدارک تحصیلی آنها معتبر باشد
فوق لیسانس	۱ تا ۲ سال	دانشگاه‌های ایالات متحده که دوره‌های فوق‌لیسانس ارائه می‌دهند، در قالب M.Eng. (بدون پایان‌نامه) یا M.Sc. (با پایان‌نامه) می‌باشند
دکتری (Ph.D.)	۴ تا ۶ سال	تمرکز بر پژوهش. اگر دوره دکتری پیوسته باشد (لیسانس+دکتری)، گاهی متناسب با سیاست‌های آموزشی دانشگاه یا دانشکده، مدرک فوق‌لیسانس در حین دوره اعطا می‌شود

- در نظام آموزشی ایالات متحده، دانش‌آموزان در سن ۷ سالگی (۶ سالگی تمام) به مدرسه می‌روند؛
- دانشجویان لیسانس باید در دو تابستان (پایان سال‌های تحصیلی دوم و سوم) در دوره‌های کارآموزی شرکت کنند؛
- از الزامات لازم برای اخذ پروانه مهندسی از سازمان نظام مهندسی، درجه لیسانس ۴ ساله است؛
- تمام رشته‌های مهندسی، از جمله مهندسی کشاورزی، زیرمجموعه سازمان نظام مهندسی محسوب می‌شوند و امکان دریافت پروانه مهندسی را دارند (IEA, 2025).

جدول ۲. نظام آموزشی بریتانیا (Breitish Coucil, 2024; QAA, 2024)

مرحله	طول	توضیحات
پیش دبستانی	۲ سال	
ابتدایی	۶ سال (پایه‌های اول تا ششم)	
متوسطه	۵ سال (پایه‌های هفتم تا یازدهم)	پایان دوره متوسطه با اخذ دیپلم دبیرستان با عنوان اختصاری GCSE
پیش دانشگاهی	۲ سال	- BTEC, A-Level یا T-Level (مثلاً BTEC مهندسی) - در انگلستان اخذ این مدرک‌های تحصیلی پیش‌دانشگاهی برای ورود به دانشگاه الزامی است
لیسانس	۳ سال (B.Eng.) ۴ سال (M.Eng.)	- درجه لیسانس ۳ سال (B.Eng.) بر اساس استانداردهای پیمان سیدنی (کارشناسی فناوری) است - درجه لیسانس پیوسته ۴ ساله (M.Eng.) بر اساس استانداردهای پیمان واشنگتن است - درجه لیسانس ۴ ساله اسکاتلند (B.Eng.) مطابق با استانداردهای پیمان واشنگتن است
فوق لیسانس	۱ سال (M.Sc.)	برای تخصص یا تکمیل مسیر
دکتری (Ph.D.)	۳ الی ۴ سال	برای بورسیه، معمولاً به درجه فوق لیسانس نیاز دارد

- در بریتانیا، دانش‌آموزان در سن ۶ سالگی (۵ سالگی تمام) و ۱ سال زودتر از ایران و ایالات متحده به مدرسه می‌روند؛
- آموزش اجباری: ۵ تا ۱۸ سالگی (از سال ۲۰۱۳؛ شامل آموزش یا کارآموزی تا ۱۸ سالگی است)؛
- درجه لیسانس پیوسته ۴ ساله انگلیس (M.Eng) معادل درجه لیسانس (B.Sc) در ایالات متحده است؛
- در بریتانیا، شرایط لازم برای اخذ پروانه حرفه‌ای، داشتن درجه لیسانس ۴ ساله (M.Eng) همراه با سابقه کار است؛
- تمام رشته‌های مهندسی، از جمله مهندسی کشاورزی، زیرمجموعه سازمان نظام مهندسی محسوب می‌شود و امکان دریافت پروانه مهندسی دارند (Breitish Coucil, 2024; QAA, 2024; IEA, 2025; Engineering Council, 2025).

جدول ۳. نظام آموزشی فنلاند (Cedefop, 2022)

مرحله	طول	توضیحات
آموزش کودکان پیش از مدرسه	اختیاری	با کمک هزینه دولتی است
آموزش پیش پایه	۱ سال	این دوره تحصیلی اجباری است و معادل پایه اول دبستان در ایران است
آموزش پایه	۹ سال (پایه های اول تا نهم)	جامع، بدون شاخه بندی
آموزش متوسطه دوم	۲ تا ۴ سال	Lukio (نظری؛ منتهی به آزمون ملی ورود به دانشگاه) ^۱
		Ammattiopisto (فنی حرفه ای؛ منتهی به Ammattitutkinto)
آموزش عالی		دانشگاه ها (Universities) تمرکز پژوهشی
		دانشگاه های علوم کاربردی (UAS / AMK) تمرکز عملی
درجه لیسانس دانشگاه ها	۳ سال	درجه B.Sc. (Tech): منطبق با استانداردهای پیمان سیدنی (کارشناسی فناوری)
درجه لیسانس دانشگاه های علوم کاربردی	۳٫۵ تا ۴ سال	مدرک insinööri، منطبق با استانداردهای پیمان دوبلین (کاردانی)
درجه فوق لیسانس	۲ سال	مدرک Diplomi-insinööri (M.Sc. Tech)، منطبق با استانداردهای پیمان واشنگتن
درجه دکتری	تقریباً ۴ سال	فقط در دانشگاه ها ارائه می شود و نیازمند درجه فوق لیسانس است

- در فنلاند، طول تحصیلات پیش از دانشگاه، ۱۳ سال است. بنابراین در این کشور، دانش آموزان یک سال دیرتر از آمریکا و ایران و در سن ۱۹ سالگی وارد موسسات آموزش عالی می شوند (Cedefop, 2022).

جدول ۴. نظام آموزشی استرالیا (AQFC, 2013)

مرحله	طول	توضیحات
پیش دبستانی	۱ سال	(اختیاری، با حمایت دولت). بسته به ایالت متفاوت است
دبستان	۶ تا ۷ سال	(پایه های اول تا ششم)؛ (پایه های اول تا هفتم)
دبیرستان	۵ تا ۶ سال (پایه های هفتم تا دوازدهم)	پایان تحصیلات آموزش و پرورش با اخذ مدرک تحصیلی (مثل HSC, VCE, QCE) و ATAR برای پذیرش در دانشگاه ها
درجه لیسانس	۳ سال (B.Sc.) ۴ سال (B.Eng. Hons)	در استرالیا، برای اخذ پروانه مهندسی حرفه ای، داشتن درجه لیسانس ممتاز ۴ ساله و اعتباربخشی شده از سوی «مهندسان استرالیا» ^۲ الزامی است
درجه فوق لیسانس	۱ تا ۲ سال	M.Eng (آموزش محور) M.Sc (پژوهش محور)
درجه دکتری (Ph.D.)	۳ تا ۴ سال	صرفاً پژوهشی؛ بورسیه ها رقابتی اند

- در استرالیا، اخذ پروانه حرفه‌ای مهندسی (CPEng) مستلزم داشتن شرایط زیر است:
- داشتن درجه لیسانس ممتاز ۴ ساله (B.Eng. Hons) منطبق با استانداردهای پیمان واشنگتن؛
- داشتن ۵ سال تجربه کاری و قبولی در آزمون سازمان نظام مهندسين استرالیا؛
- تمام رشته‌های مهندسی، از جمله مهندسی کشاورزی، زیرمجموعه سازمان نظام مهندسی محسوب می‌شوند و امکان دریافت پروانه مهندسی را دارند (AQFC, 2013).

جدول ۵. نظام آموزشی آلمان (Studying in Germany, 2025)

مرحله	طول	توضیحات
مدرسه کودک	اختیاری (۱ تا ۳ سال)	جزء نظام رسمی آموزشی نیست
دبستان	در اکثر ایالت‌ها، ۴ سال (در دو ایالت ۶ سال)	در اکثر ایالت‌ها پس از پایه چهارم، شاخه‌بندی آغاز می‌شود در دو ایالت پس از پایه ششم، شاخه‌بندی آغاز می‌شود
متوسطه (سه شاخه‌ای)	در اکثر ایالت‌ها، ۸ تا ۹ سال (در دو ایالت ۶ تا ۷ سال)	مسیر حرفه‌ای
		سطح میانی
		مسیر نظری
دیپلم آیتور		(سیستم دوگانه/دوآل) -- (اخذ مدرک دیپلم متوسطه با عنوان آیتور ^۱ در تقریباً ۱۸-۱۹ سالگی)
درجه لیسانس (B.Sc./B.Eng)	۳ تا ۳.۵ سال (۶ تا ۷ ترم)	مدرک پایان دوره متوسطه، دیپلم آیتور است که برای ورود به مؤسسات آموزش عالی آلمان (دانشگاه یا دانشگاه‌های علوم کاربردی) ^۲ الزامی است
درجه فوق لیسانس	۲ سال	در آلمان، بین درجه لیسانس دانشگاه‌ها و دانشگاه‌های علوم کاربردی تفاوت وجود دارد
درجه دکتری (Dr.-Ing)	۳ تا ۵ سال	در آلمان، برای اخذ پروانه حرفه‌ای مهندسی و معادل‌سازی با پیمان واشنگتن، اغلب درجه فوق لیسانس آلمان ضروری است

- در آلمان، طول تحصیلات معمول پیش از دانشگاه‌ها، ۱۳ سال و یک سال بیشتر از ایران و ایالات متحده است؛
- آلمان با شروع فرایند بولونیا، دوره متوسطه خود را فشرده کرد و یک سال کاهش داد، اما به دلیل حجم بالای مطالعه برای دانش‌آموزان و البته به تقاضای والدین، در حال حاضر، به سیستم ۹ سال برگشته است. در حال حاضر، هر دو مسیر (دوره متوسطه فشرده ۸ سال یا دوره متوسطه معمول ۹ سال) برای دانش‌آموزان وجود دارد (Kultusministerkonferenz [KMK], 2005; Studying in Germany, 2025).

۱- Abitur یا Abiturzeugnis همان مدرک دیپلم آلمانی است که در این کشور پس از گذراندن ۱۲ یا ۱۳ سال تحصیل در دبیرستان به دانش‌آموزان ارائه می‌شود.

جدول ۶: نظام آموزشی کانادا (CICIC, 2025)

مرحله	طول	توضیحات
پیش دبستانی	۱ تا ۲ سال	در بسیاری از استان ها، کودکان تمام روزه رایج است
دبستان	۶ تا ۸ سال (پایه های اول تا ششم یا اول تا هشتم)	بسته به استان متفاوت است
دبیرستان	۴ تا ۵ سال (پایه های نهم تا دوازدهم)	پایان دوره با مدرک دیپلم دبیرستان انتاریو یا معادل آن
درجه لیسانس	درجه لیسانس مهندسی ۳ ساله (B.Eng) درجه لیسانس ممتاز مهندسی ۴ ساله (B.A.Sc)	اگر دوره دانشگاهی توسط CEAB، اعتباربخشی شده باشد، منطبق با استانداردهای پیمان واشنگتن است
درجه فوق لیسانس	۱ تا ۲ سال	M.Eng. (آموزش محور) ۱ سال M.A.Sc. (پژوهش، محور، همراه با پایان نامه) ۲ سال
درجه دکتری (Ph.D)	۴ تا ۵ سال	اغلب با بورسیه های دانشجویی (TA/RA) همراه است

- کالج های کانادا مدارک تحصیلی رسمی آموزش عالی با عناوین دیپلم های ۲ و ۳ ساله کالج ارائه می دهند که منطبق با استانداردهای پیمان دوبلین (کاردانی) هستند.
- در انتاریو، اخذ پروانه حرفه ای مهندسی با عنوان «P.Eng» نیازمند داشتن شرایط زیر است:
 - داشتن درجه لیسانس ۴ ساله منطبق با استانداردهای پیمان واشنگتن و مورد تایید CEAB^۱
 - داشتن ۴ سال فعالیت و کار مهندسی تحت نظارت ارشادگر^۲ و ارزیابی شده توسط داوران رسمی
 - قبولی در آزمون حرفه ای مهندسی با عنوان «(PPE (PEQAB, 2024; PEO, 2025; CICIC, 2025)».

چارچوب مدارک تحصیلی آموزش عالی^۳: با توجه به تنوع مدارک تحصیلی آموزش عالی، به ویژه در کشورهای اروپایی، در حال حاضر بیش از ۱۵۰ کشور «چارچوب مدارک تحصیلی آموزش عالی» خود را تدوین کرده اند. «چارچوب مدارک تحصیلی آموزش عالی» سیستمی ساختاریافته است که مدارک تحصیلی رسمی آموزش عالی (مانند انواع فوق دیپلم، لیسانس، فوق لیسانس و دکتری) را بر اساس سطوح دستاوردهای یادگیری (شامل دانش، مهارت ها و توانایی انجام مسئولیت های حرفه ای)، و حجم یادگیری ساماندهی می کند. این چارچوب ضمن تضمین شفافیت، کیفیت و قابلیت مقایسه پذیری مدارک تحصیلی در سطح ملی و بین المللی، زمینه هماهنگی برنامه های درسی با نیازهای جامعه و بازار کار را فراهم می آورد و به عنوان ابزاری کلیدی در طراحی دوره ها و برنامه های جدید، هم خوانی با استانداردهای جهانی (همانند الزامات و استانداردهای اتحادیه مهندسی بین المللی) و تسهیل جابه جایی دانشجویان و دانش آموختگان میان مؤسسات و کشورها عمل می کند (PEQAB, 2024; TAICEP, 2022; Authority, V. Q, 2021; Allais, 2010).

1- Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

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

3- Higher Education Qualifications Framework (HEQF)

انباشت و انتقال واحد درسی: در کشورهای پیشرفته همچون بریتانیا، واحدهای درسی را می‌توان بین دوره‌های تحصیلی و مؤسسات آموزشی مختلف انباشت و منتقل کرد و این امر آموزش را انعطاف‌پذیرتر می‌کند. به‌عنوان مثال، در کشورهای پیشرفته، دانش‌آموزان دبیرستانی می‌توانند درس‌های ریاضی و فیزیک دبیرستان را در سطح پیشرفته و دانشگاهی انتخاب کنند به‌گونه‌ای که دانشگاه‌ها می‌پذیرند و تطبیق واحد می‌دهند (Bretish Coucil, 2024).

۲-۲. حجم یادگیری و تطبیق بین‌المللی

یکی از معیارهای کلیدی در مقایسه بین‌المللی حجم یادگیری است. این مفهوم که فراتر از «تعداد واحدهای درسی» است، بیانگر میزان زمان مؤثر دانشجو در یادگیری/ مطالعه (کلاس + مطالعه مستقل) است. کشورهای مختلف سیستم‌های مختلف برای محاسبه حجم یادگیری یا مطالعه دارند که در ادامه سه نمونه (جدول ۷) از آنها ارائه شده است:

بریتانیا (CATS):^۱ در بریتانیا هر واحد درسی برابر با ۱۰ ساعت یادگیری/ مطالعه است. در این کشور، یک دوره لیسانس ۳۶۰ واحد سه‌ساله تقریباً برابر با ۳۶۰۰ ساعت و دوره لیسانس ممتاز چهارساله تقریباً برابر با ۴۸۰۰ است (QAA, 2008).

اروپا (سیستم ECTS): در اروپا هر واحد درسی برابر با ۲۵ تا ۳۰ ساعت یادگیری/ مطالعه است. در اروپا یک دوره لیسانس ۱۸۰ تا ۲۴۰ واحد سه/ چهارساله تقریباً برابر با ۴۵۰۰ تا ۵۴۰۰ ساعت است (European Commission, 2025).

ایالات متحده: در آمریکا هر واحد درسی برابر با ۴۵ ساعت یادگیری در طول نیم‌سال است. در نظام آمریکایی، هر واحد یادگیری/ مطالعه برابر با ۱ ساعت یادگیری در کلاس و حداقل ۲ ساعت یادگیری یا بیشتر در خارج از کلاس است. در این کشور، یک دوره لیسانس ۱۲۰ واحد چهارساله تقریباً برابر با ۵۴۰۰ ساعت است (Institute of International Education, 2025; Electronic Code of Federal Regulations [eCFR], 2025).

جدول ۷. حجم یادگیری دوره لیسانس در بریتانیا، اروپا، ایالات متحده و ایران

کشور	دوره لیسانس	تعداد واحدها	مطالعه و یادگیری در هفته	مطالعه و یادگیری در روز (۶ روز کاری)
بریتانیا (CATS)	لیسانس ۳ ساله	۳۶۰ واحد CATS	تقریباً ۴۲ ساعت	تقریباً ۷ ساعت
	لیسانس ۴ ساله	۴۸۰ واحد CATS		
اروپا (ECTS)	لیسانس ۳ ساله	۱۸۰ واحد	تقریباً ۴۲-۵۵ ساعت	تقریباً ۷ تا ۸ ساعت
	لیسانس ۴ ساله	۲۴۰ واحد		
ایالات متحده	لیسانس ۴ ساله	۱۲۰ واحد	تقریباً ۴۵ ساعت	تقریباً ۷ تا ۸ ساعت
ایران	لیسانس ۴ ساله	۱۴۳ واحد	تقریباً ۵۰ ساعت	تقریباً ۸ ساعت و نیم

همان طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، حجم یادگیری در ایران (با بیش از ۱۴۰ واحد، که بسیاری از آنها غیر تخصصی و فاقد استاندارد سازی در حجم یادگیری‌اند) نه تنها بیش از حد استانداردهای جهانی است، بلکه با وجود این حجم بالا، سطح یادگیری عمیق و مهارت‌های حرفه‌ای مورد انتظار صنعت را ندارد.

۳-۲. شکل‌گیری توافقنامه‌ها و مجامع بین‌المللی

در حال حاضر مجامع بین‌المللی و منطقه‌ای مهندسی تشکیل شده است که بر آموزش‌های مهندسی دانشگاهی تأثیر زیادی گذاشته‌اند. برای آشنایی بیشتر در ادامه به دو مورد از مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود. «اتحادیه بین‌المللی مهندسی»^۱. به عنوان یکی از مجامع بین‌المللی در حوزه مهندسی، یک سازمان غیرانتفاعی جهانی است که از نهادهای اعتباربخشی و سازمان‌های نظام مهندسی در ۴۱ حوزه استحفاظی در ۲۹ کشور تشکیل شده است. هدف این اتحادیه ارتقای کیفیت آموزش مهندسی و تسهیل تحرک جهانی مهندسان، اعم از دانشجویان و شاغلان، می‌باشد. این اتحادیه از طریق «پیمان‌های آموزشی» و «توافق‌نامه‌های حرفه‌ای» زیرمجموعه خود، استانداردهای بین‌المللی را برای آموزش مهندسی به منظور اعطای مدارک تحصیلی و استانداردهای بین‌المللی برای «شایستگی یا صلاحیت حرفه‌ای مهندسان» به منظور اعطای پروانه حرفه‌ای تعیین کرده و بر اجرای آنها نظارت می‌کند. از نظر «اتحادیه بین‌المللی مهندسی» طول دوره‌های لیسانس مهندسی طبق جدول ۸ در کشورهای عضو باید حداقل ۴ تا ۵ سال تمام‌وقت باشد (IEA, 2025).

جدول ۸. پیمان‌ها و توافقنامه‌های زیرمجموعه اتحادیه بین‌المللی مهندسی

نام توافق‌نامه	نوع	اعضا
پیمان واشنگتن (۱۹۸۹)	آموزشی (کارشناسی مهندسی)	مؤسسه‌های اعتباربخشی
پیمان سیدنی (۲۰۰۱)	آموزشی (کارشناسی فئآوری مهندسی)	مؤسسه‌های اعتباربخشی
پیمان دوبلین (۲۰۰۲)	آموزشی (کاردانی مهندسی)	مؤسسه‌های اعتباربخشی
توافقنامه مهندسان حرفه‌ای آپک ^۲ (۲۰۰۰)	شایستگی حرفه‌ای (مهندسان حرفه‌ای)	سازمان‌های نظام مهندسی
توافقنامه بین‌المللی مهندسان حرفه‌ای ^۳ (۲۰۰۰)	شایستگی حرفه‌ای (مهندسان حرفه‌ای در آسیا-اقیانوسیه)	سازمان‌های نظام مهندسی
توافقنامه بین‌المللی فئاورهای مهندسی ^۴ (۲۰۰۳)	شایستگی حرفه‌ای (فئاورهای مهندسی)	سازمان‌های نظام مهندسی
توافقنامه بین‌المللی فن‌ورهای مهندسی ^۵	شایستگی حرفه‌ای (فن‌ورهای مهندسی)	سازمان‌های نظام مهندسی

1- International Engineering Alliance

2- Asia-Pacific Economic Cooperation Engineers Agreement (APEC)

3- International Professional Engineers Agreement (IPEA)

4- International Engineering Technologist Agreement (IETA)

5- Agreement for International Engineering Technicians

شبکه اروپایی اعتباربخشی آموزش مهندسی^۱: یک سازمان غیرانتفاعی است که در سال ۲۰۰۶ با هدف تقویت کیفیت آموزش مهندسی در اروپا و در سطح بین‌المللی تأسیس شد. این شبکه به‌طور مستقیم دوره‌های دانشگاهی مهندسی را اعتباربخشی نمی‌کند، بلکه بر سازمان‌های اعتباربخشی و تضمین کیفیت ملی (همچون ASIIN^۲ در آلمان) نظارت کرده و آنها را ارزیابی می‌کند. سازمان‌های اعتباربخشی پس از دریافت اعتبار از «شبکه اروپایی اعتباربخشی آموزش مهندسی»، امکان ارزیابی و اعتباربخشی «دوره‌های دانشگاهی مهندسی» را دارند. دوره‌های دانشگاهی مهندسی که بر اساس این چارچوب ارزیابی و اعتباربخشی شوند، می‌توانند از برجسب «EUR-ACE®» استفاده کنند. این برجسب نشانه‌ای از کیفیت بین‌المللی و اروپایی و به رسمیت شناخته شدن در بسیاری از کشورهای عضو اتحادیه بین‌المللی مهندسی است. لازم به ذکر است «شبکه اروپایی اعتباربخشی آموزش مهندسی» عضو رسمی «اتحادیه بین‌المللی مهندسی» است و دوره‌های دانشگاهی که دارای برجسب «EUR-ACE®» هستند، در چارچوب توافق سیدنی، که مربوط به مدرک کارشناسی فناوری مهندسی است، به رسمیت شناخته می‌شوند (ENAAEE, 2025).

۴-۲. مطالعات مرتبط

ترینز (Trines, 2018) بیان می‌کند که در نظام آموزش عالی هند، مدارک لیسانس حرفه‌ای (مهندسی، پزشکی، دندانپزشکی، معماری و...) معمولاً چهار یا پنج ساله‌اند. گلמן (Gelman, 2022) چهار راه‌کار هوشمند را برای کاهش سنوات تحصیل، بدون کاهش کیفیت، پیشنهاد می‌کند:

- بازنگری محتوای آموزشی (حذف مطالب قدیمی و تکراری)
- به‌کارگیری روش‌های مؤثرتر آموزش (آموزش مبتنی بر پروژه، یادگیری فعال)
- یادگیری فردی‌سازی شده (تطبیق سرعت یادگیری با ظرفیت فرد)
- کاهش هزینه‌های تراکنشی (بهینه‌سازی فرایندهای اداری و رقمی‌سازی / دیجیتالی‌سازی)

تورنبی و همکاران (Thornby et al., 2023) با تمرکز بر رشته‌های حرفه‌ای (مثل داروسازی) تأکید می‌کنند که کاهش بار شناختی غیرضروری، نه حذف محتوای اصلی و بنیانی دوره، راهکار مؤثری برای ارتقای کارایی برنامه‌های درسی است.

باروا و لاکی (Barua & Lockee, 2024) انعطاف‌پذیری را به‌عنوان یک اصل حیاتی در طراحی دوره‌های دانشگاهی مدرن معرفی می‌کنند و چهار بُعد کلیدی آن را مشخص می‌سازند که عبارت‌اند از

1- European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAAEE)

2- Accreditation agency for study programmes of engineering, Information science, natural sciences and mathematics

انعطاف در محتوا، روش‌های یادگیری، سنجش و زمان/ مکان.

پرکینز (Perkins, 2009) هشدار می‌دهد که چهارساله بودن دوره لیسانس مهندسی در آمریکا و کانادا برای پوشش تمام گرایش‌های فرعی (مثل مهندسی حمل و نقل) ناکافی است و مدل اروپایی پس از فرایند بولونیا (سه سال دوره لیسانس + دو سال دوره فوق لیسانس تخصصی) از نظر آمادگی حرفه‌ای برتری دارد.

انور و ریچاردز (Anwar & Richards, 2013) بیان می‌دارند که معیارهای «هیأت تأیید صلاحیت مهندسی و فناوری»^۱ و استانداردهای پروانه «مهندس حرفه‌ای»^۲ در آمریکا به تدریج به استاندارد جهانی تبدیل شده‌اند؛ زیرا در حال حاضر ABET دوره‌هایی در کشورهای عربستان، قطر، مصر، هند، ترکیه و کره جنوبی را اعتباربخشی کرده و همچنین «شورای ملی ارزیابان مهندسی و نقشه‌برداری»^۳ که به عبارتی همان «سازمان نظام مهندسی» در امریکا است، آزمون‌هایی را جهت دریافت پروانه حرفه‌ای مهندسی در این کشورها برگزار می‌کند. بر اساس بررسی‌های آنها، ABET دوره‌های لیسانس مهندسی سه‌ساله بریتانیایی (B.Eng) را در چارچوب پیمان واشنگتن نمی‌پذیرد و فقط دانش‌آموختگان دوره لیسانس چهارساله بریتانیایی (M.Eng) را مشمول معادل‌سازی می‌داند. از نظر این پژوهشگران، در بریتانیا مسئولیت اعتباربخشی دوره‌های دانشگاهی و آزمون حرفه‌ای، «شورای مهندسی» است اما در ایالات متحده، ABET مسئول اعتباربخشی دوره‌های دانشگاهی، و نهادهای حرفه‌ای ایالتی تحت نظارت «شورای ملی ارزیابان مهندسی و نقشه‌برداری» مسئولیت آزمون حرفه‌ای و اعطای پروانه مهندسی را بر عهده دارند. در بریتانیا نیز درجه لیسانس مهندسی سه‌ساله بریتانیایی برای اخذ پروانه مهندسی ناکافی است بلکه متقاضیان باید درجه لیسانس مهندسی چهارساله بریتانیایی را داشته باشند. انور و ریچاردز در پایان اشاره می‌کنند که در ایالات متحده، دارندگان درجه لیسانس چهارساله آکادمیک مهندسی (B.Sc/B.Eng)، در صورت داشتن سایر شرایط و نیز قبولی در آزمون حرفه‌ای، واجد دریافت پروانه مهندسی هستند.

گونزالس (Gonzalez, 2025) تفاوت‌های بنیادین آموزش‌های دانشگاهی در بریتانیا و ایالات متحده را نه در «طول دوره‌های تحصیلی»، بلکه در فلسفه آموزشی می‌یابد، در جدول ۹ یافته‌های او نشان می‌دهد که نظام بریتانیایی هدفمند، و از ابتدا تخصصی بوده درحالی‌که نظام آمریکایی انعطاف‌پذیر و کشف‌محور است به گونه‌ای که هر دو نظام آموزش دانشگاهی مهندسی قوت‌ها و ضعف‌های ذاتی خود را دارند.

1- Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)

2- Professional Engineer (PE) Licensure Standards

3- National Council of Examiners for Engineering and Surveying (NCEES)

جدول ۹. ساختار دوره‌های لیسانس مهندسی در بریتانیا و ایالات متحده

ویژگی	بریتانیا	ایالات متحده
شروع تخصص	دانشجویان از سال اول دوره لیسانس مستقیماً وارد رشته مهندسی می‌شوند	پس از ۱ تا ۲ سال درس‌های عمومی ^۱ - انتخاب رشته در میانه دوره لیسانس انجام می‌شود
انعطاف‌پذیری	بسیار کم؛ دوره‌های لیسانس ساختارمند و خطی‌اند	بسیار بالا، امکان تغییر رشته، تحصیل در دو رشته به صورت هم‌زمان، یا اضافه کردن رشته فرعی ^۲ وجود دارد
اعتباربخشی ^۳	تحت نظارت شورای مهندسی ^۴ و از طریق نهادهای حرفه‌ای تخصصی مورد اعتماد (مانند IMechE، ICE، IET)، فارغ‌التحصیلی از رشته‌ها یا دوره‌های مهندسی اعتباربخشی شده توسط این نهادها	تحت نظارت ABET است. اعتباربخشی دوره‌های دانشگاهی برای تضمین کیفیت بسیار مهم است، اما الزام مستقیم برای اشتغال ندارد
مدت تحصیل	معمولاً ۳ سال (BEng) یا ۴ سال (Meng) درجه لیسانس ۴ ساله مهندسی (Meng) برای اخذ پروانه مهندسی حرفه‌ای الزامی است	۴ سال برای درجه لیسانس (BS/BE)، مستقل از مدرک فوق لیسانس است

سوئنتی و سوئنتی (Swenty & Swenty, 2019) در یک پژوهش به بررسی امکان‌سنجی و چالش‌های اجرای یک دوره مهندسی عمران سه‌ساله معتبر در ایالات متحده پرداختند. یافته‌های آنها نشان داد که در این رابطه، مزایا و چالش‌های کلیدی به شرح جدول ۱۰ وجود دارد.

جدول ۱۰. مزایا و چالش‌های اجرای یک دوره مهندسی عمران ۳ ساله در ایالات متحده

مزایا	چالش‌ها
کاهش هزینه‌ها و کاهش زمان تحصیل برای دانشجویان	مغایرت با قوانین اخذ پروانه حرفه‌ای در بسیاری از ایالت‌های آمریکا
ورود زود هنگام به حرفه و کارآموزی	کاهش عمق دروس عمومی و مهارت‌های فرعی (مثل CAD ^۵)
هماهنگی بین‌المللی با نظام‌های دیگر کشورها (به ویژه اروپا با ساختار بولونیا: ۲+۳ سال)	احتمال ایجاد «سیستم طبقه‌بندی شده» در حرفه (مثل پزشک / دستیار پزشک)
تشویق به ادامه تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد	شک در ذهن عموم و کارفرمایان نسبت به «کم بودن زمان و در نتیجه کم بودن کیفیت»
فشار سیاست‌گذاران و جامعه برای کارآمدتر کردن آموزش عالی	پذیرش نامشخص در دوره‌های فوق لیسانس در ایالات متحده
انعطاف‌پذیری جدید معیارهای ABET (بدون تعیین حداقل تعداد سال یا واحد درسی).	

بوجیارلی و همکاران (Bucciarelli et al., 2009) بیان می‌دارند نظام‌های آموزش مهندسی، بازتابی از فرهنگ و ساختار اجتماعی کشورها هستند. آنها در بررسی‌های خود دریافتند که نظام آموزش مهندسی آمریکا ویژگی‌های همچون انعطاف‌پذیری، نوآوری و دسترسی گسترده دارد؛ در حالی که نظام آموزش مهندسی اروپا دارای ویژگی‌هایی همچون تخصص عمیق، ارتباط با صنعت و ساختار منظم است.

شیرعلی (Shirali, 2022) در بررسی تطبیقی دوره لیسانس در کشورهای انگلیس، استرالیا، مالزی، کانادا و آفریقای جنوبی دریافت که در کشورهای مورد مطالعه دوره لیسانس عمدتاً سه ساله است، دروس عمومی حداکثر ۳۵ درصد از کل واحدهای دوره لیسانس را تشکیل می دهند، و رشته ها به صورت یک چتر کلی + گرایش های متنوع تعریف شده اند.

قاسمی و صدیقیان (Ghasemi & Sedighian, 2016) در یک پژوهش به بررسی تطبیقی نظام آموزش عالی ایران و انگلستان پرداختند (جدول ۱۱).

جدول ۱۱. انواع دوره های تحصیلی در نظام آموزش عالی ایران و بریتانیا

دوره های تحصیلی در آموزش عالی ایران (غیرپزشکی)	دوره های تحصیلی در آموزش عالی بریتانیا
۱. دوره کاردانی: تعداد واحدهای این دوره تحصیلی ۶۸ تا ۷۲ واحد و طول آن ۲ سال است ۲. دوره کارشناسی: تعداد واحدهای این دوره تحصیلی ۱۳۰ تا ۱۴۵ واحد و طول آن ۴ سال است. ۳. دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته: تعداد واحدهای این دوره تحصیلی ۲۸ تا ۳۲ واحد و طول آن ۲ سال است ۴. دوره کارشناسی ارشد پیوسته: تعداد واحدهای این دوره تحصیلی ۱۷۲ تا ۱۸۲ واحد و طول آن ۶ سال است ۵. دوره دکتری (PhD): تعداد واحدهای این دوره تحصیلی ۴۲ تا ۵۰ واحد آموزشی و پژوهشی و طول آن ۴/۵ سال است	۱. Diploma Higher: دوره های هنری و مشاغل منتهی به مدرک HNC, HND, College Diploma از دوره هایی هستند که پس از ۲ یا ۳ سال تحصیل به دلیل شرط داشتن A-Level طی می شود. ۲. Bachelor: طول این دوره ۳ یا ۴ سال است که همچون دوره های لیسانس ساندویچی گاهی همراه با یک سال کار است. البته داوطلبان بدون دارا بودن نمرة A-level نیز می توانند در برخی دانشگاه ها دوره های لیسانس را با پشت سر گذاشتن یک سال پایه آغاز کنند که در مجموع این دوره چهار سال تحصیلی است. مدرک تحصیلی پایان این دوره به دو نوع Honours و Ordinary تقسیم می شود که مدرک Honours خود به چهار نوع First, Second (۱ and ۲) و Third تقسیم می شود. دوره های لیسانس چهار سال تحصیلی و دوره های ساندویچی علاوه بر سه سال تحصیل، شامل کار تحت نظارت در کارخانه است که معمولاً به صورت دو دوره ۶ ماهه یا یک سال کارورزی بین سال های تحصیل است. دوره کارآموزی جنبه عملی یا کاربردی و حرفه ای دارد و امکان اشتغال بیشتری را فراهم می آورد. ۳. Post Graduate Diplom (PGD): اخذ این مدرک تحصیلی پس از گذارندن دوره های HD و HND، HNC در دانشگاه های کشور انگلستان میسر است. این دوره تحصیلی می تواند اولین مرحله از مسیر تحصیلی دوره Master نیز باشد. ۴. Master: برای ورود به این دوره تحصیلی، امتحانی برگزار نمی شود ولی متقاضیان باتوجه به نمرات دوره لیسانس، مصاحبه با دانشجویان و نظر معرفی ها پذیرفته می شوند. این دوره به دو صورت درس + پژوهش^۱ و پژوهش محور^۲ ارائه می شود ۵. Master of Engineering (MEng): این دوره شامل ۴ یا ۵ سال تحصیل پس از دوره متوسطه است که معادل درجه لیسانس ۴ ساله نظام آمریکایی است. این دوره با تأکید بر کار گروهی و به منظور ارتقای توانمندی های صنعتی دانشجویان ارائه می شود. در انگلیس، دانشجویان مهندسی باید در سال های اول و دوم دوره لیسانس خود نمرات و معدل بالایی را کسب کنند تا بتوانند سال چهارم دوره لیسانس (یعنی دوره Meng) را ادامه دهند. در غیر این صورت دوره لیسانس را ۳ ساله تمام کرده و مدرک Bachelor of Engineering را دریافت می کنند ۶. M.Phil: این دوره اولین مرحله دوره دکتری^۳ است اما به صورت مستقل نیز پس از دوره های Bachelor و Master در بعضی از دانشگاه ها و رشته ها ارائه می شود. ۷. Ph.D: این دوره تحصیلی منحصراً با پژوهش است. طول معمول این دوره ۳ سال است و در بعضی از موارد، برای بالا بردن توان نظری دانشجو، چند درس یا درس گروهی^۴ نیز ارائه می شود.

1- Foundation year

2- By course

3- By research

4- Doctor of Philosophy

محمدی‌زاد، عزیزی و صالحی عمران (Mohammadizad, Azizi & Salehi-Imran, 2019) در یک پژوهش به مقایسه آموزش پلی تکنیک در نظام آموزش عالی ایران با کشورهای منتخب (ایالات متحده آمریکا، کانادا، انگلیس و ژاپن) پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که روند توسعه آموزش پلی تکنیک در ایران (دانشگاه ملی مهارت و علمی-کاربردی) نسبت به کشورهای منتخب کند و طولانی بوده است. بین کشورهای مورد مطالعه از لحاظ محتوای برنامه درسی و روش‌های تدریس تفاوت مشهودی وجود ندارد. تفاوت اصلی بین ایران و کشورهای مورد مطالعه، بی‌توجهی آموزش عالی پلی تکنیک ایران به نیازهای بازار کار و فقدان پیوند بین صنعت و آموزش عالی است. آفیسا (Afisa, 2025) در یک گزارش به مقایسه شباهت‌ها و تفاوت‌های نظام آموزشی بریتانیا و ایران پرداخته‌اند (جدول ۱۲).

جدول ۱۲. مقایسه نظام آموزشی بریتانیا با ایران (Afisa, 2024)

آموزش و پرورش در ایران	آموزش و پرورش در بریتانیا	جنبه‌های نظام آموزشی
آموزش اختیاری پیش‌دبستانی (سن ۴ یا ۵ سال)	سن پذیرش آموزش پیش‌دبستانی (سن ۴ یا ۵ سالگی)	آموزش پیش‌دبستانی
در ۷ سالگی (۶ سالگی تمام)	در ۶ سالگی (۵ سالگی تمام)	شروع آموزش رسمی
۶ سال	در مجموع ۶ سال (مرحله کلیدی ۱ و مرحله کلیدی ۲)	طول دوره ابتدایی
از ۱۲ تا ۱۵ سالگی (سه سال طول می‌کشد)	۱۱ سالگی تا ۱۴ سالگی (مرحله کلیدی ۳)	تحصیلات متوسطه اول
از ۱۵ تا ۱۸ سالگی (سه سال طول می‌کشد) (شاخه‌های نظری، فنی و کار و دانش) دیپلم دبیرستان (نظری، فنی و کار و دانش)	از ۱۴ تا ۱۶ سالگی (مرحله کلیدی ۴) امتحانات GCSE در انتهای مرحله کلیدی ۴	تحصیلات متوسطه دوم
—	از ۱۶ تا ۱۸ سالگی (دوره‌های A-level، BTEC و foundation گواهینامه‌های پیشرفته (A))	پیش‌دانشگاهی
برگزاری کنکور برای ورود به آموزش عالی	نتایج دوره A-level و ثبت تقاضا در سامانه UCAS برای ورود به دانشگاه‌ها و کالج‌ها	ورود به دانشگاه

بر اساس این گزارش، در دوره دوم متوسطه ایران، سه شاخه یا مسیر تحصیلی وجود دارد که هر کدام به دیپلم‌های خاصی منجر می‌شوند. اگر فرد دیپلم دبیرستان را در شاخه نظری گذرانده باشد، این دیپلم معادل دیپلم متوسطه (GCSE) در بریتانیا است. برای کسانی که در شاخه فنی و حرفه‌ای تحصیل می‌کنند، این مسیر مشابه رویکرد آموزش‌های عملی است که در دوره‌های BTEC First و BTEC National در بریتانیا دیده می‌شود. همچنین دیپلم شاخه کار و دانش در ایران معادل مدارک BTEC National و First در بریتانیا است.

۳. روش پژوهش

پژوهش حاضر با هدف شناسایی راهکارها، ملاحظات و الزامات سیاسی مرتبط با بازنگری سنوات دوره لیسانس در ایران انجام شده است. این پژوهش از نوع کیفی و با رویکرد توصیفی - مقایسه‌ای انجام شده است. روش‌های اصلی گردآوری داده‌ها، «بررسی اسنادی» و «نشست تخصصی» بوده است.

در «بررسی اسنادی» موارد زیر بررسی شده‌اند: ۱- اسناد مرجع ملی و بین‌المللی همچون، آیین‌نامه جامع مقررات آموزشی دوره‌های تحصیلی ایران، چارچوب ملی کشورها، چارچوب‌ها و استانداردهای بین‌المللی مهندسی؛ ۲- مقالات فارسی و انگلیسی مربوطه، ۳- کتاب‌ها و گزارش‌های مربوط و معتبر. با پیروی از بونن (Bowen, 2009) مراحل انتخاب اسناد و مدارک شامل مراحل زیر بوده است: (الف) جست‌وجو و دسترسی به اسناد، مدارک و منابع اطلاعاتی؛ (ب) بررسی اعتبار منابع اطلاعاتی؛ (ج) دسته‌بندی و اولویت‌بندی منابع؛ (د) درک و فهمیدن اسناد و منابع؛ (و) تحلیل منابع اطلاعاتی و استخراج داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز؛ و (ی) بهره‌برداری و تحلیل نهایی منابع اطلاعاتی.

در ادامه و در یک نشست تخصصی، پرسش‌های پژوهش با حضور ۱۴ مسئول و صاحب‌نظر از حوزه‌های مهندسی (ازجمله کشاورزی)، علوم پایه و آموزش عالی مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در این نشست تخصصی، دو نفر از اعضای نشست (به‌عنوان دبیر انجمن‌های مختلف مهندسی در ایران)، دیدگاه‌های حوزه‌های تخصصی خود را مطرح کردند. شایان ذکر است انجمن‌های مهندسی پیش از نشست پژوهش حاضر، جلسه‌های تخصصی برگزار کرده بودند که خروجی آن در نشست مطرح شد. (جدول ۱۳)

جدول ۱۳. مشخصات مشارکت‌کنندگان در نشست تخصصی پژوهش

عضو هیئت علمی	استادتمام مهندسی، وزیر سابق علوم، رئیس انجمن و سیاست‌گذار آموزش عالی
عضو هیئت علمی	استادتمام مهندسی، معاون وزیر سابق علوم، عضو انجمن و سیاست‌گذار آموزش عالی
عضو هیئت علمی	استادتمام مهندسی، معاون دانشگاه و سیاست‌گذار آموزش عالی
عضو هیئت علمی	استادتمام علوم پایه، رئیس سابق دانشگاه، رئیس پژوهشگاه و سیاست‌گذار آموزش عالی
عضو هیئت علمی	استادتمام مهندسی کشاورزی و سیاست‌گذار آموزش عالی
عضو هیئت علمی	استادتمام مهندسی، رئیس انجمن و سیاست‌گذار آموزش عالی
عضو هیئت علمی	استادتمام مهندسی کشاورزی، رئیس دانشگاه و سیاست‌گذار آموزش عالی
عضو هیئت علمی	استادتمام مهندسی کشاورزی، رئیس سابق دانشگاه و سیاست‌گذار آموزش عالی
عضو هیئت علمی	استادتمام علوم پایه، و سیاست‌گذار آموزش عالی
عضو هیئت علمی	استادتمام مهندسی کشاورزی، معاون دانشگاه و سیاست‌گذار آموزش عالی
عضو هیئت علمی	دانشیار آموزش عالی، رئیس انجمن و سیاست‌گذار آموزش عالی
عضو هیئت علمی	استادیار آموزش عالی و معاون پژوهشگاه
عضو هیئت علمی	استادیار آموزش عالی و مدیر پژوهش پژوهشگاه
عضو هیئت علمی	استادیار آموزش عالی

انتخاب مشارکت‌کنندگان در گروه کانونی به صورت هدفمند و گلوله برفی بوده است، و هدف از انتخاب آنها، کسب داده‌ها از منظر اشخاص مسئول و مطلع و با تجربه‌های مختلف بوده است. یادآور می‌شود که پیش از برگزاری نشست تخصصی، یافته‌های بررسی اسنادی منتج از مرحله اول پژوهش در اختیار مشارکت‌کنندگان قرار گرفت.

۳-۱. تحلیل داده‌ها

در پژوهش حاضر پایان دادن به فرایند گردآوری داده‌ها، بر اساس کفایت نظری صورت گرفته است. محتوای اسناد و همچنین محتوای نشست تخصصی با استفاده از روش «تحلیل مضمون» تجزیه و تحلیل شده است. در «تحلیل مضمون»، مضامین از طریق بررسی داده‌ها و در طول چند مرحله شناسایی می‌شوند. «مضمون» عبارت از معنای نهفته در پی مجموعه‌ای از داده‌هاست (بوئن، ۲۰۰۹).

۳-۲. اعتباریابی داده‌ها

در پژوهش حاضر برای تفسیر داده‌های کیفی و رعایت اعتبار یافته‌ها، «کاوش به وسیله افراد مورد مطالعه» و «پیوستگی شواهد و مدارک» مورد توجه قرار گرفته است. در فرایند «کاوش به وسیله افراد مورد مطالعه»، شرکت‌کنندگان گزاره‌هایی را که در گزارش پژوهش آمده است، از نظر صحت و کامل بودن مورد مطالعه و بازنگری قرار می‌دهند. از نظر رابرت ین، پژوهش زمانی اعتبار زیادی دارد که پیوستگی ارائه‌شده بین اسناد و مدارک به وسیله پژوهشگر زیاد باشد، یعنی پژوهشگر بتواند ارتباط روشن و معناداری بین پرسش‌های پژوهشی، داده‌های خام و یافته‌ها برقرار کند (Gall et al., 2004).

۴. یافته‌ها

۴-۱. یافته‌های تحلیل اسنادی: مقایسه بین‌المللی و استانداردهای آموزشی مهندسی

۴-۱-۱. ساختار مدارک تحصیلی و الزامات حرفه‌ای

تحلیل محتوای اسنادی پژوهش حاضر نشان داد:

- هر کشور ساختار نظام آموزشی مختص به خود دارد که دارای شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با نظام آموزشی سایر کشورهاست، بنابراین هنگام الگوگیری از دوره لیسانس یک کشور باید کل نظام آموزشی آن کشور را مورد توجه قرار داد؛
- طول تحصیلات پیش از دانشگاه در ایران و ایالات متحده، ۱۲ سال است در حالی که در کشورهای اروپایی، ۱۳ سال است؛
- نظام آموزش عالی مهندسی کشورها، بازتابی از فرهنگ و ساختار اجتماعی آنهاست؛
- عناوین مدارک تحصیلی در کشورهای مختلف گاهی معانی مختلف دارد. برای مثال Master در مدرک

تحصیلی M.Eng در نظام آموزش عالی بریتانیا به معنای فوق لیسانس نیست، بلکه «چهارمین سال تحصیلی» از یک دوره لیسانس ۴ ساله پیوسته است؛

- درجه لیسانس چهارساله مهندسی در بریتانیا با عنوان «M.Eng.» صرفاً یک درجه لیسانس پیوسته مهندسی است که از نظر مقطع تحصیلی (FHEQ Level 7) و حرفه ای (پیمان واشنگتن) معادل کامل درجه لیسانس ۴ ساله آمریکا (B.Sc/B.Eng) است؛

- درجه لیسانس سه ساله مهندسی (B.Eng.) در بریتانیا منطبق با استاندارد پیمان سیدنی بوده (کارشناسی فناوری) و معادل سه سال اول دوره چهارساله لیسانس مهندسی آمریکاست و برای اخذ پروانه حرفه ای (CEng) کافی نیست؛

- استاندارد بین المللی دوره های لیسانس مهندسی، ۴ تا ۵ سال تمام وقت است، بنابراین کمینه سنوات یک دوره لیسانس مهندسی استاندارد ۴ سال تمام وقت است؛

- استاندارد بین المللی برای اخذ پروانه مهندسی حرفه ای (همچون CEng در بریتانیا یا PE در ایالات متحده) مستلزم گذراندن دوره های لیسانس چهارساله (دوره لیسانس ۱۲۰ واحدی اعتباربخشی شده توسط ABET در ایالات متحده، دوره لیسانس ممتاز ۴۸۰ واحدی در بریتانیا و دوره لیسانس ۲۴۰ واحدی در اروپا) است که توسط نهادهای تضمین کیفیت همچون ABET یا شورای مهندسی بریتانیا اعتباربخشی شده باشند؛

- در تمام کشورهای عضو پیمان واشنگتن، همه دوره های لیسانس استاندارد (B.Sc) ملزم اند که ۵۰ درصد از واحدهای خود را به دروس تخصصی اختصاص دهند درحالی که دوره های کوتاه تر این حد آستانه را رعایت نمی کنند؛

- در حال حاضر، نظام آموزشی کشورها دستاورد محور و مبتنی بر انباشت و انتقال واحدهای درسی است، و در صورت کسب دانش و مهارت و قبولی واحدهای درسی، نیازی به اخذ مجدد آنها توسط یادگیرنده نیست.

- کاهش سنوات دوره لیسانس، بدون کاهش کیفیت، از طریق رعایت ملاحظات زیر امکان پذیر است:

■ بازنگری محتوایی (کاهش بار شناختی غیرضروری و حذف مطالب قدیمی و تکراری)؛

■ به کارگیری روش های آموزشی مؤثرتر (مبتنی بر پروژه و یادگیری فعال)؛

■ یادگیری فردی سازی شده؛

■ کاهش هزینه های تراکنشی (فرایندهای اداری، رقیمی سازی / دیجیتالی سازی).

- انعطاف پذیری در چهار بُعد (محتوا، روش یادگیری، سنجش، زمان / مکان)، به ویژه برای زیرنظام های مأموریت محور ضروری است.

- در نظام آموزش عالی کشورها، انواع درجه های لیسانس با کاربری های مختلف رایج است. همچنین در این کشورها انواع درجه های فوق لیسانس و دکتری نیز رواج دارد.

- بیش از ۱۵۰ کشور «چارچوب مدارک تحصیلی آموزش عالی» خود را برای ساماندهی و مدیریت انواع مختلف مدارک تحصیلی آموزش عالی تدوین کرده اند.

۴-۲. حجم یادگیری و مقایسه کمی-کیفی، جدول ۱۴

جدول ۱۴. مقایسه حجم یادگیری دوره لیسانس در بریتانیا، اروپا، ایالات متحده و ایران

کشور	دوره لیسانس	تعداد واحدها	مطالعه در هفته	مطالعه در روز (۶ روز کاری)
بریتانیا (CATS)	لیسانس ۳-۴ ساله	۳۶۰-۴۸۰ واحد CATS	تقریباً ۴۲ ساعت	تقریباً ۷ ساعت
اروپا (ECTS)	لیسانس ۳-۴ ساله	۱۸۰-۲۴۰ واحد ECTS	تقریباً ۴۲-۵۵ ساعت	تقریباً ۷-۸ ساعت
ایالات متحده	لیسانس ۴ ساله	۱۲۰ واحد	تقریباً ۴۵ ساعت	تقریباً ۷-۸ ساعت
ایران	لیسانس ۴ ساله	۱۴۳ واحد	تقریباً ۵۰ ساعت	تقریباً ۳ تا ۸ ساعت

در نظام آموزش عالی ایران، هر واحد درسی تقریباً برابر با ۴۵ ساعت یادگیری / مطالعه در طول نیمسال است که فراتر از تمام نظام‌های معتبر جهانی است.

۴-۲. یافته‌های نشست تخصصی، جدول‌های ۱۵ الی ۱۷

جدول ۱۵. دیدگاه‌های شرکت‌کنندگان در نشست تخصصی

مخالفت اعضای نشست با کاهش سنوات دوره‌های لیسانس استاندارد مهندسی در ایران به دلایل زیر: - افت شدید کیفیت آموزش در دوره‌های لیسانس مهندسی - لزوم حضور دانشجویان در صنعت از سال سوم به بعد - ایجاد معضلات آتی برای دانش‌آموختگان مهندسی به‌ویژه در جذب توسط صنایع و ادامه تحصیل در مقاطع بالاتر - مغایرت با قوانین و مقررات فعلی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - ناهماهنگی با نظام آموزش مهندسی مصوب توسط اتحادیه بین‌المللی مهندسی (دوره لیسانس استاندارد با حداقل ۱۲۰ واحد که ۵۰ درصد از واحدها تخصصی‌اند) و در نتیجه نامعتبر بودن مدارک تحصیلی در سطح بین‌المللی - عدم امکان اعتباربخشی و استانداردسازی بین‌المللی برای دوره‌های سه‌ساله لیسانس مهندسی - افزایش فشار حجم یادگیری، کاهش انعطاف‌پذیری آموزش و ایجاد محدودیت زمانی در جبران فرصت‌های آموزشی - کاهش شدید میزان ارتباط دانشجویان و دانشکده‌های مهندسی با صنعت به دلیل محدودیت زمانی ایجادشده ناشی از کاهش سنوات تحصیلی و حذف دوره‌های کارآموزی و ارتباط با صنعت	دیدگاه نمایندگان حوزه مهندسی
- تناقض با اهداف برنامه هفتم توسعه برای جذب ۳۲۰ هزار دانشجوی بین‌المللی (دانشجویان بین‌المللی به دلیل نامعتبر بودن مدارک تحصیلی لیسانس مهندسی ایران در سطح بین‌المللی، در نظام آموزش عالی ایران شرکت نخواهند کرد)	
- طول دوره‌های لیسانس کشاورزی (به عنوان یک حوزه مهندسی) بایستی به ۵ سال (۱ سال عملی در مزرعه) افزایش یابد - کاهش واحدهای نظری و افزایش مهارت‌های روز	دیدگاه نمایندگان حوزه کشاورزی

- موافقت اصولی با کاهش یک ساله دوره لیسانس در رشته های فنی - حرفه ای و مهارتی، با رعایت ملاحظات زیر: - کاهش واحدهای نظری غیرمرتبط برای دانش آموختگان هنرستانی - حفظ حجم کارآموزی و پروژه محوری «دانشگاه ملی مهارت مأموریت تربیت نیروی متخصص مهارتی را دارد... کاهش واحدهای نظری غیرضروری، الزامی است... نسل زد و آلفا عجول ترند و تحمل طولانی شدن دوره های تئوری را ندارند... ما آمادگی داریم به عنوان یک آزمایشگاه ملی در اجرای دوره های کاهش یافته مشارکت کنیم.»	دیدگاه نمایندگان دانشگاه ملی مهارت
- ارائه دوره های دانشگاهی در سه نیم سال تحصیلی متناسب با امکانات دانشگاه ها در مناطق مختلف کشور - امکان انتقال برخی از واحدهای درسی پایه از دبیرستان به دانشگاه طی هماهنگی با دوره متوسطه دوم - استفاده از زیرساخت آموزش مجازی به منظور ارائه درس در ترم های تابستان - بازبینی دروس و حذف واحدهای غیرضروری (به ویژه دروس عمومی) - اعطای اختیارات بیشتر به دانشگاه ها درخصوص تغییر در سیاست های آموزشی که موجب تأخیر در دانش آموختگی دانشجویان می شود و افزایش انعطاف در انتخاب واحدها و حذف محدودیت های غیرضروری در انتخاب ترم تابستانی - ایجاد سامانه های هوشمند برای پیگیری وضعیت تحصیلی و هشدار تأخیر در پیشرفت درسی - طراحی دروس بین دانشکده ای مشترک برای استفاده از ظرفیت آموزشی سایر گروه ها به ویژه برای دانشکده های نوپا و با تعداد دانشجویان کمتر به منظور جلوگیری از تأخیر در ارائه دروس - استفاده از حمایت های مالی در بخش صنعت در تأمین بخشی از هزینه های جاری دانشجویان در دوره های لیسانس نظیر طرح Rising Star در دانشگاه های کشور آمریکا	راهکارهای کاهش مدت حضور دانشجویان در دوره لیسانس و تسریع در فرایند دانش آموختگی و کاهش بار مالی

جدول ۱۶. تحلیل محتوای نشست

جزئیات	محور
• الزام ۴ ساله بودن دوره لیسانس مهندسی استاندارد در ایران (B.Sc) به دلیل ضرورت انطباق با استانداردها و چارچوب های بین المللی (مانند استانداردهای اتحادیه بین المللی مهندسی)	لزوم توجه به استانداردها و چارچوب های بین المللی
• مخالفت تمام اعضای نشست با کاهش سنوات دوره لیسانس مهندسی ۴ ساله استاندارد (B.Sc) در ایران • موافقت مشروط در دانشگاه ملی مهارت با کاهش دوره لیسانس به ۳ سال • اجماع اعضای نشست بر لزوم بازنگری اساسی محتوا و برنامه های درسی دوره های لیسانس مهندسی	مخالفت با کاهش سنوات دوره لیسانس (۴ به ۳ سال)
• توافق تمام اعضای نشست با کاهش ۱۵ تا ۳۵ واحد درسی از طریق: - حذف / ادغام دروس غیرضروری (خصوصاً دروس عمومی و اختیاری غیرمرتبط) - تبدیل دروس عمومی به سامانه قبول / مردود (مثل قبولی در آزمون زبان انگلیسی) - بازنگری دروس پایه	لزوم کاهش تعداد واحدهای درسی از ۱۴۳ واحد به ۱۲۰ تا ۱۲۵ واحد
• وجود کنکور یکسان (وجود کنکور یکسان باعث همگرایی اجباری دوره ها و برنامه ها شده است) • مقاومت ساختاری در بین استادان و گروه های آموزشی با کاهش سنوات تحصیلی، به دلیل ترس از دست دادن واحدها و حق التدریس • ناهماهنگی با سازمان های استخدامی (دولتی / خصوصی)، آموزش و پرورش، سازمان سنجش • فقدان سازوکارهای تضمین کیفیت مناسب ارزیابی برنامه های درسی	لزوم توجه به مشکلات ساختاری
• پیشنهاد تعریف مسیرهای واگرا و ارائه انواع مدارک تحصیلی: لیسانس ۳ ساله (فنی - حرفه ای)، ۴ ساله (استاندارد)، ۵ ساله (کشاورزی / عملی)، ساندویچی (همراه با کار در صنعت)، HNC/HND • تأکید بر اجرای آزمایشی دوره لیسانس ۳ ساله در دانشگاه های داوطلب همچون دانشگاه ملی مهارت	لزوم ایجاد تنوع در مدارک تحصیلی، برنامه ها و اجرای آزمایشی

جدول ۱۷. تحلیل مضمون نشست تخصصی

مضمون	توضیحات	مشارکت‌کنندگان
کیفیت مهم‌تر از کمیت	کاهش سنوات دوره لیسانس مهندسی بدون بازنگری در کیفیت، مضر است. دانش‌آموختگان فعلی حتی با اخذ بیش از ۱۴۰ واحد درسی از لحاظ دانش، مهارت و قابلیت مورد انتقاد بازارکار هستند	«ابتدا باید دوره‌ها کارآمدتر شوند» «کاهش سنوات در مهندسی غیرممکن است؛ ولی واحدها قابل بازنگری هستند»
مأموریت محوری ساختارهای آموزشی	• تعیین یک قالب برای همه نادرست است • دانشگاه ملی مهارت پتانسیل اجرای آزمایشی دوره سه ساله را دارد	«کاهش یک سال در دانشگاه‌های مهارتی امکان‌پذیر است... هزینه فرصت از دست‌رفته برای دانشجو و جامعه بسیار قابل توجه است»
نیاز به نظام‌مندی جامع	• اصلاحات باید در چارچوب تحول نظام آموزش عالی باشد، نه به صورت انفرادی • هماهنگی با آموزش و پرورش، نظام استخدامی و استانداردهای بین‌المللی ضروری است	«دوره‌های AP/CLEP می‌تواند ۱۵ تا ۲۰ واحد درسی از حجم کاری دانشجویان را کاهش دهد» «هدف باید اثربخشی باشد، نه کاهش زمان در خلأ»
عدالت آموزشی و بهره‌وری ملی	کاهش ۲۵ درصد واحدهای درسی باعث افزایش ظرفیت پذیرش می‌شود	«کاهش ۲۵ درصد سنوات برابر با افزایش تقریبی ۲۰ تا ۲۵ درصد ظرفیت پذیرش بدون سرمایه‌گذاری جدید است (یعنی تقریباً ۲۰۰-۳۰۰ هزار دانشجو بیشتر)»
موانع فرهنگی-ساختاری	• دروس اختیاری به ابزار «رفع معدل» تبدیل شده‌اند • دروس عمومی/پایه در سال اول، انگیزه دانشجوی شهری (بدون پیشینه فنی/کشاورزی) را کاهش می‌دهد • مقاومت استادان به سبب ترس از دست دادن واحدهای درسی	«دانشجوی شهری بدون پیشینه کشاورزی، در همان سال اول به کشاورزی بی‌انگیزه می‌شود» «درس اختیاری اگر نمره‌اش زیر ۱۵ باشد، حتی ۱۰ نفر هم نمی‌آیند»
تنوع مدارک تحصیلی و برنامه‌ها بر اساس جمعیت هدف	• نیاز به مسیرهای مختلف: لیسانس فنی-حرفه‌ای ^۱ (۳ سال)، لیسانس فشرده (۳ سال)، لیسانس استاندارد (۴ سال)، لیسانس حرفه‌ای ^۲ (۱+۴ سال)، دوره لیسانس ساندویچی (۳ سال تحصیل + ۱ سال کارآموزی در صنعت) • لزوم در نظر گرفتن تفاوت‌های جمعیتی (شهری/روستایی، هنرستانی/دبیرستانی) در طراحی برنامه‌ها	«تنوع مسیرهای تحصیلی، کاهش فشار زمانی را جبران می‌کند» «در کشاورزی، دانشجوی شهری وارد دوره می‌شود ولی علاقه‌مند نیست»

۴-۲-۱. پیشنهادهای سیاستی اعضای نشست به وزارت علوم

اولویت‌بندی: بازنگری هوشمند دوره لیسانس، نه کاهش ساده‌انگارانه آن

- تغییر دیدگاه از «کاهش سنوات» به «افزایش کارآمدی، تضمین کیفیت، تنوع مدارک تحصیلی و انعطاف برنامه‌ها»؛

- لزوم پایبندی به قانون اهداف نظام آموزش عالی (بر اساس قانون اهداف نظام آموزش عالی، برنامه ریزی وزارت علوم باید متناسب با تحولات جهانی باشد).

دستورکار دو بخشی: کوتاه مدت و میان مدت

بُعد	کوتاه مدت	میان مدت
واحدها	• حذف ۱۵ تا ۲۵ واحد از دروس غیر ضروری در رشته های منتخب • تبدیل دروس عمومی به آزمون های قبول / مردود (مثل ارائه مدرک تافل یا آیلتس برای دروس زبان انگلیسی)	• طراحی دروس پیش دانشگاهی قابل انتقال با همکاری آموزش و پرورش به دوره های لیسانس • استاندارد سازی حداقل واحدهای تخصصی براساس مأموریت مؤسسه آموزش عالی یا زیرنظام آموزش عالی مربوط
ساختار	• اجرای آزمایشی در ۳ دانشگاه: - دانشگاه صنعتی شریف (مهندسی) - دانشگاه فردوسی (کشاورزی) - دانشگاه ملی مهارت (مهارتی)	• تعریف مسیرهای مأموریت محور - دوره لیسانس فشرده/تسریع شده - دوره لیسانس استاندارد (۴ ساله، پژوهشی) - دوره لیسانس گسترده (۴+۱ ساله، کشاورزی/ عملی) - دوره لیسانس فنی حرفه ای (۳ ساله، مهارتی)
نظارت	• تشکیل کارگروه فنی با حضور انجمن های علمی و فرهنگستان علوم	• اصلاح آیین نامه های اعتباربخشی برای پذیرش تنوع در برنامه ها

نکات کلیدی برای تصمیم گیری:

- اجتناب از تصمیم گیری انفرادی
 - عدم یکنواختی: «کاهش سنوات» نباید به صورت سراسری و یکسان اعمال شود بلکه باید در زیرنظام های متفاوت باشد
 - ارزیابی مبتنی بر شاخص های عملکردی:
- دانشگاه های پژوهشی: پذیرش بین المللی مدارک تحصیلی دانش آموختگان، امکان ادامه تحصیل دانش آموختگان در دوره های فوق لیسانس و دکتری
- دانشگاه های مهارتی: نرخ اشتغال دانش آموختگان پس از ۶ ماه، نرخ رضایت کارفرما، دانشجویان و دانش آموختگان

۵. بحث

یافته های پژوهش حاضر نشان داد که «کاهش ساده انگارانه سنوات دوره لیسانس مهندسی» در ایران، بدون توجه به استانداردها و چارچوب های بین المللی و همچنین بدون در نظر گرفتن کل نظام آموزشی کشورهای پیشرفته، می تواند پیامدهای جدی برای کیفیت آموزشی و اعتبار حرفه ای و مدارک تحصیلی دانش آموختگان داشته باشد. همان طور که اشاره شد، در ایالات متحده و کانادا، دوره

لیسانس مهندسی چهارساله و مبتنی بر اعتباربخشی نهادهای اعتباربخشی (ABET و CEAB) است که به طور مستقیم امکان اخذ پروانه مهندسی را فراهم می‌آورد. در مقابل، در بریتانیا و آلمان، درجه لیسانس سه ساله مهندسی تنها زمانی برای اخذ پروانه مهندسی معتبر تلقی می‌شود که با دوره‌های تکمیلی (M.Sc یا M.Eng) همراه باشد تا در چارچوب پیمان واشنگتن معادل سازی شود. نکته بسیار مهم آن است که در کشورهای مورد مطالعه همچون ایالات متحده، بریتانیا و استرالیا، تمام رشته‌های مهندسی، از جمله مهندسی کشاورزی، زیرمجموعه سازمان نظام مهندسی محسوب می‌شوند و امکان دریافت پروانه مهندسی دارند. همچنین، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که طول دوره تحصیلات پیش از دانشگاه در اکثر کشورهای اروپایی، به دلیل وجود دوره‌های پیش دانشگاهی، یک سال بیشتر از ایران و معمولاً ۱۳ سال است. بنابراین، در این کشورها داوطلبان ورود به دوره‌های کارشناسی، پس از گذراندن دروس پایه، وارد دوره‌های لیسانس مهندسی می‌شوند؛ نکته‌ای مهم که در بهره‌گیری از تجربه‌های اروپایی باید مورد توجه قرار گیرد.

اکثر اعضای نشست تخصصی مخالفت قاطعانه‌ای با کاهش سنوات دوره لیسانس مهندسی چهارساله در دانشگاه‌های نظری ایران داشتند اما موافقت مشروطی با اجرای آزمایشی دوره لیسانس سه ساله در دانشگاه‌های مهارتی همچون دانشگاه ملی مهارت داشتند. اعضای نشست همچنین بر ضرورت تغییر مبنای تصمیم‌گیری از «کاهش سنوات» به افزایش کیفیت و کارآمدی و هم‌راستایی دوره‌ها و برنامه‌های درسی با استانداردها و چارچوب‌های بین‌المللی و درعین حال نیازها و تقاضاهای ملی و استانی تأکید داشتند. اعضای نشست به مشکلاتی همچون وجود کنکور یکسان و همگرایی اجباری دوره‌ها و برنامه‌های درسی، تکرار مباحث در دروس عمومی و پایه، و فقدان سازوکارهای ارزیابی و تضمین کیفیت مناسب مبتنی بر دستاورد اشاره داشتند و بیان کردند که در چنین شرایطی، کاهش هوشمند ۱۵ تا ۳۵ واحدهای درسی از طریق حذف دروس غیرمرتبط، تبدیل دروس عمومی به سامانه قبول/مردود، و انتقال واحدهای پایه از دبیرستان نه تنها امکان‌پذیر است، بلکه ضروری می‌نماید. علاوه بر این، یافته‌ها نشان دادند که کاهش سنوات دوره لیسانس مهندسی در ایران، اگر بدون طراحی مسیرهای تکمیلی (همچون وجود دوره تکمیلی یک ساله برای دوره‌های لیسانس سه ساله) و بدون تدوین «چارچوب ملی مدارک تحصیلی آموزش عالی» صورت گیرد، می‌تواند موجب کاهش فرصت‌های بین‌المللی و تضعیف جایگاه حرفه‌ای دانش‌آموختگان شود. از سوی دیگر، اگرچه تعداد واحدهای درسی دوره لیسانس مهندسی در ایران (تقریباً ۱۴۳ واحد) بیشتر از استاندارد جهانی (۱۲۰-۱۲۵ واحد) است اما کیفیت و سطح دانش و مهارت‌های فارغ‌التحصیلان پایین‌تر از انتظارات ملی و بین‌المللی به‌ویژه انتظار صنعت داخلی است که بیانگر لزوم بازنگری جدی محتوای برنامه‌های درسی و کاهش واحدهای غیرضروری است.

از دیدگاه سیاستی، تنوع در مدارک تحصیلی لیسانس با کاربری‌های متفاوت نه تنها به هم‌راستایی

بیشتر آموزش عالی با نیازهای بازار کار کمک می‌کند؛ بلکه با الزام قانونی «برنامه هفتم توسعه» برای افزایش سهم آموزش عالی مهارتی به ۴۰ درصد نیز هم‌راستا است. اما باید توجه داشت که این تنوع مدارک تحصیلی تنها زمانی اثربخش خواهد بود که در قالب یک چارچوب ملی مدون و با تعریف روشن دستاوردهای یادگیری، حجم یادگیری/مطالعه، و مسیرهای حرفه‌ای و علمی ساماندهی شود. به عبارتی، تصمیم‌گیری در این رابطه مستلزم تدوین «چارچوب ملی مدارک تحصیلی آموزش عالی» است. همان‌طور که در بیش از ۱۵۰ کشور جهان مشاهده می‌شود، «چارچوب ملی مدارک تحصیلی آموزش عالی» امکان ساماندهی انواع مدارک تحصیلی مختلف، تضمین قابلیت مقایسه مدارک تحصیلی و تسهیل انباشت و انتقال واحد را فراهم می‌کند. در غیاب چنین چارچوبی، هرگونه اصلاحات پراکنده (مانند کاهش سنوات در یک زیرنظام آموزش عالی همچون دانشگاه ملی مهارت) خطر ایجاد «جزیره‌های ناسازگار» را در نظام آموزش عالی افزایش می‌دهد.

۶. نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان داد که بازاندیشی سنوات دوره لیسانس مهندسی در ایران، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای ارتقای بهره‌وری آموزشی، کاهش هزینه‌ها و تسریع ورود دانش‌آموختگان به بازار کار است. با این حال، تجربه کشورهای پیشرفته و چارچوب‌های بین‌المللی (پیمان واشنگتن، سیدنی و دوبلین) بیانگر آن است که بازنگری‌ها باید از یک «اقدام فنی-اداری» به یک «تحول سیستمی» ارتقا یابد. در این راستا، سه نتیجه کلیدی قابل استخراج است:

الف. تغییر گفتمان: از «کاهش سنوات» به «افزایش اثربخشی، کیفیت و تنوع مأموریت‌محور»
- کاهش یک سال از دوره لیسانس مهندسی استاندارد (B.Sc)، مغایر با استانداردهای بین‌المللی، قوانین داخلی، و انتظارات بازار کار است. در مقابل، کاهش هوشمند حجم واحدها (از ۱۴۳ به ۱۲۰ تا ۱۲۵)، همراه با بازنگری محتوایی و برنامه‌های درسی، نه تنها قابل اجراست، بلکه ضرورتی راهبردی محسوب می‌شود، چنان‌که تمام اعضای نشست تخصصی بر آن اجماع داشتند.

ب. الگوی پیشنهادی: سه درجه لیسانس بر اساس «چارچوب ملی مدارک تحصیلی آموزش عالی»
- درجه لیسانس مهندسی علمی-پژوهشی استاندارد ۴ ساله (B.Sc)، منطبق با پیمان واشنگتن برای دانشگاه‌های نظری
- درجه لیسانس فنی-حرفه‌ای ۳ ساله (B.Tech)، منطبق با پیمان سیدنی و دوبلین برای دانشگاه ملی مهارت و مؤسسه‌های مأموریت‌محور
- درجه لیسانس علمی-کاربردی ۳ ساله (B.A) همراه با کارآموزی در صنعت برای دانشگاه علمی-کاربردی

- این سه مسیر نه تنها با ساختارهای جهانی و دیدگاه‌های ارائه شده در نشست هم‌راستاست، بلکه منطبق با اهداف برنامه هفتم توسعه بوده و راه را برای عدالت آموزشی (افزایش ظرفیت پذیرش ۲۰ تا ۲۵ درصد بدون سرمایه‌گذاری جدید) و انعطاف‌پذیری فردی (باتوجه به تفاوت‌های جمعیتی شهری/روستایی، هنرستانی/دبیرستانی) هموار می‌کند.

ت. پیش‌نیازهای سیاسی: نظام‌مندی، اعتبارسازی و هماهنگی بین‌بخشی
اجرای موفق این تحول مستلزم:

- وجود دوره‌های تکمیلی یک‌ساله برای دوره‌های لیسانس سه‌ساله مهندسی؛
- تدوین «چارچوب ملی مدارک تحصیلی آموزش عالی ایران»؛
- استقرار سازوکارهای تضمین کیفیت همچون اعتباربخشی برای پذیرش تنوع مدارک تحصیلی؛
- هماهنگی سه‌جانبه با آموزش و پرورش، سازمان‌های استخدامی و اتحادیه بین‌المللی مهندسی برای پذیرش و معادل‌سازی انواع مدارک تحصیلی؛
- اجرای آزمایشی دوره‌های لیسانس ۳ ساله در دانشگاه‌ها و زیرنظام‌های آموزش عالی داوطلب البته با نظارت فنی توسط انجمن‌های علمی و فرهنگستان علوم.

در پایان، این پژوهش بر این واقعیت تأکید دارد که «کاهش سنوات دوره لیسانس مهندسی» تنها زمانی مشروع است که به عنوان بخشی از یک تحول نظام‌مند، مبتنی بر شواهد، و هدایت‌شده توسط چارچوب‌های ملی و بین‌المللی اجرا شود، نه به عنوان واکنشی انفرادی به فشارهای کوتاه‌مدت کسری بودجه‌ای. دانشگاه ملی مهارت می‌تواند به عنوان «آزمایشگاه ملی» در این مسیر، نقشی کلیدی ایفا کند؛ اما اجرای سراسری کاهش سنوات در کل نظام آموزش عالی، بدون زیرساخت‌های لازم، خطری جدی برای کیفیت، اعتبار و جایگاه بین‌المللی آموزش فنی-مهندسی ایران به شمار می‌آید.

References

- Afisa, W. (2025). Comparing the US and UK education systems: Essential guide for American students planning to study in the UK. Abbey DLD Group of Colleges. <https://www.abbeycolleges.co.uk/2024/11/12/comparing-the-us-and-uk-education-systems/>
- Allais, S. (2010). The implementation and impact of national qualifications frameworks: Report of a study in 16 countries. Geneva: ILO.
- Anwar, A., & Richards, D. (2013). Is the USA set to dominate accreditation of engineering education and professional qualifications?. *Proceedings of the Institution Of Civil Engineers-Civil Engineering*, 166, 1, 42-48. Thomas Telford Ltd.
- Australian Qualifications Framework Council (AQFC). (2013). Australian Qualifications Framework, second edition.
- Authority, V. Q. (2021). Turkish Qualifications Framework.

- Barua, L., & Lockee, B. B. (2024). A review of strategies to incorporate flexibility in higher education course designs. *Discover Education*, 3(127). <https://link.springer.com/article/10.1007/s44217-024-00213-8>
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40.
- British Council. (2024). Study in the UK. <https://study-uk.britishcouncil.org/>
- Bucciarelli, L. L., Coyle, E., & McGrath, D. (2009). Engineering education in the US and the EU. In Engineering in context (pp. xx–xx). *Academica*. Retrieved November 23, 2025, from <https://arrow.tudublin.ie/ahfrbks/2/>
- Canadian Information Centre for International Credentials (CICIC). (2025). Learn about the education system in the province of Ontario, Canada– Postsecondary education in Ontario. https://www.cicic.ca/1179/postsecondary_education_in_ontario.canada.
- Cedefop. (2022). Finland – European inventory of NQFs 2022. European centre for the development of vocational training. Retrieved from https://www.cedefop.europa.eu/files/finland_-_european_inventory_of_nqfs_2022.pdf
- Ebrahimabadi, F. (2024). Evaluation of the Iranian National Qualifications Framework. Institute for Research and Planning in Higher Education, Policy Project. [in Persian]
- Ebrahimabadi, F. (2025). Investigating the mission and program development structure of selected colleges and providing suggestions for Iranian vocational universities in order to achieve the performance indicators of the seventh development plan. Institute for Research and Planning in Higher Education, Commissioned Research Project. [in Persian]
- Electronic Code of Federal Regulations. (2025). 34 CFR § 600.2 – Definitions. U.S. Government Publishing Office. <https://www.ecfr.gov/current/title-34/subtitle-B/chapter-VI/part-600/subpart-A/section-600.2>
- Engineering Council. (2025). Chartered engineer (CEng). Engineering Council UK. <https://www.engc.org.uk/professional-registration/our-professional-titles/chartered-engineer-ceng>
- Engineers Australia. (2025). Engineers Australia accredited programs: October 2025. Engineers Australia. Retrieved from https://www.engineersaustralia.org.au/sites/default/files/2025-10/engineers_australia_accredited_programs_oct_2025_0.pdf
- European Commission. (2025). European credit transfer and accumulation system (ECTS). Education and Training, European Commission. <https://education.ec.europa.eu/education-levels/higher-education/inclusive-and-connected-higher-education/european-credit-transfer-and-accumulation-system>
- European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAE). (2025). *About ENAE*. ENAE. <https://www.enaee.eu/about-enaee/>
- Gall, M. D., Borg, W. R., & Gall, J. P. (2004). *Educational research: An introduction* (Nassr et al., Trans.). Tehran: Shahid Beheshti University Press [in Persian].
- Gelman, V. (2022). Ways to reduce the duration of study at the university. *Modern Education*, 4, 18–26. <https://doi.org/10.25136/2409-8736.2022.4.39381>
- Ghasemi, E., & Sedighian, M. (2016). Comparative study of the higher education systems of Iran and England. *Payam Farhangian Quarterly*, 1(1) [in Persian]. Retrieved from <https://civilica.com/doc/489271/>
- Gonzalez, R. V. (2025). Engineering education in the UK and the US: A comparative analysis. The complexity of modern engineering. In Adapting engineering education to a rapidly changing world (pp. 1–41). Cham: Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-78908-3_1
- Institute of International Education (IIE). (2025). *US educational framework credential terminology guide*. IIE. <https://iee.com/blog/us-educational-framework-credential-terminology-guide/>
- International Engineering Alliance (IEA). (2025). Qualification checker. International Engineering Alliance. <https://www.internationalengineeringalliance.org/for-engineers/qualification-checker>
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2005). Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse [Qualifications framework for German higher education degrees]. KMK. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2005/2005_04_21-Qualifikationsrahmen_englisch.pdf
- Mohammadzad, S., Azizi, N., & Salehi-Imran, E. (2019). Comparative analysis of Iranian polytechnic higher

- education with selected countries. *Iranian Journal of Comparative Education*, 2(4), 496–517. [in Persian]. <https://doi.org/10.22034/ijce.2020.10500>
- Perkins, S. A. (2009). A comparative analysis of civil engineering program standards in Canada, the United States and Europe. *ITE Journal*, 79(5), 44–45.
 - Postsecondary Education Quality Assessment Board (PEQAB). (2024). Ontario Qualifications Framework (OQF).
 - Professional Engineers Ontario (PEO). (2025). *Application requirements to become a professional engineer*. Professional Engineers Ontario. <https://www.peo.on.ca/apply/become-professional-engineer/application-requirements>
 - Quality Assurance Agency for Higher Education (QAA). (2024). *Frameworks for higher education qualifications of uk degree-awarding bodies*, 2nd edition. Southgate House, Southgate Street, Gloucester GL1 1UB.
 - Shirali, E. (2022). Examining the prevailing educational model to propose a localized model with a focus on undergraduate fields of study. Institute for Research and Planning in Higher Education: Collection of short-term policy research projects, 17. [in Persian]
 - Studying in Germany. (2025). *German education system*. Studying in Germany. <https://www.studying-in-germany.org/german-education-system/>
 - Swenty, B. J., & Swenty, M. K. (2019). Is it time for a three-year accredited civil engineering degree in the United States? A critical review. In *2019 ASEE Annual Conference & Exposition*.
 - The Association for International Credential Evaluation Professionals (TAICEP). (2022). Global directory of national qualification frameworks. TAICEP. <https://www.taicep.org/taiceporgwp/resources/global-directory-of-national-qualification-frameworks-01/>
 - Thornby, K. A., Brazeau, G. A., & Chen, A. M. (2023). Reducing student workload through curricular efficiency. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 87(8), 100015.
 - Trines, S. (2018). Education in India. *World Education News & Reviews*. <https://wenr.wes.org/education-system-profiles/education-in-india/>



◀ **دکتر فرهاد ابراهیم آبادی:** عضو هیأت علمی مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی هستند. حوزه تخصصی ایشان سیاست‌گذاری و مقایسه نظام‌های آموزش عالی است و در زمینه هم‌راستاسازی استانداردهای ملی با چارچوب‌های بین‌المللی (مانند IEA و NQF، QF، ECTS، ABET) پژوهش‌های متعددی انجام داده‌اند. دکتر ابراهیم آبادی علاوه بر فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی، در تدوین گزارش‌های سیاستی برای وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نقش فعال داشته‌اند.



◀ **دکتر وحید تقی‌خانی:** استاد تمام دانشکده مهندسی شیمی و نفت دانشگاه صنعتی شریف هستند. ایشان با سابقه‌ای در حوزه مهندسی شیمی، تاکنون بیش از ۱۳۵ مقاله علمی منتشر کرده و دارای شاخص H-Index برابر با ۳۷ می‌باشند. دکتر تقی‌خانی علاوه بر فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی، به‌عنوان دبیر انجمن مهندسی شیمی ایران، عضو هیأت مدیره کنفدراسیون مهندسی شیمی شرق آسیا و آقیانوسیه نیز ایفای نقش می‌کنند و در ارتقای جایگاه علمی و حرفه‌ای این رشته در سطح ملی و بین‌المللی سهم بسزایی دارند. همچنین ایشان عضو هیأت تحریریه مجله Gas Technology و داور علمی کنفرانس‌های معتبر مهندسی شیمی در ایران هستند.



◀ **دکتر جعفر توفیقی:** استاد تمام مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس هستند. ایشان با سابقه‌ای برجسته در حوزه آموزش و پژوهش مهندسی، تاکنون مقالات و پژوهش‌های متعددی در زمینه مهندسی شیمی منتشر کرده‌اند. دکتر توفیقی علاوه بر فعالیت‌های دانشگاهی، وزیر اسبق علوم، تحقیقات و فناوری جمهوری اسلامی ایران بوده و هم‌اکنون به‌عنوان رئیس هیأت مدیره انجمن آموزش مهندسی ایران ایفای نقش می‌کنند. همچنین ایشان عضو پیوسته فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران هستند و در ارتقای جایگاه علمی و سیاست‌گذاری آموزش عالی کشور نقش فعال داشته‌اند.

طراحی الگوی نگهداشت دانش آموختگان مهندسی دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی

زهرا صنعتی^۱، محمد حسنی^۲ و رضا فتحی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۷/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۷

DOI: 10.22047/ijee.2025.553552.2217

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.2.7

چکیده: باتوجه به روند روبه‌افزایش خروج دانش‌آموختگان مهندسی در سال‌های اخیر، پژوهش حاضر با هدف طراحی الگوی نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی در دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی انجام شد. این پژوهش از نوع کیفی با رویکرد نظریه‌پردازی داده‌بنیاد و با مشارکت ۳۰ نفر از استادان، متخصصان و مدیران حوزه مهندسی صورت گرفت که ازطریق نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. داده‌ها ازطریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و عمیق گردآوری شد و با روش تحلیل محتوای کیفی طی ۳ مرحله کدگذاری باز، محوری و گزینشی در نرم‌افزار MAXQDA 20 تحلیل شد. از مجموع ۸۰۵ کد اولیه، ۳۲ مفهوم با ادغام مفاهیم مشابه استخراج و در چارچوب مدل آبرانگاره‌ای نظریه داده‌بنیاد سازمان‌دهی شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که پدیده نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی تحت‌تأثیر مجموعه‌ای از شرایط علی، شرایط زمینه‌ای و شرایط مداخله‌گر شکل می‌گیرد و ازطریق راهبردهایی چون توانمندسازی شرکت‌های دانش‌بنیان، رهبری و مدیریت در صنعت، توسعه نوآرانه، بهینه‌سازی اشتغال یا مسیر شغلی، اصلاح نظام آموزشی، بسترسازی اجتماعی و فرهنگی تحقق می‌یابد. پیامدهای این الگو شامل تحول علمی و نوآوری، توسعه اقتصادی و صنعتی، حفظ و توسعه سرمایه‌هاست. بر این اساس، نظریه‌ای جدید و برخاسته از داده‌های مصاحبه کیفی برای نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی ارائه شد.

واژگان کلیدی: نگهداشت، دانش‌آموختگان مهندسی، دانشگاه، مؤسسات آموزش عالی، نظریه داده بنیاد

۱- دانشجوی دکتری مدیریت آموزشی، گروه علوم تربیتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
zahra.sanatii20@gmail.com

۲- استاد مدیریت آموزشی، گروه علوم تربیتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (نویسنده مسئول).
m.hassani@urmia.ac.ir

۳- دانشیار، پژوهشگاه مواد و انرژی، کرج، ایران. r.fathi@merc.ac.ir

۱. مقدمه

نیروی انسانی متخصص مهم‌ترین عامل توسعه و شکوفایی جوامع و سازمان‌هاست و عاملی کلیدی که توان ساختاری و اجرایی سازمان‌ها را تعیین می‌کند (Poon et al., 2022). جوامع و سازمان‌ها بر این عقیده‌اند که نیروی انسانی و متخصصان به عنوان منبع اصلی مزیت رقابتی مطرح هستند (Sharifi & Beheshtifar, 2022). پس پیشرفت و تعالی کشور و نهادهای آن و نیز استفاده بهینه از امکانات و منابع کشور به شکل انکارناپذیری به دانش نیروی انسانی متخصص و ماهر وابسته است و این گروه به کمک ذهن توانمند و آموزش دیده خود در تحلیل مسائل، قادرند منابع پراهمیت مادی را در جامعه کنترل کرده و از آنها به بهترین شکل و با بالاترین بازدهی بهره‌برداری کنند (Vedadhir & Eshraghi, 2019). از این رو، مسئله تأثیر مستقیم نیروی انسانی متخصص بر توسعه کشور مورد توجه جدی قرار گرفته است و به موازات آن، حساسیت کشور بر نگهداشت این قشر فزونی یافته است.

نگهداشت حرکت داوطلبانه سازمان در راستای ایجاد محیطی است که افراد شایسته و مستعد را برای طولانی مدت مشتاق و وفادار نگه می‌دارد. هدف اصلی این فرایند بهره‌مندی سازمان از اثرات مطلوب افزایش بهره‌وری و کسب مزایای مرتبط با نگهداشت است (Oginni et al., 2018). در تعریفی جامع‌تر، نگهداشت عبارت است از ایجاد و حفظ یک محیط کاری متعادل و مناسب برای افراد و ترغیب آنها به ادامه همکاری با سازمان به نحوی که با ارتقای رضایت شغلی‌شان همراه باشد. این فرایند شامل اقداماتی مانند ارائه فرصت‌های آموزش و توسعه، ارائه مزایای مالی و غیرمالی، ارتقای حرفه‌ای، ایجاد فرهنگ کاری سالم، تقویت تعاملات سازمانی مثبت، حل مسائل و ایجاد فضای سازمانی متناسب با نیازهای افراد است. هدف از نگهداشت جذب افراد ماهر، متعهد و مشتاق است تا سازمان‌ها بتوانند به بهترین شکل از ظرفیت‌ها و توانمندی‌های آنها استفاده کنند و در مقابل، از بروز نرخ خروج و ترک سازمان بکاهند (Ruknabadi & Adibzadeh, 2023). به همین دلیل، سازمان‌ها همواره باید راهبردهای نگهداشت خود را برای برآورده کردن انتظارات در حال تغییر افراد تطبیق دهند (Sorn et al., 2023). پژوهش‌ها (Kossivi & Kalgora, 2016; Matongolo et al., 2018; Jadon & Upadhyay, 2018) نشان می‌دهند که نگهداشت تحت تأثیر عوامل بسیاری از جمله: ایجاد گروه‌های مسئولیت‌پذیرتر، انعطاف‌پذیری در برنامه کاری، مدیریت استرس، تعادل بین کار و زندگی، پاداش‌های مالی و غیرمالی، فرصت‌های توسعه شغلی، استقلال و خودمختاری، تناسب نقش‌ها و مسئولیت‌های شغلی، اطمینان از تعادل انتظار افراد با ویژگی‌های شغلی واقع‌بینانه و حمایت اجتماعی قرار دارد. همچنین، مطالعات نشان داده‌اند که توانمندسازی افراد، بهبود محیط کاری و تقویت همکاری، مهارت‌ها و نقش شغلی، سبک رهبری و شیوه مدیریت، همگی در نگهداشت تأثیر مثبت دارند (Bharath, 2023). فرایند نگهداشت مستلزم یک فرایند راهبردی طولانی مدت است که به تمام امکانات و ابزارهای ممکن سازمان و جامعه نیاز دارد. بنابراین، نگهداشت دانش آموختگان یک ابتکار کلیدی برای جلوگیری از

ترک سازمان و کشور محسوب می‌شود. درواقع، حفظ این سرمایه‌های متخصص به‌طور قابل‌توجهی به حفظ مشتریان سازمان‌ها کمک می‌کنند و کاهش هزینه‌های عملیاتی را برای سازمان‌ها و جوامع در پی خواهد داشت (Alshurideh, 2019). به نظر می‌رسد راهبردهایی که تا به امروز در سطح ملی و بین‌المللی برای نگهداشت در سازمان‌ها اعمال شده‌اند، ناکافی باشند (Roth et al., 2022). درحقیقت، اگر سازمان محیط کاری‌ای را ایجاد کند که افراد به اندازه کافی به آن علاقه‌مند بمانند تا با میل و رغبت برای سازمان کار کنند، افراد می‌توانند بدون احساس استرس یا مشکل، بین کار و زندگی تعادل ایجاد کرده و سازمان از این طریق می‌تواند در امر نگهداشت آنها موفق عمل کند (Faisal, 2023).

امروزه نگهداشت دانش‌آموختگان به‌عنوان یکی از دشوارترین چالش‌های پیش‌روی سازمان‌ها و کشورها مطرح است (Bharath, 2023) و با افزایش رقابت، به اولویت اصلی سازمان‌ها تبدیل شده است (Rakhra, 2018). در این میان، نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی، به‌عنوان سنگ بنای پیشرفت و پایداری ملت‌ها در جامعه معاصر، اهمیتی اساسی دارد؛ زیرا شمار مهندسانی که در جست‌وجوی چشم‌اندازهای اقتصادی مطلوب‌تر به خارج از کشور مهاجرت می‌کنند، به‌ویژه در کشورهای نوظهور، بسیار زیاد است (Ekmekcioglu et al., 2025). این مسئله موجب شده است کشورهای درحال توسعه با کمبود نیروی مهندسی روبه‌رو شوند و رقابت برای جذب مهندسان مهاجر شدت گیرد. درحالی‌که کشورهای توسعه‌یافته به‌عنوان تعیین‌کنندگان مرزهای دانش و فناوری عمل می‌کنند. کشورهای درحال توسعه با جذب و به‌کارگیری دانش آنها به تسریع پیشرفت فناوری داخلی خود می‌پردازند. در مقابل، کشورهای کمتر توسعه‌یافته بیشتر بر تقلید و سازگاری فناوری تمرکز دارند (Fujiwara, 2025). از آن‌جا که مهندسان در خط مقدم نیروی کار فنی قرار دارند و نقش مهمی در پیشبرد نوآوری‌های فناورانه و توسعه اجتماعی ایفا می‌کنند، درک عوامل موثر بر تصمیم آنها برای ماندن در کشور خود و نیز شناسایی متغیرهایی که ارزیابی از موفقیت شغلی را شکل می‌دهد، از اهمیت بالایی برخوردار است (Ekmekcioğlu et al., 2025). نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی از چالش‌های حیاتی مدیریت سرمایه انسانی به شمار می‌رود و یکی از دغدغه‌های اصلی بسیاری از کشورها شده است. درواقع، موضوع نگهداشت مهندسان در برخی کشورها به مسئله‌ای نگران‌کننده و از اولویت‌های مهم کارفرمایان تبدیل شده است (Alias et al., 2022). مهندسان نقشی حیاتی به‌عنوان حاملان دانش و همچنین عوامل ضروری برای نوآوری فناوری در سطح بین‌المللی عمل می‌کنند؛ زیرا آنها با تسهیل انتقال دانش، نوآوری را در شرکت‌ها و کشورها سرعت می‌بخشند و قادرند با کسب تخصص در فرایندهای تولید و توسعه فناوری، کشورهای مختلف را با کشورهای پیشرو در فناوری همسو سازند. مهندسان نه تنها با پیشبرد نوآوری‌های فناورانه در کشورهای پیشرفته، فناوری‌های جدید را به مناطق و صنایع دور از مرزهای فناوری معرفی می‌کنند، بلکه با تخصص خود می‌توانند کارایی و بهره‌وری را در کل صنعت ارتقا دهند. بر همین اساس، صنایعی که در مرزهای فناوری قرار دارند، تمایل به جذب مهندسانی دارند که هدایت‌گر نوآوری باشند.

علاوه‌براین، در حوزه‌های بسیار رقابتی علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات کشورهای توسعه‌یافته توانسته‌اند با اتکا به مهندسان ماهر پایه‌های فناوریانه خود را مستحکم‌تر سازند (Fujiwara, 2025). پس مسلم است نگهداشت مهندسان در هر کشوری، امری بدیهی و ضروری برای شکوفایی و توسعه آن کشور باشد. این ضرورت از آن‌جا ناشی می‌شود که جوامع آگاه هستند که ماهیت حرفه مهندسی بر راه‌حل‌های نوآورانه برای حل مشکلات عملی جامعه متمرکز است و شامل ارائه راه‌حل‌هایی برای مسائل مهندسی بدساختار و پیچیده است. حرفه مهندسی ایجاب می‌کند که مهندسان در انجام وظایف حرفه‌ای خود، ایمنی، سلامت و رفاه عمومی را در اولویت قرار داده و در حوزه‌های صلاحیت خود خدمات ارائه دهند. مهندسان در امور حرفه‌ای، به‌عنوان نمایندگان یا معتمدان وفادار برای هر کارفرما یا مشتری عمل می‌کنند و از تضاد منافع اجتناب می‌ورزند. متخصصان مهندسی در قبال ذی‌نفعان مختلف مانند عموم مردم، کارفرمایان، متخصصان همکار و انجمن‌های حرفه‌ای مسئول‌اند. آنها با ارائه راه‌حل‌ها، چه با مزایای نوع‌دوستانه مستقیم و چه با پیامدهای ناخواسته آن، آینده جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Baligar & Joshi, 2025). بنابراین، شرکت‌ها باید برنامه‌های ساختاریافته جذب و نگهداشت را، که از ادغام اجتماعی و سازگاری نقش حمایت می‌کنند، در اولویت قرار دهند تا از ترک خدمت زود هنگام و خروج متخصصان از کشور جلوگیری شود. تلاش‌های مداوم برای حفظ و نگهداشت باید بر دو محور اصلی، پرورش یک فرهنگ سازمانی سالم و ارائه بسته‌های پاداش و مزایای رقابتی متمرکز شود؛ زیرا کشورهایی که فرهنگ سازمانی شفاف، حقوق و دستمزد منصفانه و فرایندهای شخصی‌سازی‌شده جذب نیروی انسانی ماهر را در اولویت قرار می‌دهند، در بازار کار رقابتی، موقعیت بهتری برای حفظ متخصصان خواهند داشت (Barua et al., 2025).

پژوهش‌های بسیاری استفاده از مشوق‌ها را برای نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی پیشنهاد می‌دهند و آسان‌ترین راه بر افزایش سطح رضایت‌مندی آنها معرفی می‌کنند (Shaw et al., 2005). پژوهش‌های دیگر نیز توصیه می‌کنند که نگهداشت مهندسان باید یک اولویت محسوب شود و این امر با تمرکز بر گروه‌های کاری‌ای، که برای نگهداشت مهم هستند، صورت گیرد (Dychtwold & Buxter, 2007). افراد متخصص زمانی به ماندگاری در سازمان پایبند می‌شوند که احساس کنند در محل کار از طریق ارائه مزایای قابل قبول و ارزشمند برای آنها ارزش قائل می‌شوند. به‌این ترتیب، سازمان‌ها باید راهبردهای مؤثر و هدفمندی را برای بهبود نگهداشت متخصصان خود اتخاذ کنند (Al-Suraihi et al., 2021) و کشورهایی که در این مسیر تلاش می‌کنند در فرایند جهانی شدن از سایر کشورها در همه زمینه‌ها گوی رقابت را خواهند ربود (Salimi, 2018). عوامل مهمی همچون مدیریت پاداش، شیوه استخدام و انتخاب، ارزیابی عملکرد، آموزش و توسعه تجربه کلی را در یک سازمان و کشور شکل می‌دهد و موجب رشد و توسعه، افزایش حفظ و نگهداشت نیروی انسانی متخصص می‌شود (Ghani et al., 2022). براین اساس، پیداست که امروزه، دغدغه اصلی مدیران حفظ استعدادهای ماهر و برتر خود، به‌ویژه در

شناسایی رفتارها و نگرش‌های مهندسان است. ازاین‌رو، نگهداشت مهندسان در حال تبدیل شدن به عاملی تعیین‌کننده و مهم برای بقای بلندمدت، رقابت و تسلط کشور در عرصه‌های مختلف است (Tanwar & Prasad, 2016). در راستای تحقق این هدف، باید ارتباط صنعت و دانشگاه در کشور دوسویه شود و جذب دانش‌آموختگان مهندسی در جهت برطرف کردن مشکلات صنعتی صورت گیرد. همچنین، دانشگاه‌ها باید پذیرش دانشجو را براساس نیاز صنعت انجام دهند و صنایع هم نیروی انسانی موردنیاز را به‌طور هدفمند از دانشگاه‌ها جذب کنند. اما آنچه امروزه در دانشکده‌های مهندسی و صنایع دنبال می‌شود، مطابق با این هدف‌گذاری دوسویه نیست (Jabehdar Maralani, 2021). هرچند پیش‌تر علاقه به رشته‌های مهندسی، بازار کار، مزایای مالی، تأثیر خانواده، تجربه کاری گذشته و جایگاه اجتماعی به‌عنوان مشوق‌های انتخاب رشته‌های مهندسی در نظر گرفته شده و فرصت‌های شغلی و عوامل مرتبط با شغل، انگیزه‌های مهم‌تری برای شروع تحصیل در رشته‌های مرتبط با مهندسی محسوب می‌شدند، اما وضعیت کنونی متفاوت است (Gomez et al., 2022). امروزه بیشتر توجه دانشکده‌های مهندسی بر تولید مقاله متمرکز شده است، مدرک‌گرایی بیش‌ازحد توسعه‌یافته و به سیاست‌های مدیریت کلان و ساماندهی ارتباط صنعت و دانشگاه توجه چندانی نمی‌شود. همچنین، در دو دهه گذشته، تناسب بین تعداد پذیرش دانشجو در رشته‌های مهندسی و بازار کار رعایت نشده است. به سبب نبود آمار واقعی درباره نیاز کشور به دانش‌آموختگان مهندسی و کنترل نداشتن بر ظرفیت پذیرش رشته‌های مهندسی، وضعیت نابه‌سامان کنونی، افزایش تعداد دانش‌آموختگان مهندسی و در نتیجه خروج آنها از کشور حاصل شده است (Jabehdar Maralani, 2021). لذا، نگهداشت این سرمایه‌ها یک تلاش نظام‌مند است و باید برای ایجاد و تقویت محیطی تلاش شود که این متخصصان را تشویق کرد تا با توجه به نیازهای متنوع خود در کشور باقی بمانند (Mita et al., 2014).

براین‌اساس با وجود غنای ادبیات نظری در زمینه نگهداشت، لازم به ذکر است که مدل‌های نگهداشت، ماهیت تخصصی شغل مهندسی و ویژگی‌های منحصربه‌فرد بستر بومی را نادیده می‌گیرند و به‌ندرت به ظرافت‌های مرتبط با حرفه مهندسی و در بستر کشور می‌پردازند. این مدل‌ها عمومی‌اند و ریشه در بستری خارج از جامعه ما دارند. به عبارت دیگر، توانایی پوشش کامل پیچیدگی نگهداشت مهندسان در بستر کشور را ندارند و عوامل کلیدی این نظریه‌های عمومی ممکن است متغیرهای حیاتی و بومی مؤثر بر تصمیم مهندسان برای ماندن را به‌خوبی بیان نکنند. ازاین‌رو، برای دستیابی به درکی عمیق و کاربردی از پدیده نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی، تولید راهبردهای مؤثر و متناسب با واقعیت‌های موجود، توسعه یک نظریه بومی ازطریق روش نظریه داده‌بنیاد امری اجتناب‌ناپذیر است. این روش با تمرکز بر داده‌های میدانی و درک مفاهیم از زبان شرکت‌کنندگان تضمین می‌کند که نظریه نهایی منعکس‌کننده پدیده‌های واقعی و منحصربه‌فرد این بستر باشد. بدین ترتیب، انجام این پژوهش به نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی در جهت توسعه کشور کمک می‌کند و به فرصت‌های شغلی بهتر

برای آنها در داخل کشور و در پی آن ارائه بهترین خدمات فنی به مردم جامعه یاری می‌رساند. در مجموع، این پژوهش می‌تواند به بهبود کیفیت آموزش مهندسی، افزایش انطباق آن با نیازهای بازار کار و نیز ارتقای سطح خدمات مهندسی و نوآوری در جامعه کمک کند. بنابراین هدف کلی پژوهش حاضر، طراحی الگوی نگهداشت دانش آموختگان مهندسی دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی بر مبنای نظریه داده‌بنیاد است.

۲. روش‌شناسی

این پژوهش از نوع کیفی و روش نظریه‌پردازی داده‌بنیاد بهره‌گرفته است. نظریه‌پردازی داده‌بنیاد بر توسعه نظریه‌ای متمرکز است که پدیده مرکزی مورد مطالعه را از طریق تبیین روابط بین مفاهیم کلیدی، شامل شرایط علی، شرایط زمینه‌ای، شرایط مداخله‌گر، راهبردها و پیامدها روشن می‌سازد. هدف اصلی پژوهش، طراحی الگوی نگهداشت دانش آموختگان مهندسی دانشگاه‌ها و مؤسسات عالی بود. به جهت مطالعه عوامل نگهداشت، دیدگاه استادان دانشگاه، متخصصان و مدیران حوزه مهندسی بررسی شد که با روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان پژوهش در مجموع ۳۰ نفر بودند که از بین آنها ۶ نفر از متخصصان و مدیران حوزه مهندسی و ۲۱ نفر از استادان دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد بودند و به جهت بررسی عمیق و باتوجه به موضوع و هدف انجام پژوهش ۳ نفر از استادان جامعه‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد نیز به عنوان متخصصان تحلیل بستر جامعه مصاحبه شد؛ ایشان دیدگاهی تحلیلی و انتقادی را برای درک این پدیده ارائه می‌دادند که نادیده گرفتن آنها از دیدگاه تحلیلی دور می‌ماند. بنابراین، نقش این استادان در ارزیابی تناسب مدل با واقعیت کشور، تفسیر و غنی‌سازی مدل، ضروری دانسته شد. انتخاب این ۳ نفر براساس اصل اشباع نظری و کفایت محتوایی صورت گرفته است. پس از مصاحبه با نفر سوم، مشاهده شد که مفاهیم جدیدی به مدل افزوده نمی‌شود و دیدگاه‌های تکراری و مشابه ارائه می‌گردد. از آن جا که تمرکز اصلی پژوهش بر تجارب واقعی و دانش فنی مهندسان و مدیران این حوزه بوده است، به همین دلیل با ۲۷ نفر از متخصصان حوزه مهندسی مصاحبه انجام شد. تعداد بیشتر شرکت‌کنندگان مهندسی و مدیران این حوزه نشان‌دهنده تمرکز اصلی تحقیق بر تجربه‌های عملی و دانش موضوعی بوده است، زیرا هسته مدل نگهداشت باید از واقعیت حرفه‌ای این گروه‌ها استخراج می‌شد. این نسبت، هدفمند و منعکس‌کننده اهمیت متفاوت هر گروه در فرایند مثلث‌سازی داده‌هاست.

به منظور گردآوری داده‌های پژوهش از مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و عمیق استفاده شد. مدت زمان هر مصاحبه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه به طول انجامید و در جریان آن، با کسب اجازه از شرکت‌کنندگان و با تأکید بر محرمانه بودن اطلاعات برای ثبت داده‌ها، صوت مصاحبه‌ها ضبط شد. مصاحبه‌ها تا رسیدن به اشباع نظری ادامه یافت و سپس پیاده‌سازی و به متن تبدیل شد. درنهایت، تحلیل کیفی داده‌ها از طریق روش کدگذاری در سه مرحله کدگذاری باز، محوری و انتخابی با نرم‌افزار MAXQDA ۲۰ انجام شد. در فرایند سه مرحله‌ای کدگذاری، متون مصاحبه به دقت بررسی شد. در کدگذاری باز، با تقسیم‌بندی متن‌ها

به واحدهای معنایی، مضامین کلیدی شناسایی شد، کدها استخراج گردید و برای هر دسته یک مفهوم در نظر گرفته شد. در کدگذاری محوری، با در نظر گرفتن تشابه معنایی مفاهیم و تلخیص آنها، مفاهیم در طبقه محوری دسته‌بندی شد. مقوله‌های محوری با استفاده از معیارهای استراوس و کوربین (Strauss & Corbin, 1999) مانند مرکزیت، قابلیت برقراری ارتباط با سایر مقوله‌ها و تکرار بالا در داده‌ها انتخاب شد. ارتباط بین مقوله‌های محوری و سایر مقوله‌های فرعی مجدد توسط استاد راهنما بررسی و تأیید شد. در این مرحله اطمینان حاصل شد که هیچ مفهومی خارج از چهارچوب نظری باقی نمانده است. همچنین، با تحلیل داده‌های بیشتر و در نظر گرفتن اصل اشباع نظری، هیچ ویژگی جدیدی به این مقوله‌ها اضافه نشد. پس از اتمام کدگذاری محوری و شناسایی روابط بین مقوله‌ها، فرایند کدگذاری گزینشی با هدف انسجام نظری و توسعه یک مدل آبرانگاره‌ای منسجم برای یکپارچه‌سازی تمام مفاهیم حول یک پدیده محوری آغاز شد. فرایند یکپارچه‌سازی مقوله‌ها از طریق استفاده صریح از مدل آبرانگاره‌ای نظریه داده‌بنیاد (شرایط علی، زمینه‌ای، مداخله‌گر، راهبردها و پیامدها)، انجام شد. هدف این مرحله ایجاد خط نظری بود که پدیده نگهداشت دانش آموختگان مهندسی را به صورت جامع توضیح دهد و براساس این دسته‌بندی‌ها و روابط میان آنها، الگوی نگهداشت دانش آموختگان مهندسی طراحی و ارائه شد. نظریه نهایی این تحقیق حول این جمله روایت می‌شود که نگهداشت دانش آموختگان مهندسی یک فرایند مستمر و پویاست و این فرایند با درک دقیق شرایط علی آغاز شده، تحت تأثیر شرایط زمینه‌ای و شرایط مداخله‌گر شکل می‌گیرد و در نهایت به راهبردها و پیامدهایی منجر می‌شود.

برای اطمینان از اعتبار داده‌ها از روش مثلث‌سازی با بررسی دیدگاه‌های متنوع استادان مهندسی و جامعه‌شناسی، متخصصان و مدیران حوزه مهندسی استفاده شد (جدول‌های ۱ و ۲) و روش دیگر، بازبینی و بازخورد شرکت‌کنندگان مبتنی بر تحلیل و تفسیر کدهای به دست آمده صورت گرفت و بازخورد و اصلاحات لازم در مدل نهایی لحاظ شد. همچنین، تمام مراحل انجام پژوهش از جمله چگونگی انجام مصاحبه‌ها و مراحل کدگذاری به وسیله استاد راهنما و استاد مشاور مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱. ویژگی جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان متخصص و مدیر در حوزه مهندسی

ردیف	میزان تحصیلات	رشته تحصیلی	سمت	تجربه کار	سن
کد ۲۵	کارشناسی ارشد	عمران / سازه	مدیر عامل	۲۷	۵۳
کد ۲۶	کارشناسی ارشد	عمران / سازه	سرناظر	۲۶	۵۱
کد ۲۷	کارشناسی ارشد	عمران / سازه	مدیر عامل	۲۵	۵۰
کد ۲۸	کارشناسی ارشد	مدیریت ساخت	مدیر پروژه	۲۵	۴۸
کد ۲۹	کارشناسی ارشد	عمران	مدیر پروژه	۲۳	۴۸
کد ۳۰	کارشناسی ارشد	عمران / سازه	سرپرست و مدیریت اجرا	۱۳	۳۷

جدول ۲. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان هیئت علمی

ردیف	میزان تحصیلات	رشته تحصیلی	مرتبه علمی	تجربه کاری	سن
کد ۱	دکتری	مکانیک (انگلیس)	استاد	۳۲	۶۸
کد ۲	دکتری	عمران	استاد	۲۸	۶۸
کد ۳	دکتری	کشاورزی	استاد	۲۷	۶۵
کد ۴	دکتری	مکانیک	استاد	۲۵	۵۵
کد ۵	دکتری	رایانه (استرالیا)	استاد	۲۵	۵۵
کد ۶	دکتری	برق/ مخابرات (فرانسه)	استاد	۲۰	۵۴
کد ۷	دکتری	برق	دانشیار	۳۶	۶۵
کد ۸	دکتری	عمران	دانشیار	۳۵	۶۵
کد ۹	دکتری	جامعه‌شناسی	دانشیار	۳۵	۶۰
کد ۱۰	دکتری	مکانیک (کانادا)	دانشیار	۳۲	۶۳
کد ۱۱	دکتری	شیمی	دانشیار	۳۲	۵۸
کد ۱۲	دکتری	جامعه‌شناسی	دانشیار	۲۵	۵۵
کد ۱۳	دکتری	کشاورزی	دانشیار	۲۴	۶۵
کد ۱۴	دکتری	عمران	دانشیار	۲۰	۵۰
کد ۱۵	دکتری	شیمی	دانشیار	۲۰	۴۸
کد ۱۶	دکتری	شیمی	دانشیار	۲۰	۴۷
کد ۱۷	دکتری	جامعه‌شناسی	دانشیار	۱۵	۵۰
کد ۱۸	دکتری	محیط زیست (فرانسه)	دانشیار	۱۵	۴۵
کد ۱۹	دکتری	مواد و متالورژی	دانشیار	۱۲	۴۰
کد ۲۰	دکتری	هوا و فضا	دانشیار	۱۱	۴۰
کد ۲۱	دکتری	مواد و متالورژی (ژاپن)	دانشیار	۸	۴۰
کد ۲۲	دکتری	شیمی (ژاپن)	دانشیار	۷	۴۷
کد ۲۳	دکتری	برق	استادیار	۵	۳۵
کد ۲۴	دکتری	نفت	استادیار	۵	۳۵

۳. یافته‌های پژوهش

فرایند کدگذاری و تحلیل داده‌های برآمده از مصاحبه‌های کیفی به شکل‌گیری و تدوین یک نظریه جامع انجامید. این نظریه پدیده نگهداشت دانش آموختگان مهندسی را توضیح می‌دهد (جدول ۳) و الگوی نگهداشت را براساس تبیین روابط بین مفاهیم کلیدی شامل شرایط علمی، شرایط زمینه‌ای، شرایط مداخله‌گر، راهبردها و پیامدها ارائه می‌نماید. در بررسی اولیه ۸۰۵ کد حاصل شد که پس از تلخیص و انتخاب کدهای مشابه و مرتبط با هدف پژوهش، تعداد کدها به ۳۲ مفهوم کاهش یافت. در ادامه، تمام شرایط، راهبردها و پیامدها به تفسیر توضیح داده می‌شوند.

جدول ۳. یافته‌های کیفی پژوهش مبتنی بر پدیده نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی

مقوله	مفاهیم	کدها
پدیده محوری	نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی	نگهداشت مهندسان / متخصصان فنی
شرایط علی	مهیا بودن زیرساخت‌های شغلی	ارتقای شغلی، انگیزه کاری، ایجاد اشتغال، احساس مفید بودن، ارگونومی محیط کار، رضایت از شرایط کار، مهیا بودن امکانات شغلی، نظام ارزیابی دقیق از شغل، بهره‌گیری از فناوری روز، دسترسی مهندسان به اطلاعات کاری، ارتباط مهندسان با متخصصان و کارآفرینان موفق
	تقویت مسیر توسعه فردی و حرفه‌ای	مطالعه و انتشار مقاله، ایجاد زمینه‌های رشد فردی، توانایی در مهارت‌های نرم سازمانی، تسلط مهندسان به نرم‌افزارهای جدید
	برنامه‌ریزی راهبردی	برنامه‌ریزی توسعه‌ای، تعیین چشم‌انداز رشد، برنامه‌ریزی نوآورانه و هدفمندانه، ایجاد سازمان یکپارچه مدیریت مهاجرت، طرح جذب مهندسان از طریق ارائه تسهیلات و امکانات
	ارتقای زیرساخت‌های آموزش عالی	ارتباط با صنعت، توجه به علم نوین مهندسی، تأمین امکانات نوین تحصیلی، توانمندسازی فارغ‌التحصیلان، ارائه بورسیه‌های تحصیلی و پژوهشی، تبادل علم مهندسی در سطح بین‌المللی، بازنگری و ارتباط برنامه درسی با بازار کار
	توانمندی بنیان‌های صنعت	مدیریت منابع، نوسازی و پویایی صنعت، جذب متخصصان در صنعت، همکاری اساتید در بخش صنعت، اشاعه تحقیق و توسعه در صنعت، برابری جنسیتی در استخدام صنعت
	خدمات رفاهی	تأمین رفاه عمومی، فراهم کردن مسیر ازدواج، افزایش امکانات بهداشتی و درمانی، تدارک سازوکارهای زندگی باکیفیت، گسترش مراکز رفاهی برای مهندسان
	عوامل محیطی	اینترنت قوی، سهولت زندگی، رفع ترافیک و آلودگی هوا، بهبود وضعیت مسکن و خودرو
	عوامل سیاسی	ثبات سیاسی، اصلاح سیاست‌ها، اصلاح فرایند اجرای سیاست‌ها، توانایی در ارتباطات سیاسی بین‌الملل
	تأثیرات مثبت اجتماعی	ذهن‌سازی، امید به آینده، برابری و عدالت، صراحت رسانه‌ها، آزادی‌های اجتماعی، اصلاح شرایط اجتماعی، بهبود جو روانی جامعه، برخورداری از امکانات اجتماعی
	تحکیم عناصر سازنده فرهنگی	فرهنگ‌سازی، اصلاحات فرهنگی، نهادینه‌سازی ارزش‌ها
	پارامترهای اقتصادی پایدار	کنترل تورم، اصلاح مسائل مالی، بهبود شرایط اقتصادی، رشد ظرفیت‌های اقتصادی، پرداخت حقوق و مزایای مناسب
شرایط زمینه‌ای	داشتن چشم‌انداز شغلی	آینده روشن، افزایش حقوق، استقلال کاری، خوداشتغالی و کارآفرینی، شغل مناسب با حقوق مکفی، ایجاد فضای همکاری و کارگروهی، استفاده از علم و تخصص مهندسان، ایجاد اشتغال براساس نیاز بازار کار، دادن اختیار تصمیم‌گیری به مهندسان
	اصلاحات ساختاری	نظارت، تأمین نیازهای اولیه، درست هزینه شدن بودجه، پشتیبانی فعال مرکز رشد و نوآوری، حمایت شرکت‌ها و سازمان‌ها از طرح‌ها، حمایت مالی جهت راه‌اندازی شرکت‌ها و پروژه‌ها

ادامه جدول ۳

مقوله	مفاهیم	کدها
	اصلاحات دانشگاهی	اصلاح سهمیه‌ها، تجهیز خوابگاه‌ها، بهبود کیفیت آموزشی، کاهش یادغام دانشگاه‌ها، ایجاد محیط آموزشی ایده‌آل، ایجاد فرصت‌های رشد و ارتقا، افزایش بودجه در بخش پژوهش، اهمیت دادن به طرح‌های استادان، بهبود رفتارهای مدیران و استادان، ترویج مشارکت، تعامل و همکاری، تجهیز آزمایشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، ایجاد و گسترش اندیشکده‌های مهندسی، اصلاح ظرفیت‌های پذیرش متناسب با نیاز جامعه
	بازیابی اعتبار حرفه مهندسی	بهادادن به مهندسان، احترام به حقوق فردی، ارتقای منزلت اجتماعی رشته‌های مهندسی
	فراهم‌آوری زیرساخت‌های توسعه صنعتی	به‌روزرسانی صنعت، تبدیل خام‌فروشی به تولیدات صنعتی، حضور مدیران متخصص و حرفه‌ای در صنعت، استفاده از نرم‌افزارها و فناوری‌های روز در صنعت
ارتقاء صلاحیت‌ها	ایجاد فرصت‌های شغلی پایدار	تسهیل در اشتغال، مداخله استادان در اشتغال، افزایش حمایت بنیاد ملی نخبگان، پرداخت حقوق متناسب با هزینه‌های زندگی، پروژه‌های مشترک استادان، دانشجویان و دانش آموختگان مهندسی
	مشوق‌های دولت	اعطای وام، اجرای طرح‌ها، کاهش دیون سالاری، حمایت از پژوهش‌ها، سرمایه‌گذاری در صنعت، حمایت از استارت‌آپ‌ها، جذب مهندسان از اقشار مختلف، حمایت از مهندسان خلاق و نوآور
	همکاری و تبادل دانش	تبادل بین‌المللی نیروی انسانی، مشارکت متخصصان در تصمیم‌گیری، الگوگیری از تجربیات کشورهای موفق، اشتراک‌گذاری دانش و تجربیات مهندسان، ارتقای فناوری در زمینه پژوهش و کارآفرینی، مشارکت متخصصان فناوری در صنعت
	اصلاح زیرساخت‌های قانونی	حذف رانت و روابط، اجرای صحیح قوانین، تسریع قوانین حمایتی، اصلاح قوانین حقوقی و اداری، استفاده از متخصصان و کارشناسان قانونی
	اعتمادسازی و شفافیت	شفافیت مدیران، ارائه بازخورد سازنده، اعتماد به مهندسان جوان، نمایش دستاوردهای مهندسی کشور
	هم‌راستاسازی نظام آموزشی و صنعت	اجرای طرح کوآپ یک دوره کارآموزی برای دانشجویان مهندسی است که در سال سوم تحصیلی به جهت کسب تجربه کاری و آشنایی عملی با محیط و بازار کار اجرا می‌شود، ارتباط دانشگاه و صنعت، برگزاری دوره‌های توانمندسازی، پیاده‌سازی برنامه‌های نوآوری در سازمان‌ها، تخصیص بخشی از بودجه صنعت برای نوآوری
	توانمندسازی شرکت‌های دانش بنیان	کارآفرینی دانش بنیان، حمایت دولت از شرکت‌های دانش بنیان، ایجاد شرکت‌های دانش بنیان از سوی استادان، همکاری دانشگاه‌ها، شرکت‌های دانش بنیان و پارک‌های علم و فناوری
فرآیند	رهبری و مدیریت در صنعت	الگو قرار دادن افراد موفق در صنعت، حضور رهبران و مدیران حمایتگر، وجود رهبران و مدیران تحول‌آفرین

ادامه جدول ۳

مقوله	مفاهیم	کدها
	توسعه نوآورانه	استفاده از هوش مصنوعی، توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر، برگزاری نمایشگاه‌های بین‌المللی مهندسی
	بهینه‌سازی اشتغال یا مسیر شغلی	امنیت شغلی، استخدام شایسته، افزایش حقوق‌های دولتی، طراحی مسیرهای شغلی پیچیده، اعتبارسنجی مدرک یا گواهی حرفه‌ای
	اصلاح و تحول نظام آموزشی	دانشگاه اتاق فکر دولت، تغییر نظام آموزشی، افزایش درس‌های عملی مهندسی، انجام پایان‌نامه‌ها در جهت نیاز صنعت، واگذاری اختیار بودجه‌های پژوهشی صنعت به وزارت عتف
	بسترسازی اجتماعی و فرهنگی	بازتاب واقعیت، ایجاد آرامش در جو عمومی جامعه
توسعه	تحول علمی و نوآوری	نوآوری، توسعه فناوری، رفع نیازهای علمی در حوزه مهندسی
	توسعه اقتصادی و صنعتی	رونق صنایع، تحول اقتصادی، تحقق استقلال فنی کشور، شکوفایی و توسعه کشور، پیشرفت فعالیت‌های عمرانی
	حفظ و توسعه سرمایه‌ها	حفظ سرمایه مالی، حفظ سرمایه انسانی، حفظ ژن فنی و متخصص، حفظ نیروی کارآمد و ماهر، تعادل کیفیت نیروی انسانی

شرایط علی

شرایط علی به عواملی گفته می‌شود که عامل اصلی به وجودآورنده و توسعه‌دهنده پدیده مورد مطالعه، یعنی نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که این عوامل از ۳۳۱ کد اولیه تشکیل شده که در ۱۱ طبقه دسته‌بندی شدند. مهیا بودن زیرساخت‌های شغلی (با ۵۶ فراوانی)، تقویت مسیر توسعه فردی و حرفه‌ای (با ۱۸ فراوانی)، برنامه‌ریزی راهبردی (با ۲۷ فراوانی)، ارتقای زیرساخت‌های آموزش عالی (با ۳۰ فراوانی)، توانمندی بنیان‌های صنعت (با ۳۲ فراوانی)، خدمات رفاهی (با ۳۲ فراوانی)، عوامل محیطی (با ۱۹ فراوانی)، عوامل سیاسی (با ۱۴ فراوانی)، تأثیرات مثبت اجتماعی (با ۳۴ فراوانی)، تحکیم عناصر سازنده فرهنگی (با ۲۵ فراوانی) و پارامترهای اقتصادی پایدار (با ۴۴ فراوانی) به عنوان شرایط علی پدیده نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی شناسایی شدند. درمیان این عوامل، پارامترهای اقتصادی پایدار و مهیا بودن زیرساخت‌های شغلی با بیشترین فراوانی یا تکرار، نشان‌دهنده پراهمیت بودن این مفاهیم در پدیده نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی محسوب می‌شوند.

نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی اگرچه تحت تأثیر طیف گسترده‌ای از ۱۱ مقوله علی قرار دارد اما در بستر اجتماعی-اقتصادی خاص کشور ایران، برخی از مقوله‌ها از لحاظ شدت تأثیر و فراوانی برجسته‌ترند. فراوانی بالا در زیرساخت‌های شغلی نشان می‌دهد که مهندسان در ایران در مواجهه با مشکلات اقتصاد کلان بیشتر به دنبال امنیت شغلی و امکانات اولیه کار هستند. این مقوله بازتاب اهمیت نیازهای بقا در یک محیط پرخطر اقتصادی است. همچنین، فراوانی بالا در پارامترهای اقتصادی

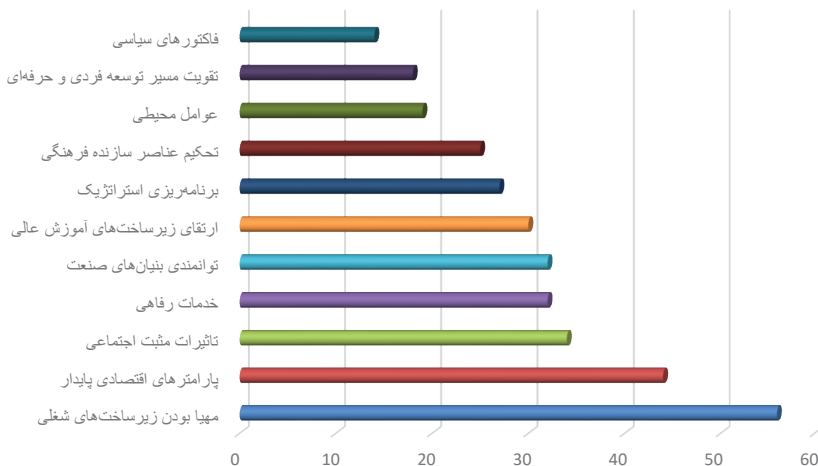
پایدار نشان‌دهنده نگرانی است که مهندسان ایرانی نسبت به آینده دارند. در شرایط تورم بالا و نوسانات ارزی، ثبات اقتصادی نه یک مزیت، بلکه یک شرط علی و پیش‌نیاز حیاتی برای تصمیم به ماندن است؛ زیرا ناپایداری اقتصادی، انگیزه مهاجرت و خروج از کشور را تشدید می‌کند. بنابراین، تدوین اهدافی که بر توسعه زیرساخت‌های شغلی و تقویت اقتصاد پایدار متمرکز باشد، ضروری می‌نماید. این موضوع مستلزم اقدام عملی است تا دانش آموختگان مهندسی از آینده شغلی خود اطمینان خاطر پیدا کنند. در تأثیرات مثبت اجتماعی، مهندسان به شرایط اجتماعی تأثیرگذار جامعه در تصمیم به ماندن اهمیت می‌دهند و عوامل محیطی و خدمات رفاهی را به عنوان یک ابزار مکمل حیاتی برای جبران بخشی از اثرات تورم می‌دانند. توانمندی بنیان‌های صنعت نیز نشان‌دهنده اهمیت رشد و تنوع فرصت‌های شغلی و نوآورانه در سطح کلان صنعت است. مهندسان به دنبال صنعتی هستند که پویا، نوآور و دارای ظرفیت سرمایه‌گذاری برای پروژه‌های بزرگ باشد. رکود یا ضعف بنیان‌های صنعت، انگیزه ماندن را از بین می‌برد. مقوله‌های تحکیم عناصر سازنده فرهنگی، برنامه‌ریزی راهبردی و ارتقای زیرساخت‌های آموزش عالی در بستر ایران در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرد. این امر می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که تا زمانی که نیازهای حیاتی (اقتصادی و زیرساخت شغلی) تأمین نشوند، مهندسان فرصت و انگیزه کافی برای تمرکز بر نیازهای سطح فرهنگی یا راهبردی پیدا نمی‌کنند. مقوله‌های دیگر، عوامل سیاسی و تقویت مسیر توسعه فردی با کمترین فراوانی می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که مهندسان ایرانی تمرکز خود را بر عوامل قابل کنترل تر (زیرساخت‌های شغلی) معطوف می‌کنند.

نمونه‌ای از صحبت‌های شرکت‌کنندگان در ارتباط با شرایط علی در ادامه بیان شده است:

«اولین عامل اقتصادی و عامل بعدی رفاهه. وضعیت کار، شغل و رفاه باید درست بشه و تغییراتی به سمت زندگی نرمال در جامعه باشه. در اولویت‌های بعدی عوامل اجتماعی، عوامل فرهنگی و عوامل سیاسی باید اصلاح بشه و مهم‌ترین عامل برای نگهداشت انگیزه اقتصادی، انگیزه شغلی و کاری هست.» (کد ۱۸)

«زیرساخت‌های شغلی باید درست بشه. مثلاً دانشجویان مهندسی مدام مقالات علمی به روز رو مطالعه کنن، با متخصصان و کارآفرینان موفق در ارتباط باشن که با دانش و تخصص خودشون به پیشرفت کشور کمک می‌کنن. اساتید اجرای برخی از پروژه‌های صنعتی رو بپذیرن و با دانشجویان خودشون انجام بدن تا در دل کار، تجربیات و مهارت‌های سازمانی انتقال داده بشه.» (کد ۲۵)

کدهای استخراج شده از شرایط علی در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱. شرایط علی نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی

پدیده محوری

پدیده محوری، مفهوم اصلی‌ای است که پژوهش حول آن انجام می‌شود و عوامل دیگر به تبیین چگونگی شکل‌گیری و توسعه آن می‌پردازند. در این پژوهش، پدیده محوری نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی است.

شرایط زمینه‌ای

شرایط زمینه‌ای به مجموعه‌ای از عوامل اشاره دارند که در بروز آنها پدیده نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی رخ می‌دهد. به عبارت دیگر، بستری را فراهم می‌کنند که پدیده محوری در آن شکل می‌گیرد. این عوامل از ۱۷۳ کد اولیه حاصل شده است که طی آن شرکت‌کنندگان پژوهش بسترهای زمینه‌های نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی را بیان کردند و پس از تحلیل و بررسی داده‌ها در ۵ طبقه شامل داشتن چشم‌انداز شغلی (با ۴۰ فراوانی)، اصلاحات ساختاری (با ۲۳ فراوانی)، اصلاحات دانشگاهی (با ۶۹ فراوانی)، بازیابی اعتبار حرفه مهندسی (با ۲۷ فراوانی) و فراهم‌آوری زیرساخت‌های توسعه صنعتی (با ۱۴ فراوانی) به عنوان شرایط زمینه‌ای نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی دسته‌بندی شد.

باتوجه به اظهارات شرکت‌کنندگان پژوهش، اصلاحات دانشگاهی با بیشترین فراوانی از مهم‌ترین شرایط زمینه‌ای پدیده نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی به شمار می‌رود. اصلاحات دانشگاهی ریشه

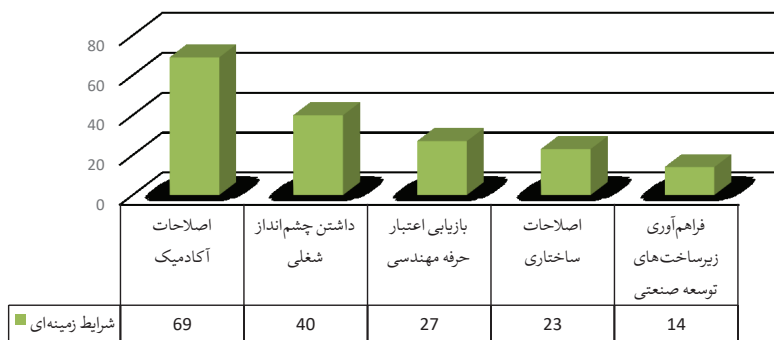
در ناکارآمدی بستر آموزشی دارد که سازمان‌ها را به اجرای راهبردهای جبرانی با هزینه‌های گزاف مجبور می‌کند. ضعف در این حوزه به این معنی است که سازمان باید همواره نیروی کاری را جذب کند که شکاف مهارتی عمیق دارد. این ضعف سیستمی، سازمان را مجبور به صرف منابع هنگفت برای آموزش جبرانی می‌کند. از دید خبرگان، این مشکل به قدری پرهزینه و ریشه‌ای است که در اولویت اول قرار می‌گیرد و کیفیت پایین آموزش دانشگاهی به کاهش توانایی رقابت مهندسان در بازار کار منجر می‌شود. امروزه در کشورمان شاهد رشد و توسعه کمی دانشگاه‌ها هستیم که با رشد تقاضا برای آموزش عالی انتظار از آنها برای افزایش توسعه کیفی بیشتر شده است و انتظار می‌رود فعالیت‌ها و جهت‌گیری‌هایشان به سمت کیفی‌گرایی اصلاح شوند. دانش مهندسی فرایند نظام‌مندی است که هدف آن رفع نیازها و حل مسائل بشر با بهره‌گیری از این دانش به صورت دانش صریح و ضمنی است. پس تدارک استانداردهای لازم در حیطه‌های علمی و عملی برای ایجاد دانشگاه‌های مطلوب در کشور به جهت بسترسازی نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی مؤثر خواهد بود. مقوله داشتن چشم‌انداز شغلی نشان‌دهنده آن است که مهندسان در ایران به جای تمرکز بر موقعیت فعلی، به شدت درگیر آینده‌نگری و برنامه‌ریزی بلندمدت برای خود هستند و در مقایسه با اصلاحات دانشگاهی، قابلیت کنترل و مدیریت درونی دارد. درحالی‌که چشم‌انداز شغلی بیشتر با انگیزه و اهداف بلندمدت مرتبط است، اصلاحات دانشگاهی بر قابلیت مهندس برای بقای اقتصادی و حرفه‌ای او تاثیر می‌گذارد. بنابراین، حل مشکل بنیادی اصلاحات دانشگاهی، پیش‌نیاز داشتن چشم‌انداز شغلی است و چالش بزرگ‌تری نسبت به چگونگی مدیریت آینده شغلی مهندسان در داخل سازمان‌ها تلقی می‌شود. مقوله بازیابی اعتبار حرفه مهندسی، ارزش‌گذاری اجتماعی است که مهندسان به دنبال احیای منزلت شغلی خود در جامعه هستند. این شرط زمینه‌ای بر انگیزه درونی و عزت نفس مهندسان تأثیر می‌گذارد. چنانکه اگر بستر اجتماعی این اعتبار را فراهم نکند، یک مهندس انگیزه کافی برای فعالیت در آن بستر را از دست می‌دهد. اصلاحات ساختاری نشان می‌دهد که اگرچه این اصلاحات یک بستر ضروری برای سازمان‌ها تلقی می‌شود اما اغلب در بستر ایران به‌کندی رخ می‌دهند. بنابراین، سازمان‌ها باید راهبردهای خود را به گونه‌ای طراحی کنند که بر این کندی ساختاری غلبه کنند و پشتیبانی و حمایت مالی را در اولویت قرار دهند. فراهم‌آوری زیرساخت‌های توسعه صنعتی با کمترین فراوانی می‌تواند حاکی از آن باشد که مهندسان ظرفیت‌های توسعه صنعتی را امری مقطعی و ناپایدار می‌دانند.

نظر برخی از شرکت‌کنندگان در خصوص شرایط زمینه‌ای چنین است:

«آزمایشگاه‌های دانشکده مهندسی در خیلی از موارد دارای کمبود است و دانشجو و فارغ‌التحصیل نمی‌تونن خود شکوفایی رو تحقق ببخشن. بنابراین، تجهیز آزمایشگاه‌ها، ارتقای مراکز پژوهشی تحقیقی، و تجهیز مراکز تحقیقاتی می‌تونه در تسریع کارها و کاهش هزینه‌های دانشجو مؤثر باشه که منجر به نگهداشت می‌شه.» (کد ۹)

«الان بزرگ‌ترین مشکلی که جامعه داره کمبود منابع مالی و صنعت می‌تونه این تحول مالی در جامعه رو داشته باشه. پس باید منابع مالی که به صنعت تعلق داره به طور صحیح ازش بهره برد و در این زمینه اصلاحات بزرگی رو انجام داد. خام‌فروشی کنار گذاشته بشه، تولیدات انجام بشه، محصولات جدید بفروشیم و تغییرات بزرگ و تحول ایجاد بشه. صنعت باید مجدد رونق بگیره و به‌روز باشه. صنعت فرسوده‌ست و کارهایی باید انجام بشه، یعنی تا حد امکان تغییراتی پیدا کنه و فرصت‌های رشد رو به اساتید و نیروی جوان بدن که این‌ها طرح و ایده داشته باشن. الان اگه پزشکی پیشرفت می‌کنه مرهون مهندسیه. ربات جراح، دستگاه‌های پزشکی، سی‌تی‌اسکن، ام‌آر‌آی، اگه مهندسان این دستگاه‌ها رو نسازن، پزشکی باید با دست کار کنه. اگه مهندسی رواز پزشکی بیرون بکشی مثل ابوعلی سینا باید با دست معاینه کنند. باید به مهندسی بها داد و شاهد پیشرفت و تکنولوژی بود.» (کد ۱۰)

کدهای حاصل از شرایط زمینه‌ای در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲. شرایط زمینه‌ای نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی

شرایط مداخله‌گر

شرایط مداخله‌گر عوامل عمومی است که بر راهبردها تأثیر می‌گذارد. در این پژوهش شرایط مداخله‌گر با ۱۳۰ کد اولیه در ۶ طبقه دسته‌بندی شد و در مفاهیمی همچون ایجاد فرصت‌های شغلی پایدار (با ۲۹ فراوانی)، مشوق‌های دولت (با ۲۷ فراوانی)، همکاری و تبادل دانش (با ۲۰ فراوانی)، اعتمادسازی و شفافیت (با ۱۴ فراوانی)، اصلاح زیرساخت‌های قانونی (با ۱۴ فراوانی)، و هم‌راستاسازی نظام آموزشی و صنعت (با ۲۶ فراوانی) شناسایی شد که ازمیان این عوامل، ایجاد فرصت‌های شغلی پایدار بیشترین تأثیر را دارد. پایداری و موجودیت فرصت‌های شغلی بر تصمیم دانش‌آموختگان مهندسی تأثیر مستقیم دارد و به‌عنوان یک عامل تقویت‌کننده ضروری برای ارتقای سطح اثربخشی راهبردها عمل می‌کند.

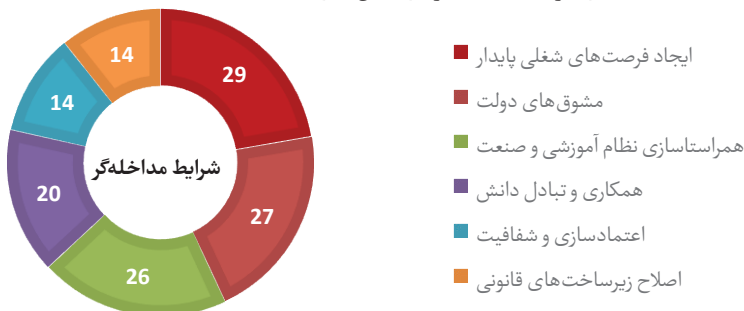
مشوق‌های دولت یک عامل متغیر است، از این لحاظ که اگر دولت مشوق‌ها را حذف کند، به عنوان راهبرد توان سازمان برای پرداخت حقوق بالاتر، کاهش می‌یابد. مقوله هم‌راستاسازی نظام آموزشی و صنعت میزان هماهنگی بین نهادهای بیرونی را مشخص می‌کند. این هماهنگی، متغیر است و کم یا زیاد می‌شود و بر کیفیت نیروی کار تأثیر می‌گذارد. مقوله همکاری و تبادل دانش نیز به فضای کلی و فرهنگ حاکم دربارهٔ اشتراک‌گذاری اطلاعات اشاره دارد. اگر تبادل دانش در سطح بالا باشد (مداخله‌گر مثبت)، آنگاه راهبردهای سازمان برای توسعهٔ حرفه‌ای مهندسان آسان‌تر خواهد بود. درمقابل، اگر این همکاری و تبادل دانش در سطح ضعیف باشد (مداخله‌گر منفی)، سازمان باید راهبردهای انحصاری را برای حفظ دانش اتخاذ کند. مقوله‌های اصلاح زیرساخت‌های قانونی، اعتمادسازی و شفافیت به عنوان فیلترهای قدرتمند و اثربخش عمل می‌کنند و باید در جهت نگهداشت وجود داشته باشند.

نمونه‌ای از صحبت‌های شرکت‌کنندگان در ادامه بیان شده است:

«باید از تجربیات کشورهای موفق برای الگو قرار دادن در زمینه نگهداشت استفاده کرد. بسیاری از کشورها با اتخاذ برنامه‌های خاص تونستن متخصصان خودشون رو حفظ کنن و از این ظرفیت‌ها برای توسعه کشور بهره ببرن. به صورت دوره‌ای نمایشگاه‌هایی برپا بشه تا نسل جوان با روند پیشرفت‌های مهندسی آشنا بشن و تلاش متخصصان و مهندسان ایرانی رو ببینن. مهندسان نخبه زیادی داریم که طرح‌های نو دارن یا خلاقیت دارن ولی به کار گرفته نمی‌شن و مهاجرت می‌کنن.» (کد ۲)

«دولت باید مداخله کنه، مداخله‌ها باید از سمت سیاست‌های بالا و کلان باشه. کسانی که رفتن منتظر یه امید هستن که برگردن و کسانی هم که موندن منتظر امیدی هستن که بمونن و مهاجرت نکنن. امکانات و مشوق‌هایی که دولت می‌ذاره خیلی تأثیر داره، مثلاً مشوق دولت به من این امکان رو داد که برگردم، هیئت علمی بشم و یه سال تا رسمی شدن، حقوقم رو بنیاد ملی نخبگان داد.» (کد ۲۲)

کدهای به دست آمده از شرایط مداخله‌گر در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳. شرایط مداخله‌گر نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی

راهبردها

راهبردها اقدامات و راه‌حل‌هایی هستند که برای رسیدن به هدف و پدیده محوری انجام می‌شوند. در این پژوهش راهبردها ۹۹ کد اولیه و ۶ طبقه را دربرمی‌گیرد. مفاهیم این طبقه شامل توانمندسازی شرکت‌های دانش‌بنیان (با ۱۵ فراوانی)، رهبری و مدیریت در صنعت (با ۱۳ فراوانی)، توسعه نوآورانه (با ۱۲ فراوانی)، بهینه‌سازی اشتغال یا مسیر شغلی (با ۲۹ فراوانی)، اصلاح و تحول نظام آموزشی (با ۲۲ فراوانی)، و بسترسازی اجتماعی و فرهنگی (با ۸ فراوانی) می‌شود. از نظر شرکت‌کنندگان پژوهش، راهبردهای بهینه‌سازی اشتغال یا مسیر شغلی و اصلاح و تحول نظام آموزشی بیشترین اهمیت را دارند.

بهینه‌سازی اشتغال یا مسیر شغلی به صورت مستقیم به مهیا بودن زیرساخت‌های شغلی در شرایط علی پاسخ می‌دهد. این امر نشان می‌دهد که مهم‌ترین کنش سازمان باید حول محور تضمین امنیت شغلی باشد. مهندسان به دنبال شغلی معتبر و ساختارمند هستند و این راهبرد پاسخ مستقیم به این نیاز به بقاست. راهبرد اصلاح و تحول نظام آموزشی نیز پاسخی مستقیم به اصلاحات دانشگاهی در شرایط زمینه‌ای یا کنش جبرانی در برابر ضعف نظام‌مند دانشگاهی است. شرکت‌کنندگان پژوهش معتقدند چون بستر اصلاحات دانشگاهی ضعیف است، با استفاده از این راهبرد می‌توان شکاف مهارتی مهندسان را جبران کرد و با نیازهای صنعت تطبیق داد. مقوله‌های توانمندسازی شرکت‌های دانش‌بنیان، رهبری و مدیریت در صنعت و توسعه نوآورانه نشان می‌دهد که خبرگان علاوه بر تأکید بر تأمین نیازهای زیرساختی شغلی و آموزشی بر راهبردهای توسعه‌ای نیز تمرکز دارند و اجرای این راهبردها را برای رقابت بلندمدت ضروری می‌دانند. مقوله بسترسازی اجتماعی و فرهنگی نیز به اقدامات فرهنگی و اجتماعی در سطح جامعه اشاره دارند. براین اساس، الگوی نگهداشت در این پژوهش نشان می‌دهد که راهبردهای نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی در ایران، باید از پاسخ به نیازهای حیاتی و جبران کمبودهای نظام (شغلی و آموزشی) آغاز شوند و سپس به سمت راهبردهای توسعه‌ای حرکت کنند.

نمونه‌ای از صحبت‌های شرکت‌کنندگان در ادامه بیان شده است:

«امنیت شغلی رو در حوزه مهندسی بالا ببریم و بعد تعهد و عملکرد عالی رو از مهندسان توقع داشته باشیم. اگه یه نفر ضعیف بود و از لحاظ بهره‌وری پایین بود سریع جابه‌جا نشه. در یه سازمان یا یه پروژه، یه رهبر یا مدیر زمانی موفقه که به دنبال توسعه در کار باشه، مسیری رو طراحی کنه و به مهندسان نشون بده که به اهداف و چشم‌انداز نزدیک شون می‌کنه. محیطی امن ایجاد کنه تا سلامت روان داشته باشن.» (کد ۱۶)

«به لحاظ مدیریتی، کارآفرینی دانش‌بنیان باشه که استراتژی کلان مدیریتی هست. هر فعالیتی که به کارآفرینی مناسب برای فارغ‌التحصیلان مهندسی کمک کنه، می‌تونه تاثیر قابل توجهی در نگهداشت داشته باشه. کارآفرینی متناسب با سطح دانش،

تخصص و توانمندی این افراد باشه.» (کد ۶)

راهبردهای به‌دست‌آمده از یافته‌های پژوهش در شکل ۴ نمایش داده می‌شود.



شکل ۴. راهبردهای نگهداشت فارغ‌التحصیلان مهندسی

پیامدها

پیامدها نتایج نهایی است که از اتخاذ راهبردها حاصل می‌شود. این مقوله دربردارنده ۷۲ کد اولیه در ۳ طبقه است. تحول علمی و نوآوری (با ۱۱ فراوانی)، توسعه اقتصادی و صنعتی (با ۳۲ فراوانی)، و حفظ و توسعه سرمایه‌ها (با ۲۹ فراوانی) مفاهیم حاصل از پیامدها هستند. بر اساس گفته‌های شرکت‌کنندگان پژوهش، مهم‌ترین پیامد پدیده نگهداشت دانش آموختگان مهندسی، توسعه اقتصادی و صنعتی است. این خبرگان، نگهداشت دانش آموختگان مهندسی در ایران را نه فقط به‌عنوان یک هدف درون‌سازمانی بلکه به‌عنوان یک ضرورت ملی و توسعه‌ای می‌نگرند. زمانی که اقتصاد کشور با چالش‌های ساختاری، تحریم‌ها و ضعف بنیان‌های صنعتی مواجه است، دانش و تخصص مهندسان اهرم اصلی برای رفع موانع اقتصادی و دستیابی به پایداری صنعتی تلقی می‌شود. پیامد حفظ و توسعه سرمایه‌ها، نتیجه مستقیم کاهش نرخ مهاجرت و جلوگیری از خروج سرمایه انسانی است. اگرچه هدف اول در پیامدها توسعه اقتصادی و صنعتی است، اما قدم اول برای تحقق آن توقف فرسایش سرمایه‌های دانشی و فنی کشور است. این پیامد، یک شاخص داخلی حیاتی برای موفقیت راهبردهاست. مقوله تحول علمی و نوآوری، بیشتر به‌عنوان یک تسهیل‌کننده و فراهم‌کننده زمینه توسعه برای دو پیامد قبلی دیده می‌شود و نشان

می‌دهد که تحول و نوآوری یک هدف است و پس از حصول توسعه اقتصادی و صنعتی و حفظ سرمایه‌ها حاصل می‌شود.

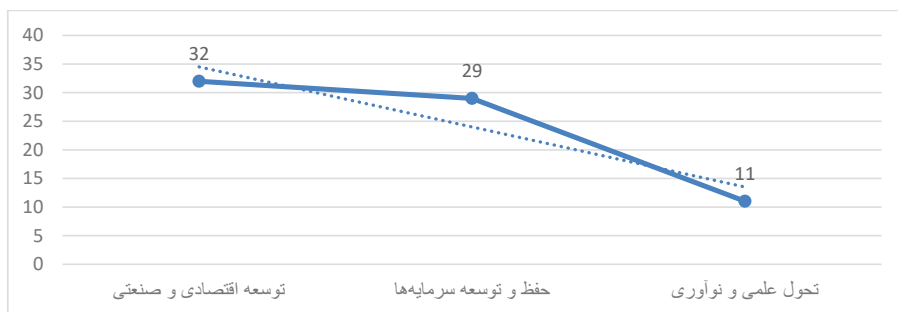
شرکت‌کنندگان درخصوص پیامدهای نگهداشت دانش آموختگان مهندسی این گونه اظهار داشته‌اند:

«باعث توسعه یافتن جامعه می‌شه، ژن فنی، نخبه و متخصص ماندگار می‌شه و کیفیت خدمات مهندسی برای زندگی در جامعه بالا میره. در این صورت، افراد تحصیل کرده با سطح علمی بالا و باکیفیت رو خواهیم داشت.» (کد ۵)

«به لحاظ زیربنای توسعه، یه کشور رو مهندسین می‌سازن. همیشه در یه کشور توسعه یافته، به توان مهندسی اون کشور نگاه می‌کنن که چقدر هست. این امکانات نیست که برای یه کشور ارزش ایجاد می‌کنه بلکه نیروی انسانی متخصص اهمیت داره، مثل کشور امارات.» (کد ۱۳)

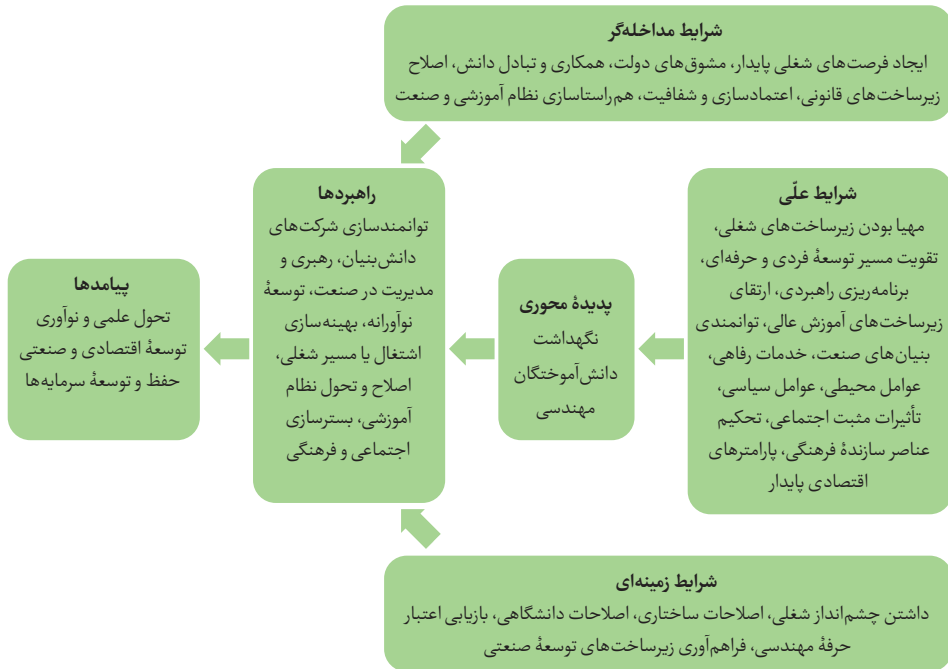
«در حال حاضر تمام فارغ التحصیلان مهندسی باکیفیت میرن. نگهداشت افراد متخصص قطعاً به شکوفایی و توسعه کشور کمک می‌کنه. اندیشه‌های نوآورانه در همین کشور رشد پیدا می‌کنن، جو سازندگی بیشتر میشه، افراد در جایگاه‌های مختلف اجتماعی کشور رو در تعادل نگه می‌دارن و سطح علمی کشور در تعادل خواهد بود.» (کد ۱۵)

در شکل ۵ به پیامدهای حاصل از نگهداشت دانش آموختگان مهندسی اشاره شده است.



شکل ۵. پیامدهای نگهداشت فارغ التحصیلان مهندسی

درنهایت، پس از تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از مصاحبه‌های صورت گرفته، الگوی نگهداشت دانش آموختگان مهندسی بر اساس نظریه داده بنیاد طراحی شد و در شکل زیر مشاهده می‌شود.



شکل ۶. مدل کیفی پژوهش بر اساس نظریه داده‌بنیاد

۴. نتیجه‌گیری

این مطالعه نگاهی کیفی به پدیده نگهداشت دانش آموختگان مهندسی است. با توجه به این‌که نظریه و الگویی در این زمینه وجود نداشت و ادبیات نظری از غنای لازم برخوردار نبود، این الگو می‌تواند شکاف مهمی را در ادبیات نظری حوزه مهندسی پر کند و چارچوبی تبیینی و کاربردی را برای فهم عوامل نگهداشت در جامعه فراهم آورد. همچنین، به جای استفاده از مدل‌های عمومی، یک مدل نظری جامع و بومی را توسعه می‌دهد. در این راستا هدف پژوهش حاضر، طراحی الگوی نگهداشت دانش آموختگان مهندسی دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی است که با بهره‌گیری از نظریه پردازی داده‌بنیاد انجام شد. مدل نهایی ارائه‌شده در این پژوهش نشان می‌دهد که پدیده نگهداشت دانش آموختگان مهندسی نه یک رویداد، بلکه یک فرایند پویاست که در قالب یک الگوی آبرانگاره‌ای منسجم (علت‌ها، بسترها، راهبردها و پیامدها) قابل مدیریت است. اهمیت کلی این مدل در این است که ساختار فرایندی نگهداشت را به صورت جامع، نه از طریق متغیرهای ثابت، بلکه از طریق روابط تعاملی میان مفاهیم بومی تبیین می‌کند که مختص دانش آموختگان مهندسی است. از نظر یافته‌های عملی، این تحقیق نشان می‌دهد که مؤثرترین عوامل نگهداشت یعنی شرایط علی فراتر از عوامل عمومی است و بر مهیا

بودن زیرساخت‌های شغلی تمرکز و تأکید دارد. مقوله مهم و پرتکرار دیگر در شرایط علی پارامترهای اقتصادی پایدار است که به صورت یک پشتوانه ضروری عمل می‌کند. ناپایداری در این پارامترها می‌تواند به عنوان نیروی محرک پنهان در ذهن مهندسان ایجاد شود و آنها را به سمت ترک سازمان یا جست‌وجوی فرصت‌های مهاجرتی سوق دهد. بنابراین، در این مدل وجود ثبات اقتصادی یک شرط علی بنیادی برای آغاز فرایند نگهداشت موفق است و با اصلاحات ساختاری از شرایط زمینه‌ای از این جهت مرتبط است که اگر پارامترهای اقتصادی ناپایدار باشد، سازمان باید از طریق اصلاحات ساختاری (مانند: پشتیبانی و حمایت مالی) یک نظام دفاعی بومی ایجاد کند تا فشار ناشی از بی‌ثباتی اقتصادی را کاهش دهد. این نشان‌دهنده یک تعامل متقابل و تعدیل‌کننده بین مقوله‌ها برای مدیریت پدیده اصلی است. اصلاحات دانشگاهی نیز از مهم‌ترین شرایط زمینه‌ای به شمار می‌رود و با اصلاح و تحول نظام آموزشی از راهبردها که به عنوان پاسخ‌های عملیاتی سازمان اجرا می‌شوند، ارتباط تعاملی دارد. به عبارت دیگر، اصلاحات دانشگاهی بستری را فراهم می‌کند که در آن، سازمان باید راهبردهایش را اجرا کند. اگر اصلاحات دانشگاهی (مانند: بهبود کیفیت آموزشی، ایجاد و گسترش اندیشکده‌های مهندسی، اصلاح ظرفیت‌های پذیرش متناسب با نیاز جامعه) مثبت باشد، راهبرد اصلاح و تحول نظام آموزشی (مانند: تغییر سیستم آموزشی، افزایش دروس عملی مهندسی و انجام پایان‌نامه‌ها در جهت نیاز صنعت) نیز می‌تواند با هزینه کمتر و اثربخشی بالاتر اجرا شوند اما اگر اصلاحات دانشگاهی ضعیف یا کند باشد، شکاف مهارتی به عنوان یک ضعف وجود دارد و در این حالت، راهبرد تبدیل به یک ضرورت پرهزینه می‌شود که در شرایط زمینه‌ای نامساعد رخ می‌دهد. در این صورت، راهبرد باید همواره بر اساس وضعیت و تغییرات شرایط زمینه‌ای (اصلاحات دانشگاهی) تعدیل شود و نقاط ضعف ناشی از شرایط زمینه‌ای (دانش‌آموختگان بی‌کیفیت) را برطرف کند تا با تمرکز بر آموزش‌های بومی و تخصصی، شکاف بین دانش نظری (که از شرایط زمینه‌ای می‌آید) و نیازهای عملیاتی را تکمیل کند. همچنین، این مدل تأکید می‌کند که مهم‌ترین شرایط مداخله‌گر بومی، یعنی ایجاد فرصت‌های شغلی پایدار نقش تعیین‌کننده‌ای در شکست یا موفقیت راهبردها دارد و عاملی است که در مدل‌های عمومی نگهداشت کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین نتایج این تحقیق، پیامدهای کاربردی مستقیمی برای متخصصان و مدیران ارشد دارد و در توصیه اول با تمرکز بر راهبردها پیشنهاد می‌شود که سازمان‌ها از تمرکز صرف بر پاداش‌های مالی به سمت بهینه‌سازی اشتغال یا مسیر شغلی، اصلاح و تحول نظام آموزشی حرکت کنند. در توصیه دوم با تمرکز بر بستر پیشنهاد می‌شود که نظام‌های نگهداشت را به صورت انعطاف‌پذیر و پویا طراحی کنند تا توانایی پاسخ‌گویی به آسیب‌های غیرمنتظره را داشته باشند. به طور کلی، مدل نظری بومی ارائه شده، چارچوب عملیاتی لازم برای تبدیل سازمان‌ها به محیطی جذاب و پایدار برای مهندسان را فراهم می‌آورد و یک نقشه‌راه عملیاتی برای سازمان‌ها در شرایط اقتصادی و اجتماعی بومی است. بدین ترتیب، در جهت پیشرفت و توسعه جامعه باید نگهداشت دانش‌آموختگان مهندسی را با

دید همه‌جانبه‌نگر بررسی کرد و به‌طور مؤثر به رفع کمبود نیروی انسانی متخصص کمک کرد. همچنین، در قالب سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی راهبردی، حفظ و نگهداشت این متخصصان فنی در اولویت برنامه‌های توسعه کشور قرار گیرد. پرداختن به چالش نگهداشت دانش آموختگان مهندسی نیازمند مداخلات همه‌جانبه هماهنگ‌شده، اصلاح مسیر و سیاست‌گذاری دولت و دانشگاه‌هاست که هم برای بهبود شرایط و فرصت‌های شغلی و هم برای تنظیم شیوه‌های استخدام باید چاره‌اندیشی شود. درنهایت، انتظار می‌رود نتایج این مطالعه به پیشرفت درک نظری ما کمک کند و پیامدهای عملی برای برنامه‌ها، راهبردها و سیاست‌های مسئولان مربوطه ارائه دهد که هدف آن‌ها نگهداشت دانش آموختگان مهندسی در کشور است.

۱. برای پژوهش‌های آینده به پژوهشگران علاقه‌مند به پژوهش در این زمینه پیشنهاد می‌شود:
۲. مطالعه الگوهای رهبری در سازمان‌های فنی و تأثیر آن بر نگهداشت نیروهای متخصص و فنی
۳. انجام مطالعه تطبیقی عوامل نگهداشت بین گرایش‌های مختلف مهندسی (مهندسی نرم‌افزار، عمران، مکانیک و ...)
۴. استفاده از روش‌های طولی و ردیابی مسیر شغلی مهندسان از لحظه پایین تحصیل تا ۵ سال اول خدمت و شناسایی نقاط بحرانی

سپاسگزاری

از شرکت‌کنندگان پژوهش، متخصصان و مدیران و استادان حوزه مهندسی و استادان حوزه جامعه‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد که به غنای این پژوهش (برگرفته از رساله دکتری) یاری کردند، صمیمانه سپاسگزاریم.

References

- Alshurideh, D. M. (2019). Do electronic loyalty programs still drive customer choice and repeat purchase behavior? *International Journal of Electronic Customer Relationship Management*, 12(1), 40–57. DOI:10.1504/IJECRM.2019.098980.
- Al-Suraihi, W. A., Samikon, S. A., Al-Suraihi, A. H. A., & Ibrahim, I. (2021). Employee turnover: causes, importance and retention strategies. *European Journal of Business and Management Research*, 6(3), 1–10. DOI:10.24018/ejbmr.2021.6.3.893.
- Alias, N. E., Hussein, N., Koe, W., Othman, R., & Marmaya, N. H. (2022). A conceptual model of engineers' retention: a review of talent management practices in manufacturing sector. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 12(1), 2277–2295. DOI:10.6007/IJARBS/v12-i1/12136.
- Baligar, P., & Joshi, G. (2025). Engineering ethics: decision making using fundamental canons. *Journal of Engineering Education Transformations*, 1–8. DOI.org/10.16920/jeet/2017/v0i0/111760.
- Barua, R., Ghosh, S. K., Rahman, M. N., Biswas, K. C., & Haque, M. S. (2025). Optimizing software engineering careers: Hiring, retention, and workforce development. *Journal of Creative Writing*, 9(1), 49–65. DOI.

- org/10.70771/jocw.148.
- Bharath, M. (2023). Something beyond paycheque to boosting employee retention: evidence from a South Indian hospital. *Vilakshan-XIMB Journal of Management*, 20(1), 114–129. DOI.org/10.1108/XJM-03-2021-0072.
- Ekmekcioglu, E. B., Erdogan, M. Y., Aydintan, B., & Yellice, S. (2025). Unveiling the path to subjective career success: core self-evaluation, creative performance and intrinsic motivation among engineering professionals. *Journal of Economic and Administrative Sciences*, 1–19. DOI:10.1108/JEAS-04-2024-0097.
- Faisal, S. (2023). Twenty-years journey of sustainable human resource management research: a bibliometric analysis. *Administrative Sciences*, 13(6), 1–19. DOI:10.3390/admsci13060139.
- Fujiwara, A. (2025). Who leads in immigrant engineer innovation? The shift from developed to developing countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 1–32. DOI.org/10.1007/s13132-025-02691-z.
- Ghani, B., Zada, M., Memon, K. R., Ullah, R., Khattak, A., Han, H., & Araya-Castillo, L. (2022). Challenges and strategies for employee retention in the hospitality industry: A review. *Sustainability*, 14(5), 1–26. DOI.org/10.3390/su14052885.
- Gomez, J., Tayebi, A., & Delgado, C. (2022). Factors that influence career choice in engineering students in Spain: a gender perspective. *IEEE Transactions on Education*, 65(1), 81–92. DOI:10.1109/TE.2021.3093655.
- Jabejdar Maralani, P. (2021). Investigation the significant reduction in engineering applicant. *Iranian Journal of Engineering Education*, 22(87), 137–143. [in Persian]. DOI:10.22047/ijee.2021.263013.1803.
- Jadon, P. S., & Upadhyay, B. K. (2018). Employee retention in public and private hospital settings: an empirical study of its relationship with participative climate, and role performance. *Indian Journal of Commerce & Management Studies*, 9(1), 37–46. DOI: 10.18843/ijcms/v9i1/06.
- Kossivi, B., Xu, M., & Kalgora, B. (2016). Study on determining factors of employee retention. *Open Journal of Social Sciences*, 4(5), 261–268. DOI:10.4236/jss.2016.45029.
- Matongolo, A., Kasekende, F., & Mafabi, S. (2018). Employer branding and talent retention: perceptions of employees in higher education institutions in Uganda. *Industrial and Commercial Training*, 50(5), 217–233. DOI.org/10.1108/ICT-03-2018-0031.
- Mita, M., Aarti, K., & Ravneeta, D. (2014). Study on employee retention and commitment. *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies*, 2(2), 154–164.
- Oginni, B. O., Dunmade, E. O., & Ogunwale, A. C. (2018). The role of employees work expectations in job satisfaction and labour turnover in the service industry: a case of selected organisations in Lagos, Ogun and Oyo states, Nigeria. *World Journal of Business and Management*, 4(1), 1–17. DOI.org/10.5296/wjbm.v4i1.12924.
- Poon, Y. R., Lin, Y. P., Griffiths, P., Yong, K. K., Sea, B. & Ying, S. (2022). A global overview of healthcare workers' turnover intention amid covid-19 pandemic: a systematic review with future directions. *Human Resource Health*, 20(70): 1–14. DOI:10.1186/s12960-022-00764-7.
- Rakhra, H. K. (2018). Study on factors influencing employee retention in companies. *International Journal of Public Sector Performance Management*, 4(1), 57– 79. DOI.org/10.1504/IJSPSPM.2018.088695.
- Roth, C., Wensing, M., Breckner, A., Mahler, C., Krug, K., & Berger, S. (2022). Keeping nurses in nursing: a qualitative study of German nurses' perceptions of push and pull factors to leave or stay in the profession. *BMC nursing*, 21(1), 1–11. DOI: 10.1186/s12912-022-00822-4.
- Ruknabadi, H. M., & Adibzadeh, M. (2023). Identifying and prioritizing factors affecting the maintenance of human resources of islamic azad university (Case of study: North Tehran branch). *Transformative Human Resources Quarterly*, 5(2): 60–84 [In Persian].
- Salimi, Kh. (2018). *Studying the degree of Tehran university student's tendency to educational migration and factors affecting it*. (Dessertation for the degree Master). University of Kharazmi. Tehran. [In Persian].
- Shaw, J. D., Duffy, M. K., Johnson, J. L., & Lockhart, D. E. (2005). Turnover, social capital losses, and performance. *Academy of Management Journal*, 48(4), 594–606. DOI.org/10.5465/amj.2005.17843940.
- Sharifi, I., & Beheshtifar, M. (2022). Identifying and prioritizing factors affecting internal human resource rewards. *Transformative Human Resources Quarterly*, 1(3), 47–63 [In Persian].

- Sorn, M. K., Fienena, A. R., Ali, Y., Rafay, M., & Fu, G. (2023). The effectiveness of compensation in maintaining employee retention. *Open Access Library Journal*, 10(7), 1–14. DOI:10.4236/oalib.1110394.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1990). *Basics of qualitative research: grounded theory procedures and techniques*. Newbury Park, CA: Sage.
- Tanwar, K., & Prasad, A. (2016). Exploring the relationship between employer branding and employee retention. *Global Business Review*, 3(17), 186–206. DOI.org/10.1177/0972150916631214.
- Vedadhir, A. A., & Eshraghi, S. (2019). Tendency to migrate abroad in the Iranian medical community: a qualitative study. *Quarterly Journal of Research and Planning in Higher Education*, 25(2), 23–42. [In Persian].



◀ **زهرا صنعتی:** دانشجوی دکتری مدیریت آموزشی، گروه علوم تربیتی در دانشگاه ارومیه است. علایق پژوهشی وی بر علوم تربیتی و مدیریت آموزشی متمرکز است.



◀ **محمد حسنی:** استاد و مدیر گروه علوم تربیتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی در دانشگاه ارومیه هستند. حوزه پژوهشی ایشان بر مدیریت و برنامه‌ریزی آموزشی متمرکز است.



◀ **رضا فتحی:** دکتری برنامه‌ریزی آموزشی و دانشیار پژوهشگاه مواد و انرژی در کرج هستند. حوزه پژوهشی ایشان متمرکز بر مدیریت و برنامه‌ریزی آموزشی است.

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

مهدی محمدی^۱ و فرزانه دیمه کار حقیقی^۲

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

DOI: 10.22047/ijee.2026.574771.2239

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.3.8

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

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

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

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

۱. مقدمه

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

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

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

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

1- Rapid curriculum renewal for sustainability

2- Graduate attributes

3- Environmental education

آبرانگاره^۱ ای را به خوبی تبیین کرده‌اند و تأکید می‌کنند که آموزش برای توسعه پایدار با تکیه بر تفکر سیستمی، یادگیری مشارکتی و عدالت بین‌نسلی، فراتر از آگاهی بخشی صرف، به پرورش شایستگی‌های کلیدی توسعه پایدار می‌پردازد؛ شایستگی‌هایی که برون‌دیز و ویک (Brundiars & Wiek, 2017) نیز بر ضرورت ترکیب روش‌های شناختی، عاطفی و عملی برای تحقق آنها تأکید کرده‌اند. بااین حال، علی‌رغم این اجماع نظری، موانع ساختاری و نهادی همچنان اجرای مؤثر را مختل می‌کنند. فیسی و همکاران (Fissi et al., 2021) سیلوهای دانشگاهی، روش‌های آموزشی کهنه و مقاومت سازمانی را به عنوان عوامل اصلی ناکامی در یکپارچه‌سازی توسعه پایدار در برنامه درسی شناسایی کرده‌اند، درحالی‌که ریسی و همکاران (Riess et al., 2022) نشان می‌دهند که اجرای موفق آموزش برای توسعه پایدار می‌تواند تفکر انتقادی و درک پیامدهای بلندمدت تصمیم‌ها را به طور چشمگیری تقویت کند. این شکاف میان نظر و عمل، در زمینه ایران نیز از دیدگاه ذی‌نفعان اصلی تأیید شده است؛ چنانکه مطالعه تجربی محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2024) درخصوص نگرش دانشجویان مهندسی دانشگاه شیراز، به وضوح نشان‌دهنده عدم تناسب ادراک شده میان محتوای فعلی برنامه‌های درسی و نیازهای مرتبط با توسعه پایدار است.

مطالعات موردی در حوزه‌های تخصصی، به‌ویژه مهندسی، عمق این چالش‌ها و راه‌حل‌های ممکن را روشن‌تر می‌سازند. ویک و کی (Wiek & Kay, 2015) با پیشنهاد تبدیل آموزش کنترل آلودگی به حل مسئله پایدارمحور بر لزوم تحولی بنیادین، فراتر از افزودن پودمان^۲‌های مجزا، تأکید دارند. هولگارد و همکاران (Holgaard et al., 2016) نیز در مقایسه‌ای بین‌المللی نشان دادند که یکپارچه‌سازی موفق توسعه پایدار نیازمند رویکردی زمینه‌مند و پیوند عمیق با شایستگی‌های حرفه‌ای است. در این زمینه نیز، مطالعات عمدتاً بر رشته‌های خاص متمرکز بوده‌اند؛ برای نمونه، ایار و همکاران (Ayar et al., 2023) در یک مطالعه توصیفی-مقایسه‌ای به بررسی به‌کارگیری رویکرد پایداری در آموزش مهندسی عمران پرداخته‌اند. با وجود ارزش این پژوهش‌های موردی، نیاز به یک مدل جامع و فرارشته‌ای همچنان احساس می‌شود.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

۲. روش‌شناسی تحقیق

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

جدول ۱. کوئری‌های جست‌وجو و راهبردهای گزارش‌دهی

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

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

جدول ۲. معیارهای ورود و خروج

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

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

جدول ۳. پیشنهادی‌های پژوهشی مورد استفاده در مطالعه

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

ادامه جدول ۳

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

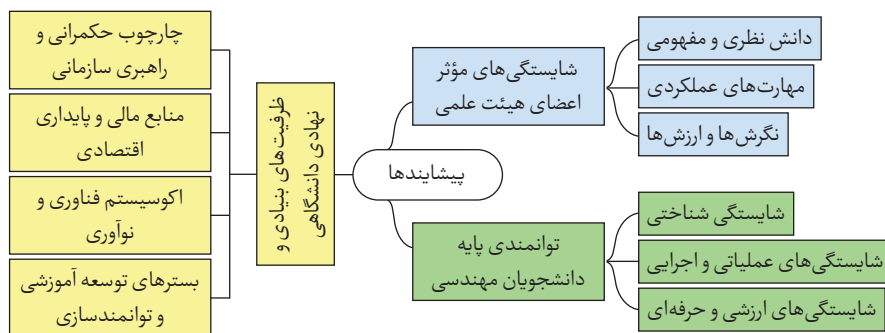
ادامه جدول ۳

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

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

۳. یافته‌های پژوهش

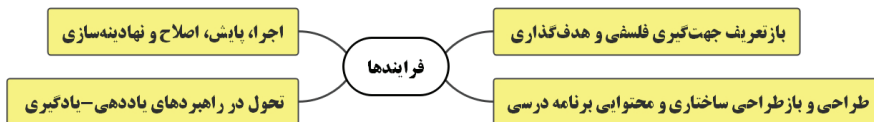
الف. پیشایندهای توسعه مدل نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی مبتنی بر رویکرد توسعه پایدار چیست؟



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

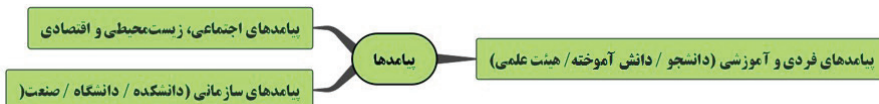
در این پژوهش با تحلیل داده‌ها به روش کدگذاری، پیشایندهای توسعه مدل نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی شناسایی شد و در قالب کدهای محوری شایستگی‌های اعضای هیئت علمی شامل دانش نظری و مفهومی، مهارت‌های عملکردی و نگرش‌ها و ارزش‌ها، توانمندی‌های پایه دانشجویان مهندسی شامل شایستگی شناختی، شایستگی‌های عملیاتی و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

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

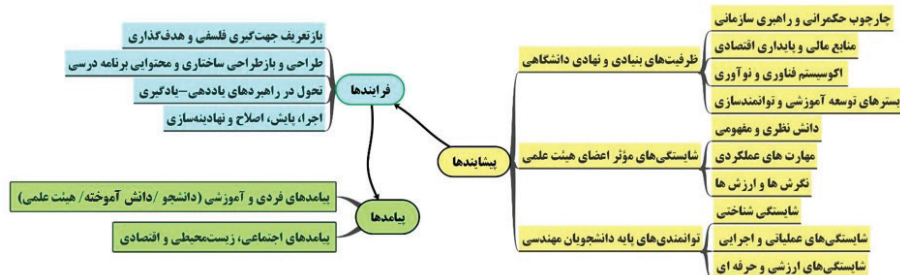


شکل ۲. فرایندهای نوسازی برنامه درسی آموزش مهندسی براساس رویکرد توسعه پایدار

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



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



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

۴. بحث

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2- Buy-out funding

3- Network partnership model

4- Operational framework management

5- Blockchain

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

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

1- Socio-technical

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

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

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

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

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

۵. نتیجه‌گیری

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

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

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

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

۶. پیشنهادهای کاربردی

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

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

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

References

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

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

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

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

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

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



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



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

ابعاد افت ریاضیات در ایران: زنگ خطری برای آینده آموزش علوم و مهندسی

ابوالفضل رفیع پور^۱ و پویا کریمی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۷

DOI: 10.22047/ijee.2026.567939.2233

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.4.9

چکیده: کاهش تقاضا برای تحصیل در رشته ریاضی - فیزیک در دبیرستان و کاهش تقاضا برای تحصیل در رشته‌های مختلف مهندسی و علوم پایه در سال‌های اخیر به یکی از چالش‌های اساسی نظام آموزش عالی کشور تبدیل شده است. چالشی که پیامدهای آن فراتر از دانشگاه‌ها رفته و آینده توسعه علمی، فناوریانه و صنعتی کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هدف مقاله حاضر، تحلیل نظام‌مند ابعاد این پدیده و تبیین ریشه‌های آموزشی، اجتماعی، اقتصادی و ساختاری آن با تمرکز بر نقش آموزش ریاضی به عنوان زیربنای تربیت مهندسان و متخصصان علوم پایه در کشور است. پژوهش حاضر با رویکرد توصیفی - تحلیلی و با بهره‌گیری از داده‌های ثانویه، اسناد رسمی، گزارش‌های آماری و تحلیل انتقادی پژوهش‌های پیشین انجام شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که کاهش کمتی دانش‌آموزان انتخاب‌کننده رشته ریاضی - فیزیک در کنار افت کیفی یادگیری ریاضیات، بر اساس نتایج آزمون‌های بین‌المللی (مطالعه تیمز)، نگرش منفی نسبت به رشته‌های مهندسی، ناهماهنگی برنامه‌های درسی با نیازهای بازار کار و تضعیف پیوند دانشگاه با صنعت از عوامل کلیدی کاهش گرایش به این رشته‌ها (فنی - مهندسی و علوم پایه) به شمار می‌رود. نتایج همچنین حاکی از آن است که تداوم این روند، افزون بر تضعیف بنیان‌های آموزش علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات (آموزش استم یا آموزش معروف) می‌تواند به کمبود نیروی انسانی متخصص، افت نوآوری و تضعیف بنیان‌های توسعه پایدار منجر شود. در پایان، مقاله با تأکید بر بازاندیشی در آموزش ریاضی، ارتقای کیفیت برنامه‌های درسی و ارائه راهکارهای عملی برای بهبود تعامل نظام آموزشی با جامعه و صنعت، مسیرهایی برای برون‌رفت از وضعیت موجود پیشنهاد می‌کند.

واژگان کلیدی: آموزش علوم، آموزش مهندسی، آموزش استم (آموزش معروف)، افت کمتی ریاضی، افت کیفی ریاضی

۱- دانشیار بخش آموزش ریاضی، دانشکده ریاضی و کامپیوتر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران و رئیس گروه پژوهشی آموزش ریاضی، پژوهشکده ریاضی ماهانی، پژوهشگاه افولی پور، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. (نویسنده مسئول). Rafiepour@uk.ac.ir.

۲- کارشناسی ارشد رشته آموزش ریاضی، بخش آموزش ریاضی، دانشکده ریاضی و کامپیوتر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. عضو گروه پژوهشی آموزش ریاضی، پژوهشکده ریاضی ماهانی، پژوهشگاه افولی پور، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

pouya.karimi1380@gmail.com

۱. مقدمه

توسعه تمدن بشری در عصر حاضر بر پایه پیشرفت‌های علمی و نوآوری‌های فناوری‌ها استوار است. در این میان، ریاضیات به عنوان زبان جهان و ابزار بنیادین تفکر، استدلال و مدل‌سازی نقشی محوری در تولید علم و تربیت مهندسان و دانشمندان نسل آینده ایفا می‌کند. هرگونه ضعف در آموزش ریاضی به مثابه فرسایش ستون فقرات نظام آموزش عالی و صنعتی یک کشور تلقی می‌گردد. ریاضیات نه تنها زیربنای اصلی توسعه پایدار و پیشرفت‌های مهندسی است، بلکه جامعه‌ای توسعه یافته نیازمند نیروی انسانی توانمند و مسلط به مفاهیم ریاضی است تا در فناوری‌های نوین پیشگام باشد.

در دهه‌های اخیر، آموزش مهندسی در جهان دستخوش تحولات بنیادین شده است (Memari-an, 2025). پیچیدگی فزاینده مسائل فناوری‌ها، شتاب نوآوری‌های صنعتی و ظهور حوزه‌هایی چون هوش مصنوعی، فناوری‌های پیشرفته تولید، انرژی‌های نو و زیست‌فناوری موجب شده است که نظام‌های آموزش مهندسی دیگر نتوانند صرفاً بر انتقال دانش فنی کلاسیک اتکا کنند (Sadeghihabibabad & De Cesaris, 2025). در این چارچوب، کیفیت آموزش مهندسی به طور مستقیم به کیفیت آموزش علوم پایه، به ویژه ریاضیات، در سطوح مدرسه وابسته است (Martin et al., 2025; Sell et al., 2025). ریاضیات نه تنها زبان مشترک علوم و مهندسی بلکه بستر اصلی پرورش تفکر تحلیلی، مدل‌سازی، حل مسئله و استدلال منطقی است؛ مؤلفه‌هایی که شالوده شایستگی مهندسان در قرن ۲۱ را تشکیل می‌دهند.

در پاسخ به این نیازهای نوظهور رویکرد آموزش استم^۱ (معروف^۲: مهندسی، علوم، ریاضیات و فناوری) در بسیاری از کشورها به عنوان یک راهبرد کلان برای هم‌افزایی میان آموزش عمومی و آموزش مهندسی توسعه یافته است. آموزش معروف فراتر از یک الگوی تلفیقی در برنامه درسی، تلاشی هدفمند برای پیوند دادن یادگیری مفهومی ریاضیات و علوم با کاربردهای مهندسی و مسائل واقعی صنعت و جامعه است (Simarro & Couso, 2021). از این منظر، آموزش معروف یک انتخاب اختیاری یا مد روز آموزشی نیست، بلکه یک ضرورت راهبردی برای تربیت نیروی انسانی خلاق، نوآور و توانمند در حل مسائل پیچیده مهندسی محسوب می‌شود. باین حال، تحقق آموزش مؤثر معروف بدون برخورداری از پایه‌های مستحکم ریاضی امکان‌پذیر نیست. شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که ضعف در ریاضیات مدرسه‌ای مستقیماً به کاهش موفقیت تحصیلی در رشته‌های مهندسی، افت توان حل مسئله، و ناتوانی در درک مفاهیم پیشرفته فنی منجر می‌شود (Feyz, 2024). از این رو، هرگونه تزلزل در آموزش ریاضی در سطوح پایه و متوسطه، پیامدهایی فراتر از نظام آموزش عمومی داشته و به صورت زنجیره‌ای بر کیفیت

۱- STEM education (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)

۲- نویسندگان در همه بخش‌های مقاله از سرنام فارسی آموزش معروف (م: مهندسی، ع: علوم، ر: ریاضیات و ف: فناوری) به جای آموزش استم استفاده کرده‌اند. لازم به ذکر است که این سرنام (آموزش معروف) در پاسخ به فراخوان وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در سال ۱۴۰۳ برای تعیین واژه‌های معادل برای اصطلاحات فنی، به وزارت عتف پیشنهاد گردید. به همراه این پیشنهاد، لوگوی مناسبی نیز برای سرنام آموزش معروف، ارائه شد.

آموزش مهندسی و ظرفیت نوآوری ملی اثر می‌گذارد (Pepin et al., 2021).

مطالعه بین‌المللی پیشرفت تحصیلی در ریاضیات و علوم (تیمز)^۱ که توسط انجمن بین‌المللی یابی پیشرفت تحصیلی^۲ هر ۴ سال یک بار برگزار می‌شود، فقط یک آزمون نیست؛ بلکه به یک معیار جهانی و شاخص کلیدی برای ارزیابی کیفیت نظام‌های آموزشی در بیش از ۶۰ کشور جهان تبدیل شده است (Rindermann & Baumeister, 2015). هدف تیمز فراتر از سنجش اطلاعات حفظی، بر روی شایستگی‌های بالا در دانش‌آموزان پایه‌های چهارم و هشتم است. شایستگی‌هایی مانند استدلال، حل مسائل و کاربرد دانش ریاضی و علمی در موقعیت‌های جدید. درواقع، جایگاه هر کشور در تیمز نه تنها نشان‌دهنده دانش‌آموزان، بلکه بازتابی از کیفیت برنامه درسی، روش‌های تدریس و نظام توسعه حرفه‌ای معلمان آن کشور است (Drent et al., 2013). علاوه بر آنکه مطالعه تیمز ارزیابی عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در درس ریاضیات و علوم است، آزمون تیمز نیز یک مطالعه ارزیابی جامع است که با استفاده از مجموعه‌ای از پرسش‌نامه‌های ضمیمه‌ای تلاش می‌کند عوامل زمینه‌ای مؤثر بر یادگیری را مورد تحلیل قرار دهد. این رویکرد چندوجهی صرفاً محدود به سنجش دانش نیست، بلکه ریشه‌های موفقیت یا شکست نظام‌های آموزشی را در سطوح مختلف شناسایی می‌کند (von Davier et al., 2024). پرسش‌نامه‌های تیمز شامل ۴ گروه اصلی اند که از دانش‌آموزان، معلمان، والدین و مدیران مدرسه جمع‌آوری می‌شوند. در این راستا، پرسش‌نامه دانش‌آموزان است که عوامل آموزشی، فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر عملکرد آنها را می‌سنجد. متأسفانه، کارنامه کشورمان ایران در دوره‌های مختلف تیمز، از جمله آخرین دوره انتشار، روایتی نگران‌کننده از رکود و روند عملکرد دانش‌آموزان در حوزه‌های ریاضی و علوم را نشان می‌دهد. نمرات متوسط ایران در مقایسه با میانگین بین‌المللی و به‌ویژه کشورهای پیشرو منطقه و جهان، بخش‌هایی در سطوح پایین گرفته شده و نشان‌دهنده یک شکاف ساختاری در فرایند قرار گرفتن یاددهی-یادگیری است (Parvaneh & Rejali, 2019). این وضعیت لزوم انجام اصلاحات بنیادین را به امري حیاتی تبدیل کرده است؛ زیرا شایستگی‌های مورد سنجش تیمز همان مهارت‌های مورد نیاز برای ورود موفق به عصر دانش و فناوری است.

پژوهش‌های متعددی در سال‌های اخیر به وضعیت آموزش مهندسی و علوم پایه و به‌ویژه کاهش گرایش دانش‌آموزان و دانشجویان به رشته‌های ریاضی محور پرداخته‌اند. این مطالعات از زوایای مختلفی نظیر روند انتخاب رشته، عوامل اجتماعی و اقتصادی مؤثر بر تصمیم‌گیری تحصیلی، ساختار برنامه‌های درسی و ارتباط آموزش با بازار کار به تحلیل این پدیده پرداخته‌اند (Memarian, 2024). مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که مسئله کاهش گرایش به ریاضیات و رشته‌های مهندسی، هم در سطح ملی و هم در سطح بین‌المللی، مورد توجه پژوهشگران حوزه آموزش مهندسی و سیاست‌گذاری

1- TIMSS – Trends in International Mathematics and Science Study

2- International Association for the Evaluation of Educational Achievement: IEA

آموزشی قرار گرفته است. بخش قابل توجهی از مطالعات داخلی بر کاهش تعداد داوطلبان رشته‌های ریاضی - فیزیک و پیامدهای آن برای آموزش مهندسی تمرکز داشته‌اند. برای مثال فیض (Feyz, 2024) و جبه دار مارالانی (Jebehdarmaralani, 2020) نشان داده‌اند که افت تقاضا برای رشته‌های مهندسی در ایران، بیش از آنکه ناشی از کاهش ظرفیت‌های آموزشی باشد، به تضعیف ورودی‌های کیفی و کاهش جذابیت مسیرهای تحصیلی مهندسی بازمی‌گردد. این مطالعات به درستی بر پیامدهای بلندمدت این روند برای توسعه صنعتی و فناوریانه کشور تأکید کرده‌اند اما کمتر به ریشه‌های مدرسه‌ای و نقش آموزش ریاضیات به عنوان بنیان این زنجیره توجه داشته‌اند و در اغلب این مطالعات آموزش ریاضیات به عنوان متغیر زیربنایی و پیشینی که در سطوح مدرسه‌ای شکل می‌گیرد، کمتر به طور مستقل و عمیق تحلیل شده است (Lyon & Magana, 2020).

در سال‌های اخیر، چالش کاهش علاقه به رشته‌های مهندسی و علوم پایه در ایران و جهان برجسته شده است. فیض (Feyz, 2024) به کاهش فزاینده تعداد دانش‌آموزان انتخاب‌کننده شاخه ریاضی-فیزیک و متقاضیان تحصیل در رشته‌های مهندسی اشاره کرده و تأکید می‌کند که این روند در درازمدت منجر به کمبود نیروهای متخصص کارآمد و کاهش افراد فکور و نوآور در صنایع خواهد شد. همچنین فیض (Feyz, 2024) عوامل متعددی چون ناآگاهی دانش‌آموزان از جذابیت‌های رشته‌های مهندسی و رقابت شدید با رشته‌های دیگر را بررسی کرده و بر لزوم سرمایه‌گذاری بیشتر در آموزش مهندسی برای توسعه اقتصادی تأکید دارد. به همین سان، جبه دار مارالانی (Jebehdarmaralani, 2020) کاهش چشمگیر داوطلبان رشته ریاضی-فیزیک در دو دهه گذشته را ریشه‌یابی کرده و آن را ناشی از برهم خوردن تعادل اشتغال در رشته‌های علوم تجربی، به ویژه پزشکی، دانسته که نه تنها تعداد، بلکه کیفیت ورودی‌های مهندسی را نیز پایین آورده است.

این نگرانی‌ها در پژوهش‌های اخیر نیز تکرار شده است. میرشکاری و شهرکی (Mirshekari & Shahraki, 2023) عوامل کاهش داوطلبان مهندسی را از دیدگاه دانش‌آموزان پایه دوازدهم، با تمرکز بر شهرستان زاهدان، اولویت‌بندی کرده و نشان داده‌اند که تصور سختی تحصیل و کار در حوزه مهندسی، نظر والدین و موقعیت اجتماعی پایین‌تر این رشته‌ها از جمله عوامل کلیدی‌اند. همچنین (Nazarza-dehzare, 2023) بحران کاهش تقاضا در رشته‌های معروف (مهندسی، علوم، ریاضیات و فناوری) را به عنوان مسئله‌ای جدی برای کشورهای در حال توسعه از جمله ایران توصیف کرده و با رویکرد آمیخته، راهکارهایی چون ادغام دانشگاه‌های کم تقاضا، توجه به آمایش آموزش عالی، توسعه میان‌رشته‌ای‌ها و تقویت تعامل دانشگاه با صنعت پیشنهاد داده است. این مطالعات همگی بر یک نقطه مشترک تأکید دارند: افت تحصیلی در پایه‌های آموزش متوسطه، به ویژه ریاضیات، مستقیماً کیفیت تربیت مهندسان آینده را تهدید می‌کند. این افت را می‌توان در دو بعد کمی و کیفی بررسی کرد (Rafiepour, 2021). برای مثال، افت کمی با کاهش شدید سهم دانش‌آموزان رشته ریاضی-فیزیک از حدود ۲۸ درصد در دهه‌های

گذشته به کمتر از ۱۵-۱۸ درصد در سال‌های اخیر همراه بوده است؛ روندی که با سیاست‌های تشویقی اخیر تا حدی مهار شده، اما همچنان نگران‌کننده است. افت کیفی نیز در ضعف مهارت‌های استدلالی و مدل‌سازی ریاضی آشکار است که شواهدی چون کاهش میانگین نمرات امتحانات نهایی ریاضی و نتایج نامیدکننده آزمون‌های بین‌المللی تیمز آن را تأیید می‌کند. این عملکرد ضعیف ریشه در رویکردهای آموزشی حفظی و فنی دارد که به جای پرورش تفکر مفهومی و لذت حل مسئله، بر تست‌زنی تمرکز کرده‌اند (Rafiepour, 2025).

پیامد این بحران دوگانه کاهش کیفیت دانشجویان ورودی به رشته‌های مهندسی، تضعیف ظرفیت نوآوری و رقابت‌پذیری فناوری‌های کشور است (Tofighi Darian, 2007). آموزش استم/معروف، که محور تربیت نیروی متخصص برای صنعت و توسعه است، با این افت پایه‌ای متزلزل می‌شود و ارتباط دانشگاه با صنعت را دشوار می‌سازد (Pasandideh et al, 2025; Tofighi & Nourshahi, 2013). درحالی‌که کشورهای موفق مانند سنگاپور و ترکیه با تأکید بر ریاضی مفهومی و پروژه‌محور به رتبه‌های برتر تیمز دست یافته‌اند، ایران نیازمند بازنگری فوری در برنامه‌های درسی، تربیت معلمان و سیاست‌های هدایت تحصیلی است. در چنین شرایطی، افت ریاضیات در ایران را نمی‌توان صرفاً یک چالش آموزشی محدود به مقاطع مدرسه‌ای تلقی کرد. این پدیده، مسئله‌ای راهبردی با پیامدهای بلندمدت برای آینده آموزش مهندسی، علوم پایه، توسعه فناوری و رقابت‌پذیری علمی کشور است. بی‌توجهی به این روند، می‌تواند ظرفیت نظام مهندسی را در پاسخ‌گویی به نیازهای صنعت، فناوری‌های نو و اقتصاد دانش‌بنیان به طور جدی تضعیف کند. براین اساس، مقاله حاضر می‌کوشد با رویکردی تحلیلی و مبتنی بر داده‌های ملی و بین‌المللی، ابعاد افت ریاضیات در ایران را واکاوی کند و پیامدهای آن را برای آموزش مهندسی و آموزش معروف مورد بررسی قرار دهد.

با وجود انباشت شواهد آماری و گزارش‌های رسمی درباره افت عملکرد ریاضی و کاهش گرایش به رشته‌های ریاضی‌محور، آنچه در ادبیات پژوهشی آموزش کشور کمتر به صورت منسجم تبیین شده، «صورت مسئله نظری» این پدیده است. از منظر مبانی نظری آموزش مهندسی، افت ریاضیات صرفاً به معنای کاهش نمره یا افت تعداد داوطلبان نیست، بلکه نشانه‌ای از اختلال در کارکردهای بنیادین آموزش ریاضی به عنوان زیربنای تفکر علمی، حل مسئله و تربیت نیروی مهندسی تلقی می‌شود (Freire, 1993; Kaiser & Schwarz, 2006). در چارچوب نظریه‌های یادگیری مفهومی، ریاضیات زمانی نقش خود را در توسعه علمی ایفا می‌کند که به عنوان ابزار اندیشیدن، مدل‌سازی و معنابخشی به مسائل واقعی آموزش داده شود؛ درحالی‌که غلبه رویکردهای آزمون‌محور و فنی، این کارکرد معرفتی را تضعیف می‌کند. از سوی دیگر، در ادبیات آموزش مهندسی و آموزش معروف، ریاضیات به عنوان حلقه واسط میان علوم پایه، مهندسی و فناوری شناخته می‌شود و هرگونه ضعف در این حلقه به گسست میان آموزش مدرسه‌ای و آموزش مهندسی در سطوح بالاتر منجر می‌شود (Pepin et al., 2021; Simarro & Couso, 2021).

براین اساس، مسئله پژوهش حاضر نه صرفاً افت کمی یا کیفی ریاضیات، بلکه «فرسایش تدریجی نقش راهبردی آموزش ریاضی در نظام تربیت مهندس و تحقق آموزش معروف» است. این مسئله ابعاد به هم پیوسته‌ای دارد که شامل افت کمی ذخیره انسانی، تضعیف یادگیری مفهومی، گسست برنامه درسی مدرسه و دانشگاه، و پیامدهای ساختاری آن برای آموزش مهندسی و توسعه فناوری کشور می‌شود. فقدان پژوهش‌هایی که این ابعاد را به صورت یکپارچه و مبتنی بر داده‌های ملی و بین‌المللی تحلیل کند، شکاف نظری و تحلیلی مهمی را شکل داده است که مقاله حاضر درصدد پاسخ‌گویی به آن است. تمرکز اصلی مقاله بر تبیین پیوند میان افت کمی و کیفی ریاضیات و آینده آموزش مهندسی است و تلاش می‌شود ضمن شناسایی ریشه‌های ساختاری این وضعیت، مسیرهایی عملی برای برون‌رفت از بحران پیشنهاد شود. باتوجه به مطالب بالا، پرسش‌های اصلی پژوهش حاضر به صورت زیر صورت‌بندی می‌شود.

- افت کمی آموزش ریاضیات در ایران از منظر تغییر در انتخاب رشته ریاضی- فیزیک در دوره متوسطه دوم و پیامدهای آن برای ذخیره انسانی ورودی به رشته‌های مهندسی و علوم پایه چگونه قابل تبیین است؟
- افت کیفی آموزش ریاضیات در ایران، بر اساس شواهد حاصل از آزمون‌های بین‌المللی (مانند تیمز)، امتحانات نهایی و شاخص‌های نخبگانی، چه الگوها و ویژگی‌هایی را نشان می‌دهد؟
- این وضعیت تا چه اندازه تحقق آموزش معروف (استم) را به عنوان یک راهبرد کلان برای توسعه علمی و فناوری کشور با چالش مواجه می‌سازد؟

۲. روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی است و با بهره‌گیری از رویکرد آمیخته کیفی-کمی انجام شده است. انتخاب این رویکرد بدین دلیل صورت گرفت که مسئله افت آموزش ریاضیات و پیامدهای آن برای آموزش مهندسی، پدیده‌ای چندبعدی و ساختاری است که بررسی آن مستلزم تحلیل هم‌زمان داده‌های آماری، اسناد رسمی و دیدگاه‌های تخصصی است. در بخش کمی پژوهش، از داده‌های ثانویه استخراج شده از منابع رسمی و معتبر ملی و بین‌المللی استفاده شده است. این داده‌ها شامل آمارهای مربوط به سهم دانش‌آموزان رشته ریاضی- فیزیک در دوره متوسطه دوم، نتایج امتحانات نهایی کشوری، داده‌های سازمان سنجش آموزش کشور و نتایج منتشرشده مطالعه بین‌المللی تیمز در دوره‌های مختلف بوده است. داده‌های کمی به صورت توصیفی و تحلیلی مورد بررسی قرار گرفته و روندهای تغییرات زمانی و مقایسه‌ای آنها تحلیل شده است. اسناد موردبررسی شامل برنامه‌های درسی رسمی، گزارش‌های سیاستی، و پژوهش‌های مرتبط با آموزش ریاضیات و آموزش مهندسی بوده است. تحلیل این اسناد با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی انجام شد.

فرایند اجرای پژوهش در ۴ گام اصلی سامان دهی شد. در گام نخست، با مرور نظام مند اسناد رسمی، گزارش های آماری و پژوهش های پیشین، چارچوب مفهومی اولیه پژوهش و متغیرهای کلیدی مرتبط با افت آموزش ریاضیات و آموزش مهندسی شناسایی شد. در گام دوم، داده های کمی ثانویه از منابع ملی و بین المللی گردآوری و روندهای آماری مرتبط با افت کمی و کیفی ریاضیات تحلیل گردید. در گام سوم، به منظور تفسیر عمیق تر یافته های آماری و شناسایی ریشه های ساختاری پدیده، مصاحبه های نیمه ساختاریافته با خبرگان انجام و داده های کیفی حاصل تحلیل شد. در گام نهایی، یافته های کمی و کیفی به صورت تلفیقی تفسیر و نتایج در چارچوب آموزش مهندسی و آموزش معروف جمع بندی شد.

این پژوهش در زمره مطالعاتی قرار می گیرد که به جای تولید داده های اولیه گسترده، بر تحلیل نظام مند داده های ثانویه، اسناد رسمی و شواهد بین المللی تکیه دارد و درعین حال، با استفاده از داده های کیفی حاصل از مصاحبه با خبرگان، تفسیر عمیق تری از یافته ها ارائه می دهد. در ادبیات روش شناسی، این نوع پژوهش ذیل عنوان تحلیل داده های ثانویه ترکیبی^۱ شناخته می شود که به ویژه در پژوهش های سیاست گذاری آموزشی، آموزش مهندسی و مطالعات کلان آموزشی کاربرد گسترده ای دارد (Creswell & Plano Clark, 2018; Johnston, 2017; Boslaugh, 2007). انتخاب این رویکرد روش شناختی از آن رو صورت گرفته است که افت ریاضیات در ایران پدیده ای چندبعدی، ساختاری و نظام مند است و بررسی آن مستلزم تحلیل هم زمان روندهای آماری، سیاست های آموزشی و پیامدهای این روندها برای آموزش مهندسی و آموزش معروف است. چنین تحلیلی با روش های تجربی کلاسیک یا مطالعات میدانی محدود به تنهایی امکان پذیر نیست و نیازمند تلفیق داده های کمی و کیفی در سطح کلان است. از این منظر، پژوهش حاضر با هدف تبیین ابعاد افت کمی و کیفی ریاضیات و تحلیل پیامدهای آن برای آینده آموزش مهندسی طراحی شده است.

چارچوب روش شناختی پژوهش بر اساس الگوی روش های آمیخته همگرا^۲ شکل گرفته است؛ الگویی که در آن داده های کمی و کیفی به صورت مکمل گردآوری و تحلیل می شوند و نتایج آنها در مرحله تفسیر نهایی با یکدیگر تلفیق می گردند (Creswell, 2014; Plano Clark & Ivankova, 2016). در این پژوهش داده های کمی از طریق تحلیل داده های ثانویه و داده های کیفی از طریق تحلیل اسناد و مصاحبه نیمه ساختاریافته با خبرگان به دست آمده و در نهایت، یافته ها در چارچوب آموزش مهندسی و آموزش معروف تفسیر شده اند. داده های کمی پژوهش از منابع رسمی و معتبر استخراج شده اند. این داده ها شامل آمارهای مربوط به تعداد دانش آموزان رشته ریاضی- فیزیک در دوره متوسطه دوم، روندهای انتخاب رشته تحصیلی و نتایج امتحانات نهایی کشوری و استانی است که توسط وزارت

1- Mixed secondary data analysis

2- Convergent mixed methods design

آموزش و پرورش و نهادهای وابسته منتشر شده‌اند. علاوه بر این، گزارش‌های رسمی سازمان سنجش آموزش کشور درباره عملکرد داوطلبان در درس ریاضی و تغییرات میانگین نمره‌ها و رتبه‌ها در آزمون‌های ورودی آموزش عالی مورد استفاده قرار گرفته است. در سطح بین‌المللی نیز، داده‌های منتشرشده در گزارش‌های رسمی مطالعه تیمز در دوره‌های مختلف، به‌ویژه نتایج مربوط به عملکرد دانش‌آموزان ایرانی در مقایسه با میانگین جهانی و کشورهای منتخب، مبنای تحلیل قرار گرفته‌اند. استفاده از داده‌های ثانویه رسمی در پژوهش‌های آموزشی کلان، به‌عنوان روشی معتبر و قابل اتکا شناخته می‌شود و امکان تحلیل روندها و مقایسه‌های طولی و تطبیقی را فراهم می‌سازد (Johnston, 2017).

در بخش کیفی پژوهش از دو منبع اصلی داده استفاده شده است. نخست، اسناد آموزشی و سیاستی مرتبط با آموزش ریاضیات، آموزش معروف و آموزش مهندسی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این اسناد شامل برنامه‌های درسی رسمی ریاضیات در دوره متوسطه، اسناد بالادستی مرتبط، مقاله‌های منتشرشده و گزارش‌های مرتبط با پیوند دانشگاه و صنعت بوده‌اند. تحلیل این اسناد با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی جهت‌دار انجام شده است؛ بدین معنا که مقوله‌های مفهومی اولیه پژوهش شامل افت کمی ریاضیات، افت کیفی عملکرد ریاضی و پیامدهای آن برای آموزش مهندسی، به‌عنوان چارچوب راهنما در فرایند تحلیل به کار گرفته شده‌اند.

منبع دوم داده‌های کیفی مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان بوده است. به‌منظور تعمیق تحلیل‌ها و تفسیر دقیق‌تر یافته‌های آماری و اسنادی، با در نظر گرفتن مقوله اشباع نظری یافته‌ها، ۵ مصاحبه با افراد خبره در حوزه‌های آموزش ریاضی، آموزش مهندسی، سیاست‌گذاری آموزشی و آموزش معروف انجام شده است. انتخاب این افراد به‌صورت هدفمند صورت گرفته و معیارهایی چون برخورداری از تخصص مرتبط، پیشینه حداقل ۱۰ سال فعالیت علمی یا اجرایی و آشنایی مستقیم با چالش‌های آموزش ریاضی یا مهندسی در ایران مدنظر قرار گرفته است. روش نمونه‌گیری هدفمند در پژوهش‌های کیفی، به‌ویژه در مطالعات مبتنی بر دیدگاه‌های تخصصی، روشی پذیرفته‌شده و معتبر تلقی می‌شود (Patton, 2015). طراحی پرسش‌های محوری مصاحبه‌ها با تمرکز بر مسئله اصلی پژوهش صورت گرفت و پرسش‌هایی از این دست را دربرمی‌گرفت: «ریشه‌های افت آموزش ریاضیات در ایران چیست؟»، «این افت چه پیامدهایی برای آموزش مهندسی و علوم پایه دارد؟» و «گسست میان آموزش ریاضیات مدرسه‌ای و نیازهای آموزش مهندسی چگونه شکل گرفته است؟». انتخاب این ابزار با هدف دستیابی به درک عمیق‌تر از ابعاد پنهان و ساختاری مسئله و تکمیل داده‌های اسنادی انجام شد. پس از انجام مصاحبه‌ها، داده‌های کیفی حاصل با بهره‌گیری از روش تحلیل محتوای استقرایی مورد تحلیل قرار گرفت. بدین منظور، ابتدا متن مصاحبه‌ها به‌صورت کامل پیاده‌سازی و چندین بار به‌دقت مرور شد تا پژوهشگر با کلیت داده‌ها و معانی نهفته در آنها آشنا شود. در مرحله بعد، کدهای اولیه بدون پیش‌دآوری نظری و براساس مفاهیم برخاسته از داده‌ها استخراج شد. سپس، کدهای مشابه در قالب

مقوله‌های مفهومی دسته‌بندی گردید و درنهایت، مضامین محوری پژوهش از دل این مقوله‌ها شکل گرفت. برای افزایش اعتبار و اعتمادپذیری داده‌های کیفی از راهبردهایی نظیر تنوع منابع داده، بازبینی مکرر کدها و مضامین، و تطبیق یافته‌های حاصل از مصاحبه‌ها با نتایج تحلیل اسنادی استفاده شد. همچنین، به منظور تقویت استحکام تحلیل‌های کیفی، از رویکرد مثلث‌سازی داده‌ها^۱ بهره گرفته شد تا هم‌خوانی و انسجام میان داده‌های حاصل از منابع مختلف مورد بررسی قرار گیرد. این فرایند امکان آن را فراهم ساخت که یافته‌ها نه براساس برداشت فردی پژوهشگر، بلکه بر مبنای الگوهای تکرارشونده و اجماع مفهومی شکل گیرند.

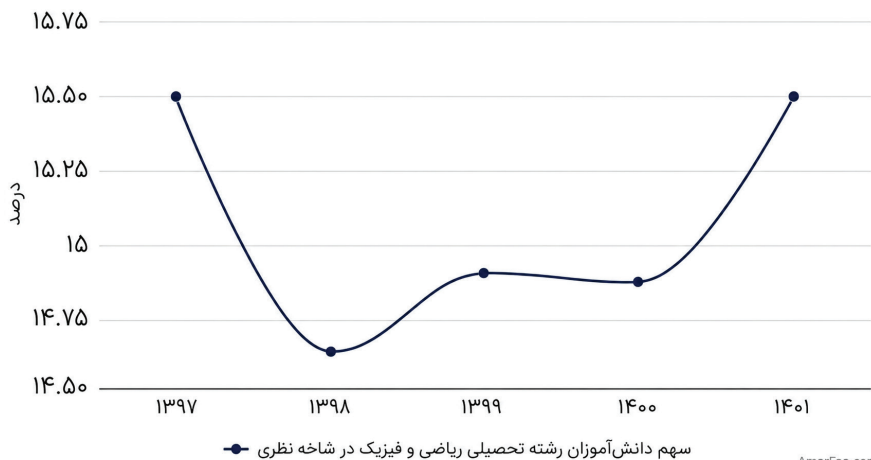
همچنین در تحلیل داده‌های آمیخته (کمی و کیفی)، از ترکیبی از روش‌های تحلیلی استفاده شده است. تحلیل روند برای بررسی تغییرات زمانی در تعداد دانش‌آموزان رشته ریاضی و عملکرد تحصیلی آنها به کار رفته و تحلیل مقایسه‌ای برای مقایسه عملکرد ایران با میانگین جهانی و کشورهای منتخب در مطالعات تیمز مورد استفاده قرار گرفته است. داده‌های کیفی حاصل از اسناد و مصاحبه‌ها نیز با روش تحلیل محتوای کیفی تحلیل شده‌اند. در مرحله نهایی، یافته‌های کمی و کیفی با یکدیگر تلفیق شده و در چارچوب آموزش مهندسی و آموزش معروف تفسیر شده‌اند؛ رویکردی که موجب افزایش قدرت تبیینی و انسجام نتایج پژوهش می‌شود (Creswell & Plano Clark, 2018). به منظور افزایش اعتبار و روایی پژوهش از راهبردهایی چون استفاده از منابع داده‌ای رسمی و معتبر، تنوع بخشی به منابع داده، مقایسه یافته‌های آماری با دیدگاه‌های خبرگان و مستندسازی دقیق مراحل تحلیل استفاده شده است.

۳. نتایج

در این بخش، یافته‌های پژوهش بر اساس تحلیل داده‌های کمی و کیفی استخراج شده از منابع رسمی ملی، گزارش‌های بین‌المللی و اسناد آموزشی، و نیز داده‌های حاصل از مصاحبه با خبرگان ارائه می‌شود. هدف از این بخش، گزارش نظام‌مند شواهد و الگوهای مشاهده‌شده درباره وضعیت آموزش ریاضیات در ایران و پیامدهای آن برای آموزش مهندسی و آموزش معروف است. مطابق با رویکرد روش‌شناختی پژوهش، در این بخش صرفاً به توصیف و گزارش یافته‌ها پرداخته می‌شود و تفسیرهای تحلیلی، مقایسه‌های هنجاری و پیشنهاد‌های سیاستی به بخش بحث و نتیجه‌گیری موکول شده‌اند. یافته‌ها در ۴ محور اصلی سازمان‌دهی شده‌اند که به ترتیب به افت کمی آموزش ریاضیات، افت کیفی عملکرد ریاضی دانش‌آموزان، ریشه‌های ساختاری افت ریاضی و پیامدهای این وضعیت برای آموزش مهندسی و آموزش معروف می‌پردازند.

۳-۱. یافته‌های مرتبط با افت کمی آموزش ریاضیات در ایران
تحلیل داده‌های آماری رسمی نظام آموزشی ایران نشان می‌دهد که آموزش ریاضیات در سال‌های اخیر با یک افت کمی معنادار و مستمر مواجه شده است؛ افتی که به‌طور مستقیم بر ظرفیت بالقوه نظام آموزش مهندسی کشور اثرگذار است. این افت کمی بیش از هر چیز در کاهش تعداد و سهم نسبی دانش‌آموزان رشته ریاضی- فیزیک در دوره متوسطه دوم قابل مشاهده است.

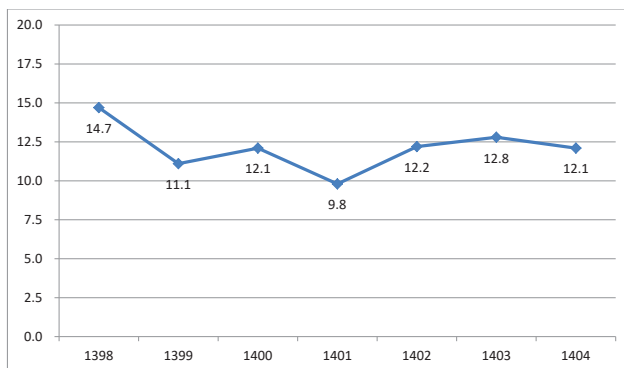
طبق اسناد تاریخی، در سال ۱۳۵۴ شمسی، حدود ۲۹ درصد از دانش‌آموزان دوره متوسطه نظری رشته ریاضی- فیزیک را انتخاب می‌کردند، اما این سهم طی یک روند نزولی تا سال ۱۳۶۱ به حدود ۳/۵ درصد رسید. این کاهش شدید باعث شد که نهادهای آموزشی در آن دوره اقداماتی نظیر تشکیل کارگروه بررسی عوامل بی‌علاقگی به ریاضی برنامه‌ریزی کنند، که نتیجه آن افزایش سهم این رشته تا حدود ۳۱/۴ درصد در سال ۱۳۷۹-۱۳۸۰ شمسی بود. با این حال، از ابتدای دهه ۸۰ شمسی دوباره روند نزولی سهم رشته ریاضی- فیزیک آغاز شد. تحلیل داده‌های پنج‌ساله (۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱) همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌کنید، نیز روندی متغیر اما در مجموع کاهشی را نشان می‌دهد. در سال ۱۳۹۷ سهم رشته ریاضی- فیزیک برابر با ۱۵/۴۷ درصد بوده که در سال ۱۳۹۸ به ۱۴/۵۹ درصد کاهش یافته است. در سال ۱۳۹۹ این سهم اندکی به ۱۴/۸۶ درصد رسید و در سال ۱۴۰۰ تقریباً ثابت ماند (۱۴/۸۳ درصد)، و در سال ۱۴۰۱ دوباره افزایش یافت (۱۵/۴۸ درصد). این الگوی نوسانی اگرچه یک بازگشت نسبی را در سال‌های پایانی نشان می‌دهد، هم‌چنان در سطحی پایین‌تر از دوره‌های پیش‌تر قرار دارد.



شکل ۱. سهم دانش‌آموزان رشته ریاضی- فیزیک در شاخه نظری (۱۳۹۷-۱۴۰۱)^۱

براساس داده‌های رسمی از سوی آموزش و پرورش برای سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲، سهم رشته ریاضی- فیزیک در شاخه نظری در حدود ۱۶ درصد بوده است، که اگرچه نسبت به سال‌های بسیار پایین و همانند ۹۹-۱۳۹۸ افزایش اندکی را نشان می‌دهد، اما همچنان پایین‌تر از سطح‌های تاریخی دهه‌های گذشته است و کاهش بلندمدت را تأیید می‌کند. این روند کمی نزولی به این معناست که پایه ورودی بالقوه برای رشته‌های مهندسی و علوم پایه در سطح متوسطه دوم به طور چشمگیری کم شده است. کاهش سهم دانش‌آموزان رشته ریاضی- فیزیک از حدود یک سوم کل شاخه نظری در دهه ۵۰ و ۶۰ به حدود نیم آن در دهه ۱۳۹۰، و سپس به حدود ۱۰ تا ۱۶ درصد در دهه اخیر، نشان می‌دهد که تصمیم ورود دانش‌آموزان به مسیرهای مرتبط با ریاضیات و مهندسی به طور پیوسته کاهش یافته است. این کاهش ورودی کمی به آموزش عالی، به ویژه در رشته‌های مهندسی، شواهد روشنی از تضعیف ذخیره انسانی متخصص در حوزه‌های کلیدی علمی و فناوری فراهم می‌کند.

بررسی روند تغییرات سهم دانش‌آموزان رشته ریاضی- فیزیک شرکت‌کننده در کنکور سراسری در بازه پنج ساله اخیر نشان می‌دهد که این روند دارای نوسانات سالانه بوده و به صورت یکنواخت و پیوسته کاهشی نبوده است. همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، سهم این رشته در برخی سال‌ها با افزایش یا ثبات نسبی همراه بوده و الگویی نوسانی (سینوسی) را نشان می‌دهد. با این حال، مقایسه مقدار این شاخص در سال ۱۴۰۴ با سال ۱۳۹۸ بیانگر آن است که علی‌رغم این نوسانات، سطح نهایی سهم رشته ریاضی- فیزیک به سطح آغازین بازنگشته و در مجموع کاهش نسبی را تجربه کرده است. این الگو نشان می‌دهد که مسئله اصلی نه یک افت شدید کوتاه‌مدت، بلکه عدم بازیابی پایدار سهم رشته ریاضی- فیزیک در ترکیب داوطلبان کنکور سراسری است. در مقابل، افزایش سهم رشته‌های دیگر، به ویژه علوم تجربی، موجب تغییر تدریجی ترکیب ورودی بالقوه آموزش عالی، به ویژه در رشته‌های مهندسی و علوم پایه، شده است.



شکل ۲. روند کاهشی و سهم اندک شرکت‌کنندگان کنکور سراسری رشته ریاضی- فیزیک از کل دانش‌آموزان متوسطه دوم ۱۳۹۸-۱۴۰۴

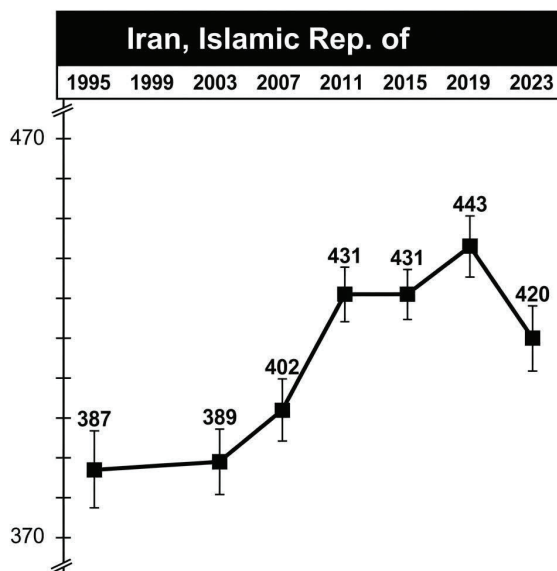
بررسی الگوی توزیع داوطلبان کنکور سراسری برحسب رشته تحصیلی و سطح عملکرد تحصیلی نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر، حتی در میان گروهی از دانش‌آموزان با عملکرد تحصیلی متوسط و بالاتر، تمایل به انتخاب رشته ریاضی- فیزیک کاهش یافته است. این الگو، که از مقایسه سهم داوطلبان رشته ریاضی با سایر رشته‌ها در میان گروه‌های عملکردی مختلف استنباط می‌شود، حاکی از آن است که رشته‌های دیگر، به‌ویژه علوم تجربی، به‌عنوان گزینه‌هایی با خطر کمتر یا بازده کوتاه‌مدت قابل پیش‌بینی‌تر تلقی شده‌اند. افزون بر این، تحلیل نسبت دانش‌آموزان رشته ریاضی- فیزیک به کل دانش‌آموزان دوره متوسطه دوم نشان می‌دهد که افت مشاهده‌شده را نمی‌توان صرفاً به تغییرات جمعیتی یا کاهش کلی جمعیت دانش‌آموزی نسبت داد، بلکه این روند بازتاب تغییر تدریجی ترجیح آموزشی و ساختار انگیزشی حاکم بر نظام آموزش است. از منظر آموزش مهندسی این تغییر الگو به کاهش دامنه و کیفیت بالقوه ورودی‌های رشته‌های مهندسی و علوم پایه منجر شده و ترکیب ورودی آموزش عالی را به تدریج دگرگون کرده است.

بررسی تحولات جمعیت دانشجویی در آموزش عالی کشور نشان می‌دهد که افت کمی آموزش ریاضیات در سطح مدرسه پیامدهای مستقیمی در حوزه علوم پایه و فنی و مهندسی دارد. داده‌های رسمی حاکی از آن است که طی سال‌های تحصیلی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ تا ۱۴۰۲-۱۴۰۱، جمعیت دانشجویان علوم پایه ۲۷ درصد و تعداد دانش‌آموختگان این حوزه ۳۹ درصد کاهش یافته است. هرچند سهم دانشجویان علوم پایه در این دوره حدود ۶ درصد از کل جمعیت دانشجویی کشور باقی مانده، اما این میزان پاسخ‌گوی نیازهای علمی و فناوریانه، به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند ریاضیات محض و علوم نوظهور ازجمله علوم کوانتومی نیست. وضعیت در گروه فنی و مهندسی بحرانی‌تر است؛ به‌گونه‌ای که در همین بازه زمانی، جمعیت دانشجویان این گروه ۵۱ درصد و دانش‌آموختگان آن ۵۳ درصد کاهش یافته و سهم آنها از کل جمعیت دانشجویی کشور از ۳۱ درصد به ۲۲ درصد تنزل یافته است. این روند نزولی، که در تضاد با جایگاه پیشین ایران در میان کشورهای پیشرو از نظر جمعیت دانشجویان فنی و مهندسی قرار دارد، امتداد طبیعی افت کمی و کیفی آموزش ریاضیات در دوره‌های پیشین تلقی می‌شود. کاهش گرایش به رشته ریاضی- فیزیک در آموزش متوسطه، به کاهش ورودی‌های کمی و کیفی دانشگاه‌ها در رشته‌های مبتنی بر ریاضیات انجامیده و در صورت تداوم، می‌تواند به تضعیف ظرفیت علمی، مهندسی و صنعتی کشور و افزایش وابستگی به نیروی انسانی خارج از کشور منجر شود. این یافته‌ها ضرورت بررسی عمیق‌تر ابعاد کیفی و ساختاری این پدیده را برجسته می‌سازد.

۲-۳. یافته‌های مرتبط با افت کیفی آموزش ریاضیات در ایران

یکی از محورهای کلیدی بررسی وضعیت آموزش ریاضیات در ایران، تحلیل کیفیت عملکرد دانش‌آموزان در سنجش‌های بین‌المللی است، زیرا این ارزیابی‌ها شاخصی معتبر برای سنجش توانایی‌های بنیادی

در ریاضیات و کاربرد آن در حل مسئله است. ازمیان شاخص های بین المللی، مطالعه آزمون بین المللی پیشرفت تحصیلی ریاضی و علوم (تیمز) یکی از معتبرترین ابزارهای مقایسه ای است که هر ۴ سال یک بار انجام می شود و نتایج آن امکان مقایسه عملکرد دانش آموزان کشورهای مختلف را فراهم می آورد. در آخرین دوره برگزار شده این مطالعه، یعنی تیمز (۲۰۲۳)، نتایج عملکرد دانش آموزان ایرانی در ریاضیات نشان دهنده افت کیفی قابل توجه در مقایسه با دوره های گذشته و نیز میانگین جهانی است. براساس گزارش رسمی مطالعه تیمز همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود، میانگین نمره دانش آموزان پایه هشتم ایران در ریاضیات ۴۲۳ نمره بوده است، درحالی که میانگین جهانی این آزمون ۵۰۰ نمره گزارش شده است که این فاصله محسوس عملکرد ایران را نسبت به استاندارد جهانی آشکار می کند. توزیع سطوح عملکرد دانش آموزان ایرانی در مطالعه تیمز، به ویژه تمرکز بخش قابل توجهی از دانش آموزان در سطوح پایین مهارتی، نشان می دهد که مسئله اصلی صرفاً کاهش میانگین نمرات نیست، بلکه نابرابری کیفی در یادگیری ریاضیات است. این الگو بیانگر آن است که نظام آموزشی در پرورش مهارت های پایه ای برای بخش بزرگی از دانش آموزان با چالش مواجه است و تنها درصد اندکی به سطوح پیشرفته استدلال و حل مسئله دست می یابند. چنین ساختاری ظرفیت نظام آموزشی برای تربیت نیروی انسانی مستعد در حوزه های ریاضی محور را به طور نظام مند محدود می کند.

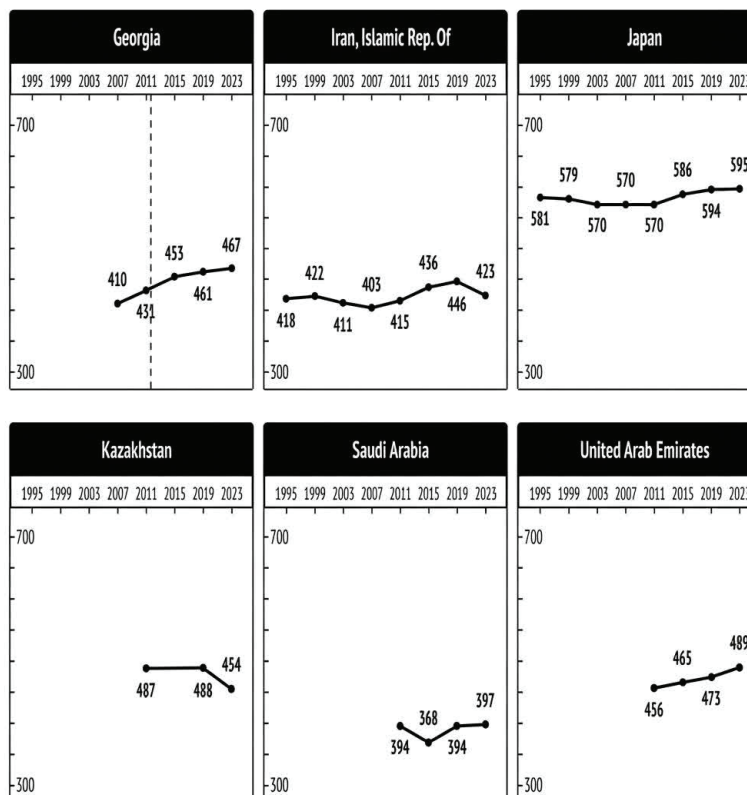


شکل ۳. نمودار «میانگین نمره ریاضی دانش آموزان ایرانی (پایه هشتم)» در مطالعه تیمز در سال های ۱۹۹۵-۲۰۲۳

این فاصله با داده‌های دوره‌های پیش نیز تطبیق داده شده است و نشان می‌دهد که ایران نه تنها نتوانسته عملکرد خود را به سطح میانگین جهانی نزدیک کند، بلکه در مقایسه با دوره تیمز سال ۲۰۱۹ در سال ۲۰۲۳ نیز کاهش محسوس نمره داشته است. براساس گزارش‌های رسمی و رسانه‌ای، نمره ریاضی پایه چهارم در ایران در تیمز (۲۰۱۹) حدود ۴۴۳ نمره بوده است، حال آنکه در تیمز (۲۰۲۳) این نمره به ۴۲۰ نمره کاهش یافته است؛ این افت عملکرد همچنین نشان‌دهنده کاهش کیفیت یادگیری ریاضیات در دوره ابتدایی است. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، عملکرد دانش‌آموزان ایران در ریاضی هشتم در مقایسه با ژاپن و برخی کشورهای منطقه از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۳ قابل نقد است. عملکرد ایران در سال ۲۰۲۳ ضعیف‌تر از چهار کشور قزاقستان، امارات، گرجستان و ژاپن است ولی از عربستان بهتر است. وضعیت ایران در مقایسه با ژاپن نشان می‌دهد که امتیاز ژاپن در بازه زمانی (۱۹۹۵ تا ۲۰۲۳) ۱۰۴ امتیاز افزایش داشته و از ۴۹۱ به ۵۹۵ افزایش یافته است. گرجستان نیز در بازه زمانی (۲۰۰۷ تا ۲۰۲۳) امتیاز خود را از ۴۱۰ به ۴۶۷ افزایش داده ولی ایران در بازه زمانی (۱۹۹۵ تا ۲۰۲۳) فقط ۵ امتیاز وضعیت خود را ارتقا داده است. در سال ۲۰۲۳ ایران با افت ۲۳ امتیازی، امتیاز ۴۳۶ سال ۲۰۱۹ را به ۴۲۳ تنزل داده است.

آمارهای تکمیلی مربوط به سطوح عملکرد نیز چشم‌انداز نگران‌کننده‌ای را ترسیم می‌کنند. براساس گزارش‌های مرکز تیمز، تنها حدود ۱ درصد از دانش‌آموزان ایرانی در سطح پیشرفته قرار دارند، درحالی‌که درصد قابل توجهی از دانش‌آموزان، حدود ۵۹ درصد، در سطوح پایین عملکرد قرار داشته‌اند. این توزیع نابرابر سطوح مهارتی، به‌ویژه در حوزه‌های پایه‌ای ریاضی، نشان‌دهنده ضعف بنیادین در توانایی دانش‌آموزان برای حل مسائل پیچیده‌تر و کاربردی‌تر است، موضوعی که برای موفقیت در مباحث مهندسی و معروف اهمیت حیاتی دارد. از منظر جایگاه نسبی کشور، نتایج تیمز (۲۰۲۳) نشان می‌دهد که دانش‌آموزان ایرانی در ریاضی پایه چهارم در میان ۶۴ کشور شرکت‌کننده، رتبه ۵۴ را کسب کرده‌اند، میانگین نمره ریاضی دانش‌آموزان پایه چهارم ایران ۴۲۰ گزارش شده است، درحالی‌که میانگین جهانی این آزمون ۵۰۰ است. این فاصله قابل توجه نشان می‌دهد که عملکرد ایران در این پایه نه تنها پایین‌تر از میانگین جهانی، بلکه از همه کشورهای منطقه به جز عربستان در سطح پایین‌تری قرار دارد. از آنجا که پایه چهارم یکی از مقاطع کلیدی در شکل‌گیری بنیان‌های یادگیری ریاضیات محسوب می‌شود، این نتایج بیانگر ضعف زود هنگام در آموزش ریاضی است که می‌تواند به صورت تجمعی در پایه‌های بالاتر، از جمله پایه هشتم، تشدید شود.

در ریاضی پایه هشتم نیز عملکرد ایران در مقایسه با بسیاری از کشورهای منطقه و جهان پایین‌تر بوده است. این رتبه‌بندی نسبت به داده‌های پیشین نیز نشان‌دهنده یک جابه‌جایی منفی است که حاکی از افت کیفیت یادگیری است. علاوه بر این، نتایج عملکرد دانش‌آموزان در ریاضیات در تیمز (۲۰۲۳) نشان داده است که سهم بزرگی از دانش‌آموزان در سطوح پایین مهارت ریاضی قرار دارند و



شکل ۴. عملکرد درس ریاضی پایه هفتم ایران در مطالعه تیمز ۲۰۲۳ در مقایسه با کشورهای دیگر^۱

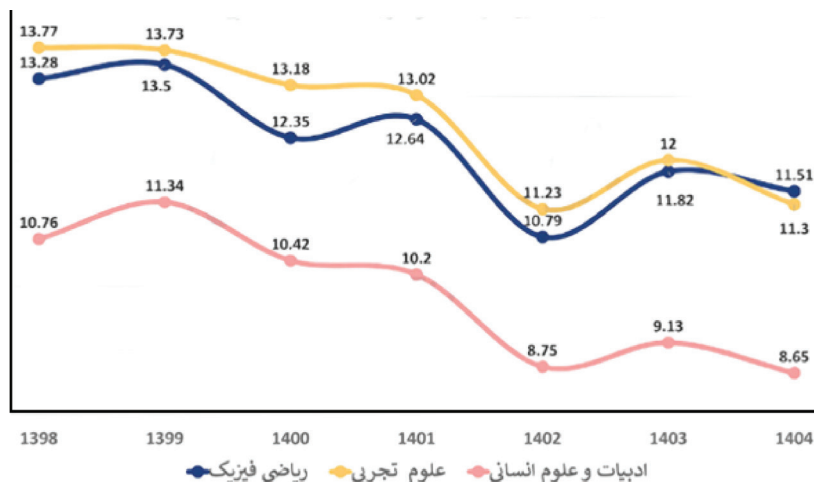
درصد بسیار اندکی از آنها به سطوح بالای مهارت رسیده‌اند. این الگو، که در مطالعات بین‌المللی بارها به‌عنوان نشانه‌ای از ضعف در «تفکر ریاضی عمیق» و «استدلال ریاضی» مطرح شده است، نشان می‌دهد که بسیاری از دانش‌آموزان نه تنها به مهارت‌های پایه‌ای تسلط ندارند بلکه در مواجهه با مسائل چندمرحله‌ای، منطقی و مفهومی با چالش جدی روبه‌رو هستند. این نتایج، به‌صورت یکپارچه در شکل ۳ منعکس شده و نشان می‌دهد که میانگین عملکرد دانش‌آموزان ایرانی در ریاضیات نه تنها پایین‌تر از میانگین جهانی است، بلکه در مقایسه با بسیاری از کشورهای منطقه و برخی کشورهایی که به‌طور سنتی در آموزش ریاضیات قوی محسوب می‌شوند، فاصله معناداری دارد. این فاصله کیفی زمانی اهمیت بیشتری می‌یابد که آن را در زمینه اهداف آموزش معروف و آموزش مهندسی قرار دهیم؛ زیرا توانایی در ریاضیات مفهومی و کاربردی یکی از مؤلفه‌های جدایی‌ناپذیر توانمندی در این حوزه‌هاست.

۱- بر اساس نتایج منتشر شده در وبگاه مرکز بین‌المللی مطالعه تیمز <https://timssandpirls.bc.edu>

یکی دیگر از شواهد مهم افت کیفی آموزش ریاضیات در ایران، نتایج حاصل از امتحانات نهایی سراسری است که به عنوان یکی از رسمی ترین و فراگیرترین ابزارهای سنجش عملکرد تحصیلی دانش آموزان در سطح کشور شناخته می شود. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می کنید، داده های منتشرشده از سوی مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش نشان می دهد که سطح عملکرد تحصیلی دانش آموزان در پایان دوره متوسطه دوم با افتی معنادار و نگران کننده مواجه شده است؛ افتی که نه تنها به یک رشته یا سال تحصیلی خاص محدود نمی شود، بلکه بیانگر یک روند ساختاری در نظام آموزشی کشور است.

بر اساس گزارش رسمی مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش، میانگین کل نمرات دانش آموزان پایه دوازدهم در امتحانات نهایی سال تحصیلی ۱۴۰۴ در مجموع رشته های نظری (ریاضی فیزیک، علوم تجربی، علوم انسانی و علوم و معارف اسلامی) برابر با ۱۰/۱۵ اعلام شده است. این مقدار در شرایطی گزارش شده است که در اسناد برنامه هفتم توسعه، ارتقای تدریجی کیفیت یادگیری و افزایش میانگین نمرات دانش آموزان به عنوان یکی از اهداف کلان نظام آموزشی در افق اجرای برنامه مورد تأکید قرار گرفته است. تحلیل تفکیکی نتایج امتحانات نهایی نشان می دهد که این افت، در رشته های مختلف با شدت متفاوتی بروز یافته است. میانگین نمرات پایه دوازدهم در آزمون نهایی خردادماه ۱۴۰۴ در رشته علوم تجربی ۱۱/۳۰، در رشته ریاضی فیزیک ۱۱/۵۱، در رشته علوم و معارف اسلامی ۱۰/۹۰ و در رشته ادبیات و علوم انسانی ۸/۶۵ گزارش شده است. بررسی تغییرات سالانه نمرات نیز نشان می دهد که در رشته ادبیات و علوم انسانی کاهش ۰/۴۲-، نمره، در رشته علوم تجربی کاهش ۰/۲۲- رخ داده است؛ درحالی که رشته ریاضی فیزیک تنها افزایش بسیار محدود ۰/۲۵- نمره ای را تجربه کرده است. این افزایش اندک نیز در سطحی نیست که بتواند نشانه ای از بهبود معنادار کیفیت یادگیری تلقی شود. روند تغییر میانگین نمرات دانش آموزان در امتحانات نهایی پایه دوازدهم در شکل ۵ قابل مشاهده است.

اهمیت این یافته ها زمانی بیشتر می شود که نتایج امتحانات نهایی به عنوان یکی از مؤلفه های مؤثر در سنجش شایستگی علمی دانش آموزان و مسیر ورود آنها به آموزش عالی در نظر گرفته شود. میانگین های پایین نمرات، به ویژه در درس هایی که نیازمند درک مفهومی، استدلال و حل مسئله اند، نشان می دهد که بخش قابل توجهی از دانش آموزان در دستیابی به حداقل های یادگیری مورد انتظار ناکام مانده اند. در همین راستا، وزیر آموزش و پرورش نیز در مهرماه سال ۱۴۰۴، ضمن تأیید افت تحصیلی دانش آموزان، از افت ۴۳ درصدی عملکرد تحصیلی در این سال خبر داده است. به گفته وی، عواملی همچون تعطیلی های ناخواسته ناشی از ناترازی انرژی، آلودگی هوا و نیز شکاف میان برنامه درسی موجود با نیازهای علمی و مهارتی روز از جمله دلایل اصلی این افت محسوب می شوند. این اظهارات در کنار داده های آماری رسمی نشان می دهد که افت کیفی عملکرد تحصیلی دانش آموزان پدیده ای مقطعی یا تصادفی نیست، بلکه ریشه در چالش های ساختاری نظام آموزشی دارد.



شکل ۵. روند میانگین نمرات دانش آموزان در امتحانات نهایی^۱

یکی دیگر از شواهد معنادار افت کیفی آموزش ریاضیات در ایران را می توان در روند عملکرد دانش آموزان ایرانی در المپیاد جهانی ریاضی مشاهده کرد. بررسی نتایج ایران در سال های اخیر نشان می دهد که حتی در این سطح نخبه پرور نیز روندی نزولی و نگران کننده شکل گرفته است. براساس داده های موجود، جایگاه ایران در المپیاد جهانی ریاضی طی سال های اخیر با افت محسوسی همراه بوده است. ایران در سال ۲۰۲۲، از میان ۱۰۴ کشور شرکت کننده، رتبه هشتم جهان را به خود اختصاص داده بود؛ این رتبه در سال ۲۰۲۳، از میان ۱۱۲ کشور، به رتبه یازدهم تنزل یافت و در سال ۲۰۲۴، از میان ۱۰۸ کشور شرکت کننده، به رتبه نوزدهم سقوط کرد. این تغییرات نشان می دهد که ایران در فاصله ای کوتاه، یعنی طی دو سال، ۱۱ پله افت رتبه جهانی را تجربه کرده است؛ افتی که نمی توان آن را صرفاً به نوسانات مقطعی یا تصادفی نسبت داد. اهمیت این روند نزولی زمانی آشکارتر می شود که عملکرد اخیر ایران با جایگاه تاریخی آن در المپیاد ریاضی مقایسه شود. ایران در سال های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۷ موفق شده بود رتبه پنجم جهان را در میان کشورهای شرکت کننده کسب کند؛ جایگاهی که بیانگر عمق توان علمی، نظام شناسایی استعدادها و کیفیت آموزش ریاضیات در آن دوره بوده است. مقایسه این جایگاه با رتبه های سال های اخیر نشان می دهد که فاصله معناداری میان وضعیت کنونی و دوران اوج عملکرد ایران در المپیاد ریاضی ایجاد شده است. افت جایگاه ایران در المپیاد جهانی ریاضی، به عنوان شاخصی از عملکرد دانش آموزان مستعد، نشان می دهد که چالش های کیفی آموزش ریاضیات محدود به سطح عمومی نیست و حتی فرایند شناسایی و پرورش استعدادهای برتر را نیز تحت تأثیر قرار داده است.

فاصله ایجاد شده میان جایگاه تاریخی ایران و عملکرد سال‌های اخیر، حاکی از تضعیف پیوستار تربیت نخبگان ریاضی از سطوح پایه تا سطوح پیشرفته است؛ پیوستاری که نقش مهمی در تأمین سرمایه انسانی برای علوم پایه و مهندسی ایفا می‌کند.

هم‌زمانی افت میانگین نمرات امتحانات نهایی در چند رشته نظری، نشان می‌دهد که کاهش عملکرد تحصیلی پدیده‌ای رشته‌محور یا موردی نیست، بلکه بازتابی از ضعف عمومی در کیفیت یادگیری مفهومی است. پایین بودن میانگین نمرات در درس‌هایی که نیازمند استدلال و حل مسئله‌اند، بیانگر آن است که بخش قابل توجهی از دانش‌آموزان به حداقل‌های مورد انتظار برنامه درسی دست نیافته‌اند. این یافته نشان می‌دهد که سازوکارهای فعلی آموزش و ارزشیابی نتوانسته‌اند یادگیری عمیق و پایدار را تضمین کنند. به‌طور خلاصه، یافته‌های مرتبط با عملکرد دانش‌آموزان ایران در آزمون‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که کیفیت یادگیری ریاضیات در سطوح پایه و متوسطه در ایران دچار افت بوده و در مقایسه با میانگین جهانی و دوره‌های گذشته کاهش داشته است و این افت کیفی می‌تواند به‌عنوان یک نشانه کلیدی از چالش‌های بنیادین در پرورش مهارت‌های ریاضی دانش‌آموزان و آماده‌سازی آنها برای ورود به آموزش عالی به‌ویژه رشته‌های مهندسی تلقی شود. این یافته‌ها در کنار سایر داده‌های تحلیل‌شده در بخش‌های دیگر مقاله، ضرورت بازنگری در رویکردهای آموزشی، برنامه درسی و سازوکارهای تدریس ریاضیات را برجسته می‌سازد.

۳-۳. ریشه‌های ساختاری و زمینه‌ای افت ریاضی در ایران

افت کمی و کیفی ریاضی در ایران نه یک پدیده ساده، بلکه نتیجه فرایندی چندعاملی و ساختاری است که متأثر از چالش‌های عمیق محیطی، ضعف در نهادهای آموزشی پایه و فقدان یکپارچگی در برنامه درسی است. به‌منظور شناسایی ریشه‌های ساختاری و زمینه‌ای افت آموزش ریاضیات در ایران، داده‌های کیفی پژوهش از طریق تحلیل اسناد و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته مورد بررسی قرار گرفت. مجموعه اسناد تحلیل‌شده شامل برنامه‌های درسی رسمی ریاضیات دوره متوسطه، اسناد بالادستی مرتبط با آموزش علوم و مهندسی، گزارش‌های رسمی آموزشی و پژوهش‌های سیاستی منتشرشده در حوزه آموزش ریاضی و آموزش مهندسی بود. افزون بر این، ۵ مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با خبرگان حوزه آموزش ریاضی، آموزش مهندسی و سیاست‌گذاری آموزشی انجام شد که انتخاب آنها به‌صورت هدفمند و براساس معیار تخصص، پیشینه حرفه‌ای و آشنایی مستقیم با چالش‌های آموزش ریاضیات صورت گرفت.

تحلیل داده‌های کیفی براساس رویکرد تحلیل محتوای کیفی استقرایی و با بهره‌گیری از فرایند کدگذاری نظام‌مند انجام شد. در گام نخست، کدگذاری باز صورت گرفت؛ بدین معنا که متن اسناد و مصاحبه‌ها به‌صورت خط‌به‌خط و بدون پیش‌داوری نظری مورد بررسی قرار گرفت و مفاهیم معنادار اولیه استخراج شد. در این مرحله، گزاره‌هایی که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به تبیین افت آموزش

ریاضیات، کیفیت یادگیری، ساختار برنامه درسی و پیوند آموزش مدرسه‌ای با آموزش مهندسی اشاره داشتند، به عنوان کدهای اولیه ثبت شدند. در گام دوم، کدگذاری محوری انجام شد. در این مرحله کدهای باز براساس شباهت مفهومی، پیوند علی و هم‌پوشانی معنایی، در قالب مقوله‌های میانی سازمان‌دهی شدند. این فرایند به شناسایی الگوهای تکرارشونده در داده‌ها انجامید و امکان ارتباط‌دهی میان عوامل آموزشی، ساختاری و سیاستی را فراهم ساخت. در گام سوم، کدگذاری انتخابی صورت گرفت که طی آن، مقوله‌های محوری در قالب مضامین اصلی پژوهش سامان‌دهی شدند. این مضامین بیانگر سازوکارهای کلان و الگوهای غالبی‌اند که به‌طور نظام‌مند در تبیین افت کمی و کیفی آموزش ریاضیات در ایران نقش دارند. هر یک از مضامین نهایی براساس تکرار و تأیید در هر دو منبع داده‌ای (اسناد و مصاحبه‌ها) انتخاب شد. به‌منظور افزایش شفافیت و قابلیت ردیابی داده‌ها، در جدول ۱ برای هر مضمون اصلی، نوع منبع استخراج (اسناد، مصاحبه‌ها یا هر دو) مشخص شده است. این امر امکان پیگیری مسیر شکل‌گیری مضامین از داده‌های خام تا سطوح مفهومی بالاتر را فراهم می‌سازد. همچنین، برای افزایش اعتبار تحلیل کیفی، از راهبردهایی نظیر تنوع منابع داده، بازبینی مکرر فرایند کدگذاری و تطبیق یافته‌های اسنادی با دیدگاه‌های خبرگان استفاده شد.

جدول ۱. مضامین اصلی استخراج‌شده از تحلیل اسناد و مصاحبه‌های خبرگان درباره افت آموزش ریاضیات در ایران

مضمون اصلی	توصیف	منبع
غلبه رویکرد آزمون محور	تمرکز نظام آموزشی بر امتحانات نهایی و کنکور که منجر به یادگیری سطحی و تکنیک محور شده است	اسناد و مصاحبه‌ها
تضعیف تفکر ریاضی مفهومی	کاهش تأکید بر استدلال، اثبات و حل مسائل غیرروتین در تحلیل کتاب‌های درسی	مصاحبه‌ها
گسست مدرسه و آموزش مهندسی	عدم پیوند نظام‌مند میان ریاضیات مدرسه‌ای و کاربردهای مهندسی و علمی	اسناد و مصاحبه‌ها
فقدان رویکرد استم	نبود چارچوب عملیاتی برای آموزش بین‌رشته‌ای ریاضی، علوم و مهندسی	اسناد و مصاحبه‌ها
ضعف در بنیان‌های آموزش ابتدایی	بی‌توجهی به مقطع ابتدایی	مصاحبه
فقدان استانداردهای آموزشی و عوامل اقتصادی	نبود استانداردهای آموزشی ریاضیات مدرسه‌ای و تضمین شغل	اسناد و مصاحبه‌ها
کاهش معنا و انگیزه یادگیری	ادراک ریاضیات به عنوان دانشی انتزاعی و غیرکاربردی	مصاحبه‌ها

نخستین و پررنگ‌ترین مضمون استخراج‌شده، غلبه رویکرد آزمون محور بر آموزش ریاضیات است. تحلیل اسناد رسمی و برنامه‌های درسی نشان می‌دهد که اگرچه در سطح اهداف کلان به پرورش تفکر، خلاقیت و حل مسئله اشاره شده است، اما در سطح اجرا، ساختار ارزشیابی و سنجش به‌شدت بر آزمون‌های استاندارد، امتحانات نهایی و کنکور متمرکز است. این ناهم‌خوانی میان اهداف و ابزارهای

سنجش، به طور مستقیم در اظهارات خبرگان نیز بازتاب یافته است. مصاحبه شوندگان تأکید داشتند که منطق آزمون محوری، عملاً جهت‌گیری تدریس را از فهم مفهومی به سمت آموزش فنون سریع و قابل سنجش سوق داده و یادگیری ریاضیات را به مجموعه‌ای از مهارت‌های کوتاه‌مدت و سطحی تقلیل داده است.

دومین مضمون کلیدی استخراج‌شده، تضعیف تفکر ریاضی مفهومی و استدلالی در برنامه‌های درسی و رویه‌های آموزشی است. براساس داده‌های کیفی حاصل از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان، تحلیل‌ها و داوری‌های علمی آنها درباره محتوای کتاب‌های درسی ریاضی نشان می‌دهد که سهم فعالیت‌های مبتنی بر استدلال، اثبات، مدل‌سازی و مسئله‌های باز، در مقایسه با تمرین‌های خوارزمی/الگوریتمی و تکراری کاهش یافته است. این الگو در اظهارات اغلب مصاحبه‌شوندگان به طور مکرر مورد تأکید قرار گرفت؛ به‌گونه‌ای که خبرگان یکی از ریشه‌های اصلی افت عملکرد دانش‌آموزان در آزمون‌های بین‌المللی را ناتوانی آنها در مواجهه با مسائل غیرروزمه و چندمرحله‌ای دانستند. از منظر آنها، ریاضیات مدرسه‌ای در عمل بیش از آنکه به «فهم مفهومی» منجر شود، به «اجرای دستورالعمل‌ها و خوارزمی‌ها/الگوریتم‌ها» محدود شده است.

سومین مضمون استخراج‌شده، گسست ساختاری میان آموزش ریاضیات مدرسه‌ای و آموزش مهندسی و علوم کاربردی است. بررسی اسناد آموزشی نشان می‌دهد که پیوند نظام‌مند و روش‌مندی میان محتوای ریاضیات مدرسه و نیازهای واقعی رشته‌های مهندسی و معروف به طور شفاف تعریف نشده است. این گسست در اظهارات خبرگان نیز به‌عنوان یکی از چالش‌های بنیادین مطرح شد؛ به‌ویژه آنکه بسیاری از دانشجویان ورودی به رشته‌های مهندسی، برخلاف گذراندن واحدهای متعدد ریاضی، در استفاده از ریاضیات در مدل‌سازی مسائل مهندسی ناتوان‌اند. این وضعیت نشان می‌دهد که ریاضیات در مدرسه بیشتر به‌عنوان دانشی مستقل و جدا از کاربردهای فئاورانه آموزش داده می‌شود. چهارمین مضمون مهم، فقدان رویکرد بین‌رشته‌ای و آموزش استم به‌مثابه یک نیاز راهبردی است. تحلیل اسناد حاکی از آن است که اگرچه در سال‌های اخیر به آموزش معروف اشاره‌هایی صورت گرفته، اما این رویکرد هنوز به‌صورت ساختاری و عملیاتی در برنامه‌های درسی ملی و در حوزه ریاضیات نهادینه نشده است.

پنجمین مضمون ضعف در بنیان‌های آموزش ابتدایی است. بی‌توجهی به مقطع ابتدایی یکی از دلایل اصلی افت ریاضی است. نمره‌های بسیار پایین دانش‌آموزان ایرانی در پایه چهارم در مطالعه تیمز، نشان‌دهنده کیفیت پایین یادگیری و آموزش در مقطع ابتدایی کشور است. یکی از مصاحبه‌کنندگان اشاره کرد:

«یکی از دلایل مهم این کیفیت پایین، بی‌توجهی به اهمیت آموزگاران، جایگاه آنان

و همچنین آموزش‌های پیش‌خدمت و ضمن خدمت اون‌هاست. تأسیس دانشگاه

فرهنگیان بدون برنامه ریزی، بدون تأمین امکانات مورد نیاز (از جمله محیط‌های مناسب آموزش معلمان)، و جلوگیری از استخدام فارغ التحصیلان دانشگاه‌های دیگر در آموزش و پرورش، از جمله «زلزله‌های» اتفاق افتاده در نظام آموزشی است که بر کیفیت معلمان تأثیر منفی گذاشته است.»

ششمین مضمون فقدان استانداردهای آموزشی و عوامل اقتصادی است. به تعبیر یکی از مصاحبه کنندگان: «نبود استانداردهای آموزشی ریاضیات مدرسه‌ای باعث شده است که کتاب‌های درسی سلیقه‌ای نوشته شوند و معیاری برای ارزشیابی آنها وجود نداشته باشد.»

علاوه بر این، نبود تضمین موقعیت شغلی مناسب پس از دانش‌آموختگی در رشته‌های مرتبط با ریاضی، باعث شده است که دانش‌آموزان خوب و مستعد از این رشته‌ها رویگردان شوند و به رشته‌های دیگر سوق یابند. این هدفمند نبودن دانش‌آموختگی در نهایت به بی‌هدفی و بی‌کاری در جامعه منجر می‌شود. خبرگان نیز بر این نکته تأکید داشتند که آموزش ریاضیات بدون پیوند با علوم، فناوری و مهندسی نمی‌تواند نقش راهبردی خود را در تربیت نیروی انسانی خلاق و نوآور ایفا کند و این مسئله به‌طور مستقیم به کاهش انگیزه و معنا در یادگیری ریاضیات منجر شده است و پیامدهای بلندمدتی برای آموزش مهندسی و تحقق اهداف آموزش معروف در کشور به همراه دارند.

۳-۴. پیامدها برای آینده آموزش مهندسی و آموزش معروف
تحلیل یافته‌های کمی و کیفی پژوهش نشان می‌دهد که افت ریاضیات در ایران صرفاً یک مسئله آموزشی محدود به دوره مدرسه نیست، بلکه پیامدهایی عمیق، زنجیره‌ای و بلندمدت برای آینده آموزش مهندسی، علوم پایه و تحقق رویکرد آموزش معروف در کشور به همراه دارد. این پیامدها در سطح ورودی‌های آموزش عالی، کیفیت فرایند یاددهی-یادگیری در دانشگاه، و نهایتاً ظرفیت نوآوری و توسعه فناوری کشور قابل مشاهده است. داده‌های حاصل از مصاحبه با خبرگان نیز این پیامدها را به‌طور مکرر و با تأکید بالا برجسته کرده‌اند.

نخستین پیامد اساسی تضعیف کیفیت علمی ورودی‌های رشته‌های مهندسی و علوم پایه است. خبرگان مصاحبه‌شونده همگی بر این نکته تأکید داشتند که کاهش کمی و کیفی آموزش ریاضیات در دوره متوسطه، به افت سطح آمادگی ریاضی دانشجویان ورودی منجر شده است. یکی از اعضای هیئت علمی مهندسی در این باره تصریح می‌کند:

«دانشجوی امروز مهندسی، حتی در درک مفاهیم پایه‌ای مثل تابع، حد یا مدل‌سازی ساده مشکل دارد؛ مسئله‌ای که مستقیماً به آموزش ریاضی مدرسه برمی‌گردد.»

این وضعیت موجب شده است که بخش قابل توجهی از زمان و انرژی آموزش در دانشگاه‌ها صرف جبران کاستی‌های پیشین شود، امری که به کاهش عمق و کیفیت آموزش مهندسی می‌انجامد. دومین پیامد مهم، تضعیف توانایی حل مسئله، مدل‌سازی و تفکر مهندسی در میان دانشجویان است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که افت تفکر ریاضی مفهومی و استدلالی، به‌طور مستقیم توان دانشجویان در مواجهه با مسائل پیچیده مهندسی را کاهش داده است. یکی از خبرگان حوزه آموزش ریاضی در مصاحبه بیان می‌کند:

«وقتی دانش‌آموز ریاضیات را فقط به‌صورت فرمول حفظ می‌کند، در دانشگاه هم نمی‌تواند مسئله مهندسی را به زبان ریاضی ترجمه کند.»

این ناتوانی یکی از موانع اصلی تحقق اهداف آموزش مهندسی مبتنی بر حل مسئله و طراحی خلاقانه محسوب می‌شود. سومین پیامد شکاف روزافزون میان آموزش مدرسه‌ای و آموزش معروف به‌عنوان یک نیاز راهبردی است. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که آموزش ریاضیات در ایران، به‌جای ایفای نقش محوری در پیوند علوم، فناوری و مهندسی، به دانشی مستقل و غیرکاربردی تقلیل یافته است. این گسست، امکان پیاده‌سازی واقعی آموزش معروف را به‌شدت محدود کرده است. یکی از سیاست‌گذاران آموزشی در مصاحبه تأکید می‌کند:

«تا وقتی ریاضی مدرسه‌ای مسئله‌محور و کاربردی نشود، صحبت از استم بیشتر در حد شعار باقی می‌ماند.»

این دیدگاه نشان می‌دهد که افت ریاضیات نه‌تنها یک مسئله آموزشی، بلکه مانعی ساختاری برای تحقق سیاست‌های کلان آموزشی کشور است. چهارمین پیامد قابل توجه کاهش جذابیت و سرمایه اجتماعی رشته‌های مهندسی و علوم پایه است. داده‌های کمی مربوط به کاهش سهم دانش‌آموزان رشته ریاضی-فیزیک و کاهش جمعیت دانشجویان فنی و مهندسی، در کنار یافته‌های کیفی مصاحبه‌ها، نشان می‌دهد که افت ریاضیات به تضعیف تصویر ذهنی این رشته‌ها در جامعه انجامیده است. یکی از خبرگان حوزه آموزش عالی در این زمینه بیان می‌کند:

«وقتی ریاضی برای دانش‌آموز تبدیل به تجربه‌ای سخت و ناکام‌کننده می‌شود، طبیعی است که مهندسی هم برایش جذابیتی نداشته باشد.»

این چرخه منفی در بلندمدت می‌تواند به کاهش سرمایه انسانی متخصص در حوزه‌های کلیدی توسعه کشور منجر شود. پنجمین و شاید راهبردی‌ترین پیامد، تضعیف ظرفیت نوآوری، رقابت‌پذیری علمی و استقلال فناوری کشور است. آموزش مهندسی و علوم پایه، بدون بنیان قوی ریاضیات، قادر به

تربیت نیروی انسانی خلاق، پژوهشگر و نوآور نخواهد بود. خبرگان مصاحبه‌شونده بارها هشدار داده‌اند که تداوم افت ریاضیات، کشور را در آینده‌ای نه‌چندان دور با کمبود متخصصان توانمند مواجه خواهد کرد و حتی می‌تواند وابستگی به نیروی انسانی خارجی را افزایش دهد. این پیامد افت ریاضیات را از یک مسئله آموزشی به یک چالش راهبردی ملی تبدیل می‌کند. بنابراین، یافته‌های این بخش نشان می‌دهد که افت ریاضیات در ایران پیامدهایی فراتر از افت نمرات یا کاهش رتبه‌های بین‌المللی دارد و به‌طور مستقیم آینده آموزش مهندسی، علوم پایه و تحقق آموزش معروف را تهدید می‌کند. این نتایج پاسخ روشنی به یکی از پرسش‌های اصلی پژوهش ارائه می‌دهد و نشان می‌دهد که بدون بازنگری بنیادین در آموزش ریاضیات، دستیابی به اهداف کلان توسعه علمی و فناوری کشور با مخاطرات جدی مواجه خواهد بود.

براساس یافته‌های کمی و کیفی این پژوهش، برون‌رفت از وضعیت کنونی آموزش ریاضیات و پیامدهای آن در آموزش مهندسی، مستلزم اتخاذ مجموعه‌ای از راهکارهای هماهنگ، چندسطحی و مبتنی بر شواهد است. نخستین و بنیادین‌ترین راهکار، بازنگری جدی در رویکردهای حاکم بر آموزش ریاضی در دوره‌های مدرسه‌ای، به‌ویژه در دوره دوم متوسطه، است. شواهد این پژوهش نشان می‌دهد که غلبه رویکرد آزمون‌محور و تمرکز افراطی بر تکنیک‌های حل تست، به تضعیف یادگیری مفهومی و کاهش لذت شناختی از ریاضیات انجامیده است. در این راستا، حرکت به سوی آموزش مبتنی بر فهم عمیق مفاهیم، حل مسئله‌های باز، استدلال ریاضی و پیوند دادن محتواهای ریاضی با مسائل واقعی مهندسی و زندگی روزمره، می‌تواند نقش مؤثری در بازسازی نگرش دانش‌آموزان نسبت به این درس ایفا کند.

در سطح برنامه‌ریزی درسی، هم‌سویی میان محتوای ریاضیات مدرسه‌ای و نیازهای آموزش عالی و بازار کار مهندسی، به‌عنوان یک ضرورت راهبردی مطرح است. یافته‌های مصاحبه با خبرگان نشان داد که گسست میان آنچه دانش‌آموزان در مدرسه می‌آموزند و آنچه در دانشگاه و صنعت مورد انتظار است، یکی از عوامل اصلی کاهش انگیزه برای انتخاب رشته‌های ریاضی‌محور محسوب می‌شود. ازاین‌رو، طراحی برنامه‌های درسی میان‌رشته‌ای، معرفی کاربردهای واقعی ریاضیات در مهندسی، فناوری‌های نوین و علوم داده، و بهره‌گیری از پروژه‌های مسئله‌محور می‌تواند به بازتعریف کارکرد اجتماعی و حرفه‌ای ریاضیات کمک کند.

در بعد سیاست‌گذاری آموزشی، ارتقای منزلت اجتماعی رشته‌های ریاضی و مهندسی نیازمند اقدامات فراتر از مدرسه و دانشگاه است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نگرانی از آینده شغلی و تصویر اجتماعی نامطمئن از رشته‌های مهندسی، نقش مهمی در کاهش تقاضا ایفا می‌کند. بنابراین مطابق نتایج توفیقی و نورشاهی (Tofighi & Nourshahi, 2013)، سیاست‌هایی نظیر تقویت پیوند دانشگاه و صنعت، ایجاد مسیرهای شغلی شفاف برای دانش‌آموختگان توانمند، حمایت از کارآفرینی فناوری و معرفی الگوهای موفق علمی و مهندسی در رسانه‌ها می‌تواند به تدریج نگرش عمومی نسبت

به این رشته‌ها را اصلاح کند. از منظر توسعه منابع انسانی، توانمندسازی معلمان ریاضی، به عنوان کنشگران اصلی این تحول، اهمیت ویژه‌ای دارد. یافته‌های کیفی پژوهش حاضر حاکی از آن است که بسیاری از معلمان، خود محصول نظامی آزمون محورند و ابزارهای لازم برای آموزش مفهومی و خلاقانه در اختیار ندارند. سرمایه‌گذاری هدفمند در آموزش ضمن خدمت معلمان، آشنایی آنها با رویکردهای نوین آموزش ریاضی، استفاده از فناوری‌های آموزشی و تقویت ارتباط آنها با دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، می‌تواند کیفیت آموزش ریاضی را به طور معناداری ارتقا دهد.

۴. نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که افت آموزش ریاضیات در ایران، پدیده‌ای ساختاری و فراگیر است و نمی‌توان آن را به عوامل مقطعی یا تک بعدی نسبت داد. نتایج تحلیل داده‌های کمی بیانگر آن است که کاهش سهم دانش‌آموزان رشته ریاضی- فیزیک در دوره دوم متوسطه، طی سال‌های اخیر به تضعیف معنادار ذخیره انسانی ورودی به رشته‌های مهندسی و علوم پایه انجامیده است. افزون بر این، شواهد کیفی حاصل از بررسی اسناد و دیدگاه خبرگان نشان می‌دهد که این کاهش کمی، هم‌زمان با افت کیفیت یادگیری ریاضیات، ضعف در توان استدلال و کاهش شکل‌گیری تفکر مفهومی همراه بوده است. این مطالعه با تأکید بر کاهش تمایل دانش‌آموزان به رشته‌های مهندسی و علوم پایه نشان می‌دهد که افزایش کمی دانشکده‌های مهندسی، بدون توجه به کیفیت ورودی‌ها و جذابیت مسیرهای تحصیلی، نه تنها مسئله را حل نکرده بلکه در بلندمدت به کاهش کیفیت سرمایه انسانی مهندسی انجامیده است. یافته‌های پژوهش حاضر نیز مؤید آن است که کاهش علاقه به ریاضیات در دوره مدرسه، به ویژه در شاخه نظری، زمینه‌ساز جذب دانشجویان کم‌انگیزه‌تر و کم‌توان‌تر به رشته‌های مهندسی شده و این امر پیامدهایی جدی برای نوآوری، خلاقیت و توان حل مسئله در آموزش عالی به همراه داشته است. از سوی دیگر، این پژوهش بحران کاهش تقاضا در رشته‌های معروف را مسئله‌ای نظام‌مند دانسته و بر ضرورت مداخله‌های ساختاری، از جمله تحول در برنامه‌های درسی، پیوند دانشگاه با صنعت و ارتقای کیفیت آموزش تأکید می‌کند. در پژوهش حاضر نیز تحلیل کیفی مصاحبه‌های خبرگان نشان داد که «گسست میان آموزش مدرسه‌ای ریاضی و نیازهای واقعی آموزش مهندسی» یکی از مضامین محوری افت شناسایی شده است. این گسست سبب شده است ریاضیات برای دانش‌آموزان نه به عنوان ابزار اندیشیدن و حل مسئله، بلکه به مثابه مجموعه‌ای از فرمول‌های انتزاعی و آزمون محور تجربه شود؛ برداشتی که انگیزه تداوم یادگیری ریاضی در مقاطع بالاتر را به شدت تضعیف می‌کند.

همچنین یافته‌های این پژوهش نشان دادند که عوامل آموزشی، ادراک دشواری رشته‌های مهندسی، نگرانی از آینده شغلی و نگرش خانواده‌ها، نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش داوطلبان رشته‌های مهندسی ایفا می‌کنند. در تحلیل مصاحبه‌های انجام شده در این پژوهش نیز خبرگان بارها بر این نکته

تأکید کردند که آموزش ریاضی در مدرسه نتوانسته است تصویر روشنی از کارکردهای واقعی ریاضیات در مهندسی، فناوری و زندگی حرفه‌ای آینده ارائه دهد. در نتیجه، ریاضیات به جای آنکه سکوی پرتاب به سوی خلاقیت و حل مسائل پیچیده تلقی شود، به مانعی ذهنی در مسیر انتخاب رشته تبدیل شده است. یافته‌های حاضر همچنین مؤید این است که کاهش داوطلبان رشته‌های ریاضی - فیزیک را منشأ اصلی افت کیفی رشته‌های مهندسی در دانشگاه‌ها می‌داند. به‌طوری‌که گرایش دانش‌آموزان نخبه به رشته‌های علوم تجربی، به‌ویژه پزشکی، موجب شده است رشته‌های مهندسی از نظر کیفی تضعیف شوند. در پژوهش حاضر نیز داده‌های کمی و کیفی نشان داد که افت کمی ورودی‌ها به‌تنهایی مسئله نیست، بلکه «تغییر ترکیب توانمندی شناختی و انگیزشی داوطلبان» مسئله‌ای عمیق‌تر و نگران‌کننده‌تر است. در سطحی کلان‌تر، نتایج این پژوهش بر دیدگاهی تأکید می‌کند که ریاضیات را نه صرفاً یک درس، بلکه زیربنای تفکر علمی، مهندسی و توسعه پایدار می‌داند. همان‌گونه که در ادبیات نظری آموزش ریاضی نیز آمده است، تضعیف آموزش ریاضیات به معنای تضعیف توان جامعه در فهم، تحلیل و حل مسائل پیچیده است. افت مشاهده‌شده در نتایج المپیادهای ریاضی، امتحانات نهایی و کاهش تقاضا برای رشته‌های مرتبط با ریاضیات، همگی نشانه‌هایی از یک چرخه معیوب هستند که از مدرسه آغاز شده و تا آموزش عالی امتداد می‌یابد.

درنهایت، نتایج این پژوهش تأکید می‌کند که حل بحران افت ریاضیات و کاهش تقاضا برای رشته‌های مهندسی، نیازمند نگاهی بلندمدت و نظام‌مند است. راهکارهای مقطعی و بخشی، بدون توجه به پیوند تنگاتنگ میان مدرسه، دانشگاه، بازار کار (صنعت) و فرهنگ عمومی، نمی‌تواند به بهبود پایدار منجر شود. تنها از طریق بازاندیشی هم‌زمان در فلسفه آموزش، ساختار برنامه‌های درسی و سیاست‌های کلان توسعه علمی است که می‌توان مسیر احیای آموزش ریاضیات و تقویت آموزش مهندسی کشور را هموار ساخت.

بنابراین می‌توان گفت که افت آموزش ریاضیات در ایران را باید به‌مثابه یک «مسئله راهبردی ملی» در نظر گرفت، نه صرفاً یک مشکل آموزشی محدود. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که هرگونه سیاست‌گذاری برای احیای آموزش مهندسی و علوم پایه، بدون بازاندیشی عمیق در فلسفه، محتوا و روش‌های آموزش ریاضی در مدرسه، محکوم به ناکامی خواهد بود. بازگشت به ریاضیات مفهومی، تقویت پیوند میان ریاضی مدرسه‌ای و مسائل واقعی مهندسی، کاهش غلبه رویکرد آزمون‌محور و ارتقای منزلت اجتماعی یادگیری ریاضیات، ازجمله مسیرهایی است که می‌تواند چرخه افول کنونی را متوقف کرده و زمینه‌ساز تربیت نسلی توانمند، خلاق و مسئله‌محور در آموزش عالی و صنعت کشور شود.

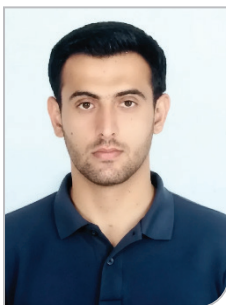
References

- Boslaugh, S. (2007). *Secondary data sources for public health: A practical guide*. Cambridge University Press.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage Publications.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Sage Publications.
- Feyz, J. (2024). Challenges of higher education in engineering disciplines. *Iranian Journal of Engineering Education*, 25(100), 129–143. [in Persian]
- Freire, P. (1993). *Pedagogy of the oppressed*. New York, NY: Continuum.
- Jebehdarmaralani, P. (2020). A review of the significant decline in applicants to engineering programs. *Iranian Journal of Engineering Education*, 22(87), 137–143. [in Persian]
- Johnston, M. P. (2017). Secondary data analysis: a method of which the time has come. *Qualitative and Quantitative Methods in Libraries*, 3(3), 619–626.
- Kaiser, G., & Schwarz, B. (2006). Mathematical modelling as bridge between school and university. *ZDM Mathematics Education*, 38(2), 196–208.
- Lyon, J. A., & Magana, A. J. (2020). A review of mathematical modeling in engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 36(1), 101–116.
- Martin, J.P., Brown, J.S., Dunmoye, I.D. et al. AI and engineering careers: recent graduates' outlook on opportunities and challenges. *IJ STEM Ed* 12, 64 (2025).
- Memarian, H. (2024). Strategies for improving the quality of engineering education in Iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 26(104), 29–48. [in Persian]
- Memarian, H. (2025). Technical and engineering education in Iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 27(106), 1–24. [in Persian]
- Mirshekari, F., & Shahraki, M. R. (2023). Identifying and prioritizing factors affecting the decline in applicants to engineering programs from the perspective of twelfth-grade students: a case study of Zahedan. *Iranian Journal of Engineering Education*, 25(98), 83–106. [in Persian]
- Nazarzadehzare, M. (2023). The crisis of declining demand in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) programs in Iran's higher education system: Identifying solutions. *Iranian Journal of Engineering Education*, 25(99), 43–63. [in Persian]
- Pasandideh, A. S., Shiroudi, G., Kamali, H., & Pasandideh, A. (2025). Reflection of the electricity industry labor market conditions on declining enrollment in technical and engineering programs in Iranian higher education. *Iranian Journal of Engineering Education*, e225066. [in Persian]
- Parvaneh, S. A., & Rejali, A. (2019). A warning to the Iranian mathematics community and advocates of sustainable national development. *Mathematics Culture and Thought*, 38(65), 13–35. [in Persian]
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed.). Sage Publications.
- Plano Clark, V. L., & Ivankova, N. V. (2016). *Mixed methods research: A guide to the field*. Sage Publications.
- Pepin, B., Biehler, R., & Gueudet, G. (2021). Mathematics in engineering education: a review of the recent literature with a view towards innovative practices. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 7(2), 163–188.
- Rafiepour, A. (2021). Type I and type II decline in the teaching-learning process of mathematics in general education. *Toward Mathematical Sciences*, 1(1), 1–13. [in Persian]
- Rafiepour, A. (2025). Identify effective factors in eight grade Iranian student's mathematical performance at TIMSS 2019. *Journal of Educational Psychology Studies*, 22 (58), 107–132. [in Persian]
- Rindermann, H., & Baumeister, A. E. (2015). TIMSS and PISA: a comparison of international large-scale assessments and their implications for education policy. *International Journal of Educational Research*, 76, 1–8.
- Sadeghihabibabad, A., & De Cesaris, A. (2025). Artificial intelligence in architectural engineering education from

- the perspective of international experts. *Iranian Journal of Engineering Education*, e234033. [in Persian]
- Simarro, C. & Couso, D. (2021). Engineering practices as a framework for STEM education: a proposal based on epistemic nuances. *IJ STEM Ed* 8, 53.
 - Sell, R., Razdan, R., Kase, K., & Rüttnann, T. (2025). The role of AI chatbots in engineering education: experimental findings and implementation strategies. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 15(5). 10.3991/ijep.v15i5.56681
 - Tofighidarian, J. (2007). Pathology of the foundations of university-industry relations. *Iranian Journal of Engineering Education*, 9(34). [in Persian]
 - Tofighi, J., & Nourshahi, N. (2013). Proposing strategies for the development of university-industry collaboration in Iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 14(56), 75-95. [in Persian]
 - von Davier, M., Kennedy, A., Reynolds, K., Fishbein, B., Khorramdel, L., Aldrich, C., Bookbinder, A., Bezirhan, U., & Yin, L. (2024). TIMSS 2023 international results in mathematics and science. Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center.



◀ **ابوالفضل رفیع پور:** متولد سال ۱۳۵۸ در شهر تهران است. وی پس از پایان تحصیل در دوره دکتری ریاضی با تمرکز بر آموزش ریاضی از دانشگاه شهید بهشتی؛ در سال ۱۳۸۹ وارد بخش ریاضی دانشگاه شهید باهنر کرمان شد و هم اکنون دانشیار بخش آموزش ریاضی در این دانشگاه است. یک دوره ریاست خانه ریاضیات کرمان، دو دوره نایب رئیس شورای خانه های ریاضیات ایران، دو دوره همکاری در هیئت تحریریه مجله فرهنگ و اندیشه ریاضی، دو دوره عضویت در هیئت تحریریه مجله پژوهش در آموزش ریاضی و از مهر ۱۴۰۲ سردبیری مجله پژوهش در آموزش ریاضی از جمله سوابق علمی-اجرایی ایشان است. او هم اکنون نماینده ایران در کمیسیون بین المللی تدریس ریاضی (ICMI) است.



◀ **پویا کریمی:** کارشناس ارشد آموزش ریاضی فارغ التحصیل از بخش آموزش ریاضی، دانشکده ریاضی و کامپیوتر در دانشگاه شهید باهنر کرمان می باشد. ایشان در حال حاضر دبیر ریاضی و سرگروه ریاضی شهر ماهان در استان کرمان است.

آموزش مفاهیم پیچیده با رویکرد پرسش و پاسخ طنزآمیز: مطالعه موردی در مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر

سامان پیره‌بابی^۱ و رقیه گوگ‌ساز قوجانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۷/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۴

DOI: 10.22047/ijee.2026.549760.2208

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.5.0

چکیده: آموزش در رشته‌های میان‌رشته‌ای نظیر مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر با چالش‌های گوناگونی مانند پیچیدگی مفاهیم و تنوع پیش‌زمینه دانشجویان همراه است. پژوهش حاضر با هدف ارائه و ارزیابی یک روش آموزشی نوین موسوم به «پ.ن.پ» انجام شد. روش «پ.ن.پ» مخفف «پرسش ساده، نکته‌دار، پاسخ طنزآمیز» است؛ این روش بر پایه طرح پرسش‌های ساده و بدیهی همراه با پاسخ‌های طنزآمیز در سه سطح دشواری است و برانگیختن کنجکاوی، کاهش اضطراب و ایجاد تعامل فعال را دنبال می‌کند. روش پژوهش از نوع شبه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون تک‌گروهی بود و جامعه آماری شامل دانشجویان مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه شهید بهشتی بود. ابزارهای گردآوری داده شامل آزمون کتبی و پرسش‌نامه چندسازه‌ای (ماندگاری، شناخت، روان‌شناختی، تعامل و محدودیت) بود. نتایج به‌کارگیری این روش در طی هفت سال تحصیلی نشان داد روش «پ.ن.پ» موجب افزایش معنادار نمرات دانشجویان شد. همچنین تحلیل پرسش‌نامه به کمک نرم‌افزار SPSS 27 نشان داد که این روش موجب بهبود هم‌زمان ماندگاری مفاهیم، شناخت، شاخص‌های روان‌شناختی و تعامل آموزشی می‌شود. بر این اساس، می‌توان روش «پ.ن.پ» را که طنز، سطح‌بندی محتوا و مشارکت فعال را در هم می‌آمیزد، به‌عنوان الگویی بومی و خلاقانه برای ارتقای کیفیت آموزش در حوزه‌های تخصصی و پیچیده قلمداد کرد.

واژگان کلیدی: آموزش مهندسی، طنز در آموزش، یادگیری فعال، آموزش تعاملی، انرژی تجدیدپذیر

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. s.pirehbabi@sbu.ac.ir

۲- دانشیار گروه مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. (نویسنده مسئول). r.g.avagsaz@sbu.ac.ir

۱. مقدمه

آموزش علوم مهندسی، به‌ویژه در حوزه‌های نوظهور و میان‌رشته‌ای (Hoople et al., 2020; Xu, 2024) مانند مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر (Motahhar & Alamrajabi, 2016)، یکی از مهم‌ترین چالش‌های نظام‌های آموزشی دانشگاهی به شمار می‌آید. پیچیدگی مفاهیم، تازگی موضوعات برای بسیاری از دانشجویان و نیاز به درک هم‌زمان مبانی نظری و کاربردی سبب می‌شود که روش‌های سنتی آموزش، مانند سخنرانی و جزوه‌محوری، به‌تنهایی پاسخ‌گوی نیازهای این حوزه نباشد و در مواردی حتی موجب بی‌انگیزگی و خستگی دانشجویان شود. از یک طرف، ظهور علوم میان‌رشته‌ای مانند مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، که تلفیقی از علوم پایه، مکانیک، برق و شیمی است و از دانشجویانی با پیش‌زمینه‌های گوناگون استقبال می‌کند، ضرورت بهره‌گیری از شیوه‌های نوین تدریس را دوچندان ساخته است. از طرف دیگر، این رشته به‌عنوان یک رشته میان‌رشته‌ای، نیازمند دانشجویانی است که بتوانند مفاهیم پیچیده‌ای مانند سامانه‌های خورشیدی، توربین‌های بادی و پیل‌های سوختی را به‌صورت هم‌زمان درک کنند و در مسائل عملی به‌کار ببرند (Motahhar, 2024). این مفاهیم، به‌دلیل پیچیدگی و ارتباط نزدیک با دانش‌های پایه و مهندسی، برای دانشجویان تازه‌کار چالش‌هایی را به همراه دارد. این تنوع پیش‌زمینه‌ها و دشواری‌های ناشی از آن، در کنار چالش‌های ذاتی این رشته‌ها، اهمیت به‌کارگیری رویکردهای آموزشی خلاقانه و انگیزشی را نشان می‌دهد؛ رویکردهایی که نه تنها انتقال دانش را آسان می‌کنند بلکه زمینه‌ساز مشارکت فعال و افزایش انگیزه دانشجویان نیز می‌شوند.

یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت یادگیری، شناخت تفاوت‌های فردی و سبک‌های یادگیری دانشجویان است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که نادیده گرفتن این تفاوت‌ها می‌تواند موجب کاهش انگیزه، عدم تمرکز و ایجاد بی‌انگیزگی در دانشجویان شود (Li & Xue, 2023; Yotta, 2023). در مقابل، به‌کارگیری فعالیت‌های خلاقانه و آموزشی که حس کنجکاوی و مشارکت فعال دانشجویان را تحریک می‌کند، می‌تواند کیفیت یادگیری و ماندگاری مطالب علمی را افزایش دهد (Singh & Manjaly, 2022). مبانی نظری یادگیری فعال، ازجمله نظریهٔ سازنده‌گرایی اجتماعی ویگوتسکی^۱ (Wibowo et al., 2025) و نظریه یادگیری معنادار آزوبل^۲ (Bryce & Blown, 2024)، بر نقش مشارکت و تعامل دانشجو با محیط آموزشی تأکید دارند. بر اساس این دیدگاه‌ها، یادگیری زمانی پایدار و اثربخش است که دانشجو با محتوای آموزشی درگیر شود و امکان ساختن دانش بر پایهٔ تجربه‌های پیشین برای او فراهم شود. پژوهش‌های مختلفی نشان داده‌اند که بهره‌گیری از فعالیت‌های خلاقانه، طنز و تعامل کلاسی می‌تواند یادگیری را به فرایندی پویا و معنادار تبدیل کند.

مروری بر پیشینهٔ پژوهش در این مطالعه، سه محور اصلی را پوشش می‌دهد: (۱) کاربرد طنز در

آموزش، ۲) سطح‌بندی محتوا و ۳) تعامل آموزشی. جدول ۱ خلاصه‌ای از مهم‌ترین یافته‌های مطالعات مرتبط را ارائه می‌دهد. در ادامه، هر یک از این حوزه‌ها با استناد به پژوهش‌های پیشین مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های آموزشی نشان داده‌اند که بهره‌گیری از روش‌های خلاقانه مانند طنز، پرسش‌های محرک و فعالیت‌های مشارکتی می‌تواند کیفیت یادگیری را به‌طور چشمگیری ارتقا دهد، (جدول ۱) طنز در محیط آموزشی، علاوه بر ایجاد فضایی صمیمانه، نقش مؤثری در کاهش تنش و افزایش تمرکز ایفا می‌کند و کنجکاوی دانشجویان را برای پیگیری مفاهیم علمی برمی‌انگیزد (Erdoğan, 2021 & Çakıroğlu). در یک پژوهش که بر روی ۲۵ مدرس در هند انجام شد (Kumar, 2025)، طنزهای آموزشی شامل طنز خودجوش، طنز برنامه‌ریزی‌شده، طنز مرتبط با محتوا و طنز نامرتبط با محتوا بررسی شده است. «نتایج نشان داد که به‌کارگیری طنز می‌تواند یادگیری فراگیران، انگیزه و جو کلاس را بهبود بخشد و مشارکت فعال را افزایش دهد.

این پژوهش اهمیت طراحی آگاهانه فعالیت‌های طنزآمیز در محیط‌های آموزشی را برجسته می‌کند. پژوهشی دیگر (Zhou & Lee, 2025)، که اثر طنز آموزشی بر انگیزه و توجه فراگیران را بررسی کرده است، نشان می‌دهد که طنز مرتبط با موضوع درسی می‌تواند بر جنبه‌های شناختی و عاطفی یادگیری اثرگذار باشد. نتایج این مطالعه بر اهمیت ادغام روش‌های آموزشی خلاقانه و جذاب برای افزایش تمرکز و ماندگاری یادگیری تأکید دارد. تحقیقی دیگر (Mohd Noor et al., 2024) که روی ۲۱۷ دانشجوی کارشناسی در مالزی انجام شد، نشان داد که تجربه لذت از طنز در کلاس موجب افزایش مشارکت و تعامل دانشجویان می‌شود و بر بهبود یادگیری و انگیزه اثرگذار است. پژوهش با بهره‌گیری از مدل معادلات ساختاری، اهمیت توجه به جنبه‌های عاطفی و روان‌شناختی یادگیری را در طراحی فعالیت‌های آموزشی نشان می‌دهد. در مطالعه‌ای دیگر (Abd Ullah et al., 2024)، بررسی شد که چگونه طنز می‌تواند به‌عنوان یک ابزار ارتباطی در فرایند یادگیری عمل کند. نتایج نشان داد بهره‌گیری آگاهانه از طنز در کلاس، تعامل و عملکرد دانشجویان را بهبود می‌بخشد و زمینه‌ساز مشارکت فعال در فرایند یادگیری می‌شود. پژوهشی دیگر (Ngai et al., 2025)، که چارچوبی نظام‌مند برای کاربرد طنز در تدریس ارائه کرده است، نشان می‌دهد طنز می‌تواند به کاهش کسالت، افزایش انگیزه و تقویت روابط مدرس-دانشجو کمک کند. یافته‌ها بر اهمیت طراحی هدفمند فعالیت‌های آموزشی جذاب و خلاقانه برای ارتقای کیفیت یادگیری تأکید دارند.

علاوه بر طنز، مورد مهم دیگر، آموزش در سطوح متفاوت دشواری است. طراحی آموزش در سطوح مختلف دشواری، امکان یادگیری تدریجی و متناسب با توانایی‌های دانشجویان را فراهم می‌آورد. چنین رویکردهایی به‌ویژه در زمینه‌های پیچیده‌ای مانند پیل‌های سوختی یا سیستم‌های انرژی‌های نو، که نیازمند ترکیب دانش نظری و مهارت‌های تحلیلی‌اند، اهمیت دوچندان دارند (Abdul Jalil et al., 2024).

پژوهش‌هایی در زمینه طراحی محتوای چندسطحی نشان داده‌اند که ارائه مطالب در سطوح متفاوت دشواری (Ferdjallah et al., 2024; MacLeod & Van der Veen, 2020) می‌تواند موجب بهبود دانش پایه و تقویت توانایی حل مسئله در سطوح بالاتر شود. با این وجود، بیشتر این پژوهش‌ها در حوزه علوم پایه انجام گرفته و کمتر به زمینه‌های مهندسی میان‌رشته‌ای مانند مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر تعمیم یافته‌اند. این خلأ پژوهشی ضرورت بررسی کارآمدی روش‌های سطح‌بندی شده در این حوزه‌ها را آشکار می‌سازد.

جدول ۱. یافته‌های اصلی مطالعات مرتبط با رویکرد طنز

موضوع	یافته‌ها	مرجع/مراجع
طنزپردازی در آموزش	بررسی انواع طنز آموزشی، بهبود یادگیری، انگیزه، جو کلاس، مشارکت فعال، طراحی آگاهانه طنز	Kumar, 2025
	ارائه طنز مرتبط با درس، افزایش انگیزه و توجه	Zhou & Lee, 2025
	افزایش مشارکت و تعامل به کمک طنز، بهبود یادگیری و انگیزه، جنبه‌های عاطفی و روان‌شناختی	Mohd Noor et al., 2024
	بهبود تعامل و عملکرد، افزایش مشارکت فعال	Abd Ullah et al., 2024
	کاهش کسالت، افزایش انگیزه، تقویت روابط مدرس-دانشجو	Ngai et al., 2025
سطح‌بندی محتوا	اهمیت آموزش در سطوح دشواری مختلف و یادگیری تدریجی در زمینه‌های پیچیده مثل پیل‌های سوختی و انرژی‌های نو	Abdul Jalil et al., 2024
	طراحی محتوای چندسطحی برای ماندگاری دانش پایه و تقویت حل مسئله	Ferdjallah et al., 2024; MacLeod & Van der Veen, 2020
تعامل در آموزش	به‌کارگیری روش‌های مشارکتی، تقویت ارتباط دانشجو-مدرس	Mansouri & Gavagsaz-Ghoachani, 2023; Gavagsaz-Ghoachani, 2022
	به‌کارگیری روش‌های مشارکتی برای فعال‌سازی محیط یادگیری	Muhangwa, 2023; Abedi et al., 2024
نواوری پژوهش حاضر: ترکیب هم‌زمان طنز آموزشی، سطح‌بندی محتوا و تعامل فعال در قالب یک چارچوب بومی (پ.ن.پ)		

مورد مهم بعدی در کنار طنز و سطح‌بندی محتوا، تعامل در آموزش است. در حوزه تعامل آموزشی، مطالعات گوناگونی انجام شده که نشان می‌دهد روش‌های مشارکتی می‌توانند ارتباط بین دانشجویان و مدرس را تقویت کنند (Mansouri & Gavagsaz-Ghoachani, 2023; Gavagsaz-Ghoachani, 2022) و محیط یادگیری را فعال‌تر کنند (Muhangwa, 2023; Abedi et al., 2024). نقاط قوت این مطالعات در تأکید بر جنبه‌های ارتباطی و اجتماعی یادگیری است، اما ضعف آنها در نپرداختن به ابزارهای فرهنگی بومی یا روش‌های غیررسمی است که می‌تواند تعامل را به شکلی طبیعی‌تر و مؤثرتر افزایش دهد. روش

«پ.ن.پ» به عنوان یک پدیده فرهنگی آشنا برای دانشجویان، می‌تواند در این زمینه نوآوری به شمار آید. باتوجه به این مبانی نظری، سازه‌های پرسش‌نامه پژوهش حاضر به گونه‌ای انتخاب شده است که ابعاد اصلی اثرگذاری روش «پ.ن.پ» را پوشش دهد. سازه «ماندگاری» بر نتایج پژوهش‌هایی استوار است که نشان می‌دهند طنز مرتبط با محتوا و طراحی چندسطحی مطالب، می‌تواند یادآوری و ماندگاری دانش را بهبود بخشد (Erdoğdu & Çakıroğlu, 2021; Ferdjallah et al., 2024; Abdul Jalil et al., 2024; et al., 2024). سازه «شناخت» بازتاب مطالعاتی است که بر بهبود درک مفهومی و تحلیل سیستم‌های پیچیده در قالب یادگیری فعال و معنادار تأکید می‌کنند (Bryce & Blown, 2024; Singh & Man- jaly, 2022; MacLeod & Van der Veen; 2020). سازه «روان‌شناختی» بر مستندات مربوط به نقش طنز و فعالیت‌های خلاقانه در کاهش اضطراب، افزایش انگیزه، برانگیختن کنجکاوی و تقویت لذت از یادگیری تکیه دارد (Kumar, 2025; Mohd Noor et al., 2024; Ngai et al., 2025). سازه «تعامل» نیز ادامه خط پژوهشی است که روش‌های مشارکتی و تعاملی را عامل تقویت ارتباطات دانشجو-دانشجو و دانشجو-مدرس معرفی می‌کند (Gavagsaz-Ghoachani, 2022; Mansouri & Gavagsaz-Ghoachani, 2023; Muhangwa, 2023; Abedi et al., 2024). درنهایت، سازه «محدودیت» برای سنجش پیامدهای ناخواسته احتمالی (مانند زمان بر شدن فرایند آموزش یا خطر دور شدن از موضوع اصلی) در نظر گرفته شده است تا ارزیابی روش «پ.ن.پ» بر پایه تصویری متوازن از مزایا و چالش‌ها انجام گیرد.

بررسی کلی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که اگرچه پژوهش‌های گوناگونی در زمینه طنز، طراحی چندسطحی محتوا و تعامل آموزشی انجام شده است، اما هنوز مطالعه‌ای که این عناصر را در قالب یک روش منسجم ترکیب کند و در زمینه‌ای تخصصی همچون مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر به کار گیرد، انجام نگرفته است. به عبارت دیگر، این رویکرد در قالب فعلی خود پیشینه مستقیمی در متون علمی ندارد و در این پژوهش برای نخستین بار تعریف و آزمون می‌شود. بااین حال، عناصر تشکیل‌دهنده آن هریک پشتوانه نظری مشخصی دارند؛ طنز آموزشی به عنوان ابزاری برای کاهش اضطراب و افزایش انگیزه و تعامل کلاسی (Erdoğdu & Çakıroğlu, 2021; Kumar, 2025; Mohd Noor et al., 2024; Ngai et al., 2025)، طراحی چندسطحی محتوا برای حرکت از مفاهیم ساده به پیچیده و کمک به ماندگاری و حل مسئله (Ferdjallah et al., 2024; MacLeod & Van der Veen, 2020; Abdul Jalil et al., 2024) و رویکردهای تعاملی برای تقویت ارتباطات آموزشی و مشارکت فعال دانشجویان (Gavagsaz-Ghoachani, 2022; Mansouri & Gavagsaz-Ghoachani, 2023; Muhangwa, 2023; Abedi et al., 2024) در مراجع مختلف بحث شده است. روش «پ.ن.پ» با سازمان‌دهی این ۳ مؤلفه در قالب پرسش‌های ساده و بدیهی همراه با پاسخ‌های طنزآمیز در ۳ سطح دشواری، تلاش می‌کند یک چارچوب بومی، منسجم و قابل اجرا در کلاس‌های مهندسی ارائه کند. در سطح ۱، یک پرسش بیان می‌شود که دارای نکته‌ای به نسبت بدیهی است. در سطح دوم روش آموزشی، پرسش مطرح شده نکته‌ای علمی دارد. پاسخ‌ها در

این سطح مشابه سطح یک است و فقط با بیان طنز همراه است. در سطح سوم که دشوارتر از دو سطح پیشین است، در پرسش و نیز در پاسخ مفاهیم علمی گنجانده شده است.

هدف از اجرای این روش ایجاد جذابیت، برانگیختن کنجکاوی و درگیری ذهنی دانشجویان با محتوای علمی است. این روش، به عنوان مطالعه موردی در حوزه مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر به کار گرفته شده است. این پژوهش علاوه بر سنجش اثر روش بر عملکرد تحصیلی دانشجویان از طریق روش شبه آزمایشی پیش‌آزمون-پس‌آزمون تک‌گروهی^۱، ابعاد مختلف یادگیری را نیز مورد توجه قرار می‌دهد. نوآوری اصلی پژوهش، در ادغام سه مؤلفه طنز آموزشی، طراحی چندسطحی محتوا و تعامل فعال در کلاس درسی است. این روش طی ۷ سال تحصیلی به کار گرفته شده و نتایج به دست آمده نشان‌دهنده کارآمدی و پایداری آن در محیط‌های آموزشی واقعی است. به این ترتیب، پژوهش حاضر می‌تواند الگویی کاربردی برای تقویت آموزش در رشته‌های پیچیده و میان‌رشته‌ای ارائه کند.

پژوهش حاضر در پی پاسخ‌گویی به این پرسش‌های اصلی است:

۱. روش «پ.ن.پ» چگونه با ادغام سه مؤلفه طنز آموزشی، طراحی چندسطحی محتوا و تعامل فعال در کلاس درس اجرا می‌شود؟

۲. روش «پ.ن.پ» چه تأثیری بر یادگیری و نمرات دانشجویان در مقایسه با روش سنتی دارد؟

۳. این روش تا چه اندازه می‌تواند ماندگاری ذهنی مفاهیم علمی را در دانشجویان تقویت کند؟

۴. روش پیشنهادی چه تأثیری بر جنبه‌های روان‌شناختی مانند انگیزه، کاهش اضطراب، افزایش کنجکاوی و ایجاد جذابیت در فرایند یادگیری دارد؟

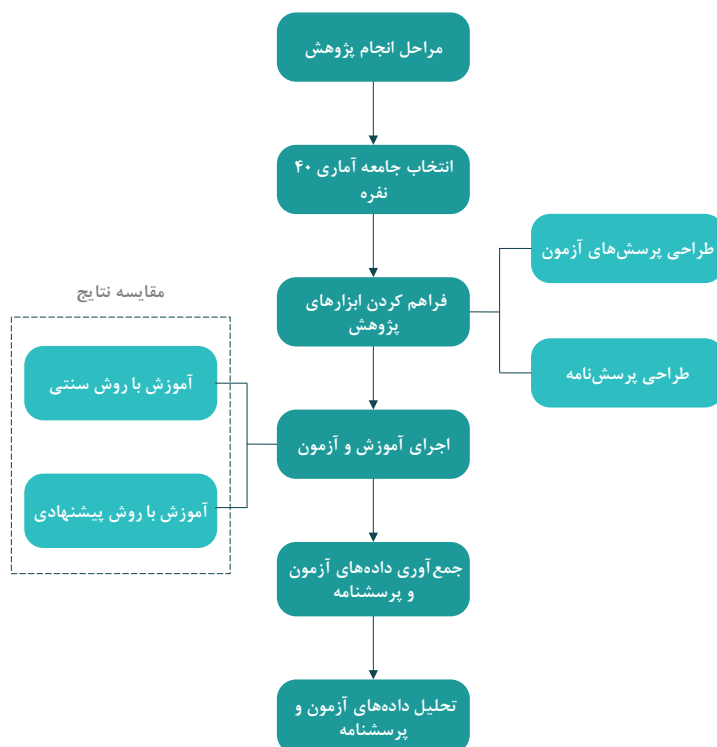
۵. این روش چه اثری بر سطح تعامل بین دانشجویان با یکدیگر و میان دانشجویان و مدرس دارد؟

ساختار این مقاله به این شرح است: پس از مقدمه، در بخش دوم روش‌شناسی پژوهش معرفی می‌شود. در بخش سوم، نتایج حاصل از اجرای مطالعه ارائه و تحلیل می‌شوند. بخش چهارم به نتیجه‌گیری و پیشنهاد کارهای آینده اختصاص یافته است.

۲. روش‌شناسی

شکل ۱، مراحل روش‌شناسی پژوهش حاضر را نشان می‌دهد که شامل مراحل انجام پژوهش، انتخاب جامعه و نمونه، فراهم کردن ابزارهای پژوهش، اجرای پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل داده‌هاست. این پژوهش از نوع شبه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون تک‌گروهی است. در این طرح یک گروه از دانشجویان مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر در مطالعه شرکت کردند و هر دانشجو نقش کنترل خود را ایفا کرد. در گام نخست، محتوای درس به روش سنتی (سخنرانی و توضیح مفهومی) ارائه شد و

آزمون کتبی به عنوان پیش‌آزمون برگزار شد. در گام دوم، پس از یک فاصله زمانی مشخص، همان گروه از دانشجویان همان محتوای درس را این بار به کمک روش «پ.ن.پ» دریافت کردند و آزمون مشابهی به عنوان پس‌آزمون اجرا شد. بدین ترتیب، تغییر نمرات پیش‌آزمون-پس‌آزمون به عنوان شاخص اثر روش «پ.ن.پ» بر عملکرد تحصیلی دانشجویان مورد تحلیل قرار گرفت. نبود گروه گواه مستقل یکی از محدودیت‌های این طرح است.



شکل ۱. مراحل روش‌شناسی پژوهش پیشنهادی

جامعه آماری این پژوهش شامل دانشجویان سه مقطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری رشته مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه شهید بهشتی بود. نمونه پژوهش شامل ۴۰ دانشجو بود که به صورت در دسترس انتخاب شدند. مشخصات جمعیت‌شناختی نمونه شامل رشته تحصیلی، مقطع تحصیلی و سال تحصیلی ثبت شد.

ابزارهای پژوهش در این مطالعه شامل آزمون عملکردی و پرسش‌نامه بود. آزمون عملکردی برای سنجش میزان یادگیری دانشجویان در قالب پیش‌آزمون-پس‌آزمون تک‌گروهی طراحی شد. برای ارزیابی یادگیری، آزمون کتبی انجام شد که شامل پرسش‌هایی بود که پاسخ‌های کوتاه و یک کلمه‌ای داشتند.

پیش‌آزمون پیش از اجرای روش پیشنهادی و پس‌آزمون پس از آن گرفته شد. این آزمون به منظور سنجش میزان اثر روش آموزشی طراحی شد. با هدف ارزیابی دیدگاه دانشجویان نسبت به روش آموزشی، پرسش‌نامه‌ای شامل ۵ سازه (ماندگاری، شناخت، روان‌شناختی، تعامل و محدودیت) و ۱۸ گویه طراحی شد. تمامی گویه‌ها بر اساس مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای (از «کاملاً مخالفم» تا «کاملاً موافقم» با گزینه ۳ «نظری ندارم») نمره‌گذاری شد.

ساختار این پرسش‌نامه (پیوست ۱) شامل سازه‌های ماندگاری (۳ گویه)، شناخت (۳ گویه)، روان‌شناختی (۶ گویه)، تعامل (۴ گویه) و محدودیت (۲ گویه) است. پرسش‌نامه از دو دیدگاه پایایی و روایی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اطمینان از اعتبار ابزار جمع‌آوری داده‌ها، پایایی پرسش‌نامه به کمک ضریب آلفای کرونباخ^۱ در نرم‌افزار SPSS سنجیده شد. پایایی کل پرسش‌نامه برابر با ۰/۸۲ بود که نشان‌دهنده پایایی خوب پرسش‌نامه است. همچنین آلفای کرونباخ برای سازه‌های پنج‌گانه به ترتیب برابر با ۰/۸۱، ۰/۷۹، ۰/۸۳، ۰/۸۷ و ۰/۷۲ برای سازه ماندگاری، شناخت، روان‌شناختی، تعامل و محدودیت به دست آمد. بنابراین می‌توان گفت که پرسش‌نامه از انسجام درونی مطلوبی برخوردار است.

نسخه اولیه پرسش‌نامه در اختیار چند نفر از اعضای هیئت علمی و مدرسان باتجربه در حوزه آموزش مهندسی و انرژی‌های تجدیدپذیر قرار داده شد و از آنها خواسته شد هر گویه را از نظر شفافیت نگارش، تناسب با سازه مربوط (ماندگاری، شناخت، روان‌شناختی، تعامل و محدودیت) و کفایت پوشش دهی ابعاد مورد نظر ارزیابی کنند. بر اساس بازخوردهای دریافتی، برخی عبارت‌ها به صورت جزئی بازنویسی شد و ترتیب یا فرم چند گویه اصلاح شد تا از وضوح بیشتر و هم‌خوانی‌شان با تعاریف نظری سازه‌ها اطمینان حاصل شود. نسخه نهایی پرسش‌نامه پس از تأیید این گروه از خبرگان، مبنای اجرای پژوهش و تحلیل‌های آماری قرار گرفت.

تحلیل داده‌ها به دو دسته اصلی تقسیم شد: ۱- تحلیل داده‌های آزمون‌ها و ۲- تحلیل داده‌های پرسش‌نامه. برای تحلیل داده‌های آزمون، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک^۲ و کولموگروف-اسمیرنوف^۳ بررسی شد. با توجه به نرمال نبودن داده‌ها، از آزمون ویلکاکسون^۴ برای مقایسه میانگین نمرات پیش‌آزمون-پس‌آزمون انجام شد و اندازه اثر دی کوهن^۵ و جی هجز^۶ محاسبه شد. به طریق مشابه، برای تحلیل پرسش‌نامه نیز نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک و کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. با توجه به نرمال نبودن داده‌ها، آزمون ویلکاکسون برای مقایسه پاسخ‌ها با گزینه «نظری ندارم» به کار گرفته شد. در گام بعدی، آمار توصیف شامل میانگین و انحراف معیار هر سازه محاسبه و در جدول نمایش داده شد.

روش پیشنهادی بر اساس طرح پرسش‌های ساده و پاسخ‌های طنزآمیز «پ.ن.پ» طراحی شده و

1- Cronbach's alpha
4- Wilcoxon

2- Shapiro-Wilk
5- Cohen's d

3- Kolmogorov-Smirnov
6- Hedges' g

شامل سه سطح دشواری متفاوت می‌شود:

- سطح ۱- پرسش بدیهی: پرسش‌هایی با نکات علمی ساده برای مرور مطالب درس.
- سطح ۲- پرسش نکته‌دار: پرسش‌هایی با نکات علمی مهم که نیاز به درک مفهومی دارند و پاسخ‌ها همراه با طنز ارائه می‌شود.
- سطح ۳- پرسش نکته‌دار و پاسخ نکته‌دار: سطح پیشرفته که در پرسش و پاسخ نکات علمی عمیق‌تری ارائه شده و امکان سنجش دقیق دانش دانشجویان فراهم می‌شود.

در این روش، دانشجویان در چارچوب این سه سطح، پرسش‌ها و پاسخ‌هایی را با نظارت مدرس طراحی می‌کنند. اجرای روش «پ.ن.پ» در مقطع کارشناسی شامل سطح ۱ و ۲ پرسش‌هاست؛ زیرا تمرکز بر آموزش مفاهیم پایه است. در مقاطع تحصیلات تکمیلی، پرسش‌های بیشتر از سطح ۳ انتخاب می‌شوند که جنبه تحلیلی-انتقادی دارند و ارتباط بیشتری با پژوهش و طراحی سیستم‌ها پیدا می‌کنند. در اجرای این روش، ۲۰ تا ۳۰ درصد زمان یک جلسه می‌تواند به فعالیت‌های «پ.ن.پ» اختصاص یابد. این روش مکمل تدریس اصلی است و نه جایگزین کامل آن؛ اگرچه امکان تبدیل کل محتوای درس به این روش وجود دارد، اما به کارگیری ۱۰۰ درصدی توصیه نمی‌شود؛ زیرا برای یادگیری عمیق نیاز به ترکیب با سایر روش‌های نوین آموزشی وجود دارد.

طنز به کارگرفته شده باید کاملاً مرتبط با موضوع علمی باشد و از طنزهای شخصی، فرهنگی یا تمسخرآمیز پرهیز می‌شود. هر پرسش باید سه معیار را رعایت کند: (۱) سادگی و بداهت در سطح اول، (۲) وجود یک نکته علمی معتبر در سطح دوم و (۳) حفظ ارتباط طنز با مفهوم علمی در سطح سوم. مدیریت کلاس در روش «پ.ن.پ» مبتنی بر ساختار مشخصی است که مانع از انحراف موضوع می‌شود. مدرس در ابتدای کلاس چارچوبی مشخص می‌کند که طنز تنها در قالب پرسش و پاسخ علمی مجاز است و از شوخی‌های خارج از موضوع جلوگیری می‌شود. مدرس با کنترل جریان گفت‌وگو اجازه نمی‌دهد فضای کلاس از محور علمی درس فاصله بگیرد. اجرای پرسش‌های طنزآمیز به گونه‌ای کنترل می‌شود که نظم کلاس حفظ شود. همچنین برای جلوگیری از انحراف موضوعی، پس از طرح هر پرسش جمع‌بندی علمی توسط مدرس ارائه می‌شود.

در یک مطالعه موردی، روش «پ.ن.پ» برای آموزش مفاهیم مرتبط با سامانه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به کار گرفته شد. پیل سوختی یکی از تجهیزات مهم در این حوزه است که با بهره‌گیری از واکنش شیمیایی بین یک سوخت (معمولاً هیدروژن) و اکسیژن انرژی الکتریکی تولید می‌کند (Afkar et al., 2021). برای پیاده‌سازی روش، ابتدا فهرستی از مفاهیم کلیدی مرتبط با پیل‌های سوختی (مانند ساختار الکتروشیمیایی، نقش کاتالیست و کارکرد غشا) و سایر اجزای سامانه‌های تجدیدپذیر مانند سامانه‌های فتوولتائیک^۱، مبدل‌های قدرت و توربین‌های بادی تهیه شد. سپس بر اساس این فهرست

و باتوجه به سه مؤلفه اصلی روش «پ.ن.پ» یعنی طنز، سطح بندی محتوا و تعامل، برای هر مفهوم مجموعه ای از پرسش های آموزشی طراحی شد و به هر پرسش پاسخی طنزآمیز و درعین حال حاوی نکته علمی اختصاص یافت تا امکان درگیری فعال دانشجویان با محتوا در سه سطح دشواری فراهم شود. چند نمونه از این پرسش ها ارائه شده است:

- سطح ۱ (پرسش بدیهی): در این سطح از روش آموزشی، یک پرسش بیان می شود که دارای نکته ای به نسبت بدیهی است.

■ مثال: آیا نام دیگر پیل سوختی زی مایه ای^۱، میکروبیال است؟

□ پاسخ طنز: «پ.ن.پ»! قارچيال است.

- سطح ۲ (پرسش نکته دار): در این سطح از روش آموزشی، پرسش مطرح شده نکته ای علمی دارد. پاسخ ها در این سطح مشابه سطح یک است و فقط با بیان طنز همراه است.

■ مثال: خروجی پیل سوختی غیر از برق، آبه دیگه؟ درسته؟

□ پاسخ طنز: «پ.ن.پ»! می خواستی نوشابه هم باشه؟

- سطح ۳ (پرسش نکته دار، پاسخ نکته دار): در این سطح که دشوارتر از دو سطح پیشین است، در پرسش و پاسخ یک مضمون علمی گنجانده شده است. این سطح علاوه بر مرور و آموزش برای آزمون نیز مناسب است.

■ مثال: در پیل های سوختی سلول ها را به صورت پشته (انباشته)، سری می بندن تا سطح ولتاژ زیاد بشه؟

□ پاسخ طنز: «پ.ن.پ»! سلول ها می خوان پشت هم باشن که اگه پدیده گلوله برفی (Afkar et al., 2021) رخ بده، همه با هم مقابله کنن!

نمونه های بیشتر در حوزه تجدیدپذیر برای سطح ۱، ۲ و ۳ به ترتیب در جدول ۲، جدول ۳ و جدول ۴ آمده است. در یک ستون پرسش ها و در ستون دیگر پاسخ طنز ارائه شده است.

جدول ۲. نمونه پرسش ها به همراه پاسخ های سطح ۱ در روش آموزشی پیشنهادی

شماره	پرسش	پاسخ
۱	خوارزمی ها/ الگوریتم ها در سامانه های فتوولتاییک، نقطه بیشینه توان را به دنبال می کنند تا بتونن بیشینه توان ممکن رو تولید کنند؟	«پ.ن.پ»، فضولن می خوان ببینن بیشینه توان کجا می ره! باکی می ره!
۲	برای حفظ پیل سوختی، از آسیب گرمای تولید شده، نیاز به سیستم خنک کننده هست؟	«پ.ن.پ»، پیل سوختی تب داره! دکتر گفته جاش خنک باشه، باشویه هم بشه!
۳	برای تقویت ولتاژ از مبدل بوست ^۲ بهره می گیریم؟	«پ.ن.پ»، باید بفرستیمش کلاس تقویتی!
۴	آب شیرین کن های خورشیدی از حرارت و برق خورشیدی بهره می گیرن؟	«پ.ن.پ»، شکر می ریزن تو آب هم می زنن تا شیرین بشه!

جدول ۳. نمونه پرسش‌ها به همراه پاسخ‌های سطح ۲ در روش آموزشی پیشنهادی

شماره	پرسش	پاسخ
۱	خروجی پیل سوختی، غیر از برق، آبه دیگه؟ درسته؟	«پ.ن.پ»، می‌خواستی نوشابه هم باشه؟
۲	در مزرعه‌های بادی، برای اینکه اثر دنباله آشفته ^۱ پره‌ها رو کاهش بدن، توربین‌ها رو با فاصله از هم نصب می‌کنند؟	«پ.ن.پ»، می‌خوان فاصله‌گذاری اجتماعی رو رعایت کنند، یه وقت کرونا نگیرند!
۳	مبدل‌های پشت‌به‌پشت ^۲ برای تنظیم بسامد ^۳ برق تولیدی سامانه بادی با بسامد شبکه و تنظیم سطح ولتاژ به کار برده می‌شن؟	«پ.ن.پ»، مبدل‌ها با هم قهرن به هم پشت می‌کنن تا با هم چشم‌توچشم نشن!
۴	این‌که سرعت باد در یک ارتفاع مشخص در ساحل نسبت به خشکی بیشتره موجب شده سامانه‌های فراساحلی رو در دریا بسازن؟	«پ.ن.پ»، تو ساحل چشم‌انداز قشنگ‌تره، می‌برن اونجا نصب می‌کنن!
۵	چون سایه‌اندازی روی سامانه‌های خورشیدی موجب کاهش بازدهی در تولید توان می‌شه، یک اثر نامناسب شناخته می‌شه؟	«پ.ن.پ»، پنل‌ها می‌خوان آفتاب بگیرن، سایه مزاحمه، نمی‌ذاره! ویتامین D هم بهشون نمی‌رسه.

جدول ۴. نمونه پرسش‌ها به همراه پاسخ‌های سطح ۳ در روش آموزشی پیشنهادی

شماره	پرسش	پاسخ
۱	برای اتصال سامانه خورشیدی به شبکه برق AC، باید در انتها اون رو به یک اینورتر متصل کنیم؟	«پ.ن.پ»، فقط به مبدل بوست وصل می‌کنیم، برق AC و DC نداره که! جفتش یکیه!
۲	در میکروگرید، منابع تولیدکننده برق که با DG نشون داده می‌شن به معنی Distributed Generation هستن؟	«پ.ن.پ»، دیزل ژنراتورن. آخه می‌دونن تازگی ها گاز و بنزین هم جزو منابع تجدیدپذیر حساب می‌شن!
۳	در پیل‌های سوختی، سلول‌ها رو به صورت پشته، سری می‌بندن تا سطح ولتاژ زیاد بشه؟	«پ.ن.پ»، سلول‌ها می‌خوان پشت هم باشن که اگه پدیده گلوله‌برفی خواست برا هر کدوم رخ بده، اجازه ندن!

اگرچه مطالعه موردی حاضر بر روی مفاهیم مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر متمرکز است، اما فرایند طراحی پرسش‌ها در روش «پ.ن.پ» را می‌توان به سادگی در سایر گرایش‌های مهندسی نیز به کار گرفت. تفاوت اصلی نه در خود ساختار سه سطحی پرسش‌ها، بلکه در نوع مفاهیم و شوخی‌های به کارگرفته شده در هر رشته است. در مهندسی برق و کنترل پرسش‌ها می‌توانند حول نشانک^۴‌ها، مدارها و پایداری سیستم‌ها شکل بگیرند؛ در مهندسی مکانیک محور پرسش‌ها می‌تواند ترمودینامیک، سیالات یا انتقال حرارت باشد؛ در مهندسی عمران مفاهیمی مانند پایداری سازه، بارگذاری یا مصالح می‌توانند بستر طراحی طنز آموزشی باشند. در همه این موارد اصل ثابت آن است که طنز باید کاملاً به مفهوم

1- Wake

2- Back to Back

۳- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه «فرکانس»

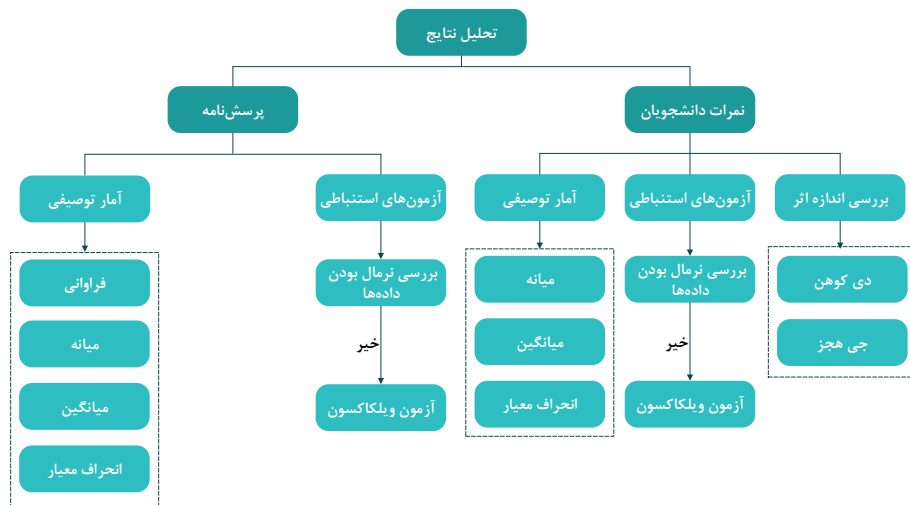
۴- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه «سیگنال»

علمی گره خورده باشد و پس از هر پرسش و پاسخ، جمع‌بندی رسمی مدرس ارائه شود. روش «پ.ن.پ» در درس‌های ریاضی و مباحث فرمول‌محور نیز کاربرد دارد و می‌تواند به‌طور ویژه برای به‌یادسپاری ساختار فرمول‌ها، معنای نمادها و کاهش اضطراب ناشی از مواجهه با روابط انتزاعی به کار رود؛ به شرط آنکه طنز مستقیماً به خود مفهوم علمی گره بخورد. برای نمونه، در مباحث ترمودینامیک، برای آموزش نمادها در رابطه $G = H - TS$ ، می‌توان پرسید «آیا در این معادله G انرژی آزاد گیبس است؟» و با پاسخ طنز «پ.ن.پ»، چون وثیقه نداشته انرژی زندانی گیبس است» توجه دانشجویان را به معنای نماد G جلب کرد و سپس به صورت رسمی توضیح داد که G انرژی آزاد گیبس و H آنتالپی، T دما و S آنتروپی است. به همین ترتیب، برای یادسپاری قانون اهم می‌توان پرسید «آیا قانون اهم ($V = IR$) می‌گوید ولتاژ حاصل ضرب جریان در مقاومت است؟» و پاسخ داد «پ.ن.پ»، دارد می‌گوید وطنم ایران» و با یک «رمزگشایی» ساده (در نظر گرفتن V به عنوان وطن و IR به عنوان ایران) یک تداعی پایدار ساخت و در ادامه جمع‌بندی کرد که V ولتاژ، I جریان و R مقاومت است. این نمونه‌ها نشان می‌دهند که در ریاضیات و روابط مهندسی نیز می‌توان از «پ.ن.پ» برای ایجاد تداعی‌های ذهنی پایدار، افزایش تمرکز و درگیرسازی فعال دانشجویان بهره گرفت، بدون آنکه دقت علمی محتوا کاهش یابد.

۳. یافته‌ها

مراحل تحلیل نتایج پژوهش در شکل ۲ نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تحلیل داده‌ها در دو بخش اصلی انجام شده: تحلیل داده‌های مربوط به پرسش‌نامه و تحلیل نمرات دانشجویان. هر یک از این بخش‌ها شامل مراحل و شاخص‌های مختلفی است که در ادامه بررسی خواهند شد. تحلیل نتایج در هر دو بخش به کمک نرم‌افزار SPSS 27 انجام شد. جامعه آماری پژوهش شامل ۴۰ دانشجوی رشته مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه شهید بهشتی بود. از بین ۴۰ نفر ۲۶ نفر دانشجوی کارشناسی، ۱۱ نفر کارشناسی ارشد و ۳ نفر دکتری بودند. در ادامه ابتدا تحلیل پرسش‌نامه، سپس تحلیل نمرات بررسی خواهد شد.

پرسش‌نامه شامل ۵ سازه (ماندگاری، شناخت، روان‌شناختی، تعامل و محدودیت) و ۱۸ گویه است که در پیوست ۱ ارائه شده است. تمام گویه‌ها براساس مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای (از «کاملاً مخالفم» تا «کاملاً موافقم» با گزینه ۳ «نظری ندارم») نمره‌گذاری شده‌اند. نخست، برای درک کلی، آمار توصیفی مربوط به سازه‌ها ارائه می‌شود. سپس در ادامه برای بررسی دقیق پرسش‌نامه، گویه‌های هر سازه مورد تحلیل قرار می‌گیرد. میانگین، میان و انحراف معیار هر یک از سازه‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است. سازه روان‌شناختی با میانگین $4/15$ بیشترین مقدار را دارد که نشان‌دهنده رضایت یا شدت بالاتر در این سازه است. پس از آن، تعامل با میانگین $4/13$ و ماندگاری با $4/05$ قرار دارند که حاکی از اثر مثبت روش پیشنهادی بر جنبه‌های انگیزشی، کاهش اضطراب، کنجکاوی و تعامل کلاسی است. کمترین میانگین



شکل ۲. مراحل تحلیل نتایج پژوهش

مربوط به سازه محدودیت با مقدار $3/01$ است که نشان می‌دهد دانشجویان محدودیت‌های جدی برای روش پیشنهادی قائل نشده یا این محدودیت‌ها متوسط ارزیابی شده‌اند. میان‌ه برای همه سازه‌ها نزدیک به میانگین است که بیانگر توزیع متقارن داده‌ها در هر سازه است. مقادیر انحراف معیار بین $0/55$ تا $0/67$ نشان‌دهنده پراکندگی متوسط داده‌ها در هر سازه است. سازه تعامل و محدودیت انحراف معیار کمی بیشتر دارد که نشان می‌دهد تنوع پاسخ‌ها در این دو سازه کمی بیشتر است.

فراوانی پاسخ دانشجویان به هر گویه در جدول ۶ نشان داده شده است، توزیع پاسخ‌ها در چهار سازه اصلی «ماندگاری»، «شناخت»، «روان‌شناختی» و «تعامل» به‌طور کلی به سمت گزینه‌های «موافقم / کاملاً موافقم» متمایل است. در سازه ماندگاری، درصد بالای موافقت در هر سه گویه (۸۰ تا ۹۲/۵ درصد) نشان می‌دهد دانشجویان این شیوه را در ماندگاری مفاهیم مؤثر دانسته‌اند. در سازه شناخت نیز بیشتر بودن پاسخ‌های موافق (۶۰ تا ۷۷/۵ درصد) بیانگر آن است که روش پیشنهادی در مجموع به بهبود درک مفهومی و شناختی کمک کرده و بخشی از پاسخ‌های خنثی می‌تواند ناشی از دشواری قضاوت دقیق درباره برخی جنبه‌های شناختی یا نیاز به تجربه زمانی بیشتر باشد.

در سازه روان‌شناختی، سطح موافقت بسیار بالا (۷۵ تا ۹۵ درصد) حاکی از آن است که روش «پ. ن. پ.» به افزایش جذابیت، انگیزه، کنجکاوی و کاهش اضطراب کمک کرده است. همچنین نتایج سازه تعامل، با موافقت بالا در گویه‌های ۱۳ تا ۱۵ (حدود ۸۵ تا ۸۷/۵ درصد) و بیشتر بودن موافقت حتی در گویه ۱۶ نشان می‌دهد این روش به‌طور کلی فضای مشارکتی کلاس و ارتباط دانشجویان و دانشجو-مدرس را تقویت کرده است. در مورد سازه محدودیت نیز مشاهده می‌شود که پاسخ‌ها به سمت تأیید محدودیت‌ها میل نمی‌کند و بیشتر دانشجویان با گزاره‌های محدودیت‌محور مخالف‌اند؛ بنابراین

می‌توان نتیجه گرفت که از نگاه دانشجویان این روش در مجموع با محدودیت‌های بازدارنده جدی همراه نبوده و ارزیابی کلی آنان نسبت به کارآمدی و پیامدهای آن مثبت است.

جدول ۵. آمار توصیفی سازه‌ها

سازه	میانگین	میانه	انحراف معیار
ماندگاری	۴/۰۵	۴/۱۰	۰/۵۷
شناخت	۳/۸۵	۳/۸۷	۰/۵۶
روان‌شناختی	۴/۱۵	۴/۲۲	۰/۵۵
تعامل	۴/۱۳	۴/۲۶	۰/۶۶
محدودیت	۳/۰۱	۳/۰۶	۰/۶۷

جدول ۶. فراوانی پاسخ‌ها

سازه	گویه	کاملاً مخالفم	مخالفم	نظری ندارم	موافقم	کاملاً موافقم
ماندگاری	۱	۰	۲	۱	۲۴	۱۳
	۲	۱	۳	۴	۲۳	۹
	۳	۱	۱	۵	۱۹	۱۴
شناخت	۴	۰	۲	۱۴	۱۸	۶
	۵	۰	۲	۸	۲۴	۶
	۶	۰	۱	۸	۱۷	۱۴
روان‌شناختی	۷	۱	۲	۱	۱۵	۲۱
	۸	۰	۰	۲	۱۸	۲۰
	۹	۱	۱	۷	۲۲	۹
	۱۰	۱	۴	۵	۱۶	۱۴
	۱۱	۰	۱	۲	۱۸	۱۹
تعامل	۱۲	۰	۴	۶	۱۷	۱۳
	۱۳	۰	۲	۴	۱۸	۱۶
	۱۴	۰	۱	۴	۱۹	۱۶
	۱۵	۱	۱	۳	۱۹	۱۶
	۱۶	۲	۳	۹	۱۳	۱۳
محدودیت	۱۷	۰	۸	۸	۱۵	۹
	۱۸	۴	۲۰	۱۱	۵	۰

برای تحلیل پرسش‌نامه انتخاب آزمون آماری مناسب ضروری است. برای انتخاب آزمون مناسب ابتدا نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، دو آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک به کار گرفته شد. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک که برای نمونه‌های کوچک‌تر از

۵۰ معتبرتر است، نشان داد که سازه‌های ماندگاری، شناخت و روان‌شناختی دارای توزیع نرمال هستند ($p > 0/05$). اما متغیرهای تعامل و محدودیت از نرمال بودن توزیع تبعیت نمی‌کنند ($p < 0/05$). بنابراین، باتوجه‌به نتایج متناقض آزمون‌های به‌هنگار و نیز برای همخوانی با تحلیل‌های پیشین انجام‌شده، برای مقایسه‌های زوجی از آزمون ناپارامتری ویلکاکسون بهره‌گرفته شد تا نتایج مقاوم‌تر نسبت به فرض نرمال بودن باشند.

آزمون ویلکاکسون برای مقایسه پاسخ‌های دانشجویان در هر سازه با گزینه «۳ = نظری ندارم» انجام شد. نتایج (جدول ۷) نشان داد که در چهار سازه ماندگاری، شناخت، روان‌شناختی و تعامل تفاوت معناداری با گزینه «نظری ندارم» وجود دارد (Z بزرگ و $p < 0/001$) که نشان‌دهنده موضع‌گیری قوی و پاسخ‌دهی روشن دانشجویان نسبت به این ابعاد است. اما در سازه محدودیت تفاوت معناداری مشاهده نشد؛ که بیانگر این است دانشجویان به‌طور کلی محدودیت‌های مهمی را در روش احساس نکرده‌اند یا پراکندگی نظرات دانشجویان نسبت به این سازه زیاد است.

جدول ۷. نتایج آزمون ویلکاکسون برای مقایسه پاسخ‌ها با گزینه «۳ = نظری ندارم»

سازه	آماره Z	مقدار معناداری (p)	نتیجه آزمون
ماندگاری	-۵/۳۵۵	۰/۰۰۰	تفاوت معنادار
شناخت	-۵/۲۳۰	۰/۰۰۰	تفاوت معنادار
روان‌شناختی	-۵/۴۵۴	۰/۰۰۰	تفاوت معنادار
تعامل	-۵/۲۵۴	۰/۰۰۰	تفاوت معنادار
محدودیت	-۰/۱۲۳	۰/۹۰۲	تفاوت معنادار نیست

برای بررسی اثر روش آموزشی پیشنهادی بر عملکرد تحصیلی دانشجویان، ابتدا شاخص‌های توصیفی نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون محاسبه شد. نتایج در جدول ۸ ارائه شده‌است. میانگین نمرات از ۱۳/۶۵ در پیش‌آزمون به ۱۵/۶۵ در پس‌آزمون افزایش یافته است، که نشان‌دهنده ارتقای سطح عملکرد دانشجویان پس از اجرای روش است. مقدار میانه نیز از ۱۴ به ۱۷ افزایش یافته است. این افزایش در شاخص میانه نشان می‌دهد که بیشتر دانشجویان، نه فقط میانگین گروه، عملکرد بهتری داشته‌اند. افزایش انحراف معیار از ۲/۶۵ در پیش‌آزمون به ۳/۶۲ در پس‌آزمون بیانگر آن است که دامنه نمرات در پس‌آزمون گسترده‌تر شده است؛ به عبارت دیگر، هرچند به‌طور کلی عملکرد بهبود یافته، اما تفاوت فردی در یادگیری نیز بیشتر شده است.

برای بررسی نرمال بودن توزیع نمرات پیش‌آزمون-پس‌آزمون، از دو آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک بهره‌گرفته شد. نتایج هر دو آزمون نشان داد که توزیع نمرات پیش‌آزمون-پس‌آزمون نرمال نیست ($p < 0/05$). بنابراین، برای تحلیل‌های آماری مربوط به مقایسه پیش‌آزمون-پس‌آزمون بهتر است از آزمون‌های ناپارامتریک مانند ویلکاکسون بهره‌گرفته شود. برای بررسی تفاوت نمرات پیش‌آزمون-پس‌آزمون

دانشجویان، از آزمون ناپارامتریک ویلکاکسون بهره گرفته شد. نتایج (جدول ۹) این آزمون نشان داد که تفاوت معناداری بین نمرات پیش آزمون-پس آزمون وجود دارد. از ۴۰ دانشجو، ۳۱ نفر در پس آزمون نمره بالاتری نسبت به پیش آزمون کسب کردند، ۹ نفر کاهش نمره داشتند و موردی برابر مشاهده نشد.

جدول ۸. آمار توصیفی نمرات پیش آزمون و پس آزمون تک گروهی

آزمون	میانگین	میانه	انحراف معیار
پیش آزمون	۱۳/۶۵	۱۴	۲/۶۵
پس آزمون	۱۵/۶۵	۱۷	۳/۶۲

جدول ۹. نتایج آزمون ویلکاکسون برای مقایسه نمرات پیش آزمون-پس آزمون

آزمون	آماره Z	مقدار معناداری (p)	پس آزمون < پیش آزمون	پس آزمون > پیش آزمون	پس آزمون = پیش آزمون
پیش-پس آزمون	-۳/۶۵۹	۰/۰۰۰	۳۱	۹	۰

جدول ۱۰. مقادیر اندازه اثر کوهن و هجز برای تفاوت پیش آزمون-پس آزمون

شاخص	مقدار شاخص	بازه اطمینان ۹۵٪ (پایین)	بازه اطمینان ۹۵٪ (بالا)	تفسیر
دی کوهن	۲/۹۹	-۱/۰۰۷	-۰/۳۲۱	اثر بسیار بزرگ
جی هجز	۳/۰۲	-۰/۹۹۸	-۰/۳۱۸	اثر بسیار بزرگ

برای بررسی شدت اثر مداخله آموزشی بر نمرات دانشجویان از شاخص اندازه اثر دی کوهن و جی هجز بهره گرفته شد. نتایج جدول ۱۰ نشان داد که مقدار اندازه اثر بر اساس دی کوهن برابر با ۲/۹۹ و بر اساس جی هجز برابر با ۳/۰۲ به دست آمده است. باتوجه به معیارهای استاندارد کوهن (۰/۲) = کوچک، ۰/۵ = متوسط و ۰/۸ = بزرگ، مقدار به دست آمده در این پژوهش بزرگتر از این مقادیر بوده و نشان دهنده یک اثر بسیار بزرگ آموزشی است. همچنین، بازه اطمینان ۰/۹۵ نیز نشان می دهد که این اثر معنادار و باثبات بوده است (تمام مقادیر در بازه اطمینان در ناحیه منفی قرار دارند؛ باتوجه به اینکه تفاوت ها به صورت پیش آزمون-پس آزمون محاسبه شده اند، این منفی بودن نشانه افزایش نمره در پس آزمون است).

۴. نتیجه گیری

پژوهش حاضر به بررسی اثر روش آموزشی «پ.ن.پ» بر فرایند یادگیری دانشجویان مهندسی انرژی های تجدیدپذیر پرداخت. یافته ها به روشنی نشان دادند که این روش با ترکیب طنز، سطح بندی محتوای آموزشی و ایجاد فضایی تعاملی توانسته است چالش های ذاتی آموزش در رشته های میان رشته ای را تا حد زیادی برطرف سازد. نخستین دستاورد این مطالعه، ارتقای معنادار عملکرد تحصیلی دانشجویان بود که نشان دهنده کارآمدی روش در آسان سازی یادگیری مفاهیم پیچیده و تخصصی است. دومین

دست‌آورد بهبود چشمگیر ابعاد روان‌شناختی یادگیری بود؛ به‌گونه‌ای که دانشجویان از کاهش اضطراب، افزایش انگیزه و جذابیت بیشتر کلاس‌ها گزارش داده‌اند. طنز به‌عنوان یک محرک عاطفی مثبت توانسته است فرایند یادگیری را از حالت خشک و منفعل خارج کرده و به تجربه‌ای فعال و لذت‌بخش بدل سازد. علاوه بر این، نتایج پرسش‌نامه نشان داد که ماندگاری مطالب در ذهن دانشجویان تقویت شده و مرور مفاهیم علمی با بهره‌گیری از پرسش‌ها و پاسخ‌های طنزآمیز ساده‌تر و اثربخش‌تر بوده است. تعامل میان دانشجویان و همچنین بین دانشجویان و مدرس نیز به شکل محسوسی افزایش یافت و فضای یادگیری صمیمانه‌تر و مشارکتی‌تر شد. این امر به‌ویژه در رشته‌های مهندسی که گاهی آموزش آنها به دلیل پیچیدگی‌های فنی و نظری با فاصله عاطفی میان مدرس و دانشجو همراه است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

بیشترین میانگین مربوط به سازه روان‌شناختی با مقدار $4/15$ است و پس از آن سازه‌های تعامل ($4/13$) و ماندگاری ($4/05$) قرار می‌گیرند؛ در حالی که سازه شناخت ($3/85$) و به‌ویژه سازه محدودیت ($3/01$) در سطح پایین‌تری قرار دارند. این الگو نشان می‌دهد که پایدارترین و قوی‌ترین اثر روش «پ.ن.» در تجربه دانشجویان، ابتدا بر جنبه‌های روان‌شناختی یادگیری و سپس بر تعامل کلاسی بوده است و به‌طور هم‌زمان ماندگاری مفاهیم را نیز تقویت کرده است. از منظر نظری، این موضوع با ماهیت طنزآمیز و تعاملی روش هم‌خوان است؛ زیرا انتظار می‌رود چنین رویکردی در گام نخست فضای عاطفی و ارتباطی کلاس را دگرگون کند و از این مسیر، زمینه را برای یادگیری عمیق‌تر مفاهیم فراهم سازد. پایین بودن میانگین سازه محدودیت نیز نشان می‌دهد که دانشجویان، در مجموع، محدودیت جدی و ماندگاری برای این روش احساس نکرده‌اند.

در این پژوهش، طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون تک‌گروهی بدون گروه گواه مستقل به کار گرفته شد. بنابراین امکان تفکیک کامل اثر روش «پ.ن.» از سایر عوامل (مانند تجربه پیشین دانشجویان با محتوا یا اثرات زمانی) وجود ندارد و تفسیر نتایج با احتیاط انجام شد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده از طرح‌های چندگروهی و مقایسه‌ای (شامل گروه گواه) بهره گرفته شود تا ارزیابی دقیق‌تری از کارآمدی روش به دست آید. از دیگر مسیرهای پیشنهادی برای پژوهش‌های آینده، بهره‌گیری هدفمند از ابزارهای هوش مصنوعی در طراحی تصویری پرسش‌ها و پاسخ‌های طنزآمیز برای تقویت جذابیت روش «پ.ن.» است.

سپاسگزاری

از آقای امیرحسین منصوری برای مشارکت مؤثر در طراحی و اجرای بخش‌هایی از این پژوهش و همچنین از دانشجویان دانشگاه شهید بهشتی که با همکاری و بازخوردهای ارزشمند خود در اجرای فعالیت‌های آموزشی و تکمیل ابزارهای پژوهش نقش داشتند، قدردانی می‌شود.

References

- Abd Ullah, S., Khan, S., & Uddin, F. (2024). Humor as a teaching strategy: Exploring its effect on learner's motivation and performance. *International Journal of Contemporary Issues in Social Sciences*, 3(3), 3087–3105.
- Abdul Jalil, N. F., Hasran, U. A., Mat Noor, S. F., & Norman, M. H. (2024). A review of game-based learning in fuel cell education for secondary students. *Malaysian Journal of Chemical Engineering and Technology (MJCET)*, 7(2), 237–256.
- Abedi, E. A., Ackah-Jnr, F. R., & Ametepey, A. K. (2024). Learning through informal spaces for technology integration: Unpacking the nature of teachers' learning and its implications for classroom pedagogy. *Education 3-13*, 1–16.
- Afkar, M., Gavagsaz-Ghoachani, R., Phattanasak, M., & Pierfederici, S. (2021). Commandable areas of a modular converter for DC voltage imbalance mitigation in fuel cell systems. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 48, 101664.
- Bryce, T. G. K., & Blown, E. J. (2024). Ausubel's meaningful learning re-visited. *Current Psychology*, 43(5), 4579–4598.
- Erdoğan, F., & Çakıroğlu, Ü. (2021). The educational power of humor on student engagement in online learning environments. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 16(1), 9.
- Ferdjallah, M., Sardahi, Y., & Salem, A. (2024). Curriculum design for wind and solar energy education. *ASEE North*.
- Gavagsaz-Ghoachani, R. (2022). Designing and applying similarity and contradiction cards for image creation in engineering education and student assessment. *Iranian Journal of Engineering Education*, 24(95), 131–152, [in Persian].
- Hoople, G. D., Chen, D. A., Lord, S. M., Gelles, L. A., Bilow, F., & Mejia, J. A. (2020). An integrated approach to energy education in engineering. *Sustainability*, 12(21), 9145.
- Kumar, P. (2025). Humour in educational settings: An exploratory study. *The European Journal of Humour Research*, 13(2), 240–256.
- Li, J., & Xue, E. (2023). Dynamic interaction between student learning behaviour and learning environment: Meta-analysis of student engagement and its influencing factors. *Behavioral Sciences*, 13(1), 59.
- MacLeod, M., & Van der Veen, J. T. (2020). Scaffolding interdisciplinary project-based learning: A case study. *European Journal of Engineering Education*, 45(3), 363–377.
- Mansouri, A., & Gavagsaz-Ghoachani, R. (2023). A creative engineering method for sustainable simulation of engineering systems in software environments. *Iranian Journal of Engineering Education*, 25(100), 63–81, [in Persian].
- Mohd Noor, N. H., Mohamad Fuzi, A., & Samsuri, N. N. (2024). Learning through laughter: Humor and its effects on student enjoyment & engagement in research classroom. *Journal of Creative Practices in Language Learning and Teaching (CPLT)*, 12(3), 129–149.
- Motahhar, S. (2024). The role of entrepreneurship in energy engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, 26(102), 103–117, [in Persian].
- Motahhar, S., & Alemnajabi, A. A. (2016). Renewable energy education in Iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 18(69), 77–90, [in Persian].
- Muhangwa, G. (2023). Effects of participatory teaching methods on students' learning of mathematics and biology subjects in Tanzania. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 49(4), 306–316.
- Ngai, C. S. B., Singh, R. G., Huang, Y., Ho, J. W. Y., Khong, M. L., Chan, E., ... & Koon, A. C. (2025). Development of a systematic humor pedagogical framework to enhance student learning outcomes across different disciplines in Hong Kong. *International Journal of Educational Research Open*, 8, 100438.
- Singh, A., & Manjaly, J. A. (2022). Using curiosity to improve learning outcomes in schools. *SAGE Open*, 12(1), 21582440211069392.

- Wibowo, S., Wangid, M. N., & Firdaus, F. M. (2025). The relevance of Vygotsky's constructivism learning theory with the differentiated learning primary schools. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 19(1), 431-440.
- Xue, L. (2024). Innovative interdisciplinary models in engineering education: Transforming practices across global universities. *Engineering Education Review*, 2(3), 129-144.
- Yotta, E. G. (2023). Accommodating students' learning styles differences in English language classroom. *Heliyon*, 9(6).
- Zhou, W., & Lee, J. C. (2025). Teaching and learning with instructional humor: A review of five-decades research and further direction. *Frontiers in Psychology*, 16, 1445362.

پیوست ۱. پرسش‌نامه پژوهش

سازه اول: ماندگاری

- پرسش ۱: روش «پ.ن.پ» موجب افزایش ماندگاری ذهنی محتوای آموزشی می‌شود.
- پرسش ۲: این روش بخش قابل توجهی از محتوای آموزشی را برای مرور دانشجویان پوشش می‌دهد.
- پرسش ۳: مرور مطالب به کمک این روش آسان‌تر از روش‌های سنتی است.

سازه دوم: شناخت

- پرسش ۴: این روش موجب ارتقای شناخت اولیه اجزای محتوای آموزشی می‌شود.
- پرسش ۵: روش پیشنهادی شناخت عملکرد سیستم مورد مطالعه را بهبود می‌بخشد.
- پرسش ۶: طراحی سه سطحی روش «پ.ن.پ» ساختاری مناسب و هدفمند دارد.

سازه سوم: روان‌شناختی

- پرسش ۷: روش «پ.ن.پ» برای دانشجویان تازه‌کار موجب کاهش ترس از محتوای جدید می‌شود.
- پرسش ۸: طنز به کاررفته در این روش جذابیت محتوای آموزشی را افزایش می‌دهد.
- پرسش ۹: این روش کنجکاوی دانشجویان را برای پیگیری مطالب علمی برمی‌انگیزد.
- پرسش ۱۰: به کارگیری این روش بی‌انگیزگی دانشجویان نسبت به درس را کاهش می‌دهد.
- پرسش ۱۱: این روش احتمال بروز خلاقیت در یادگیری را تقویت می‌کند.
- پرسش ۱۲: طنز در روند یادگیری موجب تمرکز بیشتر دانشجویان می‌شود.

سازه چهارم: تعامل

- پرسش ۱۳: روش پیشنهادی تعامل بین دانشجویان را افزایش می‌دهد.
- پرسش ۱۴: این روش موجب ارتقای تعامل میان دانشجویان و ارائه‌دهندگان آموزشی می‌شود.
- پرسش ۱۵: این روش تعامل میان دانشجویان و استاد درس را تقویت می‌کند.
- پرسش ۱۶: به کارگیری این روش در ارزیابی‌ها امکان تقلب را دشوارتر می‌سازد.

سازه پنجم: محدودیت

- پرسش ۱۷: به کارگیری این روش فرایند آموزش را طولانی‌تر می‌کند.
- پرسش ۱۸: به کارگیری این روش می‌تواند موجب فاصله گرفتن از موضوع اصلی آموزش شود.



◀ **رقیه گوگ‌ساز قوچانی:** مدرک کارشناسی ارشد خود را از مؤسسه ملی پلی تکنیک لورن (INPL)، نانسی فرانسه، در سال ۲۰۰۷، و دکترای خود را از دانشگاه لورن فرانسه (Université de Lorraine)، در ۲۰۱۲، هر دو در رشته مهندسی برق، دریافت کرد. در حال حاضر، عضو هیئت علمی گروه مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه شهید بهشتی تهران است و در مقام پژوهشگر با آزمایشگاه‌های تحقیقاتی LEMTA و GREEN فرانسه همکاری دارد. علایق پژوهشی او شامل مطالعه پایداری و کنترل مبدل‌های الکترونیک قدرت در سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر، از قبیل فتوولتایک، پیل سوختی و ریزشبکه، و نیز آموزش مهندسی با رویکردهای نوین، از قبیل استیم، است.



◀ **سامان پیره‌بابی:** مدرک کارشناسی مهندسی برق - قدرت را از دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (سال ۲۰۱۶) و مدرک کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت را از دانشگاه علم و صنعت ایران (سال ۲۰۲۲) دریافت کرد. وی هم‌اکنون دانشجوی دوره دکتری مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر در دانشگاه شهید بهشتی است. علایق پژوهشی او شامل الکترونیک قدرت، تحلیل پایداری و کنترل ریزشبکه‌ها، مبدل‌های الکترونیک قدرت در سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر و آموزش مهندسی است.

ارائه مدل آموزش فنی و مهندسی مبتنی بر فناوری برای ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای شرکت‌های خدمات‌دهنده نفت و گاز

مریم بهی‌فر^۱، محمدرضا رضوی^۲ و پریوش جعفری^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۴/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۴

DOI: 10.22047/ijee.2026.532099.2182

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.6.1

چکیده: استفاده از فناوری برای آموزش و یادگیری کارکنان نقش بسزایی در پیشرفت حرفه‌ای آنها دارد. هدف تدوین مدل آموزش فنی و مهندسی مبتنی بر فناوری برای ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای است. جهت دستیابی به هدف از آبرانگاره مصلحت‌گرایی و رویکرد آمیخته با طرح اکتشافی متوالی استفاده شد. برای گردآوری داده‌ها ۱۷ مصاحبه نیمه‌ساختمند با خبرگان صنعتی و دانشگاهی به روش هدفمند انجام شد و تحلیل محتوای آشکار و پنهان با فن تحلیل مقوله‌ای به کار گرفته شد تا ۱۵ سازه شکل گرفت. داده‌های بخش کمی با انتخاب هدفمند ۳۷ خبره و تکمیل پرسش‌نامه ماتریس مقایسات زوجی (۱۵*۱۵) گردآوری شدند. در ادامه، نخست با روش دیمتل فازی روابط میان سازه‌ها تبیین، با روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری، سطح‌بندی و مدل نهایی ارائه شد. یافته‌ها نشان داد فناوری زنجیره‌بلوکی در تأیید صلاحیت‌ها، اینترنت اشیا، صنعتی در آموزش، هوش مصنوعی و تحلیل یادگیری، واقعیت مجازی و افزوده و زیرساخت‌های یادگیری رقمی/دیجیتال بر نظام آموزش فنی و مهندسی تأثیر می‌گذارند. یادگیری عمیق و تثبیت دانش، مشارکت و درگیری یادگیرندگان و انتقال یادگیری به محیط کار بر توانمندسازی خدمات‌دهندگان و خودکارآمدی فناوریانه تأثیر می‌گذارند. شایستگی‌های فناوریانه، شایستگی‌های مسأله‌محور و شایستگی‌های ارتباطی-تعاملی به شایستگی‌های حرفه‌ای خدمات‌دهندگان منتهی شد.

واژگان کلیدی: آموزش فنی و مهندسی، فناوری محوری، شایستگی‌های حرفه‌ای، خدمات‌دهندگان نفت و گاز

۱- دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی، گروه مدیریت تکنولوژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

m.behifar@gmail.com

۲- استادیار گروه مدیریت تکنولوژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) mrazzavi@yahoo.com

۳- استاد گروه مدیریت آموزشی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. pjaafari@yahoo.com

۱. مقدمه

پیشرفت سریع فناوری به تحولات چشمگیری در حوزه‌های مختلف وجودی بشر، از جمله حوزه آموزش، منجر شده است (Kalyani, 2024). جهان در حال گذار از پدیده‌های نوین اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و سیاسی است که با ماهیت عدم قطعیت، پیچیدگی و رقابت این دوران، موقعیت متفاوتی ایجاد شده و مرزهای بین حوزه‌های فیزیکی و رقمی/دیجیتال از بین رفته است. در چنین شرایطی دیدگاه و واکنش افراد اثرات مثبت و منفی در محیط ایجاد می‌کند. با این فرض، شرکت‌ها موظف‌اند که با توجه به توانمندی‌های خود بهترین شیوه‌ها و ظرفیت‌ها را تقویت کنند. این ظرفیت‌ها همان عوامل کلیدی هستند که توانایی استخراج منابع و امکان کسب مهارت‌ها را فراهم می‌کنند تا بتوانند مزایای رقابتی متمایزکننده کسب کنند (Martini et al., 2024). مدیریت راهبردی منابع انسانی بر انتخاب افراد با ویژگی‌هایی که با نیازهای کسب و کار سازگارند، نظارت دارد تا از هزینه‌های خطا جلوگیری کنند و در جست‌وجوی رقابت‌پذیری باشد (Rony et al., 2024). بنابراین، مدیریت منابع انسانی براساس شایستگی‌ها مطرح شده و بر ارزش ناملموسی که استعداد از طریق دانش، مهارت‌ها و توانایی‌های خود دارد و قادر به بیان اصول، فلسفه و راهبردهای یک سازمان است، تأکید می‌کند. پژوهش‌های انجام شده مانند (Chukwuka & Dibia, 2024; Rony et al., 2024; Awaludin et al., 2024; Zhang, 2022) سال‌هاست که مدیریت منابع انسانی براساس شایستگی‌ها را به روش‌های مختلف مطالعه کرده‌اند و بر اهمیت آن برای توسعه فردی و اجتماعی و تأثیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی آن، که بخشی از مدیریت منابع انسانی در انقلاب صنعتی چهارم را تشکیل می‌دهند، تأکید می‌کنند.

روندهای آموزش فنی و مهندسی برای بهبود شایستگی افراد دستخوش تغییر شده است و همسویی آموزش فنی و مهندسی با فناوری‌های نوین نقشی کلیدی در توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای افراد ایفا می‌کند (Bamri et al., 2022). بیش از ۹ دهه آموزش فنی و مهندسی در ایران با فراز و فرودهای بسیاری مواجه بوده است (Memarian, 2024). امروزه، با توسعه فناوری‌های رقمی/دیجیتال آموزش‌ها هم باید با این تحولات هماهنگ و همگام شوند. تحولی که روش‌های آموزش را دگرگون و ماهیت مهارت‌های موردانتظار را بازتعریف کرده است (Sahluddin & Sotoudeh, 2024). همچنین، تجربه زیسته مهندسان نشان از نقش کلیدی فناوری در نوآوری و ارتقای کیفیت آموزش دارد (Shahgoli et al., 2024). بنابر آنچه ذکر شد، سازگاری با تحولات فناورانه در آموزش فنی و مهندسی یکی از دغدغه‌های بنیادی نظام آموزش مهندسی است. بهره‌گیری نظام آموزشی از فناوری‌های نوین مانند شبیه‌سازها، محیط‌های یادگیری تعاملی، سامانه‌های مدیریت یادگیری و آزمایشگاه‌های مجازی سبب تربیت منابع انسانی با توانمندی تفکر انتقادی، توان حل مسئله و سازگاری فناورانه خواهد شد (Bernabei et al., 2023).

از این جهت، می‌توان انتظار داشت که بازنگری مناسب در رویکردهای آموزشی و حرکت به سوی الگوهای یادگیری فناوری محور، تضمین‌کننده آینده آموزش‌های فنی و مهندسی باشد. زیرا، در غیر این صورت، نه تنها شکاف میان تربیت دانشگاهی و نیازهای محیط کار واقعی، عمیق‌تر می‌گردد؛ بلکه اثربخشی نظام آموزشی را نیز با چالش‌های بسیاری مواجه خواهد ساخت (Susilawati et al., 2025).

صنعت نفت و گاز یکی از مهم‌ترین صنایع ایران است که فرایندهایی پیچیده و فناوری محور دارد که کارکنان و خدمات‌دهندگان این حوزه را نیازمند برخورداری از مجموعه‌ای منسجم از شایستگی‌های حرفه‌ای برای مواجهه با شرایط متغیر، مخاطره‌آمیز و فن محور می‌سازد (Mousavi, 2024). به‌ویژه آنکه ایران با حدود ۱۵۷ میلیارد بشکه نفت خام اثبات‌شده، حدود یک چهارم (۰/۲۴) از ذخایر نفت اثبات‌شده خاورمیانه و ۰/۱۲ از ذخایر نفت اثبات‌شده جهان را در اختیار دارد. ایران نهمین تولیدکننده نفت جهان و چهارمین تولیدکننده نفت اوپک^۱ است که روزانه حدود ۳/۳ میلیون بشکه نفت خام تولید می‌کند و با حدود ۳۴ تریلیون متر مکعب گاز در جایگاه دوم ذخایر اثبات‌شده دنیا قرار دارد (International Energy Agency, 2025). بهره‌گیری از چنین ظرفیتی نیازمند شایستگی‌های خاص حرفه‌ای است (Salimi et al., 2022). این شایستگی‌ها، سطح شناختی، سطح فنی و فناوریانه را دربرمی‌گیرند. در سطح شناختی و رفتاری، شایستگی‌های تصمیم‌گیری سریع و مناسب در شرایط بحران، توان حل مسئله در موقعیت‌های پیچیده، تعامل اثربخش با گروه‌های چندتخصصی و تاب‌آوری روانی در محیط‌های پرتنش نقش محوری دارند (Syazwan et al., 2023). در بُعد فنی، تسلط بر تجهیزات تخصصی، شناخت دقیق فرایندهای عملیاتی، توانایی کار با سیستم‌های کنترل و خودکارسازی^۲ و درک پیشرفته از استانداردهای عملیاتی ضروری است (Syazwan et al., 2023). در حوزه شایستگی‌های فناوریانه، تسلط بر ابزارهای رقمی/دیجیتال، نرم‌افزارهای صنعتی، تحلیل داده‌های عملیاتی و یادگیری مستمر در تعامل با فناوری‌های نوظهور مانند اینترنت اشیا، واقعیت افزوده و سیستم‌های پایش هوشمند از الزامات است (Moshi & Matotola, 2023). همچنین، رعایت اصول ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست، پایبندی به استانداردهای بین‌المللی و آگاهی از مسئولیت‌های اخلاقی و زیست‌محیطی، بخش مهمی از شایستگی‌های حرفه‌ای این صنعت را تشکیل می‌دهد. بنابراین، شایستگی‌های حرفه‌ای در صنعت نفت و گاز تلفیقی از مهارت، نگرش، دانایی و انطباق فناوریانه است که تنها از مسیر آموزش‌های هدفمند، بومی‌سازی‌شده و مبتنی بر فناوری حاصل می‌شود (Abdulla et al., 2023). شایستگی‌هایی که از مسیر آموزش‌های مبتنی بر فناوری می‌گذرند، به‌صورت اثربخش توسعه می‌یابند. بنابراین، طراحی مدل کاربردی و مبتنی بر فناوری می‌تواند پیوندی میان رویکردهای آموزش فنی و مهندسی، نظریه‌های شایستگی و نیازهای واقعی خدمات‌دهندگان نفت و گاز ایجاد کند. زیرا، تداوم به‌کارگیری روش‌های سنتی آموزش، نه تنها

1- Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC)

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

تأثیر چندانی بر شایستگی‌های حرفه‌ای کارکنان نخواهد داشت، بلکه خدمات‌دهندگان نفت و گاز را در انطباق با شرایط متغیر و غیرقابل پیش‌بینی صنعت ناتوان خواهد ساخت. بی‌توجهی به آموزش مبتنی بر فناوری با اتلاف منابع، کاهش بهره‌وری و ضعف در مدیریت دانش عملیاتی همراه خواهد شد؛ آسیبی که می‌تواند رقابت‌پذیری ملی در حوزه نفت و گاز را به چالش بکشد. بنابراین، پرسش اصلی این است که کدام مدل آموزشی فنی و مهندسی مبتنی بر فناوری برای ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای شرکت‌ای خدمات‌دهنده صنعت نفت و گاز مناسب است؟

۲. مبانی نظری پژوهش

موفقیت یک شرکت می‌تواند با عملکرد مناسب سرمایه انسانی آن تضمین شود. به همین دلیل، شرکت‌ها کارکنان خود را به عنوان عنصر کلیدی برای بهبود رقابت‌پذیری و بهره‌وری و سازگاری با نیازهای محیط قرار می‌دهند. مدیریت منابع انسانی براساس شایستگی‌ها؛ از راهبردهایی برای شناخت ارتباط هر فرد با موقعیت شغلی خود به وجود می‌آید. نقش مدیریت منابع انسانی براساس شایستگی‌ها نتیجه تحولی است که توسط احیای مدیریت دانش ایجاد شده است. در این رویکرد کارکنان استعدادهایی برای خلق ارزش هستند که باید با فرایندهای ارزیابی و آموزش ارتقا یابند (Molina et al., 2022). زیرا، منابع انسانی برنامه‌ریزان، بازیگران و تعیین‌کنندگان تحقق اهداف شرکت‌اند. در این شرایط، برای شرکت‌ها بسیار ضروری است که شیوه‌هایی را به کار گیرند که بتوانند در عملکرد بهتر کارکنان سهم داشته باشند (Rony et al., 2024). منابع انسانی موردنظر افرادی هستند که آمادگی و توانایی دستیابی به اهداف شرکت را دارند و باید افزایش ظرفیت یا آموزش بلندمدت آنها برای بهبود توانایی‌های مفهومی، توانایی‌های تصمیم‌گیری و گسترش روابط انسانی برای دستیابی به اهداف، به صورت نظام‌مند و برنامه‌ریزی شده توسط مدیر (ارشد و میانی) برای بهبود شایستگی و عملکرد کارکنان سازماندهی و اجرا شود (Yosi Pahala, 2021). کارمندان نیاز به توسعه دانش، مهارت‌ها و توانایی‌ها یا درواقع، شایستگی‌ها دارند تا بتوانند به خوبی فعالیت کنند. افزایش توانایی‌های فکری یا عاطفی موردنیاز برای پیشرفت به سمت شغل بهتر، نیازمند توسعه شغلی و آموزش و پرورش است. به عبارت بهتر، مدیر باید برای بهبود شایستگی کارکنان و عملکرد شرکت از طریق برنامه‌های آموزشی اقدام کند (Rony et al., 2024).

ترکیب منابع انسانی شایسته با توانمندی‌های عملیاتی به شرکت‌ها امکان می‌دهد که بیشترین سود را ببرند. با انقلاب صنعتی چهارم (I4.0) در الگوی عملیاتی شرکت‌ها تغییر ایجاد شده است. تغییر مستلزم ادغام منابع انسانی با عملیات و ارتقای مهارت‌های آنهاست (Chukwuka & Dibie, 2024). شرکت‌هایی که کارمندانی شایسته (با دانش، مهارت و نگرش) دارند، می‌توانند رقابت‌پذیری هم‌بهتری داشته باشند (Martini et al., 2024).

شایستگی‌های حرفه‌ای به مجموعه‌ای از دانش، مهارت‌ها، نگرش‌ها و توانمندی‌ها گفته می‌شود

که فرد را برای ایفای مؤثر و کارآمد نقش‌های شغلی آماده می‌سازد (Clear et al., 2025). شایستگی‌های حرفه‌ای شامل مهارت‌های فنی تخصصی، توان حل مسئله، کار گروهی، ارتباط مؤثر، تصمیم‌گیری در شرایط پیچیده، و انطباق با تغییرات فناوریانه و محیطی است (Bakhmat et al., 2023). مدیریت شایستگی، مستلزم شناسایی و استخراج دانش، مهارت‌ها، نگرش‌ها و رفتارهای ذاتی (KSAB) از بهترین عملکردها (معمولاً ۵٪ برتر یک گروه) و تکرار آنها در دیگران از طریق آموزش و یادگیری (محبوب‌ترین مداخله) و توسعه مناسب است (Dubois, 2004).

در محیط‌های کاری امروزی نه تنها برخورداری از دانش نظری کافی نیست، بلکه توانایی به‌کارگیری آن در موقعیت‌های واقعی، تمایز اصلی میان یک حرفه‌ای کارآمد و یک دانش‌آموخته صرف را رقم می‌زند (Attsaury et al, 2024).

شایستگی‌های حرفه‌ای مجموعه مهارت‌ها، نگرش‌ها و انگیزه‌های ضروری کارکنان برای اداره یک شغل یا سازمان است. مهارت‌های ارتباطی، حل مسئله، مشتری‌محوری و توانایی کار با گروه در این حوزه قرار می‌گیرند (Cubelo et al, 2024). شایستگی توانایی بروز و به‌ظاهر رساندن مجموعه دانش، مهارت‌ها و توانمندی‌های فردی که موجب عملکرد مطلوب می‌شود. شایستگی یا مهارت یک ویژگی اولیه فردی است که بر بهبود اثربخشی عملکرد در شرایط کاری تأثیر می‌گذارد. همچنین می‌تواند بر دامنه گسترده‌ای از وظایف و موقعیت‌های شغلی اثرگذار باشد و به‌صورتی نهادینه شده رفتارهای فرد را در کار جهت بخشد (Xu et al., 2025). شایستگی محوری به مجموعه‌ای یکپارچه از دانش، مهارت‌ها، نگرش‌ها و توانمندی‌های پایدار گفته می‌شود که یک فرد یا سازمان را در انجام وظایف کلیدی و دستیابی به عملکرد برتر متمایز می‌سازد. این شایستگی‌ها معمولاً در بطن نقش‌ها و موقعیت‌های شغلی حیاتی قرار دارند و به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که در مواجهه با محیط‌های پیچیده، تغییرات فناوریانه و شرایط نامطمئن قادر به ایجاد مزیت رقابتی یا توانمندی عملکردی باشند (Kumar et al., 2024). شایستگی‌های حرفه‌ای نه به‌صورت ذاتی، بلکه از طریق فرایندی نظام‌مند و هدفمند قابل شکل‌گیری و ارتقا هستند. در این میان، آموزش نقش زیرساختی و بی‌بدیلی ایفا می‌کند. نیروی انسانی، حتی در صورت برخورداری از استعداد بالقوه، بدون آموزش مؤثر، توانایی تبدیل آن استعداد به عملکرد واقعی را نخواهد داشت (Umar & Mardesia, 2023). آموزش به‌ویژه زمانی که با نیازهای شغلی، تحولات فناوریانه و الزامات محیط‌های کاری هماهنگ باشد، زمینه پرورش توانمندی‌هایی چون توان حل مسئله، کار گروهی، تطبیق‌پذیری و تسلط بر فناوری را فراهم می‌آورد. بنابراین، ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای در گرو طراحی و اجرای نظام‌های آموزشی فناوری محور و شایستگی محور است که بتوانند از سطح دانش فراتر رفته و به عمق مهارت و نگرش نفوذ کنند (Mashrabjonovich, 2023).

بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در آموزش بستری فراهم می‌آورد که در آن یادگیری به انتقال دانش نظری محدود نمی‌ماند و به تجربه‌های تعاملی، مسئله‌محور و مهارت‌ساز گسترش می‌یابد؛ تجربه‌هایی که بستر شکل‌گیری و ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای را فراهم می‌آورند (Ezzati & Mostafavi, 2023). فناوری با ورود به فرایند یاددهی-یادگیری، امکان شخصی‌سازی مسیر آموزش، شبیه‌سازی محیط‌های کار واقعی، ارزیابی دقیق عملکرد و تعامل میان‌رشته‌ای را، که برای توسعه شایستگی‌هایی مانند توان حل مسئله در شرایط واقعی، تصمیم‌گیری در موقعیت‌های پیچیده، ارتباط اثربخش، کار گروهی و تسلط عملی بر ابزارهای تخصصی فراهم می‌سازد (Malhotra et al., 2023). آموزش فناوری محور با تمرکز بر ابزارهایی مانند واقعیت مجازی، واقعیت افزوده، سامانه‌های مدیریت یادگیری و آزمایشگاه‌های هوشمند، یادگیرنده را از موقعیت انفعالی به سمت مشارکت فعال سوق می‌دهد و موجب تعمیق یادگیری و انتقال پایدارتر آن به محیط کار می‌گردد. در چنین شرایطی شایستگی‌های حرفه‌ای نه به عنوان نتیجه‌ای منفعل، بلکه به مثابه هدفی برنامه‌ریزی شده در متن آموزش تعریف می‌شود (Pach-er et al., 2023). آموزش سنتی و آموزش مبتنی بر فناوری از نظر روش و رویکرد تفاوت‌های چشمگیری دارند. دسترسی به طیف گسترده‌ای از منابع رقمی/دیجیتال (دوره‌های برخط و بسترهای یادگیری تعاملی) سبب شده تا فناوری نقش محوری در آموزش مدرن ایفا کند. به علاوه، مسیرهای یادگیری شخصی‌سازی شده متناسب با نقاط قوت و ضعف هر فرد در آموزش، که تنوع نیازها و سبک‌های یادگیری را به رسمیت می‌شناسد، توصیه می‌شود. زیرا، به خلاقیت، تفکر انتقادی و توان حل مسئله کمک کرده و برای دنیای پرشتاب و فناوری محور آماده می‌کند. تغییر از آموزش سنتی به آموزش مدرن نشان‌دهنده تحول از پذیرش منفعلانه به تعامل فعال است که پتانسیل فناوری را برای افزایش نتایج یادگیری و پرورش مهارت‌های ضروری برای موفقیت در قرن بیست و یکم ارائه می‌دهد. ادغام فناوری در آموزش، هم یاددهندگان و هم یادگیرندگان جوینده دانش را توانمند می‌سازد و یک محیط یادگیری پویاتر، فراگیرتر و مؤثرتر را پرورش می‌دهد. مزایای استفاده از فناوری در آموزش را می‌توان چنین برشمرد: دسترسی آسان به منابع آموزشی، یادگیری مستمر، سهولت در به اشتراک‌گذاری دانش، توسعه ابزارهای کمک آموزشی، توانایی آموزش از راه دور، ثبت صحیح پیشینه، یادگیری شخصی‌سازی شده، برقراری ارتباط جهانی، بازخورد در لحظه، افزایش بهره‌وری یاددهندگان و یادگیرندگان (Kalyani, 2024).

۳. روش‌شناسی پژوهش

برای دستیابی به هدف پژوهش براساس آبرانگاره^۱ مصلحت‌گرایی^۲ به تلفیق چشم‌اندازهای متفاوت و ترکیب روش‌ها مطابق با نظرات (Brewer & Hunter, 2006) پرداخته شد. بدین منظور، با الهام از

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

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

(Creswell & Plano Clark, 2007) برای شکل‌گیری رویکرد آمیخته^۱ (ترکیبی) با در نظر گرفتن جنبه‌های زمان‌بندی، وزن‌دهی، ترکیب و نظریه‌پردازی از طرح اکتشافی متوالی^۲ همانطور که در ادامه داده شده، استفاده شد.

۳-۱. تحلیل محتوا

منابع ثانویه شامل اسناد، کتاب‌ها و مقاله‌ها از منابع اینترنتی و کتابخانه‌ای بررسی شد. سپس، منابع اولیه از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختمند با ۱۷ نفر از خبرگان صنعتی و دانشگاهی (دارای حداقل ۵ سال پیشینه فعالیت تدریس، پژوهشی و اجرایی در زمینه آموزش در صنعت نفت و گاز یا دانشگاه) تا رسیدن به حد اشباع نظری گردآوری شد.

برای تحلیل اسناد و مصاحبه‌ها از روش «تحلیل محتوا»^۳ (Becker & Lisman, 1973) برای تحلیل محتوای آشکار یا مبهم و پیچیده متون استفاده شد. به عبارتی، برای پاسخ‌گویی به پرسش‌های درون، پیرامون و تحلیل ارتباطات سازه‌های مدل، ابتدا، براساس تحلیل محتوای آشکار، با دیدگاهی تقلیل‌گرا بخش‌های مختلف ساختار مدل‌های موجود در رابطه با آموزش فنی و مهندسی و شایستگی‌های حرفه‌ای در راستای خدمات نفت و گاز به منظور تعیین هر یک از سازه‌ها، شکسته شدند. سپس، براساس تحلیل محتوای پنهان به کسب آگاهی عمیق از طریق منطق نهفته در متون با تمرکز بیشتر بر مفاهیم، از کلمات عبور کرده و به ارتباطات معنایی پرداخته شد. به عبارت بهتر، تحلیل محتوای آشکار، جهت شناخت عینی از واقعیت‌ها و تحلیل محتوای پنهان بر اساس «آبرنگاره تفسیری-برساختی»^۴ جهت درک معانی رویدادها و توجه به ارتباط معنایی به کار برده شد. «منطق قیاسی» هنگام تحلیل محتوای اسناد و «منطق اسقراقی» هنگام تحلیل مصاحبه‌های نیمه‌ساختمند در پیش گرفته شد. براساس نظریه شانون^۵ از طرح «تحلیل محتوای تلخیصی»^۶ استفاده شد و براساس فن «تحلیل مقوله‌ای»^۷، با دسته‌بندی بر حسب همگونی و ناهمگونی، مقوله‌ها شکل گرفت.

ارزیابی کیفیت پژوهش با معیارهای پایایی (پایداری)^۸، بازنمایی^۹ و دقت^{۱۰} و اعتبار (معطوف به داده‌ها، معطوف به فرایند و معطوف به نتیجه) (Krippendorff, 2019) تعیین شد. برای محاسبه پایداری ۰/۱۵ حجم نمونه به صورت تصادفی انتخاب و در شرایط آزمون - آزمون مجدد^{۱۱}، به فاصله یک ماه، فرایند کدگذاری تکرار شد، ضریب همخوانی برابر با ۰/۹۶ به دست آمد و پایداری کدها تأیید شد. برای محاسبه بازنمایی داده‌ها در شرایط آزمون - آزمون^{۱۲}، از یک کدگذار همکار خواسته شد تا به طور

1- Mixed method

4- Interpretive

7- Categorical analysis

10- Accuracy or surrogacy

2- Sequential exploratory design

5- Shannon

8- Stability

11- Test-retest

3- Content analysis

6- Summative content analysis

9- Replicability

12- Test-Test

مستقل بر روی متون نمونه کدگذاری انجام دهد و با مقایسه دو کدگذاری، ضریب همخوانی دوجانبه برابر با ۰/۸۹ به دست آمد و تأیید شد. برای محاسبه دقت داده‌ها در شرایط آزمون - استاندارد، از یک کدگذار همکار خواسته شد تا به طور مستقل بر روی دو نمونه ۱۵ درصدی از متون، کدگذاری انجام دهد، ضریب همبستگی کدها برابر با ۰/۸۶ به دست آمد و تأیید شد. در نتیجه، بر اساس معیارهای پایداری، بازنمایی و دقت؛ پایایی تأیید گردید. برای تعیین اعتبار علاوه بر مثلث‌سازی در داده (استفاده از کتاب‌ها و مقاله‌ها، مصاحبه با استادان دانشگاه، مصاحبه با خبرگان صنعت) و مثلث‌سازی در نظریه (استفاده از نظریه‌های مرتبط با ادبیات منابع انسانی، شایستگی‌ها و آموزش فنی و مهندسی و دیدگاه مدیران) استفاده شد، با به‌کارگیری «بازخورد مشارکت‌کنندگان» نظرها و رهنمودهای گروهی از خبرگان لحاظ گردید و براساس آن جرح و تعدیل نهایی به عمل آمد.

۳-۲. ترکیب دیمتلفازی - مدلسازی ساختاری-تفسیری^۱

براساس راهبرد پیمایشی پرسش‌نامه مقایسات زوجی (۱۵*۱۵)، که سطرها و ستون‌های آن را سازه‌های مدل تشکیل داده‌اند، توسط ۳۷ نفر از خبرگان (استادان دانشگاهی و مدیران آموزشی صنعت نفت و گاز دارای مدرک دکتری یا کارشناسی ارشد با بیش از ۵ سال پیشینه) با روش غیراحتمالی و هدفمند انتخاب شدند، تکمیل گردید و با ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری دیمتلفازی و مدل‌سازی ساختاری-تفسیری و نرم‌افزار MatLab 2017b تجزیه و تحلیل شدند.

متغیرهای زبانی و فازی بر اساس (Aria et al., 2020) در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. متغیرهای زبانی و اعداد فازی مثلثی متناظر

متغیر زبانی	بدون تأثیر	تأثیر کم	تأثیر متوسط	تأثیر زیاد	تأثیر خیلی زیاد
معادل قطعی	$\tilde{0}$	$\tilde{1}$	$\tilde{2}$	$\tilde{3}$	$\tilde{4}$
معادل فازی	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)

مطابق دیدگاه خبرگان عبارت‌های کلامی براساس جدول ۱ با اعداد فازی متناظر، کمی گردید. روابط $n=15$ سازه توسط $k=37$ خبره بررسی شد. ماتریس ارتباط مستقیم فازی برای خبره k ام به صورت زیر است (Tseng, 2009):

$$\tilde{X}^{(k)} = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{X}_{12}^{(k)} & \dots & \tilde{X}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{X}_{21}^{(k)} & 0 & \dots & \tilde{X}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}_{n1}^{(k)} & \tilde{X}_{n2}^{(k)} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad \text{where} \quad \tilde{X}_{ij}^{(k)} = (\tilde{l}_{ij}^{(k)}, \tilde{m}_{ij}^{(k)}, \tilde{u}_{ij}^{(k)}) \quad k = 1, \dots, 37 \quad (1)$$

برای نرمال سازی ماتریس ارتباط مستقیم فازی و محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم نرمال فازی محاسبه شد.

$$\tilde{N}_{ij}^{(k)} = \frac{(\tilde{X}_{ij}^{(k)})}{\max(\sum_{j=1}^n \tilde{X}_{ij}^{(k)})} = \left(\frac{\tilde{l}_{ij}^{(k)}}{\tilde{b}^{(k)}}, \frac{\tilde{m}_{ij}^{(k)}}{\tilde{b}^{(k)}}, \frac{\tilde{u}_{ij}^{(k)}}{\tilde{b}^{(k)}} \right) \text{ yields } \tilde{N}^{(k)} = \begin{bmatrix} \tilde{N}_{11}^{(k)} & \tilde{N}_{12}^{(k)} & \dots & \tilde{N}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{N}_{21}^{(k)} & \tilde{N}_{22}^{(k)} & \dots & \tilde{N}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{N}_{n1}^{(k)} & \tilde{N}_{n2}^{(k)} & \dots & \tilde{N}_{nn}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (2)$$

از میانگین حسابی ساده برای تجميع نظريهای خبرگان استفاده و ماتریس ارتباط مستقیم نرمال تجميع شده فازی $\tilde{M}$ محاسبه شد. برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل ($\tilde{T}$) از رابطه $\tilde{T} = \tilde{M} \times (I - \tilde{M})^{-1}$ استفاده شد. به عبارت بهتر، ماتریس نرمال تجميع شده فازی به $\tilde{3}$ ماتریس قطعی افزاز و ماتریس ارتباط کامل ($\tilde{T}$) محاسبه شد.

$$T_l = N_l \times (I - N_l)^{-1}, T_m = N_m \times (I - N_m)^{-1}, T_u = N_u \times (I - N_u)^{-1} \text{ where } \tilde{t}_{ij} = (t_{ij}^l, t_{ij}^m, t_{ij}^u) \quad (3)$$

پس از محاسبه ماتریس ارتباط کامل فازی، با استفاده از روش «تبدیل داده های فازی به نمرات قطعی»^۱، فازی زدایی انجام گردید.

برای تحلیل ارتباط بین سازه ها در چند سطح از مدل سازی ساختاری-تفسیری^۲ استفاده شد که ۷ گام است و در ترکیب با دیمتل / دیمتل فازی، انجام گام های اول (شناسایی متغیرهای مرتبط با مسئله)، گام دوم (تشکیل ماتریس خودتعاملي ساختاری^۳)، گام سوم (تشکیل ماتریس دسترسی^۴ اولیه)، با روش دیمتل جبران شده و در گام چهارم نقشه روابط شبکه^۵ (NRM) از روش دیمتل، به عنوان ماتریس دسترسی نهایی مدل سازی ساختاری-تفسیری، محسوب شد و براساس آن روابط سازه ها تعیین و سطح بندی گردید. برای تعیین روابط و سطح بندی سازه ها مجموعه خروجی ها (خود سازه و سازه هایی که از آن تأثیر می پذیرد) و مجموعه ورودی ها (خود سازه و سازه هایی که بر آن تأثیر می گذارند) برای هر سازه از ماتریس دریافتی استخراج شد. در نهایت، با مشخص شدن سطوح سازه ها مدل نهایی ترسیم شد.

۴. یافته های پژوهش

اسناد (کتاب ها و مقاله های مرتبط) و به دنبال آنها، مصاحبه های نیمه ساختمند تحلیل شد و «واحدهای معنایی» مطابق با (Becker & Lisman, 1977) با ساده سازی، فشرده سازی و جداسازی محتوای متون، مشخص، عملیات رمزگذاری انجام و «کدهای اولیه» تولید شدند. سپس، جهت پوشش همه «ابعاد محتوا» واحدهای معنایی نهایی دوباره با متون اصلی تطبیق داده شد. در ادامه، «فرایند

1- Converting Fuzzy data into Crisp Scores (CFCS)

2- Interpretive structural modeling (ISM)

3- Structural Self-Interaction Matrix (SSIM)

4- Reachability matrix

5- Network Relation Map (NRM)

فاصله‌گذاری» انجام گرفت و اطلاعات غیرمهم، که با هدف پژوهش متناظر نبودند، حذف شدند. در گام بعدی، براساس فن «تحلیل مقوله‌ای» کدهای اولیه برحسب همگونی و ناهمگونی گروه‌بندی شد و مقوله‌هایی که از لحاظ درونی یکسان و از لحاظ بیرونی متمایز بودند، پدید آمد و «مدل آموزش فنی و مهندسی مبتنی بر فناوری برای ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای شرکت‌های خدمات‌دهنده نفت و گاز» شکل گرفت.

برای نمونه بخشی از پژوهش‌ها به شرح زیر کدگذاری شدند:

پژوهش (Salimi et al., 2022) بر ضرورت تحول در ساختار آموزش فنی تأکید دارد و نشان می‌دهد که نظام آموزشی باید خود را با تحولات فناورانه و نیازهای محیط کار وفق دهد. پژوهش‌های (Malho et al., 2023) و (tra et al., 2025) اظهار می‌دارند که فناوری‌هایی چون هوش مصنوعی، واقعیت مجازی و زنجیره‌بلوکی ظرفیت‌های بالقوه‌ای در نوسازی الگوهای یادگیری دارند، به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند مهندسی و آموزش‌های صنعتی. همچنین، نقش زیرساخت‌های رقمی/دیجیتال در ارتقای تعامل، انگیزه یادگیری و انتقال دانش به محیط واقعی در مطالعه‌های (Bakhmat et al., 2023) و (Bernabei et al., 2023) بررسی شدند. در سطح شایستگی‌ها، (Ezzati & Mostafavi, 2023) به مفهوم شایستگی‌های حرفه‌ای و ابعاد مهارت فنی، ارتباطی یا اخلاقی پرداخته‌اند. شایستگی‌های فناورانه، مسأله‌محور و تعاملی به‌صورت جداگانه در (Xu et al., 2025) و (Pacher et al., 2023) مطرح شده‌اند. تلفیق این سه در یک ساختار مفهومی و بررسی رابطه آن با آموزش فناوری محور و سازه‌های میانی همچون خودکارآمدی و یادگیری عمیق، توجه چندانی را به خود جلب نکرده است. همچنین، سازه‌های انتقال یادگیری به محیط کار یا درگیرشدگی یادگیرنده در (Mashrabjonovich, 2023) مطرح شده‌اند.

برای نمونه بخشی از مصاحبه‌ها به شرح زیر کدگذاری شدند:

مشارکت‌کننده P01 چنین گفته است: «...واقعیت مجازی یا افزوده برای شبیه‌سازی محیط‌های عملیاتی پرخطر مانند دکل حفاری، اتاق کنترل و سکوها‌های فراساحل... یادگیرنده را درگیر یادگیری فعال می‌کند و اثربخشی و خودکارآمدی را افزایش می‌دهد...» که به‌روشنی با اشاره به فناوری واقعیت مجازی یا افزوده، اثرات «مشارکت و درگیری یادگیرندگان»، «خودکارآمدی فناورانه»، «انتقال یادگیری به محیط کار از طریق شبیه‌سازی» را بیان می‌کند.

مشارکت‌کننده P08 چنین گفته است: «...هوش مصنوعی برای شخصی‌سازی مسیر یادگیری، تحلیل پیشرفت یادگیرندگان و توصیه محتوای مناسب... می‌تواند مسیر یادگیری را براساس سطح توانمندی و طراحی محتوای هدفمند برای تثبیت یادگیری تنظیم کند...» که با اشاره به «فناوری هوش مصنوعی و یادگیری تطبیقی» اثر «یادگیری عمیق و تثبیت دانش» را بیان می‌کند.

مشارکت‌کننده P17 چنین گفته است: «...هوش مصنوعی با اتصال آموزش به داده‌های واقعی مرتبط با تجهیزات درحال استفاده و فرآیندهای در حال اجرا در میادین فراساحل نفت و گاز... یادگیری تعاملی در

محیط شبیه‌سازی شده ولی مبتنی بر داده‌های واقعی را فراهم می‌کند» که به اثر «فناوری هوش مصنوعی» بر «یادگیری و شایستگی‌های ارتباطی - تعاملی» و «شایستگی‌های مسأله‌محور» تأکید می‌کند.

مشارکت‌کننده P15 چنین بیان کرده است: «... زیرساخت‌ها و بسترهای یادگیری رقمی / دیجیتال مانند تالارهای گفت‌وگو و پلتفرم‌های اشتراک دانش، برای یادگیری مبتنی بر همکاری و تجربه‌های مشترک... تسهیل دسترسی به آموزش در هر زمان و مکان، به‌ویژه برای کارکنانی که در سایت‌های فراساحل و دور مشغول هستند... این پلتفرم‌ها امکان بازخورد فوری را فراهم می‌کنند که برای اصلاح و تقویت رفتارهای یادگیری حیاتی است...» که بر «مشارکت و درگیری یادگیرندگان» و «انتقال یادگیری به محیط کار» از طریق «پلتفرم‌ها و زیرساخت‌های یادگیری رقمی / دیجیتال» اشاره می‌کند.

مشارکت‌کننده P03 چنین گفته است: «... به‌کارگیری اینترنت اشیای صنعتی برای آموزش و شبیه‌سازی فرایندهای پیچیده مانند کنترل چاه نفت، فرایندهای پالایش یا ایمنی عملیاتی...» که به نقش «اینترنت اشیای صنعتی در آموزش» اشاره می‌کند.

مشارکت‌کننده P07 چنین گفته است: «... شایستگی‌ها زمانی توسعه می‌یابند که یادگیری به صورت چندوجهی و در بافت انجام شود که فناوری‌ها این امکان را فراهم می‌کنند...» که بر تأثیر «فناوری در ایجاد شایستگی» تأکید می‌کند.

ادامه روند کدگذاری اولیه و به‌کارگیری مکرر مقایسه ثابت به شکل‌گیری ۱۵ سازه فرعی انجامید که در جدول ۲ نشان داده شده است. در گام بعدی کدهای اولیه بر حسب همگونی و ناهمگونی گروه‌بندی و به ۵ سازه اصلی دسته‌بندی شدند.

مطالعه و استخراج سازه‌ها از اسناد و مصاحبه‌ها به شناسایی ۱۵ سازه منسجم منجر شد که در پژوهش‌هایی جداگانه بررسی شده بود. بنابراین، سازه‌های مدل آموزش فنی و مهندسی مبتنی بر فناوری برای ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای عبارت‌اند از: نظام آموزش فنی و مهندسی، شایستگی‌های فناورانه، شایستگی‌های مسأله‌محور، شایستگی‌های ارتباطی-تعاملی، یادگیری عمیق و تثبیت دانش، مشارکت و درگیری یادگیرندگان، انتقال یادگیری به محیط کار، توانمندسازی خدمت‌دهندگان، خودکارآمدی فناورانه، فناوری زنجیره‌بلوکی در تأیید صلاحیت‌ها، اینترنت اشیای صنعتی در آموزش، هوش مصنوعی و یادگیری تطبیقی، واقعیت مجازی و افزوده، زیرساخت‌های یادگیری رقمی / دیجیتال، شایستگی‌های حرفه‌ای خدمات‌دهندگان.

در ادامه، پس از شناسایی سازه‌ها و تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و تکمیل آن توسط خبرگان و فازی‌سازی عبارت‌های کلامی، ماتریس ارتباط مستقیم فازی به دست آمد. پس از انجام محاسبات دیمتل فازی براساس رابطه‌های ۱ تا ۳ ماتریس ارتباط کامل فازی محاسبه شده است. سپس، ماتریس ارتباط کامل فازی، با استفاده از روش تبدیل داده‌های فازی به نمرات قطعی، فازی‌زدایی گردید و آنگاه برای تعیین نقشه روابط شبکه، ارزش آستانه براساس میانگین مقادیر ماتریس ارتباط کامل (برابر با

((۵۱/۵)) محاسبه گردید. عناصری از ماتریس ارتباط کامل که کوچک‌تر از ارزش آستانه بود، صفر شد و بقیه مقادیر به همان صورت حفظ شدند که در جدول ۳ نشان داده شده است.

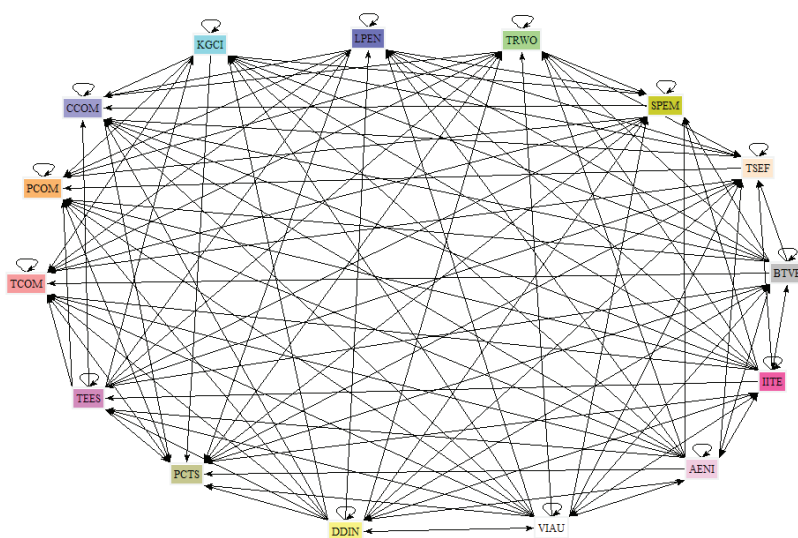
جدول ۲. سازه‌های مدل

تکرار در مصاحبه	منابع	نشانه اختصاری	سازه فرعی	سازه اصلی
۱۵	(Malhotra et al., 2023); (Clear et al., 2025) (Salimi et al., 2022)	TEES	نظام آموزش فنی و مهندسی	سیستم
۱۷	(Kumar et al, 2024) ;(Xu et al., 2025)	TCOM	شایستگی‌های فناوریانه	شایستگی
۱۵	(Pacher et al., 2023) ;(Xu et al., 2025)	PCOM	شایستگی‌های مسئله محور	
۱۴	(Salimi et al., 2022) ;(Moshi & Matotola, 2023)	CCOM	شایستگی‌های ارتباطی- تعاملی	
۱۲	(Salimi et al., 2022) ;(Malhotra et al., 2023)	KGCI	یادگیری عمیق و تثبیت دانش	یادگیری
۱۶	;(Abdulla et al., 2023) ;(Memarian, 2024) (Bernabei et al., 2023)	LPEN	مشارکت و درگیری یادگیرندگان	
۱۷	;(Sahluddin & Sotoudeh, 2024) (Mashrabjonovich, 2023) ;(Cubelo et al, 2024)	TRWO	انتقال یادگیری به محیط کار	
۱۵	;(Malhotra et al., 2023) ;(Susilawati et al., 2025) (Bamri et al., 2022)	SPEM	توانمندسازی خدمت‌دهندگان	توانمندی
۱۴	(Shahgoli et al., 2024) (Syazwan et al., 2023) (Ezzati & Mostafavi, 2023)	TSEF	خودکارآمدی فناوریانه	
۱۲	(Susilawati et al., 2025) ; (Clear et al., 2025)	BTVE	فناوری زنجیره‌بلوکی در تأیید صلاحیت‌ها	فناوری
۱۱	(Syazwan et al., 2023) (Umar & Mardesia, 2023) (Sahluddin & Sotoudeh, 2024)	IITE	اینترنت اشیا صنعتی در آموزش	
۱۷	;(Bernabei et al., 2023) ; (Clear et al., 2025) (Shahgoli et al., 2024)	AENI	هوش مصنوعی و یادگیری تطبیقی	
۱۵	Oje et al., 2023)) (Xu et al., 2025)	VIAU	واقعیت مجازی و افزوده	
۱۷	(Bakhmat et al., 2023) ; (Susilawati et al., 2025) (Memarian, 2024)	DDIN	زیرساخت‌های یادگیری رقمی/ دیجیتال	
۱۶	(Abdulla et al., 2023) (Atstsaury et al, 2024).	PCTS	شایستگی‌های حرفه‌ای خدمات‌دهندگان	هدف

جدول ۳. ماتریس روابط سازه‌های مدل

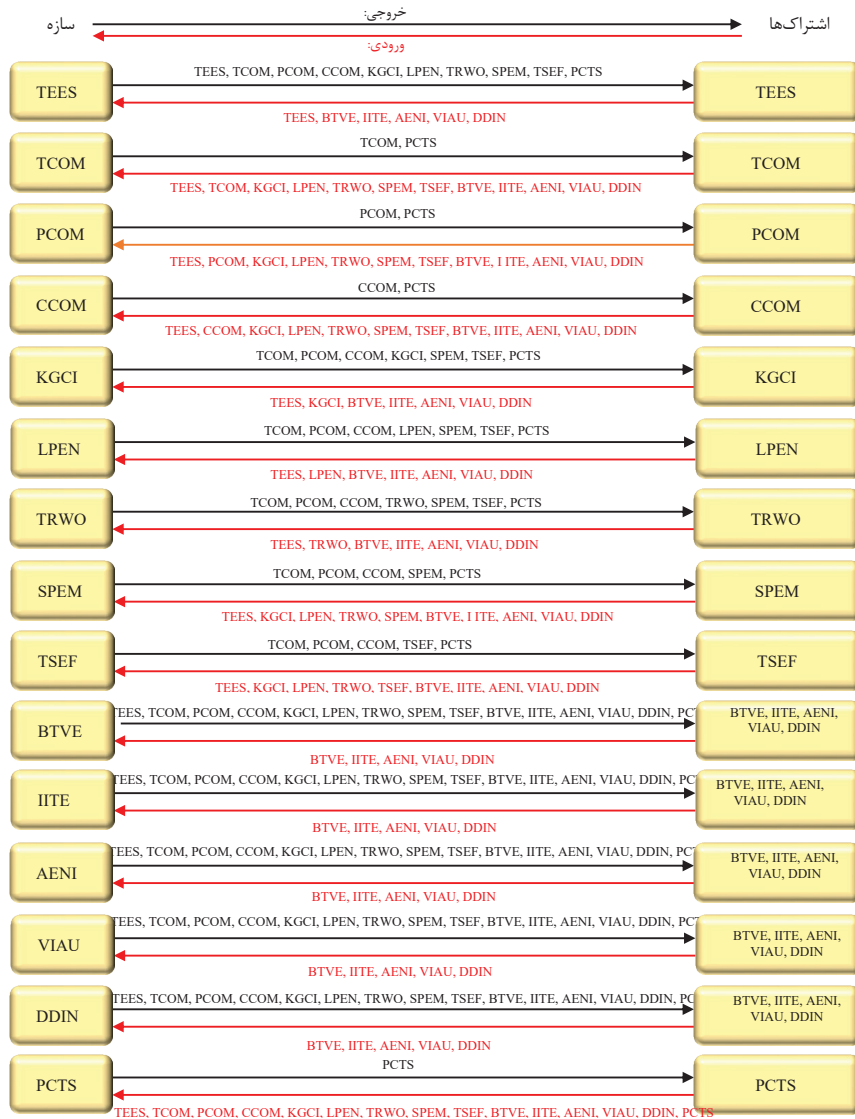
	TEES	TCOM	PCOM	CCOM	KGCI	LPEN	TRWO	SPEM	TSEF	BTVE	IITE	AENI	VIAU	DDIN	PCTS
TEES															
TCOM															
PCOM															
CCOM															
KGCI															
LPEN															
TRWO															
SPEM															
TSEF															
BTVE															
IITE															
AENI															
VIAU															
DDIN															
PCTS															
مقادیر	Min		Q1		Q2		Q3		Q4		Max				
نماد گرافیکی															
ماتریس ارتباط کامل فازی	0.205		0.205<=X<0.338		0.338<=X<0.515		0.5015<=X<0.648		>=0.648		1.034				
NRM	0		0		0		1		1		1				

در ادامه، از ماتریس روابط سازه‌های مدل به‌عنوان ماتریس دسترسی نهایی روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری استفاده گردید و روابط یک‌طرفه یا دوطرفه بین متغیرها و روابط طوقه تعیین شد. براساس ماتریس دسترسی نهایی، ارتباط سازه‌های مدل آموزش فنی و مهندسی مبتنی بر فناوری برای ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای شکل ۱ رسم شده است.



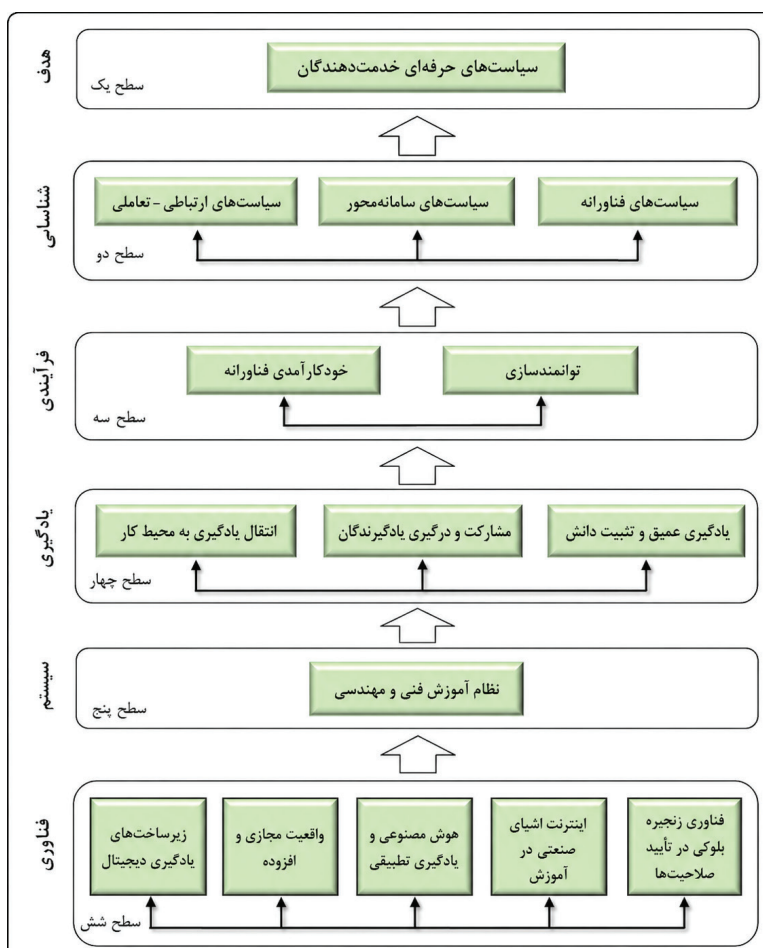
شکل ۱. تعیین روابط بر اساس ماتریس دسترسی نهایی سازه‌های مدل

برای تعیین روابط و سطح بندی سازه‌ها باید مجموعه خروجی‌ها و ورودی‌ها برای هر سازه از ماتریس دسترسی نهایی استخراج شوند. (شکل ۲) عناصر سطر، خروجی‌ها یا اثرگذاری‌ها سازه‌هایی هستند که از طریق این سازه می‌توان به آنها رسید. عناصر ستون، ورودی یا اثرپذیری‌ها سازه‌هایی هستند که از طریق آنها می‌توان به این سازه دست پیدا کرد.



شکل ۲. مجموعه ورودی‌ها و خروجی‌ها برای تعیین سطح سازه‌های مدل

سازۀ شایستگی‌های حرفه‌ای خدمات‌دهندگان در سطح ۱؛ شایستگی‌های فناورانه، مسئله‌محور و ارتباطی- تعاملی در سطح ۲؛ توانمندسازی خدمت‌دهندگان و خودکارآمدی فناورانه در سطح ۳؛ یادگیری عمیق و تثبیت دانش، مشارکت و درگیری یادگیرندگان و انتقال یادگیری به محیط کار در سطح ۴؛ سازۀ نظام آموزش فنی و مهندسی در سطح ۵ و درنهایت، فناوری زنجیره‌بلوکی در تأیید صلاحیت‌ها، اینترنت اشیا صنعتی در آموزش، هوش مصنوعی و یادگیری تطبیقی، واقعیت مجازی و افزوده و زیرساخت‌های یادگیری رقمی/ دیجیتال در سطح ۶ قرار گرفته‌اند. بنابراین، مدل آموزش فنی و مهندسی مبتنی بر فناوری برای ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای خدمات‌دهندگان نفت و گاز براساس رابطه‌های درونی سطوح و سازه‌های هر سطح با سازه‌های سطح زیرین در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. مدل آموزش فنی و مهندسی مبتنی بر فناوری برای ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای

سازه‌های فناوری زنجیره‌بلوکی در تأیید صلاحیت‌ها، اینترنت اشیا، صنعتی در آموزش، هوش مصنوعی و یادگیری تطبیقی، واقعیت مجازی و افزوده و زیرساخت‌های یادگیری رقی/دیجیتال در سطح ۶ بر سازه نظام آموزش فنی و مهندسی در سطح ۵ تأثیر می‌گذارند. سازه نظام آموزش فنی و مهندسی در سطح ۵ بر سازه‌های یادگیری عمیق و تثبیت دانش، مشارکت و درگیری یادگیرندگان و انتقال یادگیری به محیط کار سطح ۴ تأثیر می‌گذارند. سازه‌های یادگیری عمیق و تثبیت دانش، مشارکت و درگیری یادگیرندگان و انتقال یادگیری به محیط کار در سطح ۴ بر سازه‌های توانمندسازی خدمات‌دهندگان و خودکارآمدی فناورانه در سطح ۳ تأثیر می‌گذارند. سازه‌های توانمندسازی خدمات‌دهندگان و خودکارآمدی فناورانه در سطح ۳ بر سازه‌های شایستگی‌های فناورانه، شایستگی‌های مسئله‌محور و شایستگی‌های ارتباطی-تعاملی سطح ۲ تأثیر می‌گذارند. درنهایت، سازه‌های شایستگی‌های فناورانه، شایستگی‌های مسئله‌محور و شایستگی‌های ارتباطی-تعاملی سطح ۲ به سازه شایستگی‌های حرفه‌ای خدمات‌دهندگان سطح نخست منتهی می‌شوند (جدول ۴).

جدول ۴. قدرت نفوذ و میزان وابستگی سازه‌های مدل

سازه‌های پژوهش	میزان وابستگی	قدرت نفوذ	سطح
نظام آموزش فنی و مهندسی	۶	۱۰	۵
شایستگی‌های فناورانه	۱۲	۲	۲
شایستگی‌های مسئله‌محور	۱۲	۲	۲
شایستگی‌های ارتباطی-تعاملی	۱۲	۲	۲
یادگیری عمیق و تثبیت دانش	۷	۷	۴
مشارکت و درگیری یادگیرندگان	۷	۷	۴
انتقال یادگیری به محیط کار	۷	۷	۴
توانمندسازی خدمات‌دهندگان	۱۰	۵	۳
خودکارآمدی فناورانه	۱۰	۵	۳
فناوری زنجیره‌بلوکی در تأیید صلاحیت‌ها	۵	۱۵	۶
اینترنت اشیا، صنعتی در آموزش	۵	۱۵	۶
هوش مصنوعی و یادگیری تطبیقی	۵	۱۵	۶
واقعیت مجازی و افزوده	۵	۱۵	۶
زیرساخت‌های یادگیری رقی/دیجیتال	۵	۱۵	۶
شایستگی‌های حرفه‌ای خدمات‌دهندگان	۱۵	۱	۱

براساس مقادیر قدرت نفوذ-وابستگی سازه‌های فناوری زنجیره‌بلوکی در تأیید صلاحیت‌ها، اینترنت اشیا، صنعتی در آموزش، هوش مصنوعی و یادگیری تطبیقی، واقعیت مجازی و افزوده، زیرساخت‌های یادگیری رقی/دیجیتال، نظام آموزش فنی و مهندسی، یادگیری عمیق و تثبیت دانش، مشارکت و درگیری یادگیرندگان، انتقال یادگیری به محیط کار قدرت نفوذ بالا و تأثیرپذیری کمی دارند. سازه‌های

توانمندسازی خدمت‌دهندگان، خودکارآمدی فناوریانه، شایستگی‌های فناوریانه، شایستگی‌های مسئله‌محور، شایستگی‌های ارتباطی-تعاملی و شایستگی‌های حرفه‌ای خدمات‌دهندگان از قدرت نفوذ و اثرگذاری مشابهی برخوردارند.

۵. بحث

آموزش در صنعت نفت و گاز برای توسعه فردی و شغلی منابع انسانی در راستای فعالیت‌های میدانی و عملیاتی همگام با پیشرفت‌های فناوریانه کاملاً ضروری است. آموزش‌های رسمی دانشگاهی پایه‌ای برای کسب مهارت‌های فنی تخصصی این صنعت‌ها مانند زمین‌شناسی، ژئوفیزیک یا ژئومکانیک و مهندسی فرایند را فراهم می‌کنند. با این حال، در ادامه مسیر شغلی منابع انسانی فعال در صنعت نفت و گاز نیاز به طی دوره‌های تخصصی همانند بهینه‌سازی فرایند، مدیریت پروژه، تجزیه و تحلیل داده‌ها، آزمایش مدل‌های عملیاتی جایگزین و مخازن هوشمند برای شناسایی و اجرای بهبودها، بهینه‌سازی فرایند تولید و کاهش ضایعات وجود دارد. پروژه‌های نفت و گاز به‌ویژه در بالادست در میادین گوناگون خشکی (متعارف)، نامتعارف (نفت شل)، آبی (آب‌های عمیق و نیمه‌عمیق) همیشه با سطوح بالایی از خطرات و عدم قطعیت‌ها مواجه‌اند که با ماهیت این پروژه‌ها (موقعیت‌های مکانی، شرایط سخت محیطی، متکی بودن به خدمات پیمانکاران و پیمانکاران فرعی و مشارکت گسترده تعداد زیادی از شرکت‌ها با درجه‌های مختلف مشارکت در فرایندهای کاری) مرتبط است. در صنعت فرایندی نفت و گاز می‌توان به حوادث (ایمنی) مهمی اشاره کرد که در بسیاری از موارد بررسی این رویدادها نشان داده که چگونه شکاف دانشی و اطلاعاتی نیروی کار عملیاتی می‌تواند عامل مهمی برای به وجود آمدن این رخدادها باشد. از این جهت، آموزش مستمر و یکپارچه منابع انسانی در زمینه‌های انطباق با استانداردهای صنعت، توانمندی در مدیریت خطرات سلامت، قوانین و مقررات ایمنی، امنیت و زیست محیطی^۱، واکنش سریع و مدیریت بحران در زمان‌های اضطراری برای حفظ ایمنی منابع انسانی و تأسیسات حیاتی است. علاوه بر موارد ذکرشده، باتوجه به ماهیت دانش‌محور صنعت نفت و گاز و این واقعیت که مرزهای دانش در این حوزه پیوسته در حال عقب رانده شدن هستند، موجب نیاز همیشگی به انتقال دانش برای به‌کارگیری موفق فناوری‌های نوظهور در فرایند اکتشاف و بهره‌برداری صنعت نفت و گاز ایران می‌شود. این تلاش باید با توانمندسازی منابع انسانی همراه شود تا بتواند سبب بهبود فرایند مدیریت مخازن نفت و گاز، دستیابی به راهبرد بهینه توسعه مخزن، مدیریت مؤثر مشکلات فنی حفاری در سازندهای جدید زمین‌شناسی و پیشگیری و کاهش خطرات فنی و غیرفنی مرتبط با منابع انسانی، تأسیسات و اثرات زیست محیطی مانند شکستگی (مهاجرت گازها و مواد شیمیایی شکسته به سطح، آلودگی ناشی از نشت، کاهش آب

شیرین، زلزله، آلودگی آب، صدا و آلودگی هوا) شود. انتقال این دارایی‌های فکری (دانش فنی، تجربه بازار، مدیریت و فرهنگ سازمانی) از یک منبع به منبع دیگر سبب بهبود توانمندی‌ها و صلاحیت‌ها می‌شود. با این حال، فرایند مذکور، امری پیچیده و فراتر از خرید صرف تجهیزات یا مستندات فنی است، چرا که به مهارت‌های فنی، دانش ضمنی و توانایی جذب و به‌کارگیری فناوری در محیط جدید نیاز دارد. از این رو، اتخاذ رویکردی بلندمدت و پایدار برای آموزش منابع انسانی در این صنعت ضروری و حیاتی است. وقتی دانش در مجموعه‌ای خاص از فعالیت‌ها، تجهیزات یا فناوری‌ها ادغام می‌شود، توانایی یادگیری شرکت را افزایش می‌دهد. به عبارت دیگر، سازمان‌هایی که به سازوکارهای ضروری برای کسب دانش مورد نیاز، به اشتراک‌گذاری آن بین منابع انسانی کلیدی خود، استفاده صحیح و ذخیره آن در حافظه خود مجهز هستند، برای توانمندی‌های یادگیری بسیار مناسب‌اند که به‌ویژه در صنایع دانش‌محور مانند صنعت نفت و گاز بسیار مهم است.

با این وجود، آموزش منابع انسانی در بالادست صنعت نفت و گاز با چالش‌هایی مواجه است؛ وجود میداین خشکی و آبی دور از مرکز، محدودیت زمانی برای شرکت در دوره‌ها به دلیل حجم کاری زیاد، جهت‌دهی هدفمند آموزش به سمت تأثیرگذاری عملی، دسترسی یکسان به منابع یادگیری، وجود پیمانکاران و پیمانکاران فرعی و تناسب آموزش با شایستگی‌ها و صلاحیت‌های حرفه‌ای آنها مواردی است که می‌تواند آموزش‌های حرفه‌ای این صنعت را با چالش درگیر نماید. یکی از راه‌های مواجهه با این چالش‌ها استفاده از روش‌های نوین یاددهی - یادگیری است. به‌کارگیری این روش‌ها به سبب ایجاد انعطاف‌پذیری زمانی و مکانی، در وهله اول، برای منابع انسانی فعال در صنعت نفت و گاز این امکان را فراهم می‌سازد تا بدون نیاز به ترک محل خدمت، ائتلاف زمان و حین فعالیت در میداین دور از مرکز، بدون ایجاد وقفه در کار به آموزش‌های لازم دسترسی داشته باشند و از این طریق انگیزه، مهارت و بهره‌وری آنها ارتقا یابد و به رشد حرفه‌ای آنها کمک کند. بنابراین، فناوری‌های زنجیره بلوکی در تأیید صلاحیت‌ها، اینترنت اشیا صنعتی در آموزش، هوش مصنوعی و یادگیری تطبیقی و واقعیت مجازی و افزوده گزینه‌هایی برای وفق دادن آموزش با نیازهای ویژه منابع انسانی در صنعت نفت و گاز فراهم می‌کنند. با این حال، چگونگی استفاده از این فناوری‌ها بخشی از راهبردهای حل مسئله برای سیاستگذاران آموزشی است. در واقع، به‌کارگیری فناوری‌های مذکور، می‌تواند فرصت‌هایی را برای توسعه توانایی‌ها و بهبود فرایند آموزشی فراهم نماید. از سویی، در مقایسه با روش‌های سنتی آموزش که استادمحور است و فرایند آموزش به ارائه دانش از طرف استاد محدود می‌شود، به‌کارگیری فناوری‌های زنجیره بلوکی در تأیید صلاحیت‌ها، اینترنت اشیا صنعتی در آموزش، هوش مصنوعی و یادگیری تطبیقی و واقعیت مجازی و افزوده برای آموزش می‌تواند محیط یادگیری را به محیطی یادگیرنده‌محور، تعاملی و تسهیل‌کننده (زمانی، مکانی)، توزیع شده و انعطاف‌پذیر تبدیل کند که شامل جنبه‌های علم آموزش و پرورش، محتوا و ابزارهای دسترسی است. بهره‌گیری هدفمند از فناوری‌های نوین می‌تواند نقشی اساسی در تحول

آموزش فنی و مهندسی ایفا کند.

با وجود مزایای آموزش مبتنی بر فناوری نمی‌توان انتظار داشت که این نوع آموزش‌ها کاملاً جایگزین آموزش‌های سنتی شوند. زیرا، آموزش‌های مبتنی بر فناوری نیز محدودیت‌های خاصی دارند؛ مانند نبود تعامل انسانی مناسب، تأخیر در بازخورد، تعویق در یادگیری غیرهم‌زمان و کمبود انگیزه. در پاسخ به این کمبودها، آموزش‌های سنتی نیز دارای مزایای ویژه‌ای مانند همراهی استاد برای فراگیری محتوا و تشویق به یادگیری، برقراری ارتباط بین تجربه‌های گذشته و حال یادگیرندگان، سرعت بخشیدن استاد در فرایند کسب دانش و دریافت بازخورد از طریق دیگران است. بنابراین، ترکیب آموزش‌های فناوری محور با روش‌های سنتی، در صورت رفع محدودیت‌های آموزش حضوری از نظر مکانی و زمانی در این صنعت، می‌تواند منافع هر دو روش را دربرگیرد. به عبارتی، یک مدل یادگیری ترکیبی موفق می‌تواند شامل کلاس حضوری اولیه، آموزش مجازی، گپ و بحث‌های هم‌زمان و غیرهم‌زمان و درنهایت، کلاس حضوری نهایی باشد.

فناوری‌هایی چون زنجیره‌بلوکی برای تأیید صلاحیت‌های آموزشی، اینترنت اشیای صنعتی به‌منظور شبیه‌سازی محیط‌های واقعی، هوش مصنوعی و یادگیری تطبیقی برای شخصی‌سازی مسیر آموزشی، واقعیت مجازی و افزوده در تجربه‌گرایی یادگیرنده و زیرساخت‌های یادگیری رقی/دیجیتال، به‌عنوان بستر تعامل، همگی عناصر کلیدی در بازتعریف فرایند یادگیری فنی هستند. این فناوری‌ها با دگرگون ساختن ساختار و ماهیت آموزش زمینه را برای شکل‌گیری یادگیری عمیق، تثبیت پایدار دانش و مشارکت فعال یادگیرنده فراهم می‌سازند. همچنین، انتقال موفق یادگیری به محیط کار، به‌عنوان حلقه اتصال آموزش و عمل، تقویت شده و از این طریق، توانمندسازی خدمات‌دهندگان صنعتی در ابعاد شناختی، مهارتی و نگرشی تحقق می‌یابد. در ادامه این روند، آموزش مبتنی بر فناوری از مسیر پرورش ۳ شایستگی اصلی به شایستگی حرفه‌ای منتهی می‌شود. نخست، شایستگی فناورانه که فرد را در بهره‌گیری از ابزارها و سامانه‌های نوین توانمند می‌سازد؛ دوم، شایستگی مسئله‌محور که امکان تصمیم‌گیری در شرایط پیچیده و حل مسائل میدانی را فراهم می‌آورد؛ و سوم، شایستگی ارتباطی-تعاملی که بستر همکاری در محیط‌های چندرشته‌ای و پرتنش بالادست صنعت نفت و گاز ایران را فراهم می‌آورد. این ۳ شایستگی زمانی معنا و تحقق می‌یابد که خودکارآمدی فناورانه و آمادگی برای عمل حرفه‌ای به‌واسطه آموزش اثربخش تقویت شده باشند. بنابراین، مدل ارائه‌شده در این پژوهش، نه تنها الگویی برای ارتقای کیفیت آموزش فنی و مهندسی در بستر فناوری ارائه داده است، بلکه چارچوبی مفهومی برای توانمندسازی پایدار نیروی انسانی در بالادست صنعت نفت و گاز ایران توسعه داد.

بامری و همکاران (Bamri et al., 2022) بر شکاف میان شایستگی‌های دانشجویان مهندسی و الزامات صنعت نسل چهار تأکید می‌کنند و نیاز به بازطراحی برنامه‌های آموزشی در راستای فناوری‌های نوین را مطرح می‌سازند. در مدل حاضر با تعریف سازه‌هایی چون درگیرشدگی یادگیرنده، یادگیری عمیق و انتقال یادگیری به محیط کار، ساختارمندتر و اجرایی‌تر پیاده‌سازی شده است. همچنین (Salimi et

(al., 2022) با تمرکز بر جانشین پروری در شرکت ملی گاز، الگوی شایستگی محوری را برای تربیت سرمایه انسانی ترسیم کرده‌اند، اما مدل پیشنهادی این پژوهش با افزودن بعد فناوری به فرایند آموزش، گامی فراتر در انطباق با اقتضائات محیط رقمی/ دیجیتال برداشته است. مطالعه شاه‌قلی و همکاران (۲۰۲۴) تجربه زیسته مهندسان را منشأ نوآوری در آموزش می‌دانند. این مدل با تقویت عناصر تعاملی و زمینه‌ای در آموزش‌های مبتنی بر فناوری توسعه یافته است.

عزتی و مصطفوی (Ezzati & Mostafavi, 2023) و معماریان (Memarian, 2024) هر یک بر ضرورت پیوند میان شایستگی‌های فنی، اخلاق حرفه‌ای و کیفیت نظام آموزش تأکید داشته‌اند، اما پژوهش حاضر این پیوند را از طریق سازه‌های واسط مانند آمادگی برای عمل حرفه‌ای و خودکارآمدی فناوری به مدلی قابل اجرا و ارزیابی تبدیل کرده است. درنهایت، مدل پیشنهادی این پژوهش با بهره‌گیری از فناوری‌هایی چون زنجیره‌بلوکی، اینترنت اشیا و واقعیت مجازی در بستر آموزش، وجهی متمایز از مطالعه‌های پیشین دارد و از اینرو می‌تواند بعنوان الگویی پیش‌برنده برای بازطراحی برنامه‌های آموزشی بالادست صنعت نفت و گاز معرفی شود.

۶. نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج پژوهش حاضر سازه شایستگی‌های حرفه‌ای خدمات‌دهندگان در سطح ۱؛ شایستگی‌های فناوریانه، مسئله‌محور و ارتباطی- تعاملی در سطح ۲؛ توانمندسازی خدمت‌دهندگان و خودکارآمدی فناوریانه در سطح ۳؛ یادگیری عمیق و تثبیت دانش، مشارکت و درگیری یادگیرندگان و انتقال یادگیری به محیط کار در سطح ۴؛ سازه نظام آموزش فنی و مهندسی در سطح ۵ و درنهایت، فناوری زنجیره‌بلوکی در تأیید صلاحیت‌ها، اینترنت اشیا صنعتی در آموزش، هوش مصنوعی و یادگیری تطبیقی، واقعیت مجازی و افزوده و زیرساخت‌های یادگیری دیجیتال در سطح ۶ قرار گرفته‌اند. بدین ترتیب، آموزش‌های فناوری محور شامل فناوری زنجیره‌بلوکی در تأیید صلاحیت‌ها، اینترنت اشیا صنعتی در آموزش، هوش مصنوعی و تحلیل یادگیری، واقعیت مجازی و افزوده و زیرساخت‌های یادگیری رقمی/ دیجیتال بر نظام آموزش فنی و مهندسی منابع انسانی فعال در حوزه خدمات نفت و گاز تأثیر می‌گذارند. نظام آموزش فنی و مهندسی در صنعت نفت و گاز بر یادگیری عمیق و تثبیت دانش، مشارکت و درگیری یادگیرندگان و انتقال یادگیری به محیط کار تأثیرگذار است. یادگیری عمیق، مشارکت منابع انسانی و انتقال دانش بر توانمندسازی و خودکارآمدی فناوریانه منابع انسانی فعال در حوزه خدمات نفت و گاز تأثیرگذار است. توانمندسازی و خودکارآمدی فناوریانه منابع انسانی، شایستگی‌های فناوریانه، شایستگی‌های مسئله‌محور و شایستگی‌های ارتباطی- تعاملی آنها را ارتقا می‌دهد و درنهایت، ارتقای این شایستگی‌ها به شایستگی‌های حرفه‌ای خدمات‌دهندگان ختم می‌شود.

پیشنهاد می‌شود شرکت‌های خدمات‌دهنده در بالادست صنعت نفت و گاز:

- از فناوری‌های واقعیت مجازی و افزوده برای شبیه‌سازی فرآیندهای عملیاتی، آموزش ایمنی و تمرین‌های کنترل بحران بهره ببرند. زیرا روش‌های مذکور، علاوه بر، افزایش انگیزه یادگیری، انتقال دانش به محیط کار را تسهیل می‌کنند.
 - سامانه‌های مدیریت یادگیری، منابع دیجیتال و ابزارهای یادگیری تعاملی در قالب یک زیرساخت یکپارچه، با رویکرد پلتفرمی طراحی و پیاده‌سازی شوند تا یادگیرندگان، یادگیری چندمسیره و انعطاف‌پذیر را تجربه کنند.
 - استفاده از خوارزمی‌ها^۱/ الگوریتم‌های تحلیل یادگیری برای پیش‌بیشرفت یادگیرندگان، شناسایی نقاط ضعف و طراحی مداخله‌های آموزشی شخصی‌سازی شده می‌تواند به ارتقای خودکارآمدی فناورانه و بهبود عملکرد منجر شود.
 - شرکت‌های خدمات‌دهنده در بالادست صنعت نفت و گاز از فناوری زنجیره‌بلوکی برای ذخیره، تأیید و تبادل گواهی‌نامه‌های مهارتی و شایستگی‌های حرفه‌ای کارکنان استفاده کنند. این اقدام اعتبار مدارک و قابلیت جابه‌جایی بین سازمانی نیروی انسانی را افزایش می‌دهد.
 - فرایند ارزیابی آموزش صرفاً بر دانش نظری متمرکز نباشد و ابزارهایی برای ارزیابی توان حل مسئله، کار گروهی و تسلط بر فناوری نیز طراحی و اجرا شود.
 - توانمندسازی کارکنان از طریق کارگاه‌های تخصصی، آموزش‌های مجازی و یادگیری همتابه‌همتا، شرط اصلی موفقیت این مدل آموزشی است. به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند واقعیت مجازی، تحلیل یادگیری و زنجیره‌بلوکی.
 - شرکت‌های خدمات‌دهنده در بالادست صنعت نفت و گاز باید با مراکز آموزشی همکاری‌های هدفمند داشته باشند تا محتوای آموزشی مبتنی بر چالش‌های واقعی شغل طراحی شود و امکان «انتقال یادگیری به محیط کار» افزایش یابد.
- پژوهش‌های آتی می‌توانند رویکرد نظریه داده‌بنیاد را برای کشف مفاهیم نو به کار برد و با استفاده از مدل‌یابی معادلات ساختاری روابط علی بین سازه‌های مدل را بیازمایند. همچنین، می‌توانند با مدنظر قرار دادن نقش سازه‌های فرهنگی و مدیریتی در مدل، نحوه ارتباط این سازه‌ها را با سازه‌های موجود بررسی کنند.
- اهمیت سازه‌های شناسایی‌شده برای مدل آموزش فنی و مهندسی مبتنی بر فناوری برای ارتقای شایستگی‌های حرفه‌ای زمینه و بستر صنعت نفت و گاز و منابع انسانی فعال در شرکت‌های خدمات‌دهنده نفت و گاز سنجیده شده و روابط میان اجزای آن در چارچوب نظر خبرگان این صنعت

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

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

شکل یافته است، بنابراین، توسعه این مدل به صنایع دیگر ممکن است با محدودیت‌هایی از جهت تفاوت در مأموریت یا راهبردهای سازمانی مواجه باشد، ازاین‌رو، توصیه می‌شود این مدل در سایر صنایع مرتبط با انرژی مانند وزارت نیرو یا جوامع آماری دیگر مطالعه شود و با نتایج این پژوهش مقایسه گردد یا مدل ارائه‌شده در این پژوهش مطابق با زمینه و هدف آموزش در صنایع دیگر توسعه یابد.

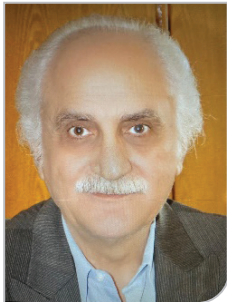
References

- Abdulla, H., McCauley-Smith, C., & Moradi, S. (2023). Revealing contribution mechanisms of project managers' technical competencies toward success in oil and gas projects. *International Journal of Managing Projects in Business*, 16(4/5), 641-663.
- Aria, A., Jafari, P., & Behifar, M., (2020) The impediments to student engagement: a hybrid method based on fuzzy delphi and fuzzy DEMATEL, *World Journal of Education*, Vol 10, No 5.
- Attsaury, S., Hadiyanto, H., & Supian, S. (2024). Principal's strategy to improve teachers professional competence. *Munaddhomah: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 5(1), 1-10.
- Awaludin, M., Yasin, V., & Risyda, F. (2024). The influence of artificial intelligence technology, infrastructure and human resource competence on Internet access networks. *Inform: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 9(2), 111-120.
- Bakhmat, N., Sydoruk, L., Poberezhets, H., Misenyova, V., Boyarova, O., & Mazur, Y. (2023). Features of using the opportunities of the digital environment of the higher educational institution for the development of future economists' professional competence. *Economic Affairs*, 68(1s), 43-50.
- Bamri, M., Salimi, G., Marzooghi, R., Safavi, A., & Mohammadi, M., (2022). Competencies of engineering students and requirements of universities and higher education centers for adapting to the fourth industry. *Iranian Journal of Engineering Education*, 24(96), 1-30. [in Persian].
- Becker, J., & Lißmann, H. J. (1973). Inhaltsanalyse-Kritik einer sozialwissenschaftlichen Methode. *Arbeitspapiere Zur Politischen Soziologie*, 5, 39-79.
- Bernabei, M., Colabianchi, S., Falegnami, A., & Costantino, F. (2023). Students' use of large language models in engineering education: a case study on technology acceptance, perceptions, efficacy, and detection chances. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100172.
- Chukwuka, E. J., & Dibie, K. E. (2024). Strategic role of artificial intelligence (AI) on human resource management (HR) employee performance evaluation function. *International Journal of Entrepreneurship and Business Innovation*, 7(2), 269-282.
- Clear, T., Cajander, Å., Clear, A., McDermott, R., Daniels, M., Divitini, M., ... & Zhu, T. (2025). AI integration in the IT professional workplace: a scoping review and interview study with implications for education and professional competencies. *2024 Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 34-67.
- Cubelo, F., Al Jabri, F., Jokiniemi, K., & Turunen, H. (2024). Factors influencing job satisfaction and professional competencies in clinical practice among internationally educated nurses during the migration journey: A mixed-methods systematic review. *Scandinavian Journal of Caring Sciences*, 38(4), 820-834.
- Dubois, D. D., & Rothwell, W. J. (2004). Competency-based human resource management: discover a new system for unleashing the productive power of exemplary performers. *Nicholas Brealey*.
- Ezzati, M., & Mostafavi, Z., (2023). Explaining the relationship between technical engineering graduates' competencies and entrepreneurial spirit with the mediation of engineering professional ethics. *Iranian Journal of Engineering Education*, 25(98), 55-82. [in Persian].
- Kalyani, L. K. (2024). The role of technology in education: enhancing learning outcomes and 21st century skills.

International Journal of Scientific Research in Modern Science and Technology, 3(4), 05–10.

- Krippendorff, K. (2019). Content analysis: An introduction to its methodology. *Sage publications*.
- Kumar, A. L., Kumar, A. D., & Vasuki, M. (2024). A study on professional competence of mathematics teachers in higher secondary schools. *International Journal of Multidisciplinary Research and Modern Education*, 10(1), 40–44.
- Malhotra, R., Massoudi, M., & Jindal, R. (2023). Shifting from traditional engineering education towards competency-based approach: The most recommended approach–review. *Education and Information Technologies*, 28(7), 9081–9111.
- Martini, I. A. O., Gorda, A. E. S., Gorda, A. O. S., Sari, D. M. F. P., & Antara, M. E. Y. (2024). Impact of competence development, on work creativity, employee performance, and competitiveness of woven products. *Cogent Business & Management*, 11(1), 2353136.
- Mashrabjonovich, O. J. (2023). Formation of professional competence of the future teacher in the information and educational process. *Central Asian Journal of Social Sciences and History*, 4(2), 107–111.
- Memarian, H., (2024). Technical and engineering education in Iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 27 (105), [in Persian].
- Memarian, H., (2024). Strategies for Improving the quality of iranian engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, 26 (104), 29–48. [in Persian].
- Molina, R. I. R., Castro, L. C. M., Antúnez, J. V. V., Raby, N. D. L., Severino-González, P., & Palencia, D. A. B. (2022). Human management by competencies in competitive and complex scenarios: a reflective theoretical approach. *Procedia Computer Science*, 203, 678–682.
- Moshi, R., & Matotola, S. (2023). Entrepreneurial competence and small and medium enterprises' profitability: a case of sunflower oil processing enterprises in Tanzania. *Cogent Business & Management*, 10(2), 2208431.
- Oje, A. V., Hunsu, N. J., & May, D. (2023). Virtual reality assisted engineering education: a multimedia learning perspective. *Computers & Education: X Reality*, 3, 100033.
- Pacher, C., Woschank, M., & Zunk, B. M. (2023). The role of competence profiles in industry 5.0-related vocational education and training: exemplary development of a competence profile for industrial logistics engineering education. *Applied Sciences*, 13(5), 3280.
- Pahala, Y., Widodo, S., Kadarwati, K., Azhari, M., Mulyati, M., Lestari, N. I., ... & Endri, E. (2021). The effects of service operation engineering and green marketing on consumer buying interest. *Uncertain Supply Chain Management*, 9(3), 603–608.
- Rony, Z. T., Wijaya, I. M. S., Nababan, D., Julyanthry, J., Silalahi, M., Ganiem, L. M., ... & Saputra, N. (2024). Analyzing the impact of human resources competence and work motivation on employee performance: A statistical perspective. *Journal of Statistics Applications & Probability*, 13(2), 787–793.
- Sahluddin, A. M., & Sotoudeh, R., (2024). The role of digital technologies in improving chemical engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, 26(103), 67–92. [in Persian].
- Salimi, S., Hosseini, A., Rahman–Sarasht, H., & Rabiei, M., (2022). Presenting a competency model for talent acquisition and succession planning in the National Gas Company. *Strategic Studies in The Oil and Energy Industry*, 14(53), 93–110. [in Persian].
- Shahgoli, S., Pourabrahimi, A., Al-Mahmoud, R., & Sotoudeh, R., (2024). The pivotal role of engineers' lived experience in innovation and improving educational quality. *Iranian Journal of Engineering Education*, 26(103), 167–186. [in Persian].
- Susilawati, A., Al-Obaidi, A. S. M., Abduh, A., Irwansyah, F. S., & Nandiyanto, A. B. D. (2025). How to do research methodology: From literature review, bibliometric, step-by-step research stages, to practical examples in science and engineering education. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 10(1), 1–40.
- Syazwan, M. S., Yusop, F., Saad, M. S., Sari, K. M., Damanhuri, A. A. M., Hassan, N. M., & Fahmi, A. R. (2023). Identification of competency supervisor and technician heating ventilating and air conditioning (HVAC) maintenance in oil and gas industry Malaysia.

- Tseng, M. L. (2009). A causal and effect decision making model of service quality expectation using grey-fuzzy DEMATEL approach. *Expert Systems With Applications*, 36(4), 7738-7748.
- .
- Xu, C., Hania, A., & Waqas, M. (2025). Guiding the digital generation: role of principals' leadership, ICT competence, and teacher professional competence in fostering digital citizenship among university students. *Education and Information Technologies*, 30(1), 1165-1189.
- Zhang, W. (2022). The role of technology-based education and teacher professional development in English as a foreign language classes. *Frontiers in Psychology*, 13, 910315.



◀ **محمد رضا رضوی:** استادیار گروه مدیریت تکنولوژی دانشکده مدیریت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران است. ایشان مدرک دکتری خود را در سال ۱۳۷۵ از دانشگاه ایالتی نیوجرسی- رانگرز اخذ نموده است. فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی ایشان شامل سیاستگذاری صنعتی و فناوری، فناوری‌های جدید و توسعه اقتصادی است.



◀ **پریوش جعفری:** استاد گروه مدیریت آموزشی دانشکده مدیریت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران است. ایشان مدرک دکتری خود را در سال ۱۳۸۲ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران اخذ نموده است. فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی ایشان، شامل نظریه‌های سازمان و مدیریت، آموزش عالی، روش تحقیق، مدیریت آموزشی و مدیریت آموزش عالی است.



◀ **مریم بهی‌فر:** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته‌های اقتصاد و مدیریت تکنولوژی از دانشگاه آزاد اسلامی و دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی دانشکده مدیریت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران است. فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی ایشان، در زمینه اقتصاد، مدیریت فناوری و تحلیل داده است.

PROVIDING A TECHNOLOGY-BASED TECHNICAL AND ENGINEERING TRAINING MODEL TO ENHANCE THE PROFESSIONAL COMPETENCIES OF OIL AND GAS SERVICE COMPANIES

M. Behifar¹, M. R. Razavi² and P. Jafari³

Received: 1 July 2025 ; Accepted: 4 January 2026

DOI: 10.22047/ijee.2025.550554.2209

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.6.1

Abstract: Using technology to train and learn employees play a significant role in their professional development. The aim of developing a technology-based technical and engineering education model is to promote professional competencies. To achieve the goal, the paradigm of pragmatism and a mixed approach with a sequential exploratory design were used. To collect data, 17 semi-structured interviews were conducted with industrial and academic experts using a purposeful method, and explicit and implicit content analysis was applied using categorical analysis techniques, resulting in 15 constructs. Data were collected by purposefully selecting 37 experts and completing a paired comparison matrix questionnaire (15*15). The relationships between the structures were explained using the fuzzy DEMATEL method, the structures were leveled using the interpretive structural modeling and the final model was presented. The findings showed that block chain technology in certification, the internet of industrial things in education, artificial intelligence and learning analytics, virtual and augmented reality, and digital learning infrastructures affect the technical and engineering education system. Deep learning and knowledge consolidation, learner participation and engagement, and transfer of learning to the workplace affect service provider empowerment and technological self-efficacy. Technological competencies, problem-oriented competencies, and communicative-interactional competencies lead to the professional competencies of service providers.

Keywords: Technical and engineering education, technology-based, the professional, competencies, oil and gas service providers

1- PhD. Student of Technology Management, SR.C., Islamic Azad University. Tehran, Iran. Email: m.behifar@gmail.com

2- Assistant Professor, Department of Technology Management, SR.C, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
(Corresponding Author). E-mail: mrzazavi@yahoo.com

3- Professor, Department of Educational Administration, SR.C, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
E-mail: pjaafari@yahoo.com

TEACHING COMPLEX CONCEPTS THROUGH A HUMOROUS QUESTION-AND-ANSWER APPROACH: A CASE STUDY IN RENEWABLE ENERGY ENGINEERING

S. Pirehbabi¹ and R.Gavagsaz-Ghoachani²

Received: 28 September 2025 ; Accepted:4 January 2026

DOI:10.22047/ijee.2026.549760.2208

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.5.0

Abstract: Teaching in interdisciplinary fields such as Renewable Energy Engineering faces various challenges, including conceptual complexity and the heterogeneity of students' academic backgrounds. This study aimed to propose and evaluate a novel instructional method called P.N.P. (Persian acronym for "Simple Question, Key Point, and Humorous Answer"). The P.N.P. approach is based on posing simple, seemingly obvious questions accompanied by humorous answers across three levels of difficulty, with the goals of stimulating curiosity, reducing anxiety, and promoting active classroom interaction. The research employed a quasi-experimental one-group pre-test–post-test design, and the study population consisted of Renewable Energy Engineering students at Shahid Beheshti University. Data were collected using a written test and a multi-construct questionnaire assessing retention, cognition, psychological aspects, interaction, and limitations. Results from implementing this method over seven academic years indicated that P.N.P. led to a statistically significant increase in students' test scores. Moreover, questionnaire analyses conducted in SPSS 27 showed concurrent improvements in concept retention, cognition, psychological indicators, and instructional interaction. Accordingly, P.N.P. "which integrates humor, multi-level content structuring, and active participation" can be regarded as an indigenous and creative model for enhancing teaching quality in specialized and complex domains.

Keywords: Engineering, education, humor in education, active learning, interactive, teaching, renewable energy.

1- PhD. Student, Department of Renewable Energies Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Email: s_pirehbabi@sbu.ac.ir

2- Associate Professor, Department of Renewable Energies Engineering, Shahid Beheshti University Tehran, Iran.
(Corresponding Author). E-mail : r_gavagsaz@sbu.ac.i

DIMENSIONS OF MATHEMATICS DECLINE IN IRAN: A WARNING FOR THE FUTURE OF SCIENCE AND ENGINEERING EDUCATION

A. Rafiepour¹ and P. Karimi²

Received: 24 December 2025; Accepted: 16 February 2026

DOI: 10.22047/ijee.2026.567939.2233

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.4.9

Abstract: The decline in demand for studying mathematics and physics in high school and, subsequently, the decline in demand for studying various engineering and basic science disciplines has become one of the fundamental challenges of the country's higher education system in recent years. A challenge whose consequences go beyond universities and affect the future of the country's scientific, technological, and industrial development. The aim of this article is to systematically analyze the dimensions of this phenomenon and explain its educational, social, economic, and structural roots, focusing on the role of mathematics education as the foundation for training engineers and basic science specialists in the country. The present study was conducted with a descriptive-analytical approach and using secondary data, official documents, statistical reports, and critical analysis of previous research. The findings show that the quantitative decline in students choosing mathematics-physics, along with the qualitative decline in mathematics learning based on the results of international tests (TIMES study), negative attitudes towards engineering disciplines, the mismatch of curricula with labor market needs, and the weakening of university-industry ties are key factors in the decline in the tendency towards these disciplines (technical-engineering and basic sciences). The results also indicate that the continuation of this trend, in addition to weakening the foundations of science, technology, engineering, and mathematics education (STEM education or popular education), can lead to a shortage of specialized human resources, a decline in innovation, and a weakening of the foundations of sustainable development. Finally, the article suggests ways out of the current situation by emphasizing rethinking mathematics education, improving the quality of curricula, and providing practical solutions to improve the interaction of the education system with society and industry.

Keywords: Science education, engineering education, STEM education, quantitative decline in mathematics, qualitative decline in mathematic

1- Associate Professor, School of Mathematics and Computer, Bahonar University, Kerman, Iran. (Corresponding Author). E-mail: Rafiepour@uk.ac.ir

2- M.Sc. Department of Mathematics Education, Faculty of Mathematics and Computer, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran & Member of Mathematics Education Research Group, Mahani Math Center, Afzalipour Research Institute, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. E-mail: pouya.karimi1380@gmail.com

RENEWING ENGINEERING CURRICULA WITH AN EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT APPROACH: A META-SYNTHESIS

M. Mohammadi¹ and F. Deimehkar Haghighi²

Received: 9 February 2026; Accepted: 2 May 2026

DOI: 10.22047/ijee.2026.574771.2239

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.3.8

Abstract: The present study aims to design a curriculum renewal model for engineering education based on the principles of Education for Sustainable Development (ESD). This applied research employs a synthesis-based approach and a qualitative meta-synthesis methodology, which goes beyond summarizing findings by integrating and deeply interpreting data to provide a comprehensive understanding of the research topic. Data were analyzed using qualitative content analysis. The findings indicated that, at the data synthesis stage, three axial codes "the effective competencies of faculty members, foundational capabilities of engineering students, and the university's fundamental and institutional capacities" serve as antecedents for curriculum renewal grounded in ESD. Key processes of renewal included redefining philosophical orientation and goal-setting, designing and redesigning structural and content elements, transforming teaching-learning strategies, implementation, monitoring, revision, and institutionalization. Outcomes were categorized at three levels: individual and educational, organizational and social, and environmental and economic. Overall, the results suggest that integrating ESD into engineering education is no longer optional but a global imperative. This integration enables universities to align with the United Nations' Sustainable Development Goals, ensures the preparation of future engineers, and equips them to address the complex social, environmental, and technological challenges of the twenty-first century.

Keywords: Curriculum renewal, engineering, education, sustainable, development

1- Professor, Department of Educational Administration and Planning, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran. (Corresponding Author). E-mail: M48r52@gmail.com

2- PhD. in Curriculum Studies, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: farzanedeimehkarhaghighi@gmail.com

DESIGNING A RETENTION MODEL FOR ENGINEERING GRADUATES OF UNIVERSITIE AND HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Z. Sanati¹, M. Hassani² and R. Fathi³

Received: 16 October 2025 ; Accepted: 28 December 2025

DOI: 10.22047/ijee.2025.553552.2217

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.2.7

ABSTRACRT: Considering the increasing trend of engineering graduate attrition in recent years, the present study aimed to design a retention model for engineering graduates in universities and higher education institutions. This qualitative research was conducted with a data-based theorizing approach and with the participation of 30 professors, experts, and managers in the field of engineering, who were selected through purposive sampling. Data were collected through semi-structured and in-depth interviews and analysed using qualitative content analysis in three stages of open, axial, and selective coding in MAXQDA 20 software. From a total of 805 initial codes, 32 concepts were extracted by merging similar concepts and organized within the framework of the paradigmatic model of grounded theory. The results of the research show that the phenomenon of engineering graduate retention is influenced by a set of causal conditions, contextual conditions, and intervening conditions and it is realized through strategies such as empowering knowledge-based companies, leadership and management in the industry, innovative development, optimizing employment or career paths, reforming the educational system, and creating a social and cultural platform. The consequences of this model include scientific transformation and innovation, economic and industrial development, and the preservation and development of capital.

Keywords: Retention, engineering, graduates, universities and higher education, institutions, grounded theory

1- PhD. Student in Educationnel Management, Département of Educationnel Sciences, Faculty of Littérature and Humanités, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: zahra.sanatii20@gmail.com

2- Professor in Educationnel Management, Département of Educationnel Sciences, Faculty of Littérature and Humanités, Urmia University, Urmia, Iran. (Corresponding Author). E-mail: m.hassani@urmia.ac.ir

3- Associate Professor, Materials and Energy Research Institute, Karaj, Iran. E-mail: r.fathi@merc.ac.ir

ABSTRACTS

RETHINKING THE DURATION OF THE ENGINEERING BACHELOR'S DEGREE IN IRAN: SOLUTIONS, CONSIDERATIONS, AND POLICY REQUIREMENTS

F. Ebrahimabadi¹, V. Taghikhani² and J. Towfighi³

Received: 2December 2025; Accepted: 30 December 2025

DOI: 10.22047/ijee.2025.563615.2228

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.109.1.6

Abstract: The reconsideration of the duration of engineering bachelor's degree has recently been placed on the agenda of MSRT in Iran. This applied study aimed to identify solutions, considerations, and requirements by adopting a qualitative approach. Data were collected through document analysis and expert panels, and analyzed using thematic analysis. Participants included higher education experts selected through a snowball sampling method. Findings revealed that, in developed countries, a structured diversity of academic degrees with distinct functions ensures closer alignment between higher education and labor market needs. Results further indicated that offering three types of engineering bachelor's degrees- namely, the standard 4-year academic degree in universities, and 3-year applied and vocational degrees in Iran's skill-oriented institutions would allow curricula to be more effectively tailored to professional and academic pathways. Diversification at the associate, master's, and doctoral degrees also emerged as feasible options. However, the establishment of a National Qualifications Framework for Higher Education in Iran is considered a strategic necessity to systematize this diversity. The study concludes that the internationally recognized standard duration of a full engineering bachelor's degree is four years (120–125 credits), and reducing this duration would conflict with global regulations.

Keywords: Bachelor degree, diversity of academic qualifications, engineering, alignment of higher education with labor market, national qualifications framework

1- Assistant Professor, Department of Educational Innovation and Curriculum, Institute for Research and Planning in Higher Education, Tehran, Iran (Corresponding Author). Email: f.ebrahimabadi@irphe.ac.ir

2- Professor, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Sharif University of Technology; Secretary of the Iranian Association of Chemical Engineering, Tehran, Iran. Email: taghikhani@sharif.edu

3- Professor, Faculty of Chemical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: towfighi@modares.ac.ir

Contents

Iranian Journal of Engineering Education

Vol. 28 No. 109, Spring 2026

- *Rethinking the duration of the engineering bachelor's degree in Iran: Solutions, considerations, and policy requirements* / F. Ebrahimabadi, V. Taghikhani and J. Towfighi
- *Designing a retention model for engineering graduates of universities and higher education institutions* / Z. Sanati, M. Hassani and R. Fathi
- *Renewing engineering curricula with an education for sustainable development approach: A meta-synthesis* / M. Mohammadi and F. Deimehkar Haghighi
- *Dimensions of mathematics decline in Iran: A warning for the future of science and engineering education* / A. Rafiepour and P. Karimi
- *Teaching complex concepts through a humorous question-and-answer approach: A case study in renewable energy engineering* / S. Pirehbabi and R. Gavagsaz-Ghoachani
- *Providing a technology-based technical and engineering training model to enhance the professional competencies of oil and gas service companies* / M. Behifar, M. R. Razavi and P. Jafari
- *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. Jawad 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. 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 Ashrafizadeh/ 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. Manoochehr 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. 28 No. 109, Spring 2026

Proprietor: The Academy of Sciences of IR Iran

Managing Director: Prof. Mahmood Yaghoubi

Editor-in-Chief: Prof. Mahmood Yaghoubi

Office Manager: Dr. Mitra Molaei Parvareh

Persian Editor: Dr. Fattane Naderi

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 109 ■ Volume 28 ■ Spring 2026

- ◆ Rethinking the duration of the engineering bachelor's degree in Iran: Solutions, considerations, and policy requirements / F. Ebrahimabadi, V. Taghikhani and J. Towfighi
- ◆ Designing a retention model for engineering graduates of universities and higher education institutions / Z. Sanati, M. Hassani and R. Fathi
- ◆ Renewing engineering curricula with an education for sustainable development approach: A meta-synthesis / M. Mohammadi and F. Deimehkar Haghighi
- ◆ Dimensions of mathematics decline in Iran: A warning for the future of science and engineering education / A. Rafiepour and P. Karimi
- ◆ Teaching complex concepts through a humorous question-and-answer approach: A case study in renewable energy engineering / S. Pirehbabai and R. Gavagsaz-Ghoachani
- ◆ Providing a technology-based technical and engineering training model to enhance the professional competencies of oil and gas service companies / M. Behifar, M. R. Razaviand P. Jafari
- ◆ English Abstracts of the Articles

E-ISSN: 2676-4881

ISSN: 1607-2316

DOI: 10.22047/ijee

DOR: 20:1001.1.16072316