LBCIJ. Vol.4, No.3, 2025
Learner-Based Curriculum and Instruction Journal (LBCIJ)
EISSN: 3060-5857
Journal Homepage:LBCIJ.Tabrizu.ac.ir

Modeling the Key Factors in Fostering Critical Thinking among Engineering Students: An Exploratory Sequential Mixed Methods Study

Zahra Akbari Pordanjani[1], Keyvan Salehi[2]✉, Akram Hosseinian[3], Mohammad Javadipour[4]

1. MSc in Engineering Education, Faculty of Engineering Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran (E-mail: zahra.akbari.7193@ut.ac.ir)
2. Corresponding Author, Associate Professor, Division of Research and Assessment, Faculty of Psychology and Education, University of Tehran, Tehran, Iran (E-mail: keyvansalehi@ut.ac.ir)
3. Associate Professor, Faculty of Engineering Science, University of Tehran, Tehran, Iran (E-mail: Hoseinian@ut.ac.ir)
4. Associate Professor, Department of Methods, Curriculum and Educational Planning, Faculty of Psychology and Education, University of Tehran, Tehran, Iran (E-mail: javadipour@ut.ac.ir)

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 21 March 2025
Revised: 22 April 2025
Accepted: 4 May 2025
Published: 21 December 2025

Keywords:
chemical engineering, critical thinking, ISM, interpretive structural modeling, MICMAC

ABSTRACT

Objective: Critical thinking is the key to solve complex engineering problems. This competency transforms students into capable analysts. In the multidimensional realm of engineering, identifying and strengthening the factors that influence this thinking is the driving force for enhancing educational quality and fostering innovative solutions. Accordingly, the aim of this study is to identify and model the factors affecting critical thinking among engineering students.

Method: This study employed an exploratory mixed-methods approach. In the qualitative phase, a systematic review based on PRISMA was conducted on articles from Scopus and Science Direct. Additionally, factors influencing critical thinking were extracted through document analysis, comparative studies, and expert interviews. In the quantitative phase, the relationships among these factors were examined and structured using Interpretive Structural Modeling (ISM). Subsequently, MICMAC analysis was applied to determine the driving power and dependence of the factors and to validate the qualitative findings.

Results: Among the eleven factors identified, eight key factors—including interactive teaching methods, quality of educational content, analytical and problem-solving skills, support, evaluation, and feedback systems, creativity development, environmental–cultural factors, the use of technology in education, and individual and motivational factors—were found to have a significant impact on enhancing critical thinking among engineering students.

Conclusion: The findings indicate that strengthening critical thinking in engineering education requires a systematic perspective and a focus on independent and linkage factors. Redesigning curricula, developing interactive teaching methods, and revising assessment systems can contribute to educating competent engineers who are well prepared to address emerging and complex challenges.

Cite this article: Akbari Pordanjani, Z., Salehi, K., Hosseinian, A., & Javadipour, M. (2025). Modeling the Key Factors in Fostering Critical Thinking among Engineering Students: An Exploratory Sequential Mixed Methods Study. *Journal of Learner Based Curriculum and Instruction*, *4*(3), 51-83. DOI: 10.22034/cipj.2025.64534.1249

© The Author(s).
Publisher: University of Tabriz.

Extended Abstract

Introduction

Critical thinking is the cornerstone of modern education, transforming students into adept analysts and problem-solvers. In the high-stakes field of chemical engineering—where multifaceted challenges like experimental design and process optimization are routine—this competency is paramount. Yet, our understanding of how to cultivate it remains fragmented, often overlooking the intricate web of interacting factors that drive its development.

This University of Tehran study addresses this gap head-on. By employing Interpretive Structural Modeling (ISM) and MICMAC analysis, the research maps the hidden architecture of critical thinking. It reveals a coherent, system-oriented model that illustrates how educational, individual, and environmental factors dynamically interconnect to shape this vital competency in chemical engineering students. The findings provide a crucial roadmap for designing impactful and sustainable educational reforms.

Method

This study adopted an exploratory mixed-methods research design to comprehensively investigate the factors influencing critical thinking in chemical engineering education. The research process was conducted in two sequential phases: a qualitative phase followed by a quantitative phase.

In the qualitative phase, data were collected through an extensive review of the relevant literature, document analysis, comparative analysis of related empirical studies, and semi-structured interviews with experts in engineering education and curriculum development. The purpose of this phase was to gain a deep understanding of the conceptual and practical dimensions of critical thinking and to identify the factors that facilitate or hinder its development. Content analysis techniques were employed to systematically analyze the qualitative data, leading to the identification of 11 preliminary factors related to instructional practices, learning environments, individual characteristics, and institutional support.

Based on the qualitative findings, a structured questionnaire was developed to assess the relationships among the identified factors. In the quantitative phase, Interpretive Structural Modeling (ISM) was used to examine the contextual relationships among the factors and to construct a hierarchical structural model that illustrates their levels of influence. ISM enabled the researchers to move beyond simple correlations and to explore how certain factors act as foundational drivers while others emerge as outcomes.

Subsequently, MICMAC (Cross-Impact Matrix Multiplication Applied to Classification) analysis was conducted to classify the factors based on their driving power and dependence. This analysis provided further validation of the qualitative findings and offered a systematic classification of variables into independent, linkage, and dependent categories.

Result

The results of the study revealed that among the 11 factors identified in the qualitative phase, eight factors had a statistically significant influence on the development of critical thinking among chemical engineering students. These key factors included interactive teaching methods, quality of educational content, analytical and problem-solving abilities, assessment, support, and feedback systems, development of critical and creative thinking skills, the educational and cultural environment, use of technology and digital tools in learning, and individual and motivational factors.

The ISM results organized these factors into a structured hierarchical framework, demonstrating how foundational factors influence higher-level outcomes. Factors such as content quality, educational

support systems, and creative thinking development emerged as central elements that drive other variables within the system. MICMAC analysis further classified the factors into three categories. Linkage factors—such as educational content quality and support systems—exhibited both high driving power and high dependency, indicating their pivotal and sensitive role within the system. Dependent factors, including teaching methods and environmental influences, were highly influenced by other variables. Independent factors, particularly the development of critical and creative thinking skills, showed strong driving power with minimal dependency.

Conclusion

Critical thinking plays a pivotal role in empowering engineering students to address complex, uncertain, and multifaceted problems effectively. The findings of this study, derived from ISM and MICMAC analyses, underscore the necessity of adopting a systemic and interconnected approach to curriculum design in chemical engineering education. Rather than focusing on isolated instructional strategies, educational reforms should prioritize key linkage and independent factors that exert the greatest influence across the system.

Enhancing instructor–student interaction, integrating technology-based learning tools, improving the quality of educational content, and designing assessment methods grounded in analysis and creativity can collectively foster critical thinking as a sustained intellectual habit. By strengthening these core determinants, higher education institutions can not only improve the quality of engineering education but also equip future chemical engineers with the analytical, reflective, and strategic competencies required to navigate emerging scientific and industrial challenges.

دوره: چهارم / شماره: ۳
فصلنامه برنامه درسی و آموزش یادگیرنده محور
E-ISSN=3060-5857
سامانه lbcij.tabrizu.ac.ir

مدل‌سازی عوامل کلیدی پرورش تفکر نقادانه در دانشجویان مهندسی: یک پژوهش روش‌های آمیخته اکتشافی

زهرا اکبری پردنجانی[۱]، کیوان صالحی[۲]✉، اکرم حسینیان[۳]، محمد جوادی پور[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آموزش مهندسی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تهران، ایران (رایانامه: zahra.akbari.7193@ut.ac.ir)
۲. نویسنده مسئول، دانشیار، بخش تخصصی پژوهش و سنجش، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (رایانامه: keyvansalehi@ut.ac.ir)
۳. دانشیار، گروه آموزشی علوم پایه وآموزش مهندسی، دانشکده علوم مهندسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (رایانامه: Hoseinian@ut.ac.ir)
۴. دانشیار، گروه روش‌ها و برنامه‌ریزی آموزشی و درسی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (رایانامه: javadipour@ut.ac.ir)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

سابقه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱ فروردین ۱۴۰۴
تاریخ بازنگری: ۲ اردیبهشت ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴ اردیبهشت ۱۴۰۴
تاریخ انتشار: ۳۰ آذر ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:
تفکر نقادانه، مدلسازی ساختاری تفسیر، مهندسی، ISM، MICMAC

چکیده

هدف: تفکر نقادانه، کلید حل مسائل پیچیده مهندسی است. برخورداری از این شایستگی، دانشجویان را به تحلیلگرانی توانمند تبدیل می‌کند. در فضای چندبعدی مهندسی، شناسایی و تقویت عوامل مؤثر بر این تفکر، موتور محرک ارتقای کیفیت آموزش و خلق راه‌حل‌های نوآورانه است. هدف این پژوهش، شناسایی و مدلسازی عوامل تأثیرگذار بر تفکر نقادانه در میان دانشجویان مهندسی است.

روش پژوهش: پژوهش حاضر با رویکرد آمیخته و طرح اکتشافی انجام شد. در بخش کیفی، یک بررسی نظام‌مند بر اساس دستورالعمل PRISMA صورت‌گرفت و مقالات نمایه‌شده در پایگاه‌های اسکوپوس و ساینس‌دایرکت تحلیل شدند. با بهره‌گیری از تحلیل اسناد، تحلیل محتوای مقایسه‌ای پژوهش‌های مرتبط و مصاحبه با خبرگان، عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه استخراج شد. در بخش کمّی، روابط میان عوامل شناسایی‌شده با استفاده از تحلیل معادلات ساختاری تفسیری (ISM) بررسی و سطح‌بندی گردید. سپس با به‌کارگیری تحلیل تاثیرات متقابل مستقیم و غیرمستقیم (MICMAC)، میزان اثرگذاری و اثرپذیری متقابل عوامل مشخص و یافته‌های کیفی تأیید شد.

یافته‌ها: از میان ۱۱ عامل استخراج‌شده، هشت عامل کلیدی شامل روش‌های تدریس تعاملی، کیفیت محتوای آموزشی، توانایی تحلیل و حل‌مسئله، نظام پشتیبانی و بازخورد، پرورش خلاقیت، عوامل محیطی ـ فرهنگی، کاربرد فناوری در آموزش و عوامل فردی–انگیزشی، تأثیر معناداری بر تقویت تفکر نقادانه دانشجویان مهندسی دارند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که تقویت تفکر نقادانه در آموزش مهندسی مستلزم نگاهی سیستماتیک و تمرکز بر عوامل مستقل و ارتباطی است. بازطراحی برنامه‌های درسی، توسعه روش‌های تدریس تعاملی و بازنگری نظام‌های ارزیابی می‌تواند زمینه‌ساز تربیت مهندسانی توانمند و آماده برای مواجهه با چالش‌های نوین باشد.

استناد: اکبری پردنجانی، زهرا؛ صالحی، کیوان؛ حسینیان، اکرم؛ و جوادی پور، محمد (۱۴۰۴). مدل‌سازی عوامل کلیدی پرورش تفکر نقادانه در دانشجویان مهندسی: یک پژوهش روش‌های آمیخته اکتشافی. *برنامه درسی و آموزش یادگیرنده محور*، ۴(۳)، ۸۳-۵۱. DOI: 10.22034/cipj.2025.64534.1249

ناشر: دانشگاه تبریز.

© نویسندگان.

مقدمه

قرن بیست و یکم چالش‌های بسیاری را برای جوامع به همراه داشته است، به‌ویژه در زمینه‌های آموزش و پرورش که نیاز به تقویت شایستگی‌های اساسی مانند تفکر نقادانه[1] و خلاقیت بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. در نظام آموزشی کشورهای مختلف، یکی از مهمترین هدف‌های تعلیم و تربیت پیشرفت تحصیلی است هر نظام آموزشی انتظار دارد تا در مقابل هزینه‌های هنگفتی که در حوزه‌ی تعلیم و تربیت متقبل میشود، به نتایج قابل قبولی دست یابد. پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان و دانشجویان، علاوه بر این که نمایانگر تلاش فرد فرد عناصر نظام آموزشی است، همچنین پاسخی است به سرمایه‌گذاری جوامع مختلف در این حوزه؛ از این روی به یکی از مهمترین شاخص‌های موفقیت در نظام تعلیم و تربیت تبدیل شده است (فضعلی‌زاده ،۱۴۰۳؛ منچاکا و بکل[2]، ۲۰۱۸).

افزایش دسترسی به اطلاعات و جریان سریع آن از طریق فناوری‌های نوین، افراد را در موقعیت‌هایی قرار داده که نیازمند تصمیم‌گیری تحلیلی و حل مسائل پیچیده هستند (لوکا[3]، ۲۰۲۰). این تغییرات نه تنها به دلیل پیشرفت فناوری بلکه به دلیل تغییر در نیازهای اجتماعی و اقتصادی است که از افراد انتظار می‌رود تا به سرعت با محیط‌های جدید سازگار شوند و به حل مسائل پیچیده بپردازند. برای تقویت تفکر نقادانه در دانشجویان، نظام آموزشی باید استادانی آگاه و توانمند را آموزش دهد که با مسائل پیچیده آشنا باشند. این مهارت نه‌تنها در موفقیت تحصیلی، بلکه در دستیابی به جایگاه شغلی مطلوب نیز نقش کلیدی دارد. در چنین نظامی، دانشجویان در محیطی با کیفیت، توانایی تحلیل، استدلال و حل مسئله را کسب می‌کنند؛ مهارت‌هایی که امروزه در اولویت استخدام سازمان‌ها و شرکت‌ها قرار دارند (شاو[4] و همکاران، ۲۰۲۰). شناسایی، پرورش و توسعه شایستگی‌های تفکر نقادانه، از مهم‌ترین عوامل موفقیت مهندسان در مسئله‌یابی، مسئله‌محوری، مسئله‌آفرینی، تشخیص راه‌حل‌های نوآورانه و حل مسائل پیچیده است (اکبری‌پردنجانی و صالحی، ۲۰۲۴). در دنیای پیچیده امروز، که با مشکلات و چالش‌های جدیدی روبرو هستیم، توانایی تفکر نقادانه بیش از هر زمکان دیگری ضروری شده است (کارتر[5]، ۲۰۱۲). نظام‌های آموزشی باید بر روی پرورش این مهارت تمرکز کنند تا افراد بتوانند مسائل را تحلیل و ارزشیابی و بهترین راه‌حل‌ها را انتخاب نمایند. تفکر نقادانه نه تنها باید یکی از اهداف اصلی آموزش باشد، بلکه باید به عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از هر مرحله از آموزش مورد توجه قرار گیرد. این مهارت به افراد کمک می‌کند تا یادگیری عمیق و معناداری را تجربه و به طور مستقل به دانش دست یابند. به باور فرد و همکاران[6] (۲۰۲۱)، تفکر نقادانه، به ویژه در فرآیندهای علمی، نقشی اساسی در تحلیل دقیق اطلاعات، شناسایی مشکلات، ارزیابی شواهد و تصمیم‌گیری بر اساس واقعیت‌ها دارد. به عنوان مثال، در تحقیق علمی، دانشجویان باید توانایی تحلیل داده‌ها، ارزیابی منابع و استنتاج منطقی را داشته باشند تا به نتایج علمی و قابل اعتماد برسند. در زمینه‌هایی مانند شیمی، تفکر نقادانه به عنوان یک مهارت ضروری در یادگیری فعال شناخته می‌شود. این مهارت به دانشجویان کمک می‌کند تا مسائل مهم را شناسایی کنند، فرضیه‌های اصلی را درک کنند و از طریق تحلیل منطقی به نتایج صحیح و معتبر برسند (سانتوس[7]، ۲۰۱۷).

با وجود تأکید بر اهمیت تفکر نقادانه در برنامه‌های درسی، در عمل، اغلب بر روی حفظ اطلاعات و حافظه تمرکز می‌شود (بایبی[8]، ۲۰۰۰). در حالی که مربیان بزرگ، تفکر را پایه و اساس آموزش می‌دانند، سیستم‌های آموزشی به ندرت فرصت‌های کافی را برای پرورش مهارت‌های تفکر نقادانه فراهم می‌کنند(لی[9]، ۲۰۱۶). امروزه نظریه‌های شناختی، فراشناختی و ساختارگرایی را به عنوان نظریه‌های حامی تدریس مهارت‌ها و راهبردهای تفکر مورد توجه قرار داده‌اند. به عقیده صاحب نظران آموزشی از

1. Critical Thinking
2. Bekele & Menchaca
3. Luka
4. Shaw
5. Carter
6. Freed
7. Santos
8. Bybee
9. Li

جمله دیویی[1](۱۹۹۳)، هدف اصلی آموزش یادگیری تفکر می‌باشد. از نظر او آموزش تفکر، باید محور برنامه درسی باشد و روش مورد نظر او، روش حل مسئله یا همان روش پژوهش علمی است. همچنین به عقیده کیلی و همکاران[2](۲۰۰۵) به عنوان بخشی از آموزش، آموزش نحوه‌ی یادگیری به یادگیران و کاربرد اثربخش مهارت‌های تفکر، به ویژه تفکر نقادانه در ارتباط با فعالیت‌های علمی‌شان می باشد. همچنین بر اساس طبقه‌بندی بلوم، توانایی تفکر نقادانه در سطوح مختلف تحلیل، ترکیب و ارزیابی قابل شناسایی است که از طریق تفکر بازتابی و تمرکز بر تصمیم‌گیری توسعه می‌یابد (انیس و همکاران[3]، ۱۹۹۱).

آموزش مؤثر که بر روش‌های نوین یادگیری تمرکز دارد، برای آماده‌سازی دانشجویان در کسب مهارت‌های ضروری قرن ۲۱ مانند تفکر خلاق، تفکر نقادانه، ارتباطات و همکاری حیاتی است. این نوع آموزش به دانشجویان کمک می‌کند تا در دنیای پیچیده امروز موفق شوند(کارنو و همکاران[4]، ۲۰۱۲). به عنوان مثال، استفاده از روش‌های تدریس فعال مانند یادگیری مبتنی بر پروژه(PBL^5) و یادگیری مبتنی بر مسئله(PBL^6)، دانشجویان را تشویق می‌کند تا به جای یادگیری سطحی، به عمق مفاهیم پرداخته و مهارت‌های خود را در محیط‌های واقعی تقویت کنند.

توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه در دانشجویان مهندسی از طریق رویکردهای یادگیری سازنده‌گرا، که به دانش، نگرش‌ها و تجربیات قبلی دانشجویان توجه می‌کند، امری حیاتی است (بارکه و همکاران[7]، ۲۰۰۸). همچنین صالحیان و همکاران (۱۴۰۳) بر این باورند که فراگیران زمانی بهترین یادگیری را تجربه می‌کنند که دانش جدید را به تجربیات و دانسته‌های قبلی خود پیوند دهند. با وجود تأکید گسترده بر اهمیت تفکر نقادانه به‌عنوان یکی از شایستگی‌های کلیدی قرن بیست‌ویکم، شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که آموزش عالی، به‌ویژه در رشته‌های مهندسی، هنوز در پرورش مؤثر این مهارت عملکرد ضعیفی دارد (پائول و ایلدر[8] (۲۰۱۴، فاسیون[9] ۲۰۱۵). بیشتر مطالعات پیشین، به ارزیابی کلی برنامه‌های آموزشی پرداخته‌اند، بدون آن‌که مؤلفه‌های دقیق برنامه درسی در سطوح هدف، محتوا، راهبردهای تدریس و ارزشیابی را بررسی کنند (هالپرن[10]،۲۰۱۳، ابرامی، همکاران[11]، ۲۰۱۵). افزون بر این، در بسیاری از پژوهش‌ها، تفکر نقادانه به‌عنوان متغیری عمومی و بدون توجه به اقتضائات رشته‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است. این در حالی است که در مهندسی، تفکر نقادانه با مهارت‌هایی نظیر حل مسئله، تحلیل سیستم‌ها، تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد و طراحی نوآورانه درهم‌تنیده است (لیتیزنگر وهمکاران[12] ۲۰۱۱، شیمن وهمکاران[13]۲۰۰۵). از نظر روش‌شناسی نیز، اغلب پژوهش‌ها تنها از رویکردهای کمی یا کیفی استفاده کرده‌اند و کمتر به پژوهش‌های آمیخته با قابلیت کشف عمیق عوامل و نیز تعمیم‌پذیری یافته‌ها توجه شده است (کلارک[14]، ۲۰۱۷). بر همین اساس، خلأهای پژوهشی در سه سطح قابل شناسایی است: ۱) فقدان تحلیل نظام‌مند از مؤلفه‌های برنامه درسی اثرگذار بر تفکر نقادانه در رشته‌های مهندسی، ۲) کم‌توجهی به ویژگی‌های تخصصی مهندسی در طراحی آموزش‌های مرتبط با این مهارت، و ۳) نبود مطالعات آمیخته اکتشافی برای ارائه راهکارهای کاربردی و مبتنی بر شواهد. همچنین در مطالعه ورود تفکر نقادانه به برنامه درسی مهندسی به معنای گنجاندن مهارت‌های تحلیل، ارزیابی، و حل مسئله در فرآیند آموزش فنی است. این رویکرد به دانشجویان کمک می‌کند تا فراتر از حفظ اطلاعات، بتوانند مسائل پیچیده را با دید نقادانه بررسی کنند. برای تحقق این هدف، اهداف آموزشی، محتوای درسی، روش‌های تدریس و ارزشیابی باید به گونه‌ای طراحی شوند که فرصت تفکر عمیق و تصمیم‌گیری آگاهانه را فراهم آورند. تفکر

1. Dewey
2. Kealey
3. Ennis
4. Currano
5. Project-Based Learning
6. Problem-Based Learning
7. Barke
8. Paul & Elder
9. Facione
10. Halpern
11. Abrami
12. Litzinger
13. Shuman
14. Clark

نقادانه در مهندسی به‌ویژه در طراحی، تحلیل سیستم‌ها و ارزیابی راه‌حل‌ها نقشی کلیدی دارد. چنین برنامه‌ای موجب تربیت مهندسانی می‌شود که توانایی پاسخ‌گویی به چالش‌های نوین صنعتی را دارند (اکبری پردنجانی و همکاران، ۱۴۰۳).

در این راستا، روش‌های مدل‌سازی مانند معادلات ساختاری-تفسیری[1] (ISM) و تحلیل[2] MICMAC می‌توانند به شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه کمک کنند. این پژوهش به بررسی این عوامل پرداخته و با استفاده از این دو روش، به تحلیل ساختاری و دینامیکی نظام‌های پیچیده آموزشی می‌پرداز (اوزومجو[3]، 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 دانشجویان ارائه دهند.

در دنیای امروز، پیچیدگی مسائل اجتماعی و علمی، به‌ویژه در حوزه‌های مهندسی، نیازمند مهارت‌هایی چون تحلیل نقادانه و حل مسئله پیشرفته است. دانشجویان مهندسی برای مواجهه با این مسائل به تفکر نقادانه نیاز دارند؛ اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بیشتر آنان در پرورش این توانایی با چالش‌هایی جدی مواجه‌اند (فرد و همکاران، ۲۰۲۱؛ شاو و همکاران، ۲۰۲۰). این وضعیت نه تنها اثربخشی آموزشی را کاهش می‌دهد، بلکه می‌تواند در آینده‌ی حرفه‌ای آنان نیز اختلال ایجاد کند.

با وجود جایگاه حیاتی تفکر نقادانه در موفقیت تحصیلی و شغلی، بسیاری از برنامه‌های درسی مهندسی از رویکردهای سنتی آموزش تبعیت می‌کنند که فرصت مناسبی برای پرورش این مهارت فراهم نمی‌سازند (لوکا، ۲۰۲۰؛ سانتوس، ۲۰۱۷). تمرکز بیش از حد بر مفاهیم نظری و نبود فضای کافی برای تمرین‌های عملی، منجر به ضعف در تحلیل، ارزیابی و تصمیم‌گیری مستقل می‌شود. در حالی که روش‌های آموزشی فعال و سازنده‌گرا، از جمله پروژه‌محوری و کار گروهی، می‌توانند بستری مناسب برای تقویت این توانمندی‌ها باشند (هالپرن، ۲۰۱۳). علاوه‌براین، چالش‌هایی نظیر نبود آگاهی کافی در میان استادان نسبت به روش‌های نوین آموزش تفکر نقادانه، و ضعف ساختارهای پشتیبان در دانشگاه‌ها، موانع دیگری در این مسیر هستند. شواهد حاکی از آن است که تقویت این مهارت‌ها می‌تواند به بهبود تحلیل داده‌های تجربی، حل مسائل پیچیده و انعطاف‌پذیری شناختی دانشجویان در مواجهه با شرایط جدید کمک کند (شاو و همکاران، ۲۰۲۰؛ بارکه و همکاران، ۲۰۰۸).

مهندسی به عنوان یکی از رشته‌های پیچیده و چندوجهی علمی، نیازمند تسلط دانشجویان بر مفاهیم انتزاعی و توانایی حل مسائل چندبعدی است. تفکر نقادانه در این رشته به دانشجویان کمک می‌کند تا فرآیندهای شیمیایی را بهتر درک کنند، مفاهیم را به صورت عملی بکار گیرند، و مسائل پیچیده را از طریق ارزیابی دقیق و تفسیر داده‌ها حل کنند (کائور و واتسون4، ۲۰۲۴). برای مثال، یکی از مفاهیم کلیدی در مهندسی، واکنش‌های ردوکس است که در بسیاری از فرآیندهای صنعتی و زیستی نقش حیاتی دارد. دانشجویان برای درک کامل این واکنش‌ها باید قادر به تحلیل عوامل مختلف، مانند شرایط واکنش، انواع کاتالیزورها، و تأثیرات محیطی باشند. این تحلیل‌ها نیازمند تفکر نقادانه است که به آن‌ها اجازه می‌دهد تا به ارزیابی و تفسیر دقیق داده‌های تجربی پرداخته و نتایج مناسبی برای بهینه‌سازی فرآیندها ارائه دهند برلندریت[5]، (۲۰۱۴). علاوه بر این، تفکر نقادانه به دانشجویان کمک می‌کند تا در پروژه‌های طراحی و توسعه فرآیندهای شیمیایی، با بهره‌گیری از مدل‌سازی و شبیه‌سازی، به تحلیل و ارزیابی مسائل بپردازند و راه‌حل‌های نوآورلنه‌ای برای بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها ارائه دهند. این مهارت‌ها به طور مستقیم بر توانایی آن‌ها در محیط‌های حرفه‌ای و صنعتی تأثیرگذار است (کومار وکومار[6]، ۲۰۲۳).

رشد مهارت‌های تفکر، به‌ویژه تفکر نقادانه، همواره یکی از چالش‌های اساسی نظام‌های آموزشی بوده و امروزه به یک بحران بدل شده است. حجم بالای اطلاعات در جامعه، توانایی تحلیل و ارزیابی افراد را تحت‌الشعاع قرار داده و ناتوانی دانشجویان در

1. Interpretive Structural Modeling
2. Matriced' Impacts Croisés-Multiplication Appliquée à un Classement
3. Uzumcu
4. Kaur, Watson
5. Brandriet
6. Kumar, Kumar

تفکر نقادانه نگرانی‌هایی را در میان متخصصان آموزشی ایجاد کرده است (علیخانی و آقایی، ۲۰۱۵). یکی از راه‌هـــای دستیابی و پـرورش مهارت‌هـای تفکـرنقادانه در دانشجویان،تدوین برنامه درسی[1] مناسب در نظام‌های آموزش عالی[2] است.

هدف اصلی از طراحی هر نوع برنامه درسی، دستیابی به یادگیری معنادار[3] است. این یادگیری به وسیله ارتباط بین محتوای جدید آموخته شده و مطالب قبلی، از طریق برنامه درسی منظم در نظام آموزش عالی، برای یادگیرنده حاصل می‌شود. از سوی دیگر، نقش تفکر یادگیرنده در فرآیند یادگیری غیرقابل انکار اســت. به گفته حســن شــعبانی (۲۰۰۳) در کتاب روش تدریس پیشرفته، یکی از مهم‌ترین راهکارهای مقابله با این وضعیت، طراحی برنامه‌های درسی هدفمند در آموزش عالی است؛ برنامه‌هایی که بتوانند زمینه یادگیری معنادار را فراهم آورند. یادگیری‌ای که از طریق پیوند مفاهیم جدید با دانش پیشین حاصل می‌شود.

برنامه‌های درســی باید بر پایه تفکر فعال طراحی شــوند، زیرا توانایی تحلیل و تصــمیم‌گیری متفکرانه عامل کلیدی موفقیت نظام‌های آموزشی است. در دنیای پیچیده امروز، پرورش منابع انسانی با قدرت تفکر نقادانه ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است که تنها در سایه آموزش عالی هدفمند میسر خواهد شد شعبانی، ۲۰۰۳). با رشد بی‌سابقه حجم اطلاعات، آموزش سطحی و حفظ‌محور دیگر کارایی ندارد و در صورت بی‌توجهی به ارتقاء مهارت‌های فکری، نظام آموزش عالی با ضعف در تولید دانش کاربردی مواجه خواهد شد (شریعتمداری، ۲۰۰۰؛ فرخمهر، ۲۰۰۵). همچنین، مطالعه ایمان‌زاده و همکاران (۱۴۰۴) نشان می‌دهد که بین سواد رسانه‌ای و مهارت‌های حل مسئله و تفکر نقادانه دانشجویان، رابطه‌ای معنادار وجود دارد. به‌عبارت‌دیگر، تفکر نقادانه به‌نوعی در برنامه درسی نظام آموزشی جای خود را یافته است. به عبارتی تفکر، پیش‌نیاز اصلی یادگیری واقعی است. بدون آن، آموزش صرفاً به انتقال سطحی اطلاعات محدود می‌شود. از این‌رو، در نظام‌های آموزشی پیشرفته، ارتقای مهارت‌های تفکر نقادانه یکی از اهداف اصلی تحصیلات عالی تلقی می‌شود (فاسیون[4]، ۱۹۹۰). آموزش عالی در ایران بیش از صد سال سابقه مدرن و دانشگاهی دارد و حتی در دوران ســاســانیان نیز پیشــرفت‌هایی در این زمینه صــورت گرفته اســت. در این مدت، تمرکز اصــلی بر افزایش تعداد دانشجویان و رشته‌ها بوده و به کیفیت آموزش کمتر توجه شده است. برنامه‌های درسی یکی از عوامل مهم در کاهش کیفیت آموزش شناخته می‌شوند. اگر این برنامه‌ها با محوریت تفکر طراحی و اجرا شوند، می‌توانند به پرورش تفکر نقادانه در دانشجویان کمک کنند. این برنامه‌ها باید بتوانند بین دانسته‌های قبلی و مطالب جدید ارتباط برقرار کنند تا یادگیری مؤثر و مفهومی شکل گیرد. این برنامه‌ها باید به‌گونه‌ای باشــند، که ارتباط مناســبی بین دانش جدید و دانش قبلی برقرار نمایند تا یادگیری مفهومی و موثر ایجاد شود. پژوهش‌های متعددی به بررسی اهمیت و روش‌های توسعه تفکر نقادانه در آموزش پرداخته‌اند.

در سال‌های اخیر، بسیاری از پژوهش‌ها به بررسی و تحلیل روش‌های توسعه تفکر نقادانه در آموزش پرداخته‌اند. برای مثال، تحقیقاتی نظیر مطالعه روات[5] (۲۰۲۲) نشان داده‌اند که بهره‌گیری از روش‌های مدل‌سازی ساختاری–تفسیری (ISM) و تحلیل مقایسه‌ای ماتریسی تأثیر و وابستگی (MICMAC) می‌تواند ابزارهای مناسبی برای تحلیل و شناسایی روابط پیچیده میان عوامل متعدد تأثیرگذار بر یادگیری دانشجویان باشد. روش‌های ISM و MICMAC ساختار سلسله‌مراتبی میان متغیرها را به‌خوبی نشان می‌دهند و میزان تأثیر و وابستگی هر عامل را در نظام کلان آموزشی تحلیل می‌کنند. در این پژوهش، عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه دانشجویان مهندسی دانشگاه تهران با استفاده از این دو روش شناسایی و سطح‌بندی شده‌اند. روش ISM ساختار منطقی میان عوامل کلیدی برنامه درسی مؤثر بر تفکر نقادانه را در قالب مدلی سلسله‌مراتبی ترسیم کرده و مشخص کرده است کدام عوامل نقش پایه‌ای داشته و به‌عنوان پیش‌نیاز سایر عوامل عمل می‌کنند. سپس با تحلیلMICMAC ، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر عامل بررسی شده و عوامل در چهار دسته محرک، مستقل، وابسته و خودمختار طبقه‌بندی شده‌اند. این تحلیل‌ها راهکارهایی عملی برای اصلاح برنامه‌های درسی و تدوین سیاست‌های آموزشی مؤثر فراهم کرده‌اند.

نوآوری این پژوهش در ترکیب هم‌زمان دو روش ISM و MICMAC برای تحلیل ساختاری عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه در حوزه مهندسی است. برخلاف بسیاری از مطالعات پیشین که تنها از یک روش کمی یا کیفی بهره برده‌اند و تمرکز آن‌ها صرفاً بر

1. Curriculums
2. Higher Education System
3. Meaningful Learning
4. Facione
5. Raut

شناسایی متغیرها بوده، در این مطالعه روابط علّی بین متغیرها روشن شده و شدت و نوع وابستگی میان آن‌ها تحلیل گردیده است. تمرکز این پژوهش بر دانشجویان مهندسی دانشگاه تهران، به‌عنوان یکی از جوامع نخبه علمی کشور، نتایجی فراهم کرده که برای دانشگاه‌های دیگر و سیاست‌گذاران آموزشی نیز قابل استفاده و تعمیم‌پذیر هستند. ویژگی متمایز دیگر این مطالعه نسبت به تحقیقات گذشته، شناسایی لایه‌های تأثیرگذار در فرآیند پرورش تفکر نقادانه از طریق تحلیل سلسله‌مراتبی و دسته‌بندی عوامل بر اساس قدرت نفوذ آن‌هاست. در حالی که اغلب مطالعات پیشین تنها به فهرست‌کردن عوامل پرداخته‌اند، این پژوهش با استفاده از مدل‌سازی ساختاری جایگاه هر عامل را در سیستم آموزشی مشخص کرده و مسیرهای بهینه برای مداخله و توسعه شایستگی تفکر نقادانه را پیشنهاد داده است. به عبارت دیگر، این پژوهش با هدف کلی مدل‌سازی عوامل کلیدی پرورش تفکر نقادانه در دانشجویان مهندسی انجام می‌شود. برای دستیابی به این هدف، در گام نخست عوامل مؤثر برنامه درسی بر تفکر نقادانه شناسایی می‌شوند. سپس با استفاده از مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM، سطح‌بندی و روابط ساختاری این عوامل مشخص می‌گردد. در نهایت، بر اساس رویکرد MIC، تأثیرات متقابل عناصر کلیدی تحلیل شده و راهکارها و پیشنهادهایی برای بازطراحی ساختار برنامه‌های درسی آموزش عالی ارائه می‌شود تا از این طریق، پرورش تفکر نقادانه و تحقق یادگیری معنادار تسهیل گردد. باتوجه به خلاهای شناسایی‌شده، این پژوهش به دنبال پاسخ به سوال‌های زیر است:

۱. شناسایی عوامل تأثیرگذار: چه عواملی از عناصر برنامه درسی بر تفکر نقادانه در بین دانشجویان مهندسی اثرگذار است؟

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

۳. تحلیل مبتنی بر MIC: بر اساس رویکرد MIC، تأثیرات متقابل کدام عناصر بر تفکر نقادانه، و چه راهکارها و پیشنهادهایی در ساختار برنامه‌های درسی آموزش عالی می‌تواند به ارتقای این مهارت و دستیابی به یادگیری معنادار بینجامد؟

روش پژوهش

از آنجایی‌که رویکرد مطالعه و تمامی عناصر طرح تحقیق، مبتنی بر سؤال‌های پژوهش تعیین می‌شود (صالحی و گل‌افشانی[1]، ۲۰۱۰)، در این مطالعه نیز برای پاسخ‌گویی به سؤال‌های پژوهشی از رویکرد آمیخته از نوع اکتشافی استفاده‌شد که در دو بخش مستقل کیفی و کمّی، به بررسی شناسایی عوامل تاثیرگذار بر تفکر نقادانه در بین دانشجویان مهندسی می‌پردازد. به زعم صالحی و گل‌افشانی (۲۰۱۰)، تلفیق بهینه پژوهش‌های کیفی و کمّی، ضمن کمینه کردن نقاط ضعف و بیشنه‌سازی نقاط قوت دو رویکرد کیفی و کمی در یک پژوهش، زمینه لازم برای پاسخگویی به سئوال‌های ترکیبی و پیچیده‌تر را فراهم می‌سازد. در این مطالعه هم با توجه به سوال‌های زیربنایی‌اش از رویکرد آمیخته از نوع اکتشافی استفاده شد. بدین‌منظور در بخش کیفی با استفاده از یک بررسی نظامند براساس دستورالعمل پریزما، مقالات نمایه‌شده در پایگاه‌های داده اسکوپوس و ساینس دایرکت و موتور جستجوی گوگل اسکولار است؛ با استفاده از ترکیب کلیدواژه‌های پژوهش در حوزه مهندسی و انجام مصاحبه‌های مربوطه برای پاسخ به سوال اول پژوهش یعنی (شناسایی عوامل تاثیر گذار بر تفکر نقادانه در مهندسی و ارتباط آن با عناصر برنامه درسی)، پاسخ داده‌شد؛ در بخش دوم و به منظور بررسی روابط میان این عوامل، از روش همبستگی و تحلیل معادلات ساختاری تفسیری (ISM) استفاده گردید. در نهایت، با استفاده از تحلیلMICMAC، اثرگذاری و اثرپذیری هر یک از این عوامل بر یکدیگر بررسی که منتهی به سطح‌بندی آنها شد.

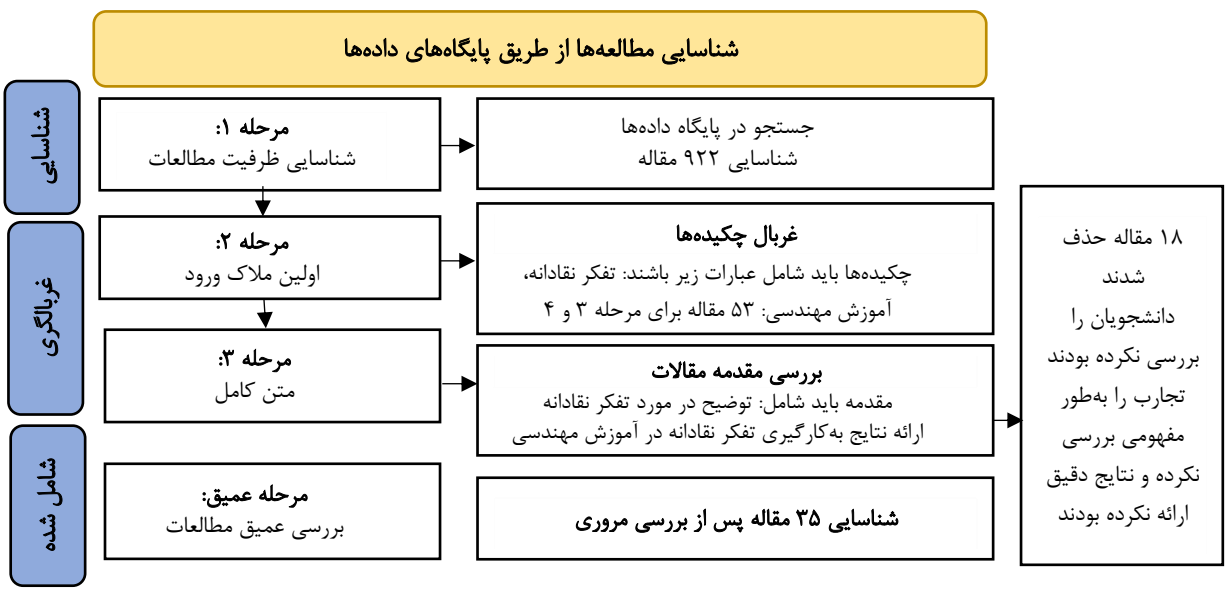
مرحله اول از بخش کیفی، برای شناسایی و تحلیل عوامل تاثیرگذار بر تفکر نقادانه، از مبانی نظری و پیشینه پژوهش‌های موجود بهره‌گیری شده است. در این راستا، منابع علمی متفاوتی درباره عوامل تاثیر گذار بر تفکر نقادانه مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، مقاله‌های مرتبط با موضوع در مجله‌های بین‌المللی که به زبان لاتین و فارسی نگارش شده‌است، به صورت نظام‌مند و با الهام‌گیری از مراحل پیشنهادی (بنی‌اسدی و همکاران، ۲۰۲۳) انجام شده و مورد مطالعه قرار گرفته است. بررسی مبانی نظری، زمینه‌ای برای انباشت دانش، کشف شکاف‌های موجود در تحقیق، و تشخیص مسیر سایر پژوهش‌ها فراهم نموده

1. Salehi & Golafshani

(مارانگونیچ و گرانیک[1]، ۲۰۲۳)و مرحله مهمی قبل از انجام هر مطالعه تحقیقاتی است (آل عمران[2]، ۲۰۱۸). بعلاوه در این مطالعه، از دستورالعمل‌های کیچنهم وکارترز[3] (۲۰۰۷) برای انجام یک بازبینی منظم مورد استفاده قرار شد. (زاهدی، ۲۰۱۶؛ کاستا[4] و همکاران، ۲۰۱۶). اجرای این بررسی نظام‌مند در سه مرحله شناسایی ملاک‌های ورود و خروج، منابع داده و راهبرد جستجو، ارزیابی کیفیت، انجام شد.

مرحله اول: بر اساس دستورالعمل PRISMA، مقالات نمایه‌شده با استفاده از ترکیب کلیدواژه‌های " "Critical Thinking OR "Engineering" OR "Critical Thinking in Chemical Engineering" AND "Outcomes OR results" AND "Chemical Engineering" OR "Engineering" and Educational Factors, AND Curriculum Assessment OR Educational Analysis OR Learning Process شناسایی، بازیابی و مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج اولیه جستجو به شناسایی ۹۸۲ مقاله انجامید. با اعمال محدودیت‌ها و استفاده از ملاک‌های خروج، این تعداد به ۵۳ کاهش یافت که پس از بررسی‌های عمیق‌تر، تعداد ۳۵ مقاله با کیفیت بالا برای تحلیل انتخاب شدند.

مراحل جستجو و اصلاح در این مطالعه مروری بر اساس موارد گزارشگری ترجیحی برای مرورهای نظام‌مند فراتحلیل (PRISMA) انجام شد (موهر[5] وهمکاران، ۲۰۰۹).شکل ۱ نمودار جریان PRISMA را نشان می‌دهد که بر اساس ملاک‌های تعریف‌شده توسط(روبرت[6]، ۲۰۰۶) برای انتخاب مقالات و همچنین گنجاندن مقالات انتخابی در این مطالعه استفاده از پروتکل ارائه‌شده توسط (خان[7] و همکاران، ۲۰۰۳) می باشد. در ادامه با توجه به سؤالات تحقیق، فرآیند شناسایی مقالات مرتبط، ارزیابی کیفیت مطالعات و جمع‌بندی شواهد و تفسیر یافته‌ها صورت گرفته شد که باید شرایط سه‌گانه زیر را دارا می بودند: ۱) مرتبط با موضوع پژوهش باشند.۲) به چاپ نهایی رسیده باشند.۳) شامل کلمات کلیدی «تفکر نقادانه»، «مهندسی»، «مهندسی» یا «برنامه درسی» باشند.



شکل۱: نگاره روش کار (PRISMA)

1. Marangunić
2. Al-Emran
3. Kitchenham
4. Costa
5. Moher
6. Robert
7. Khan

ملاک‌های ورود و خروج منابع: ۱) منابع انتخابی باید اطلاعات مفید و معتبر در زمینه‌های مرتبط با پژوهش ارائه دهند. ۲) منابعی که محتوای ناقص یا غیرمرتبط با موضوع تحقیق دارند یا در زمینه تحقیقاتی که به تفکر نقادانه مربوط نمی‌شود، قرار دارند، از فرآیند تحلیل خارج شدند.

این روش به پژوهشگر کمک می‌کند تا با ارزیابی جامع منابع موجود، تصویری دقیق و معتبر از موضوع تحقیق بدست آورد و بر اساس آن به توصیه‌های کاربردی برای بهبود تدریس و ارتقای مهارت‌های تفکر نقادانه در بین دانشجویان مهندسی بپردازد. دراین مرحله با بررسی پیشینه پژوهش در حوزه‌های مهندسی و برنامه‌ریزی درسی و تفکر نقادانه با استفاده از تحلیل مضمون ۳۵ مقاله مرتبط با توجه به حوزه‌های مذکور همان‌طور که در جدول ۱ مشهود است، به شناسایی این عوامل پرداخته شده است. که در این راستا با توجه به عوامل و عناصر در برنامه درسی و مبانی نظری پژوهش به استخراج عوامل از عناصر برنامه درسی که متناسب با رشته مهندسی و اثر گذار بر تفکر نقادانه بودند را مورد بررسی قرار داده، و به عنوان عوامل تأثیرگذار برتفکر نقادانه در این رشته در نظر گرفته و استخراج شده اند.

ارزیابی کیفیت اسناد مورد مطالعه: یکی از مراحل اساسی که در کنار ملاک‌های ورود و خروج باید رعایت شود، ارزیابی کیفیت اسناد بازیابی شده است (بنی‌اسدی و همکاران، ۲۰۲۳). در پژوهش حاضر پس از بررسی‌های اولیه و مشخص شدن مقالات اصلی توسط نویسنده اول، ارزیابی کیفیت اسناد مورد مطالعه توسط سه مرورگر انجام شد. در این ارزیابی بررسی شد که ۱- آیا اهداف پژوهش به‌وضوح مشخص‌شده است؟ ۲-آیا روش‌های جمع‌آوری داده‌ها به‌اندازه کافی دقیق هستند؟ ۳-آیا مطالعه قابلیت اطمینان و اعتبار ملاک‌ها را توضیح می‌دهد؟ ۴- آیا نتایج به‌وضوح مشخص‌شده‌اند؟ ۵- آیا مطالعه به دانش و درک شما می‌افزاید؟ هر سؤال بر اساس مقیاس سه امتیازی امتیازدهی شد که «بله» ۱ امتیاز، «نه» ۰ امتیاز و «تا حدی» ۵.۰امتیاز است. ازاین‌رو، هر مطالعه می‌تواند بین ۰ تا ۵ امتیاز داشته باشد، که هر چه نمره کل یک مطالعه بالاتر باشد. ارزیابی کیفیت مقالات توسط سه مرورگر انجام گردید و سپس ضریب کاپا برای آنها محاسبه گردید که نشان از وضعیت قابل قبول است.

مرحله دوم از بخش کیفی، میدان پژوهش و نمونه مورد مطالعه شامل اساتید صاحب نظران آموزش عالی و صاحب نظران حوزه‌های مهندسی و تفکر نقادانه و برنامه‌ریزی درسی دانشگاه تهران هستند؛ که لازم به ذکر است از روش نمونه‌گیری ملاکی استفاده شده است. نمونه‌گیری ملاکی[1] یک روش غیراحتمالی در تحقیق است که در آن نمونه‌ها بر اساس ویژگی‌ها یا خصوصیات خاصی که مرتبط با هدف تحقیق هستند، انتخاب می‌شوند. در این روش، پژوهشگر به‌طور عمدی و هدفمند افرادی را که به نظر می‌رسد اطلاعات یا تجربیات مفیدی برای پاسخ به سوالات تحقیق دارند، انتخاب می‌کند. در نمونه‌گیری ملاکی، برخلاف روش‌های تصادفی، هدف این نیست که نمونه به‌طور تصادفی از جامعه آماری انتخاب شود، بلکه هدف این است که نمونه‌ها بر اساس شرایط خاصی که به هدف تحقیق مربوط می‌شود، انتخاب شوند. این روش بیشتر در پژوهش‌های کیفی که نیاز به عمق درک از پدیده‌ها و ویژگی‌های خاص افراد دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد (کروزل و کرزول[2]، ۲۰۱۷). در این پژوهش، ملاک‌ها و شایستگی‌های افرادی که باید برای انجام مصاحبه انتخاب شوند، به شرح زیر هستند:

- **تجربه و تخصص در حوزه مهندسی**: افرادی که در تدریس و تحقیق در رشته مهندسی تجربه دارند و می‌توانند به تحلیل و بررسی تفکر نقادانه در این حوزه بپردازند.
- **تخصص در حوزه تفکر نقادانه و برنامه‌ریزی درسی**: افرادی که در زمینه آموزش تفکر نقادانه و توسعه مهارت‌های آن در دانشگاه‌ها تجربه دارند و می‌توانند عوامل تاثیرگذار بر آن را در محیط‌های آموزشی تحلیل کنند.
- **موقعیت دانشگاهی مناسب**: افراد باید در دانشگاه تهران شاغل به کار باشند و تجربه مرتبط با تدریس یا برنامه‌ریزی درسی در این دانشگاه را داشته باشند تا به‌طور خاص به ویژگی‌های آموزشی این دانشگاه و چالش‌های آن در پرورش تفکر نقادانه اشاره کنند.

1. Criterion Sampling
2. Creswell & Creswell

- **سابقه آموزشی**: خبرگان باید سابقه تدریس در سطوح مختلف تحصیلی، به‌ویژه در رشته مهندسی یا برنامه ریزی درسی داشته باشند و الزاما در دوره‌ها و یا کارگاه‌های آموزشی جهت افزایش شایستگی تفکر نقادانه شرکت کرده باشند، تا درک عمیقی از چالش‌های آموزشی و توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه داشته باشند.
- **تجربه عملی**: خبرگان باید تجربه عملی در محیط‌های آموزشی یا صنعتی مرتبط با مهندسی و تفکر نقادانه داشته باشند، شامل تدریس، مشاوره، و کار در پروژه‌های تحقیقاتی که موجب درک بهتر چالش‌های واقعی آموزش تفکر نقادانه می‌شود.
- **تسلط بر مفاهیم تفکر نقادانه و برنامه‌ریزی درسی**: خبرگان باید تسلط کافی بر اصول تفکر نقادانه و روش‌های آموزش آن و نیز طراحی برنامه درسی و ارزیابی‌های آموزشی داشته باشند تا قادر به تحلیل عوامل تاثیرگذار بر این مهارت‌ها باشند.
- توانایی تحلیل و ارزیابی: خبرگان باید توانایی تحلیل دقیق مسائل آموزشی و تحقیقاتی و ارزیابی عوامل محیطی، ساختاری، و فردی تاثیرگذار بر تفکر نقادانه را داشته باشند.
- **آشنایی با رویکردهای نوین آموزشی**: خبرگان باید با روش‌های تدریس فعال و مشارکتی مانند آموزش مبتنی بر پروژه (PBL) و یادگیری مبتنی بر مسئله (PBL) آشنا باشند که به تقویت تفکر نقادانه در دانشجویان کمک می‌کند.
- **توانایی ارزیابی و انتخاب عوامل تاثیرگذار**: خبرگان باید قادر به شناسایی و ارزیابی عوامل مختلف مانند روش‌های تدریس، ویژگی‌های فردی دانشجویان، و محیط‌های آموزشی که بر تفکر نقادانه تاثیر می‌گذارند، باشند و اولویت‌بندی مناسبی برای آن ارائه‌دهند.

در این مرحله به مصاحبه با ۱۰ نفر از خبرگان و صاحب‌نظران حوزه مذکور پرداخته شد که از آن‌هاخواسته شد تا درباره تاثیر هر یک از عوامل شناسایی شده در بررسی سیستماتیک و همچنین سایر عوامل احتمالی تاثیرگذار بر تفکر نقادانه و همچنین عواملی از عناصر برنامه درسی که تاثیر گذار بر تفکر نقادانه هستند، نظرات خود را بیان کنند. در این بخش، از یک پرسشنامه‌ی ماتریسی مبتنی بر روش ISM به منظور تحلیل و مدل‌سازی ساختاری که روابط بین عوامل شناسایی شده را طراحی می نماید استفاده شده است. که برای گرد آوری داده‌ها ازپرسشنامه دو مرحله ای استفاده شده است که در این راستا پرسشنامه مذکور را در اختیار ۱۰ نفر از خبرگان قرار داده تا نظرات و ارزیابی‌های آن‌ها در مورد روابط و تأثیرات بین عوامل مختلف را جمع‌آوری نماییم.

در بخش دوم مطالعه یعنی بخش کمّی: داده‌های به‌دست‌آمده از پرسشنامه ماتریسی مرحله اول با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل گردید. این تحلیل شامل آزمون‌های آماری مانند آزمون T تک نمونه‌ای برای غربال متغیرها و بررسی معناداری آن‌ها است. هدف از این مرحله شناسایی عوامل کلیدی و تأثیرگذار بر تفکر نقادانه است. در مرحله بعد، برای تحلیل و مدل‌سازی داده‌های مربوط به روابط بین عوامل از نرم‌افزار MATLAB استفاده می‌شود. MATLAB به‌ویژه برای تحلیل‌های پیچیده و مدل‌سازی شبکه‌های ارتباطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج تحلیل ISM و MICMAC با استفاده از ابزارهای تحلیل پیشرفته MATLAB به‌صورت گرافیکی و عددی نمایش داده شد تا الگوهای تأثیرگذاری و روابط پیچیده بین عوامل به‌طور واضح مشخص شوند. لازم به ذکر است برای تفسیر و مشخص کردن ارتباط بین عوامل و مشخص کردن نقش هریک، از مدلسازی ساختاری- تفسیری (ISM) استفاده شده است. مدل سازی ساختاری- تفسیری یکی از روش‌های طراحی سیستم‌ها، به ویژه آموزشی است. مدلسازی ساختاری- تفسیری، رویکردی است که با بهره گیری از ریاضیات، رایانه و مشارکت متخصصان، به طراحی سیستم‌های بزرگ و پیچیده می پردازد. این رویکرد توسط«وارفیلد» معرفی و توسعه داده شد. وارفیلد دانشمند علوم سیستمی در دانشگاه جورج میسون بود (آذر و همکاران، ۲۰۱۷). درواقع، مدلسازی ساختاری-تفسیری روشی مؤثر و کارا برای موضوعاتی است که در آن متغیرهای کیفی در سطوح مختلف اهمیت بر یکدیگر آثار متقابل داشته و می توان با استفاده از این روش، ارتباطات و وابستگی‌های بین متغیرهای کیفی مسئله را کشف، تحلیل و ترسیم کرد (رویز بنیتز و کامبرا فیرو[1]، ۲۰۱۱). ازاین رو، سه گام اصلی در استقرار مطلوب روش مدلسازی ساختاری-تفسیری حیاتی است که

1. Ruiz-Benitez & Cambra-Fierro

عبارت اند از: ۱. شناسایی متغیرهای کیفی؛ ۲. تعیین رابطه مفهومی بین متغیرهای کیفی مدنظر با استفاده از ISM؛ ۳. ترسیم شبکه تعاملات متغیرهای کیفی مورد مطالعه (حسینی و اکبری، ۲۰۱۱).

در عصر حاضر، توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه به عنوان یکی از اهداف اصلی در آموزش و پرورش در نظر گرفته می‌شود. به‌ویژه در رشته‌های مهندسی و علوم، این مهارت‌ها برای توانمندسازی دانشجویان در حل مسائل پیچیده و اتخاذ تصمیمات آگاهانه ضروری است. برنامه‌های درسی باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که فرصت‌هایی برای تقویت تفکر نقادانه فراهم کنند. در این راستا، بسیاری از محققان و متخصصان حوزه آموزش بر اهمیت هم‌راستایی روش‌های تدریس با سبک‌های یادگیری، استفاده از محیط‌های یادگیری فعال و تعامل دانشجویان با مسائل واقعی تأکید کرده‌اند. در این مطالعه، تلاش شده است تا از مقالات مختلفی که به بررسی تأثیر برنامه‌های درسی و روش‌های تدریس بر تقویت تفکر نقادانه پرداخته‌اند، خلاصه‌ای جامع ارائه شود. این مقالات شامل تحقیقاتی در حوزه‌های مختلف از جمله مهندسی، طراحی دروس، یادگیری الکترونیکی و نقش آزمایشگاه‌ها در آموزش علوم است. در ادامه، جدول زیر نتایج مرتبط با تأثیر برنامه‌های درسی و روش‌های تدریس بر تفکر نقادانه را بر اساس مقالات منتخب نمایش می‌دهد.

جدول۱: عوامل شناسایی شده اولیه مطابق با مبانی نظری

کد مطالعه	نویسنده (سال)	عنوان مقاله	مجله	خلاصه نتایج
۱	آزبورن[1] (۲۰۰۳)	Learning and Teaching About the Nature of Science	Aspects of Teaching Secondary Science	آشنایی با ماهیت علم :(NOS) آموزش اینکه علم موقتی، نظریه‌محور و بازنگرانه است. تشویق به گفت‌وگو: ایجاد فضا برای بحث درباره‌ی شواهد و نظریه‌های علمی. استدلال علمی: تقویت توانایی تحلیل، استنتاج و ارزیابی منطقی. مشارکت فعال: درگیر کردن دانش‌آموز در ساختن دانش، نه فقط دریافت آن. توجه به زمینه‌های اجتماعی-فرهنگی علم: بررسی تأثیر ارزش‌ها و جامعه بر علم. پرسش‌گری و ارزیابی: ترغیب به طرح سؤال و نقد منابع علم
۲	جارویس[2] (۲۰۰۶)	Teaching Styles and Teaching Methods	The Theory and Practice of Teaching	یادگیری فعال تأمل در فرایند یادگیری یادگیری مبتنی بر مسئله یادگیری مشارکتی تدریس تطبیقی چالش‌گری فکری سازنده تنوع سبک‌های تدریس تشویق به طرح سؤال و کاوش شخصی
۳	آولا (۲۰۱۴)[3]	Learning styles and their relation to teaching styles	International Journal of Language and Linguistics	طراحی برنامه‌های درسی مبتنی بر سبک‌های یادگیری مختلف استفاده از روش‌های تدریس متنوع برای پاسخ به نیازهای یادگیرندگان تشویق تفکر تحلیلی از طریق یادگیری فعال و تعاملات گروهی ارزیابی مبتنی بر حل مسئله و چالش‌های واقعی فراهم آوردن فرصت‌های یادگیری شخصی‌سازی‌شده تقویت توانایی‌های تصمیم‌گیری و استدلال منطقی

1. Osborne
2. Jarvis
3. Awla

۴	فلدر و سیلورمن[1] (۱۹۸۸)	Learning and Teaching Styles in Engineering Education	Eng Educ	هماهنگی سبک‌های تدریس و یادگیری تقویت مهارت‌های تحلیلی و نقادانه استفاده از مسائل پیچیده برای تحریک تفکر نقادانه تشویق به تفکر مستقل و خودگردان تعامل فعال بین استاد و دانشجو استفاده از روش‌های تدریس چندگانه[2]
۵	دی آندره و همکاران[3] (۲۰۱۸)	Learning Styles and Teaching Strategies in Chemical Engineering	Int J Dev Res	یادگیری مبتنی بر پروژه(Project-Based Learning) روش‌های تدریس تعاملی(Interactive Teaching Methods) یادگیری گروهی و مشارکتی(Collaborative Learning) حل مسئله(Problem-Solving Activities) پشتیبانی از تفکر نقادانه در ارزیابی‌ها[4] آموزش از طریق مطالعات موردی[5] فراهم‌آوری فرصت‌های تفکر مستقل
۶	وودز و همکاران[6] (۲۰۰۰)	The Future of Engineering Education: Part 3. Developing Critical Skills	Chem Eng Educ	آموزش مهارت‌های حل مسئله تقویت تفکر تحلیلی و منطقی تشویق به کار گروهی و بحث‌های نقادانه تمرین ارزیابی و تجزیه‌وتحلیل شواهد آموزش به شیوه‌های مبتنی بر پروژه پشتیبانی از یادگیری خودگردان و مستقل استفاده از محیط‌های یادگیری پویا و چالش‌برانگیز
۷	فِنشام[7] (۲۰۰۹)	Real World Contexts in PISA Science	J Res Sci Teach	استفاده از زمینه‌های دنیای واقعی: طراحی مسائل علمی که به شرایط واقعی زندگی مرتبط باشند. تأکید بر توانایی‌های تحلیلی: آموزش تحلیل، ارزیابی و استنباط اطلاعات علمی. حل مسئله در دنیای واقعی: فراهم‌کردن فرصت‌هایی برای حل مسائل پیچیده و چندبُعدی. تقویت تفکر نقادانه در زمینه‌های علمی: توسعه توانایی‌های نقد و ارزیابی دیدگاه‌های مختلف علمی. فرآیند یادگیری مبتنی بر شواهد: استفاده از داده‌ها و شواهد برای شکل‌دهی به استدلال‌های علمی.
۸	فِنشام (۲۰۰۹)	The Link Between Policy and Practice in Science Education	Sci Educ	پاسخ‌گویی به چالش‌های علمی: تشویق به تحلیل و نقد شواهد علمی و نظریه‌ها؛ توسعه مهارت‌های استدلال منطقی: استفاده از روش‌های آموزشی که به تحلیل و استدلال علمی توجه دارند.تأکید بر یادگیری مبتنی بر مسئله: ارائه مسائل واقعی برای تقویت تفکر نقادانه و حل مسائل پیچیده. ترکیب سیاست‌های آموزشی با عمل: پیوند دادن سیاست‌های آموزشی با شیوه‌های تدریس که تفکر نقادانه را تقویت می‌کنند. فرصت‌های یادگیری مشارکتی: ایجاد فضاهایی برای تبادل نظر و همکاری برای بهبود تحلیل‌های گروهی.

1. Felder & Silverman
2. Multimodal Teaching
3. De Andrade et al.
4. Critical Thinking in Assessments
5. Case-Based Learning
6. Woods et al.
7. Fensham

۹	رامیرز-کورونا و همکاران[1] (۲۰۱۴)	Fostering the Development of Critical Thinking in an Introduction to Chemical Process Engineering Design Course	ASEE Annual Conference & Exposition	استفاده از پروژه‌های مبتنی بر حل مسئله تشویق به ارزیابی و تجزیه و تحلیل انتخاب‌های طراحی توسعه مهارت‌های استدلال منطقی و تصمیم‌گیری پشتیبانی از تفکر خلاق در فرآیند طراحی ارزیابی نتایج طراحی و شبیه‌سازی با استفاده از استانداردها استفاده از بازخورد و نقدهای هم‌گروهی توسعه مهارت‌های ارتباطی برای ارائه تصمیمات طراحی آموزش تفکر نقادانه در مباحث مرتبط با ایمنی و محیط زیست
۱۰	گلاویچ و همکاران[2] (۲۰۰۹)	Engineering Education: Environmental and Chemical Engineering Curricula	Eur J Eng Educ	بررسی تأثیر برنامه درسی مهندسی شیمی و محیط زیست بر توسعه مهارت‌های تحلیلی تأکید بر یادگیری مبتنی بر مسئله (PBL) برای تقویت تفکر نقادانه ضرورت یکپارچه‌سازی مسائل محیط زیستی در برنامه درسی برای افزایش انگیزه و درک نقادانه
۱۱	هافشتاین و مملوک-نامان[3] (۲۰۰۷)	The Role of the Laboratory in Science Education	Sci Educ	نقش آزمایشگاه در پرورش تفکر علمی و نقادانه طراحی فعالیت‌های آزمایشگاهی برای تقویت تحلیل داده‌ها و استدلال منطقی ارتباط مستقیم بین تجربیات عملی و توسعه مهارت‌های شناختی سطح بالا
۱۲	بیازی و همکاران[4] (۲۰۱۹)	A new Educational Thermodynamic Software to Promote Critical Thinking in Youth Engineering Students	Sustainability	استفاده از نرم‌افزارهای آموزشی برای شبیه‌سازی مسائل ترمودینامیکی افزایش مهارت‌های حل مسئله و تفکر نقادانه در دانشجویان مهندسی تأثیر فناوری‌های دیجیتال بر یادگیری عمیق مفاهیم پیچیده
۱۳	پیچانی وهاو[5] (۲۰۲۳)	Learner Agency in a Chemical Engineering Curriculum: Perceptions and Critical Thinking	Educ Chem Eng	رابطه بین خودکارآمدی دانشجویان و تفکر نقادانه طراحی برنامه درسی مبتنی بر پروژه برای تقویت مسئولیت‌پذیری در یادگیری نقش بازخورد مستمر در توسعه مهارت‌های تحلیلی
۱۴	کالواری[6] ۲۰۲۴)	Investigating the Impact of Implementing an Independent Curriculum on Problem-Solving Skills in Chemical Engineering	Int J Curric Dev Teach Learn Innov	بررسی تأثیر برنامه درسی مستقل بر مهارت‌های حل مسئله در مهندسی شیمی استفاده از روش‌های یادگیری فعالمانند (PBL) برای تقویت تفکر نقادانه ارتباط بین انعطاف‌پذیری برنامه درسی و پیشرفت تحصیلی
۱۵	هاتی و تیمپرلی[7] (۲۰۰۷)	The Power of Feedback	Rev Educ Res	نقش بازخورد مؤثر در توسعه تفکر نقادانه استراتژی‌های ارائه بازخورد برای بهبود تحلیل و خودارزیابی ارتباط بین انگیزه دانشجویان و کیفیت بازخورد دریافتی
۱۶	بارخولدر و همکاران[8] (۲۰۲۱)	Evaluating the Problem-Solving Skills of Graduating Chemical Engineering Students	Educ Chem Eng	ارزیابی مهارت‌های حل مسئله در دانشجویان مهندسی شیمی تأثیر برنامه درسی مبتنی بر چالش‌های واقعی صنعتی رابطه بین تفکر نقادانه و موفقیت در حل مسائل پیچیده

1. Ramirez-Corona et al.
2. Glavič et al.
3. Hofstein & Mamlok-Naaman
4. Biasi et al.
5. Pisani & Haw
6. Calvari
7. Hattie & Timperley
8. Burkholder et al.

۱۷	الدر و پال[1] (۲۰۲۰)	Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Learning and Your Life	Foundation for Critical Thinking	ارائه چارچوبی برای پرورش تفکر نقادانه در محیط‌های آموزشی تأکید بر خودتنظیمی و فراشناخت در یادگیری راهبردهای آموزشی برای تقویت تحلیل و ارزیابی نقادانه
۱۸	لیتزینگر و همکاران[2] (۲۰۱۱)	Engineering Education and the Development of Expertise	J Eng Educ	ارتباط بین برنامه درسی مهندسی و توسعه مهارت‌های حرفه‌ای نقش تجربیات عملی در شکل‌گیری تفکر نقادانه ضرورت تلفیق نظریه و عمل در آموزش مهندسی
۱۹	آدیر و یایگر[3] (۲۰۱۶)	Incorporating Critical Thinking into an Engineering Undergraduate Learning Environment	International Journal of Higher Education	راهکارهای یکپارچه‌سازی تفکر نقادانه در برنامه درسی مهندسی استفاده از مطالعه موردی (Case Study) برای تقویت تحلیل نقادانه تأثیر کار گروهی بر توسعه مهارت‌های شناختی
۲۰	گارینسون و اندرسون[4] (۲۰۰۷)	E-Learning in the 21st Century		نقش یادگیری الکترونیکی در دسترسی به منابع تحلیلی و نقادانه طراحی دوره‌های برخط برای تقویت خودآموزی و تفکر مستقل چالش‌ها و مزایای آموزش دیجیتال در پرورش تفکر نقادانه
۲۱	گارینسون و اندرسون (۲۰۰۴)	Framework for Research and Practice	J Dist Learn	ارائه مدلی برای ارزیابی تفکر نقادانه در محیط‌های یادگیری دیجیتال تأثیر تعامل استاد-دانشجو بر رشد مهارت‌های تحلیلی استفاده از ابزارهای برخط برای بازخورد و بهبود تفکر نقادانه
۲۲	گلاسِی و همکاران[5] (۲۰۲۲)	The Importance/Role of Education in Chemical Engineering	Chem Eng Res Des	بررسی جایگاه تفکر نقادانه در آموزش مهندسی شیمی ضرورت برنامه درسی مبتنی بر چالش‌های صنعتی رابطه بین کیفیت آموزش و مهارت‌های حل مسئله
۲۳	لیم (۲۰۲۱)[6]	Technology Enhanced Learning of Quantitative Critical Thinking	Educ Chem Eng	استفاده از فناوری برای آموزش تفکر نقادانه کمی نقش شبیه‌سازی‌های دیجیتال در درک مفاهیم پیچیده تأثیر ابزارهای تحلیلی بر پیشرفت تحصیلی
۲۴	ملون و همکاران[7] (۲۰۱۷)	Instilling the 4Cs of 21st Century Skills Through Integrated Project via Cooperative Problem-Based Learning (CPBL) for Chemical Engineering Students	IEEE, 7th World Engineering Education Forum (WEEF)	مرور نظری و تجربی تأثیر یادگیری مبتنی بر مسئله بر تفکر نقادانه مقایسه PBL با روش‌های سنتی در پرورش مهارت‌های تحلیلی ارائه راهکارهایی برای اجرای مؤثر PBL در برنامه درسی بررسی تأثیر یادگیری مبتنی بر مسئله مشارکتی (CPBL) بر توسعه مهارت‌های قرن ۲۱ (تفکر نقادانه، خلاقیت، همکاری و ارتباطات) تأکید بر پروژه‌های یکپارچه در برنامه درسی مهندسی شیمی برای تقویت مهارت‌های تفکر سطح بالا؛ نتایج نشان‌دهنده بهبود قابل توجه در توانایی حل مسئله و کار تیمی دانشجویان
۲۵	فارمر و ویلکینسون (۲۰۱۸)	Engineering Success: Using Problem-Based Learning to Develop Critical Thinking and Communication Skills in a Chemical Engineering Classroom	Proc Can Eng Educ Assoc (CEEA)	بررسی تأثیر PBL بر مهارت‌های تفکر نقادانه و ارتباطی در کلاس‌های مهندسی شیمی طراحی سناریوهای یادگیری مبتنی بر مسائل واقعی صنعتی افزایش انگیزه دانشجویان از طریق یادگیری فعال و مشارکتی

1. Elder & Paul
2. Litzinger et al.
3. Adair & Jaeger
4. Garrison & Anderson
5. Glassey et al.
6. Lim
7. Mellon

۲۶	شیا و همکاران[1] (۲۰۲۰)	Collaborative Project-Based Learning Approach to the Enculturation of Senior Engineering Students into the Professional Engineering Practice of Teamwork	ASEE Virtual Annual Conference	استفاده از یادگیری مبتنی بر پروژه مشارکتی برای آماده‌سازی دانشجویان برای محیط کار حرفه‌ای تأکید بر ارتباط بین کار تیمی مؤثر و توسعه تفکر نقادانه بهبود مهارت‌های حل تعارض و تصمیم‌گیری گروهی
۲۷	یائو و چاه[2] (۲۰۱۱)	Curriculum Integration: Twinning of a Core Chemical Engineering Module with a Teamwork & Communication Module	7th International CDIO Conference	یکپارچه‌سازی ماژول‌های کار تیمی و ارتباطات با دروس اصلی مهندسی شیمی تأثیر این یکپارچه‌سازی بر توسعه همزمان مهارت‌های فنی و تفکر نقادانه طراحی فعالیت‌های یادگیری که همکاری و تحلیل نقادانه را تقویت می‌کند
۲۸	والنزولا و همکاران[3] (۲۰۱۱)	Critical thinking motivational scale: A contribution to the study of relationship between critical thinking and motivation	Journal of Educational Psychology	توسعه مقیاسی برای سنجش انگیزه تفکر نقادانه شناسایی رابطه مثبت بین انگیزه درونی و توانایی تفکر نقادانه تأثیر نگرش‌های دانشجویان بر تمایل به درگیر شدن در تفکر نقادانه
۲۹	بریستووا و همکاران[4] (۲۰۲۲)	Academic motivation as a predictor of the development of critical thinking in students	Journal of Applied Research in Higher Education	بررسی نقش انگیزه تحصیلی به عنوان پیش‌بینی کننده رشد تفکر نقادانه مقایسه تأثیر انگیزه درونی و بیرونی بر توسعه مهارت‌های تحلیلی طراحی مدلی برای پیش‌بینی پیشرفت در تفکر نقادانه بر اساس عوامل انگیزشی
۳۰	هاوارد و همکاران[5] (۲۰۱۵)	Teaching critical thinking skills: Ability, motivation, intervention, and the Pygmalion effect	Journal of Business Ethics	بررسی تأثیر انتظارات معلمان (اثر پیگمالیون) بر رشد تفکر نقادانه دانشجویان طراحی مداخلات آموزشی برای تقویت همزمان توانایی و انگیزه تفکر نقادانه نقش بازخورد مثبت در ایجاد چرخه virtuous رشد مهارت‌های تحلیلی
۳۱	هو و همکاران[6] (۲۰۱۶)	Effects of a critical thinking skills program on the learning motivation of primary school students	Roeper review	بررسی تأثیر برنامه‌های آموزش تفکر نقادانه بر انگیزه یادگیری دانش‌آموزان ابتدایی استفاده از فعالیت‌های سؤال‌برانگیز و چالش‌های شناختی مناسب سن افزایش علاقه به یادگیری و پشتکار در حل مسائل پیچیده
۳۲	سودمند افشار و همکاران (۲۰۱۴)	Instrumental motivation, critical thinking, autonomy and academic achievement of Iranian EFL learners	Issues in Educational Research	بررسی رابطه بین انگیزه ابزاری، تفکر نقادانه، خودمختاری و پیشرفت تحصیلی شناسایی نقش واسطه‌ای تفکر نقادانه در ارتباط بین انگیزه و موفقیت تحصیلی تأکید بر اهمیت پرورش خودمختاری در یادگیری برای توسعه تفکر نقادانه
۳۳	سمرچی[7] (۲۰۱۱)	The relationships between achievement focused motivation and critical thinking	African Journal of Business Management	تحلیل رابطه بین انگیزه پیشرفت و توانایی تفکر نقادانه مقایسه دانشجویان با سطوح مختلف انگیزه پیشرفت در مهارت‌های تحلیلی پیشنهاد راهکارهایی برای تقویت همزمان انگیزه و تفکر نقادانه

1. Xia et al.
2. Yau & Cheah
3. Valenzuela et al.
4. Berestova et al.
5. Howard et al.
6. Hu et al.
7. Semerci

۳۴	کِک و هوئیجر[1] (۲۰۱۱)	The power of problem-based learning in developing critical thinking skills: preparing students for tomorrow's digital futures in today's classrooms	Higher Education Research & Development	بررسی تأثیر PBL بر آماده‌سازی دانشجویان برای آینده دیجیتال طراحی محیط‌های یادگیری که تفکر نقادانه و سواد دیجیتال را یکپارچه می‌کنند. تأکید بر نقش PBL در توسعه مهارت‌های حل مسئله پیچیده
۳۵	ماسک، یامین[2] (۲۰۱۱)	The effect of problem based learning on critical thinking ability: a theoretical and empirical review	International Review of Social Sciences and Humanities	مرور نظام‌مند نظریه‌ها و شواهد تجربی درباره تأثیر PBL بر تفکر نقادانه تحلیل سازوکارهای مؤثر در محیط‌های PBL که رشد شناختی را تسهیل می‌کنند؛ ارائه چارچوبی برای طراحی مؤثرتر محیط‌های یادگیری مبتنی بر مسئله

با توجه به مطالعات پیشین و مبانی نظری در این زمینه، عواملی شناسایی شدند که در نهایت، با در نظر گرفتن تمامی این عوامل، ۱۱ عامل کلیدی که بیشترین ارتباط و تأثیر را در زمینه برنامه‌درسی و تفکر نقادانه داشتند، انتخاب و در این پژوهش ارائه شدند. که شامل موارد زیر هستند.

جدول۲: عوامل شناسایی شده اولیه مطابق با مبانی نظری

ردیف	عوامل	خلاصه نتایج	نویسندگان
۱	روش‌های تدریس و سبک‌های آموزشی	روش‌های تدریس و سبک‌های آموزشی نقش مهمی در توسعه تفکر نقادانه دارند. آموزش فعال و استفاده از روش‌های تدریس تعاملی می‌تواند به بهبود مهارت‌های تفکر نقادانه دانشجویان کمک کند.	[1-6]
۲	کیفیت محتوا و مواد آموزشی	کیفیت و ساختار محتوای آموزشی و مواد درسی می‌تواند تأثیر زیادی بر توانایی‌های تفکر نقادانه دانشجویان داشته باشد. محتوای غنی و به‌روز، که با نیازهای یادگیری هماهنگ باشد، ضروری است.	[7-10]
۳	تجربیات عملی و آزمایشگاهی	تجربیات عملی و فعالیت‌های آزمایشگاهی فرصتی برای دانشجویان فراهم می‌کند تا مهارت‌های تفکر نقادانه را در عمل به کار ببرند و نظریات علمی را بررسی کنند.	[11,12]
۴	توانایی تحلیل و حل مسئله	توانایی‌های تحلیلی و مهارت‌های حل مسئله به دانشجویان کمک می‌کند تا مفاهیم پیچیده را درک کنند و به روش‌های علمی و منطقی مسائل را حل کنند.	[13,14]
۵	پشتیبانی و بازخورد وارزشیابی	بازخورد مؤثر و پشتیبانی از سوی اساتید می‌تواند به بهبود توانایی‌های تفکر نقادانه دانشجویان کمک کند و آن‌ها را در یادگیری فعال‌تر و تعمق بیشتر یاری دهد.	[15,16]
۶	توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت	آموزش مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت به دانشجویان کمک می‌کند تا توانایی تحلیل، ارزیابی و استدلال منطقی خود را تقویت کنند.	[17,18,9]
۷	تأثیرات محیط آموزشی و فرهنگی	محیط آموزشی و فرهنگی که دانشجویان در آن قرار دارند، می‌تواند بر نحوه یادگیری و توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه تأثیرگذار باشد.	[19,20]
۸	استفاده از فناوری و ابزارهای آموزشی	استفاده از فناوری و ابزارهای آموزشی می‌تواند به تسهیل یادگیری و تقویت مهارت‌های تفکر نقادانه کمک کند. ابزارهای دیجیتال می‌توانند فرصت‌های بیشتری برای تمرین و تحلیل فراهم کنند.	[51-23]
۹	تجربیات گروهی و همکاری تیمی	استفاده از فناوری و ابزارهای آموزشی می‌تواند به تسهیل یادگیری و تقویت مهارت‌های تفکر نقادانه کمک کند. ابزارهای دیجیتال می‌توانند فرصت‌های بیشتری برای تمرین و تحلیل فراهم کنند.	[24-27]
۱۰	عوامل فردی و انگیزشی	انگیزش علمی می‌تواند به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده‌ای برای توسعه تفکر نقادانه عمل‌کند. دانشجویانی که انگیزش بالاتری دارند، توانایی‌های تفکر نقادانه خود را تقویت‌کرده و مسائل پیچیده را به‌طور تحلیلی و خلاقانه بررسی می‌کنند. انگیزش تأثیر زیادی بر تقویت تفکر نقادانه دارد و افرادی با انگیزش بالا، تمایل بیشتری به تفکر نقادانه دارند.	[28-33]

1. Kek & Huijser
2. Masek & Yamin

۱۱	تنوع و پیچیدگی مسائل علمی	یادگیری مبتنی بر مشکل (PBL) به دانشجویان کمک می‌کند تا مهارت‌های تفکر نقادانه خود را تقویت کنند و مسائل پیچیده را از دیدگاه‌های مختلف تحلیل کنند. این روش همچنین دانشجویان را برای مواجهه با چالش‌های دنیای دیجیتال و پیچیدگی‌های فناوری‌های جدید آماده می‌سازد. PBL به‌ویژه مهارت‌های حل مسئله پیچیده را در دانشجویان توسعه می‌دهد و آن‌ها را برای آینده شغلی و علمی آماده می‌کند.	[34-35]

همچنین در مصاحبه با خبرگان ۵۸ عامل نیز شناسایی شدند که با دسته‌بندی و انطباق آن‌ها به ۱۱ دسته استخراجی از مرور نظام‌مند توانسیم عوامل نهایی را استخراج نماییم.

یافته‌ها

نتایج حاصل از مرحله کیفی پژوهش نشان داد که در جریان مصاحبه با خبرگان، در مجموع ۵۸ عامل اولیه مرتبط با تقویت تفکر نقادانه و بهبود فرایند یادگیری دانشجویان در آموزش مهندسی شناسایی شد. این عوامل پس از استخراج اولیه، مورد بررسی، پالایش و دسته‌بندی قرار گرفتند و از طریق فرآیند انطباق و مقایسه، با ۱۱ دسته استخراج‌شده از مرور نظام‌مند هم‌راستا شدند. در نتیجه این فرایند تحلیلی، عوامل نهایی پژوهش در قالب مجموعه‌ای منسجم از عوامل اصلی و زیرعوامل مرتبط با هر یک سامان‌دهی گردید.

یافته‌ها نشان می‌دهد که عوامل نهایی شناسایی‌شده، ابعاد مختلف آموزشی، محیطی، فردی و مهارتی را دربر می‌گیرند و بیانگر نقش هم‌زمان مؤلفه‌های ساختاری و فرایندی در پرورش تفکر نقادانه و توانایی حل مسئله هستند. این عوامل شامل شیوه‌های تدریس، ویژگی‌های محیط آموزشی و فرهنگی، کیفیت محتوا و مواد آموزشی، بهره‌گیری از فناوری و ابزارهای آموزشی، فراهم‌سازی تجربیات عملی و آزمایشگاهی، فعالیت‌های گروهی و همکاری تیمی، توانایی تحلیل و حل مسئله، عوامل فردی و انگیزشی، نظام‌های پشتیبانی، ارزشیابی و بازخورد، تنوع و پیچیدگی مسائل علمی و نیز توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت است.

در مجموع، همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نتایج حاصل از مصاحبه با خبرگان از انطباق بالایی با عوامل شناسایی‌شده در مرحله مرور نظام‌مند برخوردار بوده و چارچوبی جامع از عوامل اصلی و زیرعوامل مؤثر بر تقویت تفکر نقادانه و یادگیری مؤثر در آموزش مهندسی را ارائه می‌دهد.

جدول۳: مطابقت عوامل شناسایی شده اولیه با مصاحبه با خبرگان

عامل اصلی	زیرعوامل
روش‌های تدریس تعاملی	- استفاده از روش‌های تدریس فعال- مشارکت دانشجویان در یادگیری- فعالیت‌های گروهی و کارگاه‌های عملی- طرح‌ریزی جلسات یادگیری با تعامل بالا- استفاده از فنون تدریس مبتنی بر بحث و گفتگو- برگزاری جلسات پرسش و پاسخ
تأثیرات محیط آموزشی و فرهنگی	- فضای فیزیکی و اجتماعی کلاس- تنوع فرهنگی و نحوه برخورد با آن- تعاملات فرهنگی میان دانشجویان- تأثیر محیط‌های آموزشی بر یادگیری- آمادگی معلمان و اساتید برای مدیریت تنوع فرهنگی- سیاست‌های آموزشی در حمایت از یادگیری متنوع
کیفیت محتوا و مواد آموزشی	- به روز بودن و دقت محتوای درسی- منابع آموزشی معتبر- تنوع منابع آموزشی (کتاب‌ها، مقالات، ویدیوها، دوره‌های برخط)- انسجام و سازماندهی محتوا- هم‌راستایی محتوا با اهداف آموزشی
استفاده از فناوری و ابزارهای آموزشی	- استفاده از نرم‌افزارهای آموزشی- سکوهای یادگیری برخط - ابزارهای شبیه‌سازی و مدل‌سازی- استفاده از ابزارهای جمع‌آوری و تحلیل داده- توسعه مهارت‌های دیجیتال در دانشجویان- ادغام فناوری در فرآیندهای ارزیابی
تجربیات عملی و آزمایشگاهی	- برگزاری آزمایشگاه‌های عملی- تجربه‌های عملی در محیط‌های شبیه‌سازی- پروژه‌های میدانی و تجربیات واقعی- فرصت‌های برای انجام تحقیقات عملی- آموزش از طریق تجربه و یادگیری مبتنی بر عمل
تجربیات گروهی و همکاری تیمی	- پروژه‌های تیمی و گروهی- مهارت‌های کار گروهی- تعامل و همکاری بین دانشجویان- یادگیری مبتنی بر پروژه‌های مشترک- آموزش مهارت‌های ارتباطی و تیمی

توانایی تحلیل و حل مسئله	- توسعه مهارت‌های تفکر تحلیلی- استفاده از روش‌های منطقی برای حل مسائل- تشویق به تفکر نقادانه- ارائه راه‌حل‌های نوآورانه- مشارکت در حل مسائل پیچیده
عوامل فردی و انگیزشی	- انگیزش درونی و بیرونی دانشجویان- استعدادهای فردی و پیشرفت شخصی- اعتماد به نفس و خودآگاهی- علاقه‌مندی به موضوعات درسی- تأثیر مربیان و اساتید در انگیزش
پشتیبانی و ارزشیابی و بازخورد	- ارائه بازخوردهای سازنده و مؤثر- ارزیابی مستمر فرآیند یادگیری- پشتیبانی از دانشجویان در یادگیری- ارزیابی عملکرد دانشجویان از طریق آزمون‌ها و پروژه‌ها- ارتقاء فرآیند یادگیری از طریق بازخورد
تنوع و پیچیدگی مسائل علمی	- گستردگی و تنوع مسائل علمی- پیچیدگی محتوای علمی در دروس- ارائه مسائل چندوجهی- تحلیل و حل مسائل پیچیده در محیط‌های علمی- توسعه مهارت‌های حل مسئله در دانشجویان
توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت	- تشویق به پرسشگری و تحلیل نقادانه- حل مسئله خلاقانه و نوآورانه- تقویت توانایی‌های تفکر مستقل- برنامه‌های آموزشی برای توسعه مهارت‌های خلاقانه- استفاده از فعالیت‌های خلاقانه برای آموزش

پس از بررسی مبانی نظری و پیشینه مطالعات انجام گرفته ومطابق با نظر خبرگان ۱۱ عامل موثر بر تفکر نقادانه دانشجویان مهندسی شناسایی گردید که با استفاده از آزمون t-test نهایتا متغیرهای اصلی شناسایی‌گردید. در زیر فهرستی از متغیرهای اولیه و نتایج آزمون t-test مشاهده می‌گردد. همانطور که مشاهده می‌شود. متغیرهایی که سطح معنی داری آنها بزرگتر از ۰/۰۵ است حذف می‌شوند و متغیرهای تایید شده وارد پرسشنامه ماتریسی ISM می‌گردند.

جدول۴: عوامل شناسایی شده اولیه

شماره عوامل	عوامل اولیه	شماره عوامل	عوامل اولیه
C1	روش‌های تدریس تعاملی	C7	تأثیرات محیط آموزشی و فرهنگی
C2	کیفیت محتوا و مواد آموزشی	C8	استفاده از فناوری و ابزارهای آموزشی
C3	تجربیات عملی و آزمایشگاهی	C9	تجربیات گروهی و همکاری تیمی
C4	توانایی تحلیل و حل مسئله	C10	عوامل فردی و انگیزشی
C5	پشتیبانی و ارزشیابی و بازخورد	C11	تنوع و پیچیدگی مسائل علمی
C6	توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت		

فرضیه‌های آزمون به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$H0: \mu \leq 3$

$H1: \mu > 3$

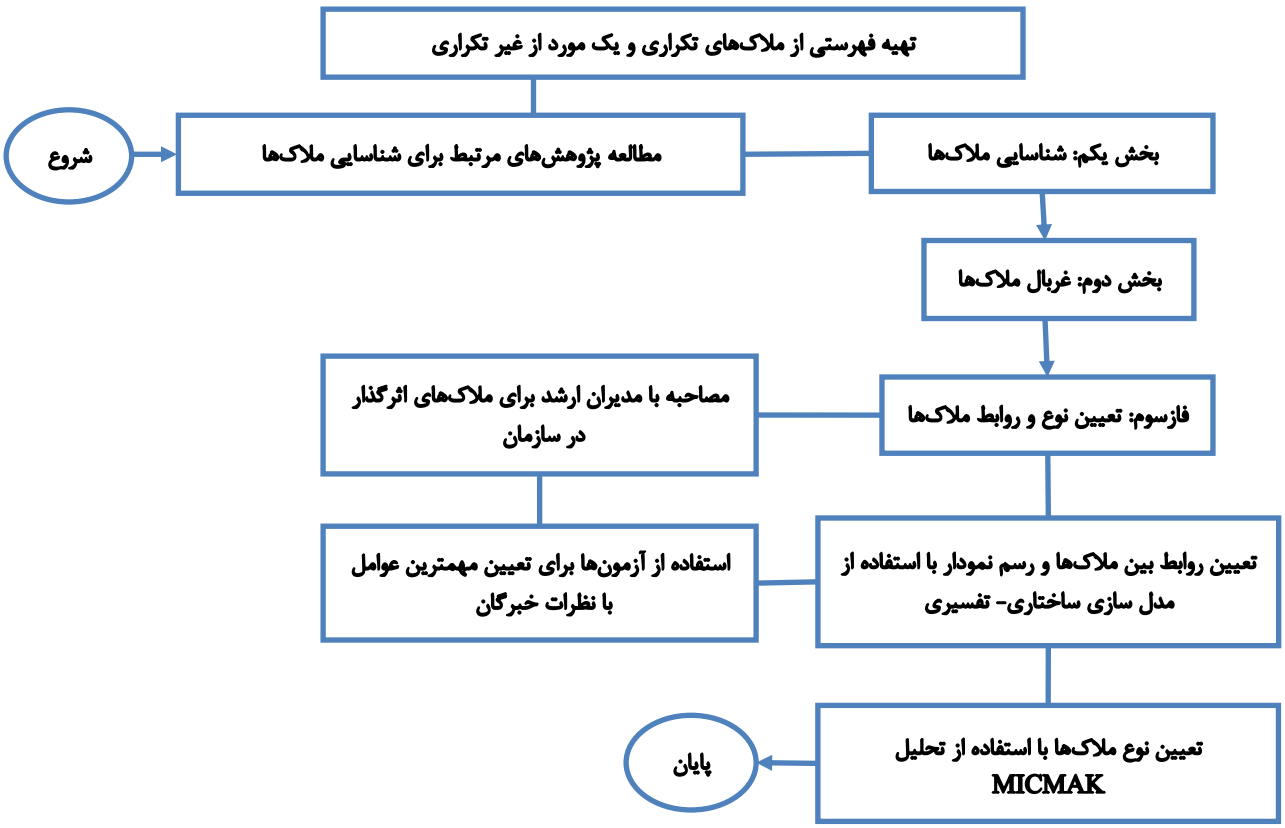
جدول ۵: آزمون t تک نمونه‌ای

شماره عوامل	آماره آزمون T	درجه آزادی	سطح معناداری	اختلاف میانگین	فاصله اطمینان ۹۵٪درصدی	
					پایین	بالا
C1	۵/۹۵۰	۲۹	۰/۰۰۰	۰/۹۶۶۶۶۷	۰/۶۳۴۳۷	۱/۲۹۸۹۷
C2	۳/۵۱۶	۲۹	۰/۰۰۱	۰/۷۶۶۶۷	۰/۳۲۰۷	۱/۲۱۲۶
C3	۰/۶۸۲	۲۹	۰/۵۰۱	۰/۱۰۰۰۰	-۰/۱۹۹۸	۰/۳۹۹۸
C4	۵/۰۶۶	۲۹	۰/۰۰۰	۰/۸۶۶۶۷	۰/۵۱۶۷	۱/۲۱۶۶
C5	۵/۶۷۷	۲۸	۰/۰۰۰	۱/۰۳۴۴۸	۰/۶۶۱۲	۱/۴۰۷۸
C6	۴/۹۵۵	۲۹	۰/۰۰۰	۰/۹۰۰۰۰	۰/۵۲۸۵	۱/۲۷۱۵
C7	۳/۹۱۴	۲۸	۰/۰۰۱	۰/۷۲۴۱۴	۰/۳۴۵۲	۱/۱۰۳۱
C8	۲/۴۱۵	۲۸	۰/۰۲۳	۰/۵۱۷۲۴	۰/۰۷۸۶	۰/۹۵۵۹
C9	۰/۹۱۴	۲۹	۰/۳۵۴	۰/۱۳۳۳۳	-۰/۱۵۶۵	۰/۴۲۳۱
C10	۵/۴۱۳	۲۹	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳۳۳	۰/۵۸۰۷	۱/۲۸۶۰
C11	-۱/۲۳۵	۲۹	۰/۲۲۷	-۰/۲۰۰۰۰	-۰/۵۳۱۱	۰/۱۳۱۱

همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌شود سطح معنی داری متغیر C۱۱,C۹,C۳ ،بزرگتر از ۰.۰۵ است، لذا فرضیه صفر مربوط به این عوامل‌ها، پذیرفته شده و این عوامل‌ها از فهرست ما برای بررسی میزان تاثیرگذاری خارج می گردد.

مدل سازی ساختاری- تفسیری

مراحل توسعه مدل سازی ساختاری تفسیری درهفت گام شکل می‌گیرد:



شکل۲: مراحل توسعه مدل سازی ساختاری تفسیرتعیین متغیرها

جدول۶: متغیرهای نهایی شده

شماره عوامل	متغیرهای نهایی تایید شده	شماره عوامل	متغیرهای نهایی تایید شده
C1	روش‌های تدریس تعاملی	C5	توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت
C2	کیفیت محتوا و مواد آموزشی	C6	تأثیرات محیط آموزشی و فرهنگی
C3	توانایی تحلیل و حل مسئله	C7	استفاده از فناوری و ابزارهای آموزشی
C4	پشتیبانی و ارزیابی و بازخورد	C8	عوامل فردی و انگیزشی

به دست آوردن ماتریس خودتعاملی ساختاری[1]

این ماتریس یک ماتریس به ابعاد عوامل است که در سطر و ستون اول آن متغیرها به ترتیب ذکر می شوند. آنگاه دوبه دوی عوامل توسط نمادهایی مشخص می شود (آذر و همکاران، ۲۰۱۱). ماتریس خود تعاملی ساختاری بر اساس بحث و نظرات گروه متخصصان تشکیل می شود. برای تعیین نوع روابط پیشنهاد شده است که ازنظر خبرگان و کارشناسان بر اساس فنون مختلف مدیریتی، ازجمله طوفان مغزی و تکنیک گروه اسمی و غیره استفاده شود (سینگ و همکاران[2]، ۲۰۰۳). برای تعیین نوع رابطه می توان از نمادهای زیر استفاده کرد:

1. Structural Self Interaction Matrix
2. Singh et al.

جدول۷: متغیرهای نهایی شده

نماد	مفهوم نماد
V	عوامل سطر(i) میتواند زمینه رسیدن به عوامل ستون(j) باشد (ارتباط یکطرفه از i به j) و (سطر منجر به ستون)
A	عوامل ستون(j) میتواند زمینه رسیدن به عوامل سطر(i) باشد (ارتباط یکطرفه از j به i) و (ستون منجربه سطر)
X	بین عوامل سطر(i) وعوامل (j) ارتباط دو جانبه وجود دارد. به عبارتی هر دو میتوانند زمینه ساز رسیدن به همدیگر شوند. (رابطه دو طرفه وجود دارد)
O	هیچ ارتباطی بین این دو عنصر (ij) وجود ندارد. (رابطه معتبری وجود ندارد)

جدول۸: ماتریس خودتعاملی ساختاری

C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
V	O	O	A	V	V	X	X	C1
V	X	A	V	A	A	X		C2
V	X	X	A	V	X			C3
V	A	A	O	X				C4
V	A	X	X					C5
V	X	X						C6
V	X							C7
X								C8

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

با تبدیل نمادهای روابط ماتریس SSIM به اعداد صفر و یک می‌توان به ماتریس دستیابی رسید. این قواعد در جدول زیر بیان شده است (تاکر وهمکاران[2]، ۲۰۰۷).

جدول ۹: نحوه تبدیل روابط مفهومی به اعداد

نماد مفهومي	I به J	Jبه I
V	1	0
A	0	1
X	1	1
O	0	0

جدول۱۰: ماتریس دستیابی

C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
1	0	0	0	1	1	1	1	C1
1	1	0	1	0	0	1	1	C2
1	1	1	0	1	1	1	0	C3
1	0	0	0	1	0	1	0	C4
1	0	1	1	0	1	1	1	C5
1	1	1	1	1	1	1	0	C6
1	1	1	1	1	1	1	0	C7
1	0	0	0	0	0	0	0	C8

1. Reachability Matrix
2. Thakkar et al.

تشکیل ماتریس دستیابی نهایی (دسترسی نهایی)

در این مرحله باید انتقال پذیری بین عوامل نیز بررسی شود؛ اگر i منجر به j و j منجر به k شد، آنگاه i باید منجر به k شود (تاکر وهمکاران، ۲۰۰۷). هوآنگ وهمکاران ازقوانین ریاضی برای ایجادسازگاری استفاده کردند بدین صورت که ماتریس دستیابی را به توان(K+۱) میرساند و K≤۱است. البته، عملیات به توان رساندن ماتریس باید طبق قاعده بولیَن(۱=۱×۱,۱=۱+۱) باشد (سینگ و همکاران، ۲۰۰۳). پس از اینکه ماتریس دستیابی اولیه بدست آمد، باید سازگاری درونی آن برقرار شود. به عنوان نمونه اگر عوامل ۱ به عوامل ۲ منجر شود و عوامل ۲ هم به عوامل ۳ منجر شود، باید عوامل ۱ نیز به عوامل ۳ منجر شود و اگر در ماتریس دستیابی این حالت برقرار نبود، باید ماتریس اصلاح شده و روابطی که از قلم افتاده جایگزین نماییم. برای سازگار کردن ماتریس روشهای مختلفی پیشنهاد شده است که در اینجا به دو روش کلی اشاره می شود:

روش اول: تعدادی از محققان براین عقیده اند که پس از جمع‌آوری نظرات خبرگان و به دست آوردن ماتریس‌های SSIM و دستیابی، درصورتیکه 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≥ ۱) میباشد. البته عملیات به توان رساندن ماتریس باید طبق قاعده بولن(۱=۱+۱ و۱=۱×۱) باشد. در تحقیق حاضر برای ضرب ماتریس از نرم افزار متلب استفاده شده است.

جدول ۱۱: ماتریس دستیابی نهایی

C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
0	0	1	0	0	1	0	1	C1
0	1	1	0	1	1	1	1	C2
0	0	1	0	0	1	0	1	C3
0	1	1	0	1	1	1	1	C4
1	1	1	1	1	1	1	1	C5
0	0	1	0	0	1	0	1	C6
0	1	1	0	1	1	1	1	C7
1	1	1	0	1	1	1	1	C8

تعیین سطوح عوامل و تشکیل ماتریس مخروطی[1]

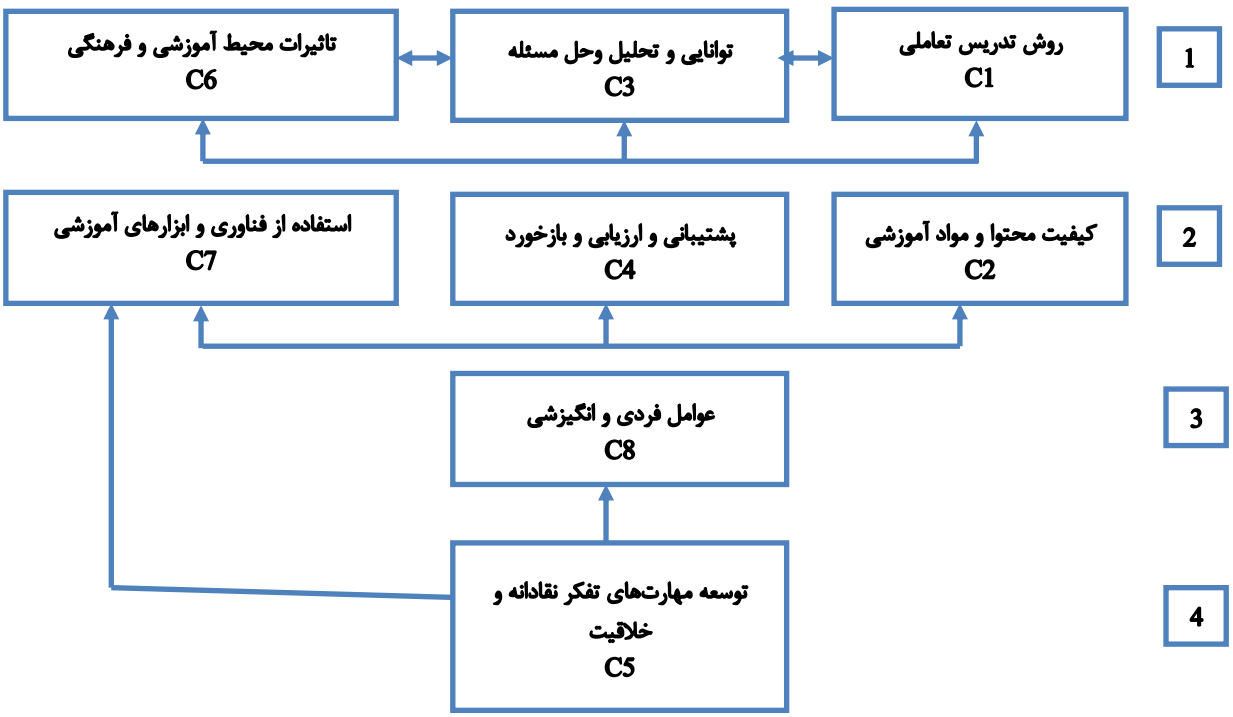
برای تعیین سطح و اولویت عوامل، مجموعه ی دستیابی و مجموعه پیش‌نیاز برای هر عوامل تعیین می‌شود. مجموعه دستیابی هر عوامل شامل عواملی می‌شود که از طریق این عوامل می‌توان به آن رسید و مجموعه پیش‌نیاز شامل عواملی می شودکه از طریق آن‌ها می توان به این عامل رسید. سپس اشتراکات مجموعه دسترسی و پیش نیاز همه عوامل تعیین می شود و در صورت برابر بودن مجموعه دسترسی با مجموعه اشتراک آن عامل (عوامل)به عنوان سطح بالا در نظر گرفته می شود. برای به دست آوردن سایر سطح قبلی از ماتریس جدا کردند و فرایند تکرار شود. پس از تعیین سطوح دوباره ماتریس دریافتی را به ترتیب سطوح مرتب کرده، مارتریس جدید، ماتریس مخروطی نامیده می شود (تاکر و همکاران، ۲۰۰۷). بعد از تعیین ماتریس دستیابی و پیش‌نیاز برای هر عوامل، عناصر مشترک در مجموعه دستیابی و پیش‌نیاز برای هر عوامل شناسایی شدند. پس از تعیین این مجموعه‌ها نوبت به تعیین سطح عوامل (عناصر) می‌رسد (منظور از سطح عناصر این است که عوامل‌ها بر سایر عوامل تأثیر گذارند یا از سایر عوامل تأثیر می‌پذیرند. عوامل‌هایی که در بالاترین سطح (سطح ۱) قرارمی‌گیرند تحت‌تأثیر سایر عوامل بوده و عوامل دیگری را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند. در اولین جدول عوامل از بالاترین سطح برخوردار است که مجموعه دستیابی و عناصر مشترک آن کاملاً یکسان باشند. پس از تعیین این عوامل یا عوامل، آنها از جدول حذف شدند و با سایر عوامل باقیمانده جدول بعدی تشکیل می‌شود. در جدول دوم نیز همانند جدول اول عوامل سطح دوم مشخص می‌شود. این عوامل سطح یک را تحت تأثیر قرار می‌دهند و خود

1. Conical Matrix

تحت تأثیر عوامل‌های سطح سه هستند. این کار تا تعیین سطح تمام عوامل‌ها ادامه می‌یابد. در پژوهش ما در سطح تکرار چهار به نتیجه دلخواه رسیده و متغیرها را مشخص کرده‌ایم.

ترسیم مدل ساختاری- تفسیری

ابتدا براساس سطح، عوامل‌ها را طبق اولویت به‌دست آمده از بالا به پایین مرتب می‌کنیم. با استفاده از ماتریس حاصل شده از ماتریس دریافتی مرتب شده بر اساس 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.



شکل ۳: مدل ساختاری_ تفسیری(ISM)

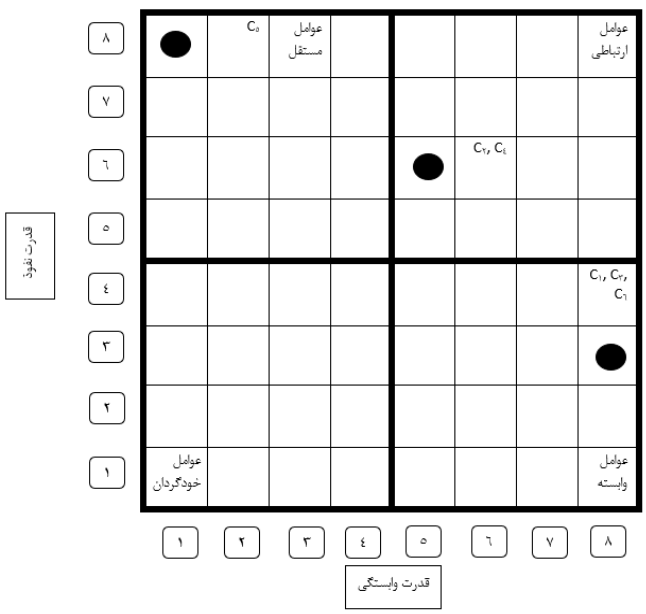
تحلیل MICMAC

برای انجام تحلیل MICMAC محاسبه قدرت نفوذ و وابستگی هرمتغیر نیاز است. قدرت نفوذ برابر با حاصل جمع اعداد سطر هر متغیر و قدرت وابستگی برابر با حاصل جمع اعداد ستون هر متغیر است. در این تحلیل عوامل برحسب قدرت هدایت و وابستگی به چهار دسته تقسیم نمودیم: ۱-عوامل خود مختار:که دارای قدرت هدایت و وابستگی ضعیف هستند ؛این عوامل نسبتاغیر متصل به سیستم هستند وارتباط کم و ضعیفی با سیستم دارند؛ ۲-عوامل وابسته :که دارای قدرت هدایت کم، ولی وابستگی شدید هستند؛ ۳-عوامل پیوندی: که دارای قدرت هدایت زیاد و وابستگی زیاد هستند این عوامل غیر ایستا هستند، زیرا هر نوع تغییردر آن‌ها می‌تواند سیستم را تحت تاثیر قرار دهد و در نهایت بازخورد سیست نیز می تواند این عوامل را دوباره تغییر دهد ۴-عوامل مستقل: که دارای قدرت هدایت قوی، و وابستگی ضعیف هستند (راوی[1]، ۲۰۰۵). سپس جدول مختصاتی بر اساس دو بعد قدرت نفوذ و وابستگی تشکیل‌می شود و متغیرها را برحسب قدرت نفوذ و وابستگی محاسبه‌شده در جدول زیر را در آن وارد می‌کنیم. طبقه‌بندی نهایی عوامل‌ها در شکل نشان‌داده‌شده‌است.

1. Ravi

جدول ۱۲: قدرت نفوذ و وابستگی

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	نفوذ
C1	1	0	1	0	0	1	0	0	3
C2	1	1	1	0	1	1	1	0	6
C3	1	0	1	0	0	1	0	0	3
C4	1	1	1	0	1	1	1	0	6
C5	1	1	1	1	1	1	1	1	8
C6	1	0	1	0	0	1	0	0	3
C7	1	1	1	0	1	1	1	0	6
C8	1	1	1	0	1	1	1	1	7
وابستگی	8	5	8	5	1	8	5	2	



شکل ۴: قدرت نفوذ و وابستگی

۱. متغیرهای خودگردان: دارای قدرت هدایت و وابستگی ضعیف هستند. این متغیرها نسبتا غیر متصل به نظام 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 نظام را تحت تأثیر قرار دهد و در نهایت بازخورد نظام نیز می تواند این متغیرها را دوباره تغییر دهد.

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

عوامل‌ها C۴ , C۲ متغیرهای ارتباطی هستند که دارای قدرت هدایت زیاد و وابستگی زیاد هستند، و هر نوع تغییر در آن‌ها می تواند تفکر نقادانه دانشجویان مهندسی دانشگاه تهران را تحت تأثیر قرار دهد و در نهایت بازخورد نظام نیز می‌تواند این متغیرهارا دوباره تغییر دهد. متغیرهایC۳,C۱,C۶ متغیرهای وابسته هستند که قدرت وابستگی زیاد و نفوذ کم دارند. C۵ نیز در ردیف متغیرهای مستقل قرار می گیرد. در پژوهش ما متغیرC۵ یعنی توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت دارای قدرت نفوذ بالا و وابستگی کم است، لذا با دستکاری آنها می توانیم این متغیر را تغییر داده و بر کل نظام تأثیر بگذاریم.

بحث

یافته‌های این پژوهش نشان داد که تفکر نقادانه در دانشجویان مهندسی یک سازه پیچیده، پویا و چندعاملی است که از تعامل میان ویژگی‌های فردی، محیط آموزشی، کیفیت محتوای درسی و روش‌های تدریس شکل می‌گیرد. اهمیت روزافزون این مهارت در عصر اطلاعات و چالش‌های پیچیده مهندسی، ضرورت آموزش آن را از سطوح پایه تا آموزش عالی دوچندان می‌سازد. مطالعات متعدد تأکید دارند که تفکر نقادانه مهارتی اکتسابی است و به تمرین مستمر، بازخورد مؤثر و قرارگیری در محیط‌های آموزشی فعال و مسئله‌محور نیاز دارد (انیس[1]، ۲۰۱۸؛ فاسیونه، ۲۰۱۱).

در این مطالعه، با بهره‌گیری از مدل ISM، روابط سلسله‌مراتبی بین عوامل مؤثر بر تفکر نقادانه مشخص شد. نتایج نشان داد که توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت در پایین‌ترین سطح مدل قرار دارد و بنیادی‌ترین نقش را در نظام ایفا می‌کند. این یافته با مطالعات پیشین همخوان است که نشان می‌دهند تقویت مهارت‌های شناختی عمیق مانند تحلیل، ارزیابی، استدلال و خلاقیت زیربنای تفکر نقادانه محسوب می‌شود (پاول و الدر، ۲۰۱۹). تغییر در این عوامل می‌تواند اثر دومینووار بر سایر ابعاد نظام یادگیری داشته باشد.

عوامل فردی و انگیزشی نیز در سطح میانی مدل قرار گرفتند؛ به این معنا که این عوامل از مهارت‌های تفکر نقادانه تأثیر می‌پذیرند، اما خود نقش واسطه‌ای مهمی در شکل‌گیری مشارکت آکادمیک و یادگیری عمیق دارند. این یافته با ادبیات پژوهشی سازگار است که انگیزش، خودکارآمدی و نگرش نسبت به یادگیری را پیش‌بینی‌کننده کلیدی تفکر نقادانه معرفی می‌کنند (آبرامی و همکاران، ۲۰۱۵؛ بندورا[2]، ۲۰۰۱) در سطح بالاتر مدل، عواملی همچون روش‌های تدریس تعاملی، توانایی تحلیل و حل مسئله و تأثیرات محیط آموزشی و فرهنگی قرار گرفتند که نشان‌دهنده وابستگی این متغیرها به ساختارهای عمیق‌تر شناختی و فردی است. به عبارت دیگر، روش تدریس و محیط یادگیری تنها زمانی می‌توانند اثربخش باشند که مهارت‌های شناختی پایه در دانشجو شکل گرفته باشد. پژوهش‌های آموزشی نیز از این یافته حمایت می‌کنند و بیان می‌دارند که محیط یادگیری فعال و مشارکتی زمانی مؤثر است که بر مهارت‌های شناختی بنیادی استوار باشد (بروکفیلد[3]، ۲۰۱۲).

در بخش تحلیل MICMAC نیز مشخص شد که متغیرهای توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت مهم‌ترین متغیرهای مستقل و کلیدی هستند که بیشترین تأثیر و کمترین وابستگی را دارند. این یافته حاکی از آن است که سرمایه‌گذاری آموزشی در این حوزه می‌تواند بیشترین بازده را برای نظام یادگیری داشته باشد. در مقابل، متغیرهای وابسته مانند روش‌های تدریس تعاملی، حل مسئله و تأثیرات محیطی قدرت نفوذ کمتر و وابستگی بیشتری دارند؛ بنابراین به‌عنوان پیامد سیستم و نه محرک اصلی آن تلقی می‌شوند. متغیرهای ارتباطی همچون کیفیت محتوای آموزشی، بازخورد و استفاده از فناوری آموزشی نقش محوری در میانجی‌گری روابط میان متغیرهای مستقل و وابسته دارند؛ به این صورت که تغییر در این متغیرها می‌تواند جهت و شدت روابط میان سایر عوامل را تغییر دهد. یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های قبلی همسو است که نشان می‌دهند کیفیت محتوای درسی و بازخورد مؤثر معلمان به‌طور مستقیم بر یادگیری عمیق و توانایی تفکر نقادانه اثر دارد (هتی و تیمپرلی[4]، ۲۰۰۷).

نتیجه‌گیری

اهمیت روز افزون تفکر نقادانه، ضرورت آموزش این مهارت از سنین پایین و در همه سطوح آموزشی را دوچندان می‌نماید. با تقویت تفکر نقادانه، می‌توان به جامعه‌ای داناتر، خلاق‌تر و تصمیم‌گیرتر دست یافت. توسعه تفکر نقادانه در دانشجویان یک فرآیند پیچیده و چندجانبه است که به عوامل مختلفی بستگی دارد. برای تقویت این مهارت، باید به طور همزمان به روش‌های تدریس، محیط یادگیری و ویژگی‌های فردی دانشجویان توجه شود. ایجاد یک محیط یادگیری فعال و حمایتی، تشویق به پرسش‌گری و

1. Ennis
2. Bandura
3. Brookfield
4. Hattie & Timperley

اســـتفاده از ارزیابی‌های متنوع، همگی می‌توانند به دانشـــجویان کمک کنند تا به تفکرکنندگان نقاد تبدیل شـــوند تفکر نقادانه مهارتی اســت که با تمرین و تلاش مداوم قابل بهبود اســت. این مهارت نه تنها در حوزه‌های تحصـیلی و شـغلی، بلکه در زندگی روزمره نیز بسیار مفید است.

مطالعه حاضر قادر به انجام سه هدف اصلی است: (الف) شناسایی عوامل موثر بر تفکر نقادانه در بین دانشجویان مهندسی با استفاده از مطالعه اسنادی و مبانی نظری و مصاحبه با خبرگان، (ب) تعیین سطوح عوامل و تشکیل ماتریس مخروطی و ترسیم مدل ساختاری تفسیری با استفاده از ISM، (ج) تعین قدرت نفوذ این عوامل برهم استفاده از تحلیل MICMAC برای کشف وابستگی و قدرت محرک پیشنهادی؛ نتایج تحقیق نشان داد که از ۱۱ عوامل ابتدایی شناسایی شده، ۸ عوامل نهایی به‌طور معناداری بر تفکر نقادانه تأثیر دارندکه شامل عوامل C1 (روش‌های تدریس تعاملی)، C2(کیفیت محتوا و مواد آموزشی)، C4 (توانایی تحلیل و حل مسئله)، C5 (پشتیبانی و ارزشیابی و بازخورد)، C6 (توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت)،C7 (تأثیرات محیط آموزشی و فرهنگی)، C8 (استفاده از فناوری و ابزارهای آموزشی)، C1 (عوامل فردی و انگیزشی) تأثیر معناداری دارند، زیرا مقادیر p-value آن‌ها کمتر از ۰.۰۵ است. در حالی که C3 (تجربیات عملی و آزمایشگاهی)،C9 (تجربیات گروهی و همکاری تیمی)، و C11 (تنوع و پیچیدگی مسائل علمی) تأثیر معناداری ندارند، زیرا p-value آن‌ها بیشتر از ۰.۰۵ است. مدل (ISM) روابط متقابل و تأثیرگذاری بین عوامل‌ها را به‌خوبی نشان داد، به‌طوری‌که عوامل‌های سطح پایین‌تر گراف (که بیشترین تأثیر را بر نظام دارند) شامل توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت بودند. تغییر در این عوامل‌ها می‌تواند به‌طور مؤثری کل نظام را تحت تأثیر قرار دهد. در سطح بعدی، عوامل‌های فردی و انگیزشی قرار داشتند که به‌طور مستقیم از عوامل سطح پایین‌تر تأثیر می‌پذیرند. عوامل در بالاترین سطح گراف، شامل روش‌های تدریس تعاملی، توانایی تحلیل و حل مسئله، و تأثیرات محیط آموزشی و فرهنگی بودند که به سایر عوامل نظام وابسته هستند و از اثرگذاری کمتری برخوردارند.

تحلیل MICMAC نیز متغیرهای نظام را به دسته‌های مختلف تقسیم کرد. متغیرهای مستقل یا کلیدی نظام شامل توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت بودند که بیشترین تأثیر را بر سایر متغیرها دارند و از سایر متغیرها تأثیر کمتری می‌پذیرند. متغیرهای ارتباطی شامل کیفیت محتوا و مواد آموزشی، پشتیبانی و بازخورد از اعضای هیات علمی، و استفاده از فناوری و ابزارهای آموزشی بودند. متغیرهای وابسته نیز شامل روش‌های تدریس تعاملی، توانایی تحلیل و حل مسئله، و تأثیرات محیط آموزشی و فرهنگی می‌شدند.

از لحاظ قدرت نفوذ (میزان تأثیری که هر عامل بر سایر عوامل دارد) عوامل‌های کیفیت محتوا و مواد آموزشی پشتیبانی وارزیابی و بازخورد متغیرهای ارتباطی هستند که دارای قدرت هدایت زیاد و وابستگی زیاد هستند، ارتباط بین دو یا چند متغیر دیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهد.این متغیر می‌تواند شدت، جهت یا حتی وجود این ارتباط را تغییر دهد و هر نوع تغییر در آن‌ها می تواند تفکر نقادانه دانشجویان مهندسی دانشگاه تهران را تحت تأثیر قرار دهد و در نهایت بازخورد نظام نیز می‌تواند این متغیرهارا دوباره تغییر دهد. متغیرهای روش‌های تدریس تعاملی و تولنایی تحلیل و حل مسئله, تأثیرات محیط آموزشی و فرهنگی متغیرهای وابسته هستند که قدرت وابستگی زیادی دارند به عبارتی این متغیرها به شدت تحت تأثیر عوامل خارجی قرار دارند و تغییرات در این عوامل به طور مستقیم بر آن‌ها اثر می‌گذارد. به عنوان مثال، اگر روش‌های تدریس تغییر کند، توانایی تحلیل و حل مسئله دانشجویان نیز تغییر خواهد کرد. و نفوذ کم دارند به این معنی که این متغیرها به طور مستقیم نمی‌توانند بر سایر متغیرها تأثیر بگذارند.به عنوان مثال، توانایی تحلیل و حل مسئله نمی‌تواند به طور مستقیم بر روش‌های تدریس تأثیر بگذارد. توسعه مهارت‌های تفکر نقادانه و خلاقیت نیز در ردیف متغیرهای مستقل قرار میگیرد ؛ دارای قدرت نفوذ بالا است به عبارتی این مهارت‌ها به افراد اجازه می‌دهند تا اطلاعات را ارزیابی کنند، مسائل را از زوایای مختلف بررسی کنند و راه حل‌های نوآورلنه برای مشکلات پیدا کنند در واقع به حل مشکلات، یادگیری و حتی روابط اجتماعی افراد تأثیر می‌گذارند. و دارای وابستگی کم است، برخلاف متغیرهای وابسته که تحت تأثیر عوامل خارجی قرار می‌گیرند، تفکر نقادانه و خلاقیت بیشتر به تلاش فردی و تمرین بستگی دارد. البته عوامل محیطی مانند آموزش، فرهنگ و تعاملات اجتماعی می‌توانند بر توسعه این مهارت‌ها تأثیر بگذارند، اما در نهایت این فرد است که مسئولیت پرورش این مهارت‌ها را بر عهده دارد. لذا با دستکاری آنها می‌توانیم این متغیر را تغییر داده و بر کل نظام تأثیر بگذاریم.

پیشنهادهای کاربردی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، چند پیشنهاد برای بهبود و تقویت تفکر نقادانه در بین دانشجویان، دانش‌آموختگان و اعضای هیئت علمی رشته‌های مهندسی در نظام آموزش عالی قابل طرح است:

- در این راستا، پیشنهاد می‌شود که نظام آموزشی و دانشگاه‌ها با طراحی سازوکارهای مناسب، محیطی حمایتی و انگیزشی فراهم آورند که در آن دانشجویان تشویق به پرسشگری، ارائه ایده‌های نوآورانه و به چالش کشیدن مفروضات علمی و مهندسی شوند. همچنین انتظار می‌رود اساتید دانشگاهی در مواجهه با نظرات مختلف، حتی اگر متضاد با دیدگاه‌های خود باشند، با رویکردی پذیرنده برخورد کنند تا در عمل، ضمن اجرای اصول تفکر نقادانه، نمونه‌ای عینی از پذیرش و اقدام نقادانه را برای دانشجویان به نمایش گذارند.

همچنین، تفکر نقادانه می‌تواند موجب اتخاذ تصمیم‌گیری‌های آموزشی و پژوهشی بر پایه تحلیل داده‌ها و اطلاعات صحیح شود و از اتکای صرف به شهود و احساسات جلوگیری کند. به همین دلیل، پیشنهاد می‌شود که دانشگاه‌ها جلسات تحلیلی و گفتمان‌های علمی برگزار نمایند تا تصمیم‌گیری‌ها در زمینه‌های آموزشی، پژوهشی و فنی با تکیه بر شواهد و تحلیل منطقی انجام شود. در طراحی برنامه‌های درسی نیز، از دانشجویان انتظار می‌رود که به جای پذیرش بی‌چون‌وچرای مفاهیم، رویکرد تحلیلی و پرسشگرانه‌ای اتخاذ کنند.

در همین راستا، تفکر نقادانه به دانشجویان کمک می‌کند تا از دیدگاه‌های مختلف به مسائل علمی و مهندسی نگاه کرده و راه‌حل‌های نوآورانه‌تری ارائه دهند. لذا لازم است که برنامه‌های آموزشی در رشته‌های مهندسی به‌گونه‌ای طراحی شوند که ضمن پوشش محتواهای تخصصی، دانشجویان را به کشف راه‌کارهای نوآورانه و تحلیل چندجانبه پدیده‌ها تشویق نمایند. این مهارت در مقاطع تحصیلات تکمیلی می‌تواند به پژوهشگران در ارائه ایده‌های نو در حوزه‌های گوناگون علمی کمک کند.

به منظور ارتقای یادگیری گروهی و توسعه همکاری‌های علمی، پیشنهاد می‌شود که گفتمان‌های دانشگاهی، کلاس‌های گروهی و انجمن‌های علمی دانشجویی تقویت گردند تا فضای تبادل نظر منطقی و مبتنی بر شواهد فراهم شود. همچنین، برای تقویت تفکر نقادانه، توسعه هدفمند برنامه‌های درسی بسیار حائز اهمیت است. در این راستا، پیشنهاد می‌شود که درس‌هایی با تمرکز بر مهارت‌های تفکر نقادانه در برنامه‌های درسی تمامی رشته‌های مهندسی گنجانده شوند. این دروس می‌توانند با بهره‌گیری از مثال‌های واقعی، تحلیل موردی، شبیه‌سازی و تمرین‌های مسئله‌محور، مهارت‌های استدلال، تحلیل و تصمیم‌گیری را آموزش دهند.

در همین حال، به دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی پیشنهاد می‌شود که فرصت‌های یادگیری مستمر برای دانشجویان و دانش‌آموختگان فراهم کنند، از جمله کارگاه‌های آموزشی، دوره‌های برخط و برنامه‌های منتورینگ. این اقدامات می‌تواند در کنار نهادینه‌سازی فرهنگ یادگیری، به روزآمدسازی دانش و تقویت شایستگی‌های حرفه‌ای کمک کند.

علاوه بر این، ایجاد فضای باز برای تبادل ایده‌ها و نوآوری علمی نیز در توسعه تفکر نقادانه مؤثر خواهد بود. دانشگاه‌ها می‌توانند با برگزاری رویدادهایی همچون نمایشگاه‌های ایده، رقابت‌های علمی، پروژه‌های بین‌رشته‌ای و فعالیت‌های پژوهشی گروهی، زمینه‌ای برای بروز خلاقیت و تفکر تحلیلی فراهم آورند.

در نهایت، پیشنهاد می‌شود که کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی در زمینه روش‌های حل مسئله، تفکر سیستمی و تصمیم‌گیری علمی در برنامه درسی رشته‌های مهندسی گنجانده شوند. همچنین، استفاده از روش‌های تدریس مبتنی بر مطالعه موردی و پروژه‌های عملی می‌تواند به تقویت شایستگی‌های تفکر نقادانه کمک شایانی کند.

ضروری است که نظام آموزشی کشور به‌گونه‌ای بازطراحی شود که یادگیرندگان را با شایستگی‌های پایدار و قابل انتقال تجهیز کند؛ به‌گونه‌ای که در موقعیت‌های مختلف و در مواجهه با چالش‌های پیچیده، توانایی تحلیل، تصمیم‌گیری و حل مسئله را با رویکردی نقادانه، منطقی و منظم داشته باشند. این هدف، از مهم‌ترین رسالت‌های آموزش در قرن بیست‌ویکم به‌شمار می‌آید.

تقدیر و تشکر

نویسندگان بر خود الزام می‌دانند از تمامی شرکت کنندگان در این پژوهش نهایت قدردانی و تشکر را داشته باشند.

References

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. https://doi.org/10.3102/0034654314551063

Adair, D., & Jaeger, M. (2016). Incorporating critical thinking into an engineering undergraduate learning environment. *International Journal of Higher Education*, *5*(2), 23–39. https://www.researchgate.net/publication/292190233

Akbari-Pardanjani, Z., & Salehi, K. (2024). A systematic review of critical thinking outcomes in engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, *26*(101), 47–84.https://www.magiran.com/p2747592 [in Persian]

Akbari-Pardanjani, Z., & Salehi, K. (2024). A systematic review of critical thinking outcomes in engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, *26*(101), 47–84. https://www.magiran.com/p2747592 [in Persian]

Akbari-Pardanjani, Z., Hosseinian, A., Salehi, K., & Javadipour, M. (2025). Identifying factors influencing critical thinking among chemical engineering graduates at the University of Tehran using ISM and MICMAC analysis. *Studies in Engineering Education Planning*. Advance online publication. https://doi.org/10.48308/mpes.2025.237116.150 [in Persian]

Al-Emran, M., Mezhuyev, V., & Kamaludin, A. (2019). PLS-SEM in information systems research: A comprehensive methodological reference. In *Proceedings of the International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics 2018* (Vol. 4, pp. 644–653). Springer. https://www.researchgate.net/publication/327291847

Awla, H. A. (2014). Learning styles and their relation to teaching styles. *International Journal of Language and Linguistics*, *2*(3), 241–245. https://www.researchgate.net/publication/275567766

Azar, A., Adel, T., Mogbel-Bararaz, A., Navari-Rostami, A., & Ali-Asghar, A. (2021). Designing a supply chain agility model: An interpretive structural modeling approach. *Management Research in Iran*, *14*(4), 1–25. https://mri.modares.ac.ir/article_126.html [in Persian]

Azar, A., Adel, T., Mogbel-Bararaz, A., Navari-Rostami, A., & Ali-Asghar, A. (2021). Designing a supply chain agility model: An interpretive structural modeling approach. *Management Research in Iran*, *14*(4), 1–25.https://mri.modares.ac.ir/article_126.html [in Persian]

Azar, A., Khosravani, F., Jalali-Dehdashti, A., & Adel, A. (2023). Developing a university life cycle: A fuzzy approach. *Journal of Research and Planning in Higher Education*, *17*(1), 1–25. https://journal.irphe.ac.ir/article_702745.html
[in Persian]

Azar, A., Khosravani, F., Jalali-Dehdashti, A., & Adel, A. (2023). Developing a university life cycle: A fuzzy approach. *Journal of Research and Planning in Higher Education*, *17*(1), 1–25.https://journal.irphe.ac.ir/article_702745.html [in Persian]

Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual review of psychology*, *52*(1), 1-26.

Baniasadi, A., Salehi, K., Khodaie, E., Bagheri Noaparast, K., & Izanloo, B. (2023). Fairness in classroom assessment: A systematic review. *The Asia-Pacific Education Researcher*, *32*, 91–109. https://www.researchgate.net/publication/357752757

Barke, H. D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2008). *Misconceptions in chemistry: Addressing perceptions in chemical education*. Springer. https://www.researchgate.net/publication/287232117

Bekele, A. T., & Menchaca, M. P. (2018). Learner and instructor identified success factors in distance education. *Distance Education*, *29*(3), 303–318. https://doi.org/10.1080/01587910802395771

Berestova, A., Kolosov, S., Tsvetkova, M., & Grib, E. (2022). Academic motivation as a predictor of the development of critical thinking in students. *Journal of Applied Research in Higher Education, 14*(3), 1041–1054. https://www.researchgate.net/publication/351763077

Biasi, M. R. D., Valencia, G. E., & Obregon, L. G. (2019). A new educational thermodynamic software to promote critical thinking in youth engineering students. *Sustainability*, *12*(1), 110. https://www.researchgate.net/publication/338122187

Brandriet, A. R. (2014). *Investigating students' understandings of the symbolic, macroscopic, and particulate domains of oxidation-reduction and the development of the redox concept inventory* (Doctoral dissertation, Miami University). https://www.researchgate.net/publication/264338665

Brookfield, S. D. (2012). Critical theory and transformative learning. *The handbook of transformative learning: Theory, research, and practice*, 131-146.

Burkholder, E., Hwang, L., & Wieman, C. (2021). Evaluating the problem-solving skills of graduating chemical engineering students. *Education for Chemical Engineers*, *34*, 68–77. https://www.researchgate.net/publication/347396192

Bybee, R. W. (2000). Teaching science by inquiry. In J. Minstrel & E. H. van Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching science* (pp. 20–46). AAAS.

Calvari, A. (2024). Investigating the impact of implementing an independent curriculum on problem-solving skills in chemical engineering education. *International Journal of Curriculum Development, Teaching, and Learning Innovations*, *2*(2), 77–85.

Carter, M. (2012). Review of *Thinking, Fast and Slow* by Daniel Kahneman. *Inquiry: Critical Thinking Across Disciplines*, *27*(2), 50–53.

Cohen, R., Herscovitz, O., & Dori, Y. J. (2020). Understanding abstract concepts in chemistry: A qualitative investigation of student conceptions. *Chemistry Education Research and Practice*, *21*(1), 201–213. https://doi.org/10.1039/C9RP00218A

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage Publications.

Currano, R., Steinert, M., & Leifer, L. (2012). Design loupes: A bifocal study to improve the management of engineering design innovation by co-evaluation of the design process and information sharing activity. In *Design thinking research: Studying co-creation in practice* (pp. 89–105). Springer.

de Andrade, A. O., de Oliveira Siqueira, A. M., & Araújo, W. D. R. M. (2018). Learning styles and teaching strategies in chemical engineering: An study. *International Journal of Development Research*, *8*(11), 24407–24413.

Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. HMH.

Elder, L., & Paul, R. (2020). *Critical thinking: Tools for taking charge of your learning and your life*. Foundation for Critical Thinking.

Elder, L., & Paul, R. (2020). *Critical thinking: Tools for taking charge of your learning and your life*. Rowman & Littlefield.

Ennis, R. H. (1991). Critical thinking: A streamlined conception. *Teaching Philosophy*, *14*(1), 5–24. https://doi.org/10.5840/teachphil19911412

Ennis, R. H. (2018). Critical thinking across the curriculum: A vision. *Topoi*, *37*(1), 165-184.

Facione, P. A. (1990). *The California critical thinking skills test—College level: Technical report #1: Experimental validation and content validity*. Insight Assessment.

Facione, P. A. (2011). Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight assessment*, *1*(1), 1-23.

Farmer, J. L., & Wilkinson, L. (2018). Engineering success: Using problem-based learning to develop critical thinking and communication skills in a chemical engineering classroom. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*.

Fazlalizadeh, R. (2024). The effect of critical approach components on academic achievement of 4th-grade female students in science. *Learner-Centered Curriculum and Instruction Journal*, *3*(1). https://cipj.tabrizu.ac.ir/article_18211.pdf [in Persian]

Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education, 78*(7), 674–681.

Fensham, P. J. (2009). Real world contexts in PISA science: Implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(8), 884–896.

Fensham, P. J. (2009). The link between policy and practice in science education: The role of research. *Science Education, 93*(6), 1076–1095.

Freed, R., Tuli, G., Mantri, A., Singh, N., & Garg, A. (2021). Critical thinking in STEM education: Analysis and assessment methods. *Journal of STEM Education, 22*(3), 45–57.

Garrison, D. R., & Anderson, T. (2004). Framework for research and practice. *Journal of Distance Learning, 8*(1).

Garrison, D. R., & Anderson, T. (2007). *E-learning in the 21st century*. Routledge.

Glavič, P., Lukman, R., & Lozano, R. (2009). Engineering education: Environmental and chemical engineering or technology curricula – A European perspective. *European Journal of Engineering Education, 34*(1), 47–61.

Halpern, D. F. (2013). The Halpern critical thinking assessment: A response to the reviewers. *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines, 28*(3), 28–39.

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

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research, 77*(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of educational research*, *77*(1), 81-112.

Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007). The role of the laboratory in science education: The case of chemistry. *Science Education, 91*(2), 319–335. https://doi.org/10.1002/sce.21173

Hosseini, M. H., & Akbari, A. (2014). Designing an organizational knowledge management excellence model using interpretive structural modeling. *Journal of Information Technology Management, 20*(6), 351–374.https://www.magiran.com/p1327003 [in Persian]

Hosseini, M. H., & Akbari, A. (2014). Designing an organizational knowledge management excellence model using interpretive structural modeling. *Journal of Information Technology Management, 20*(6), 351–374. https://www.magiran.com/p1327003 [in Persian]

Howard, L. W., Tang, T. L., & Austin, M. J. (2015). Teaching critical thinking skills: Ability, motivation, intervention, and the Pygmalion effect. *Journal of Business Ethics, 128*, 133–147.

https://www.researchgate.net/publication/273697480 [in Persian]

Hu, W., Jia, X., Plucker, J. A., & Shan, X. (2016). Effects of a critical thinking skills program on the learning motivation of primary school students. *Roeper Review, 38*(2), 70–83.

Imanzadeh, A., Dehghanzadeh, H., Nouri, H., & Hosseinzadeh, S. M. (2023). The relationship between media literacy, problem-solving skills, and critical thinking among students of the University of Tabriz. *Contemporary Issues in Cognitive Psychology, 4*(1), 1–20. https://doi.org/10.22034/cipj.2023.58950.1101 [in Persian]

Jarvis, P. (2006). Teaching styles and teaching methods. In *The theory and practice of teaching* (pp. 28–38). Routledge.

Kaur, R., & Watson, J. A. (2024). A scoping review of postharvest losses, supply chain management, and technology: Implications for produce quality in developing countries. *(Journal name pending).*

Kealey, B. T., Holland, J., & Watson, M. (2005). Preliminary evidence on the association between critical thinking and performance in principles of accounting. *Issues in Accounting Education, 20*(1), 33–49

Kek, M. Y., & Huijser, H. (2011, June 1). The power of problem-based learning in developing critical thinking skills: Preparing students for tomorrow's digital futures in today's classrooms. *Higher Education Research & Development, 30*(3), 329–341. https://doi.org/10.1080/07294360.2011.558203

Khan, K. S., Kunz, R., Kleijnen, J., & Antes, G. (2003). Five steps to conducting a systematic review. *Journal of the Royal Society of Medicine*, *96*(3), 118–121. https://doi.org/10.1258/jrsm.96.3.118

Khandagale, V. S., & Shinde, A. V. (2021, August). Investigation of misconceptions for valency and chemical bonding among high school students. *Online Submission*, *8*(3), 539–544. [Link not available]

Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. *Software Engineering Group, School of Computer Science and Mathematics, Keele University*, 1–57. https://doi.org/10.1145/1134285.1134500

Kumar, A., & Kumar, S. (2023). Applying ISM and MICMAC for analysing critical success factors in engineering education. *Journal of Engineering Education*, *112*(2), 215–230. https://doi.org/10.1016/j.jenged.2022.07.003

Li, L. (2016). Thinking skills and creativity in second language education: Where are we now? *Thinking Skills and Creativity*, *22*, 267–272. [Link not available]

Lim, E. W. C. (2021). Technology enhanced learning of quantitative critical thinking. *Education for Chemical Engineers*, *36*, 82–89. [Link not available]

Litzinger, T., Lattuca, L. R., Hadgraft, R., & Newstetter, W. (2011). Engineering education and the development of expertise. *Journal of Engineering Education*, *100*(1), 123–150. [Link not available]

Litzinger, T., Lattuca, L. R., Hadgraft, R., & Newstetter, W. (2011). Engineering education and the development of expertise. *Journal of engineering education*, *100*(1), 123-150.

Luka, I. (2020). Critical thinking skills and their role in learning. *Journal of Educational Psychology*, *112*(2), 215–230. https://doi.org/10.1037/edu0000369

Marangunić, N., & Granić, A. (2015). Technology acceptance model: A literature review from 1986 to 2013. *Universal Access in the Information Society*, *14*(1), 81–95. https://doi.org/10.1007/s10209-014-0348-1

Masek, A., & Yamin, S. (2011). The effect of problem-based learning on critical thinking ability: A theoretical and empirical review. *International Review of Social Sciences and Humanities*, *2*(1), 215–221. [Link not available]

Mellon, N., Ramli, R. M., Rabat, N. E., Amran, N. A., & Azizan, M. T. (2017, November 17–20). Instilling the 4Cs of 21st century skills through integrated project via cooperative problem-based learning (CPBL) for chemical engineering students. In *2017 7th World Engineering Education Forum (WEEF)*. IEEE. [Link not available]

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*, *151*(4), 264–269. [Link not available]

Osborne, J. (2003). Learning and teaching about the nature of science. In *Aspects of Teaching Secondary Science* (pp. 229–237). Routledge.

Pisani, S., & Haw, M. D. (2023). Learner agency in a chemical engineering curriculum: Perceptions and critical thinking. *Education for Chemical Engineers*, *44*, 200–215.

Plano Clark, V. L. (2017). Mixed methods research. *The Journal of Positive Psychology*, *12*(3), 305-306.

Ramirez-Corona, N., Lopez-Malo, A., Palou, E., Chávez-Torrejón, G., & Husted, S. (2014). Fostering the development of critical thinking in an introduction to chemical process engineering design course. In *2014 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 24–625).

Raut, S., Bharti, V. S., & Gupta, N. (2022). Assessment of heavy metal contamination by multivariate statistical methods from the sediment of Ulhas River Estuary, Maharashtra, India. *Environmental Conservation Journal*, *23*(3), 135–144.

Ravi, V., Shankar, R., & Taiwari, M. K. (2005). Productivity improvement of a computer hardware supply chain. *International Journal of Productivity and Performance Management*, *54*(4), 239–255.

Ribeiro, V., Monteiro, I., & Quinta e Costa, M. (2016, July). Geography, history and natural sciences: An interdisciplinary teaching approach with GIS. In *8th International Conference on Education and New Learning Technologies – EDULEARN16 Proceedings* (pp. 3329–3335). IATED.

Ruiz-Benitez, R., & Cambra-Fierro, J. (2011). Reverse logistics practices in the Spanish SMEs context. *Journal of Operations and Supply Chain Management, 4*(1), 84–93.

Salehi, K., & Golafshani, N. (2010). Commentary: Using mixed methods in research studies: An opportunity with its challenges. *International Journal of Multiple Research Approaches, 4*(3), 186–191. https://doi.org/10.5172/mra.2010.4.3.186

Salehian, A., Moradvisi, J., Naderian, A., & Gharibi, H. (2024). Exploring barriers to critical thinking in the field of education. *Learner-Centered Curriculum and Instruction Journal, 3*(1). https://cipj.tabrizu.ac.ir [in Persian]

Santos, L. F. (2017). The role of critical thinking in science education. *Online Submission, 8*(20), 160–173.

Semerci, Ç. (2011). The relationships between achievement-focused motivation and critical thinking. *African Journal of Business Management, 5*(15), 6179–6183.

Shaw, A., Liu, O. L., Gu, L., Kardonova, E., Chirikov, I., Li, G., et al. (2020). Thinking critically about critical thinking: Validating the Russian HEIghten® critical thinking assessment. *Studies in Higher Education, 45*(9), 1933–1948.

Shuman, L. J., Besterfield-Sacre, M., & McGourty, J. (2005). The ABET "professional skills"—Can they be taught? Can they be assessed?. *Journal of engineering education, 94*(1), 41-55.

Singh, M. D., Shankar, R., Narain, R., & Agarwal, A. (2003). An interpretive structural modeling of knowledge management in engineering industries. *Journal of Advanced Management Research, 1*(1), 28–40.

Soodmand Afshar, H., Rahimi, E., & Rahimi, M. (2014). Instrumental motivation, critical thinking, autonomy, and academic achievement of Iranian EFL learners. *Issues in Educational Research, 24*(3), 281–298. [in Persian]

Th, M., Schaer, E., Abildskov, J., Feise, H., Glassey, J., Liauw, M., et al. (2022). The importance/role of education in chemical engineering. *Chemical Engineering Research and Design, 187*, 164–173.

Thakkar, J., Deshmukh, S. G., Gupta, A. D., & Shankar, R. (2007). Development of a balanced scorecard: An integrated approach of interpretive structural modeling (ISM) and analytic network process (ANP). *International Journal of Productivity and Performance Management, 56*(1), 25–59.

Uzumcu, Z., & Bay, E. (2020). The importance of critical thinking skills in educational settings: A review. *Journal of Education and Training Studies, 8*(6), 27–35. https://doi.org/10.11114/jets.v8i6.4775

Valenzuela, J., Nieto, A., & Saiz, C. (n.d.). Critical thinking motivational scale: A contribution to the study of the relationship between critical thinking and motivation.

Woods, D. R., Felder, R. M., Rugarcia, A., & Stice, J. E. (2000). The future of engineering education: Part 3. Developing critical skills. *Chemical Engineering Education, 34*(2), 108–117.

Xia, Y., Cutler, S., & McFadden, D. (2020, June). Collaborative project-based learning approach to the enculturation of senior engineering students into the professional engineering practice of teamwork. In *2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access*.

Yau, J., & Cheah, S. M. (2011, June). Curriculum integration: Twinning of a core chemical engineering module with a teamwork & communication module. In *Proceedings of the 7th International CDIO Conference* (pp. 20–23).

Zahedi, M., Shahin, M., & Babar, M. A. (2016). A systematic review of knowledge-sharing challenges and practices in global software development. *International Journal of Information Management, 36*(6), 995–1019. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.06.007[in Persian]