Journal of Management and Planning in Educational Systems

Vol. 19 (1), 33-70
DOI: 10.48308/mpes.2025.237116.1505
ISSN: 2423-5261
E-ISSN: 2538-6344

Received: 11 October 2025
Revised: 12 February 2026
Accepted: 6 March 2026
Published online: 21 March 2026

Identification and Explanation of Factors Influencing Critical Thinking in Chemical Engineering Graduates of the University of Tehran Using Interpretive Structural Modeling (ISM) and MICMAC Analysis

Zahra Akbari Pordanjani[1], Akram Hosseinian[2], Keyvan Salehi[*] & Mohammad Javadipour[3]

1. M.S. in Engineering Education, Faculty of Engineering Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, School of Engineering Sciences, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
* Corresponding Author: Associate Professor, Faculty of Psychology and Education, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: keyvansalehi@ut.ac.ir
3. Associate Professor, Faculty of Psychology and Education, University of Tehran, Tehran, Iran.

Type of Article: Scientific- Research

Abstract

Objectives: Critical thinking is a key competency for engineering graduates, enabling them to identify and analyze problems systematically and develop effective solutions. In today's complex work environment, the ability to make informed decisions and solve problems effectively is essential for professional success. Critical thinking also supports creative and logical reasoning when individuals face complex challenges. For engineering graduates, this competency can contribute to effective participation in industrial, manufacturing, and managerial processes and to improved organizational performance. However, engineering education programs may not adequately emphasize the development of critical thinking, potentially affecting educational quality and graduates' professional effectiveness. This study aimed to identify the factors influencing critical thinking among engineering graduates and examine the relationships among these factors using structural analysis methods.

Materials and Methods: This study focused on engineering graduates of the University of Tehran and employed a mixed-methods approach. In the qualitative phase, documentary analysis was used to identify the factors affecting critical thinking. In the quantitative phase, interpretive structural modeling (ISM) and cross-impact matrix multiplication applied to classification (MICMAC) analysis were used to examine the relationships among the identified factors and classify them according to their driving power and dependence. The study population comprised graduates from various engineering disciplines at the University of Tehran who were employed in different industries and organizations.

Discussion and Conclusion: According to the findings, seven key factors influence critical thinking: 1) Problem-solving competencies: the ability to analyze and resolve problems logically and effectively. 2) Organizational support: the financial and moral backing provided by organizations to their employees. 3) Practical experience: real-world, hands-on experience gained throughout one's career. 4) Teamwork: collaborating and interacting with others to

AkbariPordanjani, Z., Hosseinian, A., Salehi, K., & Javadipour, M. (2026). Identification and Explanation of Factors Influencing Critical Thinking in Chemical Engineering Graduates of the University of Tehran Using Interpretive Structural Modeling (ISM) and MICMAC Analysis. *Journal of Management and Planning In Educational System*, 19(1), 33-70. https://doi.org/10.48308/mpes.2025.237116.1505

Copyright: © 2026 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Journal of Management and Planning in Educational Systems

Vol. 19 (1), 33-70
DOI: 10.48308/mpes.2025.237116.1505
ISSN: 2423-5261
E-ISSN: 2538-6344

Received: 11 October 2025
Revised: 12 February 2026
Accepted: 6 March 2026
Published online: 21 March 2026

address complex issues. 5) Reward systems: incentive structures that recognize and appreciate high performance. 6) Organizational culture: the shared values, beliefs, and behaviors within an organization that shape individual conduct. 7) Interdisciplinary interactions: communication and collaboration across various scientific and professional fields. Factors related to problem-solving competencies, organizational support, practical experience, teamwork, and reward systems are classified as "linkage variables" (or connecting variables), characterized by high driving power and high dependence. Changes in these variables can significantly impact critical thinking; furthermore, system feedback can, in turn, influence these variables. Organizational culture was identified as an independent variable and one of the most significant factors influencing critical thinking. This variable possesses high driving power and low dependence; consequently, altering it can influence the entire system. In other words, shifts in organizational culture can foster and strengthen critical thinking among employees. Finally, interdisciplinary interactions are classified as a dependent variable, characterized by low driving power and high dependence. Organizational culture has been identified as a key factor. These findings can provide a foundation for overcoming obstacles to improving the quality of critical thinking instruction within educational courses, as well as for enhancing the professional performance of engineering graduates in the workplace. The results may serve as a guide for improving the quality of critical thinking instruction in university curricula. Furthermore, they can assist managers and organizations in identifying and removing barriers to the development of critical thinking, ultimately leading to better professional performance among engineering graduates. Overall, this research underscores the importance of organizational culture and other factors that influence the strengthening of critical thinking in graduates, and it offers strategies for its improvement.

Keywords: Critical Thinking, Chemical Engineering, Graduates, Interpretive Structural Modeling, ISM, MICMAC.

AkbariPordanjani, Z., Hosseinian, A., Salehi, K., & Javadipour, M. (2026). Identification and Explanation of Factors Influencing Critical Thinking in Chemical Engineering Graduates of the University of Tehran Using Interpretive Structural Modeling (ISM) and MICMAC Analysis. *Journal of Management and Planning In Educational System*, 19(1), 33-70. https://doi.org/10.48308/mpes.2025.237116.1505

Copyright: © 2026 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

مدیریت و برنامه‌ریزی در نظام‌های آموزشی
بهار و تابستان ۱۴۰۵
دوره ۱۹، شماره ۱ (پیاپی ۳۶)
صفحات: ۳۳-۷۰
DOI: 10.48308/mpes.2025.237116.1505
ISSN: 2423-5261
E-ISSN: 2538-6344
دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۷/۱۹ بازنگری مقاله: ۱۴۰۴/۱۱/۲۳
پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۱۲/۱۵ چاپ مقاله: ۱۴۰۵/۰۱/۰۱

تبیین عوامل تأثیرگذار بر تفکر نقادانه دانش‌آموختگان مهندسی دانشگاه تهران با استفاده از معادلات ساختاری تفسیری ISM و تحلیل MICMAC

زهرا اکبری پردنجانی[۱]، اکرم حسینیان[۲]، کیوان صالحی* و محمد جوادی پور[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آموزش مهندسی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تهران، ایران
۲. دانشیار دانشکده علوم فنی و مهندسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
* نویسنده مسئول: دانشیار دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
keyvansalehi@ut.ac.ir
۳. دانشیار دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

نوع مقاله: علمی - پژوهشی

چکیده

هدف: تفکر نقادانه یکی از مهم‌ترین شایستگی‌های لازم برای دانش‌آموختگان مهندسی، به‌ویژه مهندسی، به‌شمار می‌آید. این مهارت به افراد کمک می‌کند تا بتوانند مسائل را با دیدی منطقی و تحلیلی شناسایی و تحلیل کنند و در نهایت راه‌حل‌های مؤثری برای آن‌ها ارائه دهند. در دنیای پیچیده امروز، توانایی تصمیم‌گیری آگاهانه و حل مسائل به‌طور مؤثر برای موفقیت در محیط‌های کاری از اهمیت بالایی برخوردار است. تفکر نقادانه نه‌تنها به بهبود کیفیت تصمیم‌گیری کمک می‌کند، بلکه باعث می‌شود که افراد در مواجهه با چالش‌ها و مشکلات به‌صورت خلاقانه و منطقی فکر کنند. این شایستگی به دانش‌آموختگان این امکان را می‌دهد که در فرآیندهای صنعتی، تولیدی و مدیریتی، تأثیرگذار باشند و به بهبود عملکرد کلی سازمان کمک کنند. با این حال، بررسی‌ها نشان می‌دهد که توجه کافی به پرورش این مهارت در برنامه‌های آموزشی مهندسی وجود ندارد. این کم‌توجهی می‌تواند عواقب منفی بر کیفیت آموزش و کارایی دانش‌آموختگان داشته باشد. در این پژوهش، محققان تلاش کرده‌اند تا عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه را شناسایی کنند و با استفاده از روش‌های تحلیلی، ارتباطات میان این عوامل را تبیین نمایند.

مواد و روش‌ها: این پژوهش با تمرکز بر دانش‌آموختگان مهندسی دانشگاه تهران انجام شده است محققان برای دستیابی به این هدف، از ترکیب روش‌های کیفی و کمّی بهره می‌برند به‌طوری که در بخش کیفی از مطالعه اسنادی برای شناسایی عوامل استفاده شد و نیز در بخش کمّی از روش همبستگی و مبتنی بر دو روش معادلات ساختاری تفسیری (ISM) و تحلیل MICMAC استفاده شده است. جامعه آماری این تحقیق شامل دانش‌آموختگان رشته‌ها و گرایش‌های متفاوت مهندسی دانشگاه تهران است که در صنایع مختلف و سازمان‌ها شاغل هستند می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: طبق یافته‌ها هفت عامل کلیدی که بر تفکر نقادانه تأثیر می‌گذارند شامل: -۱ شایستگی‌های حل مسئله: توانایی در تحلیل و رفع مشکلات به‌صورت منطقی و مؤثر. -۲ پشتیبانی سازمانی: حمایت‌های مالی و معنوی که سازمان‌ها از کارکنان خود به عمل می‌آورند. -۳ تجربه عملی: تجربه‌های واقعی و عملی که در طول دوران کاری به دست می‌آید. -۴ کارگروهی: همکاری و تعامل با دیگران برای حل مسائل پیچیده. -۵ نظام پاداش‌دهی: نظام‌های تشویقی که عملکردهای خوب را مورد تقدیر قرار می‌دهند. -۶ فرهنگ سازمانی: ارزش‌ها، باورها و رفتارهای مشترک در یک سازمان که بر رفتار افراد تأثیر می‌گذارد. -۷ تعاملات میان‌رشته‌ای: ارتباط و همکاری میان رشته‌های مختلف علمی و حرفه‌ای می‌باشد.

اکبری پردنجانی، زهرا، حسینیان، اکرم، صالحی، کیوان، و جوادی پور، محمد. (۱۴۰۵). تبیین عوامل تاثیرگذار بر تفکر نقادانه دانش‌آموختگان مهندسی شیمی دانشگاه تهران با استفاده از معادلات ساختاری تفسیری ISM و تحلیل MICMAC. *مدیریت و برنامه‌ریزی در نظام‌های آموزشی*، ۱۹(۱)، ۷۰-۳۳. https://doi.org/10.48308/mpes.2025.237116.1505

Copyright: © 2026 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

مدیریت و برنامه‌ریزی در نظام‌های آموزشی
بهار و تابستان ۱۴۰۵
دوره ۱۹، شماره ۱ (پیاپی ۳۶)
صفحات: ۳۳-۷۰
DOI: 10.48308/mpes.2025.237116.1505
ISSN: 2423-5261
E-ISSN: 2538-6344
دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۷/۱۹ بازنگری مقاله: ۱۴۰۴/۱۱/۲۳
پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۱۲/۱۵ چاپ مقاله: ۱۴۰۵/۰۱/۰۱

عوامل مرتبط با شایستگی‌های حل مسئله، پشتیبانی سازمانی، تجربه عملی، کارگروهی، نظام پاداش‌دهی، به‌عنوان متغیرهای ارتباطی شناخته می‌شوند، زیرا قدرت هدایت و وابستگی بالایی دارند. تغییر در این متغیرها می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر تفکر نقادانه داشته باشد و علاوه بر این بازخورد سیستم می‌تواند این متغیرها را مجدداً تحت تأثیر قرار دهد. هم‌چنین فرهنگ سازمانی به‌عنوان متغیر مستقل و یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تفکر نقادانه شناسایی شد. این متغیر دارای قدرت نفوذ بالا و وابستگی کم است؛ بنابراین با تغییر آن، می‌توان بر کل سیستم تأثیر گذاشت. به عبارت دیگر، تغییرات در فرهنگ سازمانی می‌تواند باعث تقویت تفکر نقادانه در کارکنان شود. و تعاملات میان رشته‌ای به‌عنوان متغییر وابسته شناخته شده است که دارای قدرت هدایت کم، و وابستگی شدید هستند. فرهنگ سازمانی به‌عنوان عامل کلیدی شناسایی شده است. این نتایج می‌تواند بستری را برای برطرف‌سازی موانع بهبود کیفیت آموزش تفکر نقادانه در دوره‌های آموزشی و ارتقای عملکرد شغلی دانش‌آموختگان مهندسی در محیط‌های شغلی فراهم نماید. نتایج می‌تواند به‌عنوان یک راهنما برای ارتقای کیفیت آموزش تفکر نقادانه در برنامه‌های آموزشی دانشگاهی مورد استفاده قرار گیرد. هم‌چنین می‌تواند به مدیران و سازمان‌ها کمک کند تا موانع موجود در راستای بهبود کیفیت تفکر نقادانه را شناسایی و برطرف کنند، که در نهایت منجر به ارتقای عملکرد شغلی دانش‌آموختگان مهندسی خواهد شد. به‌طور کلی، این پژوهش به اهمیت فرهنگ سازمانی و سایر عوامل مؤثر در تقویت تفکر نقادانه در دانش‌آموختگان تأکید می‌کند و راهکارهایی برای بهبود آن ارائه می‌دهد.

کلید واژه‌ها: تفکر نقادانه، مهندسی، دانش‌آموختگان، معادلات ساختاری تفسیری، ISM،MICMAC .

اکبری پردنجانی، زهرا، حسینیان، اکرم، صالحی، کیوان، و جوادی پور، محمد. (۱۴۰۵). تبیین عوامل تاثیرگذار بر تفکر نقادانه دانش‌آموختگان مهندسی شیمی دانشگاه تهران با استفاده از معادلات ساختاری تفسیری ISM و تحلیل MICMAC. *مدیریت و برنامه‌ریزی در نظام‌های آموزشی*، ۱۹(۱)، ۷۰-۳۳. https://doi.org/10.48308/mpes.2025.237116.1505

Copyright: © 2026 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

مقدمه

کیفیت تفکر مهندسان و چگونگی تفکر آن‌ها تأثیر زیادی بر کیفیت طراحی، تولید و ساخت محصولات دارد. در حال حاضر، تفکر نقادانه در آموزش مهندسی بیشتر بر دستیابی به نتایج یادگیری خاصی که توسط ABET تعریف شده، متمرکز است (کلاریس و رایلی[1]،۲۰۱۳). با این حال، آموزش تفکر نقادانه باید فراتر از این نتایج باشد و شامل مفاهیم گسترده‌تری از روش‌های سنتی مهندسی شود. این مفاهیم شامل در نظر گرفتن و بیان فرضیه‌ها در حل مسائل، انتخاب فرضیه‌ها و روش‌های مناسب برای آزمایش‌ها و ساختاردهی به مشکلات طراحی باز است.

«شایستگی‌های تفکر نقادانه» در زمینه مهندسی به‌عنوان ویژگی فارغ‌التحصیلی تعریف می‌شود که از طریق یک فرایند ساختارمند شامل به‌کارگیری، تحلیل، ترکیب و ارزیابی داده‌ها توسعه می‌یابد. توانایی فراشناختی که شامل ادراک، نقد، قضاوت و تصمیم‌گیری است، به دانشجویان و دانش‌آموختگان اجازه می‌دهد تا راهبردهای یادگیری خود را سازماندهی و خودتنظیمی نمایند و از توانایی‌هایی که تحت عنوان «تفکر نقادانه» شناخته می‌شوند، بهره ببرند. این مهارت مهم از سوی نهادهای اعتبارسنجی و کارفرمایان مهندسی برای فارغ‌التحصیلان مهندسی ضروری شناخته می‌شود.

با این حال، فرایند دستیابی به شایستگی‌های تفکر نقادانه همیشه به‌خوبی مشخص و توسعه‌یافته نیست. اگرچه تعدادی از مدل‌ها در این زمینه توسط بسیاری از نظام‌های دانشگاهی ارائه شده است، اما توسعه «شایستگی‌های تفکر نقادانه» می‌تواند یک فرایند طولانی و طاقت‌فرسا باشد. به‌ویژه، توسعه شایستگی‌های تفکر نقادانه در سطح برنامه‌های آموزش عالی نیازمند برنامه‌ریزی دقیق در سطح دوره، تکالیف ساختارمند، تحلیل نقادانه مطالعات موردی، یادگیری محور دانشجو و طراحی هدایت‌شده با استفاده از ابزارهایی مانند شبیه‌سازی و بازی‌سازی، تمرینات ارتباطی و آزمایش‌های آزمایشگاهی است. تحقیقات نشان می‌دهد که توسعه هر مهارتی بهترین نتیجه را از طریق تمرین، به جای نمایش، به دست می‌دهد. دانشجویان مهارت‌ها را به‌طور مؤثر از طریق تمرین و دریافت بازخورد کسب می‌کنند. صرفاً اتکا به رویکردهای تدریس مانند یادگیری مبتنی بر مسئله احتمالاً به تنهایی، توسعه مطلوب این مهارت‌ها را به همراه نخواهد داشت.

فرآیند حل مسئله یک نیاز ضروری برای هر مهندس است (روزالز ویرا[2]، ۲۰۲۳؛ کیرن[3] و بنسون، ۲۰۱۸؛ نازال[4]، ۲۰۱۵؛ میچالوک[5] و همکاران، ۲۰۱۹). مک‌نیل[6] و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خود از حل مسئله به‌عنوان یک فعالیت اصلی در عمل مهندسی یاد کرده‌اند. در چشم‌انداز، فناوری به سرعت در حال تحول می‌باشد، متخصصان مهندسی برای حل مشکلات پیچیده، تصمیم‌گیری آگاهانه و هدایت نوآوری، بیش از اینکه به تخصص فنی نیاز داشته باشند، باید به شایستگی‌های تفکر نقادانه و تحلیلی تسلط داشته باشند. به‌عبارت دیگر، با تکامل مهندسی، توانایی تفکر نقادانه و تحلیلی اهمیت فزاینده‌ای پیدا کرده است. به گفته‌هالپرن، برای برآوردن نیازهای یک دنیای دائماً در حال تغییر و به شدت رقابتی، ضروری است که به دانشجویان شایستگی‌های تفکر نقادانه آموزش داده شود (هالپرن[7]، ۱۹۹۸). به گفته ون گلدر، تفکر نقادانه یک گرایش طبیعی نیست، باید آن را آموخت (گلدر[8]، ۲۰۰۵). به گفته مهدیه و آرفی دانشجویان مهندسی، متفکرانی هستند که بیشتر از دانشجویان رشته‌های علوم اجتماعی، علوم پایه و دروس انسانی نیاز به تفکر

1. Claris & Riley
2. Rosales-Vera
3. Kirn & Benson
4. Nazzal
5. Michaluk
6. McNeill
7. Halpern
8. Gelder

نقادانه دارند. نیاز به تفکر نقادانه و شایستگی‌های حل مسئله در سال‌های آینده با توجه به نیاز مبرم به بینش‌های جدید در مورد روش‌های مدیریت پیچیدگی و عدم قطعیت توسط افراد افزایش خواهد یافت (مهدیه وآرفی[1]، ۲۰۱۴). یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های متولیان آموزش مهندسی، زمینه‌سازی برای ارتقای شایستگی‌های تفکر نقادانه در دانشجویان است. در این فرایند، چگونگی شکل‌گیری و تقویت شایستگی‌های تفکر نقادانه با ابهامات و نظرات متفاوتی همراه است. هالپرن معتقد است که شایستگی‌های تفکر نقادانه را می‌توان از طریق آموزش آموخت (هالپرن، ۱۹۹۸). توصیه‌های مکرر نهادهای آموزشی بین‌المللی، مانند هیئت اعتباربخشی مهندسی و فناوری (ABET) به اهمیت تعبیه آموزش تفکر نقادانه همراه با سایر شایستگی‌های مهندسی عمومی (که به‌عنوان شایستگی‌های نرم شناخته می‌شوند) در برنامه‌های درسی مهندسی اشاره می‌کند. مطالعات پژوهشی نشان می‌دهد که مربیان می‌توانند با ادغام تفکر نقادانه در برنامه درسی مهندسی، از طریق یادگیری مبتنی بر مسئله، مطالعات موردی، شبیه‌سازی‌ها و بحث‌های کلاسی، شایستگی‌های تحلیلی لازم برای موفقیت در صنعت را پرورش‌دهند. درگیر کردن دانشجویان در این شیوه‌ها، آن‌ها را برای تبدیل شدن به مهندسان مبتکر و حل‌کننده‌های مشکل آماده می‌کند که می‌توانند با چشم‌انداز دائمی در حال تغییر فناوری سازگار شوند (کیرن و بنسون، ۲۰۱۸). به‌عبارت دیگر، تفکر نقادانه به‌عنوان یکی از شایستگی‌های نرم مهندسی شناخته شده است و باید در برنامه‌های درسی مهندسی به‌عنوان یکی از شایستگی‌های اساسی آموزش داده شود ABET به‌عنوان یکی از نهادهای مهم در اعتباربخشی برنامه‌های درسی مهندسی، به‌طور مکرر تأکید کرده است که برنامه‌های درسی مهندسی باید شامل آموزش‌تفکر نقادانه باشند. این آموزش به دانشجویان کمک می‌کند تا بتوانند بهترین تصمیمات را در مورد مسائل پیچیده مهندسی بگیرند و به‌طور کلی، بهبود کیفیت کار و افزایش بازدهی در صنعت مهندسی را به همراه داشته باشد (نیمپالی[2] و همکاران، ۲۰۱۲). کیفیت تفکر دانشجویان و مهندسان، و نحوه تفکر آن‌ها، تعیین‌کننده کیفیت چیزی است که آن‌ها طراحی یا تولید می‌کنند (کلاریس و ریلی[3]، ۲۰۱۲). مهندسان اکنون بیش از هر زمان دیگری به شایستگی‌های تفکر نقادانه قوی برای مقابله با دنیایی با تغییرات سریع و پیچیدگی نیاز دارند. اهمیت پرورش تفکر نقادانه در دانشجویان بارها از طریق مدیران مهندسی و دانشگاهیان به‌عنوان یک ویژگی حیاتی مورد تأکید قرار گرفته شده است (آهرن[4] و همکاران، ۲۰۱۹).

همان‌گونه که در بسیاری از حرفه‌ها یافت می‌شود، مهندسین امروزه بیش از هر زمان دیگری به شایستگی‌های قوی تفکر نقادانه نیاز دارند تا با جهان پر از تغییرات سریع و پیچیدگی‌ها مقابله کنند. برای مهندسان در جامعه امروزی داشتن مدرک مهندسی به تنهای کافی نیست و برای پاسخ‌گویی متناسب با نیاز های صنعت و هم‌چنین مقابله با تغییرات سریع و پیچیدگی‌های محیط کار به شایستگی‌های نرم، به‌ویژه تفکر نقادانه، نیاز دارند. این مهارت‌ها شامل توانایی تحلیل مسائل، شناسایی فرضیه‌ها و انتخاب روش‌های مناسب برای حل آن‌ها است. زیرا در سازمان‌ها، شکاف در شایستگی‌های نرم می‌تواند منجر به کاهش کارایی و اثربخشی تیم‌ها شود (محمدزاده و ستوده قره باغ، ۲۰۱۹؛ رسلی[5]، ۲۰۱۷؛ غیث[6]، ۲۰۲۴).

مهندسان در عرصه خلاقیت و نوآوری فعالیت می‌کنند. در دویست سال گذشته، "بیش از نیمی از نوآوری‌های عمده تکنولوژیکی و اجتماعی که زندگی بشر را تغییر دادند، به وجود آمده‌اند"، و مهندسان

1. Mahdyeh & Arefi
2. Naimpally
3. Claris & Riley
4. Ahern
5. Rosli
6. Ghaith

مسئول بخش عمده‌ای از این پیشرفت‌های فناورانه بودند (پوچیو کابرا[1]،۲۰۱۰) اکنون بیش از هر زمان دیگری، جهان در حالت نوآوری مستمر قرار دارد و به مهندسانی نیاز دارد که دارای شایستگی‌های تفکر خلاق و نقادانه لازم برای حل چالش‌های حال و آینده باشند (تاکر[2]، ۲۰۰۱؛ توهیل[3]، ۲۰۱۲).

مطالعات گسترده‌ای بر ضرورت گنجاندن شایستگی‌های قرن بیست و یکم در برنامه درسی و به‌ویژه آموزش تمرکز دارد (ابوالحسنی و همکاران، ۱۴۰۰). کسنر-لوتو و بارینگتون[4] (۲۰۰۶) مطالعه خویش را با هدف تعیین این که کارفرمایان کدام مهارت‌ها را برای عملکرد در محیط کار امروز ضروری می‌دانند، انجام دادند؛ در این مطالعه ۳۸۲ تا ۴۰۹ نفر از کارفرمایان پاسخ داده‌اند براساس پاسخ‌های کارفرمایان، این مطالعه فهرستی از بیست ویژگی جمع‌آوری کرده و آن‌ها را به دو دسته شایستگی‌های پایه و شایستگی‌های کاربردی تقسیم کرد. این ویژگی‌ها شامل موارد ساده‌ای مانند درک مطلب و هم‌چنین توانایی‌های پیشرفته‌تری مانند رهبری و مسئولیت اجتماعی بودند. این مطالعه نشان داد که خلاقیت/نوآوری و تفکر نقادانه از جمله شایستگی‌های بسیار مورد نیاز برای افرادی هستند که با مدرک کارشناسی وارد بازار کار می‌شوند. به‌طور خاص، هر دو این مجموعه مهارت‌ها در بین ده مهارت برتر قرار داشتند. این موضوع نشان می‌دهد که خلاقیت و تفکر نقادانه برای عملکرد در محیط کار ضروری هستند. این به این معناست که باید به تفکر نقادانه و خلاقیت همان اندازه که به ریاضیات و علوم در آموزش مهندسی اهمیت داده می‌شود، توجه شود تا مهندسان برای محیط کار قرن بیست و یکم آماده باشند.

نوآوری به‌عنوان یک فرایند، برای موفقیت نیازمند هر دو مهارت خلاقیت و تفکر نقادانه است. چارچوب‌های نظری فرایند نوآوری معمولاً به مراحل مختلفی تقسیم می‌شوند: تولید ایده، توسعه مفهوم، ارزیابی و انتخاب مفهوم، توسعه محصول و در نهایت پیاده‌سازی (دریلینگ و رکر[5]، ۲۰۱۳؛ بری[6] و همکاران، ۲۰۰۶؛ ناجی و توف[7]، ۲۰۱۲). شایستگی‌های تفکر نقادانه در این چارچوب ارزشمند هستند، زیرا مراحل مختلف نیاز به تعریف و درک مشکلات دارند، هم‌چنین نیاز به تعریف مشکل اصلی که شرکت باید از طریق نوآوری آن را حل کند، وجود دارد. خلاقیت نیز نقش کلیدی در مراحل ایده‌پردازی در فرایند نوآوری ایفا می‌کند، در طول مراحل مختلف چرخه عمر محصول یا خدمت. فرایند نوآوری برای کسب و کار توسط این دو مهارت حیاتی هدایت می‌شود. بنابراین، ضروری است که وضعیت این مهارت‌ها در میان دانشجویان مهندسی دانشگاهی مورد بررسی قرار گیرد و روش‌هایی برای رفع هرگونه نقص شناسایی شود.

نیاز کسب و کار به نوآوری اهمیت آموزش به دانشجویان مهندسی دوره کارشناسی را برای بهتر شدن در تفکر خلاق و نقادانه نشان می‌دهد. متأسفانه، ادبیات موجود در این زمینه نشان می‌دهد که در تفکر نقادانه و خلاقیت در دانشجویان مهندسی دوره کارشناسی کاهش یافته است. این تحقیق به‌طور مفصل این نگرانی‌ها را بررسی کرد تا وضعیت خلاقیت و تفکر نقادانه در دانشجویان مهندسی دوره کارشناسی را از طریق یک مطالعه مقایسه‌ای بین دانشجویان مهندسی ورودی و خروجی تعیین کند.

مهندسی در حال تغییر و پیچیده‌تر شدن است و نیازمند مهندسان با شایستگی‌های چندرشته‌ای است. با این حال، به دلیل مشکلاتی مانند برنامه‌های درسی نامناسب و کمبود امکانات، دانش‌آموختگان مهندسی از کیفیت مطلوبی برخوردار نیستند (هادگرفت وبینلند[8]، ۲۰۱۳). آماده‌سازی دانشجویان برای حل مسائل

1. Puccio & Cabra
2. Tucker
3. Twohill
4. Casner-Lotto & Barrington
5. Dreiling & Recker
6. Berry
7. Nagji & Tuff
8. Beanland & Hadgraft

پیچیده مهندسی ضروری است (جانسون[1]، ۲۰۱۰؛ بک‌من و گات‌که[2]، ۲۰۱۴). تفکر نقادانه از دهه ۱۹۶۰ به‌عنوان یک مهارت حیاتی در آموزش عالی مطرح شده است (گلین[3]، ۲۰۰۳)، اما اجرای آن با مشکلاتی مانند کمبود امکانات و عدم آمادگی اساتید مواجه است (کلارک و گابرت[4]، ۲۰۰۴؛ لانه[5]، ۲۰۲۲). این امر منجر به کاهش قدرت تصمیم‌گیری و نوآوری در دانشجویان (کلارک و گابرت، ۲۰۰۴؛ مک گوان و بل[6]، ۲۰۲۰). کشورهایی مانند انگلستان تفکر نقادانه را در اهداف آموزشی خود قرار داده‌اند (تان[7]، ۲۰۱۷). برای حل مسائل پیچیده، به مهندسان خلاق نیاز است (فلدر[8]، ۱۹۸۷). مشکلات متعددی در پرورش تفکر نقاد در دانشگاه‌ها وجود دارد که بخشی از آن به دلیل کم‌توجهی به آموزش این مهارت‌ها در دوره کارشناسی است. این موضوع نیازمند برنامه‌ریزی کلان و حمایت‌های مستمر در سطوح وزارتی و دانشگاهی است.

تفکر نقادانه در آموزش عالی برای ارتقای کیفیت یادگیری و آماده‌سازی دانشجویان برای دنیای حرفه‌ای ضروری است. این نوع تفکر به دانشجویان کمک می‌کند تا شایستگی‌های حل مسئله (فاسیون[9]، ۱۹۹۰)، یادگیری مستقل (پائول و ایلدر[10]، ۲۰۰۶)، آماده‌سازی برای بازار کار (انیس[11]، ۱۹۸۵)، بهبود شایستگی‌های ارتباطی (بروکفیلد[12]، ۲۰۱۲)، تقویت صداقت علمی (استابو[13]، ۲۰۱۳) و تشویق به ذهن باز و پذیرش دیدگاه‌های مختلف (لیپمن[14]، ۲۰۰۳) را تقویت کنند. تفکر نقادانه فراتر از حفظ کردن و یادگیری سطحی است و شامل تحلیل فعال اطلاعات، ارزیابی شواهد و استدلال منطقی می‌شود (کومار[15]، ۲۰۲۴). تقویت این مهارت‌ها به دانشجویان کمک می‌کند تا مسائل پیچیده را حل کنند، تصمیمات آگاهانه بگیرند، ارتباط مؤثری برقرار کنند، با تغییرات سازگار شوند و به یادگیری مادام‌العمر بپردازند (کومار، ۲۰۲۴).

در مبانی نظری حل مشکلات، آمده است که تفکر نقادانه در حل مشکلات نقش اساسی دارد. این مهارت شامل توانایی تحلیل مسائل، شناسایی فرضیه‌ها و انتخاب روش‌های مناسب برای حل آن‌ها است (لومباردو[16]، ۲۰۰۴؛ مینا[17] و همکاران، ۲۰۰۳؛ پاپادوپولوس[18] و همکاران، ۲۰۰۶). مهندسین باید قادر باشند فرضیه‌ها را انتخاب کرده، روش‌های آزمایشی را طراحی کنند و نتایج را تحلیل نمایند (برونو و اندرسون[19]، ۲۰۰۵؛ میلر و اولدز[20]، ۱۹۹۴). ایده و انجام طراحی باز یکی از زمینه‌های مهمی است که نیازمند تفکر نقادانه می‌باشد؛ که شامل شناسایی و ساختاردهی به مشکلات مربوط به طراحی باز و

1. Jonassen
2. Beckmann & Guthke
3. Gellin
4. Clarke & Gabert
5. Lane
6. McGowan & Bell
7. Tan
8. Felder
9. Facione
10. Paul & Elder
11. Ennis
12. Brookfield
13. Stobaugh
14. Lipman
15. Kumar
16. Lombardo
17. Mina
18. Papadopoulos
19. Bruno & Anderson
20. Miller & Olds

هم‌چنین حل آن‌ها با استفاده از رویکردهای خلاقانه است (گورمن[1] و همکاران، ۲۰۰۳؛ هلپس و لنت[2]، ۲۰۰۱). تصمیم‌گیری اخلاقی یکی از جنبه‌های مهم تفکر نقادانه در حوزه مهندسی است. مهندسان باید توانایی اتخاذ تصمیمات اخلاقی را داشته باشند و هم‌چنین پیامدهای اجتماعی فناوری‌های مورد استفاده را مدنظر قرار دهند (سوایل و کرپل[3]، ۲۰۰۱؛ ولورتون و ولورتون[4]، ۲۰۰۳). تأثیرات اجتماعی فناوری یکی از موضوعات مهمی است که مهندسان باید به ارزیابی آن بپردازند. از این رو، نیاز به تفکر نقادانه در این زمینه احساس می‌شود تا بتوانند با نگاهی منتقدانه به موضوعات مرتبط بپردازند و تأثیرات اجتماعی فناوری‌ها را به دقت بررسی کنند (نلسون[5]، ۲۰۰۰). قرار دادن دانشجویان و مهندسان در چارچوب عدالت اجتماعی یکی از جنبه‌های مهم تفکر نقادانه به‌شمار می‌آید. این موضوع شامل توجه به حقوق، عدالت، آزادی و اخلاق در زمینه مهندسی است. مهندسان باید با در نظر گرفتن این اصول، به تصمیم‌گیری‌های خود بپردازند و تأثیرات اجتماعی فعالیت‌های خود را مورد ارزیابی قرار دهند (بیلی[6]، ۲۰۱۳).

طبق برخی مقالات و بررسی‌های انجام‌شده، دانشجویان مهندسی در حین تحصیل و انجام پروژه‌های درسی و کارآموزی، (کاراتوزلو[7] و همکاران، ۲۰۱۹؛ آهرن[8] و همکاران، ۲۰۱۹) بدون تفکر نقادانه یاد می‌گیرند که چگونه مسائل را حفظ، توصیف و ارائه کنند. در حالی که با داشتن مهارت تفکر نقادانه، می‌توانند با دقت و توجه بیشتری به حل مسائل درسی خود بپردازند (پوترا[9] و همکاران، ۲۰۲۱؛ یو[10] و همکاران، ۲۰۲۰؛یوری[11]، ۲۰۱۲) استفاده از تفکر خلاق و عملی به دانشجویان این امکان را می‌دهد که ایده‌های مهندسی خود را با تصمیمات نظام‌مند انتخاب کرده و سپس به مرحله اجرا برسانند. این رویکرد به آن‌ها کمک می‌کند تا با شفافیت بیشتری وظایف درسی خود را انجام دهند. هم‌چنین، در آینده شغلی خود می‌توانند با به کارگیری مهارت تفکر نقادانه، وفاداری بیشتری به کارفرما نشان دهند و حس مسئولیت‌پذیری بالاتری در انجام کارهای تیمی و فردی داشته باشند (نصرتی و همکاران، ۲۰۲۱؛ اکبری پردنجانی و صالحی، ۲۰۲۴). علاوه بر این، دانشجویان می‌توانند از طریق تفکر نقادانه بر مغالطات و باورهای نادرست غلبه کنند. در واقع، دانشجویان مهندسی با برخورداری از تفکر نقادانه به یک مهارت فراشناختی در حل مسائل و انجام وظایف خود دست می‌یابند. اساتید می‌توانند با گنجاندن تفکر نقادانه در الگوی عناصر برنامه درسی، مهارتی را به دانشجویان آموزش دهند که آن‌ها را به فکر کردن درباره افکار خود ترغیب کند و یک لایه بالاتر از اندیشه فردی خویش قرار دهد (لانت و هلپس[12]،۲۰۰۱؛ سولا[13] و همکاران، ۲۰۰۱). برای این منظور، لازم است اصول استدلال به خوبی به دانشجویان آموزش داده شود و هم‌چنین خودارزیابی‌هایی در مورد استدلال‌های فردی انجام شود (شولیج [14] و همکاران، ۲۰۲۰). دانشجویان نیازمند تلاشی آگاهانه برای بهبود افکار شخصی، مقابله با سوگیری‌های ذهنی و حفظ بی‌طرفی و واقع‌گرایی در موقعیت‌های مختلف هستند (اکبری‌پردنجانی و صالحی، ۲۰۲۴). این تلاش‌ها نه تنها به ارتقاء توانایی‌های

1. Gurmen
2. Lunt & Helps
3. Swaile & Kreppel
4. Wolverton & Wolverton
5. Nelson
6. Bailli
7. Caratozzolo
8. Ahern
9. Putra
10. Yu
11. ure
12. Lunt & Helps
13. Sola
14. Šuligoj

فردی آن‌ها کمک می‌کند بلکه زمینه‌ساز موفقیت‌های حرفه‌ای آینده‌شان نیز خواهد بود.

پژوهش‌های متعددی بر اهمیت تفکر نقادانه در مهندسی تأکید کرده‌اند. ایولوا[1] (۲۰۱۶) تفکر نقادانه را به‌عنوان یک مهارت حیاتی در فرآیند تدریس معرفی می‌کند که به دانشجویان امکان تحلیل، ارزیابی و بازسازی ماهرانه اطلاعات را می‌دهد. دومینگوز[2] (۲۰۱۸) نشان می‌دهد که دانشجویان مهندسی در مقایسه با دانشجویان سایر رشته‌ها، در درک مفهوم تفکر نقادانه با چالش‌هایی مواجه هستند و نیاز به راهبردهای آموزشی مناسب در این زمینه احساس می‌شود. گزارش کمیته درک پیوستگی آموزش مهندسی-نیروی کار[3] (۲۰۱۹) نیز تفکر نقادانه را به‌عنوان یک مهارت کلیدی برای مهندسان معرفی می‌کند که باید در طول تحصیل و مسیر شغلی خود آن را تقویت کنند.

پژوهش‌های جدیدتر نیز بر اهمیت تفکر نقادانه و روش‌های تقویت آن تأکید دارند. ایندا[4] (۲۰۲۴) تأثیر مثبت یادگیری پروژه‌محور بر توانایی تفکر نقادانه دانشجویان علوم اجتماعی را نشان می‌دهد. پوترا[5] (۲۰۲۳) فرآیند طراحی مهندسی را به‌عنوان یک روش جایگزین برای تقویت شایستگی‌های تفکر نقادانه در کلاس‌های فیزیک معرفی می‌کند. کامار (۲۰۲۲) به بررسی چالش‌های آموزش و ارزیابی تفکر نقادانه در آموزش مهندسی می‌پردازد. آهرن (۲۰۱۹) بر نیاز به تحقیقات جامع‌تر و طولانی‌مدت برای ارزیابی اثربخشی راهبردهای تفکر نقادانه در برنامه‌های درسی مهندسی تأکید می‌کند. محمدنور (۲۰۲۱) افزایش آگاهی نسبت به اهمیت تفکر نقادانه در آموزش قرن بیست و یکم را نشان می‌دهد. باستایس[6] (۲۰۲۱) چارچوبی برای ارزیابی تفکر نقادانه در آموزش آنلاین مهندسی نرم‌افزار ارائه می‌کند. سیلویا[7] و همکاران (۲۰۲۲) رابطه مثبت بین شایستگی‌های تفکر نقادانه و عملکرد تحصیلی دانشجویان را تأیید می‌کنند. اوزجان (۲۰۲۰) تأثیر مثبت آموزش تفکر نقادانه بر مهارت‌ها و گرایش‌های تفکر نقادانه دانشجویان معلم را نشان می‌دهد. غضنفر علی (۲۰۲۱) به بررسی نقش مهارت‌ها و تمایلات تفکر نقادانه در دستاوردهای تحصیلی دانشجویان می‌پردازد.

تفکر نقادانه یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین مهارت‌ها در زمینه‌های علمی و حرفه‌ای است، به‌ویژه در رشته‌هایی مانند مهندسی که اهمیت بالایی دارد. این مهارت به معنای توانایی تحلیل و ارزیابی اطلاعات و مسائل به‌صورت مستقل و منطقی است. با استفاده از تفکر نقادانه، فرد قادر است از دیدگاه‌های مختلف به مسائل نگاه کند و تصمیمات آگاهانه و بهتری اتخاذ نماید. این رویکرد نه‌تنها به بهبود کیفیت تصمیم‌گیری کمک می‌کند، بلکه زمینه‌ساز نوآوری و حل خلاقانه مشکلات نیز می‌شود (گوردن[8]، ۲۰۲۲). این مهارت به مهندسان شیمی کمک می‌کند تا مشکلات پیچیده را با دقت بررسی کرده، ایده‌های جدیدی ارائه دهند و به حل مسائل با استفاده از راهکارهای مؤثر و نوآورانه بپردازند. با این رویکرد، آن‌ها قادر خواهند بود تا چالش‌ها را به‌طور جامع تحلیل کرده و راه‌حل‌هایی خلاقانه و کارآمد ارائه دهند (لی و پارک[9]، ۲۰۲۱). مهندسی به‌طور کلی با مسائل پیچیده علمی و عملی روبه‌رو است که نیازمند تفکر عمیق و تحلیلی می‌باشد. فرآیندهای شیمیایی، طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌های تولید و کنترل کیفیت به‌طور مداوم به تصمیمات مبتنی بر تحلیل دقیق و تفکر نقادانه نیاز دارند. این مهارت‌ها به مهندسان شیمی کمک می‌کند تا چالش‌ها را به‌طور مؤثر شناسایی کرده و راه‌حل‌های بهینه‌ای برای آن‌ها ارائه دهند (براون و

1. Ivleva
2. Dominguez
3. Committee on Understanding the Engineering Education-Workforce Continuum
4. Indah
5.Putra
6. Bastas
7. Silvia
8. Gordon
9. Lee & Park

وانگ[1]، ۲۰۲۴). در محیط‌های صنعتی و تحقیقاتی، توانایی ارزیابی دقیق داده‌ها و شواهد، شناسایی نقاط ضعف و قوت فرآیندها، و پیش‌بینی نتایج می‌تواند به بهبود کیفیت و بهره‌وری منجر شود. این مهارت‌ها به متخصصان کمک می‌کند تا تصمیمات آگاهانه‌تری اتخاذ کرده و فرآیندها را به‌طور مؤثرتری بهینه‌سازی کنند (اسمیت و جانسون[2]، ۲۰۲۳). با وجود اهمیت تفکر نقادانه، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که چندین چالش و مانع وجود دارد که می‌تواند بر توسعه و به‌کارگیری مؤثر این مهارت‌ها تأثیر بگذارد. این چالش‌ها می‌توانند به عوامل مختلفی از جمله محیط آموزشی، فرهنگ سازمانی، و ساختارهای مدیریتی مربوط باشند. برای غلبه بر این موانع، نیاز است تا تغییراتی در سطوح مختلف ایجاد شود. در محیط‌های آموزشی، باید بر آموزش شایستگی‌های تفکر نقادانه تأکید بیشتری شود و فرصت‌های عملی برای به‌کارگیری این مهارت‌ها فراهم گردد. هم‌چنین، در محیط‌های کاری، فرهنگ سازمانی باید به‌گونه‌ای شکل بگیرد که تفکر نقادانه تشویق و حمایت شود و ساختارهای مدیریتی نیز به‌گونه‌ای طراحی شوند که امکان به‌کارگیری این مهارت‌ها را فراهم آورند. با اتخاذ این تدابیر و تلاش برای رفع موانع موجود، می‌توان زمینه را برای توسعه و به‌کارگیری مؤثر تفکر نقادانه در رشته‌های مهندسی و علمی فراهم آورد (گوردن، ۲۰۲۲).

- *محیط آموزشی و کیفیت آموزش:* بسیاری از دانش‌آموختگان مهندسی در طول تحصیل خود ممکن است با آموزش‌های ناکافی و کم کیفیت در زمینه تفکر نقادانه مواجه شوند. سیستم‌های آموزشی که تمرکز زیادی بر مباحث نظری و حفظ اطلاعات دارند، به‌طور معمول نمی‌توانند شایستگی‌های تحلیلی و تفکر نقادانه را به‌خوبی پرورش دهند (لی و پارک، ۲۰۲۱). این مشکل می‌تواند منجر به ناتوانی فارغ‌التحصیلان در تحلیل مؤثر مسائل پیچیده و ارائه راه‌حل‌های کارآمد شود.

- *فرهنگ سازمانی و محیط کار:* محیط‌های کاری در صنعت مهندسی تأثیر قابل توجهی بر تفکر نقادانه دارند. فرهنگ‌های سازمانی که براساس دستورالعمل‌های سخت‌گیرانه و عدم تشویق به خلاقیت و نوآوری شکل گرفته‌اند، می‌توانند مانع از بروز تفکر نقادانه شوند (براون و وانگ، ۲۰۲۴). در چنین محیط‌هایی، اگر از کارمندان انتظار داشته باشند که صرفاً براساس روال معمولی عمل کنند و بدون بررسی عمیق مسائل اقدام نمایند، این امر می‌تواند به کاهش توانایی آن‌ها در تحلیل و ارزیابی دقیق منجر شود.

- *عوامل مدیریتی و رهبری:* سبک‌های مدیریتی و رهبری می‌توانند به‌طور قابل توجهی بر توسعه تفکر نقادانه تأثیر بگذارند. رهبران و مدیرانی که به تفکر نقادانه و نقد سازنده اهمیت نمی‌دهند، ممکن است محیطی را ایجاد کنند که در آن کارمندان از ارائه نظرات نقادانه و پیشنهادهای خلاقانه خود منصرف شوند. این موضوع به وضوح در پژوهش‌های اخیر نشان داده شده است که عدم حمایت و منابع لازم برای تحقیقات و نوآوری می‌تواند به کاهش انگیزه و توانایی‌های تفکر نقادانه منجر شود (اسمیت و جانسون، ۲۰۲۳). تفکر نقادانه به‌عنوان یک مهارت ضروری در دنیای امروز شناخته می‌شود و به مدیران کمک می‌کند تا در مواجهه با چالش‌ها و تصمیم‌گیری‌های روزمره، عملکرد بهتری داشته باشند. پرورش این مهارت نیازمند محیطی است که در آن انتقاد سازنده تشویق شود و منابع لازم برای تحقیقات در دسترس باشد. در نهایت، توسعه تفکر نقادانه نه تنها به نفع فردی کارمندان است، بلکه می‌تواند به بهبود کلی سازمان نیز منجر شود.

- *عدم دسترسی به منابع و ابزارهای پژوهشی:* دسترسی محدود به منابع تحقیقاتی و ابزارهای پیشرفته می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر توانایی تفکر نقادانه داشته باشد. کارکنان و دانش‌آموختگان مهندسی که به ابزارها و فنون پیشرفته برای تحلیل و تحقیق دسترسی ندارند، ممکن است در بررسی و تحلیل مؤثر مسائل پیچیده با چالش‌هایی مواجه شوند (گوردن، ۲۰۲۲). شناسایی و تحلیل این چالش‌ها، به ویژه در صنعت مهندسی، می‌تواند به بهبود فرآیندهای آموزشی و محیط‌های کاری کمک کند. با درک بهتر عواملی که بر تفکر نقادانه تأثیر می‌گذارند، می‌توان راهبردهایی طراحی کرد که به ارتقای شایستگی‌های تحلیلی و

1. Brown & Wang
2. Smith & Johnson

منتقدانه در میان دانش‌آموختگان و کارکنان کمک کند (لی و پارک، ۲۰۲۱). این پژوهش به دنبال ارائه یک تحلیل جامع از عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه در میان دانش‌آموختگان و کارکنان مهندسی است تا به بهبود کیفیت آموزش و محیط‌های کاری کمک کند و در نهایت، سطح تخصصی و حرفه‌ای در این حوزه را ارتقا بخشد (اسمیت و جانسون، ۲۰۲۳). در این راستا، استفاده از روش‌های مدل‌سازی مانند *روش معادلات ساختاری تفسیری (ISM) و تحلیل MICMAC)* می‌تواند به شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه کمک کند. این پژوهش با بهره‌گیری از این دو روش، به تحلیل ساختاری و دینامیکی سیستم‌های پیچیده آموزشی می‌پردازد (اوزومسو و بای[1]، ۲۰۲۰). این روش‌ها ابزارهای قدرتمندی برای درک ارتباطات بین عناصر مختلف یک سیستم آموزشی هستند و به پژوهشگران اجازه می‌دهند تا تأثیرات متقابل این عناصر را بررسی‌کرده و راهکارهایی برای بهبود تفکر نقادانه در دانش‌آموزان ارائه دهند. این پژوهش به دنبال پاسخ به سوال‌های زیر است:

شناسایی عوامل تأثیرگذار: چه عواملی بر تفکر نقادانه در بین دانش‌آموختگان و کارکنان مهندسی در صنعت و سازمان‌ها تأثیر دارند؟

سطح‌بندی عوامل با ISM: سطح‌بندی این عوامل چگونه با استفاده از معادلات ساختاری تفسیری ISM انجام می‌شود؟

تحلیل مبتنی بر میک‌مک MICMAC: نوع عوامل و روابط متقابل بین آن‌ها چگونه تبیین می‌شود؟

این رویکردها می‌توانند به پژوهشگران کمک کنند تا تأثیرات متقابل عناصر مختلف را بررسی کرده و راهکارهایی برای ارتقای تفکر نقادانه ارائه دهند.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تفکر نقادانه ریشه در آموزش‌های سقراط دارد که با روش پرسشگری به نقد باورها می‌پرداخت (ورکی شعبانی، ۲۰۰۳). این رویکرد توسط افلاطون، ارسطو و سایر فیلسوفان یونانی ادامه یافت. در قرون وسطی، توماس آکویناس و در رنسانس، محققان اروپایی به تفکر نقادانه در موضوعات مختلف پرداختند. دکارت با کتاب "قوانین راهبرد ذهن" روش شک و تردید اصولی را معرفی کرد. در قرن نوزدهم، کومته و اسپنسر تفکر نقادانه را به حوزه اجتماعی وارد کردند. جان دیویی با معرفی تفکر بازتابی، به‌عنوان پدر تفکر نقاد مدرن شناخته می‌شود (مصلی‌نژاد و سبحانیان، ۲۰۰۹). امام محمد غزالی نیز با انتقاد از آموزش کورکورانه، بر اهمیت اندیشه و نقد در علم و مذهب تأکید کرد (محمودی و همکاران، ۲۰۲۳). تفکر نقادانه و تفکر تاملی موضوع بحث مدرسان بوده است. با وجود اجماع بر اهمیت آن، تعاریف مختلفی از آن ارائه شده است. انیس (۱۹۸۹) تفکر نقادانه را تفکر مستدل و دقیق درباره باورها و اعمال می‌داند. جان دیویی آن را قضاوت معلق و بدبینی سازنده تعریف می‌کند (بدری گرگری و همکاران، ۲۰۱۷). گال و همکاران[2](۲۰۱۰) آن را فرآیندی اساسی برای رشد و استفاده از دانش می‌دانند. مایرز و اولد[3](۱۹۹۴) آن را قدرت تنظیم کلیات، پذیرش احتمالات نوین و توقف داوری می‌داند. فاسیون و فاسیون[4] (۱۹۹۴) آن را شامل شایستگی‌های ارزشیابی، استنباط، تحلیل، استدلال قیاسی و استقرایی می‌دانند. تفکر نقادانه فرآیندی قضاوتی، هدفمند و خودگردان است که از طریق تفسیر، تحلیل، ارزیابی و استنباط به نتایج خاصی می‌رسد (فاسیون، ۱۹۹۰؛ مسلمی و همکاران، ۲۰۱۶). مکتبی‌فرد (۲۰۱۲) آن را تفکری مستدل و مبتنی بر مدارک و اطلاعات معتبر می‌داند. هالپرن (۱۹۹۸) آن را استفاده از شایستگی‌های شناختی برای افزایش نتایج مطلوب

1. Uzumcu & Bay
2. Gul
3. Miller & Olds
4. Facione & Facione

می‌داند (انصاری وهمکاران، ۲۰۲۴). تفکر نقادانه با شایستگی‌های حل مسئله، تصمیم‌گیری و تفکر خلاق مرتبط است (خلیلی و سلیمانی، ۲۰۰۳). هالپرن (۱۹۹۸) و انیس (۱۹۸۹، ۱۹۹۱) شایستگی‌های تفکر نقادانه را شامل استدلال منطقی، تحلیل استدلال‌ها، آزمایش فرضیه‌ها، ارزیابی احتمال‌ها و تصمیم‌گیری می‌دانند. پائول (۱۹۹۵) آن را تفکری هدفمند و منظم می‌داند (یانشر وهمکاران[1]، ۲۰۱۷؛ شی[2]، ۲۰۲۲). در روان‌شناسی، تفکر نقادانه بر روش‌ها و قواعد علمی مبتنی بر شواهد تجربی تمرکز دارد (نلسون[3]، ۲۰۰۱؛ براون و رین[4]، ۲۰۰۳).

با توجه به اهمیت روزافزون تفکر نقادانه در دنیای امروز، عوامل متعددی بر شکل‌گیری و تقویت این مهارت تأثیرگذار هستند. هرچه دانش فرد در یک حوزه خاص بیشتر باشد، توانایی او در تحلیل و ارزیابی اطلاعات مرتبط با آن حوزه نیز افزایش می‌یابد (هالپرن، ۲۰۱۴). دانش زمینه‌ای به فرد کمک می‌کند تا الگوها، روابط و تناقضات موجود در اطلاعات را بهتر شناسایی کند. توانایی استدلال منطقی، تحلیل اطلاعات و ارزیابی شواهد از جمله شایستگی‌های کلیدی در تفکر نقادانه هستند (دویر[5] و همکاران، ۲۰۱۴). مهارت‌های استدلال به فرد کمک می‌کنند تا از سوگیری‌های شناختی دوری کرده و تصمیمات منطقی‌تری بگیرد. فراشناخت به توانایی فرد در آگاهی از فرآیند تفکر خود و کنترل آن اشاره دارد (لیوینگستون[6]، ۲۰۰۳). افرادی که از فراشناخت بالایی برخوردارند، می‌توانند نقاط قوت و ضعف خود را در تفکر شناسایی کرده و برای بهبود آن تلاش کنند. افرادی که انگیزه بالایی برای یادگیری و کسب دانش دارند، بیشتر به تفکر نقادانه روی می‌آورند (والنزوئلا[7] و همکاران، ۲۰۱۴). انگیزه یادگیری باعث می‌شود که فرد به دنبال چالش‌های فکری بوده و از مواجهه با مسائل پیچیده لذت ببرد. افرادی که ذهنیت رشد دارند، باور دارند که توانایی‌هایشان با تلاش و پشتکار قابل بهبود است (دویچ[8]، ۲۰۰۶). این افراد از اشتباهات خود درس می‌گیرند و به دنبال فرصت‌هایی برای رشد و پیشرفت هستند. کنجکاوی یکی از عوامل اصلی محرک تفکر نقادانه است (انگل[9]، ۲۰۱۱). افراد کنجکاو همواره به دنبال پاسخ به سوالات خود هستند و از بررسی دیدگاه‌های مختلف لذت می‌برند. آموزش‌های رسمی و غیررسمی می‌توانند نقش مهمی در تقویت تفکر نقادانه ایفا کنند (آبرامی[10] و همکاران، ۲۰۱۵). محیط‌های آموزشی که بر پرسشگری، بحث و تبادل نظر تأکید دارند، می‌توانند به رشد تفکر نقادانه کمک کنند. فرهنگ‌های مختلف، ارزش‌های متفاوتی را به تفکر نقادانه نسبت می‌دهند (کو[11]، ۲۰۰۹). در برخی فرهنگ‌ها، پرسشگری و انتقاد از نظرات دیگران تشویق می‌شود، در حالی که در برخی دیگر، این رفتارها ممکن است نامناسب تلقی شوند. رسانه‌ها می‌توانند با ارائه اطلاعات متنوع و دیدگاه‌های مختلف، به تقویت تفکر نقادانه کمک کنند (پاتر[12]، ۲۰۱۲). با این حال، رسانه‌ها هم‌چنین می‌توانند با ارائه اطلاعات نادرست یا جانبدارانه، به تضعیف تفکر نقادانه منجر شوند

تفکر نقادانه به‌عنوان یکی از شایستگی‌های اساسی و ضروری در آموزش و حرفه‌های مختلف، به‌ویژه در رشته‌های مهندسی، به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفته است (اکبری‌پردنجانی و صالحی،

1. Yanchar
2. Shai
3. Nelson
4. Brown & Ryan
5. Dwyer
6. Livingston
7. Valenzuela
8. Dweck
9. Engel
10. Abrami
11. Ku
12. Potter

۱۴۰۳). این مهارت شامل توانایی تحلیل، ارزیابی و تفسیر اطلاعات به‌صورت منطقی و متفکرانه است که در حل مسائل پیچیده و اتخاذ تصمیمات صحیح نقش مهمی دارد. در این بخش به بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه تفکر نقادانه و هم‌چنین به مبانی نظری مرتبط با این مفهوم پرداخته خواهد شد. بسیاری از پژوهش‌ها بر اهمیت آموزش تفکر نقادانه در محیط‌های آموزشی تأکید داشته‌اند. به‌عنوان مثال، تحقیق فاسیونه[1] (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر روش‌های آموزشی فعال بر توسعه تفکر نقادانه در میان دانشجویان مهندسی پرداخته است. این پژوهش نشان داد که استفاده از روش‌های یادگیری مبتنی بر پروژه[2] و یادگیری مبتنی بر مسئله[3] به بهبود توانایی‌های تحلیل و ارزیابی در دانشجویان مهندسی کمک می‌کند. این روش‌ها نه تنها باعث افزایش تعامل دانشجویان با محتوای درسی می‌شوند بلکه محیطی را فراهم می‌کنند که در آن دانشجویان می‌توانند از تجربیات خود برای حل مسائل پیچیده استفاده کنند (فاسیونه، ۲۰۲۱). علاوه بر این، تحقیق دیگری توسط (الدار و پائول[4]، ۲۰۱۰) نشان داد که استفاده از تفکر نقادانه در برنامه‌های آموزشی مهندسی می‌تواند منجر به بهبود عملکرد دانشجویان در حل مسائل پیچیده و واقعی شود. این تحقیق نشان داد که وقتی دانشجویان مهندسی با مسائل پیچیده‌ای روبرو می‌شوند که نیاز به تحلیل عمیق و تفکر راهبردی دارند، توانایی تفکر نقادانه آن‌ها به‌شدت بهبود می‌یابد و در نهایت به موفقیت‌های بیشتری در زمینه‌های حرفه‌ای و تحصیلی دست می‌یابند. در محیط‌های صنعتی، تفکر نقادانه به‌عنوان یکی از شایستگی‌های کلیدی برای حل مسائل پیچیده و اتخاذ تصمیمات مهم مورد توجه قرار گرفته است. به‌عنوان مثال، الخطیب[5] و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای که در صنعت پتروشیمی انجام دادند، به بررسی تأثیر تفکر نقادانه بر بهبود عملکرد مهندسان شیمی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که محیط‌های کاری که فرهنگ سازمانی آن‌ها از نوآوری و تحلیل منتقدانه حمایت می‌کند، به‌طور چشم‌گیری باعث افزایش توانایی‌های تفکر نقادانه در میان کارکنان می‌شوند. این امر نه تنها به بهبود عملکرد کاری کارکنان منجر می‌شود، بلکه می‌تواند به ارتقای سطح کیفیت در فرآیندهای تولید و کاهش هزینه‌های ناشی از تصمیمات نادرست نیز کمک کند (الخطیب و همکاران، ۲۰۲۱). هم‌چنین، تحقیقاتی نشان داده‌اند که سبک‌های مدیریتی نیز می‌توانند تأثیر بسزایی بر تفکر نقادانه در محیط‌های کاری داشته باشند. برای مثال، پژوهشی که توسط براکفیلد[6] (۲۰۲۰) انجام شده است، نشان داد که سبک‌های مدیریتی مشارکتی و حمایتی که به کارکنان امکان بیان نظرات و ایده‌های خود را می‌دهند، می‌توانند به افزایش شایستگی‌های تفکر نقادانه کمک کنند. این سبک‌های مدیریتی به کارکنان اجازه می‌دهند تا به‌صورت فعال در فرآیندهای تصمیم‌گیری مشارکت داشته باشند و از این طریق شایستگی‌های تحلیلی و منتقدانه خود را بهبود بخشند. در عین حال، توسعه تفکر نقادانه در محیط‌های کاری و آموزشی با چالش‌هایی نیز مواجه است. یکی از این چالش‌ها، کمبود منابع آموزشی مناسب است. جانسون[7] و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیق خود نشان دادند که عدم دسترسی به منابع آموزشی کافی، مانند کتب، دوره‌های آموزشی و فرصت‌های یادگیری عملی، می‌تواند به‌طور چشم‌گیری توسعه تفکر نقادانه را محدود کند. این تحقیق تأکید می‌کند که برای پرورش این شایستگی‌های حیاتی، باید به فراهم آوردن منابع آموزشی کافی و فرصت‌های یادگیری عملی برای دانشجویان و کارکنان توجه ویژه‌ای داشت. علاوه بر این، فرهنگ‌های سازمانی محدود کننده نیز می‌توانند به‌عنوان مانعی برای توسعه تفکر نقادانه عمل کنند اسچین[8] (۲۰۲۰) در تحقیق خود به بررسی نقش

1. Facione
2. Project-Based Learning
3. Problem-Based Learning
4. Paul & Elder
5. Alkhatib
6. Brookfield
7. Jonassen
8. Schein

فرهنگ سازمانی در توسعه شایستگی‌های تفکر نقادانه پرداخت و نشان داد که فرهنگ‌هایی که تمایل به حفظ وضعیت موجود دارند و نوآوری و تغییر را تشویق نمی‌کنند، می‌توانند به‌طور معناداری توانایی‌های تحلیلی و منتقدانه کارکنان را محدود کنند. این فرهنگ‌ها اغلب به روش‌های سنتی مدیریت پایبند هستند و کمتر از کارکنان خود انتظار دارند تا به تحلیل‌های عمیق و منتقدانه بپردازند.

مبانی نظری تفکر نقادانه شامل مدل‌ها و تئوری‌های مختلفی است که به تحلیل و درک این مهارت‌ها کمک می‌کند:

۱. مدل‌های تفکر نقادانه: یکی از مدل‌های اصلی در زمینه تفکر نقادانه، مدل بلمونت است که شامل مؤلفه‌های اصلی مانند تحلیل، ارزیابی و استنتاج منطقی است (بلمونت، ۲۰۲۰). این مدل به‌ویژه در زمینه‌های مهندسی و علمی برای توسعه شایستگی‌های تحلیلی و ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در همین راستا، الدار و پائول (۲۰۱۰) نیز مدلی برای تفکر نقادانه پیشنهاد داده‌اند که شامل هشت عنصر اصلی است: هدف، پرسش، اطلاعات، تفسیر، مفاهیم، فرضیات، نتایج و دیدگاه‌ها. این عناصر به‌عنوان بخش‌های مختلف فرآیند تفکر نقادانه عمل می‌کنند و به تحلیل و ارزیابی دقیق مسائل کمک می‌کنند.

۲. نظریه‌های یادگیری و تفکر نقادانه: نظریه‌های یادگیری مانند نظریه یادگیری فعال و نظریه یادگیری مبتنی بر مسئله نیز به‌طور گسترده‌ای برای تقویت تفکر نقادانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. جانسون و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیق خود بر اهمیت تعامل و حل مسائل به‌طور عملی در فرآیند یادگیری تأکید دارند. آن‌ها نشان دادند که روش‌های یادگیری فعال، مانند بحث‌های گروهی و تحلیل موردی، می‌توانند به بهبود تفکر نقادانه در دانشجویان و کارکنان کمک کنند.

۳. فرهنگ سازمانی و تفکر نقادانه: فرهنگ سازمانی به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر تفکر نقادانه مورد بررسی قرار گرفته است. اسچین (۲۰۲۰) در تحقیق خود نشان داد که فرهنگ‌های سازمانی که به تشویق خلاقیت، نوآوری و تحلیل منتقدانه می‌پردازند، می‌توانند به‌طور قابل توجهی بر تقویت شایستگی‌های تفکر نقادانه در میان کارکنان تأثیر بگذارند. این تحقیق هم‌چنین نشان داد که محیط‌های کاری که از مشارکت کارکنان در فرآیندهای تصمیم‌گیری استقبال می‌کنند، می‌توانند به توسعه تفکر نقادانه در سطح سازمان کمک کنند.

پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که تفکر نقادانه به‌عنوان یک مهارت حیاتی در مهندسی، تحت تأثیر عوامل مختلف آموزشی، فرهنگی و مدیریتی قرار دارد. تحقیقات انجام شده در زمینه‌های آموزشی و صنعتی به‌طور کلی تأثیرات مثبت روش‌های آموزشی فعال، فرهنگ‌های سازمانی حمایتی و منابع آموزشی کافی بر تقویت تفکر نقادانه را نشان می‌دهند. هم‌چنین، چالش‌های مختلفی که در توسعه این مهارت وجود دارد، نیاز به توجه و بررسی بیشتر را نشان می‌دهد. برای ارتقای این مهارت‌ها، توجه به فراهم آوردن منابع آموزشی مناسب، تقویت فرهنگ‌های سازمانی حمایت‌گر و ایجاد فرصت‌های یادگیری عملی ضروری است.

روش پژوهش

این تحقیق از ترکیب روش‌های کیفی و کمّی بهره می‌برد. در بخش کیفی از مطالعه اسنادی برای شناسایی عوامل استفاده شد. در بخش کمّی از روش همبستگی و مبتنی بر روش معادلات ساختاری تفسیری (ISM)، هم‌چنین، تحلیل MICMAC. معادلات ساختاری تفسیری (ISM) برای مدل‌سازی و تحلیل ساختاری روابط بین عوامل استفاده گردید این روش به محققان امکان می‌دهد تا روابط پیچیده بین عوامل مختلف را به‌طور سیستماتیک بررسی کنند. با استفاده از ISM، محققان می‌توانند ساختار سیستم را شناسایی کرده و بفهمند که کدام عوامل بر دیگر عوامل تأثیرگذارند و چگونه این تأثیرات در یک ساختار کلی شکل می‌گیرند. هم‌چنین MICMAC تحلیل به منظور تعیین سطح تأثیرگذاری و وابستگی عوامل مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد این تحلیل به شناسایی و سطح‌بندی عوامل مختلف براساس تأثیر و وابستگی آن‌ها کمک می‌کند. از طریق این روش، محققان می‌توانند بفهمند که کدام عوامل دارای

تأثیر بیشتر و کدام‌ها تحت تأثیر عوامل دیگر قرار دارند. این روش‌ها به محققان این امکان را می‌دهد تا به شناسایی و تحلیل روابط پیچیده و تأثیرات متقابل بین عوامل بپردازند.

مدلسازی ساختاری-تفسیری: یک روش منظم و ساختار یافته برای ایجاد و فهم روابط میان عناصر یک نظام پیچیده است که توسط وارفیلد[1] (۱۹۷۴) معرفی شد (آتش‌سوز و همکاران، ۱۳۹۵). ISM یک ابزار قدرتمند کیفی در حوزه‌های مختلف و فنی مناسب برای تحلیل تأثیر یک عامل بر عوامل دیگر است. این روش جهت روابط پیچیده میان عوامل یک نظام را بررسی می‌کند، به بیان دیگر ابزاری است که به وسیله آن گروه می‌تواند بر پیچیدگی بین عوامل غلبه کند (آذر و بیات، ۱۳۸۷). این روش‌شناسی به ایجاد و جهت دادن به روابط پیچیده میان عوامل یک نظام کمک می‌کند (نیشات فیصل[2] و همکاران، ۲۰۰۶) این روش تفسیری است، چون قضاوت گروهی از افراد تعیین می‌کند که "آیا روابطی میان این عوامل وجود دارد یا خیر؟" افزون بر آن این روش ساختاری نیز است، زیرا اساس روابط یک ساختار سراسری و مجموعه پیچیده‌ای از متغیرها استخراج شده را دارا است (فیروزجائیان و همکاران، ۱۳۹۲). ایده اصلی مدل‌سازی ساختاری-تفسیری، تجزیه یک نظام پیچیده به چند زیر نظام با استفاده از تجربه عملی و دانش خبرگان جهت ساخت یک مدل ساختاری چند سطحی است.

گردآوری داده‌ها در این تحقیق در دو مرحله انجام می‌شود:

مرحله اول- شناسایی عوامل: در این مرحله، پرسشنامه‌ای طراحی می‌شود که به شناسایی عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه می‌پردازد. این پرسشنامه شامل سؤالاتی است که به شناسایی عواملی کلیدی می‌پردازد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از آزمون T تک نمونه‌ای در نرم‌افزار SPSS تحلیل می‌شود تا عواملی قابل توجه شناسایی شوند.

روش نمونه‌گیری: روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری ایجاب می‌کندکه اطلاعات از خبرگان و متخصصین دریافت و تحلیل شود. چون هدف تعمیم نتایج مطرح نبوده برای انتخاب تیم ISM، از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شده است. ملاک‌های انتخاب خبرگان تسلط نظری، تجربه عملی، تمایل و توانایی مشارکت در پژوهش و دسترسی آن‌ها است. نکته قابل توجه درتعیین تعداد خبرگان، کسب اطمینان از جامعیت دیدگاه‌های مختلف در پژوهش است. تعداد خبرگان شرکت‌کننده در مقالات بررسی شده به روش ISM معمولاً بین۱۴-۲۵: نفر انتخاب شده است (سری[3]، ۲۰۱۳؛ چاران[4] و همکاران، ۲۰۰۸) در کتاب روش شناسی پژوهش کیفی در مدیریت (الوانی و همکاران، ۱۳۹۵) «معتقداند که برای اعضای نمونه ۵-۲۵ نفر کافی است.» با این وجود در بیشتر مطالعات ۵ تا ۱۰ نفر یا ۶ تا ۱۲ نفر توصیه شده است. با در نظرگرفتن ملاک‌های مذکور تمرکز اصلی بر افرادی است که در محیط‌های صنعتی و تخصصی مشغول به کار هستند و تجربه عملی در زمینه مهندسی و دارای سابقه آموزشی، تجربه عملی در صنعت و دانش کافی از تفکر نقادانه باشند. انتخاب این افراد به‌گونه‌ای انجام می‌شود که نمونه نماینده‌ای از جامعه آماری باشد و نتایج قابل تعمیمی را ارائه دهند. به‌منظور تحلیل عمیق‌تر، ۱۵ نفر از خبرگان در این حوزه به‌عنوان نمونه تحقیق با استفاده از نمونه گیری هدفمند انتخاب شدند.

روایی محتوایی: برای بررسی عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه در بین دانش‌آموختگان مهندسی دانشگاه تهران که در صنعت، ارگان‌ها و سازمان‌ها شاغل هستند برای مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) و هم‌چنین برای تفسیر روابط بین ابعاد و شاخص‌های آن به کار استفاده شده است. این مدل یک روش استقرار مطلوب برای شناسایی و تحلیل روابط بین ابعاد و شاخص‌هاست. ابعاد و شاخص‌های مورد استفاده در

1. Warfield
2. Nishat Faisal
3. Srai
4. Charan

پژوهش: درگام نخست ابتدا پژوهش‌های مرتبط با موضوع انتخاب شدند. برای یافتن مقالات منتشر شده در مجلات مختلف، جستجوی نظام مند با استفاده از واژگان کلیدی (تفکر نقادانه، مهندسی، دانش‌آموختگان) انجام شد. در این پژوهش از پایگاه‌های داده‌های اسکوپوس[1]، گوگل‌اسکولار[2] و ساینس‌دایرکت[3] در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳ استفاده شد. در گام دوم کیفیت روش‌شناسی پژوهش‌ها و مطالعات ارزیابی شد. هدف از این بررسی حذف مقالات و پژوهش‌هایی بودکه محقق به نتایج و یافته‌های ارائه شده اعتمادی ندارد. در گام سوم پس از بررسی تناسب مقالات حفظ پژوهش‌هایی است که بر روی عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه در بین دانش‌آموختگان شاغل تمرکزدارند. بر این اساس ابعاد و عوامل مؤثرتر و منطبق‌تر برای موضوع مورد نظر ایجاد شد، همان‌طور که مشهود است؛ عوامل مؤثر حاصل از مبانی نظری پس از اعمال نقطه نظرات متخصصین در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱. ابعاد و شاخص‌های عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه در دانش‌آموختگان و شاغلین

ردیف	عوامل	خلاصه نتایج	نویسندگان
۱	**شایستگی‌های حل مسئله**	توسعه شایستگی‌های حل مسئله به دانش‌آموختگان کمک می‌کند تا به‌طور مؤثر به مسائل پیچیده برخورد کنند	(بهرامی و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (باقری و همکاران ،۲۰۱۷)؛ (ایمان‌زاده و همکاران، ۲۰۲۳)؛ (ضرابیانو همکاران ،۲۰۱۶)؛ لطفی‌جلال‌آبادی وهمکاران، ۲۰۲۰)؛ (سید قطبی،۲۰۱۱)؛ (لطفی جلال‌آبادی،۲۰۲۰)
۲	**آموزش‌های تخصصی**	برنامه‌های آموزشی تخصصی که بر تقویت شایستگی‌های تحلیل و ارزیابی تمرکز دارند، تأثیر مثبت بر تفکر نقادانه دارند	(علوی[4] و همکاران، ۲۰۲۲) ؛) راریتا[5] (۲۰۲۲؛ (آهوناوهمکاران[6] ، (۲۰۱۴؛ (هالپرن[7]، (۱۹۹۸ ؛ (جونز[8]، (۲۰۱۵ ؛ (رادولوف و استان[9]،۲۰۱۷)؛ (احمد و جونز[10]، ۲۰۲۱)؛ (اسنایدر و اسنایدر[11]، ۲۰۰۸)؛ (باتروورث و توایتس[12]، ۲۰۱۳)؛ (پوگونوفسکی[13]، ۱۹۸۷)؛ (کرمیزی و همکاران[14]، ۲۰۱۵)؛ (کالت[15]، ۲۰۱۴)؛ (تومکایا و همکاران[16]، ۲۰۰۹)؛ (ویلسون[17]، ۲۰۱۲)؛ (توهارودین[18]، ۱۳۹۶)؛ (هانلی[19]، ۱۹۹۵)

1. Scopus
2. Google Scholar
3. ScienceDirect
4. Alavi
5. Rarita
6. Ahuna, Tinnesz, & Kiener
7. Halpern
8. Jones
9. Radulov iÄ & StanÄ iÄ
10. Ahmed & Jones
11. Snyder & Snyder
12. Butterworth & Thwaites
13. Pogonowski
14. Kirmizi
15. Kallet
16. Tümkaya,Aybek& Aldaş
17. Wilson
18.Toharudin
19.Hanley

۳	**پشتیبانی سازمانی**	پشتیبانی و منابع ارائه شده توسط سازمان‌ها به کارکنان برای توسعه تفکر نقادانه بسیار اهمیت دارد	(اسمیت و براون[۲۰]، ۲۰۲۳ (مورنسکی[۲۰]، (۲۰۰۰
۴	**فرهنگ سازمانی**	فرهنگ‌سازمانی که تفکر نقادانه را تشویق می‌کند، نقش مهمی در تقویت این مهارت‌ها در کارکنان دارد.	(گونزالس و راموس[۲۱]، ۲۰۲۰) (مارتین[۲۲]،(۲۰۰۱ (مورنسکی،۲۰۰۰)
۵	**تجربه عملی**	تجربه عملی و مواجهه با چالش‌های واقعی، تفکر نقادانه را در دانش‌آموختگان تقویت‌می‌کند.	(فیض و بهادری‌نژاد،۲۰۱۰)؛ (مطهری‌نژاد و همکاران ،۲۰۱۲)؛(صالحی عمران، رحمانی قهدریجانی. ۲۰۱۳)
۶	**کار گروهی**	تعاملات گروهی و همکاری با همکاران باعث تقویت تفکر نقادانه از طریق تبادل نظر و دیدگاه‌های مختلف می‌شود	(جانسون و لی[۲۳]، ۲۰۲۳)؛ (سوتر[۲۴]، ۲۰۱۲)؛ (انیس[۲۵]، ۱۹۸۹)؛(توماس و لوک،.۲۰۱۵) [۲۶]
۷	**پشتیبانی آموزشی**	پشتیبانی و هدایت مناسب از سوی مربیان و اساتید در توسعه تفکر نقادانه بسیار مؤثر است	(وایت و هریس[۲۷]، ۲۲۰۲)
۸	**فناوری‌های آموزشی**	استفاده از ابزارهای فناوری اطلاعات و آموزش دیجیتال می‌تواند به ارتقاء تفکر نقادانه کمک کند	(تامپسون و واکر[۲۸]، ۲۰۲۰)؛ (شوبینا و کولاکلی[۲۹]، ۲۰۱۸)؛ (یانچار وهمکاران،[۳۰] ۲۰۱۷)؛ (الصالح ۲۰۲۰)[۳۱]
۹	**فشارهای کاری**	اگر به درستی مدیریت شوند، فشارهای کاری می‌توانند به‌عنوان یک عامل محرک برای تفکر نقادانه عمل کنند.	(هیچکاک،[۳۲] ۲۰۱۸) ؛ (رضایی و همکاران،۱۳۹۱)؛ (کروز و همکاران[۳۳]،۲۰۲۱)؛ (چابراک و کریگ[۳۴] ۲۰۱۳)
۱۰	**تعاملات میان‌رشته‌ای**	همکاری میان‌رشته‌ای می‌تواند به توسعه دیدگاه‌های چندگانه و تفکر نقادانه کمک کند.	(گرین و پاتل[۳۵]، ۲۰۲۳)؛ (ذکاوتی قراگزلو،۲۰۱۸) لاتوکا[۳۶]، ۲۰۰۱)؛ (دورون، لیمباخ و واو[۳۷]، ۲۰۰۶)

20. Murensky
21. Gonzalez & Ramos
22. Martin
23. Johnson & Lee
24. Suter
25. Ennis
26. Thomas& Lok
27. White & Harris
28. Thompson & Walker
29. Shubina & Kulakli
30. Yanchar
31. Alsaleh
32. Hitchcock
33. Rezaee
34. Chabrak & Craig
35. Green & Patel
36. Lattuca
37. Duron, Limbach, & Waugh

۱۱	**نظام پاداش‌دهی**	نظام‌های پاداش‌دهی که براساس عملکرد و نوآوری تنظیم شده‌اند، انگیزه برای به‌کارگیری تفکر نقادانه را افزایش می‌دهند.	(نیگوسی وگتاچو[1]، ۲۰۱۹)؛ (اینانداندن[2]، ۲۰۲۳ (تاوفک، زولکیفل، شریف، (۲۰۱۶ [3]
۱۲	**تحلیل داده‌ها**	توانایی تحلیل داده‌ها به شیوه‌ای منطقی و منظم یکی از مؤلفه‌های کلیدی تفکر نقادانه است.	(ذاکری و طاهری دمنه، ۲۰۲۰)؛ (برناوئر[4]، ۲۰۱۳)؛ (پولات[5]، (۲۰۲۰
۱۳	**انعطاف‌پذیری شناختی**	توانایی انطباق با تغییرات و مواجهه با ابهام، یکی از عوامل مؤثر در توسعه تفکر نقادانه است.	(کارتر و وانگ[6]، ۲۰۲۲)؛(احمدی حسینیان نژادو کیایی،۲۰۲۳)؛ (نظر بلند و همکاران،۲۰۲۴)؛ (سجادی و همکاران،۲۰۲۱)؛ (امیدپور و همکاران،۲۰۲۱)؛ (گونر و گوکچه[7]، ۲۰۲۱)؛(شایبل ینگ سو، پاسکوینلی،ساندر، ۲۰۲۲)[8]

مرحله دوم - طراحی پرسشنامه ماتریسی **:**ISM در مرحله دوم، پرسشنامه‌ای ماتریسی مبتنی بر روش ISM طراحی می‌شود. این پرسشنامه برای تحلیل روابط بین عوامل شناسایی‌شده و مدل‌سازی ساختاری آن‌ها استفاده می‌شود. پرسشنامه ماتریسی ISM به خبرگان ارائه می‌شود تا نظرات و ارزیابی‌های آن‌ها در مورد روابط و تأثیرات بین عوامل مختلف جمع‌آوری شود.

داده‌های جمع‌آوری شده از مرحله اول با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل شد. این تحلیل شامل آزمون‌های آماری مانند آزمون T تک نمونه‌ای برای غربال عوامل و بررسی معناداری آنها است. این مرحله به شناسایی عوامل کلیدی و تأثیرگذار بر تفکر نقادانه اختصاص دارد. برای تحلیل و مدل‌سازی داده‌های مربوط به روابط بین عوامل از نرم‌افزار MATLAB استفاده می‌شود. که این نرم‌افزار به‌ویژه برای تحلیل‌های پیچیده و مدل‌سازی شبکه‌های ارتباطی مورد استفاده قرار می‌گیرد و هم‌چنین نتایج تحلیل ISM و MICMAC با استفاده از ابزارهای تحلیل پیشرفته این نرم‌افزار تحلیل‌های بدست آمده به‌صورت گرافیکی و عددی نمایش داده می‌شود تا الگوهای تأثیرگذاری و روابط پیچیده بین عوامل به‌طور واضح مشخص شد.

یافته‌های پژوهش

پس از بررسی مبانی نظری و پیشینه مطالعات انجام گرفته و با استفاده از آزمون T-Test عوامل تأثیرگذار بر تفکر نقادانه مهندسین شیمی به شرح جدول زیر شناسایی گردید. همان‌طور که مشاهده می‌شود. عواملی که سطح معنی‌داری آن‌ها بزرگ‌تر از ۰,۰۵ است حذف شدند و عواملی تأیید شده وارد پرسشنامه ماتریسی ISM می‌گردند.

جدول۲. عوامل شناسایی شده اولیه

شماره عوامل	عوامل اولیه	شماره عوامل	عوامل اولیه
C1	شایستگی‌های حل مسئله	C8	فناوری‌های آموزشی
C2	آموزش‌های تخصصی	C9	فشارهای کاری
C3	پشتیبانی سازمانی	C10	تعاملات میان‌رشته‌ای

1. Nigusie& Getachew
2. Inandan
3. Taufek, Zulkifle, Sharif
4. Bernauer
5. Polat
6. Carter & Wong
7. Güner & Gökçe
8. Scheibl ing-Sève,Pasquinelli,Sander

C4	فرهنگ سازمانی	C11	نظام پاداش‌دهی
C5	تجربه عملی	C12	تحلیل داده‌ها
C6	کار گروهی	C13	انعطاف‌پذیری شناختی
C7	پشتیبانی آموزشی	--	--

فرضیه‌های آزمون به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$H_0: \mu \leq 3$

$H_1: \mu > 3$

جدول۳. آزمون t تک نمونه‌ای

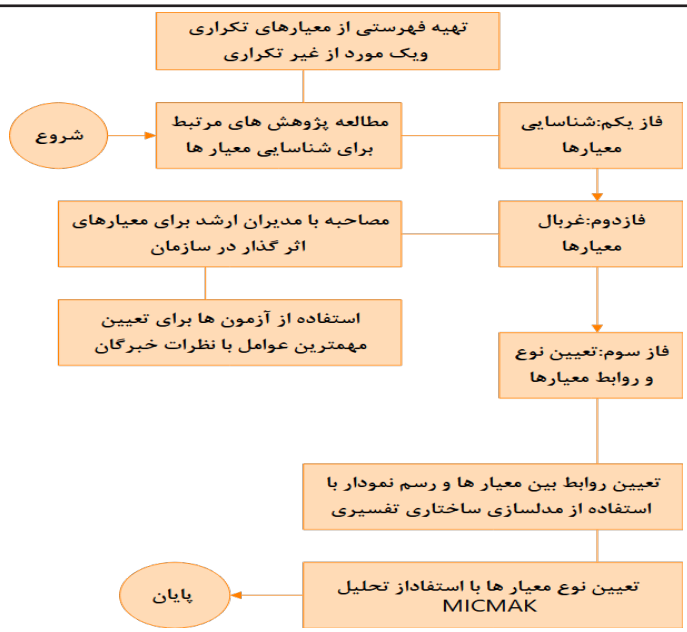
Test Value = 3

	t آماره	سطح	تفاوت میانگین‌ها	فاصله اطمینان تفاضل میانگین‌های دو گروه ۹۵٪	
				پایین	بالا
C1	۷.۸۰۴	۱۹	.۰۰۰	۱.۲۵۰۰۰۰	.۹۱۴۷۴	۱.۵۸۵۲۶
C2	.۴۰۰	۱۹	.۶۹۴	.۱۰۰۰۰	-.۴۲۳۸	.۶۲۳۸
C3	۸.۸۵۰	۱۹	.۰۰۰	۱.۳۰۰۰۰	.۹۹۲۵	۱.۶۰۷۵
C4	۵.۵۹۶	۱۹	.۰۰۰	.۹۵۰۰۰	.۵۹۴۷	۱.۳۰۵۳
C5	۹.۲۰۰	۱۹	.۰۰۰	۱.۴۰۰۰۰	۱.۰۸۱۵	۱.۷۱۸۵
C6		۱۹	.۰۰۰	۱.۵۵۰۰۰	۱.۲۲۸۸	۱.۸۷۱۲
C7	۱.۹۰۲	۱۹	.۰۷۲	.۴۰۰۰۰	-.۰۴۰۱	.۸۴۰۱
C8	.۰۰۰	۱۹	۱.۰۰۰	.۰۰۰۰۰	-.۵۸۸۱	.۵۸۸۱
C9	-.۵۱۳	۱۹	.۶۱۴	-.۱۵۰۰۰	-.۷۶۲۶	.۴۶۲۶
C10	۳.۲۴۰	۱۹	.۰۰۵	.۷۳۶۸۴	.۲۵۹۱	۱.۲۱۴۶
C11	۳.۳۹۰	۱۹	.۰۰۳	.۷۰۰۰۰	.۲۶۷۸	۱.۱۳۲۲
C12	.۱۷۵	۱۹	.۸۶۳	.۰۵۰۰۰	-.۵۴۷۳	.۶۴۷۳
C13	-.۸۱۵	۱۹	.۴۲۵	-.۲۵۰۰۰	-.۸۹۲۰	.۳۹۲۰

همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌شود سطح معنی داری متغیر C۱۳ C2, C7, C8, C9, C12, بزرگ‌تر از ۰,۰۵ است لذا فرضیه صفر مربوط به این عامل‌ها مورد قبول واقع می‌شود و عوامل کمتر از صفر از لیست ما خارج می‌گردند.

مدل‌سازی ساختاری تفسیری

مراحل توسعه مدل‌سازی ساختاری تفسیری در هفت گام شکل می‌گیرد:



شکل ۱. مدل‌سازی ساختاری تفسیری

تعیین عوامل

مدل‌سازی ساختاری تفسیری با تهیه فهرستی از متغیرها شروع می‌شود که مربوط به مسأله یا موضوع هستند. این متغیرها از مطالعه مبانی نظری موضوع، مصاحبه با خبرگان و یا از طریق پرسشنامه به دست می‌آیند.

جدول ۴. عواملی نهایی شده

شماره عوامل	عوامل اولیه	شماره عوامل	عوامل اولیه
C1	شایستگی‌های حل مسئله	C5	کار گروهی
C2	پشتیبانی سازمانی	C6	تعاملات میان‌رشته‌ای
C3	فرهنگ سازمانی	C7	نظام پاداش‌دهی
C4	تجربه عملی	-	-

به دست آوردن ماتریس خودتعاملی ساختاری(SSIM[1])

این ماتریس یک ماتریس به ابعاد متغیرهاست که در سطر و ستون اول آن متغیرها به ترتیب ذکر می‌شدند. آن‌گاه روابط دو به دوی متغیرها توسط نمادهایی مشخص می‌شود (آذر و همکاران ،۲۰۰۹).

ماتریس خود تعاملی ساختاری براساس بحث و نظرات گروه متخصصان تشکیل می‌شود. که برای تعیین نوع روابط پیشنهاد شده‌است و هم‌چنین از نظر خبرگان و کارشناسان براساس فنون مختلف مدیریتی، از جمله روش طوفان مغزی و غیره استفاده می‌شود. برای تعیین نوع رابطه می‌توان از نمادهای زیر استفاده کرد:

V: عامل سطر (i) می‌تواند زمینه‌ساز رسیدن به عامل ستون (j) باشد (ارتباط یکطرفه از i به j)

A: عامل ستون (j) می‌تواند زمینه‌ساز رسیدن به عامل سطر (i) باشد (ارتباط یکطرفه از j به i)

X : بین عامل سطر (i) و عامل (j) ارتباط دو جانبه وجود دارد. به عبارتی هر دو می‌توانند زمینه‌ساز

1. structural self interaction matrix

رسیدن به همدیگر شوند.

O : هیچ ارتباطی بین این دو عنصر (ij) وجود ندارد.

جدول ۵. ماتریس خودتعاملی ساختاری

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	X	O	A	X	X	V	X
C2		X	V	A	A	V	O
C3			X	A	X	A	A
C4				X	V	V	O
C5					X	A	A
C6						X	A
C7							X

به دست آوردن ماتریس دستیابی (دسترسی اولیه)[1]

با تبدیل نمادهای روابط ماتریس ISM به اعداد صفر و یک می‌توان به ماتریس دستیابی رسید. این قواعد در جدول زیر بیان شده است (تاکار و همکاران، ۲۰۰۸)

جدول ۶. نحوه تبدیل روابط مفهومی به اعداد

نماد مفهومی	I به J	J به I
V	1	0
A	0	1
X	1	1
O	0	0

جدول۷. ماتریس دستیابی

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		0	0	1	1	1	1
C2	0		1	0	0	1	0
C3	1	0		0	1	0	0
C4	1	1	1		1	1	0
C5	1	1	1	0		0	0
C6	0	0	1	0	0		0
C7	1	1	0	1	0	0	

تشکیل ماتریس دستیابی نهایی

پس از اینکه ماتریس دستیابی اولیه بدست آمد، باید سازگاری درونی آن برقرار شود. به‌عنوان نمونه اگر عامل ۱ منجر به عامل ۲ شود و عامل ۲ هم منجر به عامل ۳ شود، باید عامل ۱ نیز منجر به عامل ۳ شود و اگر در ماتریس دستیابی این حالت برقرار نبود، باید ماتریس اصلاح شده و روابطی که از قلم افتاده جایگزین شوند. برای سازگار کردن ماتریس روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که در اینجا به دو روش کلی اشاره می‌شود:

1. reachability matrix

روش اول: تعدادی از محققان بر این عقیده‌اند که پس از جمع‌آوری نظرات خبرگان و به‌دست آوردن ماتریس‌های SSIM و دستیابی، درصورتی که ناسازگاری درون ماتریس دستیابی مشاهده شد، باید دوباره پرسشنامه به وسیله خبرگان پر شود آنگاه دوباره سازگاری ماتریس دستیابی چک شود و این کار آنقدر باید ادامه پیدا کند تا اینکه سازگاری برقرار شود.

روش دوم: در این روش از قوانین ریاضی برای ایجاد سازگاری در ماتریس دستیابی استفاده می‌شود، به این صورت که ماتریس دستیابی را به توان (K+۱) میرساند ($K \geq 1$) می‌باشد. البته عملیات به توان رساندن ماتریس باید طبق قاعده بولن (۱=۱+۱ و ۱=۱×۱) باشد.

در تحقیق حاضر برای ضرب ماتریس از نرم‌افزار متلب استفاده شده است.

جدول ۸. ماتریس دستیابی نهایی

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		1	0	1	1	1	1
C2	1		0	1	1	1	1
C3	1	1		1	1	1	1
C4	1	1	0		1	1	1
C5	1	1	0	1		1	1
C6	0	0	0	0	0		0
C7	1	1	0	1	1	1	

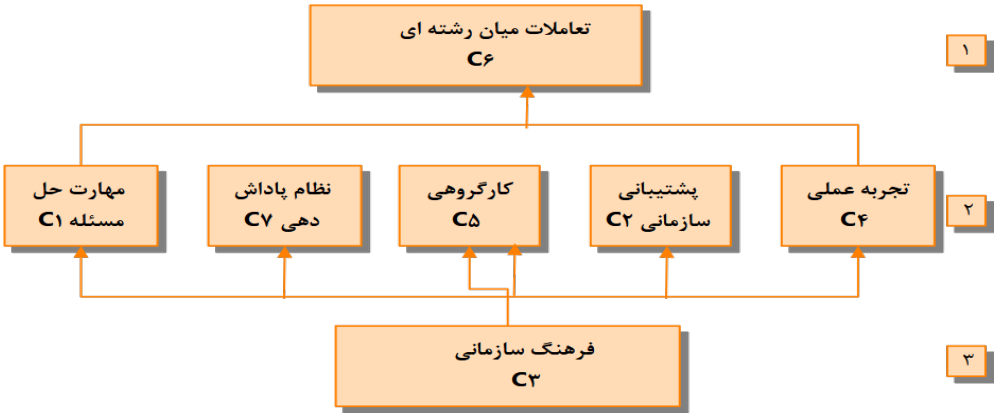
تعیین سطوح عوامل و تشکیل ماتریس مخروطی[1]

برای تعیین سطح و اولویت متغیرها، مجموعه‌ی دستیابی و مجموعه‌ی پیشنیاز برای هر عامل تعیین می‌شود. با استفاده از مجموعه دستیابی هر عامل، می‌توان به عوامل زیر مجموعه خود رسید (با استفاده از یال می‌توان از راس به ریشه رسید) و با استفاده مجموعه‌ی پیش‌نیاز که شامل مجموعه عواملی می‌شود که از طریق آن‌ها می‌توان به این عامل رسید (با استفاده از یال از ریشه به راس رسید). بعد از تعیین ماتریس دستیابی و پیشنیاز برای هر عامل، عناصر مشترک در مجموعه‌ی دستیابی و پیش‌نیاز برای هر عامل شناسایی شدند. پس از تعیین این مجموعه‌ها نوبت به تعیین سطح عوامل (عناصر) می‌رسد. منظور از سطح عوامل (عناصر) این است که عامل‌ها بر سایر عوامل تأثیرگذارند یا از سایر عوامل تأثیر می‌پذیرند. عواملی که در بالاترین سطح (سطح ۱) قرار می‌گیرند تحت تأثیر سایر عوامل بوده و عامل دیگری را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند (امکان بازگشت از عوامل تأثیرپذیر به عوامل تأثیرگذار وجود ندارد). در اولین جدول، عاملی دارای بالاترین سطح است که مجموعه دستیابی و عناصر مشترک آن کاملاً یکسان باشند. پس از تعیین این عامل یا عوامل، آن‌ها از جدول حذف شدند و با سایر عوامل باقیمانده جدول بعدی تشکیل می‌شود. در جدول دوم نیز همانند جدول اول، عامل سطح دوم مشخص می‌شود. این عوامل سطح یک را تحت تأثیر قرار می‌دهند و خود تحت تأثیر عوامل سطح سه هستند. این کار تا تعیین سطح تمام عوامل ادامه می‌یابد. در پژوهش ما در سطح تکرار سه به نتیجه دلخواه رسیده و عوامل را مشخص کرده‌ایم.

ترسیم مدل ساختاری تفسیری

ابتدا براساس داده‌های بدست آمده سطح عوامل را طبق اولویت به دست آمده از بالا به پایین مرتب می‌کنیم. با استفاده از داده‌های ماتریس مخروطی حاصل شده از ماتریس دریافتی مرتب شده جدیدی براساس سطوح، مدل ساختاری به وسیله گره‌ها و خطوط رسم می‌شود. اگر رابطه‌ای از i به j وجود دارد با پیکانی از i به j مشخص می‌شود.

1. Conical matrix



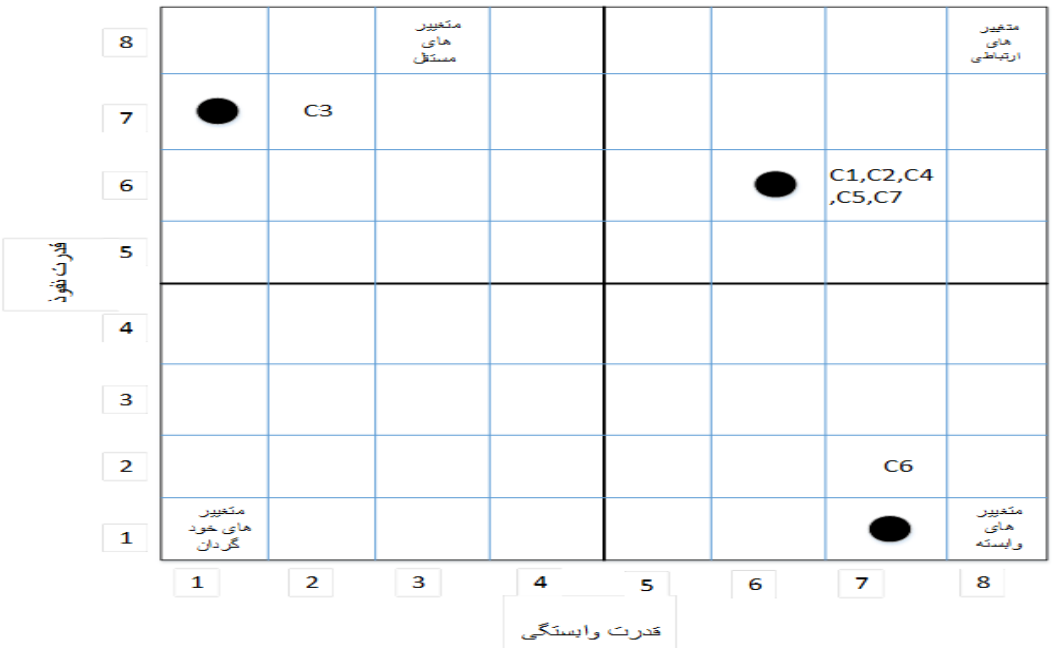
شکل ۲. مدل ساختاری تفسیری (ISM)

تحلیل MICMAC

برای انجام تحلیل MICMAC محاسبه قدرت نفوذ و وابستگی هر متغیر نیاز است. قدرت نفوذ برابر با حاصل جمع اعداد سطر هر متغیر و قدرت وابستگی برابر با حاصل جمع اعداد ستون هر متغیر است. سپس جدول مختصاتی براساس دو بعد قدرت نفوذ و وابستگی تشکیل می‌شود و متغیرها را بر حسب داده‌های بدست آمده در جدول زیر وارد می‌کنیم. طبقه‌بندی نهایی عوامل در شکل نشان داده شده است.

جدول ۹. قدرت نفوذ و وابستگی

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	**نفوذ**
C1	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۶
C2	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۶
C3	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۷
C4	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۶
C5	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۶
C6	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱
C7	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۶
وابستگی	۶	۶	۱	۶	۶	۷	۶	



شکل ۳. قدرت نفوذ و وابستگی

۱. متغیرهای خودگردان: دارای قدرت هدایت و وابستگی ضعیف هستند. این متغیرها نسبتاً غیرمتصل به سیستم هستند و دارای ارتباطات کم و ضعیف با سیستم هستند.

۲. متغیرهای وابسته: دارای قدرت هدایت کم، ولی وابستگی شدید هستند.

۳. متغیرهای ارتباطی: دارای قدرت هدایت زیاد و وابستگی زیاد هستند. این متغیرها غیرایستا هستند، زیرا هر نوع تغییر در آن‌ها می‌تواند سیستم را تحت تأثیر قرار دهد و در نهایت بازخورد سیستم نیز می‌تواند این متغیرها را دوباره تغییر دهد.

۴. متغیرهای مستقل: دارای قدرت هدایت قوی، ولی وابستگی ضعیف هستند.

عوامل C1,C2,C4,C5,C۷ متغیرهای ارتباطی هستند که دارای قدرت هدایت زیاد و وابستگی زیاد هستند، و هر نوع تغییر در آن‌ها می‌تواند تفکر نقادانه را تحت تأثیر قرار دهد و در نهایت بازخورد سیستم نیز می‌تواند این متغیرها را دوباره تغییر دهد. در پژوهش ما متغیر C۳ یعنی فرهنگ سازمانی به‌عنوان متغیر مستقل است که دارای قدرت نفوذ بالا و وابستگی کم می‌باشد لذا با دستکاری آن‌ها می‌توانیم این متغیر را تغییر داده و بر کل نظام تأثیر بگذاریم و C۶ به‌عنوان متغیر وابسته شناخته شده است که دارای قدرت هدایت کم، و وابستگی شدید هستند.

بحث و نتیجه‌گیری

تفکر نقادانه از شایستگی‌های کلیدی و حیاتی در حوزه‌های مختلف به‌ویژه در صنعت و سازمان‌ها است. این مطالعه با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه در میان دانش‌آموختگان مهندسی که بعضا پس از فراغت از تحصیل در سازمان‌ها مشغول به فعالیت شده‌اند، انجام شد. رشته مهندسی به دلیل پیچیدگی‌های علمی و صنعتی که با آن درگیر است، به تفکری نقادانه و خلاقانه برای حل مشکلات و تصمیم‌گیری نیاز دارد. این پژوهش با بررسی عوامل کلیدی، به دنبال ارائه راهکارهایی برای بهبود تفکر نقادانه در محیط‌های صنعتی پایه مهندسی است.

تفکر خلاقانه و نقادانه از اجزای اساسی حرفه مهندسی است. با استفاده از این ویژگی‌ها، مهندسان

مرزها را جابه‌جا کرده و ابزارها و محصولات بهبودیافته‌ای را توسعه می‌دهند که زندگی ما را بهتر می‌کنند. با درک چگونگی رویکرد این شایستگی‌های حیاتی در برنامه‌های تحصیلی مقاطع کارشناسی، می‌توانیم بهتر پیش‌بینی کنیم که فارغ‌التحصیلان چگونه در دنیای واقعی عمل خواهند کرد و در صورت لزوم، مسیر را اصلاح کنیم. طبق مطالعات (سولا[1] وهمکاران،۲۰۱۷) خلاقیت و تفکر نقادانه در دانشجویان مهندسی در حال کاهش است و شایستگی‌های تفکر نقادانه در دانشجویان سال آخر مهندسی به‌طور قابل توجهی پایین‌تر از سایر رشته‌ها است. این یافته‌ها نشان می‌دهند که توانایی‌های حل مسئله دانشجویان مهندسی در طول تحصیل بهبود نمی‌یابد یا ممکن است دانشجویان با شایستگی‌های تفکر نقادانه از این رشته خارج شوند. برای حل این مشکل، نیاز به توسعه تدریس تفکر نقادانه، طراحی دوره‌ها و بازسازی برنامه‌های درسی وجود دارد. هم‌چنین، مطالعات طولی و دوره‌های متمرکز بر خلاقیت و تفکر نقادانه می‌توانند به بهبود این مهارت‌ها کمک کنند، اما راه‌حل‌های بلندمدت ضروری است.

این پژوهش از *مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) و تحلیل MICMAC* برای تحلیل روابط بین عوامل استفاده کرده است. از ۱۳ عامل ابتدایی شناسایی‌شده، تنها ۷ عامل به‌طور معناداری بر تفکر نقادانه تأثیر داشتند. عواملی مانند آموزش‌های تخصصی، پشتیبانی آموزشی، فناوری‌های آموزشی، فشارهای کاری، تحلیل داده‌ها و انعطاف‌پذیری شناختی به دلیل سطح معناداری بالاتر از ۰،۰۵ از تحلیل نهایی حذف شدند.

براساس نتایج، از میان ۷ عامل نهایی که تأثیر قابل توجهی بر تفکر نقادانه داشتند، عوامل شایستگی‌های حل مسئله، پشتیبانی سازمانی، تجربه عملی، کارگروهی، نظام پاداش‌دهی، به‌عنوان *متغیرهای ارتباطی* شناخته شدند، زیرا *قدرت هدایت* و *وابستگی* بالایی دارند. تغییر در این متغیرها می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر تفکر نقادانه داشته باشد و علاوه بر این بازخورد نظام می‌تواند این متغیرها را مجدداً تحت تأثیر قرار دهد. هم‌چنین فرهنگ سازمانی به‌عنوان *متغیر مستقل* و یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تفکر نقادانه شناسایی شد. این متغیر دارای قدرت نفوذ بالا و وابستگی کم است؛ بنابراین با تغییر آن، می‌توان بر کل نظام تأثیر گذاشت. به عبارت دیگر، تغییرات در فرهنگ سازمانی می‌تواند باعث تقویت تفکر نقادانه در کارکنان شود. و *تعاملات میان رشته‌ای* به‌عنوان متغییر وابسته شناخته شده است که دارای قدرت هدایت کم، و وابستگی شدید هستند. تعاملات میان‌رشته‌ای به‌عنوان یک متغیر وابسته در یک نظام شناخته شدند. به این معنا که این تعاملات تحت تأثیر عوامل دیگر قرار دارند و تغییرات در آن‌ها به‌طور مستقیم وابسته به سایر متغیرها است.عبارت "قدرت هدایت کم" نشان می‌دهد که این تعاملات نمی‌توانند به تنهایی تأثیر زیادی بر دیگر متغیرها بگذارند و به خودی خود چندان اثرگذار نیستند. در عوض، "وابستگی شدید" به این معناست که این تعاملات به شدت تحت تأثیر سایر عوامل قرار دارند و به همین دلیل می‌توانند به آسانی تغییر کنند. به عبارت دیگر، اگر عوامل مؤثر بر این تعاملات تغییر کنند، خود تعاملات نیز به تبع آن دچار تغییر خواهند شد.

ارتباط مؤثر به‌عنوان پلی میان تفکر فردی و جمعی نقش اساسی در توسعه تفکر نقادانه دارد. زمانی که ارتباطات به‌صورت مؤثر برقرار شود، افراد می‌توانند اطلاعات را به‌درستی دریافت و منتقل کنند، به سؤالات پاسخ دهند و بازخورد دریافت کنند. این ارتباطات به ایجاد درک مشترک از مسائل کمک می‌کنند و امکان تحلیل دقیق‌تر و عمیق‌تر را فراهم می‌سازند. *شایستگی‌های حل مسئله:* تفکر نقادانه بخش مهمی از فرآیند حل مسئله است. با تفکر نقادانه، افراد قادر خواهند بود مشکلات را از زوایای مختلف بررسی‌کرده و راه‌حل‌های متنوعی ارائه دهند. پشتیبانی سازمانی: سازمان‌هایی که از تفکر نقادانه حمایت می‌کنند، محیطی را فراهم می‌آورند که کارکنان تشویق به پرسشگری و ارائه ایده‌های نوآورانه می‌شوند. چنین محیطی برای پرورش تفکر نقادانه ضروری است و سازمان‌های یادگیرنده نیز بر ارزشمندی تفکر نقادانه

1. Sola

تأکید می‌کنند. تجربه عملی: به افراد امکان می‌دهد که با مواجهه با مسائل واقعی، توانایی‌های حل مسئله خود را تقویت کنند. تجربه عملی به‌عنوان آزمایشگاه طبیعی برای پرورش تفکر نقادانه عمل می‌کند و امکان ارزیابی دقیق‌تر و تصمیم‌گیری مؤثرتر را فراهم می‌سازد. کار گروهی: تعامل در محیط‌های گروهی، به‌ویژه زمانی که افراد با دیدگاه‌های مختلف همکاری می‌کنند، به تقویت تفکر نقادانه کمک می‌کند. در کارگروهی، افراد می‌توانند ایده‌ها را به چالش بکشند و از زوایای مختلف به مسائل نگاه کنند. نظام پاداش‌دهی: یک نظام پاداش‌دهی که تفکر خلاقانه و نقادانه را تشویق کند، می‌تواند انگیزه‌ای برای کارکنان ایجاد کند تا به‌دنبال ارائه راهکارهای نوآورانه و بهبود مستمر باشند. مدل ISM به‌طور دقیق روابط بین عوامل را نشان داد. در این مدل، فرهنگ سازمانی در سطح پایین‌ترین گراف قرار داشت که به معنای بیشترین تأثیرگذاری بر نظام است. تغییر در فرهنگ سازمانی می‌تواند کل سیستم را به‌طور مؤثری تحت تأثیر قرار دهد. در سطح بعدی، عواملی نظیر شایستگی‌های حل مسئله، نظام پاداش‌دهی، کار گروهی، پشتیبانی سازمانی و تجربه عملی قرار داشتند که به‌طور مستقیم تحت تأثیر فرهنگ سازمانی بودند. تعاملات میان‌رشته‌ای نیز به‌عنوان عواملی وابسته در بالاترین سطح گراف شناسایی شدند.

تحلیل MICMAC نیز عوامل نظام مورد بررسی را به دسته‌های مختلف تقسیم کرد. عوامل مستقل یا کلیدی شامل فرهنگ سازمانی بودند که بیشترین تأثیر را بر سایر عوامل داشتند و کمترین وابستگی را به عوامل دیگر داشتند. عوامل ارتباطی شامل شایستگی‌های حل مسئله، نظام پاداش‌دهی، کار گروهی، پشتیبانی سازمانی و تجربه عملی بودند. *عوامل وابسته* نیز شامل تعاملات میان‌رشته‌ای بودند که وابستگی بیشتری به سایر عوامل داشتند.

براساس مطالعه (هولمز[1] و همکاران، ۲۰۱۷) که تأثیر فرهنگ سازمانی بر تفکر نقادانه تأکید دارد. نتایج نشان می‌دهد که فرهنگ سازمانی که به شکلی حمایت‌کننده و باز به چالش‌های فکری می‌پردازد، موجب تقویت شایستگی‌های تفکر نقادانه کارکنان می‌شود. مطالعات مشابه در زمینه تفکر نقادانه نشان داده‌اند که *فرهنگ سازمانی و پشتیبانی سازمانی* به‌عنوان عوامل کلیدی برای تقویت این مهارت شناخته می‌شوند. برای مثال، تحقیقاتی که در محیط‌های سازمانی مانند صنعت نفت و گاز انجام شده‌اند، نشان داده‌اند که سازمان‌هایی که *فرهنگ یادگیری و نوآوری* را ترویج می‌دهند، تفکر نقادانه کارکنان خود را به‌طور معناداری تقویت می‌کنند. هم‌چنین، پژوهش‌های مرتبط در زمینه *آموزش مهندسی* بر اهمیت شایستگی‌های حل مسئله و تجربه عملی در بهبود تفکر نقادانه تأکید کرده‌اند. در مقایسه با سایر مطالعات، این تحقیق تأثیر عمیق *کار گروهی و نظام پاداش‌دهی* را به‌عنوان عواملی ارتباطی نشان می‌دهد که در بسیاری از تحقیقات مشابه کمتر مورد تأکید قرار گرفته‌اند. این پژوهش به‌وضوح نشان داد که برای تقویت تفکر نقادانه در محیط‌های صنعتی و سازمانی، توجه به عواملی مانند *فرهنگ سازمانی، شایستگی‌های حل مسئله، پشتیبانی سازمانی و تجربه عملی* ضروری است. مدیریت و بهبود این عوامل می‌تواند عملکرد کارکنان را در حل مسائل پیچیده و تصمیم‌گیری‌های مؤثر بهبود بخشد. این نتایج می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای مدیران و تصمیم‌گیرندگان در حوزه مهندسی و صنایع مرتبط استفاده شود تا با تقویت این عوامل کلیدی، شایستگی‌های تفکر نقادانه را در سازمان‌های خود توسعه دهند.

در یک سازمان یا ارگان، عواملی نظیر تجربه‌های عملی، پشتیبانی سازمانی، کار تیمی و نظام پاداش‌دهی نقش حیاتی در ایجاد تعاملات بین رشته‌ای میان اعضا ایفا می‌کنند. مثلاً در مورد تجربه‌های عملی در مطالعه (فنگ[2] و همکاران، ۲۰۲۲) نشان داده شده است که تجربه‌های عملی و کارآموزی در محیط‌های واقعی می‌تواند به دانشجویان دانش‌آموختگان مهندسی کمک کند تا توانایی‌های تفکر نقادانه خود را تقویت کنند، زیرا آن‌ها در این تجربه‌ها با مسائل پیچیده و چالش‌های واقعی روبرو می‌شوند. هم‌چنین در مطالعه

1. Holmes
2. Feng

(جاوید[1] و همکاران، ۲۰۱۶) نشان می‌دهد که تجربیات عملی در محیط‌های کاری و آزمایشگاهی، باعث می‌شود دانشجویان و دانش‌آموختگان مهندسی شایستگی‌های تحلیلی و تفکر نقادانه خود را به‌طور مؤثری تقویت کنند.

در مورد کار گروهی در مطالعه (میچل[2] و همکاران، ۲۰۱۹) بر نقش کار گروهی در تقویت تفکر نقادانه تأکید دارد و نشان می‌دهد که همکاری در گروه‌های پروژه‌های مهندسی به تقویت توانایی‌های تحلیلی و تفکر نقادانه در دانشجویان و دانش‌آموختگان کمک می‌کند. مطالعه سولومون[3] و همکاران، ۲۰۱۸) نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کار گروهی در پروژه‌های مهندسی می‌تواند موجب افزایش توانایی‌های حل مسئله و تفکر نقادانه در اعضای گروه شود. در مورد پشتیبانی آموزشی مطالعه (داگلاس [4] و همکاران، ۲۰۱۶) نشان داده است که پشتیبانی آموزشی، از جمله مشاوره‌های تحصیلی و آموزشی، می‌تواند به‌طور مؤثری شایستگی‌های تفکر نقادانه دانشجویان مهندسی را تقویت کند. در مورد فناوری‌های آموزشی در مطالعه (برنز[5] و همکاران، ۲۰۱۹) استفاده از فناوری‌های آموزشی (مثل نرم‌افزارهای تحلیلی و شبیه‌سازی‌های مهندسی) اشاره دارد که می‌توانند به توسعه تفکر نقادانه در دانشجویان مهندسی کمک کنند. در مطالعه (تیلور[6] و همکاران، ۲۰۲۰؛ سیناگا و ستیاوان[7]، ۲۰۲۲)نشان می‌دهد که استفاده از فناوری‌های نوین آموزشی مانند پلتفرم‌های یادگیری آنلاین و ابزارهای شبیه‌سازی، به دانشجویان و دانش‌آموختگان کمک می‌کند تا مسائل مهندسی را از زوایای مختلف تحلیل کنند. در مورد فشارهای کاری در مطالعه (هیرد[8] و همکاران، ۲۰۱۸) نشان می‌دهد که فشارهای کاری می‌تواند تأثیر منفی بر تفکر نقادانه داشته باشد، زیرا دانشجویان و شاغلین ممکن است به دلیل استرس، قادر به تحلیل عمیق مسائل نباشند. در مطالعه (فریدمن [9] و همکاران، ۲۰۱۷) در این تحقیق بررسی شده که فشارهای کاری می‌توانند موجب کاهش توانایی تفکر نقادانه شوند، مگر اینکه سازمان‌ها از روش‌های مدیریت استرس و حمایت از کارکنان استفاده کنند. تعاملات میان‌رشته‌ای مطالعه (تامسون[10] و همکاران، ۲۰۱۶) این تحقیق نشان می‌دهد که تعاملات میان‌رشته‌ای می‌تواند موجب تقویت تفکر نقادانه در دانشجویان مهندسی شود، زیرا آن‌ها می‌توانند از دیدگاه‌های مختلف به مشکلات نگاه کنند. در مورد نظام پاداش‌دهی در مطالعه (ویلیامز [11] و همکاران، ۲۰۱۵) این مطالعه به نقش نظام‌های پاداش‌دهی در تقویت تفکر نقادانه اشاره دارد و نشان می‌دهد که ارائه پاداش به دانشجویان و کارکنان برای حل مسائل پیچیده و تفکر نقادانه می‌تواند موجب رشد این مهارت‌ها شود. در مورد تحلیل داده‌ها مطالعه جانسون[12] و همکاران، ۲۰۱۶) به نقش تحلیل داده‌ها در تقویت تفکر نقادانه پرداخته و نشان می‌دهد که توانایی تحلیل و تفسیر داده‌ها در فرآیند تصمیم‌گیری مهندسی می‌تواند شایستگی‌های تفکر نقادانه را تقویت کند. در انعطاف‌پذیری شناختی در مطالعه شاپیرو[13] و همکاران، ۲۰۱۸) این مطالعه نشان می‌دهد که انعطاف‌پذیری شناختی (توانایی تغییر دیدگاه یا رویکرد در مواجهه

1. Javid
2. Mitchell
3. Solomon
4. Douglas
5. Burns
6. Taylor
7. Sinaga & Setiawan
8. Heard
9. Friedman
10. Thompson
11. Williams
12. Johnson
13. Shapiro

با مشکلات جدید) یکی از عوامل کلیدی در توسعه تفکر نقادانه است و می‌تواند در محیط‌های آموزشی و کاری به دانشجویان و شاغلین مهندسی کمک کند.

به عبارت دیگر، مدیرعامل و هیئت مدیره سازمان با تدوین و پیاده‌سازی یک نظام پاداش‌دهی مناسب، زمینه را برای ایجاد رقابت سالم و تقویت روحیه همکاری تیمی میان کارکنان فراهم می‌سازند. این نظام نه تنها انگیزه کارکنان را برای بهبود عملکرد فردی افزایش می‌دهد، بلکه به بهبود و تقویت تعاملات گروهی نیز منجر می‌شود. پشتیبانی‌های سازمانی که به اعضایی با تخصص‌ها و رشته‌های مختلف ارائه می‌شود، به تسهیل همکاری‌های بین‌رشته‌ای کمک شایانی می‌کند. این امر به‌ویژه برای تیم‌هایی که با هدف مشترک اما در حوزه‌های تخصصی گوناگون فعالیت می‌کنند، بسیار مؤثر است. تجربه عملی که اعضای سازمان از طریق آموزش‌های عالی و کار در مراکز مختلف کسب کرده‌اند، به‌عنوان یک سرمایه ارزشمند تلقی می‌شود و در کنار پشتیبانی سازمانی، باعث تقویت شایستگی‌های حل مسئله در بین اعضای تیم می‌شود. این همکاری‌های بین‌رشته‌ای و شایستگی‌های تقویت‌شده حل مسئله، نه تنها به دستیابی به اهداف سازمانی کمک می‌کند، بلکه به‌عنوان یک عامل اساسی در ایجاد و تقویت فرهنگ سازمانی عمل می‌کند. در واقع، همین تعاملات و همکاری‌های مبتنی بر تجربه و پشتیبانی، هسته اصلی فرهنگ سازمانی را شکل داده و سازمان را به سوی تحقق اهداف خود هدایت می‌کند. در نهایت، ترکیب این عوامل منجر به بهبود عملکرد کلی سازمان و نیل به اهداف راهبردی آن می‌شود.

پیشنهادهای کاربردی

براساس نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، چند پیشنهاد برای بهبود و تقویت تفکر نقادانه در بین دانش‌آموختگان و کارکنان مهندسی در صنعت و سازمان‌ها می‌تواند مطرح شود:

پیشنهاد می‌شود سازمان‌ها با ایجاد سازوکارهای مناسب، محیطی حمایتی فراهم کنند که در آن کارکنان تشویق به پرسشگری، ارائه ایده‌های نوآورانه و به چالش کشیدن وضعیت موجود شوند. هم‌چنین، مدیران باید پذیرای بازخورد و نظرات مختلف باشند و از انتقاد سازنده استقبال کنند. با استفاده از راهبردهای مناسب، باید تسلط بر محتوای آموزشی از کارکنان مهندسی خواسته شود به‌گونه‌ای که کارکنان با به‌کارگیری تفکر خلاق، ایده‌های خود را آزمایش کرده و در عمل به مرحله اجرا درآورند. استفاده از این راهبردها می‌تواند شرایطی ایجاد کند که در آن فرهنگ سازمانی به بالاترین سطح خود برسد و کارکنان با وفاداری بیشتر به وظایف حرفه‌ای خود پرداخته و قادر به انتخاب و اجرای تصمیمات شغلی خود با تفکر منظم باشند.

تفکر نقادانه موجب می‌شود تا تصمیم‌گیرندگان به‌جای تکیه بر شهود و احساسات، به تحلیل داده‌ها و اطلاعات موجود پرداخته و تصمیمات منطقی‌تر و مستندتری اتخاذ کنند. پیشنهاد می‌شود در سازمان‌ها جلسات تحلیلی برگزار شود تا تصمیمات راهبردی براساس تحلیل دقیق داده‌های صحیح اتخاذ شود. در دانشگاه‌ها نیز می‌توان از این رویکرد در برنامه‌های آموزشی استفاده کرد تا دانشجویان به‌جای پذیرش نظرات پیش‌فرض، تفکر تحلیلی و نقادانه را در پیش گیرند.

تفکر نقادانه به افراد کمک می‌کند تا از دیدگاه‌های مختلف به مسائل نگاه کنند و راه‌حل‌های نوآورانه‌تری پیدا کنند. پیشنهاد می‌شود در صنایع با تشویق کارمندان به تفکر نقادانه، فرآیندهای بهینه‌تر و محصولات نوآورانه‌تری ایجاد شود. هم‌چنین در دانشگاه‌ها، تفکر نقادانه می‌تواند به پژوهشگران کمک کند تا ایده‌های جدیدی در زمینه‌های مختلف علمی ارائه دهند.

تفکر نقادانه باعث می‌شود افراد بتوانند نظرات و دیدگاه‌های مختلف را تحلیل کرده و از تبادل افکار سازنده بهره‌مند شوند. این موضوع می‌تواند در زمینه‌های مختلف اثرگذار باشد. پیشنهاد می‌شود در سازمان‌ها و ارگان‌ها، ارتباطات شفاف‌تر و مبتنی بر منطق و دلایل علمی موجب تقویت همکاری‌ها و ایجاد

محیط‌های کاری مثبت‌تر شود. هم‌چنین در دانشگاه‌ها، گفتمان‌های علمی و کلاس‌های گروهی می‌توانند به بهبود تفکر نقادانه و تقویت کار گروهی در میان دانشجویان کمک کنند.

یکی از روش‌های ملموس برای نشان دادن تاثیر تفکر نقادانه، توسعه برنامه‌های آموزشی است. در دانشگاه‌ها، می‌توان دوره‌هایی برای آموزش این مهارت‌ها طراحی کرد و از آن‌ها برای تدریس تفکر نقادانه به دانشجویان در تمامی رشته‌های مهندسی استفاده کرد. در سازمان‌ها نیز برنامه‌های آموزشی می‌توانند کارکنان را با فنون و ابزارهای تفکر نقادانه آشنا کرده و آن‌ها را به استفاده از این مهارت‌ها در محیط کار تشویق کنند.

پیشنهاد می‌شود سازمان‌ها فرصت‌های یادگیری مداوم را برای کارکنان فراهم کنند، از جمله کارگاه‌های آموزشی، دوره‌های آنلاین و برنامه‌های مربی‌گری. نهادینه کردن فرهنگ یادگیری در سازمان‌ها می‌تواند کارکنان را تشویق کند تا دانش و شایستگی‌های خود را به‌روزرسانی کنند.

پیشنهاد می‌شود سازمان‌ها در جهت حمایت از نوآوری و خلاقیت، به کارکنان فرصت دهند تا ایده‌های جدید را آزمایش کنند. ایجاد فضایی برای تبادل نظر و ارائه ایده‌های جدید می‌تواند به تقویت تفکر نقادانه کمک کند.

پیشنهاد می‌شود با برگزاری کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی در زمینه روش‌های حل مسئله، تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری، و هم‌چنین استفاده از مطالعات موردی و شبیه‌سازی‌ها، شایستگی‌های حل مسئله را در بین کارکنان افزایش دهند.

پیشنهاد می‌شود نظام آموزشی به‌گونه‌ای تغییر کند که یادگیرندگان را با شایستگی‌های پایدار و قابل انتقال توانمند سازد تا بتوانند در هر شرایطی با هر مشکلی روبه‌رو شوند. یکی از اهداف مهم آموزش، توسعه افرادی است که توانایی تفکر نقادانه داشته باشند و بتوانند خود را با شرایط مختلف تطبیق دهند، مشکلات را حل کنند و از دانش به‌صورت منطقی، تحلیلی و منظم استفاده کنند.

منابع

Abolhasani, Z. , Dehghani, M. , Javadipour, M. , Salehi, K. and Mohammadhasani, N. (2021). An analysis of the role of design thinking in promoting the 21st-century skills: A systematic 98. doi: 10.22061/tej.2021.7206.2508-1), 81)review. *Technology of Education Journal (TEJ),* 16

Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Waddington, D. I., Wade, C. A., & Persson, T. (2015). Strategies for teaching students to think critically: A meta-analysis. *Review of educational research*, *85*(2), 275-314.

Ahern, A., Dominguez, C., McNally, C., O'Sullivan, J. J., & Pedrosa, D. (2019). A literature review of critical thinking in engineering education. *Studies in Higher Education*, *44*(5), 816-828.

Ahern, A., Dominguez, C., McNally, C., O'Sullivan, J. J., & Pedrosa, D. (2019). A literature review of critical thinking in engineering education. *Studies in Higher Education, 44*(5), 816–828.

Ahmed, S., & Jones, D. (2021). The impact of specialized training on critical thinking in industrial environments. *Journal of Social Sciences, 58*(3), 45-59.

Ahuna, K. H., Tinnesz, C. G., & Kiener, M. (2014). A new era of critical thinking in professional programs. *Transformative Dialogues: Teaching and Learning Journal, 7*(3).

Alavi, M., Smith, K., & Johnson, P. (2022). Problem-solving skills in chemical engineering graduates. *Journal of Chemical Engineering Education, 45*(2), 123-138.

Alavi, M., Smith, K., & Johnson, P. (2022). Problem-solving skills in chemical engineering graduates. *Journal of Chemical Engineering Education*, 45(2), 123-138.

Alkhatib, A., Ayari, M. A., & Hawari, A. H. (2021). Fouling mitigation strategies for different

foulants in membrane distillation. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification, 167,* 108517.

Alsaleh, N. J. (2020). Teaching critical thinking skills: Literature review. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET, 19*(1), 21-39.

Bastas, A. (2021). Sustainable manufacturing technologies: A systematic review of latest trends and themes. *Sustainability*, *13*(8), 4271.

Beanland, D., & Hadgraft, R. (2013). Approaches to the transformation of engineering education. In *Engineering education: Transformation and innovation: Transformation and innovation* (pp. 91-120). Melbourne, Vic.: RMIT University Press.

Beckmann, J. F., & Guthke, J. (2014). Complex problem solving, intelligence, and learning ability. In *Complex problem solving* (pp. 177-200). Psychology Press.

Bernauer, J. A., Lichtman, M., Jacobs, C., & Robinson, S. (2013). Blending the old and the new: Qualitative data analysis as critical thinking and using NVivo with a generic approach. *The Qualitative Report, 18*(31), 1-10

Berry, L. L., Shankar, V., Parish, J. T., Cadwallader, S., & Dotzel, T. (2006). Creating new markets through service innovation. *MIT Sloan management review*.

Brookfield, S. (2020). *Teaching critical thinking: Tools and techniques*. Jossey-Bass.

Brookfield, S. D. (2011). *Teaching for critical thinking: Tools and techniques to help students question their assumptions*. John Wiley & Sons

Brown, K. W., & Ryan, R. M. (2003). The benefits of being present: mindfulness and its role in being. *Journal of personality and social psychology*, *84*(4), 822. psychological well

Brown, K., & Wang, X. (2024). Impact of training programs on critical thinking skills in chemical engineering. *Chemical Engineering Education, 58*(1), 34-49.

Bruno, B., & Anderson, A. (2005). Using objective-driven heat transfer lab experiences to simultaneously teach critical thinking skills and technical content. In *Proc. ASME Int. Mechanical Engineering Cong. Expo.*, Orlando, FL. http://dx.doi.org/10.1115/imece2005-82689

Burns, S., Hoan, E., Hreno, S., Yu, E., Brathwaite, L., Wiebe, J. P., ... & Perlman, M. (2024). Navigating technology in the classroom: a scoping review of technology use during peer collaboration in early educational settings. *Educational Review*, *76*(7), 2063-2089.

Butterworth, J., & Thwaites, G. (2013). *Thinking skills: Critical thinking and problem solving*. Cambridge University Press.

Carter, L., & Wong, E. (2022). Cognitive flexibility and its influence on critical thinking. *Journal of Applied Psychology, 110*(3), 321-337.

Casner-Lotto, J., & Barrington, L. (2006). *Are they really ready to work? Employers' perspectives on the basic knowledge and applied skills of new entrants to the 21st century US workforce*. Partnership for 21st Century Skills. 1 Massachusetts Avenue NW Suite 700, Washington, DC 20001.

Chabrak, N., & Craig, R. (2013). Student imaginings, cognitive dissonance and critical thinking. *Critical perspectives on accounting*, *24*(2), 91-104.

Charan, T. P., & Patre, S. R. (2022, December). Orientation-independent flower-shaped chipless RFID tag for ISM band applications. In *2022 IEEE Microwaves, Antennas, and Propagation Conference (MAPCON)* (pp. 1495-1498). IEEE.

Claris, L., & Riley, D. (2012). Situation critical: critical theory and critical thinking in engineering education. *Engineering Studies*, *4*(2), 101-120.

Claris, L., & Riley, D. (2013). Situation critical: Critical theory and critical thinking in engineering education [career advisor]. *IEEE Women in Engineering Magazine, 7*(1), 32-36.

Clarke, L. E., & Gabert, T. E. (2004). Faculty issues related to adult degree programs. *New Directions for Adult and Continuing Education, 2004*(103), 31–40.

Dominguez, C. E., Dumitru, D., Bigu, D., Elen, J., Jiang, L., Railiene, A., ... & Palaigeorgiou, G. (2018). A European collection of the critical thinking skills and dispositions needed in different professional fields for the 21st century. *Thinking Skills and Creativity, 29*, 124-135

Douglas, S. N., Chapin, S. E., & Nolan, J. F. (2016). Special education teachers' experiences supporting and supervising paraeducators: Implications for special and general education settings. *Teacher Education and Special Education*, *39*(1), 60-74.

Dreiling, A., & Recker, J. (2013). Towards a theoretical framework for organizational innovation. In *Proceedings of the 17th Pacific Asia conference on information systems (PACIS)* (pp. 1-14). Association for Information Systems (AIS).

Duron, R., Limbach, B., & Waugh, W. (2006). Critical thinking framework for any discipline. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education, 17*(2), 160-166.

Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. Random house.

Dwyer, C. P., Hogan, M. J., & Stewart, I. (2014). An integrated critical thinking framework for the 21st century. *Thinking skills and Creativity*, *12*, 43-52.

Elder, L., & Paul, R. (2010). Critical thinking: Competency standards essential for the cultivation of intellectual skills, part 1. *Journal of Developmental Education, 34*(2), 38-39.

Engel, S. (2011). Children's need to know: Curiosity in schools. *Harvard educational review*, *81*(4), 625-645.

Ennis, R. H. (1985). *Developing minds: A resource book for teaching thinking* (3rd ed.). Association for Supervision and Curriculum Development.

Ennis, R. H. (1989). Critical thinking and subject specificity: Clarification and needed research. *Educational Researcher, 18*(3), 4-10.

Facione, N. C., & Facione, P. A. (1994). The" California Critical Thinking Skills Test" and the National League for Nursing Accreditation Requirement in Critical Thinking.

Facione, P. (1990). Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction (The Delphi Report).

Facione, P. A. (2021). Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight Assessment*

Felder, R. M. (1987). On creating creative engineers. *Engineering Education, 77*(4), 222–227.

Friedman, N., Fekete, T., Gal, K., & Shriki, O. (2019). EEG-based prediction of cognitive load in intelligence tests. *Frontiers in human neuroscience*, *13*, 191.

Gelder, T. V. (2005). Teaching critical thinking: Some lessons from cognitive science. *College teaching*, *53*(1), 41-48.

Gellin, A. (2003). The effect of undergraduate student involvement on critical thinking: A meta-analysis of the literature 1991–2000. *Journal of College Student Development, 44*(6), 746–762.

Ghaith, M. M. (2024). The Effects of Soft Skills and Training Methodology on the Students' Learning Performance and Graduate Employability in Jordan. *Research and Advances in Education*, *3*(1), 1-12.

Gonzalez, A., & Ramos, C. (2020). The role of organizational culture in enhancing critical thinking. *Journal of Cultural Management, 7*(2), 112-126

Gordon, R. (2022). *Critical thinking in engineering education and practice*. Springer.

Green, M., & Patel, V. (2023). Interdisciplinary interactions and their effect on critical thinking in chemical engineering. *Journal of Scientific Interactions, 14*(2), 87-101.

Gul, R., Cassum, S., Ahmad, A., Khan, S., Saeed, T., & Parpio, Y. (2010). Enhancement of critical thinking in curriculum design and delivery: A randomized controlled trial for educators. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *2*(2), 3219-3225.

Güner, P., & Gökçe, S. (2021). Linking critical thinking disposition, cognitive flexibility and achievement: Math anxiety's mediating role. *The Journal of Educational Research, 114*(5), 458-473.

Gurmen, N. M., Lucas, J. J., Malmgren, R. D., & Folger, H. S. (2003). Improving critical thinking and creative problem solving skills by interactive troubleshooting. In *Proc. 108th ASEE Annual Conference*, Nashville, TN.

Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains: Disposition, skills, structure training, and metacognitive monitoring. *American Psychologist, 53*(4), 449.

Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains—Dispositions, skills, structure training, and metacognitive monitoring. *American Psychologist, 53*, 449–455.

Halpern, D. F. (2013). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking*. Psychology press.

Hanley, G. L. (1995). Teaching critical thinking: Focusing on metacognitive skills and problem solving. *Teaching of Psychology, 22*(1), 68-72.

Heard, J., Harriott, C. E., & Adams, J. A. (2018). A survey of workload assessment algorithms. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, *48*(5), 434-451.

Heinrich, W. F., Habron, G. B., Johnson, H. L., & Goralnik, L. (2015). Critical thinking assessment across four sustainability-related experiential learning settings. *Journal of Experiential Education*, *38*(4), 373-393.

Hitchcock, D. (2018). Critical thinking.

Holmes, T. L. (2022). *Servant Leadership: Evaluating Its Impact on Organizational Culture and Outcomes in For-Profit Companies*. Dallas Baptist University.

Inandan, M. S. (2023). Effectiveness of reward system on assessment outcomes in mathematics. *Journal of Contemporary Educational Research, 7*(9), 52-58.

Indah, N. K. (2024). Application of Electronic-Student Worksheets Based on a Scientific Approach to Train Students' Critical Thinking Skills of Bryophytes Material. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, *13*(3), 754-764.

Ivleva, N. V. (2016, November). Teaching critical thinking to engineering students through reading profession-oriented texts. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 155, No. 1, p. 012022). IOP Publishing.

Javid, P., Aydın, A., Mohanna, P. N., Dasgupta, P., & Ahmed, K. (2019). Current status of simulation and training models in microsurgery: a systematic review. *Microsurgery*, *39*(7), 655-668.

Johnson, A., & Lee, H. (2023). Teamwork and its impact on critical thinking development in engineering graduates. *Journal of Social Interactions, 51*(4), 77-93.

Jonassen, D. H. (2010). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. Routledge.

Jonassen, D. H. (2021). *Learning to solve problems: An instructional design guide*. Routledge.

Jones, A. (2015). A disciplined approach to critical thinking. In *The Palgrave handbook of critical thinking in higher education* (pp. 169-182). New York: Palgrave Macmillan US.

Kallet, M. (2014). *Think smarter: Critical thinking to improve problem-solving and decision-making skills*. John Wiley & Sons.

Kirmizi, F. S., Saygi, C., & Yurdakal, I. H. (2015). Determine the relationship between the disposition of critical thinking and the perception about problem solving skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 191,* 657-661.

Kirn, A., & Benson, L. (2018). Engineering students' perceptions of problem-solving and their future. *Journal of Engineering Education, 107*(1), 87–112.

Kruser, J. M., Solomon, D., Moy, J. X., Holl, J. L., Viglianti, E. M., Detsky, M. E., & Wiegmann, D. A. (2023). Impact of interprofessional teamwork on aligning intensive care unit care with patient goals: a qualitative study of transactive memory systems. *Annals of the American Thoracic Society*, *20*(4), 548-555.

Ku, K. Y. (2009). Assessing students' critical thinking performance: Urging for measurements

using multi-response format. *Thinking skills and creativity*, *4*(1), 70-76.

Kumar, A. (2024). The importance of critical thinking in education: Nurturing tomorrow's problem solvers.

Lane, C. A. (Ed.). (2022). *Handbook of research on acquiring 21st century literacy skills through game-based learning*. IGI Global.

Lattuca, L. R. (2001). *Creating interdisciplinarity: Interdisciplinary research and teaching among college and university faculty*. Vanderbilt University Press.

Lee, J., & Park, S. (2021). Factors affecting critical thinking skills in engineering education. *Journal of Engineering Education, 110*(4), 623-641.

Lipman, M. (2003). *Thinking in education* (Vol. 304). Cambridge University Press.

Livingston, J. A. (2003). Metacognition: An Overview.

Lombardo, S. J. (2004). Using small blocks of time for active learning and critical thinking. *Chemical Engineering Education, 38*(2), 150-153.

Lunt, B. M., & Helps, C. R. G. (2001). Problem solving in engineering technology: Creativity, estimation and critical thinking are essential skills. In *ASEE Annual Conference & Exposition* (Vol. 9).-803, pp. 1

Lunt, B. M., & Helps, R. G. (2001). Problem solving in engineering technology: Creativity, estimation and critical thinking are essential skills. In *Proceedings of the 108th ASEE Annual Conference*, Albuquerque, NM.

Mahdyeh, N., & Arefi, M. (2014). A comparison of critical thinking, self-efficacy, and academic performance among students of faculty of humanities and engineering. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, 4*(1), 153-162.

Martin, J. (2001). *Organizational culture: Mapping the terrain*. Sage Publications.

McGowan, V. C., & Bell, P. (2020). Engineering education as the development of critical sociotechnical literacy. *Science & Education*, *29*(4), 981-1005.

McNeill, N. J., Douglas, E. P., Koro Ljungberg, M., Therriault, D. J., & Krause, I. (2016). Undergraduate students' beliefs about engineering problem-solving. *Journal of Engineering Education, 105*(4), 560–584.

Michaluk, L. M., Martens, J., Damron, R. L., & High, K. A. (2016). Developing a methodology for teaching and evaluating critical thinking skills in first-year engineering students. *International Journal of Engineering Education*, *32*(1), 84-99

Miller, R. L. & Olds, B. (1994). Encouraging critical thinking in an interactive chemical engineering environment. In *Proc. 24th Ann. Frontiers Education Conf., San Jose*, CA. http://dx.doi.org/10.1109/fie.1994.580590

Miller, R. L., & Olds, B. (1994). Encouraging critical thinking in an interactive chemical engineering environment. In *Proceedings of the 24th Annual Frontiers in Education Conference*, San Jose, CA. http://dx.doi.org/10.1109/fie.1994.580590

Mina, M., Omidvar, I., & Knott, K. (2003). Learning to think critically to solve engineering problems: Revisiting John Dewey's ideas for evaluating engineering education. In *Proceedings of the 110th ASEE Annual Conference*, Nashville, TN.

Mitchell, A., Scott, M. J., Alshaigy, B., Geraldes, W. B., Garcia, R., Gutica, M., ... & Wu, X. (2024, December). Exploring Approaches to Assessing Student Teamwork in Undergraduate Computing Projects. In *Proceedings of the 2024 on ACM Virtual Global Computing Education Conference V. 2* (pp. 285-286).

Murensky, C. L. (2000). The relationships between emotional intelligence, personality, critical thinking ability and organizational leadership performance at upper levels of management. *George Mason University*.

Nagji, B., & Tuff, G. (2012). Managing your innovation portfolio. *Harvard Business Review*, *90*(5), 66-74.

Naimpally, A., Ramachandran, H., & Smith, C. (2012). *Lifelong learning for engineers and scientists in the information age*. *European Journal of Engineering Education*

Nazzal, L. J. (2015). *Engineering creativity: Differences in creative problem solving stages across domains*. University of Connecticut.

Nelson, S. (2001). Impact of technology on individuals and society: A critical thinking and lifelong learning class for engineering students. In *Proceedings of the 31st Annual Frontiers in Education Conference*, Reno, NV. http://dx.doi.org/10.1109/fie.2001.963983

Nelson, S. (2001, October). " Impact of technology on individuals and society": a critical thinking learning class for engineering students. In *31st Annual Frontiers in Education Conference.* and lifelong *Impact on Engineering and Science Education. Conference Proceedings (Cat. No. 01CH37193)* (Vol. 3, pp. S1B-14). IEEE.

Nigusie, G. T., & Getachew, H. (2019). The effect of reward system on employee creativity. *Journal of Higher Education Service Science and Management (JoHESSM), 2*(1).

Nishat Faisal, M., Banwet, D. K., & Shankar, R. (2006). Supply chain risk mitigation: Modeling the enablers. *Business Process Management Journal, 12*(4), 535-552.

Papadopoulos, C., Rahman, A., & Bostwick, J. (2006). Assessing critical thinking in mechanics in engineering education. In *Proceedings of the 113th ASEE Annual Conference*, Chicago, IL.

Paul, R., & Elder, L. (2006). *Critical thinking competency standards*. Dillon Beach: Foundation for critical thinking.

Pogonowski, L. (1987). Developing skills in critical thinking and problem solving. *Music Educators Journal, 73*(6), 37-41.

Polat, S. (2020). Multidimensional analysis of the teaching process of the critical thinking skills. *Research in Social Sciences and Technology, 5*(2), 134-157.

Puccio, G. J., & Cabra, J. F. (2010). Organizational creativity. *The Cambridge handbook of creativity*, *145*.

Putra, P. D. A., Sulaeman, N. F., Supeno, & Wahyuni, S. (2021). Exploring students' critical thinking skills using the engineering design process in a physics classroom. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 1-9.

Putra, P. D. A., Sulaeman, N. F., Supeno, & Wahyuni, S. (2021). Exploring students' critical thinking skills using the engineering design process in a physics classroom. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 1-9.

Radulović, L., & Stanišić, M. (2017). What is needed to develop critical thinking in schools? *Center for Educational Policy Studies Journal, 7*(3), 9-25.

Rarita, M. (2022). The relevance of critical thinking from the perspective of professional training. *Postmodern Openings, 13*(2), 499-513.

Rezaee, M., Farahian, M., & Ahmadi, A. M. (2012). Critical thinking in higher education: Unfulfilled expectations. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience, 3*(2), 64-73.

Rosales-Vera, M. (2023). How to solve engineering problems involving turbulent drag: Exact, asymptotic analytical and numerical techniques. *International Journal of Mechanical Engineering Education*. https://doi.org/10.1177/03064190231202931

Rosli, I. (2017). *The impact of soft skills training and development using time space learning on work performance/Rosli Ibrahim* (Doctoral dissertation, University of Malaya).

Scheibling-Sève, C., Pasquinelli, E., & Sander, E. (2022). Critical thinking and flexibility. In *Cognitive flexibility: The cornerstone of learning* (pp. 77-112).

Schein, E. H. (1993). On dialogue, culture, and organizational learning. *Organizational Dynamics,*

22(2), 40-51.

Settanni, E., Heijungs, R., & Srai, J. S. (2023). Where have all the equations gone? A unified view on semi-quantitative problem structuring and modelling. *Journal of the Operational Research Society, 74*(1), 290-309.

Shai, S. S. (2022). Practice research on mathematics critical thinking ability cultivation strategy based on flipped classroom. *Journal of Educational Research and Policies*, *4*(8), 178-181.

Shapero, B. G., Greenberg, J., Mischoulon, D., Pedrelli, P., Meade, K., & Lazar, S. W. (2018). Mindfulness-based cognitive therapy improves cognitive functioning and flexibility among individuals with elevated depressive symptoms. *Mindfulness*, *9*, 1457-1469.

Shubina, I., & Kulakli, A. (2018, June). Critical thinking in relation with educational technologies. In *Proceedings of ERPA International Congress on Education*, Istanbul, Turkey (pp. 685-692).

Silvia, O. W., Jayadinata, A. K., & Rahayu, G. D. S. Improving the critical thinking ability of class 5 students in science learning using the project based learning model. *Current Issues on Elementary Education Journal*, *3*(1), 1-8.

Sinaga, P., & Setiawan, W. (2022). The impact of electronic interactive teaching materials (EITMs) in e-learning on junior high school students' critical thinking skills. *Thinking Skills and Creativity*, *46*, 101066.

Smith, R., & Brown, T. (2023). Organizational support and critical thinking development among engineering employees. *Industrial Management Journal, 65*(1), 89-105.

Smith, T., & Johnson, A. (2023). The role of organizational culture in developing critical thinking among engineers. *International Journal of Engineering Research, 19*(2), 45-59.

Snyder, L. G., & Snyder, M. J. (2008). Teaching critical thinking and problem solving skills. *The Journal of Research in Business Education, 50*(2), 90.

Sola, E., Hoekstra, R., Fiore, S., & McCauley, P. (2017). An investigation of the state of creativity and critical thinking in engineering undergraduates. *Creative Education*, *8*(09), 1495.

Stobaugh, R. (2013). *Assessing critical thinking in middle and high schools: Meeting the Common Core*. Routledge.

Šuligoj, V., Žavbi, R., & Avsec, S. (2020). Interdisciplinary critical and design thinking. *International journal of engineering education*, *36*(1), 84-95.

Suter, W. N. (2012). *Introduction to educational research: A critical thinking approach*. Sage.

Swaile, B. H., & Kreppel, M. C. (2001). Building critical thinking, teamwork and communication skills through professional ethics in engineering and chemical technology. In *Proceedings of the 108th ASEE Annual Conference*, Albuquerque, NM.

Tan, C. (2017). Teaching critical thinking: Cultural challenges and strategies in Singapore. *British educational research journal*, *43*(5), 988-1002.

Taufek, F. H. B. M., Zulkifle, Z. B., & Sharif, M. Z. B. M. (2016). Sustainability in employment: Reward system and work engagement. *Procedia Economics and Finance, 35,* 699-704.

Taylor, M., Fudge, A., Mirriahi, N., & de Laat, M. (2021). Use of digital technology in education: Literature review. *South Australian Department for Education on behalf of The Centre for Change and Complexity in Learning, The University of South Australia.*

Thakkar, J., Kanda, A., & Deshmukh, S. G. (2008). Interpretive structural modeling (ISM) of IT-enablers for Indian manufacturing SMEs. *Information Management & Computer Security, 16*(2), 113-136.

Thomas, K., & Lok, B. (2015). Teaching critical thinking: An operational framework. In *The Palgrave handbook of critical thinking in higher education* (pp. 93-105). New York: Palgrave Macmillan US.

Thompson, M. A., Owen, S., Lindsay, J. M., Leonard, G. S., & Cronin, S. J. (2017). Scientist and stakeholder perspectives of transdisciplinary research: Early attitudes, expectations, and tensions. *Environmental Science & Policy*, *74*, 30-39

Thompson, P., & Walker, S. (2020). The role of educational technologies in fostering critical thinking. *Journal of Technology and Innovation, 63*(3), 34-49.

Toharudin, U. (2017). Critical thinking and problem solving skills: How these skills are needed in educational psychology. *International Journal of Science and Research, 6*(3), 2004-2007.

Tucker, R. B. (2001). Innovation: the new core competency. *Strategy & Leadership*, *29*(1), 11-14.

Tümkaya, S., Aybek, B., & Aldaş, H. (2009). An investigation of university students' critical thinking disposition and perceived problem solving skills. *Eurasian Journal of Educational Research (EJER), (36).*

Twohill, L. (2012). *The curious case of creativity. Think with Google.*

Ure, H. (2012). *The effect of the engineering design process on the critical thinking skills of high school students*. Brigham Young University.

Uzumcu, O., & Bay, E. (2021). The effect of computational thinking skill program design developed according to interest-driven creator theory on prospective teachers. *Education and Information Technologies, 26*(1), 565-583.

Valenzuela, J., Nieto, A. M., & Muñoz, C. (2014). Motivación y disposiciones: enfoques alternativos para explicar el desempeño de habilidades de pensamiento crítico. *Revista electrónica de investigación educativa*, *16*(3), 16-32.

Warfield, J. N. (1974). Developing interconnection matrices in structural modeling. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, (1)*, 81-87.

White, T., & Harris, J. (2022). Educational support and critical thinking enhancement in chemical engineering students. *Journal of Higher Education, 69*(4), 201-216.

Williams, C. J., Dziurawiec, S., & Heritage, B. (2018). More pain than gain: Effort–reward imbalance, burnout, and withdrawal intentions within a university student population. *Journal of Educational Psychology*, *110*(3), 378.

Wilson, B. (2012). An experiential approach to improving students' critical-thinking and problem-solving skills. *Teaching Public Relations Monographs, 83*, 1-4.

Wolverton, R. H., & Wolverton, J. B. (2003). Implementation of ethics education throughout an engineering college. In *Proceedings of the 108th ASEE Annual Conference*, Nashville, TN.

Yanchar, S. C., Gibbons, A. S., Gabbitas, B. W., & Matthews, M. T. (2017). Critical thinking in the field of educational technology: Approaches, projects, and challenges. In *Educational Media and Technology*

Yanchar, S. C., Gibbons, A. S., Gabbitas, B. W., & Matthews, M. T. (2017). Critical thinking in the field of educational technology: Approaches, projects, and challenges. *Educational Media and Technology Yearbook: Volume 40*, 127-147.

Yazgan, A. D. (2010). Potter, WJ (2005). Media Literacy: Sage Publications. Thousand Oaks. US 467 pages.

Yu, K. C., Wu, P. H., & Fan, S. C. (2020). Structural relationships among high school students' scientific knowledge, critical thinking, engineering design process, and design product. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *18*(6), 1001-1022.

Zhang, X., Liu, R., Yan, W., Wang, Y., Jiang, Z., & Feng, Z. (2022). Effect analysis of online and offline cognitive internships based on the background of engineering education accreditation. *Sustainability*, *14*(5), 2706.