طراحی، اعتبار سنجی و اثر بخشی تلفیق آموزش ریاضی و مهارت‌های کارآفرینی فناورانه در آموزش مهندسی با رویکرد تولید دانش‌بنیان

خدیجه احمدجواهری[۱] و آتسا پارساپور[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۳/۱۵ ، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۷

DOI: 10.22047/ijee.2025.528484.2179

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.108.3.9

چکیده: تولید مبتنی‌بر دانش و کارآفرینی فناورانه راهبردهای اصلی توسعهٔ صنعتی هستند. بنابراین، بازنگری بنیادین در آموزش ریاضی برای دانشجویان مهندسی ضرورتی انکارناپذیر است. آموزش سنتی ریاضیات مهندسی، به‌رغم غنای نظری، مهارت‌های تحلیلی، اقتصادی و فناورانه را برای تصمیم‌گیری در فرایندهای تولید و توسعهٔ محصولات نوآورانهٔ دانشجویان تقویت نکرده است. هدف پژوهش حاضر طراحی، اعتبارسنجی و اثربخشی چهارچوب تلفیق آموزش ریاضی و مهارت‌های کارآفرینی فناورانه در برنامهٔ درسی رشته‌های مهندسی است. روش پژوهش از نوع آمیختهٔ اکتشافی است. در بخش کیفی، ازطریقِ مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته، هشت مؤلفه را شناسایی کردیم. در مرحلهٔ کمّی، پرسشنامه‌ای ۶۰گویه‌ای، مبتنی‌بر یافته‌های کیفی طراحی و توزیع کردیم. در تحلیل کمّی داده‌ها، یافته‌ها نشان داد که چهارچوب پیشنهادی از پنج مؤلفهٔ اصلی تشکیل شده است: ۱. آموزش مبتنی‌بر مسائل واقعی صنعت، ۲. استفاده از داده‌های واقعی تولیدی، ۳. تحلیل مالی - ریاضی پروژه‌ها، ۴. ادغام فناوری‌های نوین در یادگیری و ۵. ارتباط مستقیم با محیط‌های تولیدی. نتایج حاکی از اثربخشی این چهارچوب بر ارتقای توانمندی تصمیم‌گیری برای تولید، سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید و تقویت بینش کارآفرینی فناورانهٔ دانشجویان است.

واژگان کلیدی: آموزش ریاضی، برنامهٔ درسی مهندسی، کارآفرینی فناورانه

۱- استادیار گروه ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس، بندرعباس، ایران (نویسندهٔ مسئول). kh.ahmadjavaheri@iau.ac.ir

۲- دانشیار گروه ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس، بندرعباس، ایران. atossaparsapour216@iau.ac.ir

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، تحولات فناوری و اقتصادی آموزش مهندسی را با چالش‌ها و فرصت‌هایی نوین رودررو کرده است. در این میان، ریاضیات، به‌مثابهٔ زبان مشترک علوم مهندسی، نقش کلیدی در تحلیل و حل مسائل پیچیده ایفا می‌کند. بااین‌حال، آموزش سنتی ریاضیات مهندسی که عمدتاً بر مفاهیم نظری و انتزاعی تمرکز دارد به‌طور مؤثر مهارت‌های تحلیلی و کاربردی موردنیاز دانشجویان را در محیط‌های صنعتی و کارآفرینانه تقویت نکرده است (Donndelinger, 2021؛ Fink, 2002). چنین شکافی موجب شده است بسیاری از دانشجویان مهندسی در درک نقش ریاضیات در تصمیم‌گیری‌های تولیدی، تحلیل اقتصادی پروژه‌ها و طراحی بهینهٔ سیستم‌های صنعتی دچار ضعف باشند (Kaya-Capocci et al., 2025).

از سوی دیگر، کارآفرینی فناورانه[1]، به‌مثابهٔ یکی از محرک‌های اصلی توسعهٔ اقتصاد و نوآوری، اهمیتی فزاینده در آموزش مهندسی یافته است. کارآفرینی فناورانه شامل فرایند شناسایی، ارزیابی و بهره‌برداری از فرصت‌های ناشی از پیشرفت‌های فناوری است. کارآفرینی فناورانه فراتر از هوش تجاری صِرف است و نیاز به درک عمیق فناوری، پویایی بازار و توانایی جهت‌یابی در زیست‌بوم‌های پیچیده دارد. کارآفرینان باید نه‌تنها ایده‌های نوآورانه داشته باشند باید ایده‌های نو را به محصولات و خدمات بادوام تبدیل کنند. آنان باید ریسک‌پذیری را با تفکر راهبردی متعادل کنند و با محیط‌های پویا سازگار باشند (Baghersad & Rahimi Asiabaraki, 2024).

بر همین اساس، انتظار می‌رود آموزش ریاضی[2] نیز از حالت صرفاً نظریه‌وار خارج و به ابزار توانمندسازی دانشجویان در مسیر خلق ارزش اقتصادی ازطریقِ تحلیل داده‌های تولیدی، طراحی مدل‌های هزینه - فایده، بهینه‌سازی فرایندهای صنعتی و... تبدیل شود (Stenard, 2021). ادغام آموزش ریاضی با آموزش مهارت‌های کارآفرینی فناورانه، ازجمله مهارت‌های تصمیم‌گیری مبتنی‌بر داده، تفکر خلاق، ارزیابی اقتصادی و مدل‌سازی سیستم‌های تولیدی، رویکردی جدید در تربیت مهندسان آینده فراهم می‌آورد. مهندسانی که نه‌تنها توان حل مسائل فنی را دارند بلکه از درک درستی از زمینه‌های سرمایه‌گذاری برای تولید[3] و توسعهٔ محصولات نوآورانه برخوردارند. چنین نگرشی با اهداف کلان ملی برای توسعهٔ شرکت‌های دانش‌بنیان، کاهش خام‌فروشی و افزایش بهره‌وری تولید سازگار است.

تحولات شتابان فناوری اقتصاد جهانی را به سوی دانایی‌محوری و نوآوری در حوزهٔ دانش‌بنیان سوق داده است، به‌گونه‌ای‌که در بسیاری از کشورها سرمایه‌گذاری در تولید دانش‌بنیان کلید توسعهٔ پایدار و تاب‌آوری اقتصادی شناخته می‌شود. این تغییر رویکرد از نظام‌های آموزش عالی انتظار دارد نقش فعالی در تربیت نیروی انسانی نوآور، مسئله‌محور و توانمند برای مشارکت در فرایندهای تولید فناورانه ایفا کنند (Salvador et al., 2023). اهمیت تربیت دانش‌آموختگانی که توانایی تحلیل اقتصادی - ریاضی و کارآفرینی

1- Technological entrepreneurship 2- Mathematics education 3- Investment for production

در صنایع را داشته باشند نشان‌دهندهٔ شکاف میان خروجی نظام آموزش مهندسی و اقتضائات زیست‌بوم نوآوری صنعتی است و ضرورت تلفیق آموزش ریاضی را با مؤلفه‌های کارآفرینی برجسته کرده است. بیشتر پژوهش‌ها یا بر ارتقای مهارت ریاضی تأکید دارند یا بر کارآفرینی؛ اما الگویی یکپارچه که پیوند این دو حیطه را در محیط صنعتی واقعی بیازماید تاکنون گزارش نشده است.

با توجه به ضرورت اشاره‌شده، هدف پژوهش حاضر طراحی چهارچوبی تلفیقی از آموزش ریاضی و مهارت‌های کارآفرینی فناورانه در برنامهٔ درسی رشته‌های مهندسی با رویکرد تولید دانش‌بنیان است. این چهارچوب تلاش دارد با بهره‌گیری از رویکرد آمیختهٔ اکتشافی، ضمن شناسایی مؤلفه‌های کلیدی از دیدگاه خبرگان، میزان اثربخشی آن را در توانمندسازی دانشجویان از منظر تحلیل تصمیم‌های اقتصادی تولید، تفکر کارآفرینانه و حل مسائل واقعی ارزیابی کند. به‌طور خلاصه، اهداف پژوهش حاضر عبارت‌اند از: ۱. شناسایی و تبیین مؤلفه‌های کلیدی یک چهارچوب تلفیقی آموزش ریاضی-کارآفرینی فناورانه، ۲. ساخت و اعتبارسنجی چهارچوب و ۳. آزمون اثربخشی چهارچوب.

۲. پیشینهٔ پژوهش

مطالعات متعدد داخلی و بین‌المللی (نظیر Emadi et al., 2025؛ Rahimi Kolour et al., 2024؛ Kaya-Capocci et al., 2025 و Suto et al., 2025) بر ضرورت تلفیق آموزش ریاضیات با مهارت‌های کارآفرینی فناورانه و استقرار زیست‌بوم‌های حمایتی در دانشگاه‌ها برای دستیابی به تولید دانش‌بنیان تأکید دارند. ازآنجاکه در سال‌های اخیر توجه به مقولهٔ آموزش کارآفرینی در نظام آموزش عالی ایران رو به گسترش بوده است، در ادامه، برخی از مهم‌ترین پژوهش‌های داخلی مرتبط را مرور می‌کنیم.

عمادی و همکاران (Emadi et al., 2025) در پژوهشی در دانشگاه بوعلی‌سینا دریافتند که سواد فناورانهٔ دانشجویان و سبک تدریس مدرسان به‌طور معنی‌دار و مثبتی با مهارت‌های کارآفرینانهٔ دانشجویانِ در شرف دانش‌آموختگی مرتبط است. یافته‌های آنان بر اهمیت بازنگری در روش‌های تدریس و ارتقای سواد فناورانه در برنامه‌های درسی تأکید دارد. درواقع، این مطالعه با شناسایی عوامل مهمی که بر افزایش مهارت کارآفرینی مؤثرند، راهنما و راهکارهای مناسبی برای سیاستگذاران نظام آموزش عالی فراهم آورد تا به بهبود مهارت‌های کارآفرینی ازطریقِ آموزش و تدریس مولد کمک کند.

رحیمی‌کلور و همکاران (Rahimi Kolour et al., 2024) به بررسی تأثیر کارآفرینی فناورانه بر رشد شرکت‌های دانش‌بنیان ایرانی در حوزهٔ فناوری زیستی، کشاورزی و مواد غذایی پرداختند. براساس نتایج، شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزهٔ فناوری زیستی، کشاورزی و مواد غذایی با سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های کارآفرینی فناورانه، بر رشد شرکت تأثیرات مثبت می‌گذارند. در این بین، متغیرهای دیجیتالی‌سازی و نوآوری مهم‌ترین عوامل تقویت پایه‌های رشد شرکت‌ها شناسایی شدند.

باقرصاد و رحیمی آسیابرکی (Baghersad & Rahimi Asiyaberki, 2023) در پژوهشی با استفاده از روش

تحقیق فراترکیب به بررسی ابعاد آموزش مهارت‌های کارآفرینی فناورانه پرداختند. آنان ۱۷ بُعد کلیدی، شامل نوآوری و خلاقیت، توسعهٔ الگوی کسب‌وکار، توسعهٔ محصول، تحلیل بازار، یکپارچه‌سازی فناوری، حداقل محصول قابل‌پذیرش، مالکیت فکری، سواد مالی، مدیریت ریسک، ملاحظات قانونی و مقرراتی، شبکه‌سازی و مشارکت، گروه‌سازی و رهبری، اعتبارسنجی مشتری، تحلیل و سازگاری دیدگاه جهانی را شناسایی کردند که برای تربیت کارآفرینان با رویکرد فناورانه حیاتی هستند.

طبیب‌زاده و همکاران (Tabibzadeh et al., 2023) در پژوهشی با هدف بررسی و طراحی الگوی کارآفرینی فناورانه در حوزهٔ زیست‌فناوری از روش مطالعهٔ موردی و مصاحبه‌های عمیق با خبرگان صنعت و دانشگاه استفاده کردند. آنان پنج عامل اصلی، شامل کارآفرین فناور و گروه، ایده، توسعهٔ محصول، بازار و زمینه و محیط صنعت زیست‌فناوری، را شناسایی کردند که بر فرایند کارآفرینی فناورانه در این صنعت تأثیرگذارند.

زعیم و همکاران (Zaeim et al., 2022) در مطالعه‌ای به شناسایی و تحلیل ابعاد زیست‌بوم کارآفرینی فناورانهٔ دانشگاهی ایران پرداخته و بر لزوم تقویت مراکز رشد دانشگاهی و حمایت از استارت‌آپ‌های فناورانه تأکید کرده‌اند.

حسین‌زاده و احمدی (Hosseinzadeh & Ahmadi, 2021) یک الگوی کارآفرینی فناورانه را در پژوهشگاه‌های کشور طراحی و تبیین کردند و با استفاده از تحلیل کیفی-کمّی به شناسایی مؤلفه‌های الگوی کارآفرینی فناورانه، شامل سیاست‌ها، قوانین و مقررات، موانع موجود، ارزش‌گذاری، توسعهٔ کارآفرینی و راهکارها، پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که سیاست‌ها تأثیر بسزایی بر قوانین و مقررات، ارزش‌گذاری‌ها و ایجاد موانع موجود دارند و همچنین موانع موجود تأثیر معنی‌داری بر طراحی راهکارها. هرچند ارزش‌گذاری‌ها تأثیر معنی‌داری بر راهکارها نداشتند، راهکارها تأثیر معنی‌داری بر توسعهٔ کارآفرینی داشتند.

صابر کهنه‌گورابی و همکاران (Saber Kohne Goorabi et al., 2021) در پژوهشی با هدف طراحی الگوی کارآفرینی فناورانه با رویکرد نوآوری باز در شرکت‌های دانش‌بنیان نفت و گاز از رویکرد آمیختهٔ اکتشافی استفاده کردند. آنان با تحلیل محتوا و پیمایش، به شناسایی عوامل مؤثر بر موفقیت این شرکت‌ها برای توسعهٔ اقتصادی پایدار پرداختند. نتایج نشان داد نوآوری باز در کشف و توسعهٔ فناوری‌های جدید، خلق نوآوری‌های محصولی یا فرایندی و درنهایت ارزش‌آفرینی و کسب مزیت رقابتی مؤثر است و ضمن آسان‌سازی فرایند کارآفرینی فناورانه، سبب سودآوری و افزایش سهم بازار شرکت‌ها می‌شود. همچنین عوامل سازمانی و محیطی به‌واسطهٔ نوآوری باز بیشترین تأثیر را بر کارآفرینی فناورانه و موفقیت شرکت‌ها دارند.

چند تحقیق بین‌المللی مرتبط با موضوع نیز به شرح ذیل است.

کایا-کاپوچی و همکاران (Kaya-Capocci et al., 2025) در پژوهشی به بررسی آموزش STEM کارآفرینانه و تأثیر آن بر افزایش منابع و مهارت‌های حل مسئلهٔ دانشجویان پرداختند. نتایج نشان داد این نوع رویکرد آموزشی به بهبود مهارت‌های کارآفرینی دانشجویان کمک می‌کند.

سوتو و همکاران در (Suto et al., 2025) به ارزیابی یک روش جدید آموزش کارآفرینی به دانشجویان

مهندسی پرداختند و اذعان داشتند که آن روش شایستگی‌های کارآفرینی، مانند مهارت‌ها و نگرش‌های یادگیری، مهارت‌های بین‌فردی، سواد مالی و اقتصادی، مهارت‌های بازاریابی، مهارت‌های فرصت‌یابی و مهارت‌های راهبردی را در دانشجویان توسعه می‌دهد.

ریواس و حسین (Rivas & Husein, 2022) نقش همدلی، قانع‌کنندگی و دانش را در ترویج نوآوری مهندسان بررسی کردند. یافته‌های آنان نشان داد چنین عوامل شناختی و ارتباطی‌ای در ایجاد تغییر ضروری در نحوهٔ آموزش دانشجویان در زمینه‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات کاربرد دارند. گرچه این پژوهش به‌طور مستقیم به آموزش ریاضی مهندسان نپرداخته است، تأکید آن بر مهارت‌های نرم و شناختی مرتبط با کارآفرینی، زمینهٔ بازنگری در رویکردهای آموزشی، ازجمله آموزش ریاضیات با هدف پرورش نگرش کارآفرینانه، را فراهم می‌آورد.

فدسیو و همکاران در (Fedoseev et al., 2022) مسائل مربوط به روش‌های آموزش ریاضی مهندسان آینده را بررسی کردند. آنان تحلیلی روش‌شناختی از مفهوم ریاضیات مهندسی مطرح کردند و ساختارهای اصلی ادغام فرایند آموزش ریاضی را در نظام آموزش مهندسی معرفی کردند.

داندلینجر (Donndelinger, 2021) در مقاله‌ای به بررسی کاربرد یادگیری مبتنی‌بر مسئله در آموزش اقتصاد مهندسی پرداخت و اظهار داشت که این شیوه به بهبود مشارکت دانشجویان و درک مفاهیم اقتصادی کمک می‌کند.

بررسی و تحلیل پژوهش‌ها نشان می‌دهد به‌رغم توجه و تمرکز بر تلفیق آموزش ریاضی و مهارت‌های فناورانه، پژوهش‌های اندکی به‌صورت منسجم و نظام‌مند به طراحی چهارچوب‌های جامع و عملیاتی پرداخته‌اند. بنابراین، وجود چهارچوبی جامع و کاربردی که هم‌زمان مهارت‌های ریاضی، تحلیلی و کارآفرینی فناورانه را در برنامهٔ درسی رشته‌های مهندسی ترکیب کند شکاف اصلی شناسایی شده است. پژوهش حاضر با طراحی و ارزیابی چنین چهارچوبی درصدد پاسخ به این خلأ است. نوآوری اصلی پژوهش حاضر در ترکیب مؤلفه‌های آموزشی-عملیاتی و همچنین سنجش پیامدهای کارآفرینانهٔ تولید (توانمندی تصمیم‌گیری برای تولید، سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید، و بینش کارآفرینی فناورانه) در قالب الگویی واحد است.

۳. روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع آمیختهٔ اکتشافی[1] است که براساس مدل کرسول و کلارک (Creswell & Plano Clark, 2011)، با هدف طراحی و اعتبارسنجی چهارچوب تلفیق آموزش ریاضی و مهارت‌های کارآفرینی فناورانه در برنامهٔ درسی رشته‌های مهندسی، اجرا شده است. چنین رویکردی با ماهیت چندوجهی آموزش مهندسی و ارتباط آن با تحلیل‌های ریاضی و کاربردهای فناورانه همخوان است. این مطالعه در فاز کیفی، برمبنای طرح متوالی

1- Exploratory mixed methods

اکتشافی، انجام گرفته است؛ طرحی که به‌زعم کرسول و کلارک، برای اکتشاف عمیق پدیده‌های ناشناخته و ایجاد بنیان نظری کافی برای مرحلهٔ کمّی مناسب است. بنابراین، این رویکرد شامل دو مرحلهٔ پیوسته است: ابتدا، داده‌های کیفی جمع‌آوری و تحلیل و سپس، یافته‌های کیفی به‌شیوهٔ کمّی بررسی می‌شود.

شکل ۱. مراحل طرح اکتشافی کرسول و کلارک (Creswell & Plano Clark, 2011)

جامعهٔ آماری بخش کیفی پژوهش شامل متخصصان حوزهٔ آموزش ریاضی و مهندسی، کارآفرینی و مدیران خبرهٔ صنعت بود و نمونه‌گیری هدفمند با روش گلوله‌برفی انجام گرفت. معیارهای انتخاب شامل تجربهٔ عملی در طراحی برنامه‌های آموزشی و تدریس، سابقهٔ کار در حوزهٔ تولید فناورانه و آشنایی با فرایندهای کارآفرینی صنعتی بود. ۱۵ نفر از حوزه‌های یادشده انتخاب شدند. ابزار استفاده‌شده در این بخش مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته (مجموعه‌ای از پرسش‌های ازپیش‌تعیین‌شده و درعین‌حال با امکان گفت‌وگوی انعطاف‌پذیر) بود که برپایهٔ مرور نظام‌مند مبانی نظری و ادبیات پیشینه و با هدف استخراج مؤلفه‌های اصلی تلفیق آموزش ریاضی و مهارت‌های کارآفرینی فناورانه، شامل پرسش‌هایی در چهار حوزهٔ محتوایی الف) نیازهای مهارتی دانشجویان مهندسی در حوزهٔ تولید دانش‌بنیان، ب) چالش‌های جاری در آموزش ریاضیات مهندسی، ج) راهبردهای تلفیق آموزش ریاضی و کارآفرینی فناورانه و د) موانع و فرصت‌های پیاده‌سازی در محیط‌های صنعتی و دانشگاهی طراحی شد. ابتدا، همهٔ مصاحبه‌ها، پس از کسب رضایت آگاهانه، ضبط و کلمه‌به‌کلمه تبدیل به متن شدند. هر مصاحبه بین ۳۰ تا ۴۵ دقیقه به طول انجامید. برای استخراج الگوهای مفهومی و مؤلفه‌های کلیدی، از روش تحلیل مضمون[1] براون و کلارک (Braun & Clarke, 2021) استفاده کردیم. بر این اساس، فرایند تحلیل شامل مراحل ۱. آشنایی با داده‌ها ازطریقِ خوانش مکرر، ۲. یجاد کدهای اولیه، ۳. جست‌وجوی مضامین، ۴. بازبینی مضامین، ۵. تعریف و نام‌گذاری مضامین و ۶. نگارش گزارش تحلیلی بود.

متن همهٔ مصاحبه‌ها چندین بار خوانده شد و کدگذاری اولیه صورت گرفت. سپس، کدهای مشابه در قالب مضامین اولیه گروه‌بندی شدند. در مرحلهٔ بعد، مضامین بازبینی و به‌صورت مضامین اصلی و فرعی طبقه‌بندی شدند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA نگارش ۲۰۲۲ کدگذاری شدند که امکان مدیریت دقیق داده‌های متنی، دسته‌بندی مفاهیم و تحلیل روابط میان مضامین را فراهم می‌سازد. داده‌های کیفی ازطریقِ روش بازبینی اعضا اعتبارسنجی شدند بدین‌ترتیب که خلاصهٔ یافته‌ها در اختیار برخی از شرکت‌کنندگان قرار گرفت تا نظر خود را دربارهٔ دقت و میزان انطباق آن با تجارب واقعی‌شان اعلام

1- Thematic analysis

کنند. همچنین، برای ارتقای قابلیت اعتماد داده‌ها، از دیدگاه کارشناسان حوزهٔ آموزش مهندسی در فرایند بررسی همکاران بهره گرفتیم. به‌علاوه، اشباع نظری را معیار کفایت داده‌ها در نظر گرفتیم، بدین‌معناکه فرایند کدگذاری تا زمانی که هیچ مفهوم یا الگوی جدیدی شناسایی نشود ادامه یافت. نتایج این تحلیل منجر به استخراج ۳۱۲ کد اولیه، ۵۴ خرده‌مؤلفه و نهایتاً شناسایی پنج مؤلفه/مضمون اصلی چهارچوب پیشنهادی شد که عبارت‌اند از: آموزش مبتنی‌بر مسائل واقعی صنعت[1] (IPBL)؛ استفاده از داده‌های واقعی تولیدی[2] (PRD)؛ تحلیل مالی-ریاضی پروژه‌ها[3] (FMA)؛ ادغام فناوری‌های نوین در یادگیری[4] (ITL)، و ارتباط مستقیم با محیط‌های تولیدی[5] (LWE). همچنین سه مؤلفهٔ توانمندی تصمیم‌گیری برای تولید[6] (DM)، سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید[7] (INV)، و بینش کارآفرینی فناورانه[8] (ENT) با هدف بررسی اثربخشی شناسایی شدند.

جامعهٔ هدف بخش کمّی پژوهش شامل ۶۰ دانشجوی منتخب به روش نمونه‌گیری دردسترس بود که از بین دانشجویان دورهٔ کارشناسی ناپیوسته (کاردانی به کارشناسی) رشته‌های مهندسی انتخاب شدند که عموماً، هم‌زمان با تحصیل در صنایع و خطوط تولید واحدهای صنعتی کوچک و متوسط، به‌عنوان کارشناس فنی مشغول به کار بودند. این گروه از دانشجویان، به دلیل ارتباط مستقیم با فرایندهای واقعی تولید، مناسب آموزش تلفیقی و مسئله‌محور به شمار می‌روند. به‌ویژه، روش یادگیری مبتنی‌بر مسئله در زمینهٔ صنعتی، استفاده از داده‌های واقعی تولیدی و طراحی سناریوهای آموزشی با تمرکز بر چالش‌های کارآفرینی زمینه‌ساز یادگیری عمیق و کاربردی مفاهیم ریاضی برای دانشجویان خواهد بود (Salvador et al. 2023).

ابزار پژوهش، به‌منظور اعتبارسنجی و اثربخشی چهارچوب پیشنهادی، پرسشنامهٔ محقق‌ساخته بود که برمبنای یافته‌های بخش کیفی (تحلیل مضمون مصاحبه‌ها) تدوین شد. این پرسشنامه شامل ۶۰ گویه بود که هریک از هشت مؤلفهٔ استخراج‌شده از بخش کیفی را به‌طور کامل پوشش می‌داد. برای تحلیل داده‌های تحلیل عامل اکتشافی، تحلیل عامل تأییدی و درنهایت مدل‌یابی معادلات ساختاری، از محیط‌های نرم‌افزاری SPSS-۲۹ و AMOS-۲۴ استفاده کردیم.

۴. یافته‌ها

۴-۱. یافته‌های بخش کیفی

راهنمای مصاحبه دربردارندهٔ چهار مبحث اصلی بود: الف) نیازهای مهارتی دانشجویان در حوزهٔ تولید دانش‌بنیان؛ ب) چالش‌های جاری در آموزش ریاضیات مهندسی؛ ج) راهبردهای تلفیق آموزش ریاضی و

1- Problem-based learning in industrial context
2- Real-world production data analysis
3- Financial-mathematical project analysis
4- Integration of emerging technologies in learning
5- Authentic learning environments
6- Decision-making capability in manufacturing
7- Smart manufacturing investment
8- Technological entrepreneurial insight

کارآفرینی فناورانه و د) موانع و فرصت‌های پیاده‌سازی در محیط‌های صنعتی و دانشگاهی.

فرایند تحلیل مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۵ متخصص حوزهٔ آموزش ریاضی و مهندسی (۵ نفر) و کارآفرینی (۴ نفر) و صنعت (۶ نفر) به‌روش تحلیل مضمون در شش مرحله اجرا شد. برای مدیریت داده‌های کیفی، کدگذاری و استخراج الگوها، از نرم‌افزار تخصصیMAXQDA نگارش ۲۰۲۲ استفاده کردیم. به‌منظور اطمینان از اعتبار یافته‌ها، نتایج ازطریقِ بازبینی اعضا به شرکت‌کنندگان ارائه و تأیید شد و همکاران محقق نیز آن را مستقلاً بازبینی کردند. اشباع نظری زمانی حاصل شد که تحلیل مصاحبه‌ها به استخراج مضامین جدید منجر نشد و بنابراین از غنای داده‌ها اطمینان حاصل شد. به‌طور خلاصه، در کدگذاری باز، ۳۱۲ گزارهٔ معنی‌دار استخراج و در نرم‌افزار ثبت شد. سپس، در کدگذاری محوری، کدها در ۵۴ خرده‌مضمون و ۸ مضمون هستهٔ چهارچوب سازمان یافتند و نهایتاً، در کدگذاری انتخابی، رابطه‌ها و پیامدها ترسیم شدند و یک نقشهٔ مفهومی اولیه شکل گرفت. ۸ مضمون اصلی و ۵۴ خرده‌مضمون، مطابق جدول ۱، در ادامه تشریح شده‌اند.

۴-۱-۱. آموزش مبتنی‌بر مسائل واقعی صنعت

متخصصان تأکید داشتند استفاده از مسائل واقعی و ملموس صنعت و مواجهه با مشکلات خطوط تولید به‌مثابهٔ هستهٔ مرکزی آموزش ریاضی، تأثیر درخورِتوجهی بر افزایش درک عملی و مهارت‌های تحلیل مسئلهٔ دانشجویان دارد. این مضمون با یافته‌های پژوهش ساوری (Savery, 2006) همسو بود و نشان داد که کاربرد مسائل واقعی موجب درگیری فعال دانشجویان و تقویت یادگیری عمیق آنان می‌شود. بدون این ارتباط عملی، آموزش ریاضی صرفاً در سطح نظری باقی خواهد ماند و توان تربیت نیروی متخصص برای صنعت را نخواهد داشت.

۴-۱-۲. استفاده از داده‌های واقعی تولیدی

یکی از مضامین برجسته، لزوم استفاده از داده‌های واقعی تولیدی در آموزش ریاضی و مهندسی است. متخصصان معتقد بودند این رویکرد فرصت بی‌نظیری برای آموزش است تا دانشجویان مهارت تحلیل داده و تصمیم‌گیری مبتنی‌بر شواهد واقعی را کسب کنند. مصاحبه‌شوندگان اظهار کردند تحلیل داده‌های تعمیر و نگهداری و ارزیابی خطاهای تولید، درک دانشجویان را از چرخهٔ عمر محصولات و مدیریت هزینه‌ها بهتر می‌کند و داده‌های محیط کار نیز نقش کلیدی در آموزش مفاهیم بهره‌وری و کارایی ایفا می‌کنند. مطابق پژوهش دوال-کوتیل و همکاران (Duval-Couetil et al., 2012)، استفاده از داده‌های واقعی منجر به تقویت مهارت‌های تحلیلی و کاربردی می‌شود که در توسعهٔ توانایی تصمیم‌گیری مؤثر در موقعیت‌های واقعی اثرگذار است.

۴-۱-۳. تحلیل مالی-ریاضی پروژه‌ها

متخصصان بر اهمیت آموزش تحلیل مالی-ریاضی پروژه‌ها تأکید و اظهار کردند که تلفیق ریاضیات و تحلیل مالی در پروژه‌های مهندسی موجب تقویت مهارت‌های مدیریتی و کارآفرینانهٔ دانشجویان می‌شود. یکی از نکات برجستهٔ مصاحبه‌ها تأکید بر ضرورت آموزش تحلیل هزینه-فایده و الگوهای سرمایه‌گذاری به دانشجویان بود. مصاحبه‌شوندگان باور داشتند که بدون درک عمیق تحلیل مالی پروژه‌ها، دانش‌آموختگان مهندسی قادر به تصمیم‌گیری اقتصادیِ صحیح در محیط‌های صنعتی نخواهند بود. علاوه‌براین، ادغام تحلیل حساسیت و الگوهای چندسناریویی، قدرت پیش‌بینی و برنامه‌ریزی مالی دانشجویان را بهبود می‌بخشد.

۴-۱-۴. ادغام فناوری‌های نوین در یادگیری

استفاده از فناوری‌های نوین، مانند داده‌کاوی و هوش مصنوعی، در آموزش ریاضی از مؤلفه‌های کلیدی بود. متخصصان تأکید داشتند ابزارهای دیجیتال و نرم‌افزارهای تخصصی یادگیری را آسان می‌کنند و موجب توسعهٔ مهارت‌های تحلیل داده‌های صنعتی می‌شوند. مصاحبه‌شوندگان خاطرنشان کردند که کاربرد فناوری‌هایی نظیر اینترنت اشیا و واقعیت افزوده به دانشجویان اجازه می‌دهد مفاهیم پیچیدهٔ ریاضی را در قالب‌های عملی و تعاملی تجربه کنند. بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، ضمن افزایش جذابیت آموزش، مهارت‌های فناورانهٔ دانشجویان را ارتقا می‌بخشد.

۴-۱-۵. ارتباط مستقیم با محیط‌های تولیدی

برقراری ارتباط مستقیم و مستمر دانشجویان با محیط‌های واقعی تولیدی عنصری حیاتی در فرایند یادگیری مطرح شد. متخصصان معتقد بودند چنین ارتباطی موجب تقویت مهارت‌های عملی و کاربردی دانشجویان و آشنایی آنان با وضعیت واقعی صنعت می‌شود و نیز همیاری مستمر با مدیران تولید و مشارکت در پروژه‌های واقعی سطح آمادگی دانشجویان را به‌میزان درخورِتوجهی افزایش می‌دهد. علاوه‌براین، برگزاری تورها و کارگاه‌های فناوری باعث تقویت انگیزه و ارتقای بینش کارآفرینانهٔ دانشجویان می‌شود.

۴-۱-۶. توانمندی تصمیم‌گیری تولید

این شاخص توانایی فرد/گروه در گردآوری، تفسیر و به‌کارگیری داده‌های کمّی و کیفی برای انتخاب بهینهٔ راهبردها و شیوه‌های تولید است. توانمندی تصمیم‌گیری تولید شامل پیش‌بینی تقاضا، برنامه‌ریزی ظرفیت، زمان‌بندی، کنترل کیفیت، و ارزیابی هزینه-فایدهٔ سناریوهای جایگزین می‌شود و ریشه در نظریه‌های مدیریت عملیات، بهینه‌سازی ریاضی و تصمیم‌گیری چندمعیاره دارد (Skinner, 1969). انتخاب بهینهٔ سناریوهای حجم تولید، موجودی و لجستیک نشان از توانمندی تصمیم‌گیری تولید دارد. رویاروکردن

دانشجو با چرخهٔ حل مسائل اصیل صنعت شایستگی تحلیل و تصمیم‌گیری در موقعیت‌های خط تولید و نیز انتخاب گزینهٔ بهینه را به‌طور محسوسی ارتقا می‌دهد.

۴-۱-۷. سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید

شایستگی ارزیابی و تخصیص منابع مالی به طرح‌های تولیدی با رویکرد بیشینه‌سازی ارزش و کمینه‌سازی ریسک دربرگیرندهٔ شبیه‌سازی ریسک، بهینه‌سازی ساختار تأمین مالی و تعیین راهبرد خروج است. این سازه برمبنای ادبیات بودجه‌بندی سرمایه‌ای و تصمیم‌گیری تحت عدم‌قطعیت تعریف می‌شود (Brealey et al., 2019) و ارزیابی ریسک و بازدهی پروژه‌های صنعتی نوپدید در آن اتفاق می‌افتد. به‌روشنی، یادگیری عمیق تحلیل مالی-ریاضی بیشترین اطمینان را در تخصیص منابع و ارزیابی بازگشت سرمایه ایجاد می‌کند.

۴-۱-۸. بینش کارآفرینی فناورانه

توانایی شناسایی، ارزیابی و بهره‌برداری از فرصت‌های بازار برپایهٔ فناوری‌های نوظهور مؤلفه‌هایی، چون رصد روندهای فناورانه، طراحی الگوی کسب‌وکار نوین، شبکه‌سازی و مدیریت مالکیت فکری را در بر می‌گیرد. نظریه‌های کارآفرینی فرصت‌محور و نوآوری فناورانه مبنای این تعریف هستند (Shane, 2003). نگرش فرصت‌جویانه و نوآورانه برپایهٔ فناوری‌های ریاضی‌محور در این محتوا قرار می‌گیرد. آشکار است که پیوند دوسویهٔ حل مسائل واقعی صنعت و حضور میدانی در محیط‌های تولیدی به ایجاد نگاه فرصت‌جوی فناورانه در دانشجویان می‌انجامد.

جدول ۱ مضامین اصلی و خرده‌مضامین مرتبط با الگو

مضمون اصلی	خرده‌مضامین	درصد قطعات کد
آموزش مبتنی‌بر مسائل واقعی صنعت	پروژه‌های واقعی، مطالعهٔ موردی صنعت، بازدید میدانی از کارخانه، حل مسائل خط تولید، بررسی استانداردهای صنعتی، شبیه‌سازی فرایندهای صنعتی، تحلیل پروژه‌های شکست‌خورده، مدیریت پروژه‌های کوچک	۱۸
استفاده از داده‌های واقعی تولیدی	تحلیل داده‌های تولید، کنترل کیفیت آماری، تحلیل داده‌های تعمیر و نگهداری، تحلیل بهره‌وری خطوط، استفاده از داده‌های واقعی پروژه، ارزیابی خطاهای تولید، تحلیل داده‌های محیط کار	۱۳
تحلیل مالی - ریاضی پروژه‌ها	مدل‌سازی اقتصادی پروژه‌ها، تحلیل ریسک سرمایه‌گذاری، برآورد هزینهٔ تولید، محاسبهٔ نرخ بازگشت سرمایه، تحلیل حساسیت مالی، محاسبهٔ نقطه سربه‌سر، تحلیل مالی چندسناریویی، برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری تولیدی	۲۰
ادغام فناوری‌های نوین در یادگیری	استفاده از شبیه‌سازهای صنعتی، آموزش داده‌کاوی صنعتی، آموزش هوش مصنوعی در تولید، آموزش اینترنت اشیا، کاربرد فناوری واقعیت‌افزوده در آموزش، آموزش چاپ سه‌بُعدی صنعتی، کاربرد یادگیری ماشین در کنترل کیفیت	۱۲

ادامه جدول ۱

مضمون اصلی	خرده‌مضامین	درصد قطعات کد
ارتباط مستقیم با محیط‌های تولیدی	برگزاری دوره‌های کارآموزی میدانی در صنعت، پروژه‌های مشترک دانشگاه با کارخانه‌ها، دریافت بازخورد از مدیران تولید، برگزاری تورهای مرتبط با فناوری تولید، برگزاری سخنرانی‌های مرتبط با صنعت، برگزاری رویدادهای مرتبط با تولید	۱۰
توانمندی تصمیم‌گیری تولید	پیش‌بینی تقاضا و برنامه‌ریزی ظرفیت، تعیین سطح موجودی، مدیریت زنجیرهٔ تأمین، کنترل کیفیت فرایند، واکنش به اختلالات، تصمیم نگهداری و تعمیر و برون‌سپاری	۸
سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید	تحلیل ریسک فناوری، مدیریت پورتفوی سرمایه، ساختار تأمین مالی، تحلیل رقبا، تحلیل بازار محصول، استفاده از سرمایهٔ خطرپذیر	۸
بینش کارآفرینی فناورانه	شناسایی فرصت فناوری، تفکر طراحی، شکل‌دهی زیست‌بوم استارت‌آپی، پذیرش فناوری توسط بازار، مدیریت ریسک نوآوری، در نظر گرفتن پیامدهای اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی تصمیم‌های فناورانه	۱۱

از مصاحبه‌ها چنین برمی‌آید که برای ارتقای کارآمد آموزش ریاضیات مهندسی با هدف توسعهٔ کارآفرینی فناورانه باید در برنامه‌های درسی به محورهای کلیدی یادشده توجه شود که هرکدام شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌ها و مهارت‌های عملیاتی مشخص هستند. پنج مؤلفهٔ اول نه‌تنها چهارچوبی مفهومی برای بخش کمّی پژوهش فراهم می‌کنند بلکه خطوط کلان مداخله را به سیاستگذاران آموزشی نشان می‌دهند. به‌علاوه، توزیع یکنواخت نقل‌قول‌ها بین همهٔ مصاحبه‌شوندگان و نبودِ کد جدید پس از تحلیل مصاحبهٔ سیزدهم از اشباع داده و اعتبار الگوی پیشنهادی حکایت دارد و دو مصاحبهٔ پایانی برای اطمینان از تثبیت مضامین انجام شده است. این اقدامات موجب افزایش اعتماد به نتایج تحلیل مضمون شد. انتظار می‌رود یافته‌های کمّی مرحلهٔ بعد برازش تجربی این الگوی مفهومی را آشکار سازد و وزن نسبی هر مؤلفه را تبیین کند.

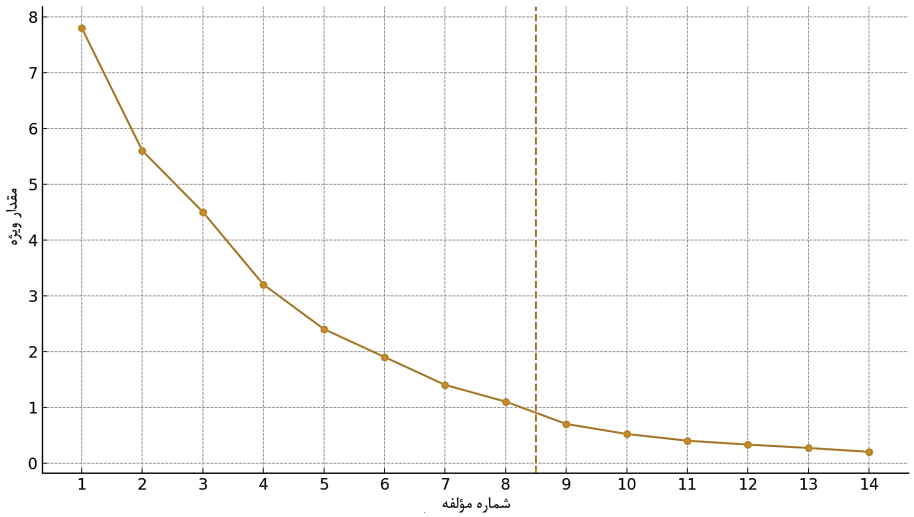
۴-۲. یافته‌های بخش کمّی

جامعهٔ آماری این بخش از پژوهش شامل ۶۰ دانشجوی دورهٔ کارشناسی ناپیوستهٔ رشته‌های مهندسی می‌شد که هم‌زمان در واحدهای صنعتی مشغول به کار بودند. ترکیب تجربهٔ کاری و آموزش دانشگاهی در این گروه فرصت مناسبی برای ارزیابی چهارچوب پیشنهادی فراهم ساخت. پرسشنامهٔ ۶۰گویه‌ایِ (۴۵گویه برای طراحی و اعتبارسنجی و ۱۵ گویه برای تعیین اثربخشی الگو) تکمیل‌شدهٔ ۶۰ دانشجو با کمک تحلیل عاملی بررسی شد. پیش از اجرای تحلیل عاملی، میانگین، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی هر گویه را بررسی کردیم تا نرمال‌بودن تقریبی و نبودِ سقف/کف مطلق تأیید شود. میانگین‌ها در بازهٔ ۲/۹۱ تا ۴/۱۸ (روی طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت) قرار داشتند و هیچ گویه‌ای انحراف معیار کمتر از ۰/۶۰ نداشت. لذا، پراکندگی پاسخ‌ها در تشخیص هم‌بستگی مناسب بود. مقدار مطلق چولگی و کشیدگی همهٔ موارد کمتر از یک گزارش شد که

مطابق ملاک‌های جورج و مالری (George & Mallery, 2019)، نشان‌دهندهٔ توزیع نسبتاً متقارن (نرمال) است؛ بدین‌ترتیب، پیش‌فرض تحلیل عاملی برقرار بود.

برای احراز کفایت داده‌ها در تحلیل عاملی، پیش‌شرط روایی سازهٔ مقدماتی انجام شد. شاخص KMO برابر ۰/۹۳۰ (بالاتر از آستانهٔ توصیه‌شده: ۰/۶۰) به دست آمد که نشان داد تراکم الگوهای هم‌بستگی کافی است و آمارهٔ آزمون بارتلت ۸۹۴۲/۱ = (۱۷۷۰) χ^2 به دست آمد. خروجی آزمون بارتلت نشان می‌دهد که هم‌بستگی‌ها در سطح معنی‌دار p<۰/۰۰۱ به‌اندازه‌ای قوی هستند که تحلیل عاملی توجیه‌پذیر است. از سویی، مقدار اندازهٔ کفایت نمونه (MSA) برای تک‌تک گویه‌ها بین ۰/۷۹ و ۰/۹۶ به دست آمد. لذا، در استخراج ساختار هیچ گویه‌ای به دلیل مزاحم‌بودن حذف/بازنویسی نشد. این نتایج تأیید می‌کنند که داده‌های گردآوری‌شده از نمونهٔ مطالعه‌شده برای تحلیل ساختاری کافی هستند. در ادامه، یافته‌های مربوط به تحلیل عاملی را بیان می‌کنیم.

پس از تأیید کفایت نمونه، باید تصمیم بگیریم چند عامل را نگه داریم. ابتدا، با کمک معیار کایزر، هر هشت عامل اول دارای مقدار ویژهٔ بزرگ‌تر از یک (۱/۱، ۱/۴، ۱/۹، ۲/۴، ۳/۲، ۴/۵، ۵/۶، ۷/۸) بودند و بنابراین همگی را نگه داشتیم. با دقت در نمودار اسکری (شکل ۲) نیز شکست شیب بعد از مؤلفهٔ هشتم را به‌وضوح مشاهده می‌کنیم. لذا، از تشکیل عامل‌های کاذب جلوگیری کردیم. عامل‌های اول تا پنجم با ۴۵ گویهٔ نخست هم‌خوان بودند و مؤلفه‌های طراحی/اعتبارسنجی را بازنمایی کردند. سه عامل آخر، به‌ترتیب، توانمندی تصمیم‌گیری تولید، سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید و بینش کارآفرینی فناورانه را پوشش دادند که اثربخشی الگو را می‌سنجند.



شکل ۲ نمودار اسکری-تحلیل عاملی اکتشافی

در ادامه، برای سنجش سهم هر مؤلفه در تغییرات کلی داده‌ها، نسبت واریانس تبیین‌شدهٔ هریک از مؤلفه‌ها را اندازه‌گیری کردیم به‌طوری‌که پنج مؤلفهٔ اول، به‌ترتیب، مقادیر ۱۷/۳، ۱۳/۸، ۱۱/۲، ۱۰/۴ و ۱۰/۷ درصد از واریانس را توضیح دادند. ازاین‌رو، این پنج عامل درمجموع ۶۳/۴ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کنند که نشان می‌دهد ساختار عاملی استخراج‌شده بخش عمده‌ای از تفاوت‌ها و تنوع پاسخ‌های شرکت‌کنندگان را تبیین می‌کند. جزئیات کامل محاسبات مربوط به شاخص‌های پایایی و روایی سازه‌ای برای هشت مؤلفه در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲ .شاخص‌های پایایی و روایی

سازه	نماد	تعداد سنجه	AVE	$\sqrt{AVE}$	CR	α	دامنهٔ بارعاملی (λ)
آموزش مبتنی‌بر مسائل واقعی صنعت	IPBL	۹	۰/۶۴	۰/۸۰۰	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۷۸ –۰/۸۷
استفاده از داده‌های واقعی تولیدی	PRD	۸	۰/۶۲	۰/۷۸۷	۰/۸۸	۰/۸۷	۰/۷۴ –۰/۸۶
تحلیل مالی - ریاضی پروژه‌ها	FMA	۱۰	۰/۶۵	۰/۸۰۶	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۷۷ –۰/۸۸
ادغام فناوری‌های نوین در یادگیری	ITL	۹	۰/۶۰	۰/۷۷۵	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۷۲ –۰/۸۴
ارتباط مستقیم با محیط‌های تولیدی	LWE	۹	۰/۶۱	۰/۷۸۱	۰/۸۷	۰/۸۶	۰/۷۵ –۰/۸۳
توانمندی تصمیم‌گیری تولید	DM	۵	۰/۶۶	۰/۸۱۲	۰/۹۱	۰/۹۰	۰/۷۶ –۰/۸۸
سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید	INV	۵	۰/۶۸	۰/۸۲۵	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۷۸ –۰/۸۹
بینش کارآفرینی فناورانه	ENT	۵	۰/۶۳	۰/۷۹۴	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۷۴ –۰/۸۶

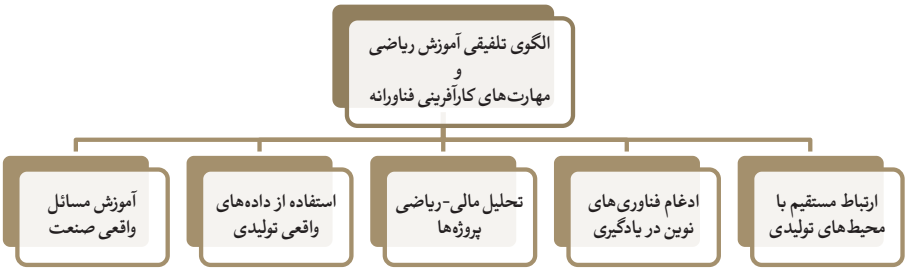
با توجه به جدول ۲، پایایی درونی با کمک ضریب آلفای کرونباخ (α) برای همهٔ مؤلفه‌ها بیشتر از ۰/۸۵ و برای کل ابزار ۰/۹۱ است. این میزان نشان می‌دهد گویه‌های طراحی‌شده برای هر مؤلفه به‌طور سازگار و هم‌بسته ابعاد موردنظر را اندازه می‌گیرند. لذا، این پایایی درونی قوی اعتبار نتایج پرسشنامه را افزایش می‌دهد و پایایی ترکیبی (CR) بین ۰/۸۶ و ۰/۹۲ نیز از حد ۰/۷۰ عبور می‌کند که نشان از پایداری مناسب مدل دارد. حدود مقادیر میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) بین ۰/۶۰ و ۰/۶۸ است و همگی بزرگ‌تر از ۰/۵۰ هستند که نشان از روایی هم‌گرا دارد. ریشهٔ دوم آن نیز برای هر مؤلفه بزرگ‌تر از مجذور هم‌بستگی‌های بین‌عاملی آن است (معیار فورنل - لارکر (Fornell & Larcker, 1981). بنابراین، تمایز عامل‌ها (روایی واگرا) تضمین شد. این نتایج بنیان تحلیل عاملی تأییدی و آزمون مدل را در فاز بعدی فراهم آورد.

مدل اندازه‌گیری پنج‌عاملی (متغیرهای نهفته) را در نرم‌افزارAMOS نگارش ۲۴ برآورد کردیم. مهم‌ترین شاخص‌های برازش در جدول ۳ خلاصه شده است که مطابق آن، همهٔ شاخص‌ها، ضمن انطباق با معیارهای پذیرفته‌شده (Hu & Bentler, 1999; Hair et al., 2018)، نشان‌دهندهٔ برازش قوی مدل هستند.

جدول ۳. شاخص‌های برازندگی مدل اندازه‌گیری

شاخص برازش	χ^2/df	CFI (شاخص مقایسه‌ای برازش)	TLI (شاخص تاکر-لویس (شاخص غیرنرمال‌شدهٔ برازش))	RMSEA (جذر میانگین مربعات خطای برآورد)	SRMR (ریشهٔ میانگین مربعات مانده استاندارد)
مقدار به‌دست‌آمده	۲/۱۸	۰/۹۵۷	۰/۹۴۹	۰/۰۴۸	۰/۰۴۱

می‌دانیم که بار عاملی (λ) ضریب همبستگی استانداردشدهٔ هر گویه با سازه نهفته است. مقادیر بالای ۰/۷۰ آن، طبق جدول ۲، نشان‌دهندهٔ سهم قوی و درخورِاعتنای هر گویه در تبیین سازهٔ متناظر است. لذا، حذف/اصلاح گویه‌ای ضروری نیست. پس، ساختار پنج‌عاملی به‌دست‌آمده در تحلیل اکتشافی با شواهد آماری نیرومند در تحلیل عاملی تأییدی را تأیید کردیم. در شکل ۳، تصویر الگوی پنج‌عاملی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳. الگوی تلفیقی آموزش ریاضی و مهارت‌های کارآفرینی فناورانه

برای بررسی اثربخشی چهارچوب پیشنهادی، پنج مؤلفهٔ اول را متغیرهای برون‌زا و سه مؤلفهٔ توانمندی تصمیم‌گیری تولید، سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید و بینش کارآفرینی فناورانه را متغیرهای درون‌زا در نظر گرفتیم. مقادیر شاخص‌های برازندگی الگوی اثربخش در جدول ۴ ثبت شده است.

جدول ۴ شاخص‌های برازندگی الگوی اثربخش

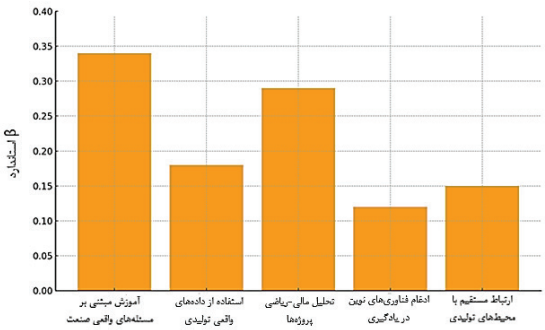
شاخص برازش	χ^2/df	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
مقدار به‌دست‌آمده	۲/۳۱	۰/۹۵۴	۰/۹۴۶	۰/۰۴۹	۰/۰۴۶

همچنان‌که در جدول ۴ مشاهده می‌کنید، این الگو برازش مطلوب دارد و نیازی به اصلاح آن نیست. برازش الگوی دوسطحی (پنج مؤلفهٔ طراحی و سه مؤلفهٔ اثربخشی) به‌طور معناداری بهتر از الگوی تک‌سطحی بود. این نتیجه از جداسازی نظری دو دسته مؤلفه حمایت می‌کند.

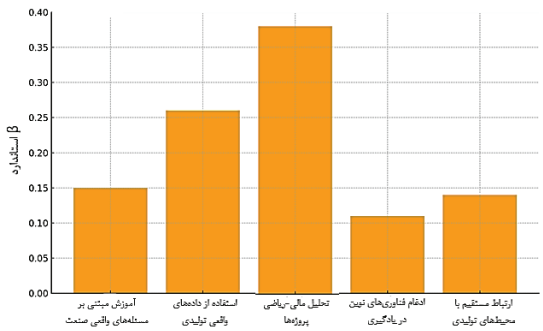
نتایج بررسی β استاندارد (ضریب مسیر) بین مسیرهای پنج‌گانه نیز در نمودارهای ۴، ۵ و ۶ برای سه پیامد (متغیرهای درون‌زا) جداگانه آمده است. هر پیامد یک محرک کلیدی دارد: آموزش مبتنی‌بر مسائل واقعی صنعت برای توانمندی تصمیم‌گیری تولید (β =۰/۳۴،p<۰۰۱)، تحلیل مالی - ریاضی پروژه‌ها

برای سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید (β =۰/۳۸،p<۰۰۱) و ادغام فناوری‌های نوین در یادگیری برای بینش کارآفرینی فناورانه (β =۰/۳۱،p<۰۰۱). فناوری نوین در یادگیری نقشی دوگانه ایفا می‌کند: بزرگ‌ترین تقویت‌کنندهٔ بینش کارآفرینی فناورانه است درحالی‌که ضعیف‌ترین عامل سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید است که نشان می‌دهد فناوری بدون پشتوانهٔ دانش مالی سرمایه‌گذاران را متقاعد نمی‌کند. در عمل، می‌توان اذعان داشت الف) در توانمندی تصمیم‌گیری تولید، حل مسائل واقعی صنعت این مهارت را بیش از سایر عوامل بهبود می‌بخشد؛ ب) در سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید، تسلط بر تحلیل مالی - ریاضی اطمینان سرمایه‌گذاری را می‌افزاید و ج) در بینش کارآفرینی فناورانه، رویارویی مستقیم با مشکلات محیط واقعی تولید این نوع بینش را تقویت می‌کند.

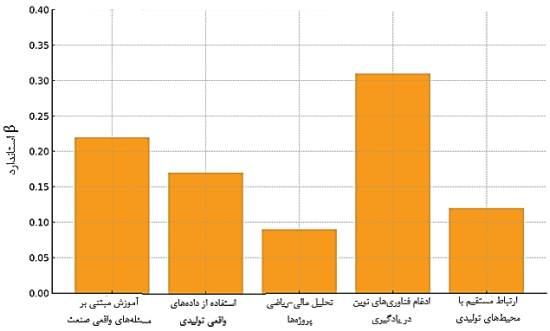
اندازهٔ تأثیر هریک از پنج مؤلفهٔ اصلی الگو بر سه پیامد در سه نمودار میله‌ای ۴، ۵ و ۶ نمایش داده شده است. در این نمودارها، برخی مسیرها به سطح معناداری نرسیده‌اند که احتمال دارد ناشی از هم‌پوشانی با تأثیرهای غیرمستقیم یا اهمیت کمتر فناوری در تصمیم‌های عملیاتی باشد. این مسیرها عبارت‌اند از: IPBL→ INV (شواهد کافی برای قطعیت کامل نیست.)، ITL → INV (فناوری به‌تنهایی تضمین‌کنندهٔ جذب سرمایه نیست.) و FMA → ENT (تحلیل مالی به‌طور مستقیم بینش فناورانه ایجاد نمی‌کند.)



شکل ۴. نمایش اندازهٔ تأثیر مؤلفه‌ها بر توانمندی تصمیم‌گیری تولید

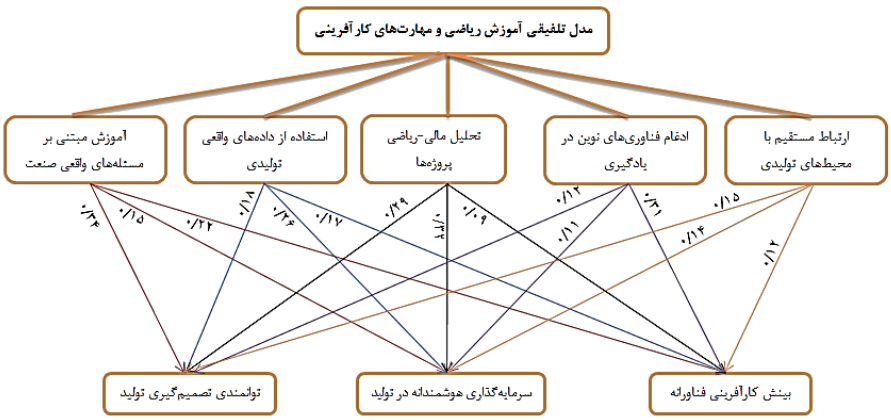


شکل ۵. نمایش اندازهٔ تأثیر مؤلفه‌ها بر سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید



شکل ۶. نمایش اندازهٔ تأثیر مؤلفه‌ها بر بینش کارآفرینی فناورانه

با دقت در نمودارهای بالا و همچنین مدل نهایی شکل ۷، نتایج جداول پیشین تأیید می‌شود و از سویی ضرورت دارد الف) برای بهبود توانمندی تصمیم‌گیری تولید، بر آموزش مسئله‌محور و تحلیل مالی تمرکز کنیم؛ ب) برای گسترش سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید، تحلیل مالی دقیق کنیم و ج) برای تقویت بینش کارآفرینی فناورانه، فناوری‌های نوین یادگیری را در اولویت قرار دهیم.



شکل ۷. مدل نهایی

در ادامه، حاصل ارزیابی تبیین واریانس هر پیامد توسط پنج مؤلفهٔ اصلی در جدول ۵ آمده است. میزان R^2 نمایش‌داده‌شده قدرت تبیین چهارچوب تلفیقی را در متغیرهای هدف نشان می‌دهد.

جدول ۵. توان تبیین هر پیامد توسط پنج مؤلفهٔ اصلی الگو

پیامد	R^2 کل	سهم نسبی قوی‌ترین پیش‌بین	سهم نسبی ضعیف‌ترین پیش‌بین
توانمندی تصمیم‌گیری تولید	۰/۶۲	۵۵٪ (آموزش مبتنی‌بر مسائل واقعی صنعت)	۸٪ (ادغام فناوری‌های نوین)
سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید	۰/۶۵	۵۸٪ (تحلیل مالی - یاضی پروژه‌ها)	۱۲٪ (ادغام فناوری‌های نوین)
بینش کارآفرینی فناورانه	۰/۵۸	۵۳٪ (ادغام فناوری‌های نوین)	۱۲٪ (تحلیل مالی - ریاضی پروژه‌ها)

با توجه به جدول ۵، نکات زیر درخورِذکر است:

الف) مدل تلفیقی، ۶۲ درصد واریانس توانمندی تصمیم‌گیری تولید، ۶۵ درصد واریانس سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید و ۵۸ درصد واریانس بینش کارآفرینی فناورانه را تبیین می‌کند. براساس معیار کوهن (Cohen, 1977)، مقادیر R^2 (مجموع تأثیرات استاندارد) بالا (بیش از ۲۶ درصد) نشان‌دهندهٔ تأثیر بزرگ هستند؛ لذا، چهارچوب مذکور در تبیین پیامدهای کارآفرینانه مؤثر بوده است.

ب) بیش از نیمی از توان پیش‌بینی تصمیم‌گیری تولید (۵۵ درصد) متعلق به آموزش مبتنی‌بر مسائل واقعی صنعت است که نشان می‌دهد رویاروکردن دانشجویان با سناریوهای واقعی تولید، تفکر تحلیلی آنان را فعال می‌کند و مسیر مستقیم به تصمیم‌سازی داده‌محور را فراهم می‌سازد. مؤلفهٔ ادغام فناوری‌های نوین در فرایند یادگیری نیز کمترین سهم را دارد و لذا ابزارهای فناورانه باید در قالب مسائل واقعی قرار گیرند تا تأثیرشان بر تصمیم‌سازی محسوس‌تر شود.

ج) تحلیل مالی - ریاضی پروژه‌ها حدود ۵۸ درصد واریانس سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید را توضیح می‌دهد. این امر با ماهیت مالی سازه همسوست و تأکید می‌کند که آموزش باید مهارت‌های حسابداری مدیریت و مدل‌سازی جریان نقدی را در بر گیرد. ادغام فناوری‌های نوین در یادگیری با ضریب غیرمعنادار نیز نشان می‌دهد فناوری تا زمانی که در قالب ارزش مالی ترجمه نشود، روی تصمیم سرمایه‌گذار تأثیر تعیین‌کننده نخواهد داشت.

د) ادغام فناوری‌های نوین قدرتمندترین پیش‌بین (۵۳ درصد) متغیر بینش کارآفرینی فناورانه است. این درک از فناوری نوظهور شالودهٔ فرصت‌یابی کارآفرینانه است. تحلیل مالی - ریاضی پروژه‌ها نیز کمترین سهم را دارد و معنادار نیست. در مراحل شکل‌گیری بینش نوآورانه، جذابیت فناوری و نیاز بازار مقدّم بر ارزیابی مالی دقیق است. البته، در مراحل بعدی کسب‌وکار، اهمیت تحلیل مالی - ریاضی پروژه‌ها افزایش می‌یابد.

با توجه به یافته‌های ذکرشده، برای نهادینه‌سازی چهارچوب پیشنهادی در آموزش مهندسی با هدف رشد تصمیم‌سازی تولید، سرمایه‌گذاری هوشمند و کارآفرینی فناورانه، باید نخست برنامهٔ درسی به‌واسطهٔ همکاری «وزارت علوم»، «وزارت صنعت، معدن و تجارت» و «شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی» با تمرکز بر پروژه‌های واقعی صنعتی، همراه با تحلیل مالی دقیق، بازنگری شود و سپس با فناوری‌های نوین و کارآموزی میدانی بلندمدت غنا یابد.

براساس تحلیل کیفی، چهارچوب پیشنهادی سه پیامد حیاتی تصمیم‌گیری تولید، سرمایه‌گذاری هوشمندانه و بینش کارآفرینی فناورانه را با شدتی معنادار ارتقا می‌دهد. همچنین به‌کارگیری مسائل واقعی صنعت و داده‌های خط تولید در کلاس‌های ریاضی مهندسی، همراه با تقویت تحلیل مالی و فناوری‌های نوین، نه‌تنها به بهبود تصمیم‌های عملیاتی منجر می‌شود بلکه سرمایه‌گذاری و نوآوری فناورانه را تحریک می‌کند. متخصصان نیز بر واقعی‌بودن داده و مسئله و پیوند لحظه‌به‌لحظهٔ آموزش با خط تولید تأکید دارند. همین تأکید در نتایج کمّی به‌صورت بار عاملی بالای آموزش مبتنی‌بر مسائل واقعی صنعت و استفاده از داده‌های واقعی تولیدی بازتاب یافت. درمجموع، ترکیب داده‌های کیفی غنی با تحلیل‌های کمّی به‌روشنی نشان می‌دهد که چهارچوب مفهومی طراحی‌شده دارای روایی سازه‌ایِ بالا، کارایی آموزشی اثربخش و قابلیت اجرای عملی در محیط‌های واقعی آموزشی و صنعتی است. نتایج هر دو بخش یکسان است و اعتبار درونی و بیرونی الگوی پیشنهادی را تضمین می‌کند. شایان ذکر است که چهارچوب پیشنهادی با تبیین نظری و تأیید تجربی به‌عنوان الگوی مرجع بازنگری در برنامهٔ درسی مهندسی با هدف تولید دانش‌بنیان کاربرد دارد.

۵. بحث

تحولات سریع فناوری و گرایش الگوهای توسعهٔ اقتصادی به اقتصادهای دانش‌بنیان ضرورت بازنگری در نظام‌های آموزش مهندسی را دوچندان کرده است. در وضعیتی که صنایع به سوی تولید نوآورانه و دانش‌محور حرکت می‌کنند، مهارت‌های صرفاً فنی دیگر برای موفقیت شغلی و کارآفرینی کافی نیستند. در این میان، ادغام آموزش ریاضی با مهارت‌های کارآفرینی فناورانه، به‌مثابهٔ یک راهکار تربیت مهندسان خلاق، تحلیلگر و صاحب نگرش فناورانه، باید در قالب الگوهای انعطاف‌پذیر، به‌تناسب اهداف پژوهشی یا تراز مأموریتی دانشگاه‌ها در سطوح متفاوت، طراحی شود. بدیهی است میزان تحقق این رویکرد در محیط‌های دانشگاهی، متأثر از سطح مأموریت، امکانات و ظرفیت‌های آموزشی/پژوهشی هر دانشگاه، متفاوت خواهد بود.

پژوهش حاضر با هدف طراحی، اعتبارسنجی و اثربخشی چهارچوب تلفیق آموزش ریاضیات با مهارت‌های کارآفرینی فناورانه در برنامهٔ درسی مهندسی صورت گرفته است. این چهارچوب در پی پاسخ به نیاز روزافزون تربیت مهندسانی است که علاوه‌بر تسلط بر مفاهیم ریاضی، از این دانش در فرایندهای نوآوری، توسعهٔ محصول و تصمیم‌گیری‌های اقتصادی استفاده کنند تا مبنای بازطراحی دروس ریاضیات در رشته‌های فنی - مهندسی قرار گیرد.

روش پژوهش حاضر، با طراحی دقیق مراحل کیفی و کمّی و بهره‌گیری از ترکیب داده‌ها، امکان طراحی چهارچوبی کاربردی، معتبر و پیاده‌شدنی را در برنامه‌های مهندسی فراهم کرده و ضمن ایجاد ارتباط منطقی، اطمینان از جامعیت، اعتمادپذیری و تعمیم‌پذیری نتایج پژوهش را افزایش داده است. نتایج بخش کیفی و کمّی پژوهش نیز به‌روشنی نشان می‌دهند چهارچوب مفهومی پیشنهادی روایی ساختار

قابل‌قبولی دارد و به‌میزان درخورِتوجهی در بهبود کیفیت آموزش ریاضیات مهندسی با رویکرد کارآفرینی فناورانه مؤثر خواهد بود. الگوی مفهومی ارائه‌شده، با تمرکز بر پنج مؤلفهٔ آموزش مبتنی‌بر مسائل واقعی صنعت، استفاده از داده‌های واقعی تولیدی، تحلیل مالی - ریاضی پروژه‌ها، ادغام فناوری‌های نوین در یادگیری و ارتباط مستقیم با محیط‌های تولیدی که هریک دارای زیرمجموعه‌های کاربردی و قابل‌اجرا در محیط‌های آموزشی و صنعتی هستند، دیدی جامع به آموزش فراهم می‌سازد. با توجه به اینکه الگوی نهایی (با در نظر گرفتن سه پیامد) به‌طور معناداری ۶۲ درصد از واریانس توانمندی تصمیم‌گیری برای تولید، ۶۵ درصد از واریانس افزایش سرمایه‌گذاری هوشمندانه در تولید و ۵۸ درصد از واریانس تقویت بینش کارآفرینی فناورانه را تبیین می‌کند، پشتوانهٔ قوی تجربی‌ای برای بازنگری در برنامه‌های درسی مهندسی با رویکرد تولید دانش‌بنیان و تأکید بر سرمایه‌گذاری برای تولید مهیا می‌سازد، بستر پرورش سرمایهٔ انسانی قوی را در اقتصاد دانش‌بنیان فراهم می‌آورد، راهنمای سیاستگذاران آموزش عالی خواهد بود و مسیر مدیران واحدهای صنعتی را برای ایجاد ارزش‌افزوده و تحقق سرمایه‌گذاری برای تولید در کشور را هموار می‌سازد.

مرور پیشینهٔ پژوهش نشان می‌دهد که اگرچه در برخی مطالعات به پیوندهای آموزش ریاضی و کارآفرینی فناورانه اشاره شده، به طراحی چهارچوبی منسجم و تلفیقی با مؤلفه‌های پیشنهادی کنونی کمتر توجه شده است. بااین‌حال، در ادامه، علاوه‌بر تحلیل نقش مؤلفه‌ها در تحقق چهارچوب مفهومی، یافته‌های کنونی و نتایج تحقیقات مشابه را مقایسه می‌کنیم.

در پژوهش حاضر، یکی از مضامین اصلی و از کلیدی‌ترین مؤلفه‌های مؤثر بر توسعهٔ مهارت‌های تحلیلی و اقتصادی در دانشجویان مهندسی، ضرورت طراحی آموزش ریاضی مبتنی‌بر مسائل واقعی صنعت بود. مصاحبه‌شوندگان تأکید داشتند رویارویی مستقیم با چالش‌ها و مسائل واقعی تولید، مهارت‌های تحلیل کمّی، حل مسئله و تصمیم‌گیری دانشجویان را به‌میزان درخورِتوجهی تقویت می‌کند. علاوه‌براین، استفاده از مسائل واقعی به دانشجویان امکان می‌دهد مهارت‌های نرم را نیز، مانند کار گروهی، مدیریت زمان و تفکر انتقادی، توسعه دهند که این خود مزیت رقابتی مهمی در دنیای امروز است. تحلیل مصاحبه‌ها همچنین نشان داد استفاده از داده‌های واقعی تولیدی در آموزش ریاضیات مهندسی تأثیری چشمگیر بر ارتقای مهارت‌های کاربردی و نقشی تعیین‌کننده در درک بهتر تحلیل‌های عددی و آماری دانشجویان دارد. داده‌های واقعی دارای ویژگی‌هایی مانند عدم‌قطعیت، ناهماهنگی زمانی و مشکلات ثبت هستند که تحلیل آنها نیاز به توانایی‌های بالاتر در پردازش داده، مدل‌سازی آماری و تحلیل ریاضی دارد. مواجهه با داده‌های غیرساخت‌یافتهٔ واقعی، دانشجویان را به چالش می‌کشد تا توانایی‌های تحلیل آماری، پردازش داده و مدل‌سازی ریاضی خود را تقویت کنند. تحلیل مالی - ریاضی پروژه‌ها نیز بر اهمیت تلفیق آموزش تحلیل‌های مالی و اقتصادی با مفاهیم ریاضی مهندسی تأکید داشت. شرکت‌کنندگان اشاره داشتند که توانایی تحلیل اقتصادی پروژه‌ها، ارزیابی هزینه - فایده، تحلیل ریسک مالی و مدل‌سازی سرمایه‌گذاری از مهارت‌های ضروری برای مهندسان در محیط‌های نوآور و

رقابتی است. ایجاد توانمندی در محاسبهٔ نرخ بازگشت سرمایه، تحلیل حساسیت مالی، تحلیل نقطهٔ سربه‌سر و سنجش ریسک اقتصادی پروژه‌ها، دانشجویان را آمادهٔ نقش‌آفرینی مؤثرتر در واحدهای تحقیق و توسعه (R&D) و مدیریت پروژه می‌سازد.

مطالعات داخلی در سال‌های اخیر، مانند پژوهش‌های باقرصاد و رحیمی آسیابرکی (Baghersad & Rahimi Asiyaberki, 2024) دربارهٔ توجه به آموزش مهارت‌های موردنیاز دانشجویان برای کارآفرینی فناورانهٔ مشتمل بر توانایی‌های تجاری و فنی؛ دائی‌چیان و همکاران (Daeechian et al., 2024) دربارهٔ شناسایی و ارزیابی فرصت‌های کارآفرینانه و بهره‌برداری از آن‌ها توسط دانشجویان با کمک فرایندهای آموزشی مؤثر بر پرورش ذهنیت کارآفرینانهٔ آنان، و ترکاشوند و سراجی (Torkashvand & Seraji, 2021) دربارهٔ توسعهٔ مهارت‌های سواد فناورانه در دانشجویان به‌منظور پرورش شایستگی‌های کارآفرینی آنان، همگی بر نتایجی مشابه با یافته‌های پژوهش حاضر تأکید کرده‌اند. همسویی‌های مذکور نشان می‌دهد چهارچوب طراحی‌شده در تحقیق پیش رو با نیازهای واقعی دانشگاه‌ها و صنعت کشور کاملاً منطبق است.

یافته‌های پژوهش حاضر با دیدگاه اسکینر (Skinner, 1969) درخصوص پیوند آموزش تولید و راهبرد سازمانی هم‌خوانی دارد. وی معتقد بود استفاده از مسئلهٔ واقعی در فرایند آموزش به پرورش صلاحیت تصمیم‌گیری در حوزهٔ تولید و هم‌سویی بهتر با راهبردهای سازمانی منجر می‌شود. همچنین نتایج پژوهش حاضر با تحلیل بریلی و همکاران (Brealey et al., 2019) مبنی‌بر اهمیت داشتن روش‌های بودجه‌بندی سرمایه‌ای در کاهش ریسک سرمایه‌گذاری موجود و نیز نظریهٔ فرصت‌محور شین (Shane, 2003) که بر شناسایی فناوری به‌مثابهٔ محرک فرصت تأکید دارد منطبق است. مطالعات بین‌المللی معتبر دیگر، مانند فدسیو و همکاران (Fedoseev et al., 2022) دربارهٔ تلفیق ریاضیات کاربردی و مهارت‌های فنی؛ واشکو و همکاران (Washko et al., 2021) دربارهٔ شناسایی ویژگی‌های الگوهای کسب‌وکار موفق در مهندسی و دوام آنها با کمک مهارت‌های فناورانه، و استارشینوا (Starshinova, 2022) دربارهٔ ادغام فناوری‌های نوین در آموزش، با یافته‌های پژوهش پیش رو کاملاً همسوست.

برنان و همکاران (Brennan et al., 2020) دربارهٔ آموزش پروژه‌محور ریاضیات و اهمیت تجربهٔ یادگیری مبتنی‌بر پروژه‌های واقعی در درک عمیق مفاهیم ریاضی تأکید کردند. دئو و هلتا - اتو (Deo & Hölttä-Otto, 2024) افزایش معنادار توانایی تحلیل انتقادی و حل مسئلهٔ دانشجویان را به‌دلیل کار با داده‌های واقعی صنعتی بررسی کردند. واشکو و همکاران (Washko et al., 2021)، بر نقش کلیدی شاخص‌های عملکردی در موفقیت کارآفرینان فناور تأکید کردند نتایج حاصل از شواهد معتبرترین اسامی در حوزه تحلیل و طراحی ابزارهای آموزشی، از جمله به‌طور مشخص، نتیجه پژوهش سورنسن و همکاران (Sörensen et al., 2022)، تأکید دارند که ادغام مؤلفه‌های آموزشی مرتبط با مهارت‌های کارآفرینی در آموزش مهندسی، شکل‌گیری تجربه‌های ارزش آفرین در سراسر برنامه درسی را القا می‌کند (Eisenstein, 2022).

۶. نتیجه‌گیری

یافته‌ها به‌روشنی نشان داد برای ارتقای کیفیت آموزش مهندسی و پاسخ‌گویی به نیازهای بازار کار دانش‌بنیان و صنایع فناورانه، بازنگری جدی در شیوه‌های آموزش ریاضیات مهندسی و حرکت به سمت آموزش تلفیقی ریاضی با مهارت‌های کارآفرینی فناورانه، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. چهارچوب طراحی‌شده در این تحقیق با ترکیب پنج مؤلفهٔ کلیدی، الگویی جامع و عملیاتی برای آموزش ریاضی کاربردی با رویکرد فناورانه ارائه می‌دهد. اجرای این چهارچوب به تربیت مهندسانی خلاق منجر می‌شود که علاوه‌بر تسلط بر مفاهیم فنی قدرت تحلیل اقتصادی، مهارت تصمیم‌گیری فناورانه و بینش کارآفرینانه داشته باشند. این طرح تأکید می‌کند که چنانچه برنامهٔ درسی مهندسی بر محور مسئله‌محوری صنعتی همراه با تحلیل مالی طراحی و با فناوری و کارآموزی میدانی تکمیل شود هم‌زمان تصمیم‌سازی تولید، سرمایه‌گذاری و روحیهٔ کارآفرینی فناورانهٔ دانشجویان را بهبود می‌بخشد. چنین تحولی درنهایت به روند توسعهٔ صنعتی و تحقق اهداف توسعهٔ پایدار را سرعت خواهد داد.

تلفیق نظام‌مند داده‌های کیفی و کمّی در این پژوهش شواهد قانع‌کننده‌ای فراهم می‌سازد که چهارچوب پیشنهادی نه‌تنها از منظر نظری بلکه از منظر کارآمدیِ عملی در محیط‌های صنعتی - دانشگاهی نیز معتبر باشد. این چهارچوب بستر پرورش سرمایهٔ انسانی توانمند در تولید دانش‌بنیان و زمینهٔ تعمیم‌پذیری را فراهم می‌سازد و راهنمای سیاستگذاران دانشگاهی و مدیران صنایع در ایجاد ارزش‌افزوده ازطریقِ آموزش هدفمند ریاضی در رشته‌های مهندسی به شمار می‌آید.

برای نهادینه‌سازی رویکردی مطابق با چهارچوب تلفیق آموزش ریاضی و کارآفرینی فناورانه در آموزش مهندسی ایران، بسته‌ای شش‌گانه از اقدامات قابل‌اجرا ارائه می‌شود: ۱. بازطراحی سرفصل‌ها براساس آموزش نتیجه‌محور و افزودن واحدهای درسی مرتبط، ازقبیل دروس پروژهٔ صنعتی بین‌رشته‌ای و تحلیل مالی مهندسی، ۲. انعقاد تفاهم‌نامه‌های بلندمدت با شهرک‌های صنعتی و تعریف و تعیین منتور صنعتی برای هر درس پروژه‌محور، ۳. الزام به گذراندن دورهٔ کارآموزی نظام‌مندِ میدانی پس از سال سوم تحصیل، ۴. ایجاد آزمایشگاه‌های یادگیری مبتنی‌بر اینترنت اشیا، تحلیل داده و شبیه‌سازی مالی، ۵. اعطای گواهی ملی با عنوان کارآفرینی فناورانه به دانش‌آموختگانی که این مسیر را به‌طور کامل طی می‌کنند و درج آن در نظام رتبه‌بندی حرفه‌ای و ۶. تخصیص امتیاز ترفیع و گرنت ویژه به اعضای هیئت‌علمیِ راهبر پروژه‌های صنعت‌محور. اجرای این بستهٔ سیاستی چهارچوب تلفیقی پیشنهادی را به‌طور پایدار در نظام آموزش مهندسی کشور مستقر خواهد کرد.

۷. پیشنهادها

یافته‌های پژوهش حاضر به‌روشنی نشان داد تلفیق آموزش ریاضیات با مهارت‌های کارآفرینی فناورانه در رشته‌های مهندسی در توسعهٔ آموزش‌های هدفمند و کارآفرینانه در عصر جدید از اهمیت بالایی

برخوردار است و نقش کلیدی دارد. در پرتو این نتایج، پیشنهادهای کاربردی و پژوهشی برای دانشگاه‌ها، سیاستگذاران آموزشی و پژوهشگران آینده اهمیتی دوچندان دارد. با توجه به تفاوت سطح مأموریت، منابع و ظرفیت‌های اجرایی دانشگاه‌ها، پیشنهادها به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که در هر سطح از آموزش مهندسی، امکان پیاده‌سازی تدریجی آن‌ها فراهم باشد و بدین‌ترتیب مسیر توسعهٔ علمی و عملی آموزش مهندسی به سوی اهداف تولید و اقتصاد دانش‌بنیان و توسعهٔ پایدار هموار شود.

۷-۱. پیشنهادهای کاربردی برای تحول در آموزش ریاضی و مهارت‌های کارآفرینی فناورانه

الف) بازنگری در برنامه‌های درسی مهندسی و طراحی مجدد آن‌ها: برنامه‌های درسی مهندسی باید با محوریت تلفیق آموزش ریاضیات کاربردی و مهارت‌های فناورانه بازآرایی شوند و به‌جای تأکید صِرف بر آموزش نظری، پروژه‌محوری، یادگیری مسئله‌محور و فعالیت‌های عملی در دستورکار قرار گیرند. براساس سطح‌بندی دانشگاه‌ها، تفاوت مأموریت‌ها و امکانات اجرایی، برنامه‌ها باید متناسب با ظرفیت‌های نهادی و انعطاف‌پذیر اهداف دانشگاه‌ها طراحی شوند. برای نمونه، برای دانشگاه‌های با تراز بالاتر، تمرکز بر چالش‌های پیچیدهٔ صنعتی و تحلیل مالی - ریاضی پروژه‌های نوآورانه پیشنهاد می‌شود؛ درحالی‌که در دانشگاه‌های دیگر، با لحاظ‌کردن ظرفیت‌ها می‌توان بر پروژه‌های بنگاه‌های کوچک و متوسط صنعتی و فناوری‌های بومی متمرکز شد.

ب) توسعهٔ آموزش‌های مبتنی‌بر پروژه‌های واقعی صنعتی: دانشگاه‌ها باید پروژه‌های واقعی صنعتی را هستهٔ اصلی آموزش مهندسی تعریف کنند. اجرای پروژه‌های واقعی به دانشجویان فرصت می‌دهد مهارت‌های تحلیلی - اقتصادی و فناورانهٔ خود را در مواجهه با مشکلات واقعی پرورش دهند. این رویکرد باید با الگوهای موفق، مانند الگوی یادگیری پروژه‌محور که اثربخشی مؤثری در آموزش مهندسی نشان داده است، همسو باشد.

ج) بهره‌گیری از داده‌های واقعی تولیدی در کلاس درس: استادان باید از داده‌های واقعی تولیدی، مانند داده‌های بهره‌وری، نگهداری و کنترل کیفیت، در آموزش ریاضی استفاده کنند که سبب ارتقای مهارت تحلیل داده‌ها، افزایش قدرت تصمیم‌گیری و درک بهتر مباحث آماری، بهینه‌سازی و الگوسازی می‌شود و یادگیری پایدار را به‌میزان درخورِتوجهی افزایش می‌دهد.

د) ادغام آموزش تحلیل مالی و اقتصادی در دروس مهندسی: در طراحی دروس همهٔ رشته‌های مهندسی، آموزش تحلیل مالی پروژه‌ها باید به‌صورت یک مؤلفهٔ اصلی گنجانده شود. دانشجویان باید مفاهیمی چون نرخ بازگشت سرمایه، تحلیل حساسیت مالی و محاسبهٔ نقطهٔ سربه‌سر را عملی و در قالب پروژه‌های واقعی بیاموزند، چراکه اهمیت این مهارت‌ها در موفقیت کارآفرینی فناورانه و دوام کسب‌وکارهای نوپا به اثبات رسیده است.

هـ) کاربرد فناوری‌های نوین در آموزش ریاضی: استفاده از فناوری‌های پیشرفته، مانند شبیه‌سازهای

صنعتی، یادگیری ماشین، داده‌کاوی صنعتی، اینترنت اشیا و واقعیت‌افزوده باید بخشی از راهبردهای آموزش ریاضی در رشته‌های مهندسی شود؛ چراکه فناوری‌های نوین امکان یادگیری همیارانه، تجربهٔ واقعی و توسعهٔ مهارت‌های فناورانه را برای دانشجویان فراهم می‌سازند.

و) ایجاد پیوند ساختاریافتهٔ دانشگاه - صنعت: ازآنجاکه ایجاد مراکز همیاری دانشگاه و صنعت برای طراحی پروژه‌های واقعی، داده‌های تولیدی و فرصت‌های کارآموزی از الزامات نظام آموزشی است، تجربهٔ عملی‌ای که محیط واقعی و معتبر یادگیری در اختیار دانشجویان قرار می‌دهد منجر به کسب دانش ضمنی کارآفرینی می‌شود و به توسعهٔ مهارت‌های تصمیم‌گیری و افزایش بینش کارآفرینانه به‌منظور سازگاری با محیط کار، چه در مقام کارآفرین و چه در جایگاه مهندس شاغل، کمک می‌کند.

ز) ارتقای مهارت‌های تحلیلی و کارآفرینانهٔ استادان: ضرورت دارد استادان بر مهارت‌های جدید تحلیل مالی، فناوری‌های دیجیتال و مدیریت پروژه مسلط باشند تا همسو با نیازهای واقعی صنعت آموزش بدهند. برگزاری دوره‌های توانمندسازی تخصصی برای استادان لازمهٔ تحول آموزش مهندسی است.

۷-۲. پیشنهادها به سیاست‌گذاران آموزشی

الف) بازنگری در سیاست‌های آموزشی با محوریت توسعهٔ مهارت‌های فناورانه: چهارچوب‌های برنامه‌ریزی درسی باید فراتر از آموزش نظری برمبنای نیازهای نوظهور صنعت، بازار کار و تولید دانش‌بنیان بازنگری شوند. سیاست‌گذاران با نگاهی راهبردی و تحول‌آفرین با همکاری نمایندگان صنعت و دانشگاه و براساس تحلیل نیازهای فعلی و آینده می‌توانند در بازنگری در سرفصل‌های درسی، توسعهٔ مهارت‌های تحلیلی، مالی، فناورانه و تصمیم‌سازی را به‌صورت هدفمند در اولویت قرار دهند. شواهد پژوهش‌های بین‌المللی (Fedoseev et al., 2022; Brennan et al., 2020) نیز نشان می‌دهند مهندسان نسل آینده به ترکیبی چندبُعدی و متوازن از مفاهیم ریاضی با دانش فنی، مهارت‌های اقتصادی، شایستگی‌های فناورانه و توان حل مسئلهٔ قوی نیاز دارند.

ب) حمایت مالی از دوره‌های آموزشی تلفیقی: یکی از چالش‌های اصلی در اجرا و توسعهٔ آموزش‌های تلفیقی، محدودیت منابع مالی و زیرساختی است. بنابراین، حمایت مالی ویژهٔ نهادهای ذی‌ربط در توسعهٔ دوره‌های تلفیقی ریاضی - کارآفرینی فناورانه در دانشگاه‌ها ضرورت دارد. بسته‌های حمایتی، شامل تخصیص گرنت‌های آموزشی، بودجهٔ تحقیق و توسعه، خرید یا اعطای یارانهٔ تجهیزات فناوری نوین و آزمایشگاهی یا پشتیبانی از پروژه‌های مشترک دانشگاه - صنعت موردنیاز است.

ج) ایجاد مراکز تخصصی نوآوری آموزشی: ایجاد مرکز تخصصی نوآوری آموزش مهندسی برای توسعه و ارزیابی شیوه‌های نوآورانهٔ آموزشی با تعریف سه مأموریت: ۱. طراحی و پایلوت دوره‌های آموزشی تلفیقی، ۲. توانمندسازی استادان در روش‌های آموزشی خاص و نوین، ۳. ارزیابی پیوستهٔ اثربخشی برنامه‌های تدوین‌شده ضروری است. این مراکز، علاوه‌برآنکه نقشی مهم در همسوسازی آموزش

مهندسی با تحولات فناورانه ایفا می‌کنند، در پیوندی پایدار با شبکهٔ مراکز رشد از زیرساخت‌های مشترک بهره می‌برند و بدین‌ترتیب تجاری‌سازی ایده‌ها و دستاوردها را ممکن می‌سازند.

۷-۳. پیشنهادها برای دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی

الف) تدوین سرفصل واحدهای آموزش کارآفرینی فناورانه و تحلیل مالی مهندسی: با توجه به تفاوت مأموریت و ظرفیت دانشگاه‌ها، پیشنهاد می‌شود واحدهای بین/میان‌رشته‌ای مرتبط با آموزش کارآفرینی فناورانه متناسب با ظرفیت هر دانشگاه ایجاد شوند که مأموریت آن‌ها توسعهٔ آموزش مهارت‌های تصمیم‌سازی دانشجویان و تقویت ارتباط با صنعت باشد. دانشگاه‌های ترازبالاتر می‌توانند با تمرکز بر پروژه‌های صنعتی پیچیدهٔ چندمنظوره و همکاری با شرکت‌های پیشرو، و دانشگاه‌های دیگر نیز با تمرکز بر نیازهای شرکت‌های تولیدی شهرک‌های صنعتی، این واحدها را به‌صورت پروژهٔ مشترک با صنایع ملی یا منطقه‌ای تعریف کنند.

ب) ایجاد نظام ارزیابی جدید برای دروس ریاضی: نظام‌های ارزیابی سنتی که صرفاً برمبنای آزمون کتبی پایان‌ترم پایه‌گذاری شده‌اند، برای سنجش مهارت‌های تحلیلی و کارآفرینانهٔ موردانتظار در آموزش تلفیقی مناسب نیستند. پیشنهاد می‌شود ارزیابی دانشجو بر پایهٔ توانمندی در اجرای پروژه‌های واقعی، تحلیل داده‌های صنعتی، ارائهٔ گزارش مالی پروژه‌ها و کارِ گروهی باشد. میزان گستردگی و پیچیدگی پروژه می‌تواند متناسب با سطح برنامه و قابلیت اجرایی هر دانشگاه (از مسائل مرزی فناوری تا چالش‌های کاربردی محلی)، مأموریت و امکانات هم‌تراز شود.

ج) برگزاری دوره‌های مهارتی کوتاه‌مدت برای دانشجویان و استادان: برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت تخصصی برای دانشجویان و استادان گروه‌های مهندسی در حوزه‌هایی نظیر تحلیل پیشرفتهٔ مالی پروژه‌ها، شبیه‌سازی فرایندهای صنعتی، داده‌کاوی صنعتی و کاربرد فناوری‌های نوین در تولید باید به‌طور گسترده در دستورکار دانشگاه‌ها قرار گیرد. در دانشگاه‌های ترازبالاتر، تمرکز بر فناوری‌های نوظهور و شیوه‌های پیشرفته، و در دانشگاه‌های دیگر نیز متناسب با سطح تخصص و زیرساخت موجود، بر دوره‌های مهارت‌های مالی پروژه‌های کوچک و فناوری‌های تولید چابک تأکید می‌شود.

۷-۴. پیشنهادهای پژوهشی برای تحقیقات آتی

بررسی اثر چهارچوب تلفیقی طراحی‌شده در این تحقیق به‌صورت طولی ضروری است. ارزیابی تغییرات در مهارت‌های تحلیلی، اقتصادی و فناورانهٔ دانشجویان پس از پیاده‌سازی طرح در بازه‌های زمانی متفاوت، دیدگاه دقیقی دربارهٔ اثربخشی این رویکرد خواهد داد. همچنین پیشنهاد می‌شود پژوهشگران قابلیت انطباق این چهارچوب را در رشته‌های بین/میان‌رشته‌ای بررسی کنند. به‌علاوه، یکی از زمینه‌های مغفول در تحقیقات آموزشی، نبودِ ابزارهای معتبر سنجش مهارت‌های تلفیقی است. توسعه و روان‌سنجی پرسشنامه‌ها

و ابزارهای سنجش مهارت‌های تحلیل مالی، کارآفرینی فناورانه و تحلیل دادهٔ صنعتی نیز پژوهش‌های آینده را آسان می‌کند. بررسی تطبیقی اثربخشی چهارچوب پیشنهادی در صنایع گوناگون، مانند خودروسازی، نفت و گاز، و فناوری اطلاعات، به تعمیم بهتر نتایج کمک می‌کند. همچنین احتمال دارد فرهنگ صنعتی، سطح فناوری و نظام آموزشی بر موفقیت/شکست پیاده‌سازی چنین چهارچوبی اثرگذار باشد.

مجموعهٔ پیشنهادهای مذکور راهکارهای عملی، علمی و سیاست‌محورِ ارتقای کیفیت آموزش ریاضی مهندسی را به‌منظور توسعهٔ مهارت‌های کارآفرینی فناورانه مطرح می‌کند. بی‌گمان، تحقق این پیشنهادها مستلزم همکاری سیاستگذاران، دانشگاه‌ها، استادان و صنعت است و تنها ازطریقِ چنین همکاری ساختاریافته‌ای به توسعهٔ پایدار آموزش مهندسی و تربیت نیروهای متخصص در آینده دست می‌یابیم.

References

- Baghersad, V. & Rahimi Asiyaberki, H. (2023). *Dimensions of teaching technological entrepreneurship skills*. Iran's First National Skill Conference, Tehran, Iran. *[in Persian]*.
- Baghersad, V. & Rahimi Asiabaraki, H. (2024). Providing a framework for technological entrepreneurship development skills. *Karafan Journal*, e211498. doi: 10.48301/kssa.2024.470591.2958. *[in Persian]*.
- Braun, V. & Clarke, V. (2021). Thematic analysis: A practical guide. SAGE Publications, New York, United States.
- Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2019). Principles of corporate finance. (13th ed.). McGraw-Hill Education/ Europe, Middle East & Africa, New York, United States.
- Brennan, R. W. Johnston, K., Li, S., Nelson, N., Nygren, A., Paul, R., & Sullivan, M. (2020). Experience and reflection on an integrated mathematics curriculum an engineering articulation program. Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA) Conference. doi: 10.24908/pceea.vi0.14146.
- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (Rev. ed.). Lawrence Erlbaum Associates, Inc, New Jersey, United States. doi: 10.1016/C2013-0-10517-X.
- Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2011). Designing and conducting mixed methods research. (2nd ed.). Sage Publications, Los Angeles, United States. (A. Kiamanesh and J. Sarabi, Trans.). Tehran: Aiizh Press. *[in Persian]*.
- Daeechian, Y., Hejazi, S. R., Faraji, A. & Yadollahi Farsi, J. (2024). Design-entrepreneurship framework in engineering education. *Journal of Entrepreneurship Development*, *17*(2), 106-130. doi: 10.22059/jed.2024.370865.654318 *[in Persian]*.
- Deo, S. & Hölttä-Otto, K. (2024). Critical thinking assessment in engineering education: A Scopus-based literature review. *Journal of Mechanical Design*, 146(7), 072301, (17 pages). doi: 10.1115/1.4064275.
- Donndelinger, J. A. (2021). Applying problem-based learning to improve student engagement in an engineering economics course. *Journal of Applied Business and Economics*, 23(3), 252-257. doi: 10.33423/jabe.v23i3.4351.
- Duval-Couetil, N., Haghighi, S. & Reed, T. K. (2012). Engineering students and entrepreneurship education: Involvement, attitudes and outcomes. *International Journal of Engineering Education*, 28(2): 425-435.
- Emadi, S. R., Nasiri, F. & Mirzaie, M. (2025). Predicting students' entrepreneurial skills based on their technological literacy and instructors' teaching styles (Case study: Bu-Ali Sina University). *Journal of Entrepreneurship Research*, *3*(4), 27-42. doi: 10.22034/jer.2024.2039771.1182. *[in Persian]*.
- Fedoseev, V. V., Rodionov M. M., Shabanov G. G., Pasin A. & Puchkov N. (2022). Mathematics in professional education: Fundamentals of the methodology of teaching engineering mathematics. INFRA-M Academic Publishing LLC, Moscow, Russia. doi: 10.12737/1859606.
- Fink, F. K. (2002). Problem-based learning in engineering education: A catalyst for regional industrial

development. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 1(1), 29-32.

- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50. doi: 10.2307/3151312.
- George, D., & Mallery, P. (2019). IBM SPSS statistics 26 step by step: A simple guide and reference. Routledge, New York, United States. doi: 10.4324/9780429056765.
- Hair, J. F., Babin, B. J., Anderson, R. E. & Black, W. C. (2018). Multivariate data analysis. (8th ed.). Cengage Learning EMEA, Massachusetts, United States.
- Hosseinzadeh, H. & Ahmadi, S. A. A. (2021). *Design and highlighting the technological entrepreneurship model in researching institutes of country (Case study: Research Institute of the ministry of labor and social welfare). Governmental Accounting*, 7(2), 211-228. doi: 10.30473/gaa.2021.56969.1444. [in Persian].
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. Structural Equation Modeling: *A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1-55. doi: 10.1080/10705519909540118.
- Kaya-Capocci, S., Pabuccu-Akis, A. & Orhan-Ozteber, N. (2025). Entrepreneurial STEM education: Enhancing students' resourcefulness and problem-solving skills. *Research in Science Education*, 55, 103-134. doi: 10.1007/s11165-024-10189-y.
- Rahimi Kolour, H., Nikkhah, Y. & Ebrahimzadeh, M. (2024). The effect of technological entrepreneurship on the growth of Iranian knowledge-based firms in the fields of biotechnology, agriculture, and food by emphasizing the mediating role of digitalization and innovation. *Journal of Entrepreneurial Strategies in Agriculture, 11*(1), 79-91. doi: 10.61186/jea.11.1.79. *[in Persian].*
- Rivas, D. F. & Husein, S. (2022). Empathy, persuasiveness and knowledge promote innovative engineering and entrepreneurial skills. Education for Chemical Engineers, 40, 45-55. doi: 10.1016/j.ece.2022.05.002.
- Saber Kohne Goorabi, M. H., Iranmanesh, S. H. & Jafari, P. (2021). Technological entrepreneurship model with open innovation approach: sustainable development of oil and gas knowledge-based companies. *Program and Development Research*, *2*(3), 44-71. doi: 10.22034/pbr.2021.145864. [in Persian].
- Salvador, R., Barros, M. V., Barreto, B., Pontes, J., Yoshino, R. T., Piekarski, C. M. & de Francisco, A. C. (2023). Challenges and opportunities for problem-based learning in higher education: Lessons from a cross-program Industry 4.0 case. *Industry and Higher Education*, 37(1), 3-21. doi: 10.1177/09504222221100343.
- Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 1(1), 5-15. doi: 10.7771/1541-5015.1002.
- Shane, S. (2003). *A general theory of entrepreneurship: The individual-opportunity nexus*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK. doi: 10.4337/9781781007990.
- Skinner, W. (1969). Manufacturing-missing link in corporate strategy. Harvard Business Review, 47(3), 136-145.
- Sörensen, A., Mitra, R., Hulthén, E., Hartmann, T., & Clausen, E. (2022). Bringing the entrepreneurial mindset into mining engineering education. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 39, 1333 - 1344. doi: 10.1007/s42461-022-00620-1.
- Starshinova, T. A. (2022). Multilevel integration: processes in engineering education. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 236. 143-148. doi: 10.25198/1814-6457-236-143.
- Stenard, B. S. (2021). Interdisciplinary skills for STEAM entrepreneurship education. *Entrepreneurship Education and Pedagogy*, 6(1), 32-59. (Original work published 2023). doi: 10.1177/25151274211029204..
- Suto, Y., Moriya, H., Ikenoue, Y. & Sasaki, Y. (2025). Developing future engineering leaders: Evaluating a novel entrepreneurship education course. *The International Journal of Management Education*, 23(2), 101084. doi: 10.1016/j.ijme.2024.101084.
- Tabibzadeh, F., Hejazi, S. R. & Mousakhani, M. (2023). Investigating and designing a technological entrepreneurship model in biotechnology. *Journal of Technology Development Management*, *11*(2), 37-92. doi: 10.22104/jtdm.2024.6455.3217. *[in Persian].*
- Torkashvand, A. & Seraji, F. (2021). The role of technological literacy on entrepreneurial intention in engineer

students: Findings of a mixed method research. *Curriculum Planning Knowledge & Research in Educational Sciences*, 17(40(67)), 72-89 [in Persian].

- Washko, F. M., Edwards, W. S. & Washko, L. A. (2021). Entrepreneurship education in engineering using key performance indicators. *IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*. Princeton, NJ, USA, 292-295. doi: 10.1109/ISEC52395.2021.9764013.
- Zaeim, A., MosaKhani, M. & Davari, A. (2022). *Identifying and analyzing the dimensions of Iran's technological university entrepreneurship ecosystem from the perspective of experts in university incubators. Public Policy in Management*, 13(46), 1-12. doi: 10.30495/ijpa.2022.20381. [in Persian].

خدیجه احمدجواهری: استادیار پایهٔ ۲۷ گروه ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس، است و در زمینهٔ تحقیقاتیِ آموزش ریاضی، به‌ویژه آموزش ریاضی مهندسی، فعالیت دارد.

آتسا پارساپور: دانشیار پایهٔ ۲۹ گروه ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس، است و در زمینهٔ تحقیقاتی آموزش ریاضی، به‌ویژه آموزش ریاضی مهندسی، فعال است.