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

سیده‌زهرا اسلامی[۱]، محسن آیتی[۲]، محمدعلی رستمی‌نژاد[۳] و سارا سلیمی نمین[۴]

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

DOI: 10.22047/ijee.2025.494453.2151

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.5.9

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

واژگان کلیدی: حل مسئلهٔ ابداعی، سرفصل، تحلیل محتوا، برنامهٔ درسی، آموزش مهندسی

۱- دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی درسی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران (نویسندهٔ مسئول). seyedezahra_eslami@birjand.ac.ir

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

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

۴- استادیار گروه آموزشی مدیریت کسب‌وکار دانشکدهٔ مدیریت علم و فناوریِ دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.sara.salimi@aut.ac.ir

۱. مقدمه

در دنیای پُررقابت و پیچیدهٔ امروز، رویارویی با چالش‌ها و مسائل گوناگون اهمیتی ویژه دارد. مردم با دو گروه مسئله روبه‌رو هستند: الف) مسائلی با راه‌حل‌های شناخته‌شده و ب) مسائلی با راه‌حل‌های ناشناخته. مسائل آشنا با راه‌حل‌های استاندارد کتاب‌ها و مجلات فنی یا توسط متخصصان حل می‌شوند؛ راه‌حل‌هایی که از الگوهای کلی حل مسئله پیروی می‌کنند. مسائل با راه‌حل‌های ناشناخته «مبتکرانه» نامیده می‌شوند. آلتشولر[1] مسئلهٔ مبتکرانه را مسئله‌ای تعریف کرده است که دست‌کم یک تضاد دارد. وی تضاد را وضعیتی تعریف می‌کند که در آن هر کوششی برای بهبودبخشیدن به یک ویژگی سیستم از ویژگی دیگر آن می‌کاهد (Tandpour & Kafili, 2019).

براین‌اساس، برنامه‌های درسی مهندسی می‌بایست به دانشجویان کمک کنند تا با مسائل با راه‌حل‌های ناشناخته رودررو شوند. هدف هر نظام آموزشی تربیت فراگیران متفکر، خلاق، نقاد و دارای بینش علمی است که در زندگی روزمرهٔ خود به‌بهترین شیوهٔ ممکن زمینهٔ رشد فردی و اجتماعی خود و دیگران را فراهم می‌سازند. این امر صرفاً در سایهٔ انتقال اطلاعات به ذهن فراگیران حاصل نمی‌شود بلکه می‌بایست در برنامه‌های آموزشی روش‌هایی گنجانده شود که ازطریقِ آنها فراگیران و دانشجویان قابلیت‌های چگونه آموختن را با نظم فکری بیاموزند. یکی از مطرح‌ترین نظریه‌ها دراین‌زمینه «حل مسئلهٔ ابداعی[2] (تریز)» است.

تریز معادل انگلیسی عبارت «نظریهٔ حل مسئلهٔ ابداعی» یاتیپس[3] در زبان روسی است. در ۱۹۴۶، جنریش آلتشولر و همکارانش در اتحاد جماهیر شوروی سابق تریز را توسعه دادند چنان‌که اکنون در سراسر جهان از آن برای حل مسائل پیچیده یا اختراعی در زمینه‌ها و حوزه‌های گوناگون استفاده می‌شود. تریز براساس این نظریه/اعتقاد ایجاد شد که «اصول جهانی اختراع وجود دارند که اساس نوآوری‌هایی هستند که فناوری را پیش می‌برند و اگر این اصول شناسایی‌پذیر و تدوین‌پذیر باشند قابلیت آموزش به مردم را دارند. اساسی‌ترین مفهوم تریز این است که توانایی خلاقیت در تولید اختراعات جدید قابل‌آموزش است و نیازی نیست مخترعان زمان زیادی (چندین سال در بیشتر مواقع) صرف عرضهٔ اختراعات جدید کنند (Jani, 2013).

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

1- Altshuller 2- Inventive problem solving 3- TIPS

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

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

از بین اصول تریز، رفع تضادگرایی[1] (Altshuller, 1998; Mann, 2000; Mann, 2002; Souchkov, 2007; Cascini et al., 2008; Khomenko & De Guio, 2007; Khomenko & Ashtiani, 2007; Litvin, 2007; Savransky, 2000)، ایدئال‌گرایی[2] (Altshuller, 1998; Mann, 2000; Mann, 2002; Litvin, 2007; Souchkov, 2007; Savransky, 2000)، کارکردگرایی[3] (Mann, 2000; Mann, 2002; Litvin, 2007; Savransky, 2000) و منبع‌گرایی[4] (Altshuller, 1998; Mann, 2000; Mann, 2002; Litvin, 2007; Savransky, 2000) مهم‌ترین هستند.

یک تضاد در تریز با یک زوج «اثر مثبت در مقابل اثر منفی» نشان داده می‌شود که در آن هر دو اثر درنتیجهٔ وضعیتی خاص ظاهر می‌شوند. بعد از اینکه تضادها را شناسایی کردیم، گام بعدی حل آنهاست؛ نه برای مصالحه یا بهینه‌سازی بلکه برای ازبین‌بردن هر تضاد به‌روش برد-برد. برای کمک به آن، تریز طیف وسیعی از ابزارها را پیشنهاد می‌کند که بسته به پیچیدگی تضاد به کار می‌روند. برای مثال، اگر مخازن سوخت را با ظرفیت زیاد بسازیم می‌توانیم کشتی را به مدار بیاوریم اما بار مفید آن کم می‌شود (Mann, 2000). آلتشولر و همکارانش سه نوع اصلی از تناقضات را شناسایی کرده‌اند: اداری، فنی و فیزیکی. تناقضات اداری[5] زمانی رخ می‌دهد که چیزی برای دستیابی به نتیجه یا جلوگیری از پدیده‌ای نامطلوب موردنیاز است اما روش دستیابی به نتیجه مشخص نیست. برای مثال، می‌خواهیم کیفیت تولید را افزایش دهیم و هم‌زمان هزینهٔ مواد اولیه را کاهش. چنین تناقضی به‌شکل اولیهٔ خود شبیه به وضعیتی ابداعی است. بااین‌حال، تناقض اداری به‌خودی‌خود ارزش اکتشاف ندارد و مسیر دستیابی به پاسخ را نشان نمی‌دهد.

1- Contradiction
2- Ideality
3- Functionality
4- Resource
5- Administrative contradictions

در تناقضات فنی[1]، یک عمل به‌طور هم‌زمان مفید و مضر است یا منجر به عملکردهای مفید[2] (UF) و مضر[3] (HF) می‌شود. تناقضات فنی زمانی اتفاق می‌افتد که ایجاد/تقویت یک عملکرد مفید در زیرسیستم باعث ایجاد عملکرد مضر جدید یا تشدید عملکرد مضر موجود در زیرسیستم دیگر شود؛ حذف/کاهش عملکرد مضر در زیرسیستم عملکرد مفید را در زیرسیستم دیگر تخریب کند؛ تقویت عملکرد مفید یا کاهش عملکرد مضر در زیرسیستم باعث پیچیدگی نامطلوب در سایر زیرسیستم‌ها/کل سیستم می‌شود.

تناقض فیزیکی[4] زمانی رخ می‌دهند که تقویت عملکرد مفید در زیرسیستم به‌طور هم‌زمان عملکرد مضر موجود در همان زیرسیستم را تشدید کند یا کاهش عملکرد مضر در زیرسیستم به‌طور هم‌زمان عملکرد مفید را در همان زیرسیستم کاهش دهد (Savransky, 2000).

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

اصل دیگر تریز کارکردگرایی است. کارکرد موضوعی مشترک است که ازطریقِ آن امکان به‌اشتراک‌گذاشتن دانش بین صنایع بسیار متفاوت وجود دارد. کارکردگرایی از حل‌کنندهٔ مسئله می‌خواهد رویکرد انعطاف‌پذیر بیشتری به شیوهٔ نگاه خود به حل مسائل موردنظر در پیش گیرد. دوران تخصص‌گرایی محض به پایان خود نزدیک می‌شود و چه‌بسا فرد در حوزه‌های دیگر دانش راه‌حل بهتری برای مسئلهٔ خود بیابد. ماشین موتور راه‌حلی خاص برای کارکرد عمومی «حرکت افراد» است همان‌طورکه پودر لباس‌شویی راه‌حل خاص کارکرد عمومی «حذف جسم جامد» است. طبقه‌بندی و مرتب‌سازی دانش براساس کارکرد به تولیدکنندگان پودر لباس‌شویی امکان می‌دهد تا بررسی کنند چگونه صنایع دیگر به کارکرد اصلی «حذف جسم جامد» دست یافته‌اند. «راه‌حل‌ها تغییر می‌کنند؛ کارکرد ثابت می‌مانند» پیامی است که موضوعی اصلی را در روش تریز شکل می‌دهد: مردم سوراخ می‌خواهند، نه مته (Mann, 2000).

در تریز، برای منابع تعریفی گسترده در نظر گرفته شده است: منبع هر چیزی است که در حل مسئله و بهبود سیستم بدون هزینهٔ زیاد کاربرد دارد. منابع باید ارزان، آزاد و دردسترس باشند. منابع

1- Technical contradictions 2- Useful function 3- Harmful function
4- Physical contradiction

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

پژوهش‌های متعددی اثربخشی آموزش تریز را به دانشجویان مهندسی نشان داده‌اند؛ ازآن‌جمله: براون و بلک (Brown & Black, 2019) ادبیات کاربرد تریز را در آموزش مرور و راهبردهای ادغام اصول تریز را در برنامهٔ درسی شناسایی کرده‌اند. یافته‌های آنان آشکار کرده است که ترکیب فعالیت‌ها و تمرین‌های مبتنی‌بر تریز در کلاس درس درک دانشجویان را از مفاهیم پیچیده آسان می‌کند و مهارت‌های تفکر انتقادی را ارتقا می‌دهد. افزون‌براین، این بررسی بر اهمیت پرورش ذهن نوآور ازطریقِ تریز تأکید می‌کند.

نتایج پژوهش بردی و همکاران (Birdi, 2012) نشان می‌دهد شرکت در دوره‌های آموزش تریز منجر به بهبود مهارت‌های حل مسئلهٔ خلاق و انگیزهٔ نوآوری مهندسان می‌شود.

ناکاگاوا (Nakagawa, 2011) در دانشگاه اوزاکاگاکوین[1]، ژاپن، طرح شش باکس از سمینارهای آموزشی تریز را با عنوان «آموزش و تدریس تفکر حل مسئلهٔ خلاق با تریز» به‌مدت سه روز روی دانشجویان مهندسی اجرا کرد. ابتدا، یک سخنرانی مقدماتی دربارهٔ تریز (۶۰ دقیقه) ایراد کرد تا مهندسانی را که عمدتاً در تریز تازه‌کارند راهنمایی کند. سپس، شیوه‌های گروهی حل مسائل واقعی را اجرا کرد. این مطالعه نشان داد روش تریز تفکر مبتکر ساختاریافتهٔ دانشجویان را در استخراج آثار مهندسی خلاق تشویق می‌کند.

بلسکی (Belski, 2011)، با هدف افزایش دورهٔ تریز برای مهارت‌های تفکر و حل مسئلهٔ دانشجویان مهندسی، مؤسسهٔ فناوری سلطنتی ملبورن[2] پژوهشی را انجام داد، که در این مطالعه، ۴۲ دانشجوی مهندسی، در سال دوم تا چهارم تحصیل خود، در یک دورهٔ انتخابی «حل نظام‌مند و مبتکرانهٔ مسئله» در نیمسال دوم ۲۰۰۶ (ژوئیه تا نوامبر) ثبت‌نام کردند. آنان در طول ۱۳ هفتهٔ ترم تحلیل موقعیت، روش، نتیجهٔ ایدئال، تحلیل معصر میدانی ماده ـ میدان[3] و ۴۰ اصل نوآورانه را آموختند. هر دانشجو می‌بایست چهار تکلیف انفرادی مربوط به ابزارهای فکری خاص را انجام می‌داد و در یک دورهٔ سه‌هفته‌ای در کارگروهی شرکت می‌کرد. نتایج نشان داد دورهٔ تریز مهارت‌های تفکر و حل مسئلهٔ دانشجویان مهندسی را افزایش می‌دهد.

بررسی پیشینهٔ پژوهشی نشان داد توجه به تریز در برنامهٔ درسی مهندسی مهارت‌های حل مسئله را تقویت می‌کند، نوآوری را افزایش می‌دهد و مهندسان را آمادهٔ رویارویی با چالش‌های واقعی صنعت می‌کند. ازاین‌رو، تحلیل محتوای برنامه‌های درسی براساس اصول تریز ضروری است تا نقاط قوّت و ضعف دروس شناسایی شود. این تحلیل کیفیت آموزش را ارتقا می‌دهد و به طراحان برنامه‌های درسی کمک می‌کند برنامه‌های آموزشی را به‌گونه‌ای طراحی کنند تا دانشجویان مهارت استفاده از روش‌های نوآورانه را در حل مسائل پیچیده کسب کنند.

1- Osaka Gakuin University
2- Royal Melbourne Institute of Technology(Rmit)
3- Contemporary substance-field analysis

مورد مطالعهٔ پژوهش حاضر برنامهٔ درسی دورهٔ کارشناسی مهندسی مکانیک و صنایع است. هدف دورهٔ کارشناسی مهندسی مکانیک ارتقای سطح دانش مهندسی کشور در رشتهٔ مکانیک و تربیت افرادی مستعدی است که آموخته‌های نظری و عملی آنان همسطح دانشگاه‌ها و مراکز پیشرفتهٔ علمی و صنعتی جهان باشد (سرفصل رشتهٔ کارشناسی مکانیک، ۱۳۸۸). هدف کلی برنامه‌های درسی در این دوره‌ها تربیت دانشجویانی با توانایی‌هایی همچون طراحی، خلق محصولات و بهره‌برداری از آنها، فرایندها و سیستم‌های جدید است. بسیاری از مسائل مهندسی مکانیک با استفاده از روش تریز حل می‌شوند. حوزهٔ فعالیت مهندسی مکانیک چنان گسترده است که نه‌تنها صنعتی را نمی‌یابیم که از آن بی‌نیاز باشد بلکه بخش مهمی از توسعهٔ هر صنعت در گرو پیشرفت‌های مهندسی مکانیک است. از سویی، مهندسی صنایع با طراحی، اجرا و بهبود سیستم‌های یکپارچه‌ای از انسان، مواد، اطلاعات، تجهیزات و انرژی مرتبط است. این رشته برپایهٔ دانش تخصصی در علوم ریاضی، طبیعی، اجتماعی و نیز قوانین و روش‌های تحلیل مهندسی و طراحی بنا شده است تا به‌کمک آنها به ارزیابی نتایج سیستم‌های یکپارچه بپردازد (سرفصل رشتهٔ کارشناسی صنایع، بازنگری در ۱۴۰۱). ازاین‌رو، دلایل انتخاب این رشته‌ها برای بررسی میزان توجه به رویکرد حل مسئلهٔ ابداعی عبارت‌اند از: ۱. هدف این رشته‌ها که طراحی، تولید و بهره برداری از محصولات است و ۲. وجود دروسی که به مباحث حل مسئلهٔ ابداعی می‌پردازند که این امر بستر طراحی و نوآوری را در رشتهٔ مهندسی مکانیک و صنایع فراهم کرده است.

پژوهش پیش رو در پی پاسخ به این پرسش است که «تا چه میزان برنامه‌های درسی مهندسی مکانیک و صنایع به اصول حل مسئلهٔ ابداعی توجه دارند؟» تا آخرین برنامه‌های مصوب و پیشنهادها را درخصوص حل مسئلهٔ ابداعی بررسی کند.

۲. روش تحقیق

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

جامعهٔ پژوهش برای تحلیل محتوای کیفی شامل سرفصل‌های مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در مقطع کارشناسی رشتهٔ مهندسی مکانیک (۱۳۸۸، برگرفته از تارنمای دانشگاه بیرجند) و صنایع (بازنگری ۱۴۰۱، برگرفته از تارنمای دانشگاه صنعتی بیرجند) بود. با توجه به اینکه ورودی‌های پیش از ۱۴۰۲ رشتهٔ مهندسی مکانیک براساس سرفصل ۱۳۸۸ آموزش‌دیده بودند، تنمونه‌گیری هدفمند (ملاک‌محور) است. متناسب با معیارهای موردمطالعه، در هر طبقه از دروس تعدادی از آنها را به‌عنوان نمونه انتخاب کردیم. دروسی که نمونه انتخاب شده‌اند دارای اهمیت بیشتری در فرایند آموزشی

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

با توجه به هدف پژوهش در سرفصل رشتهٔ مکانیک، از بین ۱۴۰ واحد درسی (شامل۲۰ واحد دروس عمومی؛ ۲۵ واحد دروس پایه؛ ۶۱ واحد دروس اصلی؛ ۱۲ واحد دروس تخصصی الزامی؛ ۱۵ واحد دروس تخصصی انتخابی؛ و ۷ واحد دروس کارگاه، پروژه و کارآموزی)، متناسب با معیارهای موردمطالعه و غیر از دروس عمومی، پایه و کارگاهی، ۹ واحد درسی از دروس تخصصی و ۲۲ واحد از دروس اصلی را به‌عنوان نمونه انتخاب کردیم که درمجموع ۳۱ واحد درسی، معادل ۱۱ عنوان درسی، تحلیل شدند.

در سرفصل رشتهٔ مهندسی صنایع، با توجه به هدف پژوهش، از بین ۱۴۰ واحد درسی (شامل۲۰ واحد دروس عمومی؛ ۲۲ واحد دروس پایه؛ ۶۵ واحد دروس اصلی؛ ۱۸ واحد دروس تخصصی؛ و ۱۵ واحد دروس اختیاری)، متناسب با معیارهای موردمطالعه و غیر از دروس عمومی و پایه، ۶ واحد درسی از دروس تخصصی، ۴۸ واحد درسی از دروس اصلی و ۹ واحد درسی از دروس اختیاری را به‌عنوان نمونه انتخاب کردیم که درمجموع ۶۳ واحد درسی، معادل ۲۱ عنوان درسی، تحلیل شدند. دروس عمومی و پایه معمولاً به مفاهیم پایه‌ای و نظری می‌پردازند که کمتر در ارتباط مستقیم با حل مسائل ابداعی و خلاقانه هستند. این پژوهش بر تحلیل و ارزیابی دروس تخصصی و کاربردی متمرکز است که به مهارت‌های عملی و خلاقانهٔ دانشجویان در حل مسائل کمک می‌کند. از سویی، تحلیل همهٔ دروس، شامل عمومی، پایه و تخصصی، نیازمند زمان زیادی است.

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

نسبتاً نامناسب، متوسط، نسبتاً مناسب و کاملاً مناسب، با هریک از اصول چهارگانهٔ مطرح‌شده بررسی کند. مبنای این داوری بررسی هدف هر عنوان درسی است. سپس، دیدگاه‌ها و نتایج تحلیل محتوای متخصص را با نتایج تحلیل محتوای به‌دست‌آمده مقایسه و نتایج را اعتباریابی کردیم. آنگاه، با استفاده از نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس، مفاهیم پژوهشگر را با مفاهیم فرد خبره مقایسه کردیم. نزدیک‌بودن کدهای این دو محقق نشان‌دهندهٔ توافق بالا بین این دو کدگذار و پایایی است.

در جدول ۱ و ۲، ضریب توافق کاپا در تحلیل محتوای سرفصل رشتهٔ مکانیک و صنایع را نشان داده‌ایم. مقدار شاخص کاپای محاسبه‌شده برای تحلیل محتوای سرفصل مهندسی مکانیک و مهندسی صنایع به‌ترتیب ۰/۷۰ و ۰/۶۴ است که در سطح توافق معتبر قرار دارد. این مقدار نشان می‌دهد کدگذاران به‌میزان بالایی هم‌نظر بوده و اختلاف کمتری در مقوله‌بندی داده‌ها داشته‌اند.

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

نتایج آماره (ضریب توافق کاپای کوهن)		مقدار عددی شاخص کاپا	وضعیت توافق
ارزش	۰/۷۰	کمتر از ۰	ضعیف
		۰_۰/۲	بی‌اهمیت
تعداد نمونه‌ها	۴۴	۰/۲۱_۰/۴	متوسط
		۰/۴۱_۰/۶	مناسب
معناداری	۰/۰۰۰	۰/۶۱_۰/۸	معتبر
		۰/۸۱_۱	عالی

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

نتایج آماره (ضریب توافق کاپای کوهن)		مقدار عددی شاخص کاپا	وضعیت توافق
ارزش	۰/۶۴	کمتر از ۰	ضعیف
		۰_۰/۲	بی‌اهمیت
تعداد نمونه‌ها	۸۴	۰/۲۱_۰/۴	متوسط
		۰/۴۱_۰/۶	مناسب
معناداری	۰/۰۰۰	۰/۶۱_۰/۸	معتبر
		۰/۸۱_۱	عالی

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

۳. یافته‌های پژوهش

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

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

جدول ۳. میزان توجه برنامه‌های‌درسی رشتهٔ مهندسی مکانیک به هریک از اصول چهارگانه

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

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

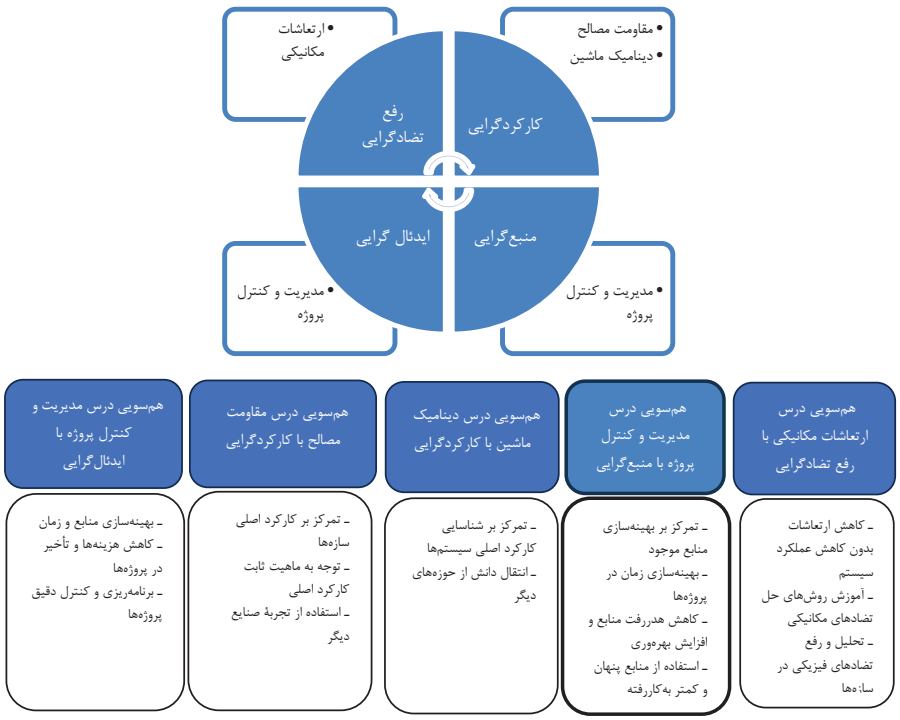
یکی از اهداف اصلی درس «مدیریت و کنترل پروژه» پیش‌بینی زمان و فازبندی پروژه‌هاست. این مسئله با اصل منبع‌گرایی تریز هماهنگ است زیرا با استفادهٔ بهینه از منابع زمانی و برنامه‌ریزی دقیق می‌توان پروژه‌ها را کارآمد و بدون هدررفت منابع اجرا کرد. در این درس، دانشجویان با روش‌های علمی مدیریت پروژه آشنا می‌شوند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

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

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

درس «دینامیک ماشین» با اصل کارکردگرایی تریز مرتبط است و با معرفی اجزای اصلی ماشین‌ها و سازوکارها و ارائهٔ اصول تحلیل آنها به دانشجویان امکان می‌دهد کارکردهای اصلی ماشین‌ها را شناسایی و تحلیل کنند. فرض کنید در درس دینامیک ماشین با تحلیل حرکت و نیروی یک روبات صنعتی سروکار دارید. کارکرد اصلی این روبات حرکت‌دادن قطعات در خط تولید است. با نگاه کارکردگرایی در تریز، به‌جای اینکه فقط روی بهینه‌سازی اجزای موجود روبات، مانند موتور و چرخ‌دنده‌ها، تمرکز کنیم، ابتدا کارکرد اصلی «حرکت‌دادن قطعات» را در نظر می‌گیریم. سپس، بررسی می‌کنیم چگونه سایر صنایع به کارکرد مشابه «حرکت‌دادن» دست‌یافته‌اند. همچنین، براساس کارکردگرایی، حل‌کنندهٔ مسئله می‌بایست دانش را در صنای به‌اشتراک بگذارد و از راه‌حل‌های حوزه‌های دیگر استفاده کند. برای مثال، فرض کنید یک مهندس مکانیک در حال طراحی سیستم انتقال قدرت است. او، با استفاده از دانش و مهارت‌های کسب‌شده در درس دینامیک ماشین، سازوکارهای مشابه را در صنایع دیگر، مانند خودروسازی یا هوافضا، بررسی و از راه‌حل‌های موفق آنها بهره‌برداری می‌کند. این انتقال دانش بین صنایع به مهندسان کمک می‌کند راه‌حل‌های بهتری برای مسائل خود پیدا و عملکرد سیستم‌ها را بهینه‌سازی کنند.

درس «مدیریت و کنترل پروژه» با اصل ایدئال‌گرایی تریز همسوست. ایدئال‌گرایی در تریز به‌دنبال راه‌حل‌هایی است که کارکرد موردنظر را، بدون صرف هزینه یا آسیب به منابع، اجرا کند. در این درس، دانشجویان می‌آموزند چگونه پروژه‌ها را با استفادهٔ بهینه از منابع و زمان پیش‌بینی و کنترل کنند. به‌کارگیری روش‌های پیشرفتهٔ مدیریت پروژه و استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای تخصیص منابع و برنامه‌ریزی به دانشجویان کمک می‌کند به راه‌حل‌های کارآمد و بهینهٔ مدیریت پروژه‌ها دست یابند. فرض کنید دانشجویان در حال برنامه‌ریزی یک پروژهٔ ساخت‌وساز هستند. هدف این است که پروژه با بالاترین کارایی و کمترین هزینه و تأخیر به اتمام برسد. اصل ایدئال‌گرایی به آنان کمک می‌کند در پی راه‌حل‌هایی باشند که کارکردهای پروژه را به‌بهترین شکل ممکن تحقق می‌بخشند. برای مثال، استفاده از روش‌های پیشرفتهٔ مدیریت پروژه، برنامه‌ریزی دقیق و کنترل مستمر به دانشجویان کمک می‌کند زمان و منابع پروژه را بهینه‌سازی و از هدررفت منابع جلوگیری کنند و نیز پروژه‌ها را با کیفیت بالا و هزینهٔ کم به پایان برسانند. با استفاده از اصل ایدئال‌گرایی، دانشجویان راه‌حل‌های نوآورانهٔ بهبود کیفیت پروژه‌ها را پیدا می‌کنند.



شکل ۱. هم‌سویی دروس رشتهٔ مکانیک با اصول حل مسئلهٔ ابداعی

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

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

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

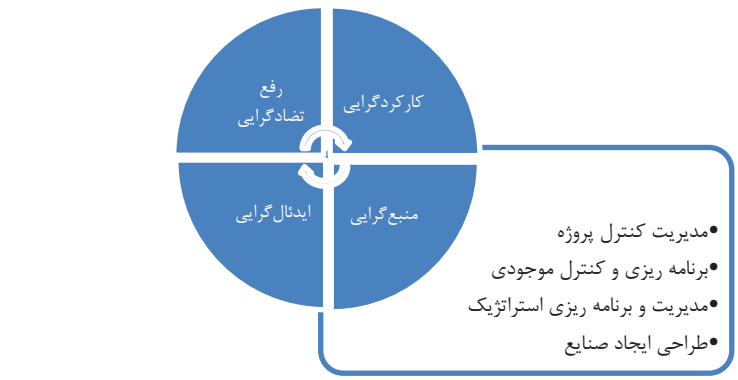
درس «مدیریت کنترل پروژه» بر بهینه‌سازی استفاده از منابع، شامل زمان، بودجه و نیروی انسانی، تمرکز دارد. منبع‌گرایی در تریز نیز به شناسایی و استفادهٔ بهینه از منابع موجود در حل مسائل و بهبود عملکرد سیستم‌ها اشاره دارد. این هم‌سویی نشان می‌دهد دانشجویان با یادگیری نحوهٔ مدیریت و تخصیص بهینهٔ منابع پروژه‌ها را کارآمدتر، کم‌هزینه‌تر و با کارایی بیشتر مدیریت خواهند کرد. اصل منبع‌گرایی تریز در اینجا تأکید می‌کند که به‌جای درخواست منابع اضافی می‌توان با شناسایی بهتر منابع موجود (مثل استفادهٔ چندمنظوره از ماشین‌آلات یا به‌کارگیری فناوری‌های مدرن در کاهش زمان ساخت) عملکرد پروژه را بهبود بخشید. بدین‌ترتیب، این درس به‌طور مؤثری اصل منبع‌گرایی تریز را در فرایند مدیریت پروژه‌ها به دانشجویان منتقل و آنان را آمادهٔ رویارویی با چالش‌های پیچیدهٔ پروژه‌ها می‌کند.

نتایج تحلیل محتوا نشان می‌دهد درس «برنامه‌ریزی و کنترل موجودی ۱» با اصل منبع‌گرایی تریز همسوست. هدف این درس برنامه‌ریزی دقیق و بهینه‌سازی موجودی انبارهاست. دانشجویان با سیاست‌های پُربارسازی، مدیریت هزینه‌های موجودی، برنامه‌ریزی سفارش‌ها و تولید در وضعیت‌های متفاوت آشنا می‌شوند. این امر به آنان کمک می‌کند از منابع موجود استفادهٔ بهینه کنند، هزینه‌ها را کاهش و کارایی سیستم‌های تولیدی و مدیریتی را افزایش دهند. در برنامه‌ریزی و کنترل موجودی، مدیریت منابع موجود اهمیت زیادی دارد. برای مثال، تحلیل هزینه‌های نگهداری موجودی در کارخانهٔ تولیدی و بهینه‌سازی سطح موجودی به‌گونه‌ای‌که هزینه‌های نگهداری کاهش یابد و بهره‌وری از منابع افزایش یابد نمونه‌ای از میزان توجه این درس به اصل منبع‌گرایی تریز است.

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

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

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



شکل ۲. هم‌سویی دروس رشتهٔ صنایع با اصول حل مسئلهٔ ابداعی

۴. بحث در یافته‌ها

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

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

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

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

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

۵. نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، میزان توجه برنامه‌های درسی رشته‌های مهندسی مکانیک و صنایع را به اصول حل مسئلهٔ ابداعی بررسی کردیم. بدین‌منظور، چند نتیجه استخراج شد

الف) توجه به اصول تریز در برنامه‌های درسی مهندسی مکانیک برحسب ماهیت و اهداف هر درس متفاوت است. هم‌سویی برخی دروس با اصول تریز نشان‌دهندهٔ توانمندی این اصول در حل مسائل مهندسی است.

ب) بی‌توجهی همهٔ دروس اصلی و تخصصی به اصول تریز ممکن است نشان‌دهندهٔ نیاز به بازنگری در برنامه‌های درسی باشد. این بازنگری تضمین خواهد کرد که دانشجویان به‌طور گسترده‌تر با این اصول آشنا شوند و توانایی‌های خلاقانهٔ آنان تقویت شود.

ج) رشتهٔ مهندسی صنایع با تأکید ویژه بر اصل منبع‌گرایی برنامه‌های درسی نقشی حیاتی در مدیریت و بهینه‌سازی منابع ایفا می‌کند. یکی از دلایل اصلی ارتباط دروس این رشته با اصل منبع‌گرایی تریز اهمیت بالای مدیریت و استفادهٔ مؤثر از منابع در این حوزه است. مطابق اهداف تعریف‌شده در سرفصل این رشته، مهندسی صنایع به طراحی، اجرا و بهبود سیستم‌های یکپارچهٔ متشکل از انسان، مواد، اطلاعات، تجهیزات و انرژی می‌پردازد. این رشته با تأکید بر کاهش منابع تلف‌شده، مانند زمان، هزینه، مواد اولیه و انرژی، در تلاش است بهره‌وری سیستم‌ها را به حداکثر برساند و از منابع موجود به‌شکل بهینه استفاده کند. اهداف مهندسی صنایع، همسو با اصل منبع‌گرایی تریز، نشان‌دهندهٔ تلاش نظام‌مند در ایجاد بهره‌وری در همهٔ ابعاد و کاهش هدررفت‌هاست.

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

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

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

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

References

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

- Jani, H. M. (2013). Teaching TRIZ problem-solving methodology in higher education: a review. *International Journal*, *2*(9), 98-103.
- Jiang, J.-g., Zhang, Y.-d., Zhang, J.-y., & Du, H.-y. (2013). Training pattern of undergraduate's innovative ability based on TRIZ theory. *Proceedings of the 2013 8th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, 1461-1466.
- Karimi, M. (2005). *Undoubted improvement: applied engineering education value, Rasa*, Tehran [in Persian].
- Khomenko, N., & Ashtiani, M. (2007). Classical TRIZ and OTSM as a scientific theoretical background for non-typical problem solving instruments. *ETRIA TRIZ Future Conference, Frankfurt .*
- Khomenko, N., & De Guio, R. (2007). OTSM network of problems for representing and analyzing problem situations with computer support, *Trends in computer aided innovation, Springer, Boston.*
- Litvin S., Petrov V., Rubin M. (2007). TRIZ body of knowledge. *TRIZ Developers Summit, Russia.*
- Mahmoudian Azar Sharbiyani, A., & Babaian Pour, M. (2020). Application of TRIZ theory in resistance economy (case study component: production boom). *Science and Technology of Construction*, 1(4), 11-26 [in Persian].
- Mann, M. (2000b). The four pillars of TRIZ. https://www.researchgate.net/publication/241256240 .
- Mann, M. (2002a). *Hands-on systematic innovation for business & management*. London, UK: Lazarus Press.
- Ministry of Science, Research, and Technology. (2009). Undergraduate curriculum for the mechanical engineering program.
- Ministry of Science, Research and Technology. (2022). Undergraduate curriculum for Industrial Engineering: *Revised Edition*.
- Mueller, S. (2005). The TRIZ resource analysis tool for solving management tasks: previous classifications and their modification. *Creativity and Innovation Management*, *14*(1), 43-58.
- Nakagawa, T. (2011). Education and training of creative problem solving thinking with TRIZ/USIT. *Procedia Engineering*, *9*, 582-595.
- Navas, H. V., Tenera, A. M., & Machado, V. A. C. (2015). Integrating TRIZ in project management processes: An ARIZ contribution. *Procedia Engineering*, *131*, 224-231.
- Peng, Z., Shen, H., & Tao, Y. (2020). Research on innovative design method based on TRIZ taking the elderly-oriented transformation of outdoor seats as an example. *International Conference on Environment and Water Resources Engineering*, Les Ulysses, France.
- Savransky, S. D. (2000*). Engineering of creativity: Introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving* (1st ed.). CRC Press.
- Sheu, D. D., & Yen, M. Z. (2020). Systematic analysis and usage of harmful resources. *Computers & Industrial Engineering*, *145*, 106459.
- Smith, J., & Smith, J. (2018). Enhancing problem solving and creativity through the application of the theory of inventive problem solving (TRIZ) in engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 43(5), 708-729.
- Souchkov, V. (1997). Accelerate innovation with TRIZ. Retrieved from http://www.xtriz.com/publications/AccelerateInnovationWithTRIZ.pdf. (Accessed November 30, 2011).
- Souchkov, V. (2007). Breakthrough thinking with TRIZ for business and management: An overview. http://www.xtriz.com/TRIZforBusinessAndManagement.pdf.
- Souchkov, V. (2014). Glossary of TRIZ and TRIZ-related terms. 2015-06-06]. http://matriz. org/wpcontent/uploads/2012/10/TRIZ glossaryversion1-2. pdf.
- Tandpour, S., & Kafili, N. (2019). Application of TRIZ knowledge to explain the position of creative design in contemporary Iranian functional ceramics. *Journal of Fine Arts - Visual Arts*, 25(13), 99-110 [in Persian].

- **سیده‌زهرا اسلامی:** دانش‌آموختهٔ کارشناسی‌ارشد برنامه‌ریزی درسی از دانشگاه بیرجند و در حال حاضر دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی درسی است. در حوزه‌های آموزش حل مسئله و نوآوری فعالیت دارد.

- **محسن آیتی:** دانش‌آموختهٔ برنامه‌ریزی درسی از دانشگاه خوارزمی (تربیت معلم تهران)، دانشیار گروه علوم تربیتی دانشگاه بیرجند و پژوهشگر برتر دانشگاه در ۱۳۹۳ و ۱۳۹۱ است. ۱۰۲ مقالهٔ منتشرشده در مجلات و ۶۵ مقالهٔ همایشی در موضوعات مدیریت دانش، آموزش و برنامهٔ درسی دارد.

- **محمدعلی رستمی‌نژاد:** دانش‌آموختهٔ فناوری آموزشی از دانشگاه علامه طباطبایی و دانشیار گروه علوم تربیتی دانشگاه بیرجند است. بیش از ده مقالهٔ علمی‌پژوهشی در حوزه‌های سنجش فناوری در آموزش، فناوری برنامهٔ درسی، فناوری در آموزش افراد با نیازهای ویژه، علوم شناختی و فناوری‌های یاددهی.یادگیری، به‌ویژه یاددهی.یادگیری الکترونیکی، منتشر کرده است.

- **سارا سلیمی نمین:** عضو هیئت‌علمی دانشکدهٔ مدیریت، علم و فناوری دانشگاه صنعتی امیرکبیر است. تأسیس مرکز نوآوری و شتاب‌دهی آب و آینه و راه‌اندازی گروه پژوهشی TRIZ در ایران از دستاوردهای برجستهٔ ایشان به‌شمار می‌آید. همچنین در حوزه‌های مدیریت نوآوری، آموزش و توسعهٔ روش‌های خلاقانهٔ حل مسئله فعالیت‌های گسترده داشته و نقش کلیدی در اجرای پروژه‌هایی در صنعت و آموزش‌وپرورش ایفا کرده است. سهم ایشان در تقویت نوآوری و کارآفرینی با عرضهٔ خدمات منتورینگ به استارت‌آپ‌ها و برگزاری کارگاه‌های آموزشی درخورِتوجه است.