Journal of
Study and Innovation in Education and Development Volume 5, Issue 2 (2025): 120-138

eComplexity: Validation and Structural Equation Analysis of the Complex Thinking Scale

Fatemeh Naseri[1]*, Firooz Mahmoudi[2]

1. PhD Student, Department of Curriculum Planning, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. Professor, Department of Curriculum Planning, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received: 12 Dec 2024
Accepted: 08 Jan 2025
Available Online: 11 Apr 2025

Keywords
Systems Thinking, Scientific Thinking, Critical Thinking, Innovative Thinking, Structural Equations

ABSTRACT

This study aims to validate The Electronic Complexity instrument which aims to measure the perception of success in complex thinking competency and its dimensions. The research method is descriptive. The questionnaire on the quality of the Electronic Complexity instrument developed by Castillo Martínez and Ramírez Montoya (2022) was distributed and evaluated among 270 students from faculties of educational sciences and psychology in Tehran. In the data analysis section, confirmatory factor analysis was used to assess the validity and reliability of the questionnaire. Validity was measured using factor loadings, average variance extracted (AVE), and the Fornell and Larcker method. Data analysis was conducted using SPSS version 28 and SmartPLS version 3. The results of the exploratory factor analysis indicated that by extracting four components from a total of 25 questionnaire items, these four components explained 52% of the total variance of the questions. The results of the confirmatory factor analysis test demonstrated appropriate factor loadings for the items and confirmed both discriminant and convergent validity. Additionally, reliability was confirmed using composite reliability, indicator reliability, and Cronbach's alpha. The evaluation of the structural model revealed that the correlation strength between the components and the final construct of complex thinking ranged from a minimum of 0.19 for the innovative thinking component to a maximum of 0.88 for the scientific thinking component, with all relationships being statistically significant ($p < .05$). This instrument can be reliably used as a valid assessment tool.

How to cite:
Naseri, F., & Mahmoudi, F. (2025). eComplexity: Validation and Structural Equation Analysis of the Complex Thinking Scale. *Study and Innovation in Education and Development, 5*(2), 120-138.

*** Corresponding Author:**
Dr. Fatemeh Naseri
E-mail: behrokh.naseri@gmail.com

© 2025 the authors. Published by Institute for Knowledge, Development, and Research.
This is an open access article under the terms of the CC BY-NC 4.0 License.

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

In recent decades, the paradigm of education has shifted from an information-acquisition approach to one that prioritizes skill development while maintaining a foundational knowledge base (1). This shift has necessitated the creation of novel assessment tools to measure competencies rather than mere knowledge retention, as traditional exams may not be sufficient to evaluate critical skills essential for success in modern education (2).

Competency-based education necessitates the development and validation of tools that assess students' transversal and professional skill development beyond memorization (3). Effective competency measurement ensures the quality of contemporary education by tailoring educational programs to specific student needs, thereby preparing them for the complexities of the modern world (4). Additionally, these tools significantly enhance continuous improvement in educational methodologies by identifying strengths, characteristics, and areas for refinement (5). However, designing educational assessment instruments is a complex endeavor that requires theoretical, academic, and expert validation, as well as iterative refinements over time (6).

Complex thinking, as conceptualized by Morin, is a cognitive approach for understanding and addressing interconnected, intricate problems and systems (7). This holistic perspective integrates multiple viewpoints and environmental factors, allowing for a nuanced understanding of challenges and solutions (8). A complex thinker develops a comprehensive worldview, engaging in continuous learning and dialectical discourse (9). Given its importance, complex thinking has become a crucial skill in modern education, as it equips individuals with the ability to navigate dynamic and unpredictable environments. Consequently, many educational institutions have integrated complex thinking into their curricula (10, 11).

Theoretical models of complex thinking often dissect it into distinct cognitive dimensions, including critical thinking, systems thinking, scientific thinking, and innovative thinking (12-14). Critical thinking involves the systematic and reflective analysis of information, ideas, and problems, fostering deeper understanding and informed decision-making (15). Systems thinking emphasizes understanding complex interactions within systems rather than isolated components (5, 18). Scientific thinking refers to the structured, logical exploration of phenomena using empirical methods and hypothesis

formulation (20, 21). Lastly, innovative thinking, often equated with creative problem-solving, involves the generation of novel ideas and approaches (22).

Despite its recognized importance, measuring complex thinking remains a challenge, requiring a comprehensive tool that assesses its various facets simultaneously (23). Previous research has attempted to develop and validate instruments for measuring complex thinking skills, with varying degrees of success (11, 16, 24). However, gaps remain in establishing a robust psychometric scale applicable across diverse educational settings. This study aims to validate the Electronic Complexity instrument, designed to measure perceived success in complex thinking competency and its dimensions. The research employs a confirmatory factor analysis approach to assess the instrument's validity and reliability, ensuring its applicability as a standardized educational assessment tool.

METHODS AND MATERIALS

The study follows a descriptive research design, utilizing a psychometric approach to validate the *Electronic Complexity* instrument. The sample comprises 270 students from faculties of educational sciences and psychology in Tehran. The instrument, originally developed by Castillo Martínez and Ramírez Montoya (2022), was translated and adapted for the study population.

Confirmatory factor analysis was conducted to evaluate the instrument’s construct validity. Factor loadings, average variance extracted (AVE), and the Fornell-Larcker criterion were employed for validity assessment. Reliability was tested using composite reliability, indicator reliability, and Cronbach’s alpha. Statistical analyses were performed using SPSS version 28 and SmartPLS version 3.

FINDINGS

The exploratory factor analysis revealed that four components were extracted from a total of 25 questionnaire items, explaining 52% of the total variance. The confirmatory factor analysis confirmed the adequacy of factor loadings and established both convergent and discriminant validity. The evaluation of internal consistency showed that all subscales demonstrated satisfactory reliability.

The structural model assessment indicated that the strength of correlation between the components and the overall construct of complex thinking ranged from a minimum of 0.19 (for the innovative thinking component) to a maximum of 0.88 (for the scientific thinking component), with all relationships being statistically significant ($p < .05$).

Further analysis showed that systems thinking and scientific thinking were the most influential factors in predicting overall complex thinking competency. Meanwhile, critical thinking and innovative thinking exhibited moderate yet significant correlations with the overarching construct.

Additionally, the instrument demonstrated strong internal consistency, with Cronbach's alpha values exceeding 0.75 for all subscales. The composite reliability values were also above the 0.80 threshold, indicating that the instrument provided stable and consistent measurements across different items.

DISCUSSION AND CONCLUSION

The findings support the reliability and validity of the *Electronic Complexity* instrument as a robust measure of complex thinking. This study contributes to the field of educational psychology by offering a validated tool that enables educators to assess students' complex thinking competencies effectively. By identifying systems thinking and scientific thinking as the most critical dimensions, the study provides educators and curriculum designers with insights into how these cognitive skills can be emphasized in instructional programs.

The validated instrument offers a valuable resource for designing targeted educational strategies aimed at fostering higher-order thinking skills. Implementing this tool in various educational contexts can enhance curriculum development and pedagogical practices, ensuring that students acquire the necessary cognitive flexibility to navigate complex, real-world challenges.

Furthermore, the study highlights the potential for integrating artificial intelligence-driven assessment techniques to improve the precision and efficiency of measuring complex thinking. Future research should explore the longitudinal impact of interventions designed to enhance complex thinking and evaluate how this instrument performs across different cultural and educational settings.

This research underscores the importance of developing psychometrically sound assessment tools that align with the evolving educational landscape. By advancing the understanding and measurement of complex thinking, this study lays the groundwork for future research on cognitive skill development, ultimately contributing to more effective educational methodologies worldwide.

پیچیدگی الکترونیکی: اعتبارسنجی و تحلیل معادلات ساختاری مقیاس تفکرپیچیده

فاطمه ناصری[1*]، فیروز محمودی[2]

۱. دانشجوی دکتری، گروه برنامه ریزی درسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲. استاد، گروه برنامه ریزی درسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۹
تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۱/۲۲

چکیده

هدف پژوهش اعتبارسنجی ابزار پیچیدگی الکترونیکی با هدف اندازه‌گیری ادراک موفقیت در شایستگی تفکرپیچیده و ابعاد آن است. روش تحقیق توصیفی است. پرسش‌نامه کیفیت ابزار پیچیدگی الکترونیکی کستیلو مارتینرز و رامینرز مونتویا (۲۰۲۲) برای اندازه‌گیری ادراک دانشجویان میان ۲۷۰ دانشجوی دانشکده‌های علوم تربیتی و روانشناسی شهر تهران توزیع و ارزیابی شد. در بخش تحلیل‌داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل‌عاملی‌تاییدی به بررسی روایی و پایایی پرسش‌نامه پرداخته شد. سنجش روایی با شاخص‌های بار عاملی، میانگین واریانس استخراج شده و روش فورنل و لارکر استفاده شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۲۸ و Smart PLS نسخه ۳ انجام شد. نتایج تحلیل عامل اکتشافی نشان داد با استخراج ۴ مولفه از مجموع ۲۵ سوال پرسش‌نامه، این چهار مولفه توانستند ۵۲ درصد از واریانس کل سوالات را تبیین کنند. نتایج تحلیل آزمون عاملی تاییدی بیان‌گر بار عاملی مناسب سوالات و تایید روایی واگرا و همگرا بود. همچنین پایایی به روش‌های پایایی رو، پایایی ترکیبی و آلفای کرونباخ مورد تایید قرار گرفت. بررسی بخش ساختاری مدل نشان داد شدت همبستگی بین مولفه‌ها با سازه نهایی تفکرپیچیده از حداقل ۰.۱۹ برای مولفه تفکرنوآورانه تا حداکثر ۰.۸۸ برای مولفه تفکرعلمی بود و تمامی روابط از نظر آماری معنی دار بود($P<0.05$). این ابزار می‌تواند به عنوان ابزار پایا مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی

تفکرسیستمی، تفکرعلمی، تفکرانتقادی، تفکر نوآورانه، معادلات ساختاری

شیوه ارجاع‌دهی:

ناصری، فاطمه.، و محمودی، فیروز. (۱۴۰۴). پیچیدگی الکترونیکی: اعتبارسنجی و تحلیل معادلات ساختاری مقیاس تفکرپیچیده. *پژوهش و نوآوری در تربیت و توسعه*، ۵(۲)، ۱۳۸-۱۲۰.

نویسنده مسئول:
دکتر فاطمه ناصری
پست الکترونیکی: behrokh.naseri@gmail.com

© ۱۴۰۴ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است.
انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی CC BY-NC 4.0 صورت گرفته است.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، رویکردآموزشی جدیدی که اولویت آن کسب اطلاعات است، جای خود را به رویکردی داده است که بدون نادیده گرفتن نگرش، بیشتر بر توسعه مهارت‌های ضروری تمرکز دارد (1). این رویکردآموزشی جدید، نیاز به معیارهای نوین را برای سنجش دستاوردها به وجود آورده است، چرا که امتحانات یا ابزارهایی که تنها به ارزیابی نگرش می‌پردازند، ممکن است کافی نباشند. توسعه شایستگی‌ها، نیازمند ارزیابی نگرش‌ها و مهارت‌های خاصی است که باید مورد توجه قرار گیرند (2).

آموزش مبتنی بر شایستگی باید طراحی و اعتبارسنجی ابزارهایی را در نظر بگیرد که توسعه‌ی مهارت‌های حرفه‌ای‌وعرضی مرتبط دانشجویان را فراتر از کسب و حفظ اطلاعات شناسایی کند (3). اندازه‌گیری شایستگی‌ها برای تضمین کیفیت آموزش معاصر ضروری است زیرا به تطبیق برنامه‌های آموزشی با نیازهای خاص دانشجویان کمک می‌کند تا آن‌ها را به بهترین نحو برای مقابله با چالش‌های دنیای امروز آماده کند (4). به علاوه، این ابزارها تأثیر قابل‌توجهی بر بهبود مستمر رویکردهای آموزشی دارند که امکان شناسایی مزایا، ویژگی‌ها و نقاط قابل بهبود را برای تصمیم‌گیری بهتر در سطح آموزشی فراهم کرده است (5). با این حال، طراحی ابزار رویکرد آموزشی کار آسانی نیست، زیرا علاوه بر اعتبارسنجی نظری، آکادمیک و کارشناسی در زمان اجرا، نیازمند بازنگری مداوم است (6).

تفکرپیچیده یک رویکرد شناختی است که توسط فیلسوف مورین[1] برای درک و پرداختن به مشکلات، موقعیت‌ها یا سیستم‌هایی که پیچیده و به هم پیوسته هستند؛ پیشنهاد شده است؛ تا راه‌حل‌های ساده یا خطی ارائه دهد (7). این نوع رویکرد شناختی مبتنی بر رویکردی کل‌نگر است که مشکلات را منعکس می‌کند و دیدگاه‌ها و عوامل مختلف محیطی درگیر را در بر دارد (8). بنابراین، یک متفکر دارای تفکرپیچیده، نگرشی یک‌پارچه از دنیای اطراف خود را خلق می‌کند و در معرض تضاد، گفتگوی تکنیکی و یادگیری مستمر قرار دارد (9). با توجه به موارد فوق، تفکرپیچیده یک مهارت ارزشمند در دنیای معاصر است؛ این نگرش که به افراد اجازه می‌دهد در محیط‌های انعطاف‌پذیر، بی‌ثبات و دائماً در حال تغییر تصمیم‌گیری کنند به نحوی‌که یافتن تفکرپیچیده در برنامه‌های درسی مؤسسات آموزشی که به عنوان یک رویکرد شناختی پیشنهاد می‌شود، به صورت گسترده‌ای مرتبط با برنامه‌های درسی رایج آن موسسات باشد (10, 11).

بحث از تفکرپیچیده به عنوان یک رویکردشناختی نیاز به تقسیم این مهارت به عناصر شناختی متفاوت و توسعه‌ی آن دارد، که از لحاظ نظری به عنوان ابعاد شایستگی یعنی تفکرانتقادی، تفکرسیستمی، تفکرعلمی و تفکر نوآورانه مطرح شده است (12-14). تفکرانتقادی یک فرآیند شناختی است که شامل تجزیه و تحلیل، ارزیابی و بازتاب فعال و سیستماتیک اطلاعات، ایده ها، موقعیت‌ها یا مشکلات است (15). هدف آن ایجاد درک عمیق‌تر، تصمیم‌گیری آگاهانه و حل عملی مسئله، به کارگیری نگرش انتقادی و پرسش‌گر

[1] Morin

نسبت به مفروضات قبلی و معیارهای تعیین شده است (16). این مهارت ساختن استدلال‌های واضح، عینی و متقاعدکننده‌ای را تسهیل کرده و به چالش‌ها و تصمیم‌های فرد پاسخ داده است (17). تفکرسیستمی توانایی تمرکز بر درک و تجزیه و تحلیل سیستم‌های پیچیده به جای بخش‌های جدا شده آن سیستم‌ها است (5, 18). از این رو، تفکرسیستمی اجازه می‌دهد تا درک شود که چگونه این سیستم‌ها به عنوان یک کل کار می‌کنند؛ چگونه همه عناصر و اجزایی که آن را تشکیل می‌دهند با هم تعامل دارند تا یک دید یک‌پارچه از واقعیت را ارائه دهد (19). تفکرعلمی به توانایی سیستماتیک و عقلانی برای درک جهان از طریق روش‌شناسی مبتنی بر مشاهده، آزمایش، منطق و فرمول‌بندی فرضیه‌ها و مفروضات اشاره دارد (11). از نظر شناختی، این یک توانایی اساسی برای تجزیه و تحلیل عینی و قابل اعتماد در فرآیند اکتساب نگرش است (20, 21). در نهایت، تفکر نوآورانه که به عنوان تفکر خلاق نیز شناخته شده است، و به توانایی تولید ایده‌ها، رویکردها و راه‌حل‌های بدیع برای رفع مشکلات یا چالش‌های موجود پرداخته است؛ و با ارائه راه‌حل‌های غیرمتعارف و فراتر از رویکردهای جدید خلاقانه، از جمله توسعه انعطاف‌پذیری، کنجکاوی و همکاری به عنوان عناصر مرتبط، مورد بررسی قرارگرفته‌است (22). تفکرپیچیده، به‌عنوان یک شایستگی‌آموزشی، شامل عناصرمتعددی است که آن را به یک رویکرد شناختی ارزشمند، هم از نظر حرفه‌ای و هم به‌صورت فردی، بدون توجه به رشته‌ی تحصیلی تبدیل‌کند؛ با این حال، به دلیل گستردگی ابعاد، ارزیابی آن یک چالش است، زیرا اندازه‌گیری آن باید جنبه‌های متفاوت را هم‌زمان در نظر بگیرد (23).

سیلوا و ایتورا (۲۰۲۳)، در پژوهش خود با عنوان « توسعه و اعتبار سنجی ارزیابی تفکرپیچیده، فکر کردن و ایجاد مهارت‌ها » که به مطالعه توسعه ابزاری برای اندازه‌گیری مهارت‌های تفکرپیچیده پرداخته است که برای ارزیابی ویژگی‌های روان‌سنجی و تعیین روایی آن بر محتوا، معیار، سازه و پایایی بر روی ۲۵۶ دانشجوی دانشگاه استفاده شد. مدل مفهومی از طریق تحلیل عاملی تأییدی، مورد تأیید قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که فرآیند اعتبار سنجی ابزار، مقادیر روایی آماری رضایت‌بخشی را نشان داد که نتیجه گرفته شد ابزار ارزیابی تفکرپیچیده، یک ابزار روان‌سنجی معتبر و قابل اعتماد برای اندازه گیری توانایی‌های شناختی آن‌ها است (11).

رامینرز مونتویا و همکاران (۲۰۲۲)، در پژوهش خود با عنوان « تفکرپیچیده در چارچوب آموزش و نوآوری‌باز–مروری بر ادبیات سیستماتیک» که این پژوهش به تحلیل تفکرپیچیده به عنوان یک شایستگی‌کلان با بررسی ابعاد شایستگی‌ها یعنی تفکرانتقادی، سیستمی، علمی و نوآورانه در محیط‌های آموزشی پرداخت. روش پژوهش، مرور متون سیستماتیک بود. نتایج نشان داد که: (الف) ویژگی‌های مشترک مطالعاتی وجود دارد که تفکرپیچیده، تفکرانتقادی و تفکر خلاق را به هم مرتبط می‌کند. ب) روش کیفی در مطالعات غالب است. (ج) شایستگی تفکرانتقادی بیشترین توجه را در تحقیق داشته است. (د) مؤلفه‌های غالب آموزش، روش‌ها و تکنیک‌های آموزشی است. و (ه) سه چالشی که برای تحقیقات آموزشی برجسته است، امکان‌سنجی پروژه، فرصت‌های تحقیقاتی و مهارت‌های مورد نیاز است. این پژوهش برای جوامع دانشگاهی، اجتماعی و تصمیم گیرندگان علاقه‌مند به توسعه استدلال برای پیچیدگی در چارچوب آموزش ارزش دارد (24).

کوی و همکارانش (۲۰۲۱)، در پژوهش خود با عنوان « ویژگی‌های روان‌سنجی آزمون ارزیابی گرایش تفکرانتقادی در بین دانشجویان پزشکی در چین: یک مطالعه آموزش‌مقطعی» که نتایج ضریب آلفای کرونباخ برای کل پرسش‌نامه ۰.۹۲ محاسبه شد، پایایی آزمون، نشان‌دهنده ضرایب همبستگی درون کلاسی قابل قبول بود. آزمون روایی همگرا و تمایز رضایت‌بخشی را نشان داد. ارزیابی گرایش دانشجویان پزشکی به تفکرانتقادی در چین نشان داد به طور منطقی در برنامه‌های آموزشی گرایش تفکرانتقادی و تحقیقات‌آموزشی پزشکی مورد استفاده قرار گرفته شده است. نتایج حاکی از آن است که زمینه گرایش تفکرانتقادی به دانشجویان و متخصصان پزشکی کمک می‌کند تا در هنگام اعمال قضاوت بالینی بر تأثیرات ارزش‌ها و باورهای شخصی غلبه کنند (16).

دیانا و همکارانش (۲۰۲۱)، در پژوهش خود با عنوان « توسعه ارزیابی تفکرانتقادی مبتنی بر یادگیری الکترونیکی به عنوان رسانه ارزیابی یادگیری فیزیک با کاهوت[1]! »که این پژوهش با هدف تعیین فرآیند، امکان‌سنجی، اعتبار و پایایی ارزیابی تفکرانتقادی مبتنی بر یادگیری الکترونیکی توسعه‌یافته به عنوان رسانه ارزیابی یادگیری فیزیک با کاهوت انجام شد. روش تحقیق و توسعه مورد استفاده بورگ و گال[2] بود. ابزار مورد استفاده پرسش‌نامه بود. محصول نهایی با درصد امتیاز کسب شده ۸۵.۸۹٪ توسط کارشناسان رسانه، ۸۰.۵۰٪ توسط کارشناس مواد و ۹۴.۹۳٪ توسط کارشناس اطلاعات و فناوری قابل اجرا اعلام شد. محصول توسعه‌یافته با درصد امتیاز جذابیت به‌دست‌آمده در آزمایش گروه کوچک ۸۶.۱۰ درصد و آزمایش میدانی ۸۳.۰۳ درصد جذاب تلقی شد. اقلام محصول قابل اعتماد بودند. بر اساس نتایج این پژوهش، محصول توسعه یافته در قالب یک ارزیابی تفکرانتقادی مبتنی بر یادگیری الکترونیکی به عنوان رسانه ارزیابی یادگیری فیزیک با کاهوت، اجرای مسابقه تعاملی امکان‌پذیر است و می‌تواند برای ارزیابی فعالیت‌های یادگیری فیزیک استفاده شود (25).

توبون و لونا (۲۰۲۱)، در پژوهش خود با عنوان « تفکرپیچیده و توسعه اجتماعی پایدار: اعتبار و پایایی» که با هدف طراحی و اعتبارسنجی مقیاسی برای ارزیابی مهارت‌های تفکرپیچیده در افراد بزرگسال و با روش اکتشافی انجام شد. مقیاس ۲۲ گویه‌ای که ۵جنبه‌ی زیر را ارزیابی کرد: تحلیل و حل مسئله، تحلیل انتقادی، فراشناخت، تحلیل سیستمی و خلاقیت. این مقیاس در ۶۲۶ دانشجوی دانشگاه پرو تایید شد. در مجموع، ۱۶ متخصص در این زمینه به تعیین اعتبار محتوایی مقیاس (مقدار V آیکن بالاتر از ۰.۸) کمک کردند. تجزیه و تحلیل عاملی تاییدی امکان ارزیابی ساختار پنج عامل پیشنهادی را به صورت تئوری فراهم کرد و شاخص‌های برازش رضایت‌بخش بود. یک آیتم در طول فرآیند حذف شد و مقیاس به ۲۱ گویه رسید. پایایی ترکیبی برای عوامل مختلف بین ۰/۷۹۴ تا ۰/۸۶۷ متغیر بود. عدم تغییر جنسیت نیز بررسی شد و روایی همزمان آن اثبات شد. نتایج حاکی از آن است که روایی محتوا، اعتبار سازه، اعتبار همزمان و سطوح پایایی ترکیبی مناسب است. مهارت‌های تفکر برای دست‌یابی به توسعه اجتماعی پایدار ضروری است. با این وجود، ابزار خاصی وجود ندارد که همه این مهارت‌ها را به طور کلی ارزیابی کند (26).

[1] Kahoot
[2] Borg & Gall

اوساکورنجو و همکاران (۲۰۱۸)، در پژوهش خود با عنوان «ارزیابی تفکرانتقادی و علمی در معلمان بدو خدمت در یک دانشگاه شیلی» که این پژوهش بر شناسایی سطوح رویکرد تفکرانتقادی دانش‌آموز–معلمان در استدلال علمی یک پژوهش تحقیقاتی را توصیف کرده است و بر روی تجزیه و تحلیل سطح پایایی آزمون وظایف تفکرانتقادی[1] تمرکز دارد. در روش‌شناسی، یک نمونه غیراحتمالی از ۱۲۹ دانشجوی‌تربیت‌معلم از رشته‌های مختلف در دانشگاه بیو بیو[2] در نظر گرفته شد و برای جمع آوری داده‌ها از آزمون تکلیف تفکرانتقادی استفاده شد. نتایج نشان داد که ابزار پایا است (α=۰/۷۹). هم‌چنین عملکرد نسبتا پایینی در آزمون سراسری ورودی دانشگاه‌ها وجود دارد؛ و بین برنامه‌های مختلف آموزش‌معلمان تفاوت‌هایی وجود دارد. نتایج حاکی از آن است که ابزار قابل اعتماد است و یافته‌ها از این ایده حمایت می‌کنند که حوزه‌های دانش‌محور بر تفکرانتقادی تأثیر می‌گذارند. و تقویت مهارت‌های فرعی خاص برای تقویت تفکرانتقادی به عنوان کمکی برای استدلال علمی ضروری است (27). لذا، هدف پژوهش حاضر اعتبارسنجی و تحلیل معادلات ساختاری مقیاس تفکرپیچیده بود.

روش پژوهش

در بخش تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل‌عاملی اکتشافی به بررسی سازه‌های بنیادی و دسته‌بندی پرسش‌نامه پرداخته شد و در ادامه با استفاده از آزمون تحلیل‌عاملی تاییدی به بررسی روایی مدل اندازه‌گیری مقیاس تفکرپیچیده پرداخته شد. سنجش روایی با شاخص‌های بارعاملی، میانگین واریانس استخراج شده و روش فورنل و لارکر[3] استفاده شد و پایایی با استفاده از روش‌های پایایی رو، آلفای‌کرونباخ و پایایی‌ترکیبی بررسی شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۲۸ و Smart PLS نسخه ۳ انجام شد. سوالات پرسش نامه در جدول ۱ قرار دارد.

جدول ۱. سوالات پرسش‌نامه سنجش ادراک موفقیت در شایستگی تفکرپیچیده و ابعاد آن

مولفه‌ها	شماره‌گویه‌ها	سوالات(گویه‌ها)
تفکرسیستمی SyT	SyT۱	می‌توانم ارتباط بین متغیرها، شرایط و محدودیت‌ها را در پروژه، چالش یا مشکلی که با آن روبرو هستم پیدا کنم.
	SyT۲	داده‌ها را از حوزه کاری خود و سایر حوزه‌هایی که در حل مشکلات نقش دارند، شناسایی می‌کنم.
	SyT۳	در پروژه‌هایی شرکت می‌کنم که باید با استفاده از دیدگاه‌های بین رشته ای/چند رشته‌ای مورد بررسی قرار گیرند.
	SyT۴	اطلاعات را برای حل مشکلات سازمان‌دهی می‌کنم و یا توانمندی سازمان‌دهی اطلاعات برای حل مشکلات را دارم.
	SyT۵	از یادگیری دیدگاه‌های مختلف در مورد یک مشکل لذت می‌برم.

[1] CTT
[2] Bio-Bio University
[3] Fornell-Larcker

	SyT۶	به استراتژی‌هایی برای درک اجزا و کل یک مشکل تمایل دارم.
تفکرعلمی ScT	ScT۱	می‌توانم اجزای اساسی یک مسئله را برای تنظیم یک سوال یا فرضیه تحقیق برای حل آن شناسایی کنم.
	ScT۲	با ساختار و قالب‌های ایجاد گزارش‌های پژوهشی در رشته یا رشته خود آشنا هستم.
	ScT۳	ساختار یک متن پژوهشی مورد استفاده در رشته یا رشته خود را شناسایی می‌کنم.
	ScT۴	عناصری را برای تدوین یک سوال یا فرضیه تحقیق شناسایی می‌کنم.
	ScT۵	روش‌ها یا فرآیندهای واضح و منسجمی را برای حل مسائل در حرفه خود طراحی می‌کنم.
	ScT۶	هنگام مواجهه با مشکل یا چالش، فرضیه‌ها را تدوین و آزمایش می‌کنم.
	ScT۷	تمایل دارم از داده‌های علمی برای تجزیه و تحلیل مسائل استفاده کنم.
تفکرانتقادی CrT	CrT۱	می‌توانم مسائل را از دیدگاه‌های مختلف به صورت انتقادی تحلیل کنم.
	CrT۲	اساس قضاوت خود و دیگران را برای تشخیص استدلال‌های نادرست شناسایی می‌کنم.
	CrT۳	پیشرفت و دست‌یابی به اهدافم را خود ارزیابی می‌کنم تا تنظیمات لازم را انجام دهم.
	CrT۴	از استدلال مبتنی بر دانش‌علمی یا نظری برای قضاوت در مواجهه با مشکل استفاده می‌کنم.
	CrT۵	دستورالعمل‌های انتقادی پروژه‌هایی را که در آن شرکت می‌کنم مرور می‌کنم.
	CrT۶	از نقدها برای بهبود پروژه‌هایی که در حال توسعه هستم قدردانی می‌کنم.
تفکر نوآورانه IT	IT۱	با معیارهای تعیین مشکل آشنا هستم.
	IT۲	می‌توانم متغیرهایی را از رشته‌های مختلف شناسایی کنم که می‌توانند به سوالات پاسخ دهند.
	IT۳	راه حل‌های ابتکاری را برای مسائل مختلف به کار می‌برم.
	IT۴	مسائل را با تفسیر داده‌های رشته‌های مختلف حل می‌کنم.
	IT۵	مشکلات را به صورت متنی تجزیه و تحلیل می‌کنم تا راه حل ایجاد کنم.
	IT۶	تمایل دارم راه‌حل‌های پیشنهادی برای یک مشکل را با دیدگاهی انتقادی و نوآورانه ارزیابی کنم.

یافته‌ها

حجم نمونه پژوهش برابر با ۲۷۰ نفر بود که از این تعداد ۱۷۲ نفر (۶۳/۷ درصد) زن بودند و ۹۸ نفر (۳۶/۳ درصد) مرد بودند. تحلیل عاملی به روش مولفه‌های اصلی بر روی ۲۵ گویه مقیاس تفکرپیچیده اجرا شد. چرخش صورت گرفته از نوع متعامد و به روش واریماکس انجام شد. مقدار آزمونKMO یا شاخص کفایت نمونه‌گیری، مقدار واریانس متغیرها را که تحت تاثیر عامل‌های پنهانی است می‌سنجد. دامنه این آماره بین ۰ تا ۱ است. چنان‌چه مقدار این آماره بیشتر از ۰/۷۰ باشد هم‌بستگی‌های موجود به‌طورکلی برای تحلیل عاملی بسیار مناسب‌اند (نایبی،۱۳۷۶:۲۵۶). آزمون بارتلت، همانی بودن ماتریس هم‌بستگی داده‌ها را به آزمون می‌گذارد، و در واقع میزان عامل پذیر بودن داده‌ها را می‌سنجد و سطح معنی‌داری این آزمون می‌بایست کمتر از ۰/۰۰۱ باشد. در این پژوهش مقدار KMO برابر با ۰/۸۳۶ شده است و مقدار مطلوبی است و به این معناست که حدود ۸۳/۶ درصد از واریانس این ۲۵ گویه تحت تاثیر

عامل‌های پنهانی و بنیادی است. مقدار آزمون بارتلت نیز کمتر از ۰/۰۰۱ شده است (p<۰/۰۰۱). نتایج این دو آزمون نشان می‌دهد که انجام تحلیل عاملی بر روی متغیرها (گویه‌های تفکرپیچیده) امکان‌پذیر است. جدول ۲ تعداد عامل‌های استخراج شده را نشان می‌دهد، معیار تعیین تعداد عامل‌ها دو معیار است: الف) ارزش ویژه که می‌بایست حداقل ۱ باشد و ب) وجود عامل‌هایی که دارای حداقل سه شاخص (گویه) باشند، است. با توجه به ساختار اولیه پرسش‌نامه که دارای ۴ مولفه بود، در این پژوهش بهترین ساختاری که با ساختاری اولیه پرسش‌نامه تطابق داشته و شاخص‌های آماری مطلوبی به‌دست بدهد شامل ۴ عامل از پیش معین بود که در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. تعداد عامل‌های استخراج شده، ارزش ویژه و میزان واریانس استخراج شده

تعداد عوامل	ارزش ویژه	٪ واریانس استخراج شده	٪ تجمعی واریانس استخراج شده
۱	۶/۵۴	۲۶/۱۵	۲۶/۱۵
۲	۲/۷۶	۱۱/۰۲	۳۷/۱۸
۳	۲/۳۹	۹/۵۶	۴۶/۷۴
۴	۱/۳۱	۵/۲۴	۵۱/۹۸

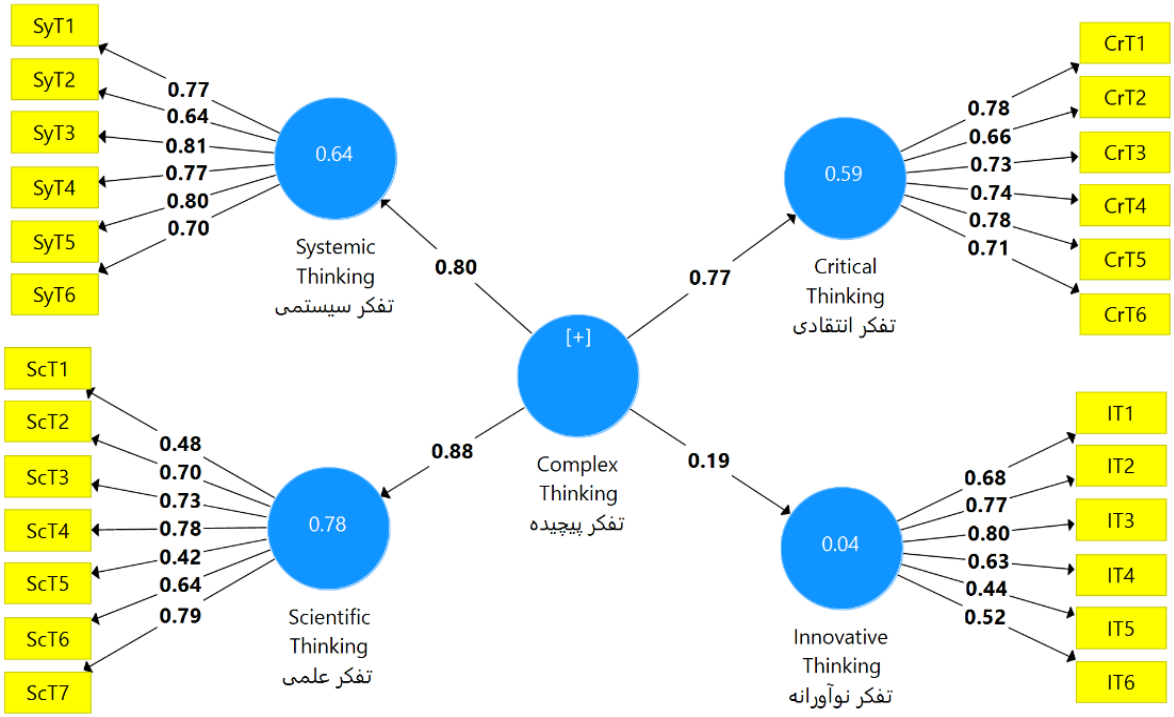
نتایج جدول ۲ نشان داد که ۴ عامل دارای مقدار ویژه بیشتر از ۱ هستند که دارای حداقل ۳ شاخص نیز می‌باشند و با ساختار اولیه پرسش‌نامه نیز تطابق دارند. این نتیجه بدین معناست که تعداد ۴ عامل یا بعد زیربنایی از مجموع ۲۵ گویه تفکرپیچیده استخراج یا شناسایی شده است. چهار عامل به‌دست آمده می‌توانند حدود ۵۲ درصد واریانس تمامی شاخص‌ها را تبیین نمایند که مقدار قابل قبولی است. جدول ۲ عامل‌های نهایی استخراج شده بعد از چرخش است که به همراه گویه‌ها یا سوالات مرتبط با هر عامل، بارعاملی هر گویه و مقدار واریانس تبیین شده گزارش شده است. چرخش انجام شده از نوع واریماکس بوده و تعداد عامل‌ها نیز مقدار ۴ عامل درنظر گرفته شد.

جدول ۳. عامل‌های استخراج شده، بار عاملی و واریانس تبیین شده شاخص ها

مولفه و گویه		بار عاملی				واریانس تبیین شده
		عامل اول: تفکرسیستمی	عامل دوم: تفکرانتقادی	عامل سوم: تفکر نوآورانه	عامل چهارم: تفکرعلمی	
تفکرسیستمی SyT	SyT۱	۰/۷۰				۰/۵۶
	SyT۲	۰/۶۶				۰/۴۴
	SyT۳	۰/۷۲			۰/۲۹	۰/۶۳
	SyT۴	۰/۷۱			۰/۲۵	۰/۵۸
	SyT۵	۰/۷۹				۰/۶۵
	SyT۶	۰/۷۰				۰/۵۳
تفکرعلمی ScT	ScT۱	۰/۲۳			۰/۵۱	۰/۳۲
	ScT۲		۰/۲۷		۰/۶۰	۰/۴۶
	ScT۳	۰/۳۸	۰/۲۸	۰/۲۰	۰/۴۵	۰/۴۷
	ScT۴	۰/۴۰	۰/۲۷		۰/۵۷	۰/۵۶

	ScT۵		۰/۴۶	۰/۲۰	۰/۲۶
	ScT۶			۰/۷۲	۰/۵۵
	ScT۷	۰/۳۳	۰/۲۶	۰/۶۷	۰/۶۳
تفکرانتقادی	CrT۱	۰/۲۳	۰/۶۳	۰/۳۴	۰/۵۷
CrT	CrT۲	۰/۳۹	۰/۵۴		۰/۴۵
	CrT۳	۰/۲۵	۰/۶۹		۰/۵۶
	CrT۴		۰/۷۳		۰/۵۶
	CrT۵		۰/۷۸	۰/۲۳	۰/۶۷
	CrT۶		۰/۸۰		۰/۶۴
تفکر نوآورانه	IT۱			۰/۷۵	۰/۵۶
IT	IT۲			۰/۸۰	۰/۶۵
	IT۳			۰/۶۶	۰/۴۶
	IT۴			۰/۷۲	۰/۵۵
	IT۵			۰/۶۱	۰/۳۸
	IT۶			۰/۴۲	۰/۲۹

جدول ۳ نشان داد که مقدار واریانس تبیین شده سوالات از حداقل ۰/۲۶ برای سوال ۵ تفکرعلمی تا حداکثر ۰/۶۷ برای سوال ۵ تفکرانتقادی بود که مقادیر نسبتا مناسبی بود و می‌توان مقدار واریانس استخراج شده را مقدار متوسط تا مطلوبی دانست. یافته‌ها نشان داد مقادیر بارعاملی مربوط به سوالات هر عامل مقادیر قابل قبولی بود و به غیر از سوال ۵ تفکرعلمی، مقدار بار عاملی هر سوال با مولفه خودش بالاتر از مولفه‌های دیگر بود. سوال ۵ نیز به دلیل ارتباط مفهومی با سازه اصلی خودش یعنی تفکرعلمی در این سازه حفظ شد و نتایج تحلیل عاملی تاییدی در ادامه نیز حفظ این سوال را تایید کرد. مطابق یافته‌ها مولفه تفکرسیستمی دارای ۶ سوال، تفکرعلمی دارای ۷ سوال، تفکرانتقادی دارای ۶ سوال و تفکر نوآورانه دارای ۶ سوال بود. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که دسته‌بندی حاصل شده از تحلیل عاملی اکتشافی با دسته‌بندی اولیه طراح پرسش‌نامه تطابق داشت. در ادامه به بررسی روایی سازه با رویکرد تحلیل عاملی تاییدی پرداخته شد. شکل ۲ مدل اندازه‌گیری مقیاس تفکرپیچیده در حالت استاندارد است که به دلیل اکتشافی و محقق‌ساخته بودن پرسش‌نامه، با رویکرد و نرم افزار حداقل مجذورات جزئی (PLS) تحلیل شد.



شکل ۱. مدل اندازه گیری مقیاس تفکرپیچیده در حالت بار عاملی (ضرایب استاندارد)

شکل ۱ نشان داد که بارعاملی تمامی سوالات بالاتر از مقدار حداقل ۰/۴۰ بود و نشان داد تمامی سوالات پرسش‌نامه تفکرپیچیده از بار عاملی مناسبی برخوردار بودند. در جدول ۴ نتایج تحلیل عاملی تاییدی (بار عاملی و میانگین واریانس استخراج شده یا AVE) و آزمون پایایی (پایایی ترکیبی و آلفای کرونباخ) آمده است.

جدول ۴. نتایج تحلیل عاملی تاییدی: بررسی روایی و پایایی مقیاس تفکرپیچیده

مولفه	شماره سوال	بار عاملی	AVE	آلفای کرونباخ	پایایی رو (rho)	پایایی ترکیبی
تفکرسیستمی SyT	SyT۱	۰/۷۷	۰/۵۷	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۹
	SyT۲	۰/۶۴				
	SyT۳	۰/۸۱				
	SyT۴	۰/۷۷				
	SyT۵	۰/۸۰				
	SyT۶	۰/۷۰				
تفکرعلمی ScT	ScT۱	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۸۴
	ScT۲	۰/۷۰				
	ScT۳	۰/۷۳				
	ScT۴	۰/۷۸				
	ScT۵	۰/۴۲				
	ScT۶	۰/۶۴				
	ScT۷	۰/۷۹				

تفکرانتقادی CrT	CrT۱	۰/۷۸	۰/۵۴	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۸
	CrT۲	۰/۶۶				
	CrT۳	۰/۷۳				
	CrT۴	۰/۷۴				
	CrT۵	۰/۷۸				
	CrT۶	۰/۷۱				
تفکر نوآورانه IT	IT۱	۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۷۵	۰/۸۴	۰/۸۱
	IT۲	۰/۷۷				
	IT۳	۰/۸۰				
	IT۴	۰/۶۳				
	IT۵	۰/۴۴				
	IT۶	۰/۵۲				

نتایج جدول ۴ نشان داد با توجه به مقدار بارهای عاملی به‌دست آمده برای تمامی سوالات که بیشتر از ۰/۴۰ است می‌توان استنباط کرد که تمامی ۲۵ سوال مقیاس تفکرپیچیده از روایی مناسبی برخوردارند. دامنه بارهای عاملی از حداقل ۰/۴۲ برای سوال ۵ مولفه تفکرعلمی تا حداکثر ۰/۸۱ برای سوال ۳ از مولفه تفکرسیستمی بود.

برای سنجش پایایی از سه روش، پایایی رو، آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی استفاده شد که مطابق نتایج تمامی مقادیر پایایی رو، آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی بیشتر از ۰/۷۰ بود و نشان داد تمامی مولفه‌ها یا ابعاد مقیاس تفکرپیچیده از پایایی مناسبی برخوردار بودند. مقادیر آلفای کرونباخ از حداقل ۰/۷۵ برای تفکر نوآورانه تا حداکثر ۰/۸۵ برای تفکرسیستمی به‌دست آمد. مقدار پایایی رو از حداقل ۰/۸۱ برای تفکرعملی تا حداکثر ۰/۸۵ برای تفکرسیستمی بدست آمد و هم‌چنین مقادیر پایایی ترکیبی از حداقل ۰/۸۱ برای تفکر نوآورانه تا حداکثر ۰/۸۹ برای تفکرسیستمی به‌دست آمد که به معنای تایید پایایی پرسش‌نامه است. پایایی کل به روش آلفای کرونباخ برابر با ۰/۸۶ به‌دست آمد.

از شاخص میانگین واریانس استخراج شده (AVE) جهت بررسی روایی همگرا استفاده شد. میانگین واریانس استخراج شده که روایی همگرا را می‌سنجد از حداقل ۰/۴۳ برای تفکر نوآورانه تا حداکثر ۰/۵۷ برای تفکرسیستمی به‌دست آمد. نتایج نشان داد روایی همگرای مولفه‌ها در دامنه تقریبا مناسبی قرار داشت. در مجموع نتایج نشان داد که می‌توان روایی و پایایی تمامی مولفه‌ها و سوالات مقیاس تفکرپیچیده را مورد تایید دانست. در جدول ۵ نتایج بررسی بارهای عاملی متقاطع آمده است.

جدول ۵. جدول بارهای عاملی متقاطع و بررسی مقدار هم‌خطی سوالات

مولفه	شماره سوال	تفکرسیستمی	تفکرعلمی	تفکرانتقادی	تفکر نوآورانه
تفکرسیستمی SyT	SyT۱	۰/۷۶۹	۰/۴۵۸	۰/۳۴۲	۰/۰۰۲
	SyT۲	۰/۶۴۳	۰/۳۴۶	۰/۱۶۵	۰/۰۳۷
	SyT۳	۰/۸۱۴	۰/۵۳۱	۰/۳۳۹	۰/۰۳۶
	SyT۴	۰/۷۷۴	۰/۴۶۶	۰/۱۹۷	۰/۱۱۷
	SyT۵	۰/۸۰۱	۰/۴۳۳	۰/۲۹۰	۰/۰۲۲
	SyT۶	۰/۷۰۱	۰/۳۹۷	۰/۳۲۲	۰/۰۸۴
تفکرعلمی ScT	ScT۱	۰/۳۴۲	۰/۴۸۴	۰/۲۴۷	۰/۰۰۵
	ScT۲	۰/۳۱۲	۰/۷۰۵	۰/۳۸۸	۰/۱۳۰
	ScT۳	۰/۴۶۵	۰/۷۲۷	۰/۳۸۹	۰/۲۰۹
	ScT۴	۰/۵۱۷	۰/۷۷۸	۰/۴۲۱	۰/۰۴۷
	ScT۵	۰/۱۷۰	۰/۴۲۴	۰/۴۰۰	۰/۰۹۵
	ScT۶	۰/۳۳۰	۰/۶۴۱	۰/۳۱۸	۰/۰۷۲
	ScT۷	۰/۵۰۰	۰/۷۹۳	۰/۴۴۴	۰/۱۱۹
تفکرانتقادی CrT	CrT۱	۰/۳۵۴	۰/۵۵۹	۰/۷۷۹	۰/۰۴۶
	CrT۲	۰/۴۰۱	۰/۳۶۱	۰/۶۵۷	-۰/۰۰۵
	CrT۳	۰/۳۲۰	۰/۴۰۷	۰/۷۳۱	۰/۱۲۵
	CrT۴	۰/۲۳۰	۰/۳۸۲	۰/۷۳۹	۰/۰۶۰
	CrT۵	۰/۱۷۶	۰/۴۲۷	۰/۷۸۱	۰/۰۵۹
	CrT۶	۰/۱۰۰	۰/۲۸۵	۰/۷۰۸	۰/۰۸۵
تفکر نوآورانه IT	IT۱	۰/۰۴۸	۰/۰۸۰	-۰/۰۲۱	۰/۶۷۶
	IT۲	۰/۰۲۵	۰/۱۰۸	۰/۰۱۴	۰/۷۶۷
	IT۳	۰/۰۹۰	۰/۱۵۳	۰/۱۳۸	۰/۸۰۳
	IT۴	۰/۰۲۶	۰/۰۱۰	۰/۰۲۹	۰/۶۳۱
	IT۵	۰/۰۰۸	۰/۰۱۶	-۰/۰۴۳	۰/۴۴۴
	IT۶	-۰/۰۰۸	۰/۱۱۳	۰/۰۵۲	۰/۵۲۰

نتایج جدول ۵ نشان داد که روایی واگرای هرکدام از سوالات تایید شد. مطابق نتایج هرکدام از سوالات بالاترین بار عاملی یا هم‌بستگی را با سازه اصلی خودشان دارند و میزان بارعاملی سوالات با مولفه‌های دیگر، پایین از بار عاملی سوالات با مولفه مربوط خودشان است که تایید کننده روایی واگرا است. در جدول ۶ آماره‌های توصیفی و ماتریس هم‌بستگی با هدف بررسی رابطه بین مولفه‌ها با یکدیگر و هم‌چنین سنجش روایی واگرا به روش فورنل و لارکر آمده است.

جدول ۶. آزمون همبستگی به همراه سنجش روایی واگرا به روش فورنل و لارکر و آماره‌های توصیفی

متغیرها	تفکرسیستمی	تفکرعلمی	تفکرانتقادی	تفکر نوآورانه

تفکرسیستمی	۰/۷۵			
تفکرعلمی	۰/۵۹	۰/۶۶		
تفکرانتقادی	۰/۳۷	۰/۵۶	۰/۷۳	
تفکر نوآورانه	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۶۵
میانگین	۲/۸۴	۲/۵۴	۲/۵۳	۲/۷۲
انحراف معیار	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۵۶
کجی	-۰/۳۶	۰/۰۱	-۰/۴۱	۰/۰۴
کشیدگی	-۰/۰۵	-۰/۳۳	-۰/۴۰	۰/۰۵

بررسی میانگین‌ها در جدول ۶ نشان داد که کمترین میانگین را مولفه تفکرانتقادی با میانگین ۲/۵۳ داشت و بالاترین میانگین را مولفه تفکرسیستمی با میانگین ۲/۸۴ داشت. مقادیر کجی و کشیدگی تمامی متغیرها در دامنه ۱- تا ۱+ بود و نشان داد که متغیرها از توزیع نرمال تک متغیره برخوردار بودند.

در جدول ۶ قطر اصلی مربوط به آماره جذر میانگین واریانس استخراج شده (AVE) است و سایر اعداد مربوط به هم‌بستگی بین متغیرها (ضریب هم‌بستگی) است. همان‌طور که مشاهده می‌شود تمامی مقادیر جذر میانگین واریانس استخراج شده‌ی هر متغیر، بزرگ‌تر از همبستگی آن متغیر با متغیرهای اصلی دیگر است و نشان دهنده تایید روایی واگرا است. بر این اساس میزان هم‌بستگی درونی هر متغیر از هم‌بستگی با متغیرهای دیگر، بیشتر است و نشان از تایید روایی واگرا دارد

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی ابزار پایایی از یک مدل معادلات ساختاری، به‌طور ویژه در زمینه آموزش، بالاخص اندازه‌گیری و درک تفکرپیچیده و ابعاد آن پرداخته شده است. این پژوهش از طریق یک فرآیند پایایی دقیق که شامل ساخت مدل معادلات ساختاری است؛ اعتبار و پایایی ابزار اندازه‌گیری دستاورد درک شده در تفکرپیچیده را تایید کرد. و از نظر روش‌شناسی به طراحی و پایایی ابزارهای اندازه‌گیری آموزشی کمک کرد. این پژوهش به طور ویژه برای ارائه یک روش تکمیلی ارزشمند با هدف دست‌یابی به عینیت بیشتر است که در ارزیابی آموزشی، سابقه‌ای ایجاد کند و راه را برای افزایش کیفیت و دقت در سنجش شایستگی‌های پیچیده آموزشی هموار کند.

در این پژوهش با شناسایی تفکرعلمی و سیستمی به عنوان تأثیرات کلیدی بر تفکرپیچیده می‌توان داده‌های مشخصی را در اختیار مربیان و طراحان برنامه آموزشی قرار داد تا بتوانند در مورد جایگاه حوزه‌ها در طراحی برنامه‌های آموزشی اظهار نظر کنند. اطلاعات به‌دست‌آمده، برای توسعه راهبردهای آموزشی مؤثر که به ارتقای مهارت‌های تفکرپیچیده در میان دانشجویان کمک می‌کند

و آن‌ها را برای رویارویی با چالش‌های یک دنیای به‌هم‌پیوسته و و بی‌ثبات و دائماً در حال تغییر آماده می‌سازد، بسیار حائز اهمیت است؛ تا گامی اساسی در جهت پیشرفت عادلانه به سوی آموزش فراگیر که قادر به پرورش مهارت‌های تفکرپیچیده در همه دانشجویان است، بردارد و تضمین کند که ابزارها و استراتژی‌های توسعه‌یافته واقعاً مؤثر و قابل اجرا در مقیاس جهانی است.

این پژوهش به ماهیت ذهنی خودارزیابی در ارزیابی شایستگی‌های تفکرپیچیده پرداخته و ملاحظات انتقادی را زمینه ارزشیابی در حوزه‌ی علوم‌تربیتی و روان‌شناسی‌تربیتی مطرح کرده است. هم‌چنین راهی را برای ادغام رویکردهای نوآورانه، مانند استفاده از هوش‌مصنوعی به‌منظور تحلیل و پیش‌بینی نتایج آموزشی با دقت بیشتر ارائه کرده است. با پرداختن به چگونگی رفع محدودیت‌ها در تحقیقات آینده می‌توان انقلابی در نحوه اندازه‌گیری و درک دستاوردهای آموزشی ایجاد کرد، و فراتر از معیارهای گزارش شده، به ارزیابی‌های عینی‌تر و دقیق‌تر دست یافت. چنین پیشرفت‌هایی نه تنها قابلیت اطمینان ارزیابی‌های آموزشی را افزایش داده است، بلکه بینش عمیق‌تری را در مورد رویکردهای‌شناختی زیربنای تفکرپیچیده فراهم ساخته است و در نتیجه، این پیشرفت‌ها به طراحی شیوه‌های آموزشی هدفمندتر و مؤثرتری منجر خواهند شد. این تکامل در اندازه‌گیری و ارزیابی آموزشی، اهمیت تعامل پویا میان نوآوری‌های فناورانه و تحقیقات آموزشی را برجسته می‌کند و نویدبخش عصری جدید از دقت در درک و پرورش تفکرپیچیده در میان فراگیران در بسترهای آموزشی متنوع است.

پتانسیل برای تعمیم پذیری این پژوهش در روش‌شناسی جامع آن و ارتباط جهانی شایستگی‌های تفکرپیچیده در آموزش است. استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری حداقل مربعات جزئی برای اعتبارسنجی نه تنها رویکرد دقیقی برای ارزیابی ابزار را نشان می‌دهد، بلکه معرفی چنین روش‌شناسی را می‌توان در زمینه‌ها و فرهنگ‌های آموزشی مختلف تطبیق داد و اعمال کرد. با توجه به چالش جهانی تجهیز دانشجویان به مهارت‌های لازم برای پیمایش در دنیای پیچیده‌تر، تمرکز بر تفکرسیستمی و علمی به عنوان اجزای حیاتی تفکرپیچیده از اهمیت جهانی برخوردار است. علاوه بر این، تاکید این پژوهش بر بررسی ابزار اعتبارسنجی از یک مدل معادلات ساختاری در زمینه‌های آموزشی و درسی متنوع، بر کاربرد و اثربخشی بالقوه آن در سراسر جهان است. با پیشنهاد یک چارچوب روش‌شناختی که توانست روش‌های مختلف تدریس و محیط‌های یادگیری را در خود جای دهد، و راه را برای آزمایش و اجرای جهانی یافته‌های آن هموار کند؛ این رویکردآموزشی، همراه با فراخوان برای ادغام فناوری‌های پیشرفته برای ارزیابی‌های عینی‌تر، پژوهش را در خط مقدم نوآوری آموزشی قرار داد و طرحی برای تحقیقات آینده با هدف بهبود آموزش جهانی ارائه کرد. از این رو، بینش‌ها و روش‌شناسی پژوهش نویدبخش تعمیم‌پذیری بوده و حامی تلاش جهانی در جهت ارتقای شیوه‌ها و نتایج آموزشی است.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

منابع

1. Bancin A, Ambarita B, editors. Education model based on life skill (a Meta- synthesis)2019.
2. Alt D, Naamati L, Weishut D. Competency-based learning and formative assessment feedback as precursors of college students' soft skills acquisition. Stud High Educ. 2023;48:1901-17. doi: 10.1080/03075079.2023.2217203.
3. AlMunifi A, Aleyani A. Knowledge and skills level of graduate civil engineers employers and Graduates' perceptions. Int J Eng Pedagog. 2019;9:84-101. doi: 10.3991/ijep.v9i1.9744.
4. Riahi S. Strengthening the teaching of soft skills in the pedagogical architecture of Moroccan universities. Int J Eng Pedagog. 2022;12:47-62. doi: 10.3991/ijep.v12i4.22329.
5. Castillo-Martínez I, Ramírez-Montoya M, Torres-Delgado G. Reasoning for complexity competency instrument (e-complexity): Content validation and expert judgment. Cogent Education. 2024.
6. Wild S, Schulze L. Re-evaluation of the D21-digital-index assessment instrument for measuring higher-level digital competencies. Stud Educ Eval. 2021;68:100981. doi: 10.1016/j.stueduc.2021.100981.
7. Rutherford-Hemming T. "Content validity ratio" in The SAGE encyclopedia of educational research, measurement, and evaluation: SAGE Publications; 2018.
8. Baena J, Ramírez M, Mazo D, López E. Traits of complex thinking: a bibliometric review of a disruptive construct in education. J Intelligence. 2022;10:3. doi: 10.3390/jintelligence10030037.
9. Horn A, Scheffelaar A, Urias E, Zweekhorst M. Training students for complex sustainability issues: a literature review on the design of inter- and transdisciplinary higher education. Int J Sustain High Educ. 2022;24:1-27. doi: 10.1108/IJSHE-03-2021-0111.
10. Silva C, Iturra C. A conceptual proposal and operational definitions of the cognitive processes of complex thinking. Think Skills Creat. 2021;39:100794. doi: 10.1016/j.tsc.2021.100794.
11. Silva C, Iturra C. Development and validation of the complex thinking assessment. Think Skills Creat. 2023;48:101305. doi: 10.1016/j.tsc.2023.101305.
12. Vázquez-Parra J, Castillo-Martínez I, Ramírez-Montoya M, Millán A. Development of the perception of achievement of complex thinking: a disciplinary approach in a Latin American student population. Educ Sci. 2022;12:5. doi: 10.3390/educsci12050289.
13. Vázquez-Parra J, Cruz-Sandoval M, Carlos-Arroyo M. Social entrepreneurship and complex thinking: a bibliometric study. Sustain For. 2022;14:20. doi: 10.3390/su142013187.
14. Vázquez-Parra JC, Alfaro-Ponce B, Guerrero-Escamilla J, Morales-Maure L. Cultural imaginaries and complex thinking: impact of cultural education on the development of perceived achievement of complex thinking in undergraduates. Soc Sci. 2023;12:272. doi: 10.3390/socsci12050272.
15. Cruz-Sandoval M, Vázquez-Parra JC, Carlos-Arroyo M, Del Angel-González M. Complex thinking and its relevance in professional training: an approach to engineering students in a Mexican university. Int J Eng Pedagog. 2023;13:100-19. doi: 10.3991/ijep.v13i3.36885.

16. Cui L, Zhu Y, Qu J, Tie L, Wang Z, Qu B. Psychometric properties of the critical thinking disposition assessment test amongst medical students in China: a cross-sectional study. BMC Med Educ. 2021;21:10. doi: 10.1186/s12909-020-02437-2.
17. Carlos-Arroyo M, Vázquez-Parra J, Cruz-Sandoval M, Echaniz-Barrondo A. Male chauvinism and complex thinking: a study of Mexican university students. Societies. 2023;13:5. doi: 10.3390/soc13050104.
18. Castillo-Martínez IM, Ramírez-Montoya MS. eComplexity: Medición de la percepción de estudiantes de educación superior acerca de su competencia de razonamiento para la complejidad. Monterrey. 2022.
19. Abuabara L, Paucar A, Werne K, Villas D. Enhancing systemic thinking by sharing experiences of reading literary fiction using causal mapping. J Oper Res Soc. 2023;75:158-72. doi: 10.1080/01605682.2023.2180448.
20. Koerber S, Mayer D, Osterhaus C, Schwippert K, Beate S. The development of scientific thinking in elementary school: a comprehensive inventory. Child Dev. 2015;86:327-36. doi: 10.1111/cdev.12298.
21. Koerber S, Osterhaus C. Individual differences in early scientific thinking: assessment, cognitive influences, and their relevance for science learning. J Cogn Dev. 2019;20:510-33. doi: 10.1080/15248372.2019.1620232.
22. Saienko N, Olizko Y, Cunha A. Perceptions of fostering creative thinking skills in ESP classrooms in Ukraine and Portugal. Int J Eng Pedagog. 2021;11:23-41. doi: 10.3991/ijep.v11i4.20129.
23. Luna J, Tobón S, Juárez L. Sustainability-based on socioformation and complex thought or sustainable social development. Resourc Environ Sustain. 2020;2:100007. doi: 10.1016/j.resenv.2020.100007.
24. Ramírez-Montoya M, Castillo-Martínez I, Sanabria J, Miranda J. Complex thinking in the framework of education 4.0 and open innovation-a systematic literature review. J Open Innov: Technol Mark Complex. 2022;8:4. doi: 10.3390/joitmc8010004.
25. Diana N, Latifah S, Yuberti Komikesari H, Rohman MH, Tiyan L. Developing an e-learning-based critical-thinking assessment as a physics learning evaluation media with Kahoot! Interactive quiz. J Phys Conf Ser. 2021;1796:012055. doi: 10.1088/1742-6596/1796/1/012055.
26. Tobón S, Luna J. Complex thinking and sustainable social development: validity and reliability of the COMPLEX-21 scale. Sustain For. 2021;13:12. doi: 10.3390/su13126591.
27. Ossa-Cornejo C, Palma-Luengo M, Lagos-San Martín N, Díaz-Larenas C. Critical and scientific thinking assessment in preservice teachers at a Chilean university. Rev Electron Educ. 2018;22:1-18. doi: 10.15359/ree.22-2.12.