



# Studies in Learning & Instruction

Journal homepage: <https://jsli.shirazu.ac.ir>



## The Study of Psychometric Characteristics of the Computational Thinking Scales in Engineering Students

Firooz Mahmoodi<sup>1\*</sup>, Aysan Pashaei Fakhri<sup>2</sup>, Amir Soleimani<sup>3</sup>

1. Professor of Curriculum Studies, Department of Education, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2. Ph.D.Candidate of Curriculum Studies, Development of Education, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3. Ph.D.Candidate of Educational Management, Faculty Psychology and Education, Tehran University, Tehran, Iran.

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

computational thinking, confirmatory factor analysis, exploratory factor analysis, validation

#### Article history:

Received: 2024/09/24

Revised: 2025/11/14

Accepted: 2025/11/22

### ABSTRACT

The present study aimed to validate the Computational Thinking Scale (CTS). A descriptive survey design was employed, utilizing random cluster sampling to select a sample of 400 students from the university of Tabriz students majoring in technical and engineering fields of study. The data collection instrument utilized was a 29-item CTS, comprising five components. Data analysis was conducted utilizing exploratory and confirmatory factor analysis techniques, executed through the SPSS 26 and AMOS 26. Exploratory factor analysis of 29 items revealed five underlying factors which included creativity, algorithmic thinking, collaboration, problem-solving, and critical thinking. Confirmatory factor analysis revealed a satisfactory fit of the five-component model, indicating alignment between the theoretical framework and empirical data. Cronbach's alpha coefficient for the CTS was calculated to be 0.70, indicating acceptable reliability. This study provides empirical evidence for the validity and reliability of the CTS as a robust assessment tool for measuring computational thinking skills among Iranian students.

**Citation:** Mahmoodi, F., Pashaei Fakhri, A., & Soleimani, A. (2025). The Study of Psychometric Characteristics of the Computational Thinking Scales in Engineering Students. *Journal of Studies in Learning & Instruction*, 17(2, Ser 89), 53-72. Doi:<https://doi.org/10.22099/jsli.2025.8431>

\* Corresponding Author: E-mail address: [firoozmahmoodi@yahoo.com](mailto:firoozmahmoodi@yahoo.com)



COPYRIGHTS ©2025 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the Original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publisher

## Extended Abstract

### Introduction

The International Society for Technology in Education (ISTE) identifies advanced abilities such as problem-solving, collaboration, creativity, and critical thinking as essential “21st-century competencies” (Junpho et al., 2022). Among these abilities, computational thinking has received significant attention in recent years. Wing (2011) defines computational thinking as the mental processes involved in formulating problems and solutions in ways that allow an information-processing agent to execute them. With the rapid advancement of science and technology, contemporary societies require human resources equipped with skills different from those of previous generations. Consequently, computational thinking is regarded as one of the essential competencies of the 21st century (Baradaran & Mahmoodi, 2020; Deng et al., 2020; Ezeamuzie & Leung, 2022; Liu et al., 2021). Computational thinking has a multifaceted theoretical foundation and can be considered a model of reasoning (Li et al., 2020). This ability is strategically applied in solving problems in mathematics, science, and engineering (Hinterplattner et al., 2020) and encompasses elements such as abstraction, decomposition, generalization, algorithmic thinking, and debugging (Angeli et al., 2016; Hoyles & Noss, 2015; Lee et al., 2022). Learning computational thinking through abstraction as a core reasoning tool provides a wide range of educational benefits that strengthen cognitive skills and enhance learning across subjects (Varela et al., 2019). Between 2006 and 2018, computational thinking was incorporated into the curricula of 52 countries, including Finland, Norway, South Korea, Poland, and New Zealand (Tikva & Tambouris, 2021; Tang et al., 2020). Wing (2006) further argued that computational thinking should be taught alongside reading, writing, and arithmetic as a fundamental analytical skill.

Several studies have validated computational thinking assessment tools. For example, Kukul and Karataş (2019) developed an 18-item scale; Relkin and Bers

(2021) introduced a 15-item scale; Zapata-Cáceres et al. (2020) proposed a 25-item scale; and Korkmaz et al. (2017) presented a comprehensive scale measuring creativity, algorithmic thinking, interaction, critical thinking, and problem-solving. Versions of these scales have also been validated in languages such as Chinese, Turkish, and Thai (Junpho et al., 2022; Korkmaz & Bai, 2019; Srakaya et al., 2020). Given the lack of computational thinking measurement tools specifically tailored for engineering, the present study examines the psychometric properties of the computational thinking scale and investigates its validity and reliability among Iranian engineering students.

### Method

This descriptive–survey study involved 400 engineering students (209 male and 191 female) from the University of Tabriz. The sample included 200 third-year and 200 fourth-year students from eight engineering disciplines selected through cluster random sampling. Data collected from third-year students were used for exploratory factor analysis, while data from fourth-year students were used for confirmatory factor analysis. The research instrument was the Computational Thinking Scale developed by Korkmaz et al. (2017), consisting of 29 items across five dimensions: creativity, algorithmic thinking, cooperation, critical thinking, and problem-solving. Items were scored on a five-point Likert scale. The scale was translated into Persian and back-translated, and its content validity was reviewed by experts. Completing the questionnaire required approximately 25 minutes. Data analysis was performed using SPSS 26 and AMOS 24.

### Results

Skewness and kurtosis values ranged between  $-3$  and  $+3$ , indicating a normal distribution suitable for parametric statistical analyses (Kline, 2005). Cronbach’s alpha confirmed the instrument’s reliability: the alpha value for the entire scale was 0.84, and values for the subscales ranged from 0.78 to

0.89, reflecting acceptable internal consistency (Tabachnick & Fidell, 2019).

The KMO index was 0.82, and Bartlett's test of sphericity was significant ( $\chi^2 = 2613.885$ ,  $p < 0.001$ ), confirming the suitability of the data for factor analysis (Bartlett, 1954). Exploratory factor analysis extracted five factors with eigenvalues greater than one (Kaiser, 1960; Meyers et al., 2013), accounting for 58.13% of the total variance. All 29 items demonstrated factor loadings above 0.30, and the extracted factors aligned with the structure proposed by Korkmaz et al. (2017).

Confirmatory factor analysis also indicated acceptable fit indices (GFI = 0.85, AGFI = 0.82, CFI = 0.87, RMSEA = 0.06,  $\chi^2/df = 2.59$ ), suggesting a good model fit (Hair et al., 2022). Additionally, correlations between factors were below 0.85, supporting discriminant validity (Cheung et al., 2024). Overall, the results confirmed appropriate construct differentiation and validated the scale.

### **Discussion and Conclusion**

Findings from this research align with those of Korkmaz et al. (2017), who empirically validated the five-factor structure of the computational thinking scale—creativity, algorithmic thinking, collaboration, problem-solving, and critical thinking. The internal structure of the Persian version provides strong evidence for the validity of this instrument in assessing computational thinking among engineering students. Confirmatory factor analysis supported the five-factor, 29-item model.

The first factor, creativity, reflects students' capacity to generate innovative ideas—an essential component of solving complex technical problems. The second factor, algorithmic thinking, captures the ability to

approach problems systematically and sequentially. The third factor, collaboration, emphasizes the importance of working effectively with others. The fourth factor, problem-solving, relates to identifying and implementing solutions, while the fifth factor, critical thinking, involves analytical judgment and evaluation. All five factors demonstrated satisfactory internal consistency, and together they explained 58.13% of the total variance, indicating a stable and coherent structure.

Computational thinking is a foundational component of effective learning in science, technology, engineering, and mathematics. Although this scale has been validated in several languages, such as Chinese (Korkmaz & Bai, 2019) and Thai (Junpho et al., 2022), variations in retained items underscore the influence of educational level and cultural context.

Overall, the results provide strong evidence for the validity and reliability of the Persian version of the computational thinking scale for engineering students. This instrument can serve as a practical and robust tool for assessing computational thinking skills. Despite cultural differences, integrating computational thinking into engineering curricula may enhance students' analytical abilities, problem-solving skills, and readiness for complex real-world challenges. Future studies are encouraged to extend this validation to other academic disciplines and to compare computational thinking skills across diverse fields.

**Keywords:** computational thinking, confirmatory factor analysis, exploratory factor analysis, validation

---



## بررسی خصوصیات روان‌سنجی مقیاس تفکر محاسباتی در دانشجویان رشته مهندسی

فیروز محمودی<sup>۱\*</sup> ID، آی سان پاشایی فخری<sup>۲</sup> ID، امیر سلیمانی<sup>۳</sup> ID

۱. استاد، برنامه ریزی درسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲. دانشجوی دکتری تخصصی برنامه ریزی درسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۳. دانشجوی دکتری تخصصی مدیریت آموزشی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

### چکیده

### اطلاعات مقاله

پژوهش حاضر با هدف اعتبارسنجی مقیاس تفکر محاسباتی در دانشجویان انجام گرفت. روش پژوهش توصیفی-پیمایشی و جامعه آماری شامل دانشجویان فنی و مهندسی دانشگاه تبریز بود. تعداد ۴۰۰ نفر از دانشجویان رشته‌های فنی و مهندسی دانشگاه تبریز با روش نمونه‌گیری خوشه‌ای تصادفی انتخاب شدند. ابزار جمع‌آوری داده‌ها، مقیاس تفکر محاسباتی دارای ۲۹ گویه و ۵ مولفه بود. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تحلیل عاملی اکتشافی و تاییدی، از طریق نرم‌افزارهای SPSS 26 و AMOS 26 تحلیل شدند. با اجرای تحلیل عاملی اکتشافی بر روی ۲۹ گویه، ۵ عامل استخراج گردید که شامل خلاقیت، تفکر الگوریتمی، تعامل، تفکر انتقادی و حل مسئله بود. یافته‌های حاصل از تحلیل عاملی تاییدی نشان داد که مدل ۵ عاملی از برازش مناسبی برخوردار بود. ضریب پایایی مقیاس با استفاده از آلفای کرونباخ ۰/۷۰ به دست آمد. نتایج مطالعه حاضر شواهدی را برای روایی و پایایی مقیاس تفکر محاسباتی به‌عنوان ابزاری جهت بررسی تفکر محاسباتی بین دانشجویان ایرانی فراهم کرد.

### واژه‌های کلیدی:

اعتباریابی، تحلیل عاملی اکتشافی، تحلیل عاملی تاییدی، تفکر محاسباتی

### تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۴  
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۸/۲۳  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۰۱

استاد: محمودی، ف.، پاشایی فخری، آ. و سلیمانی، ا. (۱۴۰۴). بررسی خصوصیات روان‌سنجی مقیاس تفکر محاسباتی در دانشجویان رشته مهندسی. *مجله مطالعات آموزش و یادگیری*، ۱۷(۲)، ۵۳-۷۲. پایایی ۸۹٪.

Doi: <https://doi.org/10.22099/jsli.2025.8431>

\* نویسنده مسئول: نشانی پست الکترونیکی: [firoozmahmoodi@yahoo.com](mailto:firoozmahmoodi@yahoo.com)



COPYRIGHTS ©2025 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the Original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publisher

## مقدمه

انجمن بین‌المللی فناوری آموزش<sup>۱</sup> توانایی‌های سطح بالا، به‌عنوان مثال، حل مسئله، تعامل، خلاقیت و تفکر انتقادی را به‌عنوان «استانداردهای قرن بیست و یکم» شناسایی می‌کند (Junpho et al., 2022). یکی از انواع مهارت‌های تفکر که امروزه مورد توجه نظام‌های آموزشی کشورهای مختلف قرار گرفته است، تفکر محاسباتی<sup>۲</sup> است. به عقیده Wing (2011) تفکر محاسباتی، فرایندهای فکری دخیل در فرموله کردن مسائل و راه‌حل‌های آن‌هاست، به‌طوری که راه‌حل‌ها به‌شکلی ارائه شده که می‌تواند به‌نحو موثر توسط یک عامل پردازش اطلاعات انجام شود. با پیشرفت علم و فناوری، جامعه امروزی نیازمند نیروی انسانی با مهارت‌های متفاوت نسبت به گذشته است. از این‌رو، این مهارت‌ها به‌عنوان مهارت‌های ضروری در قرن بیست و یکم تلقی می‌شوند (Baradaran & Mahmoodi 2020; Deng et al., 2020; Ezeamuzie & Leung, 2022; Liu et al., 2021). تفکر محاسباتی یک «ماهیت نظری چندوجهی» دارد که می‌تواند به‌طور کلی‌تر به‌عنوان نمونه‌ای از «مدل‌های تفکر» در نظر گرفته شود (Li et al., 2020). این نوع از تفکر از بُعد راهبردی نیز برای حل مشکلات مختلف به‌ویژه در ریاضیات، علوم و مهندسی کاربرد دارد (Hinterplattner et al., 2020). همچنین فرایندی فکری است که شامل عناصر انتزاعی (حذف ویژگی‌ها از یک شیء به‌منظور کاهش آن به مجموعه‌ای از ویژگی‌های اساسی)، تعمیم (توسعه راه‌حل‌ها)، تجزیه (تفکیک مشکلات پیچیده به بخش‌های قابل حل‌تر)، تفکر الگوریتمی (استفاده از یک توالی دقیق از مراحل یا دستورالعمل‌ها برای حل یک مسئله)، و اشکال‌زدایی (تشخیص و تصحیح خطاها) است (Angeli et al., 2016; Hoyles & Noss, 2015; Lee et al., 2022). این تفکر در حال حاضر بیشتر مورد توجه پژوهشگران، به‌ویژه کارشناسان حوزه فناوری آموزشی قرار گرفته است (Voogt et al., 2015) و حجم وسیعی از پژوهش‌های دانشگاهی و پروژه‌های اجرایی متعدد را به خود اختصاص داده است (Bocconi et al., 2016). پشتیبانی از تفکر محاسباتی در نظام آموزشی، توانایی جدیدی را به فهرست مهارت‌های فراگیرانی که در آینده نه‌چندان دور به آن نیاز دارند اضافه می‌کند (Grover & Pea, 2013). اخیراً نیز به‌عنوان موضوعی مهم جهت آموزش به دانش‌آموزان، پیش‌از ورود به دانشگاه در نظر گرفته می‌شود که فراگیران به آن نیاز دارند (Haseski et al., 2018, Hynes et al., 2019). براساس پژوهش‌هایی که بین سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۸ منتشر شده، تفکر محاسباتی در برنامه‌های درسی مدارس ۵۲ کشور گنجانده شده است (Tang et al., 2020). به‌عنوان مثال، Junpho et al. (2022) اذعان می‌دارد توسعه مهارت‌های فناوری و سبک یادگیری فراگیران به اولویت اصلی در کشور تایلند تبدیل شده است و مؤسسه ترویج علم و فناوری آموزش<sup>۳</sup> برنامه‌های درسی فناوری خود را با تمرکز بر موادی که از مهارت‌های کلیدی آن در تفکر، تجزیه و تحلیل و حل مسئله پشتیبانی می‌کند، سوق داده است. از این جهت این مؤسسه اولویت بالایی برای توسعه تفکر محاسباتی در بین فراگیران قائل است (Junpho et al., 2022). از طرفی Wing (2006) تأکید می‌کند که تفکر محاسباتی نیز باید به فرایندهای خواندن، نوشتن و حساب برای مهارت‌های تحلیلی اضافه شود. در واقع این نوع مهارت‌ها را می‌توان به‌صورت جداگانه در کنار سایر برنامه‌های درسی آموزش داد (Jeffries & Hancock, 2005/1397). برنامه‌های درسی رشته‌های فنی و مهندسی باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که به‌صورت مستمر بر میزان موفقیت دانشجویان و سطح توانمندی‌های ایشان در کسب مهارت‌ها و صلاحیت‌های مورد نیاز جامعه، بازار کار و صنعت در آینده نظارت کنند و ایجاد چنین مهارت‌ها و صلاحیت‌ها را در دانشجویان رشته‌های فنی و مهندسی تضمین کنند (Amrollah et al., 2018).

<sup>1</sup>. International Society for Technology in Education

<sup>2</sup>. computational thinking

<sup>3</sup>. Institute for the Promotion of Teaching Science & Technology

همچنین به منظور اعتبارسنجی هر چه دقیق‌تر برنامه درسی فنی-مهندسی، باید تحلیل مستمر پیامدها و اهداف یادگیری و کلان‌ازپیش‌تعیین‌شده و محاسبه دورماندگی این پیامدها و اهداف یادگیری، از سطح مطلوب اهداف و پیامدهای ازپیش‌تعیین‌شده سرلوحه عمل قرار گیرد (Salleh et al., 2017). با توجه به ویژگی‌های عصر حاضر ضرورت دارد برنامه درسی و پیامدهای آن مورد بررسی و ارزشیابی قرار گیرد که میزان توجه برنامه‌های درسی به مهارت‌های قرن ۲۱ از جمله تفکر محاسباتی بسیار حائز اهمیت است. این تفکر در بسیاری از کشورها، مانند فنلاند، نروژ، کره جنوبی، لهستان و نیوزلند در برنامه‌های آموزشی مختلف ادغام شده است (Tikva & Tambouris, 2021) و علاوه بر این به‌عنوان یکی از الزامات همه شهروندان آینده در نظر گرفته می‌شود (Li et al., 2020; Seow et al., 2019). همچنین Wing (2008) استدلال کرد که این تفکر در ریاضیات و مهندسی با تمرکز بر طراحی نظام‌هایی، به حل مشکلات پیچیده‌ای می‌پردازد که انسان‌ها با آن روبرو هستند و امکان پیدا کردن یک روش الگوریتمی برای حل مسائل پیچیده از طریق تجزیه و تقسیم آن به بخش‌های جزئی‌تر را می‌دهد. از این رو، موضوع رایج مطالعات و پژوهش‌های خارج از کشور در زمینه‌های مختلف علمی (Roussou & Rangoussi, 2020)، از جمله شناسایی عواملی که بر توانایی‌های تفکر محاسباتی فراگیران تاثیر می‌گذارد (Lilly et al., 2022; Shiau Gee et al., 2022; Weintrop et al., 2021)، بررسی فرایندهای یادگیری با استفاده از تفکر محاسباتی (Hickmott et al., 2018; Lai et al., 2021)، مطالعاتی در مورد ارزیابی مداخلات تفکر محاسباتی (Christensen & Lombardi, 2020) و یا اینکه چگونه منجر به موفقیت تحصیلی شود (Durak & Saritepeci, 2018) است. از طرفی پژوهش‌ها با تمرکز بر ادغام تفکر محاسباتی در آموزش علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات<sup>۱</sup> نیز در حال ظهور هستند (Wang et al., 2022). یادگیری تفکر محاسباتی، با استفاده از انتزاع به‌عنوان ابزار اساسی استدلال، مجموعه‌ای از مزایای آموزشی را به همراه دارد که مهارت‌های فکری را تقویت کرده و یادگیری هر موضوعی را بهبود می‌بخشد (Varela et al., 2019). پژوهشی با هدف بیان ویژگی‌ها، قابلیت‌ها و مولفه‌های تفکر محاسباتی به‌عنوان یکی از مهارت‌های اساسی یادگیری صورت گرفته و به مقوله‌های مهارت‌های شناختی، مهارت‌های ارتباطی و فناوری و علوم، تکنولوژی، مهندسی و ریاضی اشاره کرده است (Roohi et al., 2023). همچنین Varela et al. (2019) نیز در مطالعه خود با استفاده از ابزار تفکر محاسباتی، در نمونه‌ای از دانشجویان جدیدالورود رشته‌های مهندسی دانشگاه باسک بررسی کردند که این دانشجویان تا چه اندازه از مهارت‌های تفکر محاسباتی (تفکر انتقادی، تفکر الگوریتمی، حل مسئله، تعامل و خلاقیت) برخوردار هستند.

در پژوهش‌های مختلف مقیاس تفکر محاسباتی، با مولفه‌های متفاوتی طراحی و اعتبارسنجی شده است؛ ولی می‌توان گفت چهارچوب همه آن‌ها تقریباً مشابه است. از جمله می‌توان به پژوهش Kukul and Karataş (2019) اشاره کرد که در آن مقیاس خودکارآمدی تفکر محاسباتی شامل ۱۸ گویه ابزاری معتبر برای پیش‌بینی تفکر محاسباتی عنوان شده است. نتایج پژوهش ایشان به چهار مولفه استدلال، انتزاع، تعمیم و تجزیه به‌عنوان عوامل تفکر محاسباتی اشاره می‌کند. هنگامی که موارد طبقه‌بندی شده در عامل اول مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند، مشاهده می‌شود که این موارد با تفکر الگوریتمی و حل مسئله مرتبط است. Relkin and Bers (2021) در پژوهش خود با ابزاری ۱۵ گویه، به ۶ مولفه الگوریتمی، پودمانی، فرایند طراحی، اشکال‌زدایی، ساختار کنترلی و نرم‌افزار/سخت‌افزار اشاره کرده است. همچنین Zapata-Cáceres et al. (2020) در بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی مقیاس تفکر محاسباتی با تعداد ۲۵ گویه، ۳ مولفه شامل مفاهیم محاسباتی، تمرینات و دیدگاه‌ها را معرفی می‌کنند. اما Curzon and McOwan (2017) تفکر محاسباتی

<sup>۱</sup>. Science, Technology, Engineering & Mathematics

را به‌عنوان یک مهارت اساسی، به معنای حل مسئله تعریف می‌کنند و به درک مسئله قبل از اندیشیدن به راه‌حل‌ها در حین حل مسئله براساس یک دیدگاه خاص اشاره می‌نمایند. این تفکر، بازتابی کلی از خلاقیت، تفکر الگوریتمی، تفکر انتقادی، حل مسئله، تعامل و مهارت‌های ارتباطی است (ISTE, 2015) که نتایج پژوهش Korkmaz et al. (2017) این بازتاب کلی را نشان می‌دهد. در واقع ایشان مقیاس جامعی برای سنجش ابعاد تفکر محاسباتی به کار گرفته‌اند که شامل خلاقیت، تفکر الگوریتمی، تعامل، تفکر انتقادی و حل مسئله است که در ادامه به تعریف آن‌ها پرداخته می‌شود.

**خلاقیت:** خلاقیت<sup>۱</sup> یکی از ابعاد تفکر محاسباتی است (DeSchryver & Yadav, 2015) و به مهارتی اطلاق می‌شود که در آن فرد در تولید محصولاتی که هنوز وارد بازار نشده‌اند یا محصولی جدید، قادر به تصور یا انجام کاری متفاوت با تفکر دیگران است. همچنین توانایی تولید ایده‌های جدید را شامل می‌شود (Korkmaz et al., 2017). خلاقیت تفکری را نشان می‌دهد که به بینش‌های جدید، رویکردهای بدیع، دیدگاه‌های تازه و روش‌های کاملاً جدید برای درک مطالب منجر می‌شود (Eragamreddy, 2013).

**تفکر الگوریتمی:** یکی از مولفه‌های مهم تفکر محاسباتی تفکر الگوریتمی<sup>۲</sup> است (Korkmaz et al., 2017). این تفکر از الگوریتمی نشئت می‌گیرد که به حل یک مسئله با توسعه مجموعه‌ای از گام‌ها برای دستیابی به نتیجه مطلوب اشاره دارد (Katai, 2014). تفکر الگوریتمی مهارت درک، به‌کارگیری، ارزیابی و تولید الگوریتم‌هاست (Brown, 2015). مهارت‌های تفکر الگوریتمی این پتانسیل را دارد که توانایی فرد را برای پردازش کارآمدتر اطلاعات و همچنین توسعه توانایی تفکر با جزئیات و تمرکز بیشتر افزایش دهد (Zakaria et al., 2020). درحالی‌که برخی افراد با استفاده از دستورالعمل‌های خاص، دستیابی به راه‌حل‌ها را آسان می‌دانند، برخی دیگر می‌توانند آن را چالش‌برانگیز تعریف کنند. از آنجایی‌که هر قدم باید به‌ترتیب صحیح و بدون هیچ‌گونه پرش برداشته شود، می‌توان گفت که تفکر الگوریتمی فرایندی است که صبر و حوصله بسیاری می‌طلبد (Brown, 2015). از طرفی (Kiss and Akri, 2017) دریافتند که نداشتن پیشینه در تفکر الگوریتمی باعث ناکامی دانشجویان در آموزش عالی می‌شود و نیز استدلال کردند که راهبردهای تدریس سنتی برای تقویت چهارچوب مفهومی مورد نیاز برای کدگذاری و حل مسئله نامناسب است.

**تعامل:** تعامل<sup>۳</sup> به‌عنوان یک رویکرد کلیدی در تفکر محاسباتی محسوب می‌شود (Grover & Pea, 2017). در یادگیری مشارکتی اعضای مجموعه با تشکیل مجموعه‌های کوچک مطابق با یک هدف مشترک به یکدیگر کمک می‌کنند تا یک موضوع علمی را با روش‌های مختلف یاد بگیرند. این مولفه شامل هماهنگی هم‌زمان چندین مهارت شناختی رفتاری و اجتماعی مختلف است (Warneken et al., 2014). یادگیری مشارکتی به‌دلیل سهمی که در موفقیت تحصیلی، به اشتراک‌گذاری اطلاعات و برقراری روابط اجتماعی دارد، دارای جایگاه مطلوبی در بین انواع روش‌های یادگیری است (Korkmaz, 2012).

**تفکر انتقادی:** تفکر انتقادی<sup>۴</sup> یکی دیگر از مهارت‌های محاسباتی است (Ater-Kranov et al., 2010) تفکر انتقادی استفاده از مهارت‌ها یا تکنیک‌های شناختی برای ارتقای احتمال یک رفتار ترجیحی است. فرد دارای این مهارت به شیوه‌ای ارادی از ذهنیت خود فراتر می‌رود تا به‌طور منطقی به نتایجی برسد که با استفاده از اطلاعات معتبر قابل اثبات باشد. همچنین مهارت‌هایی مانند تفکر خلاق و حل مسئله را ارتقا می‌دهد (Voskoglou & Buckley, 2012). هشت

1. creativity

2. algorithmic thinking

3. cooperativity

4. critical thinking

ویژگی تفکر توسط بنیاد تفکر انتقادی پیشنهاد شده است؛ این ویژگی‌ها تفکر انتقادی را برحسب دیدگاه، هدف، موضوع مورد بحث، اطلاعات، تفسیر و استنتاج، مفاهیم، مفروضات و پیامدها معرفی می‌کنند (Foundation for Critical Thinking, 2015).

**حل مسئله:** یکی دیگر از مهارت‌های محاسباتی، حل مسئله<sup>۱</sup> است که در آن یک راه‌حل الگوریتمی برای مسئله‌ای که به‌عنوان اطلاعات یا داده ساختار یافته است پیگیری می‌شود (Hu, 2011). اگر کسی در تلاش برای رسیدن به هدف خاصی با موانعی روبرو شود، به این معنی است که برای آن شخص مسئله‌ای پیش آمده است (Aksoy, 2004). حل مسئله را می‌توان نتیجه موفقیت‌آمیز فرایند درگیری شناختی و تفکر ناخودآگاه نسبت به یک مانع در نظر گرفت (Voskoglou & Buckley, 2012).

پژوهش‌های دیگری نیز به تطبیق مقیاس تفکر محاسباتی به زبان‌های دیگر پرداخته‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به پژوهش Korkmaz and Bai (2019) اشاره کرد که در آن، مقیاس اندازه‌گیری تفکر محاسباتی دارای ۲۰ گویه برای ۵ مولفه بود. این مولفه‌ها شامل خلاقیت، تفکر الگوریتمی، تعامل، تفکر انتقادی و حل مسئله بودند. همچنین تطبیق مقیاس تفکر محاسباتی به زبان ترکی نیز توسط Sirakaya et al. (2020) انجام شد که دارای ۲۲ گویه در ۵ مولفه خلاقیت، تفکر الگوریتمی، تعامل، تفکر انتقادی و حل مسئله بود. در پژوهش Junpho et al., (2022) نیز ۲۳ گویه در ۵ مولفه خلاقیت، تفکر الگوریتمی، تعامل، تفکر انتقادی و حل مسئله برای مقیاس تفکر محاسباتی به زبان تایلندی به دست آمده است. لازم به ذکر است که تفاوت در تعداد گویه‌ها در پژوهش‌های ذکر شده، ناشی از انجام تحلیل عاملی و حذف برخی گویه‌ها به دلیل بار عاملی پایین بوده است.

با توجه به توسعه فوق‌العاده تفکر محاسباتی در برنامه‌های درسی، محیط‌های یادگیری و نوآوری‌های آموزشی (Weintrop et al., 2021) و اینکه قبل از افزایش مداخلات عملی به‌منظور توسعه مهارت‌های آن، همه موسسات آموزشی باید تلاش کنند تا سطح مهارت فعلی فراگیران خود را بررسی کنند، این موضوع اهمیت ارزیابی تفکر محاسباتی را نشان می‌دهد. تفکر به شیوه محاسباتی با استفاده از ذهن به‌عنوان ابزار اساسی برای استدلال، مزایای آموزشی فراوانی دارد، مهارت‌های فکری را تقویت کرده و یادگیری هر موضوعی را بهبود می‌بخشد (Varela et al., 2019)؛ بنابراین سطح مهارت‌های آن باید ارزیابی شود تا میزان تسلط فراگیران بر این مهارت‌ها مشخص گردد. تفکر محاسباتی موجبات یادگیری فرایند محاسبه و تفکر ساختاری را هم فراهم می‌کند (Yuliana et al., 2021). از این رو، دانشی کاربردی است که برخی کشورها آموزش آن را از سال‌های اولیه کودکی و در مدارس ابتدایی آغاز کرده‌اند (Tasso et al., 2019). در واقع طراحی ابزاری برای سنجش مهارت‌های تفکر محاسباتی به روشی مناسب و قابل اعتماد بسیار مهم تلقی می‌شود (Hsu et al., 2018). بنابراین ابزارهای سنجش باید برای استفاده تطبیق داده شوند (Weintrop et al., 2021). در حال حاضر مقیاس تفکر محاسباتی<sup>۲</sup> به زبان‌های انگلیسی (Korkmaz et al., 2017)، چینی (Korkmaz & Bai, 2019)، ترکی (Sirakaya et al., 2020) و تایلندی (Junpho et al., 2022) ترجمه و اجرایی شده است. جهت بررسی ارزش و کارایی گنجاندن مهارت‌های تفکر محاسباتی در برنامه درسی، وجود معیارهای معتبر سنجش تفکر محاسباتی ضروری است (Romàn-González et al., 2017). با توجه به پیشینه پژوهش و عدم وجود ابزار اندازه‌گیری تفکر محاسباتی در حوزه

<sup>1</sup>. problem solving

<sup>2</sup>. Computational Thinking Scales (CTS)

مهندسی، مطالعه حاضر با هدف بررسی خصوصیات روان‌سنجی مقیاس تفکر محاسباتی صورت پذیرفت تا بررسی شود مقیاس مذکور در جامعه ایرانی دانشجویان فنی و مهندسی تا چه میزان از روایی و پایایی برخوردار است.

### روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع توصیفی - پیمایشی است و هدف آن بررسی ویژگی‌های روان‌سنجی (روایی و پایایی) مقیاس تفکر محاسباتی در فرهنگ ایرانی است. شرکت کنندگان این پژوهش کلیه دانشجویان فنی و مهندسی دانشگاه تبریز در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ بودند که با توجه به ماهیت پژوهش و رعایت تناسب گویه با تعداد نمونه و کفایت حجم نمونه، نمونه‌ای متشکل از ۴۰۰ نفر از دانشجویان فنی و مهندسی دانشگاه تبریز انتخاب شد. از میان این دانشجویان، نیمی (۲۰۰ نفر) از سال سوم و نیمی دیگر (۲۰۰ نفر) از سال چهارم بودند. نمونه‌گیری به روش خوشه‌ای تصادفی انجام شد؛ به این صورت که از میان دانشکده‌های فنی و مهندسی، ۸ رشته شامل مهندسی شیمی، مهندسی مکانیک، مهندسی عمران، مهندسی نقشه‌برداری، مهندسی پزشکی، مهندسی برق، مهندسی کامپیوتر و مهندسی کشاورزی انتخاب شدند. سپس از هر رشته، دانشجویان سال سوم و چهارم که در نیم‌سال دوم سال‌های تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ و ۱۴۰۳-۱۴۰۴ مشغول به تحصیل بودند، به صورت تصادفی انتخاب شدند. دانشجویان سال سوم (ورودی ۱۴۰۰) برای تحلیل عاملی اکتشافی و دانشجویان سال چهارم (ورودی ۱۳۹۹) برای تحلیل عاملی تأییدی مورد استفاده قرار گرفتند. بین دانشجویان شرکت‌کننده در این پژوهش، تعداد ۲۰۹ نفر (۵۲ درصد) مرد و ۱۹۱ نفر (۴۸ درصد) زن، تعداد ۶۱ نفر (۱۵/۲۵ درصد) دانشجوی مهندسی شیمی، ۴۵ نفر (۱۱/۲۵ درصد) مهندسی مکانیک، ۸۲ نفر (۲۰/۵ درصد) مهندسی عمران، ۲۹ نفر (۷/۲۵ درصد) مهندسی نقشه‌برداری، ۲۵ نفر (۶/۲۵ درصد) مهندسی پزشکی، ۷۶ نفر (۱۹/۰ درصد) مهندسی برق، ۵۰ نفر (۱۲/۵ درصد) مهندسی کامپیوتر، و ۳۲ نفر (۸ درصد) مهندسی کشاورزی بودند.

ابزار گردآوری داده‌ها، مقیاس تفکر محاسباتی Korkmaz et al. (2017) بود که دارای ۲۹ گویه و ۵ مولفه خلاقیت (۸ گویه)، تفکر الگوریتمی (۶ گویه)، تعامل (۴ گویه)، تفکر انتقادی (۵ گویه) و حل مسئله (۶ گویه) است که براساس طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای (همیشه = ۵، غالباً = ۴، گاهی اوقات = ۳، به ندرت = ۲، هرگز = ۱) طراحی شده است. در این پژوهش در روند آماده‌سازی ابزار، برای تعیین اعتبار محتوایی آن، از دو کارشناس زبان انگلیسی و دو کارشناس علوم تربیتی استفاده شد. در فرایند کار، ابتدا نسخه انگلیسی مقیاس به زبان فارسی ترجمه شد و سپس به منظور اطمینان از صحت ترجمه‌ها، متن فارسی سوالات توسط دو کارشناس زبان انگلیسی به انگلیسی ترجمه و با متن اصلی مطابقت داده شد و مجدداً به فارسی ترجمه شد تا نسخه نهایی آماده شود. در ادامه دو کارشناس علوم تربیتی محتوای آن را تایید کردند. تکمیل مقیاس توسط شرکت‌کنندگان، به‌طور میانگین حدود ۲۵ دقیقه به طول انجامید.

### یافته‌ها

جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها نتایج حاصل از به‌کارگیری شاخص‌های کشیدگی و چولگی مولفه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. شاخص‌های کشیدگی و چولگی مربوط به مولفه‌های تفکر محاسباتی

مولفه	کشیدگی	چولگی
خلاقیت	۲/۷۳	-۱/۰۷
تفکر الگوریتمی	-۰/۱۷	-۰/۳۹
تعامل	۰/۱۳	-۰/۹۰
حل مسئله	-۰/۴۸	-۰/۴۱
تفکر انتقادی	۰/۳۰	-۰/۵۲
کل	۰/۸۹	-۰/۳۳

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که مقادیر کشیدگی و چولگی برای تمامی مولفه‌های تفکر محاسباتی در بازه قابل قبول (۳- تا ۳+) قرار دارند، که بیانگر توزیع نرمال داده‌ها و مناسب بودن آن‌ها برای تحلیل‌های آماری پارامتریک است (Kline, 2005). همچنین برای بررسی پایایی مقیاس از آلفای کرونباخ استفاده گردید و مقدار آن برای کل مقیاس (۰/۸۴)  $\alpha=$  و مولفه‌های خلاقیت (۰/۸۲)  $\alpha=$ ، تفکر الگوریتمی (۰/۸۵)  $\alpha=$ ، تعامل (۰/۸۹)  $\alpha=$ ، تفکر انتقادی (۰/۸۱)  $\alpha=$  و حل مسئله (۰/۷۸)  $\alpha=$  محاسبه گردید. با توجه به اینکه ضرایب از ۰/۷۰ بالاتر بودند، این ابزار از پایایی مطلوبی برخوردار بود (Tabachnick & Fidel, 2019).

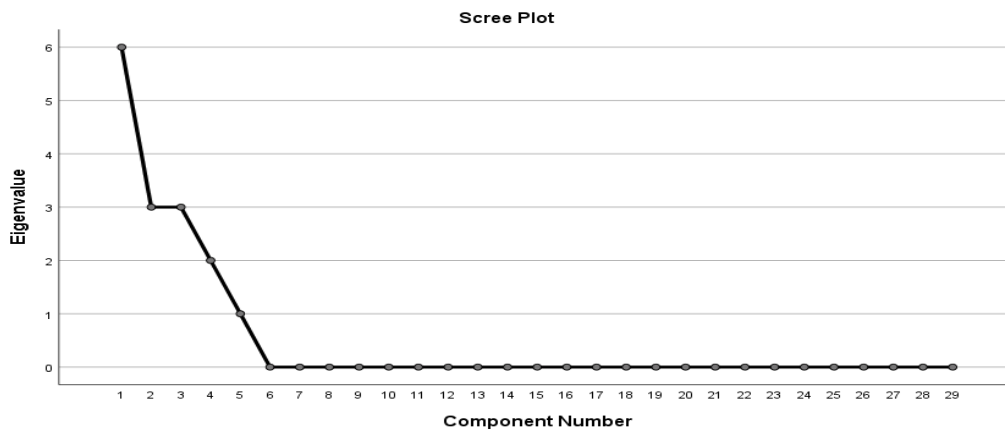
به منظور بررسی ساختار عاملی مقیاس تفکر محاسباتی و اینکه آیا ساختار ۵ مولفه‌ای آن در جامعه ایرانی برازش مناسب دارد یا خیر، از روش تحلیل عاملی اکتشافی و تحلیل عاملی تاییدی با روش حداکثر درست‌نمایی استفاده شد. با استفاده از آزمون کفایت نمونه‌گیری کایسر-میر-اولکین<sup>۱</sup> و آزمون کرویت بارتلت<sup>۲</sup> مناسب بودن داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی اکتشافی مورد بررسی قرار گرفت. مقدار آزمون کایسر-میر-اولکین برابر ۰/۸۲ به دست آمد (که بزرگ‌تر از ۰/۷۰ است) و مقدار آزمون کرویت بارتلت ( $X^2= ۲۶۱۳/۸۸۵$ ) معنی‌دار بود ( $p < ۰/۰۰۱$ ) که این وضعیت نشان‌دهنده تناسب داده‌ها برای تحلیل عاملی و وجود روابط قابل کشف برای انجام تحلیل عاملی است (Bartlett, 1954).

برای استخراج عامل‌ها از روش مولفه‌های اصلی و چرخش واریماکس و برای تعیین تعداد عامل‌ها از ملاک کایسر-گاتمن و نمودار سنگریزه استفاده شد. بر این اساس، هر عامل با توجه به مقدار ارزش ویژه‌اش<sup>۳</sup> که بالاتر از ۱ باشد انتخاب می‌شود (Kaiser, 1960; Meyers et al., 2013). بدین ترتیب، تعداد ۵ عامل به دست آمد که در مجموع ۵۸/۱۵ درصد واریانس را تبیین کردند. از طرفی نمودار سنگریزه نیز وجود ۵ عامل را به‌عنوان عوامل اصلی نشان داد (شکل ۱).

<sup>۱</sup>. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test

<sup>۲</sup>. Bartlett's Test of Sphericity

<sup>۳</sup>. eigenvalue



شکل ۱. نمودار سنگریزه

به منظور بررسی روابط بین گویه‌ها و دستیابی به تعاریف عامل‌ها، فرض بر این است که ضرایب بزرگ‌تر از ۰/۳۰ در تعریف عامل‌ها سهم مهم و معنی‌داری دارند (Tabachnick & Fidel, 2019) و ضرایب کمتر از این مقدار به عنوان صفر (عامل تصادفی) در نظر گرفته می‌شوند (Mahmoodi et al., 2021). نتایج تحلیل عاملی اکتشافی بعد از چرخش نشان داد که همگی ۲۹ گویه مقیاس تفکر محاسباتی بار عاملی بزرگ‌تر از ۰/۳۰ داشتند. عوامل و گویه‌های مربوط به آن‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

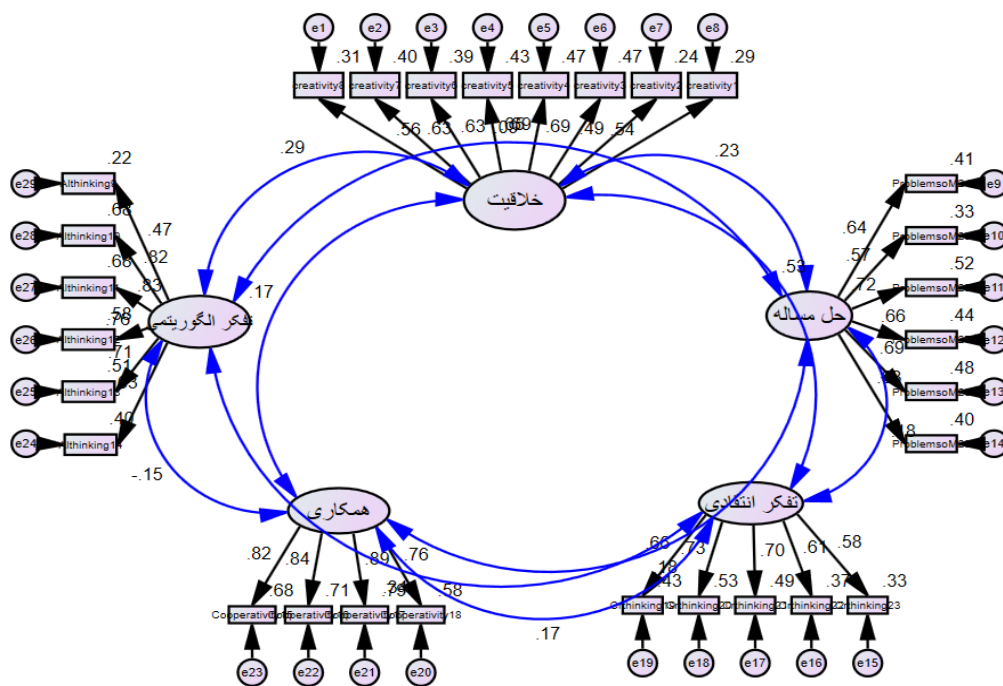
جدول ۲. نتیجه تحلیل عاملی اکتشافی مقیاس تفکر محاسباتی

عامل ۵	عامل ۴	عامل ۳	عامل ۲	عامل ۱	گویه‌ها
تفکر انتقادی	حل مسئله	تعامل	تفکر الگوریتمی	خلاقیت	
					۳. اگر زمان کافی داشته باشم و تلاش کنم، می‌توانم بسیاری از مشکلاتی که با آن مواجه هستم را حل کنم. ۰/۷۸۴
					۶. رویاپردازی باعث می‌شود که مهم‌ترین پروژه‌ها ظهور یابند. ۰/۷۲۱
					۴. باور دارم که می‌توانم مشکلاتی را که ممکن است در هنگام مواجهه با موقعیت جدیدی پیش بیاید حل کنم. ۰/۷۰۱
					۱. افرادی که از اکثر تصمیمات خود مطمئن هستند را دوست دارم. ۰/۶۹۸
					۷. وقتی به راه‌حل یک مشکل نزدیک می‌شوم، به درک و احساس خود از «درستی» و «نادرستی» آن اعتماد دارم. ۰/۶۷۳
					۲. افراد واقع‌بین و بی‌طرف را دوست دارم. ۰/۶۵۶
					۵. مطمئنم می‌توانم برنامه‌ای را که تنظیم کرده‌ام دنبال کرده و برای حل مشکلم اعمال کنم. ۰/۶۵۳
					۸. وقتی با مشکلی مواجه می‌شوم، قبل از پرداختن به موضوع دیگری صبر کرده و به آن مشکل فکر می‌کنم. ۰/۶۳۷
					۱۱. فکر می‌کنم دستورالعمل‌های ساخته‌شده با کمک نمادها و مفاهیم ریاضی را بهتر یاد می‌گیرم. ۰/۸۴۳

گویه‌ها	عامل ۱ خلاقیت	عامل ۲ تفکر	عامل ۳ تعامل	عامل ۴ حل مسئله	عامل ۵ تفکر انتقادی
۱۰. علاقه خاصی به فرایندهای ریاضی دارم.	۰/۸۱۰				
۱۲. به راحتی می‌توانم رابطه بین ارقام را درک کنم.	۰/۷۵۸				
۱۳. می‌توانم راه‌حل مسائلی را که در زندگی روزمره با آن مواجه هستم به صورت ریاضی بیان کنم.	۰/۷۴۴				
۹. می‌توانم بلافاصله به جوانب مثبت و منفی نحوه حل مشکلات فکر کنم.	۰/۶۱۷				
۱۴. می‌توانم یک مسئله ریاضی را که به صورت شفاهی بیان شده است دیجیتالی کنم.	۰/۵۸۰				
۱۷. دوست دارم مشکلات مربوط به پروژه گروهی را به صورت تیمی و مشارکتی حل کنم.	۰/۸۸۳				
۱۶. در یادگیری مشارکتی، به نتایج موفقیت‌آمیزتری دست می‌یابم، زیرا در یک گروه کار می‌کنم.	۰/۸۵۴				
۱۵. دوست دارم کار تیمی و مشارکتی را با هم گروهی‌هایم تجربه کنم.	۰/۸۴۲				
۱۸. ایده‌های بیشتری در یادگیری مشارکتی رخ می‌دهد.	۰/۸۰۴				
۲۸. نمی‌توانم ایده‌های خود را در محیط کار تیمی و مشارکتی توسعه دهم.*	۰/۷۶۳				
۲۶. نمی‌توانم راه‌حل‌هایی را که برنامه‌ریزی می‌کنم به ترتیب و به تدریج عملی کنم.*	۰/۷۵۴				
۲۴. در بازنمایی ذهنی راه‌حل یک مسئله، مشکلاتی دارم.*	۰/۷۵۰				
۲۵. در مورد اینکه کجا و چگونه باید از متغیرهایی مانند X و Y در راه حل یک مسئله استفاده کنم، مشکل دارم.*	۰/۷۰۴				
۲۹. یادگیری در گروه به صورت تیمی و مشارکتی مرا خسته می‌کند.*	۰/۶۹۸				
۲۷. نمی‌توانم هم‌زمان به راه‌حل‌های ممکن در مورد یک مشکل فکر کرده و گزینه‌های زیادی ارائه کنم.*	۰/۶۵۰				
۲۲. افتخار می‌کنم که می‌توانم با دقت زیادی فکر کنم.	۰/۷۳۰				
۱۹. در تهیه طرح‌های حل مشکلات پیچیده، خوب عمل می‌کنم.	۰/۷۰۷				
۲۱. مایلم چیزهای چالش‌برانگیزی یاد بگیرم.	۰/۷۰۵				
۲۳. زمان تصمیم‌گیری و مقایسه گزینه‌های مورد نظر از روش سیستماتیک استفاده می‌کنم.	۰/۶۰۳				
۲۰. تلاش برای حل مشکلات پیچیده لذت‌بخش است.	۰/۵۹۲				

\* گویه‌های منفی مقیاس

بر اساس جدول ۲، پنج عامل به دست آمد که برای نام‌گذاری آن‌ها از مقیاس اصلی تفکر محاسباتی Korkmaz et al. (2017) استفاده شد و عامل‌ها به صورت مولفه‌های خلاقیت، تفکر الگوریتمی، تعامل، حل مسئله و تفکر انتقادی نام‌گذاری شدند. طبق نتایج جدول ۲، عامل اول (خلاقیت) با ۸ گویه ۲۱/۳۹ درصد، عامل دوم (تفکر الگوریتمی) با ۶ گویه ۱۳/۱۵ درصد، عامل سوم (تعامل) با ۴ گویه ۱۰/۶۲ درصد، عامل چهارم (حل مسئله) با ۶ گویه ۷/۶۲ درصد و عامل پنجم (تفکر انتقادی) با ۵ گویه ۵/۳۵ درصد واریانس را تبیین کردند. همچنین به منظور ارزیابی روایی همگرا، بارهای عاملی گویه‌ها در تحلیل عاملی اکتشافی بررسی شد. بر اساس معیارهای پذیرفته‌شده، مقدار بار عاملی هر گویه باید بیشتر از ۰/۵ باشد تا نشان‌دهنده ارتباط قوی با عامل‌های استخراج‌شده و تأیید روایی همگرا باشد. نتایج حاصل بیانگر آن است که گویه‌های مرتبط با خلاقیت، تفکر الگوریتمی، تعامل، حل مسئله و تفکر انتقادی بارهای عاملی قابل قبولی داشته‌اند. در مرحله دوم تحلیل داده‌ها، تحلیل عاملی تأییدی به منظور تعیین درجه برازش مدل و شایستگی بارهای عاملی برای متغیرهای اندازه‌گیری اجرا شد. شکل ۲ مدل اندازه‌گیری پژوهش حاضر را نشان می‌دهد که شامل بارهای عاملی مربوط به هریک از مولفه‌های مقیاس تفکر محاسباتی است.



شکل ۲. مدل اندازه‌گیری مقیاس تفکر محاسباتی

از تحلیل عاملی تأییدی زمانی استفاده می‌شود که فرضی در مورد ساختار زیربنایی داده‌ها و «تأیید مدل ساختاری یک ابزار» وجود داشته باشد (De Souza et al., 2019)، از این رو، باید شاخص‌های برازش در حد مطلوب باشند. در این راستا، شاخص‌های برازندگی تطبیقی<sup>۱</sup>، هنجار شده برازندگی<sup>۲</sup>، ریشه میانگین مربعات خطای برآورد<sup>۳</sup>، نیکویی

<sup>1</sup>. Comparative Fit Index (CFI)

<sup>2</sup>. Normed Fit Index (NFI)

<sup>3</sup>. Root Mean Square Error Approximation (RMSEA)

برازش اصلاح شده<sup>۱</sup>، شاخص نیکویی برازش<sup>۲</sup> مورد بررسی قرار گرفت. اگر نسبت مجذور خی به درجه آزادی کوچک‌تر از ۵ (Baron & Kenny, 1986; Şimşek, 2007)، نیکویی برازش تطبیقی بیشتر از ۰/۹۰ (Byrne, 1998)، نیکویی برازش اصلاح شده بیشتر از ۰/۸۵ (Brown, 2006)، و ریشه میانگین مربعات خطای برآورد کوچک‌تر از ۰/۰۷ باشد می‌توان نتیجه گرفت مدل برازش مناسبی دارد (Hair et al., 2022). براساس نتایج، مقدار شاخص نیکویی برازش برابر با ۰/۸۵، شاخص نیکویی برازش اصلاح شده برابر با ۰/۸۲، شاخص نیکویی برازش تطبیقی برابر با ۰/۸۷، ریشه میانگین مربعات خطای برآورد برابر با ۰/۰۶ و نسبت مجذور خی به درجه آزادی برابر با ۲/۵۹ به دست آمدند. بدین ترتیب، شاخص‌های برازش در سطح قابل قبول قرار دارند. بنابراین با توجه به نتایج می‌توان گفت، مدل ساختاری پژوهش دارای برازش مناسب و قابل قبول است.

در ادامه و در جدول ۳، ضرائب همبستگی بین عامل‌ها (خرده‌مقیاس‌ها) با یکدیگر و با نمره کل مقیاس تفکر محاسباتی آورده شده است.

جدول ۳. ماتریس همبستگی بین خرده مقیاس‌ها

متغیرها	۱	۲	۳	۴	۵
۱. خلاقیت	۱				
۲. تفکر الگوریتمی	۰/۲۰*	۱			
۳. تعامل	۰/۲۱*	-۰/۱۰	۱		
۴. حل مسئله	۰/۲۵*	۰/۱۱	۰/۱۸*	۱	
۵. تفکر انتقادی	۰/۳۷*	۰/۳۳*	۰/۰۲	۰/۱۴*	۱
۶. نمره کل تفکر محاسباتی	۰/۷۰*	۰/۵۸*	۰/۴۱*	۰/۶۱*	۰/۵۸*

\*  $P < 0.01$ 

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نتایج ماتریس همبستگی بیانگر آن است که بین نمره کل تفکر محاسباتی و خرده مقیاس‌های آن رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد. از سوی دیگر همبستگی بین نمره هر خرده‌مقیاس با نمره کل بیش از همبستگی بین خرده مقیاس‌ها با یکدیگر است که بیانگر روایی همگرا و روایی افتراقی مقیاس است. بررسی روایی واگرا از طریق ماتریس همبستگی بین خرده‌مقیاس‌ها نشان می‌دهد که تمامی متغیرهای مورد مطالعه در این پژوهش از یکدیگر متمایز هستند. معیار مقایسه‌ای در این روش آن است که مقدار همبستگی بین دو متغیر مکنون باید کمتر از ۰/۸۵ باشد تا روایی واگرا تأیید شود (Cheung et al., 2024) که براساس جدول ۳، مقدار همبستگی بین متغیر خلاقیت و تفکر الگوریتمی (۰/۲۰)، خلاقیت و تعامل (۰/۲۱)، خلاقیت و حل مسئله (۰/۲۵)، خلاقیت و تفکر انتقادی (۰/۳۷)، و همچنین خلاقیت و نمره کل تفکر محاسباتی (۰/۷۰)، همگی کمتر از ۰/۸۵ هستند، که نشان‌دهنده تفکیک‌پذیری مناسب متغیر خلاقیت از سایر متغیرهاست. در مورد متغیر تفکر الگوریتمی نیز مشاهده می‌شود که همبستگی آن با تعامل (-۰/۱۰)، حل مسئله (۰/۱۱)، تفکر انتقادی (۰/۳۳) و نمره کل تفکر محاسباتی (۰/۵۸) کمتر از ۰/۸۵ است، که روایی واگرا را در این متغیر نیز تأیید می‌کند. همبستگی حل مسئله و تفکر انتقادی (۰/۱۴) و

1. Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI)

2. Goodness of Fit Index (GFI)

تعامل و حل مسئله (۰/۱۸) نیز نشان می‌دهد این متغیرها دارای ساختار متمایز هستند. به‌طور کلی نتایج حاکی از تفکیک مناسب سازه‌ها و تأیید روایی واگرا است.

## بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف ارائه و اعتباریابی مقیاس تفکر محاسباتی بین دانشجویان فنی و مهندسی دانشگاه تبریز انجام شد. برازندگی الگو براساس شاخص‌های مورد نظر بیانگر برازش مناسب و قابل قبول مدل پژوهش و نتایج بارهای عاملی نیز حاکی از تطابق گویه‌های خرده‌مقیاس‌ها با مقیاس اصلی بود. به عبارتی ۲۹ گویه مقیاس تفکر محاسباتی و ۵ عامل خلاقیت، تفکر الگوریتمی، تعامل، حل مسئله و تفکر انتقادی تأیید شده در این پژوهش با تعداد عامل‌های مستخرج شده در پژوهش Korkmaz et al. (2017) مطابقت دارد. از جمله مولفه‌های این مقیاس، خلاقیت است که با مقدار آلفای کرونباخ در حد خوب دارای همسانی درونی بالایی است. این مولفه به بررسی توانایی دانشجویان در تولید ایده‌های نو و خلاقانه می‌پردازد. دانشجویانی که دارای سطح بالایی از خلاقیت هستند می‌توانند در حل مسائل پیچیده و نوآوری‌های فنی، مفید باشند. مولفه‌های بعدی تفکر الگوریتمی و تفکر انتقادی با آلفای کرونباخ در حد خوب دارای همسانی درونی بالایی هستند. تفکر الگوریتمی توانایی پیشروی متوالی برای حل یک مسئله و تفکر انتقادی توانایی مربوط به تجزیه و تحلیل و قضاوت‌های آگاهانه برای حل یک مسئله را نشان می‌دهد. مولفه حل مسئله نیز با آلفای کرونباخ در حد خوب دارای همسانی درونی بالایی بوده و به معنی توانایی یافتن راه‌حل برای مشکلات است. تعامل نیز توانایی با هم کار کردن به وسیله مهارت‌های مختلف در حل مسئله است. این یافته‌ها با یافته‌های Korkmaz et al. (2017) که مقیاس جامعی برای سنجش ابعاد تفکر محاسباتی طراحی و اعتباریابی کرده‌اند، همسوست و نشان می‌دهند که مقیاس تفکر محاسباتی دارای روایی و پایایی مناسبی برای بررسی این تفکر بین دانشجویان ایرانی است.

نتایج تحلیل عاملی اکتشافی نشان داد این ۵ مولفه در مجموع ۵۸/۱۳ درصد از واریانس کل مقیاس را تبیین می‌کنند. در واقع با توجه به اینکه ساختار ۵ عاملی مقیاس تفکر محاسباتی بین دانشجویان مهندسی در جامعه ایرانی دارای برازش مناسبی بود، بهره‌گیری و استفاده از این مقیاس جهت سنجش میزان تفکر محاسباتی بین دانشجویان مهندسی مورد تأیید است. نتیجه پژوهش حاضر مبتنی بر ۲۹ گویه با پژوهش (Korkmaz et al, 2017) هم‌سو بوده اما با پژوهش Korkmaz and Bai (2019) که مقیاس تفکر محاسباتی را به زبان چینی اعتباریابی کرده و نشان دادند ۹ گویه حذف شده است. در تبیین این ناهم‌سویی می‌توان به سطح تحصیلی شرکت‌کنندگان در پژوهش (Korkmaz and Bai (2019) که گروهی از دانش‌آموزان بودند اشاره کرد، در حالی که شرکت‌کنندگان در پژوهش حاضر دانشجویان بودند. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش Junpho et al. (2022) که مقیاس تفکر محاسباتی را به زبان تایلندی اعتباریابی کردند نیز ناهم‌سوست. از این جهت که در پژوهش آنان ۶ گویه در فرایند تحلیل عاملی حذف شده و نمونه آماری نیز شامل دانش‌آموزان دوره متوسطه بوده است. از طرفی در تبیین هم‌سویی نتایج پژوهش حاضر با پژوهش Korkmaz et al. (2017)، می‌توان بیان کرد جامعه آماری مورد مطالعه در هر دو پژوهش دانشجویان بودند بنابراین هر دو پژوهش در دستیابی به تعداد ۲۹ گویه مشابه هستند. به‌طور خلاصه نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که مقیاس تفکر محاسباتی از روایی و پایایی لازم برخوردار است. همچنین با در نظر گرفتن مدت اجرای آزمون، شیوه اجرا و سهولت در نمره‌گذاری که از مهم‌ترین جنبه‌های عملی بودن یک آزمون به حساب می‌آید (Rafnsson et al, 2006)، می‌توان از مقیاس تفکر محاسباتی به‌عنوان

ابزاری جهت اندازه‌گیری میزان توانایی تفکر محاسباتی دانشجویان فنی مهندسی استفاده کرد. تفکر محاسباتی، یکی از مسیرهای موفقیت در آموزش علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات است (Li et al., 2020)، که در اصل به‌عنوان یکی از اقدامات علمی و مهندسی معرفی شده و برای حل مشکلات مختلف در ریاضیات، علوم و مهندسی کاربرد دارد (Taslibeyasz et al., 2020)؛ به‌گونه‌ای که Ehsan et al. (2021) اظهار می‌دارند تفکر محاسباتی و مهندسی می‌تواند یکدیگر را تقویت کنند و طراحی مهندسی نیز می‌تواند زمینه مناسبی برای مشارکت فراگیران در مهارت تفکر محاسباتی باشد.

این مطالعه با وجود ارائه نتایج مثبت و اعتبارسنجی موفقیت‌آمیز، دارای محدودیت‌هایی است. این پژوهش تنها در دانشگاه تبریز انجام شده و نتایج آن ممکن است به سایر دانشگاه‌ها و مناطق کشور قابل تعمیم نباشد. از طرفی مقیاس تفکر محاسباتی با وجود روایی و پایایی مناسب، ممکن است تمامی جنبه‌های تفکر محاسباتی را به‌طور کامل پوشش ندهد و نیاز به توسعه و بهبود داشته باشد. تفاوت‌های فرهنگی و آموزشی بین دانشجویان نیز ممکن است بر نتایج پژوهش تاثیرگذار باشد و نتایج به‌دست‌آمده ممکن است برای دانشجویان با زمینه‌های فرهنگی مختلف قابل تعمیم نباشد.

پیشنهاد می‌گردد با ادغام تفکر محاسباتی در برنامه درسی، بستری جهت توسعه مهارت‌های دانشجویان فراهم شود تا مهارت‌های لازم برای مواجهه با چالش‌های پیچیده را کسب کنند. همان‌طور که گفته شد این مهارت‌ها نه تنها در حوزه‌های علمی و مهندسی، بلکه در زندگی روزمره نیز کاربرد دارند و می‌توانند به بهبود توانایی‌های تحلیلی و حل مسئله دانشجویان کمک کنند. بررسی میزان توجه به این تفکر در دانشجویان بسیار حائز اهمیت است. همچنین پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های دیگری به بررسی نقش تفکر محاسباتی در رشته‌های غیرمهندسی پرداخته و دامنه پژوهش را گسترش دهند. مطالعات آتی می‌توانند به تحلیل تفاوت‌های مفهومی و کاربردی این مهارت در حوزه‌هایی مانند علوم انسانی، مدیریت، علوم پایه و پزشکی بپردازند. چنین پژوهش‌هایی می‌توانند سطح مهارت‌های محاسباتی را در میان دانشجویان رشته‌های مختلف مقایسه کرده، کاربردهای بین‌رشته‌ای را مشخص سازند، و قابلیت تعمیم‌پذیری نتایج را ارزیابی کنند.

### سپاسگزاری

از کلیه دانشجویان رشته‌های فنی مهندسی دانشگاه تبریز که در تکمیل مقیاس پژوهش همکاری داشتند، کمال تشکر را داریم.

### References

- Aksoy, B. (2004). *Coğrafya öğretiminde problem dayalı öğrenme yaklaşımı [The Problem-Based Learning Approach in Geography Teaching]*. (Unpublished master's thesis). Gazi University, Institute of Education Sciences, Ankara.
- Amrollah, O., Khodaie, E., Hakimzadeh, R., & Nili Ahmadabadi, M. (2018). The presentation and implementation of a prototype for outcome-driven validation pattern of technical and engineering curriculum (Case study: "Advanced Programming" from computer engineering). *Iranian Journal of Engineering Education*, 19(76), 29-59. <https://doi.org/10.22047/ijee.2018.117888.1512> [In Persian]
- Angeli, C., Voogt, J., Fluck, A., Webb, M., Cox, M., Malyn-Smith, J., & Zagami, J. (2016). A K-6 computational thinking curriculum framework: Implications for teacher knowledge. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(3), 47-57.
- Ater-Kranov, A., Bryant, R., Orr, G., Wallace, S., & Zhang, M. (2010). Developing a community definition and teaching modules for computational thinking: Accomplishments and challenges. *In Proceedings of the 2010 ACM conference on information technology education* (pp. 143-148). ACM.

- Baradaran, S., & Mahmoodi, F. (2020). Investigating the relationship and comparison attitudes to science, technology, engineering and mathematics with 21st century skills *Iranian Journal of Engineering Education*, 22(86), 85-98. <https://doi.org/10.22047/ijee.2020.222470.1732> [In Persian]
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173-1182. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.51.6.1173>
- Bartlett, M. S. (1954). A note on the multiplying factors for various  $\chi^2$  approximations. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 16(2), 296-298. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1954.tb00174.x>
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., & Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education: Implications for policy and practice (JRC Science for Policy Report)*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2791/792158>
- Brown, T. A. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York: Guilford.
- Brown, W. (2015). *Introduction to algorithmic thinking*. Available at: [www.cs4fn.com/algorithmicthinking.php](http://www.cs4fn.com/algorithmicthinking.php)
- Byrne, B. M. (1998). *Structural equation modeling with Lisrel, Prelis and Simplis: Basic concepts, applications, and programmings*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Cheung, G. W., Cooper-Thomas, H. D., Lau, R. S., & Wang, L. C. (2024). Reporting reliability, convergent and discriminant validity with structural equation modeling: A review and best-practice recommendations. *Asia Pacific Journal of Management*, 41, 745-783. <https://doi.org/10.1007/s10490-023-09871-y>
- Christensen, D., & Lombardi, D. (2020). Through computational thinking. *Science and Education*, 29, 1035-1077. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00141-7>
- Curzon, P., & McOwan, P. W. (2017). *The power of computational thinking: Games, magic and puzzles to help you become a computational thinker*. World Scientific Publishing.
- De Souza, A. A., Barcelos, T. S., Munoz, R., Villarroel, R., & Silva, L. A. (2019). Data mining framework to analyze the evolution of computational thinking skills in game building workshops. *IEEE Access*, 7, 82848-82866. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2924343>
- Deng, W., Pi, Z., Lei, W., Zhou, Q., & Zhang, W. (2020). Pencil code improves learners' computational thinking and computer learning attitude. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(1), 90-104. <https://doi.org/10.1002/cae.22177>
- DeSchryver, M. D., & Yadav, A. (2015). Creative and computational thinking in the context of new literacies: Working with teachers to scaffold complex technology-mediated approaches to teaching and learning. *Journal of Technology and Teacher Education*, 23(3), 411-431.
- Durak, H. Y., & Saritepeci, M. (2018). Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model. *Computers & Education*, 116(1), 191-202. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.004>
- Ehsan, H., Rehmat, A. P., & Cardella, M. E. (2021). Computational thinking embedded in engineering design: Capturing computational thinking of children in an informal engineering design activity. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(3), 441-464. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09562-5>
- Eragamreddy, N. (2013). Teaching creative thinking skills. *International Journal of English Language & Translation Studies*, 1(2), 124-145.
- Ezeamuzie, N. O., & Leung, J. S. C. (2022). Computational thinking through an empirical lens: A systematic review of literature. *Journal of Educational Computing Research*, 60(2), 481-511. <https://doi.org/10.1177/073563312111033158>
- Foundation for Critical Thinking. (2015). *Elements and standards learning tool*. Retrieved from: <http://www.criticalthinking.org/pages/analyzing-and-assessing-thinking-/783>.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43. <https://doi.org/10.3102/0013189x12463051>
- Grover, S., & Pea, R. (2017). *Computational thinking: A competency who's time has come* (pp. 19-38). <https://doi.org/10.5040/9781350057142.ch-003>
- Hair, J. F., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Black, W. C. (2022). *Multivariate data analysis*. (7th ed.). Cengage Learning.
- Haseski, H. I., Ilic, U., & Tugtekin, U. (2018). Defining a new 21st century skill-computational thinking: Concepts and trends. *International Education Studies*, 11(4), 29-42. <https://doi.org/10.5539/ies.v11n4p29>

- Hickmott, D., Prieto-Rodriguez, E., & Holmes, K. (2018). A scoping review of studies on computational thinking in K–12 mathematics classrooms. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 4(1), 48–69. <https://doi.org/10.1007/s40751-017-0038-8>
- Hinterplattner, S., Skog, J. S., Kröhn, C., & Sabitzer, B. (2020). The children's congress: A benefit to all levels of schooling by strengthening computational thinking. *International Journal of Learning*, 6(4), 241–246. <https://doi.org/10.18178/IJLT.6.4.241-246>
- Hoyles, C., & Noss, R. (2015). A computational lens on design research. *ZDM - Mathematics Education*, 47(6), 1039–1045. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0731-2>
- Hsu, T. C., Chang, S. C., & Hung, Y. T. (2018). How to learn and how to teach Computational Thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education*, 126(1), 296–310. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004>
- Hu, C. (2011). *Computational thinking: What it might mean and what we might do about it*. In Proceedings of the 16th Annual Joint Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (pp. 223–227). ACM.
- Hynes, M. M., Cardella, M. E., Moore, T. J., Brophy, S. P., Purzer, S., Tank, K. M., & Ehsan, H. (2019). *Inspiring young children to engage in computational thinking in and out of school (research to practice)*. In 2019 ASEE Annual Conference & Exposition.
- ISTE. (2015). *Computational Thinking: Leadership toolkit*. Available at: [https://cdn.iste.org/www-root/2020-10/ISTE\\_CT\\_Leadership\\_Toolkit\\_booklet.pdf](https://cdn.iste.org/www-root/2020-10/ISTE_CT_Leadership_Toolkit_booklet.pdf)
- Jeffries, M., & Hancock, T. (2005/1397). *Thinking Skills: Teacher's guide*. Translated by: M. Talkhani & Y. Delgoshai. Tehran: Publications of Engareh Cultural and Artistic Institute of Knowledge and Education. [In Persian]
- Junpho, M., Songsriwittaya, A., & Tep., p. (2022). Reliability and construct validity of Computational Thinking Scale for junior high school students: Thai adaptation. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(9), 154-173. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.9.9>
- Kaiser, H. F. (1960). The Application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 141-151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>
- Katai, Z. (2014). The challenge of promoting algorithmic thinking of both sciences- and humanities-oriented learners. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(4), 287–299. <https://doi.org/10.1111/jcal.12070>
- Kiss, G., & Arki, Z. (2017). The influence of game-based programming education on the algorithmic thinking. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 237(21), 613–617. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.020>
- Kline, R. B. (2005). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling* (2nd ed.). New York: Guilford Press.
- Korkmaz, Ö. (2012). A validity and reliability study of the Online Cooperative Learning Attitude Scale. *Computers & Education*, 59, 1162-1169.
- Korkmaz, Ö., & Bai, X. (2019). Adapting Computational Thinking Scale (CTS) for Chinese high school students and their thinking scale skills level. *Participatory Educational Research*, 6(1), 10-26. <http://dx.doi.org/10.17275/per.19.2.6.1>
- Korkmaz, Ö., Çakir, R., & Ozden, M. (2017). A validity and reliability study of the Computational Thinking Scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558-569 <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.005>
- Kukul, V., & Karataş, S. (2019). Computational Thinking Self-Efficacy Scale: Development, validity and reliability. *Informatics in Education*, 18(1), 151–164. <http://dx.doi.org/10.15388/infedu.2019.07>
- Lai, Y. H., Chen, S. Y., Lai, C. F., Chang, Y. C., & Su, Y. S. (2021). Study on enhancing AIoT computational thinking skills by plot image-based VR. *Interactive Learning Environments*, 29(3), 482–495. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1580750>
- Lee, J., Joswick, C., & Pole, K. (2022). Classroom play and activities to support computational thinking development in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 51(3), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10643-022-01319-0>
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., Disessa, A. A., & Graesser, A. (2020). Computational thinking is more about thinking than computing. *Journal for STEM Educational Research*, 3(4), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s41979-020-00030-2>
- Lilly, S., McAlister, A. M., Fick, S. J., Chiu, J. L., & McElhaney, K. W. (2022). Elementary teachers' verbal supports of science and engineering practices in an NGSS-aligned science, engineering, and

- computational thinking unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(6), 1035–1064. <https://doi.org/10.1002/tea.21751>
- Liu, Y. C., Hu, Z. H., & Chia, L. S. (2021). The determinants of impact of personal traits on computational thinking with programming instruction. *Interactive Learning Environments*, 29(8), 1–15. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1983610>
- Mahmoodi, F., Habibi, H., & Khanzadeh, J. (2021). Factors affecting teaching as a career choice from the perspective of student-teachers of Farhangian University in East Azarbaijan Province. *The Quarterly Journal of New thoughts on Education*, 17(3), 31-53. <https://doi.org/10.22051/jontoe.2021.29234.2893> [In Persian]
- Meyers L. S., Gamst, G., & Guarino, A. J. (2013). *Applied multivariate research: Design and interpretation*. Sage Pub.
- Rafnsson, F. D., Smari, J., Windle, M., Mears, S. A., & Endler, NS. (2006). Factor structure and psychometric characteristics of the Icelandic version of the Coping Inventory for Stressful Situations (CISS). *Personality & Individual Differences*, 40(6), 1247-58. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2005.11.011>
- Relkin, E., & Bers, M. U. (2021). TechCheck-K: A Measure of Computational Thinking for Kindergarten Children. In 2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1696-1702). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON46332.2021.9453926>
- Román-González, M., Pérez-González, J., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the computational thinking test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678–691. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>
- Roohi, M., Deghani, M., & Khattat, M. (2023). Identifying the components of computational thinking involved in learning skills at the primary school level. *Studies in Learning & Instruction*, 15(1), 16-45. [In Persian]
- Roussou, E., & Rangoussi, M. (2020). On the use of robotics for the development of computational thinking in kindergarten: Educational intervention and evaluation. In M. Merdan, W. Lepuschitz, G. Koppensteiner, R. Balogh, & D. Obdržálek, D. (Eds.), *Robotics in education. RiE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing* (vol. 1023). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-26945-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-26945-6_3)
- Salleh, I. M., & Rani, M. M. (2017). *Implementation of learning outcome attainment measurement system in aviation engineering higher education*. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 270(1), 012037.
- Seow, P., Looi, C. K., How, M. L., Wadhwa, B., & Wu, L. K. (2019). Educational policy and implementation of computational thinking and programming: Case study of Singapore. In S. C. Kong & H. Abelson (Eds.), *Computational thinking education*. Singapore: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_19)
- Shiau Gee, L. L., Dasan, J., & Che Hassan, C. H. (2022). Investigating the usability of universities' websites: Upgrading visualization preference and system performance. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 16(2), 129–143. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i02.23707>
- Şimşek, Ö. F. (2007). *Yapısal eşitlik modellemesine giriş, temel ilkeler ve LISREL uygulamaları*. Ankara: Ekinoks Yayıncılık.
- Sırakaya, M., Alsancak Sırakaya, D., & Korkmaz, Ö. (2020). The impact of STEM attitude and thinking style on computational thinking determined via structural equation modeling. *Journal of Science Education and Technology*, 29(4), 561–572. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09836-6>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. A. (2019). *Practical approach to using multivariate analyses*. NK: Pearson.
- Tang, K. Y., Chou, T. L., & Tsai, C. C. (2020). A content analysis of computational thinking research: An international publication trends and research typology. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1), 9-19. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00442-8>
- Taslibeyaz, E., Kursun, E., & Karaman, S. (2020). How to develop computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Informatics in Education*, 19(4), 701–719. <https://doi.org/10.15388/INFEDU.2020.30>
- Tasso, S., Gervasi, O., Locchi, A., & Sabbatini, F. (2019). Hahai: *Computational thinking in primary schools*. In International Conference on Computational Science and Its Applications (pp. 287-298).
- Tikva, C., & Tambouris, E. (2021). Mapping computational thinking through programming in K-12 education: A conceptual model based on a systematic literature review. *Computers & Education*, 162(1), Article 104083. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104083>

- Varela, C., Rebollar, C., García, O., Bravo, E., & Bilbao, J. (2019). Skills in computational thinking of engineering students of the first school year. *Heliyon*, 5(11), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02820>
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20, 715-728. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>
- Voskoglou, M. G., & Buckley, S. (2012). Problem solving and computers in a learning environment. *Egyptian Computer Science Journal*, 36(4), 28-46.
- Wang, C., Shen, J., & Chao, J. (2022). Integrating computational thinking in STEM education: A literature review. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(8), 1949-1972. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10227-5>
- Warneken, F., Steinwender, J., Hamann, K., & Tomasello, M. (2014). Young children's planning in a collaborative problem-solving task. *Cognitive Development*, 31, 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev>
- Weintrop, D., Rutstein, D., Bienkowski, M., & McGee, S. (2021). Assessment of computational thinking. In A. Yadav, & U. Berthelsen (Eds.), *Computational thinking in education* (1st ed., pp. 112-133). Routledge.
- Wing, J., M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J., M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 366, 3717-3725. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>
- Wing, J., M. (2011). Research notebook: Computational thinking what and why. *The Link Magazine*, 6, 20-23.
- Yuliana, I., Hermawan, H. D., Prayitno, H. J., Ratih, K., Adhantoro, M. S., Hidayati, H., & Ibrahim, M. H. (2021). *Computational thinking lesson in improving digital literacy for rural area children via CS unplugged*. In Journal of Physics: Conference Series, 1720(1), 012009. IOP Publishing
- Zakaria, N. I., Zanaton, H., & Iksan, Z. H. (2020). Computational thinking among high school students. *Universal Journal of Educational Research*, 8(11), 9 - 16. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.082102>
- Zapata-Cáceres, M., Martín-Barroso, E., & Román-González, M. (2020). *Computational Thinking Test for Beginners: Design and content validation*. In 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1905-1914). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125368>