



ORIGINAL RESEARCH PAPER

TPACK-Based framework for middle school science education

S.M. SeyyedKalan¹, N. Gashmardi^{*2}

¹ Department of Educational Sciences, Farhangian University, Tehran, Iran

² Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran

ABSTRACT

Received: 21 June 2024
Reviewed: 30 July 2024
Revised: 20 October 2024
Accepted: 12 January 2025

KEYWORDS:

Science Education
Teaching Framework
lower secondary
Schools
TPASK

* Corresponding author

✉ m.gashmardi@cfu.ac.ir

☎ (+98917) 3726550

Background and Objectives: Science learning in the classroom, which involves cognitive and practical activities, requires teachers' creativity when designing technology-based science learning units. In this context, teachers' professional skills are crucial concerning both their mastery of subject matter and their ability to integrate Information and Communication Technologies (ICT). Therefore, science teachers should have a solid understanding of integrating ICT into teaching. Various models have been proposed in this area, including the Technological Pedagogical Science Knowledge (TPASK) framework for science teachers. Thus, this study aimed to design, develop and validate a suitable framework for the effective teaching of science in lower secondary schools based on the TPASK approach.

Methods: This study was exploratory in terms of purpose and was applied and developmental. This was a mixed-methods study. The study was conducted in two phases. In the qualitative section, a descriptive-naturalistic approach was adopted, specifically using the case study strategy. To identify the components of the model, a thematic analysis method based on the Attride-Stirling method was employed. Thus, semi-structured exploratory interviews were conducted, and the opinions and viewpoints of individuals who had extensive experience in implementing the science curriculum and were familiar with the existing space and conditions were elicited to obtain information and model categories; therefore, the target population consisted of middle school science instructional leaders and distinguished science teachers, and purposive sampling was used to select them, and 17 semi-structured interviews were conducted until theoretical saturation was reached. The number of participants in this study could not be predicted from the outset. To ensure the reliability of the qualitative data, two methods of re-coding by a second coder and re-coding by the primary coder were used. The inter-coder reliability coefficient was found to be 0.79, while the re-coding reliability coefficient was 0.77, indicating a satisfactory level of agreement. The efficiency of the obtained model was also confirmed through questioning and searching by colleagues and participants involved in the study. In the quantitative phase, which was conducted using a survey method, a five-point Likert scale questionnaire was developed to validate the model, and the instrument's face and content validity were assessed by six experts and faculty members. Subsequently, the questionnaire was distributed among 50 individuals, including curriculum specialists, reference educators in science education, IT trainers, educational group leaders, and experts in science education, using purposeful sampling. After data collection, the results were analyzed using SPSS version 27 and Structural Equation Modeling (SEM) with a Partial Least Squares approach (PLS3).

Findings: Based on the results obtained from the qualitative data analysis using thematic analysis, 169 primary codes (basic themes), 22 subcategories (organizing themes) and five overarching themes related to the model of science education science in lower secondary schools based on the TPASK approach were identified. The quantitative results also indicated that in this model, all observed variables bear a factor value higher than 0.50 over their corresponding latent variable, with significant relationships among them. Cronbach's alpha and composite reliability coefficients for all variables in the model were over 0.70, indicating that the scale's internal consistency was satisfactory. The average variance extracted was more than 0.5 for all constructs in the model, confirming the model's convergent validity. The coefficient of determination (R^2) was deemed acceptable for all model constructs, and the Goodness-of-Fit (GOF) of the structural model was confirmed. The Q^2 criterion also indicated adequate predictive power of the model concerning the endogenous constructs of the research. The t-values of all model pathways were reported to be greater than 1.96, and the

GOF index was obtained at an intense level. Based on the results of structural equation modeling using the partial least squares method, the findings confirmed the positive and significant relationships among the designed pathways within the model. In addition, the one-sample t-test demonstrated the appropriateness of the current status of the components.

Conclusion: The themes introduced in this model included a deep understanding of educational technologies and their connection with pedagogical principles, providing science teachers with tools to deliver more engaging scientific content and enhancing students' scientific and practical skills. Furthermore, it could help teachers understand and apply the interrelationships between technology, pedagogy, and content in their teaching methods, which ultimately would lead to improved teaching quality and may empower students to learn science more effectively. From a practical perspective, the TPASK framework can be considered a strategic tool for curriculum designers in science education. Incorporating a free-choice lesson to allow flexibility for teachers and students can be a practical approach to apply technology in order to determine content and the teaching-learning process in science education.

COPYRIGHTS



© 2025 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



NUMBER OF REFERENCES

65



NUMBER OF FIGURES

2



NUMBER OF TABLES

7

مقاله پژوهشی

ارائه چارچوبی مبتنی بر رویکرد TPASK در آموزش علوم تجربی مدارس دوره اول متوسطه

سید محمد سیدکلان^۱، نوشین گشمردی^{۲*}

^۱ گروه آموزش علوم تربیتی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

^۲ گروه آموزش زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: یادگیری علوم تجربی در کلاس درس که شامل فعالیت‌های ذهنی و عملی است؛ نیازمند خلاقیت معلمان در طراحی واحد یادگیری علوم تجربی با رویکرد فناورانه است. در این میان، مهارت‌های حرفه‌ای معلمان نه تنها در مورد تسلطشان بر موضوع خاص، بلکه توانایی‌شان در یکپارچه‌سازی فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا) امری ضروری به نظر می‌رسد؛ لذا معلمان علوم تجربی باید درک مطلوبی از تلفیق فاوا در فرایند تدریس داشته باشند. در این زمینه الگوهای مختلفی پیشنهاد شده که یکی از این الگوها، الگوی دانش پداگوژیکی - علوم تجربی فناورانه معلمان علوم تجربی (Technological Pedagogical Science Knowledge; TPASK) است. بدین سبب، هدف از این مطالعه؛ طراحی، تدوین و اعتبارسنجی چارچوبی مناسب برای آموزش اثربخش درس علوم تجربی در دوره اول متوسطه براساس رویکرد TPASK بوده است.

روش‌ها: پژوهش حاضر، براساس هدف در زمره پژوهش‌های کاربردی- توسعه‌ای و از منظر اجرا از نوع پژوهش‌های آمیخته اکتشافی (کیفی و کمی) است. بر این اساس این پژوهش در دو مرحله انجام گرفته است. در بخش کیفی، از رویکرد توصیفی- طبیعت‌گرایانه و به‌طور خاص از راهبرد مطالعه موردی استفاده شده است. برای شناسایی مؤلفه‌های الگو، از روش تحلیل مضمون بر مبنای روش آتراید- استرالیینگ استفاده شد. بدین منظور مصاحبه‌های اکتشافی نیمه‌ساختاریافته شکل گرفت و برای به‌دست آوردن اطلاعات و مقوله‌های الگو به واکاوی نظرات و دیدگاه‌های کسانی که خود سالیان متمادی در جهت اجرای برنامه درسی علوم تجربی تلاش نموده و با فضا و شرایط موجود آشنایی لازم را داشته‌اند، پرداخته شد؛ لذا جامعه هدف متشکل از سرگروه‌های آموزشی درس علوم تجربی دوره اول متوسطه و دبیران برجسته این درس بود. به جهت غیرقابل پیش‌بینی بودن تعداد مشارکت‌کنندگان در بخش کیفی، برای انتخاب افراد نمونه

تاریخ دریافت: ۰۱ تیر ۱۴۰۳

تاریخ داوری: ۰۹ مرداد ۱۴۰۳

تاریخ اصلاح: ۲۹ مهر ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۲۳ دی ۱۴۰۳

واژگان کلیدی:

آموزش علوم تجربی

چارچوب تدریس

مدارس

دوره اول متوسطه

TPASK

*نویسنده مسئول

m.gashmardi@cfu.ac.ir

۰۹۱۷-۳۷۲۶۵۵۰ ①

از روش نمونه‌گیری هدفمند به شیوه گلوله برفی استفاده شد و ۱۷ مصاحبه نیمه‌ساختاریافته تا اشباع نظری صورت پذیرفت. جهت اطمینان‌پذیری اطلاعات کیفی از دو روش کدگذاری مجدد توسط کدگذار دوم و کدگذاری مجدد توسط خود کدگذار استفاده شد. مقدار ضریب پایایی بین کدگذاران، ۰/۷۹ و مقدار پایایی بازکدگذاری، ۰/۷۷ به‌دست آمد که در سطح توافق مطلوب قرار گرفته است. میزان کارآمدی الگوی به‌دست آمده نیز براساس پرسش و جستجوگری از همکاران و کاوش به‌وسیله افراد تحت مطالعه مورد تأیید قرار گرفت. در بخش کمی نیز که به‌روش پیمایشی انجام شد، برای اعتبارسنجی الگو، پرسش‌نامه پنج گزینه‌ای مبتنی بر طیف لیکرت تنظیم و برای اعتبار روایی (صوری و محتوایی) در بین ۶ نفر از صاحب‌نظران و اعضای هیأت علمی قرار گرفت. سپس پرسش‌نامه در بین ۵۰ نفر متشکل از صاحب‌نظران حوزه برنامه درسی، آموزشگران مرجع آموزش علوم تجربی، مدرسان فاوا و سرگروه‌ها و کارشناسان حوزه آموزش علوم تجربی توزیع شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۷ و همچنین معادلات ساختاری (SEM) با رویکرد حداقل مربعات جزئی (PLS) تحلیل شد.

یافته‌ها: براساس نتایج به‌دست آمده از تحلیل داده‌های کیفی پژوهش به‌روش تحلیل مضمون، ۱۶۹ کد اولیه (مضامین پایه)، ۲۲ زیر مقوله (مضامین سازمان‌دهنده) و ۵ مضمون فراگیر مربوط به الگوی آموزش علوم تجربی مدارس دوره اول متوسطه مبتنی بر رویکرد TPASK احصاء شد. یافته‌های بخش کمی پژوهش نیز نشان داد در این الگو، تمامی متغیرهای مشاهده‌پذیر دارای بار عاملی بالاتر از ۰/۵۰ روی متغیر مکنون متناظر خود بوده و بین آنها رابطه معناداری وجود دارد. مقدار آلفای کرونباخ و ضریب پایایی ترکیبی برای کلیه متغیرهای مدل بالاتر از ۰/۷۰ به‌دست آمد که نشان‌دهنده پایایی درونی مناسب است. معیار میانگین واریانس استخراج‌شده در تمامی سازه‌های الگو بالاتر از ۰/۵ به‌دست آمده است که بر این اساس، روایی و اگرایی مدل تأیید شد. ضریب تعیین (R^2) برای تمامی سازه‌های الگو در حد قابل قبول ارزیابی و مناسب بودن برازش مدل ساختاری تأیید شد. معیار Q2 نیز نشان‌دهنده قدرت پیش‌بینی مناسب مدل در خصوص سازه‌های درونزای پژوهش بود. مقادیر t تمامی مسیرهای الگو بیشتر از ۱/۹۶ گزارش شد و شاخص GOF نیز در سطح قوی به‌دست آمد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر روش حداقل مربعات جزئی، یافته‌ها رابطه مثبت و معنادار مسیرهای طراحی‌شده میان مضامین الگو را تأیید می‌کنند. همچنین آزمون تی-تک‌نمونه‌ای هم مناسب بودن وضعیت موجود مؤلفه‌ها را نشان داد.

نتیجه‌گیری: مضامین معرفی‌شده در این الگو، شامل شناخت عمیق از فناوری‌های آموزشی و پیوند آن با اصول پداگوژیک، ابزارهایی را در اختیار معلمان علوم تجربی قرار می‌دهد که می‌توانند با استفاده از آن‌ها به ارائه محتوای علمی جذاب‌تری بپردازند و مهارت‌های علمی- عملی دانش‌آموزان را ارتقا دهند. همچنین می‌تواند در درک و کاربرد روابط متقابل بین فناوری، آموزش و محتوا در شیوه‌های تدریس به آن‌ها کمک کند که در نهایت به بهبود کیفیت آموزشی و ارتقا و توانمندسازی دانش‌آموزان در یادگیری علوم تجربی منجر شود؛ لذا به‌لحاظ کاربردی، چارچوب TPASK به‌عنوان یک ابزار راهبردی، می‌تواند مد نظر طراحان برنامه‌های درسی در درس علوم تجربی قرار گیرد. در این رابطه، افزودن درس آزاد جهت آزادی عمل معلم و دانش‌آموز به‌عنوان تمرینی در به‌کارگیری فناوری در تعیین محتوا و فرآیند یاددهی - یادگیری در درس علوم تجربی می‌تواند، مؤثر واقع شود.

مقدمه

فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا)، که در طول دو دهه گذشته به‌سرعت در حال توسعه بوده، به بخشی جدایی‌ناپذیر از زندگی بشر، به‌ویژه در حوزه آموزش تبدیل شده است [۱ و ۲]. در چنین شرایطی در چشم‌انداز پویای آموزش معاصر، تلفیق فاوا با آموزش به نیروی محوری تبدیل شده که فرآیندهای آموزش و یادگیری را عمیقاً متحول ساخته است [۳ و ۴]. نتایج تحقیقات نشان داده است که فرآیندهای یادگیری مبتنی بر فاوا در آموزش، به‌ویژه در درس علوم تجربی؛ به‌لحاظ ماهیت انتزاعی و تجربی بودن مطالب علمی، می‌تواند زمینه یادگیری اثربخش را فراهم آورد، شناخت دانش‌آموزان را بهبود بخشد، از یادگیری سازنده پشتیبانی کند و تغییرات مفهومی و تحقیق علمی را تشویق نماید [۱، ۵ و ۶]. به‌طور کلی، یادگیری علوم تجربی که شامل فعالیت‌های عملی و ذهنی هست، مستلزم خلاقیت معلمان در طراحی واحد یادگیری است [۶]. در این میان، مهارت‌های حرفه‌ای آن‌ها نه تنها در مورد تسلط‌شان بر

موضوع خاص، بلکه توانایی‌شان در یکپارچه‌سازی فاوا امری ضروری به نظر می‌رسد [۷]. مطالعات اخیر نشان داده است که، معلمان باید درک مطلوبی از نحوه هماهنگی فناوری با آموزش و دانش محتوا داشته باشند تا بتوانند فناوری را به‌طور مؤثر در آموزش و کلاس درس تلفیق کنند [۶ و ۸].

در زمینه تلفیق فاوا در آموزش، الگوهای مختلفی پیشنهاد شده است [۹]. ایده کلیدی در همه این مدل‌ها، توسعه معلمان و دانش‌آموزان و حرکت از سطوح پایین‌تر به سطوح بالاتر استفاده از فناوری و تلفیق در محیط‌های آموزشی است. بیشتر طرح‌های توسعه حرفه‌ای معلمان فاوا- محور بر جنبه‌های فناوری (مانند نحوه استفاده از ابزارهای مختلف) تمرکز می‌کنند؛ درحالی‌که مسائل پداگوژیک و یادگیری (یعنی چرایی و نحوه استفاده از این ابزارها برای تقویت یادگیری) اغلب بدیهی تلقی می‌شوند. در نتیجه، کاربرد فاوا در محیط‌های مدرسه بیشتر به‌دلیل مطابقت با فناوری بوده است تا نیازهای پداگوژیک و یادگیری. نیاز به

مؤثر فناوری در فرآیند تدریس و یادگیری مربوط می‌شود و این امکان را فراهم می‌آورد که دانش لازم برای معلم جهت دستیابی به این هدف در عمل آموزشی‌اش شناسایی شود، به‌وجود آمده است [۱۷-۲۰].

اما دانش TPASK با دانش یک متخصص تربیتی (یک فیزیکدان، شیمی‌دان، یا زیست‌شناس)، یا یک متخصص فناوری و همچنین با دانش عمومی آموزشی که توسط معلمان در سراسر رشته‌ها به اشتراک گذاشته می‌شود، متفاوت است. به عبارت دیگر، TPASK نشان‌دهنده چیزی است که معلمان علوم تجربی باید در مورد تلفیق فاوا در آموزش علوم تجربی بدانند و بفهمند که چه نوع فناوری می‌تواند در فرآیند تدریس استفاده شود [۱۱]. در رابطه با اهمیت و ارزشمندی الگوی TPASK، هراندز-راموس (Hernández-Ramos) و همکاران [۲۱] اذعان دارند که این چارچوب، جایی است که در آن آموزش علوم تجربی باید به گونه‌ای طراحی شود که هم با زمینه‌های فرهنگی و اجتماعی دانش‌آموزان هماهنگ باشد (یعنی باید در بستر و شرایط خاص هر جامعه و فرهنگ تدریس شود)، هم بر محور دانش‌آموزان تمرکز داشته باشد (یعنی نیازها و تجربیات دانش‌آموزان باید در فرآیند آموزش در نظر گرفته شود) و هم هدف آن پرورش شهروندانی مسئول و شایسته باشد که بتوانند در جامعه به‌طور مؤثر مشارکت نمایند؛ بنابراین فناوری نیز به عنوان ابزاری برای بهبود یادگیری و درک دانش‌آموزان از علوم تجربی مطرح می‌شود. در ضمن، چارچوب TPASK بر سه عنصر اصلی دانش علمی پداگوژیکی (PSK) دانش علمی فناوری (TSK) و دانش پداگوژیکی فناوری (TPK) بنا نهاده شده است. در PSK، رویکرد مبتنی بر کاوش به عنوان استراتژی‌ها و تکنیک‌های اصلی پداگوژیکی مورد استفاده در تدریس و یادگیری علوم تجربی در این چارچوب گنجانده شده است. فرآیند کاوش که در این مطالعه مد نظر قرار گرفته است؛ بر این تمرکز دارد که دانش‌آموزان به عنوان دانشمندان عمل کنند که برای حل مسائل مرتبط با تحقیقات، به‌طور فعال مشغول به کارند. در TSK، ابزارهای فناوری استفاده شده در کلاس درس، برنامه‌های کاربردی فناوری‌های مرتبط با علوم تجربی هستند که از طریق ابزارهایی مانند تبلت‌ها یا تلفن‌های همراه و لپ‌تاب‌ها و رایانه شخصی و ... قابل دسترسی‌اند. ابزارهای فناوری نتایج یادگیری را از طریق آموزش سفارشی‌شده‌تر و مشارکت فعال میان خانه، مدرسه و دیگر محیط‌ها بهبود می‌بخشند؛ در عین حال TPK به عنوان درک کلی از استفاده از فناوری در آموزش را شامل می‌شود. این شامل استفاده از سیستم‌های مدیریت یادگیری یا برنامه‌های جمع‌آوری داده‌ها برای توسعه رویکردی یکپارچه و مبتنی بر کاوش در علوم تجربی است [۲۲-۲۴]. به‌طور کلی، TPASK یک چارچوب مناسب برای تقویت توسعه حرفه‌ای معلمان علوم تجربی است که براساس یک ساختار یکپارچه و در جهت پاسخگویی به نیازهای یادگیری در قرن بیست و یکم طراحی شده است. این رویکرد در زمینه آماده‌سازی معلمان و رشد حرفه‌ای آن‌ها بسیار مهم است؛ به‌طوری‌که هم‌زمان با داشتن دانش تربیتی و محتوایی، تسلط بر فاوا برای استفاده درست از فناوری در عمل‌های آموزشی شرطی ضروری

درک استفاده از فاوا در آموزش، نه از نظر یک «رویداد خاص» یا «ابزار اضافی» مکمل آموزش‌های سنتی، بلکه از نظر ابعاد تدریس ویژه، ضروری است [۱۰ و ۱۱]؛ بدین سبب الگوی دانش پداگوژیکی - علوم تجربی فناوریانه (Technological Pedagogical Science Knowledge; TPASK) ارائه شد. این الگو نشان می‌دهد که چگونه می‌توان از فناوری‌های علمی در حال ظهور برای اجرای محیط‌های یادگیری که یادگیری علوم تجربی را در دانش‌آموزان ترویج می‌کند، استفاده کرد [۱۱]. الگوی TPASK توسط جیمویانیس (Jimoyiannis) در راستای توسعه حرفه‌ای معلمان علوم تجربی در زمینه تلفیق اثربخش فناوری، با پیوند میان علوم تجربی (محتوا)، پداگوژی و فناوری برای دستیابی به یادگیری معنادارتر علوم تجربی، پیشنهاد و اجرا شد [۱۲]. وی در این زمینه تأکید می‌ورزد که، آموزشگران مرجع باید ارتباط بین محتوا، آموزش و فناوری را به‌وضوح بیان کنند و مرزهای بین آن‌ها را به شیوه‌ای معنادار برای معلمان علوم تجربی و کلاس‌های درس روشن نمایند [۱۳]. جیمویانیس از پژوهش‌های قبلی مانند (مطالعات انگلی و والانی‌دس (Angly & Valanides) کُکس و گراهام (Cox & Graham) کُلپ (Kolp) و همکاران، میشر و گوهر (Mishra & Köhler) شین (Shin) و همکاران) که نشان می‌دادند در بسیاری از موارد، هنگام استفاده از فناوری در آموزش، آن‌را بیشتر به عنوان یک ابزار اضافی و مکمل ساده برای تکمیل محتوای درسی کلاس‌های درس در مدارس برای تدریس به کار می‌گیرند؛ نه اینکه فناوری به‌صورت مؤثر، هدفمند و به عنوان ابزاری اساسی که به‌طور راهبردی برای پیشبرد و تحقق اهداف اصلی برنامه درسی و بهبود کیفیت آموزش انتخاب و تلفیق شده و مورد استفاده قرار گیرد، پشتیبانی نمود و با تکیه بر این پژوهش‌ها، الگوی مذکور را ارائه داد [۱۴]. در واقع این الگو، توسعه یافته الگوی دانش پداگوژی - محتوایی فناوریانه (TPACK) است که چارچوب آن براساس ایده پیشرفته دانش محتوای آموزشی (PCK) که توسط شولمن (Shulman) معرفی شد، ساخته شده است [۱۱ و ۱۵].

از این رو، در هنگام تدوین الگوی TPASK، به دلیل ضرورت تمرکز بر علوم تجربی به عنوان محتوا، چارچوب TPACK به TPASK تغییر یافت و محتوا (content)؛ "C" در TPACK به "S" (علوم تجربی؛ science) برای ایجاد TPASK تبدیل شد [۱۱ و ۱۶]. TPACK بر تلفیق دانش‌های آموزشی و محتوایی که معلمان باید برای استفاده مؤثر از فناوری در تدریس در اختیار داشته باشند، تأکید دارد. به عبارت دیگر، الگوی TPACK شامل دانشی است که معلمان باید در زمینه محتوای درسی، آموزشی و فناوری در اختیار داشته باشند. از ارتباطات میان این حوزه‌های بنیادین دانش، سه مفهوم جدید مشتمل بر دانش محتوای فناوری (TCK) که بر مبنای تلفیق بین فناوری و محتوا بنا شده است و این درک را فراهم می‌آورد که با استفاده از فناوری، می‌توان بازنمایی‌های جدیدی از محتوا ایجاد کرد، دانش فناوری - پداگوژی (TPK) که به تغییراتی اشاره دارد که فرآیندهای تدریس و یادگیری ممکن است، هنگام استفاده از فناوری‌های خاص تجربه کنند و TPACK که به تلفیق

جنسن (Cáceres-Jensen) و همکاران [۳۱] نیز بیان می‌کنند که، دانش دانشجومعلم‌ان رشته شیمی از اصول پداگوژی برای آن‌ها این امکان را فراهم می‌آورد تا برخی از عناصر دانش پداگوژیکی علوم تجربی و TPASK را در خود توسعه دهند. ماگوت و فاجاردو (Mugot & Fajardo) [۳۲] در مطالعه‌ای به ارزیابی TPASK معلمان علوم تجربی پرداختند که نتایج آنان نشان داد استفاده از این رویکرد برای تعیین حوزه‌های اولویت‌دار برای آموزش صلاحیت حرفه‌ای معلمان مفید است که در این زمینه، توسعه یک طرح آموزشی برای معلمان علوم تجربی بسیار مؤثر واقع خواهد شد. هرناندز-راموس و همکاران [۲۱] در مطالعه‌ای یادآور می‌شوند، معلمان براساس تجربه تدریس و توانایی‌شان در تقویت توسعه TPASK خود، می‌توانند روش‌های تدریس خود را بازنگری کرده، بهینه‌سازی کنند و تغییراتی در شیوه‌های آموزشی فعلی خود در کلاس درس ایجاد نمایند. در مطالعه‌ای دیگر با هدف «توسعه TPASK دانشجومعلم‌ان شیمی از طریق مدل‌های شیمی محاسباتی جدید» که توسط رودریگز-بچرا (Rodríguez-Becerra) و همکاران [۳۳] صورت پذیرفته است، نشان داده شد که توسعه محیط‌های یادگیری جدید با به‌کارگیری رویکرد TPASK در آموزش معلمان؛ چه در دوره تحصیل در دانشگاه‌های مجری تربیت معلمی و چه در دوره‌های ضمن خدمت، تأثیرگذار است. شفیلد و مک‌ایلونی (Sheffield & McIlvenny) [۱۶] در پژوهشی با هدف طراحی و اجرای تحقیق علمی با استفاده از فناوری در برنامه تربیت معلم، اشاره دارد که در مطالعه آنان چارچوب TPASK (که به تعامل بین مهارت‌های تدریس، فناوری، محتوای علمی و دانش تخصصی معلم اشاره دارد) برای طراحی پروژه‌های پرسشگری در نظر گرفته شده است.

در زمینه TPACK نیز تانگ (Tang) و همکاران [۳۴] در مطالعه‌ای به تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر رفتار تدریس دیجیتال معلمان ریاضی مدارس ابتدایی پرداختند. یافته‌های آنان نشان می‌دهد که TPACK و شرایط تسهیل‌کننده بر رفتار تدریس دیجیتال معلمان ریاضی دوره ابتدایی تأثیر مثبت و معناداری دارد و بزرگ‌ترین عامل تأثیرگذار نیز TPACK است. همچنین روریمپاندی (Rorimpandey) و همکاران [۳۵] به طراحی الگوی TPACK براساس یادگیری ترکیبی در یادگیری علوم تجربی پرداختند و اذعان داشتند که، انتظار می‌رود اجرای مدل یادگیری، نتایج یادگیری علوم تجربی دانش‌آموزان را بهبود بخشد و بتواند فناوری را در یادگیری علوم تجربی تلفیق کند و نیازهای یادگیری و سبک‌های یادگیری دانش‌آموزان در عصر دیجیتال و فناوری‌ها را تسهیل نماید.

در این عصر، آموزش علوم تجربی به شیوه اثربخش‌تر، یکی از ارکان اصلی نظام‌های آموزشی نوین قلمداد می‌شود که نه تنها به‌عنوان ابزاری برای انتقال دانش، بلکه به‌عنوان محرکی برای پرورش مهارت‌های ضروری قرن حاضر، نوآوری‌ها، درک مفاهیم پیچیده علمی از سوی دانش‌آموزان و آماده‌سازی آنان برای مواجهه با روندها، رویه‌ها و چالش‌های جهان به‌شدت در حال توسعه هست. در این شرایط، رویکردهای سنتی

برای انجام تدریس‌های مؤثر محسوب می‌شود که در این راستا می‌توان بیان داشت که، این رویکرد بیانگر درک معلمان علوم تجربی از چگونگی استفاده از فناوری‌های نوظهور همراه با داشتن علم اصول تدریس و دانش محتوای علوم تجربی در آموزش این درس برای ایجاد محیط‌های یاددهی - یادگیری فعال است که یادگیری دانش‌آموزان را در زمینه علوم تجربی تقویت می‌کند [۱۱ و ۲۵].

شایان ذکر است که، رویکرد TPASK از سال ۲۰۱۰ میلادی مورد توجه متخصصان قرار گرفته است و تاکنون هم مطالعاتی در این خصوص صورت پذیرفته است. طبق بررسی پیشنهادیه تحقیقات در داخل کشور، تاکنون مطالعه‌ای در زمینه آموزش علوم تجربی مبتنی بر رویکرد TPASK صورت نپذیرفته است؛ اما مطالعاتی در زمینه تأثیر فناوری‌های آموزشی بر یادگیری انجام شده که می‌توان به مطالعه جعفری و همکاران [۲۶] اشاره کرد. آنان در این مطالعه به ارزیابی شایستگی‌های دیجیتال معلمان کشور در دوره همه‌گیری کرونا براساس مدل TPACK پرداختند. علی‌زاده جمال و همکاران [۲۷] در پژوهشی به بررسی تأثیر آموزش ریاضی براساس الگوی (TPACK) بر تغییر باورهای دبیران دوره متوسطه در رابطه با میزان به‌کارگیری نرم‌افزارهای آموزش ریاضی در فرآیند تدریس پرداختند و در این راستا، توسعه دانش و تغییر باورهای دبیران ریاضی را بسیار حائز اهمیت دانستند. در پژوهش مهربان [۲۸] نیز با توجه به نتایج مطالعه، الگویی دو مرحله‌ای مشتمل بر آموزش‌های مقدماتی و پیشرفته برای دوره‌های آموزش ضمن خدمت علوم و فناوری معلمان ارائه شده که نظر به نقش ICT، الگو مبتنی بر دانش به‌ترتیب الگوهای ICT-TPACK و ICTeTD بوده است.

در زمینه رویکرد TPASK محققانی در خارج از کشور پژوهش‌های مختلفی انجام داده‌اند که به مرتبط‌ترین آن‌ها در اینجا اشاره خواهد شد. در این رابطه، هرناندز-راموس (Hernández-Ramos) و همکاران [۲۹] اقدام به طراحی یک دوره جدید آموزش الکترونیکی شیمی محاسباتی آموزشی مبتنی بر چارچوب TPASK کردند و دریافتند که معلمان شرکت‌کننده در دوره توانسته‌اند، دانش و مهارت‌های جدیدی که در دوره یادگیری الکترونیکی به‌دست آورده‌اند، مانند مهارت‌های رایانه‌ای و روش‌های تدریس و غیره را به‌کار حرفه‌ای خود در تدریس شیمی انتقال دهند. همچنین آنان تأکید کردند که براساس موارد ذکر شده، اجرای چنین دوره‌هایی می‌تواند به آموزش مداوم معلمان شیمی در تدریس کمک کند. هرناندز-راموس و همکاران [۳۰] در مطالعه دیگری، به بررسی ویژگی‌ها و ادراکات دبیران شیمی که در دوره آموزش الکترونیکی شیمی محاسباتی آموزشی شرکت کرده‌اند، اقدام نموده و اذعان داشتند که، براساس مدل‌های آماری تولیدشده، مهم‌ترین عواملی که باید در طراحی دوره‌های آموزشی شیمی محاسباتی مجازی در نظر گرفته شوند، به میزان مشارکت فراگیران در جلسات مختلف دوره و ارزیابی‌ها مربوط می‌شود. همچنین استفاده از روش‌های داده‌کاوی آموزشی می‌تواند به شناسایی ویژگی‌ها و نگرش‌های معلمان شیمی کمک کرده و موجب بهبود محیط‌های یادگیری برخط شود. کاسرس-

تا چارچوبی مناسب برای آموزش اثربخش درس علوم تجربی دوره اول متوسطه براساس رویکرد TPASK طراحی و تدوین شود و این چارچوب بر مبنای مصاحبه از خبرگان موضوعی به لحاظ بومی سازی اصلاح و تقویت شد. در واقع، براساس ذهنیات و ساختارهای شناختی موجود در افکار مصاحبه‌شوندگان، سعی بر آن شد تا مؤلفه‌ها، عناصر و راهکارهای عملی فرآیند یک تدریس اثربخش در درس علوم تجربی دوره اول متوسطه مورد مطالعه شناسایی و استخراج شود.

در تدوین این الگو ضرورت داشت، اطلاعات و مقوله‌های آن از طریق واکاوی نظرات و دیدگاه‌های ذینفعان و ذیربطان اصلی به دست آید و مهم‌تر این‌که، بهترین پاسخگو در این بخش، کسانی بودند که خود سالیان متمادی در جهت اجرای برنامه درسی علوم تجربی تلاش نموده و با فضا و شرایط موجود آشنایی لازم را داشتند؛ افرادی که از نظر توسعه نظری و تجربی حوزه موضوعی می‌توانستند دقیق‌ترین، بیش‌ترین و بهترین اطلاعات را در زمینه حوزه مطالعاتی پژوهش حاضر ارائه دهند؛ لذا جامعه هدف مشتمل بر گروه‌های زیر از استان‌های اردبیل و بوشهر بنا بر شرایط محققان بود:

سرگروه‌های آموزشی درس علوم تجربی دوره اول متوسطه: سرگروه آموزشی، فردی توانمند و مطلع در حوزه تخصصی خود است که با نظر اعضا به عنوان سرگروه انتخاب و مدیریت داخلی گروه علوم تجربی را برعهده دارد.

دبیران برجسته درس علوم تجربی دوره اول متوسطه: شرایط ورود به مطالعه در این بخش مشتمل بر؛ دبیران با سابقه تجربی حداقل ۱۵ سال به بالا، آشنا با مهارت‌های هفتگانه ICDL، استفاده از فناوری‌های نوین آموزشی و همچنین روش‌های نوین تدریس برای تدریس در کلاس درس، توانمند در تدریس درس علوم تجربی بود. همچنین دبیرانی که قبلاً در تدریس علوم تجربی دارای تجربه زیسته بوده و بعداً در رشته‌های زیر شاخه علوم تجربی (زیست‌شناسی، فیزیک، شیمی و زمین‌شناسی) ادامه تحصیل داده‌اند نیز در جامعه هدف این مطالعه قرار گرفتند. برای انتخاب این گروه از جامعه مورد مطالعه، از مدیران مدارس، سرگروه‌های آموزشی و کارشناسان آموزش و پرورش نظرخواهی شد. به‌طور کلی، جامعه هدف پژوهش در این مطالعه سرگروه‌های آموزشی و دبیران برجسته درس علوم تجربی دوره اول متوسطه از استان‌های اردبیل و بوشهر، به لحاظ تسلط و آشنایی محققین با محیط‌های آموزشی این دو استان، بودند؛ اما تعداد شرکت‌کنندگان در این پژوهش از ابتدا قابل پیش‌بینی نبود؛ زیرا انتخاب نمونه‌ها در پژوهش‌های کیفی در جهت به‌وجود آوردن یک نظریه است. در این‌گونه پژوهش‌ها، حجم نمونه توسط داده‌های جمع‌آوری شده و تحلیل آن‌ها مشخص می‌شود. انتخاب نمونه‌های بعدی با توجه به تحلیل داده‌های گردآوری شده پیشین به منظور عمق و غنابخشیدن به این مقولات انجام می‌شود و نمونه‌گیری بدون هیچ محدودیتی در تعداد مشارکت‌کنندگان ادامه یافته تا به اشباع نظری دست یابد [۳۹ و ۴۰]. برای انجام پژوهش، از روش نمونه‌گیری هدفمند به شیوه گلوله برفی در جهت دستیابی به نمونه‌های مدنظر

تدریس، اغلب برای پرکردن شکاف بین تئوری‌های انتزاعی و فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی در راستای دستیابی به اهداف آموزش علوم تجربی ناتوان هستند؛ لذا با تلفیق سه عنصر فناوری و امروزه هوش مصنوعی، علم روش تدریس و دانش محتوایی (TPASK)، دریچه‌ای تحول‌ساز برای بازاندیشی آموزش علوم تجربی را می‌تواند، ارائه نماید. با این تفاسیر، به لحاظ نوآوری موضوعی (تدوین چارچوبی مناسب برای آموزش اثربخش درس علوم تجربی مبتنی بر رویکرد TPASK که امکان آن فراهم شود تا فناوری‌های آموزشی، پداگوژی و دانش محتوایی علوم تجربی، به‌طور راهبردی در راستای خلق محیط‌های یادگیری پویا با یکدیگر تلفیق شوند) و بنابر خلأ مطالعات در داخل کشور، هدف از انجام این پژوهش طراحی و اعتباریابی الگوی آموزش علوم تجربی در مدارس دوره اول متوسطه مبتنی بر رویکرد TPASK است. با این نوآوری پژوهشی، در راستای توسعه دانش نظری این حوزه و همچنین رهیافتی نو در ذهنیت‌بخشی آموزش علوم تجربی معلمان در مدارس دوره اول متوسطه کشور گام مثبتی برداشته خواهد شد.

بنابر ملاحظات نظری و تجربی بالا، آنچه به عنوان سؤال اساسی مفروض است این است که «چارچوب آموزش علوم تجربی مبتنی بر رویکرد TPASK در مدارس دوره اول متوسطه دارای چه ویژگی‌هایی می‌تواند باشد؟ و آیا الگوی طراحی شده، از اعتبار مناسبی برخوردار است؟» برای پاسخ به این سؤالات، محققان درصدد هستند با یک روش آمیخته اکتشافی بر توسعه مناسب این دانش جدید کمک نمایند.

روش کار

این پژوهش، براساس هدف در زمره پژوهش‌های کاربردی - توسعه‌ای قلمداد می‌شود. همچنین از منظر اجرا از نوع پژوهش‌های آمیخته اکتشافی (کیفی - کمی) است. دلیل اکتشافی بودن نیز این است که، براساس هدف پژوهش، قصد بر شناسایی ابعاد و مؤلفه‌های آموزش علوم تجربی در دوره اول متوسطه مبتنی بر رویکرد TPASK براساس دیدگاه‌های نظری و تجربی بوده است. به لحاظ محدوده زمانی نیز این پژوهش از سال ۱۴۰۲ آغاز و در سال ۱۴۰۳ پایان یافته است. در این پژوهش از رویکرد توصیفی - طبیعت‌گرایانه و به‌طور خاص از راهبرد مطالعه موردی استفاده شده است. در این راهبرد، به بررسی پدیده آموزش علوم تجربی در محیط طبیعی با هدف تلاش برای معنا بخشیدن یا توضیح رویکرد TPASK برحسب تفسیر شرکت‌کنندگان متمرکز است. طرح مطالعه موردی، طبق گفته یِن (yen) (۲۰۱۸) زمانی مناسب است که، رابطه بین پدیده و زمینه به‌وضوح مشهود نباشد [۳۶]. برای تحلیل داده‌های کیفی از روش تحلیل مضمون (به‌طور مشروح در بخش‌های بعدی خواهد آمد) برای دستیابی مناسب به داده‌ها استفاده شد. تحلیل مضمون فرآیند شناسایی الگوها و یا مضامین در چارچوب داده‌های کیفی جمع‌آوری شده است [۳۷]. به عبارتی دیگر، تحلیل مضمون روشی برای شناسایی، تجزیه و تحلیل و سازمان‌دهی، توصیف و گزارش مضامین موجود است [۳۸]. با توجه به این موضوع، بدین‌شکل سعی شد

ابزار جمع‌آوری داده‌ها، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته بود. سؤالات مصاحبه از قبل با هدف کسب اطلاعات عمیق از مصاحبه‌شونده‌ها طراحی شده بود. برای بررسی بیشتر، در پاسخ هر سؤال، جهت ارائه توضیح بیشتر از سوی مصاحبه‌شونده، با طرح سؤال‌های «چرا» پاسخ داده‌شده بیشتر مورد پی‌گیری و بررسی قرار می‌گرفت. علت استفاده از مصاحبه نیمه‌ساختار یافته آن بود که، براساس پیشینه پژوهشی اطلاعاتی (نه کامل) در دست بود و احتمال این وجود داشت که موارد جدیدی وجود داشته باشد که در پیشینه آن مد نظر قرار نگرفته باشد. سؤالات مصاحبه مجموعه‌ای از سؤالاتی حاصل مطالعه پیشینه تحقیقات در قلمرو موضوعی اعم از فهم و ادراک شما از رویکرد TPASK و عناصری همچون دانش پداگوژیکی، دانش فناوری و دانش محتوایی علوم تجربی چگونه است؟ درک آنان از این رویکرد، تأثیرات، پیشران‌ها، موانع و چالش‌های اجرایی‌سازی آن در فضای کلاس درس علوم تجربی چه بوده است؟ و همچنین تجارب زیسته خود در استفاده از تدریس مؤثر این درس با بکارگیری رویکردهای نوین را روایت کنید و ...، که بیشترین محور سؤالات را تشکیل می‌دادند بود. مدت زمان هر مصاحبه در فاصله زمانی بین ۶۰ تا ۹۰ دقیقه بود. مبنای ملاحظات اخلاقی در این پژوهش نیز رعایت احترام محققین به مصاحبه‌شوندگان بود. سؤالات مصاحبه همراه با راهنما در اختیار آنان قرار گرفت. همچنین در زمان اجرای مصاحبه، هدف از اجرای مصاحبه به‌طور کامل برای مشارکت‌کنندگان به‌صورت شفاهی تشریح شد. علاوه بر این، به آنان اعلام شد که هیچ اجباری به حضور مداوم در طول مصاحبه وجود ندارد و در طول فرآیند مصاحبه، اگر به هر دلیلی تمایل به ادامه همکاری نداشته باشند، می‌توانند از ادامه روند مصاحبه خودداری نمایند. در جهت حفظ رعایت اصول اخلاق و رازداری و همچنین جلوگیری از انتشار مشخصات مصاحبه‌شونده‌ها، به‌جای اسامی آنان از کد استفاده شد. ضبط صدای مشارکت‌کنندگان در صورتی انجام می‌پذیرفت که مصاحبه‌شوندگان رضایت خود را ابزار نموده باشند.

برای تحلیل داده‌ها در بخش کیفی از روش تحلیل مضمون استفاده شد. تحلیل مضمون استفاده‌شده در پژوهش حاضر بر مبنای روش آتراید-استرلینگ (Attride-Stirling) [۴۱] است، که این روش براساس یک رویه مشخص و در سه سطح مضامین فراگیر (شامل مضامین عالی دربرگیرنده اصول حاکم بر متن به‌عنوان یک کل است و در کانون شبکه مضامین قرار می‌گیرد)، مضامین سازمان‌دهنده (در برگیرنده مضامین حاصل از ترکیب و تلخیص مضامین پایه است) و در نهایت مضامین پایه (شامل کدها و نکات کلیدی موجود در متن می‌باشد) است و بدین‌شکل نقشه‌ای از کل مضامین ارائه می‌شود.

برای اطمینان از پایداری ابزارهای گردآوری اطلاعات، از دو روش کدگذاری مجدد توسط کدگذار دوم و کدگذاری مجدد توسط خود کدگذار استفاده شد [۴۲]. برای محاسبه پایداری بین کدگذاران، ضریب توافق درصدی (مقادیر بالای ۰/۷ مطلوب است) استفاده شد [۴۳]. در این راستا، متن پیاده‌شده سه مصاحبه به‌صورت تصادفی به یکی از

استفاده شد. بدین‌سبب، نمونه‌گیری براساس هدف مطالعه شکل گرفت. با انجام مصاحبه‌های نیمه‌ساختار یافته، فرایند انجام مطالعه به پیش رفت و ابعاد مسأله و موضوع مورد کاوش عمیق قرار گرفت. واکاوی نظرات مصاحبه‌شوندگان، تا رسیدن به اشباع نظری ادامه یافت تا اینکه پس از ۱۴ مصاحبه به حد اشباع نظری رسید؛ اما به‌منظور حصول اطمینان، انجام مصاحبه تا نفر هفدهم ادامه یافت؛ به‌طوری‌که از تحلیل محتوای مصاحبه‌های پایانی، موارد جدیدی کشف نشد و بدین‌لحاظ انجام مصاحبه متوقف شد که در مجموع ۱۷ نفر در این مصاحبه‌ها شرکت داده شدند (جدول ۱).

جدول ۱: اطلاعات مربوط به خبرگان جهت مصاحبه
Table 1: Information related to experts for interview

کد Code	درجه تحصیلی Degree	رشته تحصیلی Field of study	سابقه experience	جنسیت Gender
01	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی sciences	25	مرد Man
02	کارشناسی ارشد MSc	زیست‌شناسی Biology	18	زن Woman
03	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی sciences	20	زن Woman
04	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی Sciences	30	مرد Man
05	کارشناسی ارشد MSc	زیست‌شناسی Biology	23	مرد Man
06	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی Sciences	25	زن Woman
07	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی sciences	27	زن Woman
08	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی sciences	15	زن Woman
09	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی sciences	28	مرد Man
10	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی sciences	20	زن Woman
11	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی sciences	22	مرد Man
12	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی sciences	25	مرد Man
13	کارشناسی ارشد MSc	شیمی Chemistry	17	زن Woman
14	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی sciences	23	مرد Man
15	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی sciences	20	زن Woman
16	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی sciences	28	زن Woman
17	کارشناسی Undergraduate	علوم تجربی sciences	30	زن Woman

لینکلن (Goba & Lincoln) چهار روش اعتبار (Credibility)، قابلیت اطمینان (Dependability)، تأییدپذیری (Conformability) و انتقال پذیری (Transferability) را برای تأیید صحت و درستی داده‌ها پیشنهاد نموده‌اند که در این مطالعه بر انجام آنها اقدام شد. همچنین برای اعتبار مطالعه می‌توان از روش‌هایی همچون درگیری طولانی‌مدت، مشاهده مداوم، سه‌سوسازی، پرسش و جستجوگری از همکاران و کاوش به‌وسیله افراد مطالعه استفاده کرد [۴۴]. در این مطالعه از سه روش درگیری طولانی‌مدت، پرسش و جستجوگری از همکاران و کاوش به‌وسیله افراد شرکت‌کننده در مطالعه استفاده شد.

در بخش کمی، که به روش پیمایشی انجام گرفت [۴۵-۴۷]، برای اعتبارسنجی الگو، الگوی تدوین‌شده در قالب یک پرسش‌نامه با طیف لیکرت (خیلی موافقم، موافقم، نظری ندارم، مخالفم و خیلی مخالفم) تنظیم و برای اعتبار روایی (صوری و محتوایی) در بین ۶ نفر از صاحب‌نظران و اعضای هیأت علمی قرار گرفت. پس از تعدیل و اعمال نقطه‌نظرات آنان، روایی صوری و محتوایی پرسش‌نامه تأیید شد. سپس پرسش‌نامه در بین ۵۰ نفر متشکل از صاحب‌نظران حوزه برنامه درسی، آموزشگران مرجع آموزش علوم تجربی، مدرسان فاوا و سرگروه‌ها و کارشناسان حوزه آموزش علوم تجربی در راستای آزمودن نظرات متخصصین و با روش نمونه‌گیری هدفمند توزیع گردید که تعداد افراد جامعه آماری برابر با نمونه آماری هست [۴۰، ۴۵-۴۷ و ۴۸ و ۴۹]. پس از جمع‌آوری داده‌ها، نتایج با استفاده از روش آمار توصیفی و استنباطی با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۷ و همچنین معادلات ساختاری (SEM) با رویکرد حداقل مربعات جزئی (PLS) تحلیل شد. دلیل استفاده از این روش، نیز کوچک‌بودن حجم نمونه بوده است [۵۰]. در ضمن میزان پایایی محاسبه‌شده برای پرسش‌نامه مذکور نیز از طریق ضریب آلفای کرونباخ برابر ۰/۹۷ گزارش شد.

اساتید دانشگاه که دارای چندین تألیف و اثر مرتبط با هدف مطالعه بود، ارائه شد و از ایشان درخواست گردید تا داده‌ها را کدگذاری نماید (جدول ۲).

براساس داده‌های مندرج در جدول شماره ۲، مقدار پایایی بین کدگذاران، ۰/۷۹ گزارش شده است که پایایی مطلوبی به‌شمار می‌آید. نحوه محاسبه به شرح زیر است:

$$\frac{128}{162} \times 100 = 79/01 = \text{درصد پایایی بین کدگذاران}$$

شاخص بعدی برای سنجش پایایی، شاخص ثبات یا پایایی بازکدگذاری است که به‌میزان سازگاری طبقه‌بندی داده‌ها در طول زمان اشاره دارد. در این شاخص، کدگذار یک متن را در دو زمان متفاوت کدگذاری می‌کند. روش محاسبه در این نوع پایایی، بدین شکل است که از میان مصاحبه‌ها، چند نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب و هر کدام از آنها، دوبار و در یک فاصله زمانی کوتاه و مشخص مابین پنج تا سی روز کدگذاری می‌گردد. در این فاصله زمانی، هر کدام از مصاحبه‌ها با یکدیگر مقایسه می‌شوند و از طریق میزان توافقات و عدم توافقات موجود، در دو مرحله کدگذاری و شاخص ثبات محاسبه می‌شود. در ضمن در این شاخص، کدهای مشابه با عنوان «توافق» و کدهای غیرمشابه با عنوان «عدم توافق» مشخص می‌شوند. از بین مصاحبه‌های انجام‌گرفته، سه مصاحبه پس از گذشت ۲۵ روز، مجدداً کدگذاری شدند (جدول ۳).

براساس داده‌های مندرج در جدول شماره ۳، مقدار پایایی بازکدگذاری، ۰/۷۷ حاصل شد که میزان توافق مطلوبی قلمداد می‌شود. نحوه محاسبه به شرح زیر است:

$$\frac{122}{158} \times 100 = 77/22 = \text{کدگذاران باز پایایی درصد}$$

بعد دیگر در تعیین میزان کارآمدی ابزار، روایی ابزار است؛ اما در پژوهش‌های کیفی به‌جای واژه روایی از واژه‌های دقت (Rigor) و صحت (Trustworthiness) داده‌ها استفاده می‌شود؛ گوبا و

جدول ۲: نتایج حاصل از کدگذاری مجدد مصاحبه‌ها توسط کدگذار دوم

Table 2: The results of the re-coding of the interviews by the second coder

کد Code	تعداد کدهای به‌دست آمده توسط پژوهشگر Number of codes obtained by researcher	تعداد کدهای به‌دست آمده توسط کدگذار دوم Number of codes obtained by the second coder	تعداد کدهای مورد توافق Number of agreed codes	تعداد کدهای عدم توافق Number of non-agreement codes
02	54	49	45	9
08	65	61	52	13
16	43	39	31	12
total	162	149	128	34

جدول ۳: نتایج حاصل از بازکدگذاری مصاحبه‌ها

Table 3: The results of decoding the interviews

کد Code	تعداد کدهای به‌دست آمده بار اول The number of codes obtained the first time	تعداد کدهای به‌دست آمده بار دوم The number of codes obtained twice	تعداد کدهای مورد توافق Number of agreed codes	تعداد کدهای عدم توافق Number of non-agreement codes
05	54	52	46	18
09	35	38	23	12
14	69	59	53	16
total	158	149	122	36

یافته‌ها

مضامین پرداخته شد. با مقایسه مستمر مضامین پایه، مضامین پایه با توجه به شباهت‌ها و تفاوت‌ها باهم طبقه‌بندی شده و مقوله‌ها سازماندهی گردیدند. از بین ۱۶۹ مفهوم احصاشده، ۲۲ زیرمقوله (مضمون فرعی) طبقه‌بندی شد. در مرحله نهایی با مرور مکرر مضامین، مقوله‌ها با زیر مقوله‌ها حول پدیده محوری برای تشکیل شبکه مضامین ارتباط داده شد و بدین‌شکل مضامین پایه (عامل‌ها) پدیدار شد. سپس در پنج مضمون فراگیر (عامل‌ها) مشتمل بر دانش پداگوژی (۴ مقوله)، دانش فناوری (۳ مقوله)، دانش علوم تجربی (۳ مقوله)، دانش پداگوژیک (۲ مقوله)، دانش فناوری علوم تجربی (۲ مقوله)، دانش پداگوژیک علوم تجربی (۳ مقوله)، بالندگی پداگوژیک (۳ مقوله) و توانمندسازها (۲ مقوله) تبیین شدند. نکته قابل توجه اینکه، در مرحله انتخاب عناوین برای مقوله‌ها و عامل‌ها، سعی بر آن شد تا مقوله‌ها و بُعدها منطقی و درست نامگذاری شوند. معیار نامگذاری آنها ارتباط منطقی آنها با داده‌ها و مفاهیم بود. در این خصوص، پیشینه تحقیقات به‌ویژه مدل TPASK در جهت نامگذاری مقوله‌ها و عامل‌ها مد نظر قرار گرفت (جدول ۴).

محور اصلی پژوهش مربوط به کاوش و اکتشاف عوامل متأثر در خصوص مقوله، زیرمقوله و معیارهای مربوط به الگوی آموزش علوم تجربی دوره اول متوسطه مبتنی بر رویکرد TPASK بود. برای دستیابی به این مهم، مؤلفه‌ها (ملاک) و شاخص‌ها (نشانگرها) براساس کدگذاری داده‌های به دست‌آمده از تحلیل محتوای مصاحبه‌های عمیق و اکتشافی با مصاحبه شونده‌گان و انجام پالایش کدهای مفهومی ارائه می‌شود. بدین‌سبب، در کدگذاری اولیه، به‌منظور آشنایی با داده‌ها، جمله به جمله متون مصاحبه‌ها مرور مکرر شدند و داده‌ها به بخش‌های جداگانه تقسیم‌بندی شد. براساس نتایج به‌دست آمده از تحلیل داده‌های کیفی پژوهش در مرحله کدگذاری، ۴۶۵ کد اولیه (مضامین پایه) از مصاحبه‌ها استخراج شد. در گام بعدی، پس از مقایسه مستمر داده‌ها و مطابقت کدهای مشابه و حذف کدهای (مضامین پایه) تکراری (۲۹۶ کد (مضامین پایه))، در نهایت پس از انجام اعتبار روایی و پایایی ۱۶۹ کد (مضامین پایه) احصاء شد. در مرحله بعد، در جهت تشکیل مضامین، به جستجوی

جدول ۴: مضامین و عامل‌های استخراج شده در شکل‌گیری شبکه مضامین
Table 4: Themes and Factors Extracted in the Formation of the Theme Network

مضامین فراگیر Overarching themes	مضامین سازمان‌دهنده Organizer themes	فراوانی Frequency	برخی از مضامین پایه (کدهای اولیه) Some of basic themes (Initial codes)
دانش پداگوژی معلم Teacher's pedagogical knowledge	آموزش اثربخش Effective Teaching	7	عینی‌سازی و ملموس‌سازی آموزش علوم تجربی برای فراگیران (1)؛ آموزش بهتر و مؤثرتر علوم تجربی (1)؛ اثربخش‌تر کردن آموزش علوم تجربی (3)؛ ایجاد فرصت‌های چالش‌برانگیز در تدریس (5)؛ Materializing and Making Science Education Tangible for Learners (1); Improving and making the teaching of sciences more effective (1); Enhancing the effectiveness of science education (3); Creating challenging opportunities in teaching (5).
	اهداف و آرمان‌های یاددهی-یادگیری Goals and Aspirations of Teaching and Learning	6	تربیت نسلی خلاق (4)؛ کسب مهارت‌ها و شایستگی‌های لازم از سوی فراگیر (6)؛ تسهیل یادگیری؛ تعمیق یادگیری (11)؛ توسعه فرآیند یاددهی - یادگیری (13). Nurturing a creative generation (4); Acquisition of the necessary skills and competencies by the learner (6); Facilitating learning; Deepening Learning (11); Developing the Teaching-Learning Process (13).
	شناخت یادگیری و یادگیرندگان Understanding of Learning and Learners	7	پاسخ به نیازهای ویژه یادگیرندگان (4)؛ کسب دانش لازم در زمینه نظریه‌های یادگیری (5)؛ نزدیک‌نمودن مفاهیم آموخته‌شده و راه‌حل‌های ایجادشده به دنیای واقعی جهت یادگیری دانش‌آموزان (شناخت یادگیری)؛ شناخت یادگیرندگان در جهت ارائه آموزش‌های اثربخش (12)؛ شناخت تفاوت‌های فردی دانش‌آموزان و شیوه‌های لازم برای برانگیختن انگیزه یادگیری (15)؛ آشنایی با تغییرات جدید در حوزه یادگیری و روش‌های نوین آموزش (17). Responding to the special needs of learners (4); Acquiring the necessary knowledge in the field of learning (5); Bringing learned concepts and developed solutions closer to the real world for student learning (learning cognition) (12); Recognizing learners in order to provide effective trainings (12); Recognizing individual differences among students and the necessary methods to stimulate learning motivation (15); Staying Abreast of Emerging Trends in Learning and Novel Approaches to Pedagogy (17).
مدیریت کلاس درس Classroom Management	مدیریت کلاس درس Classroom Management	9	کاهش اتلاف زمان (1)؛ مدیریت چالش‌ها در بین دانش‌آموزان در کلاس (2)؛ آشنایی با قوانین و مقررات مدیریت کلاس درس (3)؛ توانایی معلم در مدیریت کلاس درس (4)؛ بهینه‌سازی زمان آموزش (7)؛ ایجاد تعامل بین دانش‌آموزان (10)؛ ایجاد محیطی مشارکتی در بین دانش‌آموزان برای یادگیری بهتر (11)؛ پذیرش حوادث و موقعیت‌های پیش‌بینی‌نشده در کلاس (16). Reduction of time wastage (1); Managing challenges among students in the classroom (2); Understanding of classroom management rules and standards (3); Teacher's competency in classroom management (4); Optimizing instructional time (7); Fostering student-student interaction (10); Creating a collaborative environment among students for enhanced learning (11); Flexibility in responding to events and unexpected classroom situations (16).

مضامین فراگیر Overarching themes	مضامین سازمان‌دهنده Organizer themes	فراوانی Frequency	برخی از مضامین پایه (کدهای اولیه) Some of basic themes (Initial codes)
	نگرشی Attitudinal	9	توجه معلم در به‌کارگیری فناوری در تسهیل آموزش و یادگیری (2)؛ ایجاد میل و رغبت بیشتر در دانش‌آموزان نسبت به آموزش با به‌کارگیری فناوری‌های آموزشی (5)؛ تلاش برای بهره‌گیری از فناوری‌های نوین آموزشی (6)؛ نگرش مثبت به اجرای فناوری در آموزش از سوی معلم (8)؛ نگرش خلاقانه معلمان در به‌کارگیری فناوری (11)؛ اعتقاد به فناوری‌های آموزشی در یادگیری عینی‌تر و ملموس‌تر (13). Teacher attention in utilizing technology to facilitate teaching and learning (2); Creating greater interest and enthusiasm in students towards learning through the use of educational technologies (5); the effort to utilize innovative educational technologies (6); Positive attitude towards the implementation of technology in education from the teacher (8); Teachers' creative attitude in use of technology (11); Belief in educational technologies for more concrete and tangible learning (13).
دانش فناوریانه معلم Teacher's technological knowledge	دانشی Knowledge-based	8	لزم بروز بودن معلم در زمینه دانش استفاده از فناوری در تدریس (3)؛ داشتن آگاهی و مهارت در زمینه اجرای کلاس فناوریانه (6)؛ تلفیق دانش موضوعی و فناوری توسط معلم برای آموزش مؤثر (12)؛ آگاهی از قابلیت‌های فناوری در کلاس درس از سوی معلم (12)؛ آگاهی از نقش فناوری از سوی معلم در یادگیری دانش‌آموزان (14)؛ تغییر شیوه تدریس اثربخش معلم با آشنایی با تغییرات جدید در حوزه فناوری‌های آموزشی (15)؛ بسط دانش فناوریانه معلم (17). The necessity for teachers to stay current in knowledge of technology use in teaching (3); Having awareness and skills in implementing a technology-based classroom (6); The integration of subject matter knowledge and technology by teachers for effective instruction (12); Teacher awareness of technological capabilities in the classroom (12); Teacher's awareness of the role of technology in students' learning (14); Changing the teacher's effective teaching methods through familiarity with new changes of educational technologies (15); Expanding the teacher's technological knowledge (17).
	مهارتی Skill-based	8	توانایی به‌کارگیری فناوری‌های نوین برای جذابیت‌سازی کلاس درس (1)؛ توانایی به‌کارگیری فناوری برای انجام کار عملی با همراهی دانش‌آموزان برای تثبیت یادگیری (3)؛ با شبیه‌سازی عناصر، معلم می‌تواند زمینه‌های خلاقیت را در بین دانش‌آموزان ایجاد نماید (5)؛ مهارت معلمی در استفاده از فناوری به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا با تغییر متغیرها نتایج متفاوتی را به‌دست آورند (7)؛ ایجاد افزایش محسوس یادگیری با استفاده از فناوری‌های نوین از سوی معلم (9)؛ روش‌های متنوع تدریس با مهارت استفاده از فناوری (10). The ability to apply modern technologies to enhance the attractiveness of classrooms (1); Ability to employ technology for practical activities with student involvement to reinforce learning (3); Through the simulation of elements, the teacher can create opportunities for creativity among students (5); Teachers' proficiency in using technology helps students obtain different results by changing variables (7); achieving noticeable improvements in learning through the use of new technologies by teachers (9); employing diverse teaching methods through with the Skill use of technology (10).
	اهداف آموزش علوم تجربی Objectives of Science Education	8	آشنایی‌سازی دانش‌آموزان با عناصر دنیای واقعی و ساده‌سازی آن به‌شکل قابل استفاده در کلاس درس (2)؛ دست‌یافتن خود دانش‌آموزان به نتیجه نهایی در آموزش (4)؛ کسب سواد علمی فناوریانه (8)؛ تربیت یادگیرنده مادام‌العمر (9)؛ کسب مهارت‌های ضروری برای یادگیری پایدار (11)؛ دستیابی به اهداف آموزش علوم تجربی (دانش، مهارت و نگرش) (15)؛ شناخت دنیای پیرامونی به‌واسطه خود دانش‌آموز (17). Familiarizing students with real-world elements and simplifying them into a form that is applicable in the classroom (2); To achieve Students themselves reach the final outcomes in their learning (4); Acquire technological scientific literacy (8); Nurturing a lifelong learner (9); Develop essential skills for sustainable learning (11); Achieve the objectives of science education (knowledge, skills, and attitudes) (15); Gain an understanding of the surrounding world through the student himself (17).
دانش علوم- تجربی معلم Teacher's science knowledge	تغییرات ساختاری علوم تجربی Structural Changes in Sciences	7	رفع موانع ساختاری در مدارس در جهت انجام فعالیت‌های گروهی، عملی و آزمایشگاهی (1)؛ متمرکز بودن سیستم آموزشی (2)؛ کمبود زمان اختصاص‌یافته به درس علوم تجربی (3)؛ تعداد زیاد دانش‌آموزان کلاس درس علوم تجربی (5)؛ ضرورت توجه به استخدام متصدی آزمایشگاه در همه مدارس به‌جهت تغییر ساختار نیروی انسانی (11). Elimination of Structural Barriers in Schools Group Practical, and Experimental Activities (1), (13). Centralization of the educational system (2); Limited time allocated to science education (3); large number of students in a science classroom (5); Necessity for hiring laboratory technicians in all schools to transform the structure of human resources (11).
	تغییرات در برنامه درسی علوم تجربی Changes in the Science Curriculum	7	تمرکز بر ارزشیابی پایانی و محدود کردن معلم (3)؛ حجم زیاد کتاب‌های درسی (6)؛ تغییر کتاب‌های درسی به سمتی که باعث تغییر مسیر معلم در جهت استفاده از روش‌های نوین آموزشی شود (7)؛ ساختار برنامه درسی و محتوا متناسب با اجرای رویکردهای نوین نیست (13)؛ انعطاف‌پذیری در برنامه درسی؛ مشارکت معلمان و دانش‌آموزان در تدوین بخشی از برنامه درسی (5)؛ (15). focus on final assessments and limiting the role of the teacher (3); excessive volume of textbooks (6); Changing the textbooks in a way that directs the teacher towards adopting modern teaching methods (7); the curriculum structure and content are not aligned with the implementation of new approaches (13); Flexibility in the curriculum; Participation of teachers and students in the development of part of the curriculum (5); (15).

مضامین فراگیر Overarching themes	مضامین سازمان‌دهنده Organizer themes	فراوانی Frequency	برخی از مضامین پایه (کدهای اولیه) Some of basic themes (Initial codes)
دانش فناوری پداگوژی Technological pedagogical knowledge	چالش‌های فناوریانه معلمین Technological Challenges by Teachers	7	آشنایی ناکافی برخی از معلمان برای کار با نرم‌افزارهای مختلف (1)؛ برخی از معلمان با فناوری و کاربرد آن در آموزش فاصله دارند (5)؛ فقدان یا کمبود اطلاعات برخی از معلمان در بهره‌گیری از فناوری‌های نوین (9)؛ عدم آشنایی برخی معلمان با وجود و نحوه استفاده از آزمایشگاه‌های مجازی (13)؛ چالش برخی از معلمان در شرایط همه‌گیری کرونا در جهت استفاده از فناوری (14). Insufficient familiarity of some teachers with various software applications (1); Some Teachers are Distanced from Technology and Its Application in Education (5); Lack or shortage of information among some teachers in utilizing modern technology (9); unfamiliarity of certain teachers with the existence and usage of virtual laboratories (13); Challenges Faced by Some Teachers in Utilizing Technology During the COVID-19 Pandemic (14).
	نگرانی‌های استفاده از فناوری Concerns about Technology Use	6	نگرانی از باورها نسبت به تدریس تحت تأثیر تکنولوژی (4)؛ عدم اعتقاد به بکارگیری فناوری در بین برخی از معلمان (7)؛ اولیاء و به تبع آن ارکان مدرسه بعضاً نگاه خوبی از اجرای فناوری در آموزش ندارند (10)؛ نگرانی استفاده از فناوری در همه شرایط و موقعیت‌ها (15). Concerns about attitudes and beliefs toward teaching science concepts influenced by technology (4); a lack of belief in the application of technology among some teachers (7); sometimes, parents and consequently, school authorities do not have a positive view of implementing technology in education (10); Concern about the use of technology in all conditions and situations (15).
	تسلط کافی به فناوری آموزش علوم تجربی Adequate Proficiency of Science Education Technology	7	ضرورت تسلط و آشنایی معلمان علوم تجربی بر فناوری‌های نوین (1)؛ استفاده از دانش روز و تکنولوژی‌های جدید از سوی معلمان علوم تجربی (2)؛ لزوم کسب سواد دیجیتال معلمان علوم تجربی (5)؛ عملیاتی کردن آموزش‌های نوین و فناوریانه علوم تجربی در درون مدارس (6)؛ آشنایی با ملاحظات اخلاقی استفاده از فناوری‌ها در آموزش علوم تجربی (11)؛ توانایی به‌کارگیری رویکرد TPASK (17). The necessity for science teachers to be proficient and familiar with modern technologies (1); Utilization of current knowledge and new technologies by science teachers (2); The imperative for science teachers to acquire digital literacy (5); operationalizing innovative and technological teaching methods in the context of science education within schools (6); Familiarity with the ethical considerations of using technologies in science education (11); The ability to apply the TPACK approach (17).
دانش فناوری علوم تجربی Technological science knowledge	آشنایی با نرم‌افزارهای مورد نیاز در آموزش علوم تجربی Familiarity to Required Software for Teaching Sciences	9	استفاده از نرم‌افزارهایی مانند آفیس، افترافکت، تری‌دی‌مکس، اودی‌کانکت، فتوشاپ و ... (1)؛ (15)؛ استفاده از فناوری واقعیت افزوده و مجازی و آزمایشگاه PhET (3)؛ (13)؛ فناوری‌های علمی نوظهور مانند هوش مصنوعی (5)؛ نرم‌افزارهای مربوط به ترسیم درخت فیلولونی (8)؛ استفاده از نرم‌افزارهای تعاملی سه‌بعدی (11)؛ استفاده از سینمای سه‌بعدی در کلاس درس (12). The use of software such as Microsoft Office, After Effects, 3D Max, Adobe Connect, Photoshop and ... (1); (15); The use of augmented and virtual reality technologies and the PhET (3); (13); Emerging scientific technologies such as artificial intelligence (5); software related to drawing phylogenetic trees (8); The use of interactive three-dimensional software (11); The Use of 3D Cinema in the Classroom (12).
	توانایی تولید محتوا Ability Produce Educational Content	6	لزوم توانایی تولید محتوای آموزشی متناسب با رویکردهای نوین (1)؛ توان علمی کم در تولید محتوای مؤثر و استفاده از آن در کلاس درس علوم تجربی در برخی از معلمان در آموزش علوم تجربی (7)؛ لزوم توانایی در طراحی و تولید آزمایش‌های علوم تجربی (11)؛ ضرورت تولید محتوای الکترونیکی در آموزش علوم تجربی (13)؛ معلم بتواند از بستر دیجیتالی برای بروزآوری محتوای درسی استفاده کند (16). Ability to produce content educational aligned with new approaches (1); limited scientific capability in producing effective content and utilizing it in the science classroom by some teachers (7); The necessity for proficiency in designing and conducting science activities (11); the necessity of generating electronic content in science education (13); Teachers should be able to utilize digital platforms to update curricular content (16).
دانش پداگوژیک علوم تجربی Pedagogical science knowledge	مهارت‌های معلمی Teaching Skills	7	داشتن مهارت‌های دانش پداگوژیک معلمی (4)؛ آموزش تلفیقی با استفاده از روش‌های نوین در آموزش علوم تجربی (5)؛ توانایی اجرای هنر معلمی و تدریس مؤثر علوم تجربی در کلاس درس (6)؛ مهارت انتخاب فنون تدریس متناسب با هر واحد یادگیری (8)؛ مهارت در برقراری ارتباط مؤثر (10)؛ مهارت در ارزشیابی و بازخورد یادگیری دانش‌آموزان (13). Possession of pedagogical content knowledge by teachers (4); Integrative teaching using modern methods in science education (5); The ability to implement the art of teaching and effective science instruction in the classroom (6); Skill in selecting teaching techniques appropriate for each learning unit (8); Skill in establishing effective communication (10); integration of traditional and new teaching methods (12); Skill in evaluating and providing feedback on student learning (13).
	طراحی آموزشی Instructional Design	6	پیشگیری از وقوع کج‌فهمی‌ها و بدفهمی‌ها در طراحی آموزشی (4)؛ آگاهی در زمینه طراحی سؤالات اثربخش در ارزشیابی از دانش‌آموزان (8)؛ انتخاب رسانه‌های آموزشی مناسب در طراحی آموزشی (11)؛ طراحی طرح درس با بکارگیری رویکردهای جدید آموزشی (15). The prevention of misconceptions and misunderstandings in instructional design (4); awareness of designing effective (thematic) questions (8); The selection of appropriate educational media in the design process (11); lesson plan design utilizing a new educational approaches (15).

مضامین فراگیر Overarching themes	مضامین سازمان‌دهنده Organizer themes	فراوانی Frequency	برخی از مضامین پایه (کدهای اولیه) Some of basic themes (Initial codes)
	ضرورت تربیت معلمان علوم تجربی توانمند The Necessity of Training Competent Science Teachers	10	پرورش معلمان علوم تجربی فناور از طریق مراکز علمی تربیت معلم (دانشگاه فرهنگیان و شهید رجایی) (1)؛ ضرورت تغییر در برنامه‌های درسی تربیت معلم (2)؛ ضرورت داشتن برنامه‌های آموزشی پیش، بدو و حین خدمت منسجم (8)؛ ضرورت تربیت معلمان مسلط بر روش‌های نوین آموزشی مبتنی بر بستر فاوا (10)، (12)؛ برگزاری جشنواره‌های الگوی تدریس برتر در بین اساتید و دانشجومعلمان با تأکید در به‌کارگیری فناوری‌های آموزشی (13)؛ آموزش معلمان باید همراه با انجام آموزش عملی در حد تسلط کافی باشد (14)؛ ضرورت تقویت سیستم آموزشی تربیت معلمان در موضوع تقویت مهارت بکارگیری از ابزارها و فناوری‌های آموزشی علوم تجربی (15)؛ The development of technology-based science teachers through teacher training centers (University of Teacher Education and Shahid Rajaee University). (1); The necessity of changes in teacher training curricula (2); The necessity of having cohesive pre-service, in-service, and ongoing educational programs (8); The necessity of training teachers who are proficient in modern educational methods based on the ICT infrastructure (10), (12); Holding festivals of exemplary teaching models among faculty members and student teachers with an emphasis on the use of educational technologies (13); teacher training must be accompanied by practical training to ensure sufficient mastery (14); the necessity of strengthening the teacher training system in terms of enhancing skills in the use of tools and educational technologies in the field of experimental sciences (15).
بالندگی پداگوژیکی Pedagogical Development	چالش‌های دانش ناکافی Challenges of Insufficient Knowledge	6	چالش‌های یاددهی و ارائه مفاهیم علوم تجربی به دانش‌آموزان توسط برخی از معلمان علوم تجربی (3)؛ رغبت ناکافی برخی معلمان علوم تجربی به یادگیری و شرکت در دوره‌های ضمن خدمت (4)؛ الزام و تشویق مؤثر معلمان جهت حضور در دوره‌های ضمن خدمت (5)؛ مقاومت در یادگیری فناوری‌های آموزشی در برخی از معلمان (11)؛ تنوع فناوری‌ها و ناتوانی در بکارگیری آنها در برخی از معلمان (14). Challenges in teaching and presenting scientific concepts to students by some science teachers (3); Insufficient motivation of some science teachers to learn and participate in in-service training courses (4); the requirement and effective encouragement for teachers to attend in-service training courses (5); Resistance to learning educational technologies among some teachers (11); The diversity of technologies and the inability of some teachers apply them (14).
	الزام به‌روزمندی دانش معلمان در زمینه آموزش علوم تجربی The necessity of Updating Teachers' Knowledge in Science Education	7	لزوم برگزاری دوره‌های آموزشی جهت آشنایی با نرم‌افزارهای مرتبط با فناوری در آموزش علوم تجربی (2)؛ لزوم ارائه آموزش‌های مورد نیاز جهت استفاده دبیران علوم تجربی از فناوری‌های نوظهور به‌ویژه هوش مصنوعی (5)؛ لزوم برگزاری کلاس‌های عملی جهت آموزش استفاده از فناوری‌های مورد نیاز به معلمان علوم تجربی (7)؛ لزوم ارائه آموزش نحوه تولید محتوا فاواپایه برای معلمان علوم تجربی (10)؛ ضرورت برگزاری کارگاه‌های آموزشی در زمینه نحوه تولید محتوای الکترونیکی ویژه معلمان علوم تجربی (11)؛ استفاده از فناوری‌ها برای بروزآوری دانش معلمان علوم تجربی (15). The necessity of conducting training courses to familiarize teachers with software related to technology in science education (2); The necessity of providing the required training for experimental science teachers to use emerging technologies, especially artificial intelligence (5); the necessity of conducting practical classes to train teachers in the use of required technologies (7); The need to provide training on how to produce technology-based for science teachers (10); The necessity of organizing workshops on how to produce electronic content specifically for experimental science teachers (11); utilizing technologies to update teachers' knowledge (15).
	بهسازی و تجهیز زیرساخت‌های سخت افزاری Improvement and Upgrading of Hardware Infrastructure	15	ضرورت تجهیز کلیه مدارس به آزمایشگاه و فناوری‌های نوین (3)؛ آماده‌سازی کارگاه‌ها و یا کلاس‌های ویژه علوم تجربی با تجهیزات لازم (5)؛ ضرورت تجهیز کلیه مدارس به ابزارها و تکنولوژی‌های نوین آموزشی و آزمایشگاه‌های مجهز (5)؛ ضرورت آماده‌سازی زیرساخت‌ها (6)؛ تغییر ساختار فیزیکی مدارس و کلاس‌های درس علوم تجربی (13)؛ کمبود امکانات زیرساختی از جمله ابزارهای شبیه‌ساز برای بکارگیری واقعیت افزوده و واقعیت مجازی در برخی از مناطق (17). The necessity of equipping all schools with laboratories and modern technologies (3); preparing workshops or specialized classrooms for experimental sciences with the required equipment (5); the need to equip schools with modern educational tools and well-equipped laboratories (5); the need to prepare infrastructure (6); changing the physical structure of schools and sciences classrooms (13); the shortage of facilities Infrastructure, including simulation tools for the application of augmented reality (AR) and virtual reality (VR) in certain areas (17).
	بهسازی و تجهیز زیرساخت‌ها نرم افزاری Improvement and Upgrading of Software Infrastructure	7	در اختیار داشتن آزمایشگاه‌های مجازی با کمک شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای (1)؛ داشتن آزمایشگاه PhET (3)؛ عدم امکان استفاده از شرایط مجازی از جمله آزمایشگاه مجازی یا کتابخانه‌های مجازی در برخی از مدارس (12). The availability of virtual laboratories with the help of computer simulations (1); having access to PhET laboratories (3); the inability to use virtual conditions, including virtual laboratories or virtual libraries, in some schools (12).
		169	
		22	
		8	

۱۵ بیان می‌دارد که: «برای آموزش علوم تجربی، لازم است معلم در زمینه‌های مختلف دانش داشته باشد؛ از جمله فناوری تا به اهداف علوم تجربی (دانش، مهارت و نگرش) دست یابد».

از نظر مصاحبه‌شوندگان، دانش فناوری پداگوژی معلم، یکی از دیگر عوامل مؤثر بر تدریس اثربخش دبیر علوم تجربی قلمداد می‌شود. برای این عامل نیز از طریق کدگذاری محوری، دو مقوله چالش‌های فناورانه معلمان و نگرانی‌های استفاده از فناوری احصاء شده است. در خصوص چالش‌های فناورانه معلمان، مصاحبه‌شونده کد ۱۴ به موضوع قابل تأملی اشاره نمود و بیان داشت: «مثلاً در شرایطی که ویروس کرونا مدارس را تعطیل کرد، معلمان موفق می‌شدند که خوب درس بدهند و دانش‌آموزان رضایتمند باشند که با فناوری آشنا باشند و بتوانند با استفاده از این فناوری محتوای خوب تولید کنند». با توجه به توسعه فناوری در آموزش، داشتن دانش فناوری علوم تجربی برای یک معلم توانمند این درس از ضروریات تلقی می‌شود. محاصل تجزیه و تحلیل محتوای اطلاعات جمع‌آوری شده از مصاحبه‌ها از طریق تحلیل مضامین، مقولات تسلط کافی به فناوری آموزش علوم تجربی و آشنایی با نرم‌افزارهای مورد نیاز در آموزش علوم تجربی برای این عامل (مضمون فراگیر) تبیین شد. در رابطه با این عامل نیز مصاحبه‌شونده کد ۱ اظهار می‌دارد: «علم با فناوری‌های آموزشی باید آشنا باشد؛ نرم‌افزارهای مورد نیاز را خوب بشناسد. من در کلاس درس با استفاده از سیستم‌های صوتی و تصویری و با استفاده از نرم‌افزارهای مانند پاورپوینت، تری‌دی‌مکس و ... بهتر توانسته‌ام مفاهیم را به دانش‌آموزان منتقل کنم». دانش پداگوژیک علوم تجربی، یکی از عوامل مؤثری است که در کدگذاری انتخابی پس از مرتبط‌ساختن مقوله‌ها با زیرمقوله‌ها احصاء شد. برای این عامل نیز مضامینی همچون توانایی تولید محتوا، مهارت‌های معلمی و طراحی آموزشی تبیین شده است. در این زمینه مصاحبه‌شونده کد ۱۵ عنوان کرد: «آموزش و پرورش باید بتواند کار گروهی را بین معلمان شکل بدهد. معلمان کم‌سابقه که بیشتر به فناوری مسلط هستند با معلمان باسابقه که تجربه بیشتری دارند، اینها می‌توانند با کمک همدیگر محتوای الکترونیکی تولید کنند و طراحی آموزشی داشته باشند».

اما با همه این تفاسیر، بالندگی پداگوژی معلم علوم تجربی است که می‌تواند بر همه چالش‌های فراوری اجرای آموزش اثربخش این درس مبتنی بر TPASK تأثیرگذار باشد. این عامل مشتمل بر مقولاتی مانند ضرورت تربیت معلمان علوم تجربی توانمند، چالش‌های دانش ناکافی و الزام به روزآمدی دانش معلمان در زمینه آموزش علوم تجربی است. مصاحبه‌شوند کد ۱۰ به نقش برجسته دانشگاه فرهنگیان اشاره می‌کند و اظهار می‌دارد که: «در اینجا نقش دانشگاه فرهنگیان خیلی مهم است. باید به تربیت معلمان اقدام شود که مسلط بر تکنیک‌ها باشند، مسلط بر مهارت‌های معلمی باشند، مدل‌ها، سبک‌ها، رویکردها و روش‌های آموزش جدید را بشناسند و از فناوری استفاده کنند و بتوانند یادگیری در علوم تجربی را در بین دانش‌آموزان متوسطه اول رواج دهند. این دوره، دوره حساسی است. پس از دوره شش ساله ابتدایی است. در

براساس نتایج به‌دست آمده از تحلیل‌های انجام‌شده بر روی مصاحبه‌ها، کدهای اولیه (مضامین پایه) استخراج شد، سپس با طبقه‌بندی این دسته از کدها (مضامین پایه)، مضامین سازمان‌دهنده احصاء شد. با ایجاد رابطه میان مقوله‌ها، نظریه‌ها شکل گرفت و عامل‌های تأثیرگذار (مضامین فراگیر) بر آموزش علوم تجربی دوره اول متوسطه مبتنی بر TPASK پدیدار شد که یکی از این عامل‌ها، دانش پداگوژی معلم است. این عامل مشتمل بر مقولاتی همچون: آموزش اثربخش، اهداف و آرمان‌های یاددهی-یادگیری، شناخت یادگیری و یادگیرندگان و مدیریت کلاس درس است؛ یعنی اینکه یک معلم (دبیر) توانمند باید بتواند در جهت تدریس اثربخش گام‌های مؤثری بردارد؛ در این جهت باید توانایی شناخت اهداف و آرمان‌های یاددهی-یادگیری و یادگیری و یادگیرندگان را داشته باشد و مدیریت کلاس و کلاس‌داری را به‌نجوی مطلوب در فضای کلاس درس به منصه ظهور بگذارد. در خصوص شناخت یادگیری و یادگیرندگان مصاحبه‌شونده کد ۳ به موضوع مهمی اشاره می‌کند و بیان می‌دارد: «ما آنچه که تجربه حقیر نشان می‌دهد، این است که دانش‌آموزان بدون در نظر گرفتن آزمون‌های نمونه دولتی و تیزهوشان، به‌شدت علاقه‌مند استفاده از روش‌های نوین در تدریس بوده و تشنه استفاده از فناوری‌های جدید هستند و معلم باید تلاش برای بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و تکنولوژی‌های آموزشی برای اثربخش‌تر کردن آموزش کند». یا این‌که در زمینه مدیریت کلاس درس از سوی معلم (دبیر)، مصاحبه‌شونده کد ۱۱ اذعان دارد که: «مشارکت فعال دانش‌آموزان در کلاس درس، کمک می‌کند به یادگیری بهتر بچه‌ها، معلمان باید بتوانند آنها را در کلاس درس فعال نگه بدارند. چیزی که می‌تونه خیلی به این کمک کنه، استفاده از فناوری است».

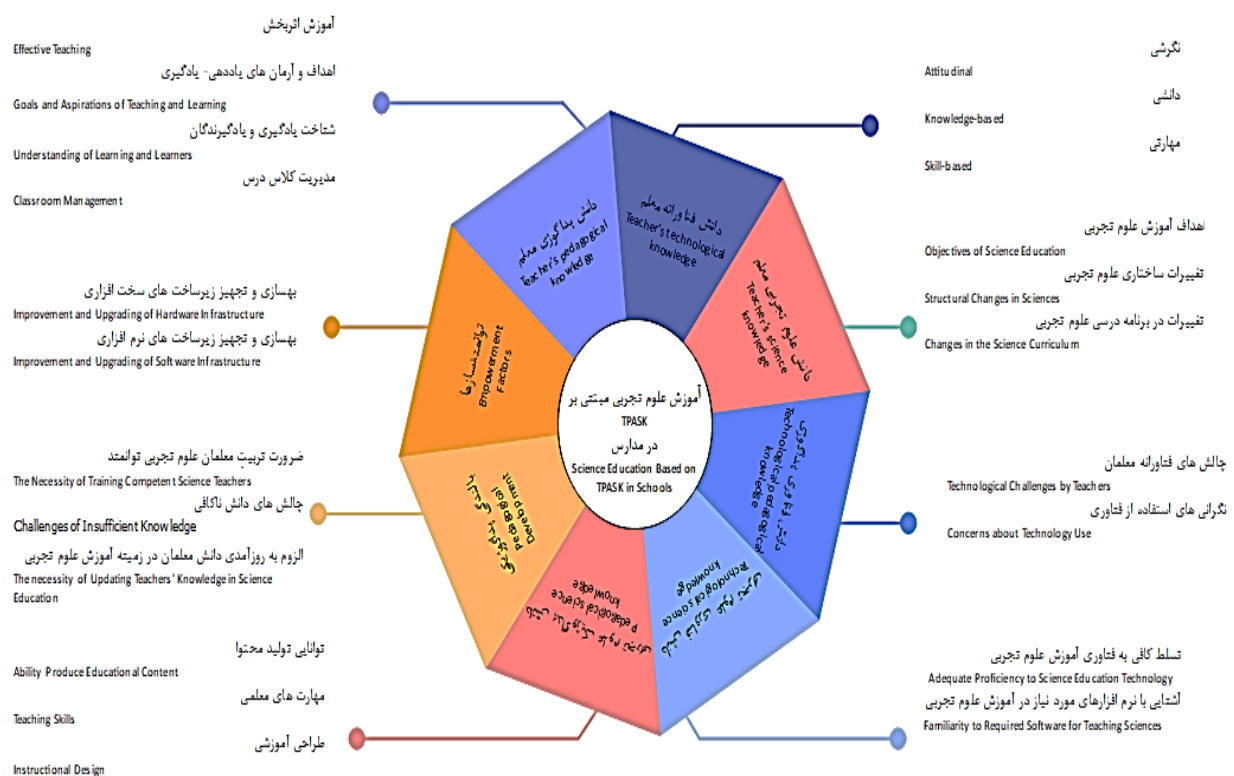
عامل بعدی، دانش فناورانه معلم هست که شامل مقولات نگرشی، دانشی و مهارتی است. این مضامین فرعی به این موضوع اشاره دارند که معلم برای آموزش مؤثر با به‌کارگیری فناوری، می‌بایست نگرشی مثبت نسبت به فناوری در او ایجاد شود و همچنین دانش و مهارت لازم در این زمینه را نیز کسب نماید. در همین رابطه مصاحبه‌شونده کد ۶ تأکید می‌نماید که «لازمه آموزش کتاب‌های علوم تجربی با استفاده از روش‌های جدیدی که هست، داشتن آگاهی و مهارت است در بین معلمان که این درس تدریس می‌کنند در زمینه اجرای کلاس فناورانه». همچنین مصاحبه‌شونده کد ۵ بیان می‌دارد: «در شبیه‌سازی عناصر دنیای واقعی ساده شده و به‌شکل قابل استفاده در کلاس و محیط آموزش می‌آیند. به عبارتی، سعی می‌شود تا عناصر آن‌قدر به شرایط واقعی نزدیک شده و با آن مشابهت داشته باشند که مفاهیم درس و راه‌حل‌های ایجاد شده به دنیای واقعی نزدیک باشند، این مهارت را معلم باید بلد باشد تا بتواند خلاقیت در دانش‌آموزان ایجاد کند». دیگر عاملی که در شکل‌گیری شبکه مضامین به آن دست یافته شد؛ عامل دانش محتوایی علوم تجربی از سوی معلم این درس است. ذیل این عامل نیز مقولاتی مانند: اهداف آموزش علوم تجربی، تغییرات ساختاری علوم تجربی و تغییرات در برنامه درسی علوم تجربی جای گرفته است. در همین رابطه مصاحبه‌شونده کد

داده‌ها را تأیید کرد. آزمون تی-تک‌نمونه‌ای نیز نشان از مناسب بودن وضعیت موجود مؤلفه‌ها دارد. نظر به اینکه سطح معناداری برای تمامی متغیرها کوچک‌تر از ۰/۰۵ بود؛ بنابراین فرض برابری میانگین با مقدار متوسط (۳) رد می‌شود. با توجه به مقادیر میانگین‌ها (همه مقادیر میانگین‌ها بالاتر از ۴ بود)، وضعیت تمامی متغیرهای تحقیق بالاتر از سطح متوسط و در حد مطلوب بود. نمره آماره تی و انحراف معیار برای دانش‌پدگویی معلم برابر با (۰/۳۶۶، ۲۹/۰۲)، دانش فناوری (۰/۴۷۳، ۵۶/۲۱)، دانش علوم تجربی (۰/۶۳، ۱۲/۳۹)، دانش فناوری (۰/۶۴، ۱۱/۶۶)، دانش فناوری علوم تجربی (۰/۶۴، ۱۴/۶۲)، دانش پداگوژیکی علوم تجربی (۰/۴۸، ۲۱/۱۳)، بالندگی پداگوژیکی (۰/۵۲، ۱۷/۳۱) و توانمندسازها (۰/۵۹، ۱۴/۹۸) گزارش شد. همچنین جهت ارزیابی برازش مدل پیشنهادی از روش مدلیابی معادلات ساختاری با رویکرد حداقل مربعات جزئی با نرم‌افزار اسمارت پی‌ال‌اس استفاده شد. پس از اصلاح مدل، نتایج تحلیل عاملی تأییدی مرتبه دوم نشان داد که همه متغیرهای مشاهده‌پذیر دارای بار عاملی بالاتر از ۰/۵۰ روی متغیر مکنون متناظر خود بوده و بین آنها رابطه معناداری وجود دارد (شکل ۲).

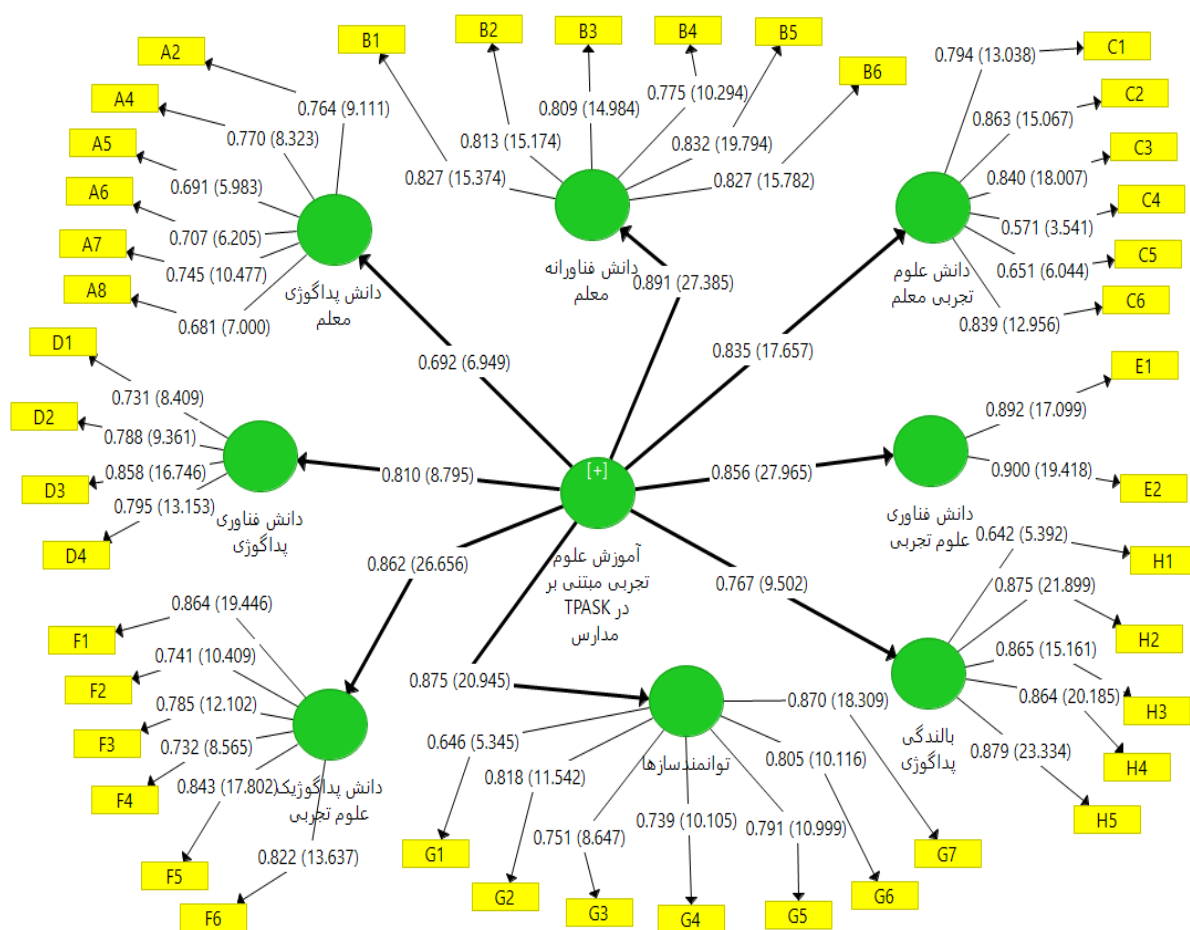
شکل‌گیری شخصیت آنها نقش دارد». همچنین توانمندسازها، یکی از عواملی بود که پس از کدگذاری انتخابی تبیین شد. این عامل به سازوکارهایی اشاره دارد که توسعه و فراهم‌آوری آنها می‌تواند در جهت اثربخشی آموزش علوم تجربی با رویکرد فناورانه به معلم کمک‌های شایانی کند که به مقولاتی همچون بهسازی و تجهیز زیرساخت‌های سخت‌افزاری و بهسازی و تجهیز زیرساخت‌ها نرم‌افزاری اشاره دارد. در این رابطه نیز مصاحبه‌شونده کد ۱۳ بیان می‌دارد که «اگر می‌خواهیم که علوم در مدارس خوب تدریس بشود، پیشنهاد من این است که یک کلاسی به شکل کارگاهی برای درس علوم اختصاص بدهند و تجهیزش کنند».

پس از احصای عناصر تشکیل‌دهنده الگوی آموزش علوم تجربی مدارس در دوره اول متوسطه مبتنی بر رویکرد TPASK، گروه کانونی با حضور محققین و ۳ نفر همکار مسلط به فعالیت‌های پژوهشی در حوزه مطالعات کیفی و مرتبط با موضوع تحقیق تشکیل شد. حاصل بررسی‌های این گروه، شکل ۱ متشکل از ۸ مضمون فراگیر و ۲۲ مضمون سازمان‌دهنده نهایی‌سازی و ترسیم شد (شکل ۱).

در بخش اعتبارسنجی، نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف نرمال بودن



شکل ۱: الگوی آموزش علوم تجربی مدارس در دوره اول متوسطه مبتنی بر رویکرد TPASK
Fig. 1: The Pattern of Teaching Natural Sciences in Middle School Based on the TPASK Approach



شکل ۲: مقادیر بارهای عاملی و ضرایب‌های مسیر در مدل معادلات ساختاری

Fig. 2: Values of factor loadings and path coefficients in the structural equation model

جدول ۵: خلاصه شاخص‌های برازش مدل اندازه‌گیری

Table 2: Summary of fit indices of the measurement model

شاخص برازش Fit indices			ابعاد در مدل Dimensions in the model
روایی همگرا (بزرگ‌تر از ۰.۵) Convergent validity (Higher than 0.5)*	ضریب پایایی ترکیبی (بزرگ‌تر از ۰.۷) Composite reliability coefficient (Higher than 0.7)	ضریب آلفای کرونباخ (بزرگ‌تر از ۰.۷) Cronbach's alpha coefficients (Higher than 0.7)	
۰.۶۸۹	۰.۹۱۶	۰.۸۸۳	۱. بالندگی پداگوژیک Pedagogical Development
۰.۶۰۴	۰.۹۱۴	۰.۸۸۹	۲. توانمندسازها Empowerment Factors
۰.۵۸۹	۰.۸۹۴	۰.۸۵۴	۳. دانش علوم تجربی معلم Teacher's science knowledge
۰.۶۲۲	۰.۹۲۲	۰.۸۹۸	۴. دانش فناوریانه معلم Teacher's technological knowledge
۰.۸۰۳	۰.۸۹۱	۰.۷۵۵	۵. دانش فناوری علوم تجربی Technological science knowledge
۰.۶۳۱	۰.۸۲۷	۰.۸۰۴	۶. دانش فناوری پداگوژی Technological pedagogical knowledge
۰.۵۲۹	۰.۸۷۱	۰.۸۲۱	۷. دانش پداگوژی معلم Teacher's pedagogical knowledge
۰.۶۳۹	۰.۹۱۴	۰.۸۸۶	۸. دانش پداگوژیک علوم تجربی Pedagogical science knowledge

* برای ارزیابی روایی همگرا از معیار میانگین واریانس استخراج شده (AVE) استفاده می‌شود.

تأیید می‌کند. مقادیر شاخص F2 که شدت رابطه میان مؤلفه‌های الگو را تعیین می‌کند، نیز بیانگر مناسب بودن شاخص است. در بررسی کلی مدل، همان‌گونه که مندرجات جدول شماره ۷ نشان می‌دهد؛ تمامی هشت عامل مورد بررسی بر آموزش علوم تجربی مبتنی بر TPASK در مدارس دوره اول متوسطه (با توجه به اینکه مقادیر t ضرایب هر یک از مسیرها بالاتر از ۱/۹۶ است) تأثیر معناداری دارند. با توجه به مقادیر بارهای عاملی، دانش فناوریانه معلم (۰/۸۹۱) در رتبه اول، توانمندسازها (۰/۸۷۵) در رتبه دوم و دانش پداگوژیک علوم تجربی (۰/۸۶۲) در رتبه سوم تأثیرگذاری قرار دارد. همچنین شاخص کلی برازش مدل (معیار GOF) نیز ۰/۶۶۸ به دست آمد. با توجه به اینکه مقادیر ۰/۱۰، ۰/۲۵ و ۰/۳۶ به ترتیب ضعیف، متوسط و قوی در نظر گرفته شده است، این مقدار مبین کیفیت قابل قبول کلی مدل در سطح قوی است.

نتایج جدول (۵) نشان می‌دهد که نتایج مدل اندازه‌گیری متغیرهای تحقیق، حاکی از قابل قبول بودن شاخص‌های آلفای کرونباخ، ضریب پایایی ترکیبی و روایی همگرا است. نتایج مبین این است که تمامی متغیرها در شرایط قابل قبولی قرار دارند.

همان‌طور که از داده‌های جدول شماره ۶ مشخص است، جذر میانگین واریانس استخراج شده برای هر متغیر بیشتر از همبستگی آن متغیر با سایر متغیرها است؛ بنابراین روایی واگرا (تشخیصی) متغیرهای پژوهش برای تحلیل عاملی مورد تأیید است. مقدار R^2 محاسبه شده برای سازه‌های درون‌زای تحقیق حاکی از مناسب بودن برازش مدل ساختاری است. مقدار معیار Q2 (معیار استون- گیزر) (Stone-Gieser) محاسبه شده نشان‌دهنده قدرت پیش‌بینی مناسب مدل در خصوص سازه‌های درون‌زای تحقیق است که برازش مناسب مدل ساختاری را

جدول ۶: بررسی شاخص‌های ارزیابی ساختار

Table 6: Evaluation Criteria for Structure Assessment

متغیر Variable	شاخص‌های آزمون مدل ساختاری و اندازه تأثیر F2 Structural model test indices and F2 effect size			روایی واگرا به روش فورنل و لاکر Divergent validity by Fornell and Locker method							
	F2	Q2	R2	1	2	3	4	5	6	7	8
1. بالندگی پداگوژیک Pedagogical Development	1.428	0.291	0.576	0.830							
2. توانمندسازها Empowerment Factors	3.263	0.445	0.760	0.724	0.777						
3. دانش علوم تجربی معلم Teacher's science knowledge	2.306	0.302	0.691	0.501	0.627	0.768					
4. دانش فناوریانه معلم Teacher's technological knowledge	3.841	0.509	0.789	0.655	0.648	0.698	0.814				
5. دانش فناوری علوم تجربی Technological science knowledge	2.748	0.561	0.727	0.634	0.765	0.701	0.734	0.896			
6. دانش فناوری پداگوژی Technological pedagogical knowledge	1.902	0.389	0.647	0.551	0.619	0.718	0.734	0.763	0.794		
7. دانش پداگوژی معلم Teacher's pedagogical knowledge	0.921	0.417	0.467	0.294	0.559	0.695	0.618	0.398	0.440	0.727	
8. دانش پداگوژیک علوم تجربی Pedagogical science knowledge	2.902	0.423	0.738	0.675	0.675	0.580	0.747	0.773	0.624	0.516	0.799

* سه مقدار 0.19 (ضعیف)، 0.33 (متوسط) و 0.67 (درخور توجه) برای R^2 ؛ سه سطح 0.02 (ضعیف)، 0.15 (متوسط) و 0.35 (قوی) برای Q2 و سه مقدار 0.02، 0.15 و 0.35 مبین اندازه تأثیر F2 به ترتیب کوچک، متوسط و بزرگ است. اعداد 1 تا 8 مبین شماره متغیرها است.

* The three values 0.19 (weak), 0.33 (moderate), and 0.67 (substantial) represent the thresholds for R^2 ; the three levels 0.02 (weak), 0.15 (moderate), and 0.35 (strong) correspond to the thresholds for Q^2 , and the three values 0.02, 0.15, and 0.35 represent the effect sizes of F^2 , indicating small, medium, and large effects, respectively. Numbers 1 through 8 represent the variables numbers.

جدول ۷: مقادیر آماره T و نتایج آزمون مدل در سطح اطمینان ۹۵ درصد
Table 7: T statistic values and model test results at 95% confidence level

مسیر Route	ضریب مسیر (β) Path coefficient (β)	آماره T Test T	ارزش P P Value	نتیجه آزمون Test Result
۱. بالندگی پداگوژیک ← آموزش علوم تجربی مبتنی بر TPASK در مدارس Pedagogical Development ← Science Education Based on TPASK in Schools	0.767	9.502	0.000	تأیید Confirmation
۲. توانمندسازها ← آموزش علوم تجربی مبتنی بر TPASK در مدارس Empowerment Factors ← Science Education Based on TPASK in Schools	0.875	20.945	0.000	تأیید Confirmation
۳. دانش علوم تجربی معلم ← آموزش علوم تجربی مبتنی بر TPASK در مدارس Teacher's science knowledge ← Science Education Based on TPASK in Schools	0.835	17.657	0.000	تأیید Confirmation
۴. دانش فناوریانه معلم ← آموزش علوم تجربی مبتنی بر TPASK در مدارس	0.891	27.385	0.000	تأیید

مسیر Route	ضریب مسیر (β) Path coefficient (β)	آماره T Test T	ارزش P P Value	نتیجه آزمون Test Result
Teacher's technological knowledge ← Science Education Based on TPASK in Schools	0.856	27.965	0.000	تأیید Confirmation
Technological science knowledge ← Science Education Based on TPASK in Schools	0.810	8.795	0.000	تأیید Confirmation
Technological pedagogical knowledge ← Science Education Based on TPASK in Schools	0.692	6.949	0.000	تأیید Confirmation
Teacher's pedagogical knowledge ← Science Education Based on TPASK in Schools	0.862	26.656	0.000	تأیید Confirmation
Pedagogical science knowledge ← Science Education Based on TPASK in Schools				

بحث و نتیجه‌گیری

مورد مدل‌سازی راه‌حل‌های ریاضی و سازمان‌دهی آموزش به‌گونه‌ای که مهارت‌ها به‌تدریج کسب شوند، با دانش پداگوژی در ارتباط است و زوهار و شوارتزر (Zohar & Schwartz) [۵۲] در زمینه ارزیابی دانش پداگوژی معلمان به مفاهیمی همچون فراوانی تکالیفی که نیاز به تفکر سطح بالا داشتند، تنوع استراتژی‌های تفکری که معلمان در طول دروس خود به آن‌ها پرداخته بودند، مشارکت دانش‌آموزان در تفکر فراشناختی و استفاده از زبان تفکر در کلاس درس اشاره دارند. مالوا (Malva) و همکاران [۵۳] دانش پداگوژی معلم را مشتمل بر دانش تدریس، مدیریت کلاس و کمک به روند رشد دانش‌آموز دانسته‌اند. همچنین مارتینز-بیلو (Martínez-Bello) و همکاران [۵۴] عواملی همچون عدم کسب دانش محتوا، عدم داشتن اعتماد به‌نفس، عدم داشتن علاقه و فقدان کسب دانش در زمینه موضوع برنامه درسی را به‌عنوان موانع توسعه حرفه‌ای معلمان قلمداد می‌کنند و عوامل تسهیل‌کننده‌ای مانند تعامل بین گروه‌های معلمان، انگیزه درونی شخصی، آموزش‌های پیش از خدمت و ضمن خدمت و احساس مسئولیت حرفه‌ای معلمان برای اصلاح واقعیت موجود در محیط آموزشی برای ایجاد شیوه‌های مثبت و مؤثرتر را پیشنهاد می‌نمایند.

در خصوص دانش فناوریانه معلم باید اذعان داشت که در جهان معاصر، فناوری به‌عنوان یک عنصر کلیدی در فرآیند آموزش و یادگیری شناخته می‌شود. دانش فناوری به توانایی معلمان در درک و استفاده مؤثر از فناوری‌های نوظهور در جهت بهبود شیوه‌های تدریس و یادگیری اشاره دارد. این دانش به‌خصوص در زمینه برنامه‌ریزی درسی و چگونه‌سازی محتوای آموزشی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از فناوری‌ها، باعث جذابیت‌سازی کلاس درس، بروز خلاقیت‌ها، ایجاد میل و رغبت بیشتر نسبت به آموزش و یادگیری و درک عینی‌تر و ملموس‌تر مفاهیم و موضوعات علوم تجربی در دانش‌آموزان می‌شود. علاوه بر این، استفاده از فناوری‌های آموزشی در تدریس می‌تواند زمینه افزایش انگیزه و خلاقیت در معلمان را نیز فراهم آورد. از آنجا که دانش‌آموزان به‌صورت چشمگیری با فناوری‌های دیجیتال آشنا هستند؛ لذا معلمان باید توانایی استفاده از این فناوری‌ها را برای ترویج یادگیری معنادار و فعال داشته باشند و ضمن داشتن آگاهی و مهارت لازم در زمینه اجرای کلاس فناوریانه، دانش استفاده از فناوری در تدریس و نگرش لازم نسبت به قابلیت‌های فناوری‌های آموزشی و نقش فناوری در یادگیری

هدف پژوهش حاضر، ارائه چارچوبی مبتنی بر رویکرد TPASK در آموزش علوم تجربی مدارس دوره اول متوسطه در راستای توسعه حرفه‌ای معلمان علوم تجربی بوده است. با استناد به یافته‌های پژوهش، آموزش علوم تجربی با رویکرد TPASK با ۸ مضمون فراگیر، ۲۲ مضمون سازمان‌دهنده و ۱۶۹ مضمون پایه تحت مدلی ترسیم شد. بنابراین مدل ترسیمی، نتایج نشان می‌دهد آموزش علوم تجربی مبتنی بر رویکرد TPASK با مقوله‌های دانش پداگوژی معلم، دانش فناوریانه معلم، دانش علوم تجربی معلم، دانش فناوری پداگوژی، دانش فناوری علوم تجربی، دانش پداگوژیک علوم تجربی، بالندگی پداگوژیک و توانمندسازها قابل تبیین است. در این راستا می‌توان عنوان کرد که، دانش پداگوژی معلم، هسته مرکزی توسعه حرفه‌ای معلم محسوب می‌شود و به مجموعه‌ای از اطلاعات و تجربیات اشاره دارد که معلمان برای تدریس مؤثر و مناسب می‌بایست در اختیار داشته باشند. این دانش، فراتر از روش‌های تدریس صرف، به درک عمیق فرآیند یاددهی-یادگیری، شناخت دانش‌آموزان و چگونگی سازگاری روش‌های آموزشی با نیازهای فردی و گروهی آن‌ها در راستای مدیریت بهینه کلاس اشاره دارد. معلم باید بتواند با شناخت سبک‌های یادگیری و سطح شناختی دانش‌آموزان، رویکردهای آموزشی مؤثرتر را براساس اهداف آموزشی و محتوای درس در جهت عینی‌سازی و ملموس‌سازی آموزش، نزدیک‌نمودن مفاهیم آموخته‌شده و راه‌حل‌های ایجادشده به دنیای واقعی و تسهیل و تعمیق یادگیری علوم تجربی برای آموزش اثربخش‌تر این درس به‌منظور تربیت نسلی خلاق و با تفکر منطقی که بتوانند آگاهانه تصمیم بگیرند، انتخاب نمایند و یک محیط یادگیری خوب را برای دانش‌آموزان مهیا کند. ایجاد فرصت‌های چالش‌برانگیز، ایجاد تعامل بین دانش‌آموزان، مشارکت‌دادن دانش‌آموزان در امور کلاس درس و استفاده از رویکرد ساختن‌گرایی می‌تواند در این مسیر به معلم کمک کند. البته معلم باید با داشتن توانایی لازم در اداره کلاس درس، بتواند این چالش‌ها را در بین دانش‌آموزان به‌نحو شایسته‌ای مدیریت کند. دانش‌آموزان معمولاً از انجام کارهای عملی در کلاس درس و استفاده از فناوری‌ها و رویکردهای نوین آموزش علوم تجربی در جهت یادگیری استقبال می‌کنند، معلم باید بتواند در این راستا اقدامات مؤثری به‌انجام رساند. همسو با این مطالعه، کمبل (Campbell) و همکاران [۵۱] استدلال می‌کنند که باورهای معلمان در

آموزشی در برخی از معلمان در جهت استفاده از این فناوری‌ها است. در شرایط همه‌گیری کرونا در جهت تدریس، برخی از معلمان دغدغه‌مندانه به موضوع می‌نگریستند؛ اما معلمانی که آشنایی و تسلط کافی بر فناوری‌های آموزشی داشتند، در تولید محتوای آموزشی موفق‌تر عمل کرده و تدریس اثربخش‌تری را به اجرا گذاشتند. همچنین نگرانی‌های مرتبط با استفاده از فناوری در آموزش نیز قابل توجه است. نگرانی‌هایی که منشعب از باورهای برخی از معلمان، اولیا و ارکان مدرسه است و به‌عنوان مانعی در برابر کسب تجارب دست اول و تأثیر فناوری بر تعاملات و ارتباطات دانش‌آموزان در کلاس درس تلقی می‌شود. همسو با این مطالعه، نتایج پژوهش هیتینک (Heitink) و همکاران [۵۸] نشان داد که معلمان از فاوا برای تسهیل راهبردهای آموزشی مانند فعال‌سازی یادگیری، مدیریت کلاس، تطبیق تدریس با نیازهای دانش‌آموزان و تقویت استراتژی‌های یادگیری استفاده می‌کنند. یافته‌های مطالعه والتون (Valtonen) و همکاران [۵۹] نشان می‌دهد که باید توجه بیشتری به توسعه دانش فناوری پداگوژیکی دانشجومعلمان معطوف شود. یافته‌های پژوهش‌های هرناندز-راموس و همکاران [۲۹]، هرناندز-راموس و همکاران [۳۰]، ماگوت و فاخاردو [۳۲]، رودریگز-بچرا و همکاران [۳۳]، جیمویانیس [۱۱] نیز با این یافته از مطالعه حاضر هم‌راستا است. دانش فناوری علوم تجربی به‌معنای آشنایی و توانایی استفاده از ابزارها و فناوری‌های نوین در فرآیند تدریس و یادگیری درس علوم تجربی است. این دانش شامل درک عمیق از ابزارها و نرم‌افزارهای فناوری، توانایی طراحی فعالیت‌های یادگیری مبتنی بر فناوری و ایجاد محیط‌های یادگیری پویا و تعاملی در حوزه آموزش علوم تجربی است. دبیران علوم تجربی به واسطه به‌کارگیری فناوری‌های نوین، می‌توانند چالش‌های سنتی آموزش علوم تجربی را برطرف کنند؛ به‌عنوان مثال استفاده از شبیه‌سازی‌های تعاملی و یا تکنیک‌های نقشه‌برداری مفهومی، نرم‌افزارهای تعاملی سه‌بعدی، واقعیت مجازی و واقعیت افزوده، نرم‌افزارهای مربوط به ترسیم درخت فیلولونی و چندرسانه‌ای و به‌ویژه ابزارهای هوش مصنوعی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مفاهیم پیچیده‌ای چون فرایندهای شیمیایی و مفاهیم زیست‌شناسی را بهتر درک کنند و از این طریق مفاهیم علوم تجربی را به‌طور دقیق‌تر و درست‌تر بیاموزند تا مانع شکل‌گیری کج‌فهمی و بدفهمی در ذهن آنان شود. البته معلمان می‌بایست، ضمن آشنایی با این نرم‌افزارها و فناوری‌ها بر آنها نیز تسلط کافی داشته باشند و قادر به طراحی طرح درس براساس رویکرد TPASK باشند. در تأیید این بخش از مطالعه، رودریگز-بچرا و همکاران [۳۳] اذعان می‌دارند که دانشجومعلمان شیمی در ابتدا دانش فناوری علوم تجربی را کسب نمودند و سپس دیگر عناصر TPASK را در خود توسعه دادند. همچنین این یافته با مطالعات هرناندز-راموس و همکاران [۲۹]، هرناندز-راموس و همکاران [۳۰]، ماگوت و فاخاردو [۳۲]، جیمویانیس [۱۱] همسو است. آموزش علوم تجربی به‌عنوان یکی از حوزه‌های کلیدی در نظام‌های آموزشی، نیازمند رویکردی پداگوژیکی است که نه تنها دانش‌آموزان را در فهم عمیق‌تر مفاهیم علمی یاری کند؛

دانش‌آموزان را نیز داشته باشند. همسو با این یافته، کورنیاسیخ (Kurniasih) [۵۵] اظهار می‌دارد که تلفیق فناوری در آموزش زمینه بهبود مشارکت دانش‌آموزان و نتایج یادگیری را فراهم می‌آورد. در مطالعه ریتونگا (Ritonga) و همکاران [۵۶] نیز بر توسعه حرفه‌ای مداوم، برای ارتقای دانش فناوریانه تأکید شده است. از دیگر مطالعات هم‌راستا با مطالعه حاضر، می‌توان به پژوهش‌های هرناندز-راموس و همکاران [۲۹]، هرناندز-راموس و همکاران [۳۰]، ماگوت و فاخاردو [۳۲]، رودریگز-بچرا و همکاران [۳۳] و جیمویانیس [۱۱] اشاره کرد. دانش محتوایی علوم تجربی معلم نیز به‌عنوان یک بُعد کلیدی از شایستگی‌های حرفه‌ای معلمان، نقش مهمی در افزایش کیفیت آموزش و یادگیری در کلاس‌های علوم تجربی دارد. این مقوله به درک عمیق معلمان از محتوای آموزشی علوم تجربی و مفهوم‌سازی آن در فرآیند تدریس اشاره دارد. این دانش شامل محتوای علمی، نظریه‌ها و فرایندهای علمی، مفاهیم کلیدی و روابط بین این مفاهیم است که معلمان باید به‌خوبی آن‌را فراگرفته و بتوانند به‌شیوه‌ای جذاب و معنادار آن‌را به دانش‌آموزان انتقال دهند. با توجه به تحولات فزاینده در حوزه علوم تجربی، معلمان باید در راستای پاسخ‌گویی به اهداف آموزشی و نیازهای دانش‌آموزان در جهت کسب مهارت‌های ضروری برای یادگیری پایدار، به‌صورت مدام به دانش محتوایی و دانش موضوعی خود بیفزایند. اما تغییرات ساختاری آن، به‌روزرسانی محتوای علمی و متناسب‌سازی برنامه درسی و محتوا با اجرای رویکردهای نوین آموزش و یادگیری لازم و ضروری است. در عصر جدید مهارت‌ورزی در آموزش علوم تجربی، امری مهم به‌شمار می‌رود؛ لذا در این زمینه متناسب‌سازی محتوا و برنامه درسی می‌تواند در جهت اجرای آن مؤثر واقع شود. هم‌راستا با این مطالعه، مارتینز-بیلو و همکاران [۵۴] تأکید دارند که استانداردسازی برنامه‌های درسی در توسعه دانش پداگوژی معلم و آموزش و یادگیری درس علوم تجربی نقش دارد. همسو با این مطالعه، رابینسون (Robinson) [۵۷] به نقش دانش محتوای علمی معلمان در انتقال مفاهیم پیچیده به دانش‌آموزان و اثربخشی در فرآیند یاددهی - یادگیری اشاره دارند. همچنین مطالعات هرناندز-راموس و همکاران [۲۹]، هرناندز-راموس و همکاران [۳۰]، ماگوت و فاخاردو [۳۲]، رودریگز-بچرا و همکاران [۳۳]، جیمویانیس [۱۱] با این بخش از مطالعه همسو هستند.

دانش فناوری پداگوژیکی، امکان هم‌افزایی دانش محتوایی و فناوری را فراهم می‌آورد و به بهبود فرآیند یادگیری کمک می‌کند. در عصر فاوا و در جهت آموزش اثربخش، نیاز به درک عمیق از تعامل فناوری، محتوا و روش‌های تدریس وجود دارد. دانش فناوری پداگوژیکی به معلمان این توانایی را می‌دهد که ضعف‌های روش‌های سنتی تدریس را شناسایی کرده و با استفاده از فناوری‌های نوین، راهکارهای مؤثرتری را برای تدریس محتوای علمی ارائه نمایند، تجربه یادگیری دانش‌آموزان را غنی‌تر سازند و به نیازهای متنوع آنان پاسخ دهند. اما با ظهور و گسترش فناوری‌های نوین در عرصه آموزش، معلمان نیز با چالش‌های متعددی روبرو بوده‌اند. یکی از مهم‌ترین این چالش‌ها، عدم تسلط بر فناوری‌های

مادام‌العمر در توسعه شایستگی معلمان برای پاسخ به نیازهای آموزشی جامعه در حال رشد و آماده‌سازی شهروندان عصر جدید اقدام نماید. در مقام جمع‌بندی، رویکرد TPASK امکان یکپارچگی مؤلفه‌های آموزشی را فراهم می‌آورد و معلمان را برای استفاده بهینه از فناوری در تدریس آماده می‌سازد. از آن‌جاکه در این رویکرد، تأکید بر یادگیری و تدریس علوم تجربی با به‌کارگیری فناوری‌های نوین آموزشی است؛ به همین خاطر در این مطالعه برای این بخش از یافته‌ها فرامضمون توانمندسازها تبیین شد که فراهم‌آوری زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری فرآیند تدریس می‌تواند به ایجاد محیطی مناسب برای آموزش علوم تجربی منجر شود. لازم به ذکر است که، بدون توجه به این توانمندسازها، اجرای مؤثر چارچوب TPASK با چالش‌های جدی مواجه خواهد شد. بنابراین، بهسازی و تجهیز زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مانند ابزارهای لازم برای بکارگیری واقعیت افزوده و مجازی، تغییر ساختار فیزیکی کلاس‌های درس علوم تجربی، توسعه آزمایشگاه‌ها و کتابخانه‌های مجازی، داشتن آزمایشگاه PhET، هوشمندسازی کلیه کلاس‌های درس و ... پیش‌نیاز مهم و اساسی برای توسعه حرفه‌ای معلمان و موفقیت این چارچوب در آموزش علوم تجربی است. در تأیید این بخش از یافته‌های مطالعه حاضر، در پژوهش زمانی و همکاران [۶۳] استفاده از فناوری‌های سخت و نرم‌افزاری و چگونگی پیاده‌سازی آن‌ها در قالب مؤلفه‌های تفکر انتقادی در کتاب درسی علوم تجربی مورد تأکید قرار گرفته است. در مطالعه زبردیان و نیلی‌احمدآبادی [۶۴] نیز تأثیر کاربرد فاوا به‌عنوان روش مبتنی بر سازنده‌گرایی بر یادگیری فعال درس علوم تجربی دانش‌آموزان تأیید شده است. سیدفدایی [۶۵] در مطالعه‌ای ضمن ضرورت دانستن توجه به استفاده از فناوری‌های آموزشی نوین در برنامه درسی علوم تجربی، اظهار داشته است که می‌بایست، شیوه‌های تدریس با مواد فناورانه ترکیب شود. همچنین در بررسی بخش کمی مشخص شد که، چارچوب پیشنهادی آموزش علوم تجربی در مدارس مبتنی بر رویکرد TPASK در ابعاد مختلف آن از اعتبار بالایی برخوردار است و با توجه به مقادیر میانگین‌ها و سطح معناداری آنها، وضعیت تمامی متغیرهای تحقیق در حد مطلوب بود که نشان‌دهنده تأیید الگوی آموزش علوم تجربی مدارس در دوره اول متوسطه مبتنی بر رویکرد TPASK است.

در نهایت، باید گفت که چارچوب TPASK برای افزایش توسعه حرفه‌ای معلمان علوم تجربی، به‌ویژه در تلفیق فاوا با شیوه‌های تدریس آن‌ها طراحی شده است. در این پژوهش نیز با تأسی از این رویکرد، اقدام به طراحی و اعتباریابی الگویی برای آموزش علوم تجربی در مدارس دوره اول متوسطه شد. این الگو با در نظر گرفتن ابعاد مختلف دانش معلمان، شامل دانش پداگوژیکی، دانش فناورانه، دانش علوم تجربی، دانش فناوری پداگوژی، دانش فناوری علوم تجربی و دانش پداگوژیک علوم تجربی به صورت ساختاریافته و منسجم به درک بهتر و ارتقای کیفیت تدریس علوم تجربی کمک می‌کند و می‌تواند به ایجاد یک بستر آموزشی مناسب، کارآمد و مؤثر منجر شود. با این وصف، فرامضامینی مانند دانش فناوری

بلکه آن‌ها را برای تفکر انتقادی و حل مسئله آماده سازد. در واقع، دانش پداگوژیک علوم تجربی به‌معنای فهم عمیق معلم از چگونگی انتقال مفاهیم علمی به دانش‌آموزان، آگاهی در زمینه طراحی سؤالات اثربخش در ارزشیابی دانش‌آموزان، کسب مهارت‌های دانش پداگوژیک معلمی، مجهز شدن به مهارت انتخاب فنون تدریس متناسب با محتوا و موضوعات آموزشی، توانایی تولید محتوا با استفاده رویکردهای آموزشی نوین و توانایی طراحی آموزشی با بکارگیری رویکرد نوین آموزشی است. دانش پداگوژیک، به‌عنوان پایه‌ای برای طراحی و اجرای فرایندهای آموزشی در آموزش علوم تجربی، می‌تواند به‌عنوان چارچوبی برای بهبود روش‌های آموزشی معلمان و یادگیری دانش‌آموزان در علوم تجربی عمل کند. همسو با این قسمت از مطالعه، جیمویانیس [۱۱] استدلال می‌کند که مجموعه دانش پداگوژیک علوم تجربی شامل شناخت استراتژی‌ها و تکنیک‌های آموزشی و یادگیری، دانستن اصول تربیتی، بازنمایی مفاهیم علمی، شکل‌دهی به مفاهیم علمی، شناخت عواملی که باعث می‌شود یادگیری این مفاهیم آسان یا دشوار شوند، آگاهی از تصورات نادرست دانش‌آموزان، آگاهی از دانش قبلی یا مشکلات شناختی و یادگیری دانش‌آموزان است. همچنین مطالعات رودریگز-پچرا و همکاران [۳۳]، هرناندز-راموس و همکاران [۲۹]، هرناندز-راموس و همکاران [۳۰]، ماگوت و فاخاردو [۳۲] با این یافته همراستا است.

در عصر حاضر، با تغییرات سریع در نظام‌های آموزشی و نیازهای اجتماعی و اقتصادی، ارتقای دانش پداگوژیک معلمان به‌عنوان امری ضروری تلقی می‌شود که در راستای توسعه حرفه‌ای آنان مؤثر است. در زمینه آموزش علوم تجربی، که بر مبنای ارائه مفاهیم علمی پیچیده و کاربردی است، این نوع دانش اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. معلمان باید قادر باشند مفاهیم را به زبان قابل فهم و جذاب برای دانش‌آموزان بیان کنند و این امر مستلزم تسلط بر دانش علمی و توانمندی‌های پداگوژیک است. با توسعه فناوری‌های آموزشی و تنوع این نوع از فناوری‌ها، برخی از معلمان آگاهی کافی نسبت به تلفیق و به‌کارگیری فناوری‌های آموزشی در تدریس درس علوم تجربی ندارند و بعضاً در یادگیری و استفاده از این فناوری‌ها نیز مقاومت می‌نمایند؛ لذا توسعه دانش پداگوژی معلمان امری ضروری به‌نظر می‌رسد. در این راستا، تربیت معلمان مسلط بر تکنیک‌ها، مهارت‌ها، مدل‌ها، سبک‌ها، رویکردها و روش‌های نوین آموزشی مبتنی بر بستر فاوا لازم و ضروری است که این امر می‌بایست هرچه بیشتر مد نظر متولیان امر در دانشگاه‌های مجری تربیت معلم (دانشگاه فرهنگیان و شهید رجایی) قرار گیرد. این موضوع مورد تأکید مصاحبه‌شوندگان نیز بود و آنان اظهار می‌داشتند که برگزاری دوره‌های ضمن خدمت برای کلیه دبیران علوم تجربی جهت آشنایی و استفاده از فناوری‌های نوپدید و همچنین نحوه تولید محتوای فاواپایه امری ضروری است. همسو با این مطالعه، پورنگ و همکاران [۶۰] و غلامی‌نوباق و همکاران [۶۱] بر لزوم توسعه برنامه‌های حرفه‌ای دانش پداگوژی معلمان تأکید کردند. جبروتی و باقری‌مجد [۶۲] نیز اظهار داشتند که نهاد آموزش و پرورش با ایجاد مهارت‌های یادگیری

منابع و مأخذ

- [1] Raihanah D, Putri NM, Fatmawati TK, Nurjayadi M. Analysis of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) Ability for Prospective Chemistry Teacher Students and Chemistry Teachers: A Literature Review. *Jurnal Pijar Mipa*. 2024;19(1):67-74. <https://doi.org/10.29303/jpm.v19i1.6395>
- [2] Venkateswaran P, Ayasrah FTM, Nomula VK, Paramasivan P, Anand P, Bogeshwaran K. Applications of artificial intelligence tools in higher education. *Data-Driven Decision Making for Long-Term Business Success*: IGI Global; 2024. p. 124-36. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2193-5.ch008>
- [3] Hasas A, Enayat W, Hakimi M, Ahmady E. A Comprehensive Review Of ICT Integration In Enhancing Physics Education. *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*. 2024;2(1):36-44. DOI: 10.30822/magneton.v2i1.3106
- [4] Anastasopoulou E, Tsagri A, Avramidi E, Lourida K, Mitroyanni E, Tsogka D, et al. The Impact of ICT on Education. *Technium Social Sciences Journal*. 2024;58:48-55. DOI: 10.47577/tssj.v58i1.11144.
- [5] De Souza Fn. Science Education With And Through Ict: Curriculum Design And Questioning To Promote Active Learning. *Handbook Of Research On Applied E-Learning In Engineering And Architecture Education*: Igi Global; 2016. P. 1-14.
- [6] Yanti M, Rahayu D, Rabbani A. Analysis of the implementation of science learning based on teachers' technological pedagogical and content knowledge (tpack) capabilities. *Journal of Science Education Research*. 2024;8(1):42-55.
- [7] Kastorff T, Stegmann K, editors. Teachers' technological (pedagogical) knowledge—predictors for students' ICT literacy? *Frontiers in Education*; 2024; 9:1264894.
- [8] Shambare B, Jita T. TPACK: a descriptive study of science teachers' integration of the virtual laboratory in rural school teaching. *Cogent Education*. 2024;11(1):2365110. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2365110>
- [9] Hosseini Z. The comparison between the effect of constructivism and directed instruction on student teachers' technology integration. *New Educational Approaches*. 2016;10(2):21-40. <https://www.sid.ir/paper/201716/fa> [In Persian]
- [10] Jimoyiannis A. Factors determining teachers' beliefs and perceptions of ICT in education. *Encyclopedia of information communication technology*: IGI Global; 2008. p. 321-34.
- [11] Jimoyiannis A. Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development. *Computers & Education*. 2010;55(3):1259-69.

علوم تجربی و دانش پداگوژیک علوم تجربی، نشان‌دهنده تعامل دوسویه بین فناوری و رویکردهای یاددهی-یادگیری است که می‌تواند به افزایش انگیزه و مشارکت دانش‌آموزان در فرآیند یادگیری درس علوم تجربی منجر شود. همچنین، توجه به بالندگی پداگوژی در این چارچوب، تأکید بر توسعه حرفه‌ای و بهبود مستمر فرآیند آموزشی معلمان را به همراه دارد که به آنان این امکان را می‌دهد تا به‌طور مداوم دانش خود را به‌روز کرده و بهبود بخشند و در مقوله توانمندسازها، تأکید و توصیه جدی به فراهم‌آوری زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز در به‌کارگیری فناوری در آموزش می‌شود. بنابراین، مضامین مشخص شده در این الگو، شامل شناخت عمیق از فناوری‌های آموزشی و پیوند آن با اصول پداگوژیک، ابزارهایی را در اختیار معلمان قرار می‌دهد که می‌توانند با استفاده از آن‌ها به ارائه محتوای علمی جذاب‌تری بپردازند و مهارت‌های علمی دانش‌آموزان را ارتقا دهند. همچنین می‌تواند در درک و کاربرد روابط متقابل بین فناوری، آموزش و محتوا در شیوه‌های تدریس به آن‌ها کمک کند که در نهایت به بهبود کیفیت آموزشی و ارتقا و توانمندسازی دانش‌آموزان در یادگیری علوم تجربی منجر شود. به‌لحاظ کاربردی، چارچوب TPACK می‌تواند به‌عنوان یک ابزار راهبردی، مد نظر طراحان برنامه‌های درسی در درس علوم تجربی قرار گیرد. در این رابطه، افزودن درس آزاد جهت آزادی عمل معلم و دانش‌آموز به عنوان تمرینی در به‌کارگیری فناوری در تعیین محتوا و فرآیند یاددهی - یادگیری در درس علوم تجربی می‌تواند مؤثر واقع شود. تأکید مجدد نویسندگان این مقاله، همانند مقالات قبلی بر آموزش و بازآموزی مداوم معلمان علوم تجربی با توجه به نوشتگی محتوای علمی، فناوری‌های آموزشی و ضرورت به‌روزر بودن دانش معلمان است؛ خلأ آموزشی، موضوعی است که ما نویسندگان این مقاله هم در پژوهش‌های مان و هم در فرآیند تدریس به آن پی‌برده‌ایم. همچنین پیشنهاد اجرای یک مطالعه شبه‌آزمایشی در خصوص تأثیر اجرایی این رویکرد در فرآیند آموزش در جهت یافتن نواقصات و رفع آن ارائه می‌شود.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول، اجرا، نگارش مقاله و تحلیل داده‌ها را بر عهده داشته‌اند. نویسنده دوم (نویسنده مسئول)؛ علاوه بر نظارت بر اجرای پژوهش، ایده‌پردازی و نگارش مقاله نیز برعهده داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

از همه بزرگوارانی که در بخش کیفی و کمی مقاله اعم از شرکت در مصاحبه، تکمیل پرسش‌نامه‌ها، بازبینی متون مصاحبه‌ها و بررسی و بازبینی الگو، محققین را در جهت نگارش این پژوهش همراهی و معاضدت نموده‌اند، صمیمانه سپاسگزاریم.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

- [24] Kamarudin MZ, Mat Noor MSA, Omar R. A scoping review of the effects of a technology-integrated, inquiry-based approach on primary pupils' learning in science. *Research in Science & Technological Education*. 2024;42(3):828-47. DOI: 10.1080/02635143.2022.2138847
- [25] Ezzeldin S. A Training Program Based on Electronic Applications in Chemistry Teaching and Lesson Study to Develop the Framework Of Technological, Pedagogical and Scientific Knowledge Structures (TPASK) and The Decision Making of Integrate Technology in Teaching Among Female Secondary School Teachers. *Egyptian Journal of Science Education*. 2022;25(2):53-104. DOI: 10.21608/mktm.2021.105798.1029
- [26] Jaafari E, RezaeiZadeh M, Shahverdi R, Bandali B, Abolghasemi m. [Evaluating Teachers' Digital Competencies during the COVID-19 Pandemic]. *Tech. Edu. J.* 2024; 18(3): 527-548. [In Persian] <https://doi.org/10.22061/tej.2024.10320.2996>
- [27] Alizadehjamal M, Shahvarani A, Iranmanesh A, Tehranian A. The effect of mathematical education based on TPACK model on changing teachers' beliefs. *Technology of Education Journal*. 2020;14(3):591-602. [In Persian] <https://doi.org/10.22061/jte.2019.4990.2148>
- [28] Mehrabān Z. Blended learning, a flexible approach for designing an in-service teacher training model in nanoscience and technology field of Iran. *Journal of Educational Innovations*. 2016;15(3):57-84. [In Persian]
- [29] Hernández-Ramos J, Rodríguez-Becerra J, Cáceres-Jensen L, Aksela M. Constructing a novel e-learning course, educational computational chemistry through instructional design approach in the TPASK framework. *Education Sciences*. 2023;13(7):648. <https://doi.org/10.3390/educsci13070648>
- [30] Hernández-Ramos J, Cáceres-Jensen L, Rodríguez-Becerra J. Educational Computational Chemistry for In-Service Chemistry Teachers: A Data Mining Approach to E-Learning Environment Redesign. *Education Sciences*. 2023;13(8):796. <https://doi.org/10.3390/educsci13080796>
- [31] Cáceres-Jensen L, Rodríguez-Becerra J, Jorquera-Moreno B, Escudey M, Druker-Ibañez S, Hernández-Ramos J, et al. Learning reaction kinetics through sustainable chemistry of herbicides: A case study of preservice chemistry teachers' perceptions of problem-based technology enhanced learning. *Journal of chemical education*. 2021;98(5):1571-82. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00557>
- [32] Mugot MP, Fajardo MTM. technological, pedagogical, and science knowledge (tpask) of public school science teachers.
- [33] Rodríguez-Becerra J, Cáceres-Jensen L, Díaz T, Druker S, Padilla VB, Perna J, et al. Developing technological pedagogical science knowledge through educational computational
- [12] Tanrisevdi M. Investigating Science Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) Competencies: A Mixed Method Study: Middle East Technical University; 2021.
- [13] Fernandes GWR, Rodrigues AM, Ferreira CA. Professional development and use of digital technologies by science teachers: A review of theoretical frameworks. *Research in Science Education*. 2020;50:673-708. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9707-x>
- [14] Knolton DV. Technological, pedagogical, content knowledge (TPACK): An exploratory study of adjunct faculty technology proficiency: Kansas State University; 2014.
- [15] Mishra P, Koehler MJ. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*. 2006;108(6):1017-54. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- [16] Sheffield R, McIlvenny L. Design and implementation of scientific inquiry using technology in a teacher education program. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*. 2014;22(6):46-60.
- [17] Chai CS, Koh JHL, Tsai C-C. A review of technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Technology & Society*. 2013;16(2):31-51.
- [18] Jang S-J, Chen K-C. From PCK to TPACK: Developing a transformative model for pre-service science teachers. *Journal of Science Education and Technology*. 2010;19:553-64. DOI:10.1007/s10956-010-9222-y
- [19] Koehler MJ, Mishra P, Cain W. What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Journal of education*. 2013;193(3):13-9. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- [20] Koehler M, Mishra P. What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary issues in technology and teacher education*. 2009;9(1):60-70.
- [21] Hernández-Ramos J, Perna J, Cáceres-Jensen L, Rodríguez-Becerra J. The effects of using socio-scientific issues and technology in problem-based learning: A systematic review. *Education Sciences*. 2021;11(10):640. DOI:10.3390/educsci11100640
- [22] Rönnebeck S, Bernholt S, Ropohl M. Searching for a common ground—A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in science education*. 2016;52(2):161-97. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- [23] Song Y. "Bring Your Own Device (BYOD)" for seamless science inquiry in a primary school. *Computers & Education*. 2014;74:50-60. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.005>

- Teacher Training Curriculum Emphasizing Futurology. Quarterly Journal of Education. 2024;40(1):67-82. [In Persian]
- [46] Jaaberi Safaa N, Aarmand M, Assaareh A R. Design and Validation of a Junior High School Curriculum in Economic Training Based on Sustainable Development Approach. QJOE 2023; 39 (3) :27-46. [In Persian]
- [47] Zareei M, Zaraii Zavaraki E, Abadi Kh. A, Delavar A. Design and validation of virtual social network model of Iran's schools. Technology of Education Journal. 2019; 13(2): 471-483. [In Persian]
- [48] Effati F, Shobeiri S.M, Barzegar H, Rezaee M. Designing and Validating the E-Learning Model in Environmental Citizenship Training. Technology of Education Journal. 2024; 18(3): 571-590. [In Persian]
<https://doi.org/10.22061/tej.2024.10378.3005>
- [49] MajidiDorche Z, Sabzeh B, Ansari N. [Identifying and validating criteria for the production of educational films and videos for elementary school students]. Tech. Tech. Edu. J. 2024; 18(2): 399-414. [In Persian]
<https://doi.org/10.22061/tej.2024.9940.2919>
- [50] Kock N, Hadaya P. Minimum sample size estimation in PLS-SEM: The inverse square root and gamma-exponential methods. Information systems journal. 2018;28(1):227-61.
<https://doi.org/10.1111/isj.12131>
- [51] Campbell PF, Nishio M, Smith TM, Clark LM, Conant DL, Rust AH, et al. The relationship between teachers' mathematical content and pedagogical knowledge, teachers' perceptions, and student achievement. Journal for Research in Mathematics Education. 2014;45(4):419-59.
<https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.45.4.0419>
- [52] Zohar A, Schwartzter N. Assessing teachers' pedagogical knowledge in the context of teaching higher-order thinking. International Journal of Science Education. 2005;27(13):1595-620. <https://doi.org/10.1080/09500690500186592>
- [53] Malva L, Leijen Ä, Arcidiacono F. Identifying teachers' general pedagogical knowledge: A video stimulated recall study. Educational Studies. 2023;49(4):588-613.
<https://doi.org/10.1080/03055698.2021.1873738>
- [54] Martínez-Bello VE, Bernabé-Villodre MdM, Lahuerta-Contell S, Vega-Perona H, Giménez-Calvo M. Pedagogical knowledge of structured movement sessions in the early education curriculum: Perceptions of teachers and student teachers. Early Childhood Education Journal. 2021;49(3):483-92. <https://doi.org/10.1007/s10643-020-01090-0>
- [55] Kurniasih, N. Exploring teachers' technological and pedagogical knowledge: A case study in Semarang Excellence School. Indonesian Journal of Curriculum and Educational Technology Studies, 2023;11(1), 49-59.
- chemistry: a case study of pre-service chemistry teachers' perceptions. Chemistry Education Research and Practice. 2020;21(2):638-54. DOI: 10.1039/C9RP00273A
- [34] Tang X, Yuan Z, Kuang H, Qu H. Using the UTAUT-TPACK model to explain digital teaching behaviour of elementary school mathematics teacher. Asia Pacific Journal of Education. 2024:1-23.
<https://doi.org/10.1080/02188791.2024.2386165>
- [35] Rorimpandey WH, Monigir NN, Supit P, editors. Design of TPACK Model Based on Hybrid Learning at Science Learning in PGSD. Unima International Conference on Social Sciences and Humanities (UNICSSH 2022); 2023: Atlantis Press.
- [36] Khanjani, T., Rastgarpour, H., Keramati, H. Identifying Educational Technology Indicators Based on Brown's Model With Thematic Approach (Case Study: 7th Grade Work And Technology Book). Research in Teaching, 2023; 11(2): 26-1. [In Persian] doi: 10.22034/trj.2023.62744
- [37] Maguire, M., & Delahunt, B. (2017). Doing a Thematic Analysis: A Practical, Step-by-Step Guide for Learning and Teaching Scholars. The All Ireland Journal of Teaching and Learning in Higher Education (AISHE-J), 9(3),3351-3364.
- [38] Braun V, Clarke V. Using thematic analysis in psychology. Qualitative research in psychology. 2006;3(2):77-101. DOI: 10.1191/1478088706qp0630a
- [39] Mahdizadeh Tehrani A, Assareh A, Mehrmohammadi M, Emamjomeh M. The Scholars Viewpoints about Arts Curriculum Elements for Presenting the Teacher Education Curriculum for Arts (Higher Education). Journal of higher education curriculum studies. 2019;10(19):89-121. [In Persian]
DOR:20.1001.1.25382241.1398.10.19.5.3
- [40] Lotfi H, EmaamJom'eh M, Ahmadi G, Assaareh A, Haatami J. A Curriculum for Junior High School Science Based on Actor-Network Theory. Quarterly Journal of Education. 2025;40(4):7-30. [In Persian]
- [41] Attride-Stirling J. Thematic networks: an analytic tool for qualitative research. Qualitative research. 2001;1(3):385-405. <https://doi.org/10.1177/14687941010010030>
- [42] Cohen L, Manion L, Morrison K. Research methods in education: routledge; 2002.
- [43] Khastar H. A method for calculating coding reliability in qualitative research interviews. Methodology of Social Sciences and Humanities. 2009;15(58):161-74. [In Persian]
- [44] Holloway I, Galvin K. Qualitative research in nursing and healthcare: John Wiley & Sons; 2023.
- [45] Mortezaa'ee T, Jaavdaani M, Heydari Naghdali J, Baagheri Karaachi A. The Design and Validation of a Framework for a

[65] Seyed Fadaei A. Investigating the New Approaches in Using Educational Technology in Science Curriculum. Popularization of Science. 2012;2(1):50-8. [In Persian]
DOR: 20.1001.1.22519033.1391.2.1.5.5

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES



سید محمد سیدکلان دانش آموخته دکتری مدیریت آموزشی از دانشگاه محقق اردبیلی با رتبه اول و استعداد درخشان مقطع دکتری هستند که دارای سابقه تدریس موفق در مدارس و در دانشگاه‌های فرهنگیان، محقق اردبیلی و پیام‌نور می‌باشند. ایشان

افتخارات پژوهشی همچون کسب مقام چهارم پژوهشگری در بین اساتید (دانشگاه فرهنگیان) در سال ۱۳۹۴، دانشجوی نمونه دوره دکتری با رهیابی به مرحله کشوری (در دو سال پیاپی)، برگزیده نفر سوم کشوری مقاله‌نویسی (وزارت آموزش و پرورش) در سال ۱۳۸۸، پژوهشگر برتر دستگاه‌های اجرایی استان اردبیل (رتبه دوم) در سال ۱۴۰۰ و پژوهشگر برتر (رتبه سوم) طرح پژوهشی آمیخته در کشور (پژوهشگاه مطالعات وزارت آموزش و پرورش) در سال ۱۴۰۰ را در کارنامه خویش دارند. ارزیابی کیفیت تدریس نوآورانه در آموزش و پرورش و آموزش عالی، آموزش الکترونیکی و فناوریانه معلمان در کلاس‌های درس از زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان است. از ایشان تاکنون بیش از ۵۰ مقاله در مجلات معتبر داخلی و خارجی به چاپ رسیده است.

Seyed Mohammad Seyedkalan, a doctoral graduate in Educational Management from Mohaghegh Ardabili University—ranked first in his cohort and recognized as an exceptional talent—has teaching experience in schools as well as at Farhangian University, Mohaghegh Ardabili University, and Payame Noor University. He has earned numerous research distinctions and works in the fields of teaching quality assessment, e-learning, and educational technology. He has published more than fifty scholarly articles. Department of Educational Sciences, Farhangian University, Tehran, Iran.

 M.siedkalan@gmail.com



نوشین گشمردی عضو هیأت علمی دانشگاه فرهنگیان هستند؛ ایشان مدرک دکتری خود را در رشته فیزیولوژی جانوری دریافت کرده‌اند؛ اما نزدیک به دو دهه است که دروس مرتبط با آموزش علوم تجربی را در مراکز تربیت معلم و دانشگاه فرهنگیان تدریس

می‌کنند. حاصل سال‌ها تجربه و با توجه به جایگاه و ضرورت آموزش و یادگیری علوم تجربی برای قرن بیست و یکم و همچنین گسترش روزافزون فناوری‌های انتقال مفاهیم علوم تجربی به دانش‌آموزان هزاره

<https://doi.org/10.15294/ijcets.v10i1.50938>

[56] Ritonga RF, Elvianasti M, Sinduningrum E, Irdalisa I, Naswardi N. Pelatihan penggunaan aplikasi e-learning untuk meningkatkan technological knowledge (TK) guru SMAN 02 Tambun Utara. Surya Abdimas. 2022;6(2):200-8. <https://doi.org/10.37729/abdimas.v6i1.1353>

[57] Robinson ES. Science content knowledge: A component of teacher effectiveness in a primary school in Jamaica. 2017. Walden University. ProQuest LLC.

[58] Heitink M, Voogt J, Fisser P, Verplanken L, van Braak J. Eliciting teachers' technological pedagogical knowledge. Australasian journal of educational technology. 2017;33(3). <https://doi.org/10.14742/ajet.3505>

[59] Valtonen T, Pontinen S, Kukkonen J, Dillon P, Väisänen P, Hacklin S. Confronting the technological pedagogical knowledge of Finnish Net Generation student teachers. Technology, Pedagogy and Education. 2011;20(1):3-18. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2010.534867>

[60] Poorang, A., Asghary, N., & Shahvarani Semnani, A. Investigating teachers and prospective teachers' pedagogical content knowledge in the field of proportional reasoning with a focus on their problem solving activities on semantic types. Technology of Education Journal, 2021;15(2), 249-260. [In Persian] <https://doi.org/10.22061/tej.2020.5939.2311>.

[61] Gholami Noqab, M. H., Pourshafaei, H., & Shah Talebi Hosseini Abadi, B. Investigating the factors affecting teachers' professional development: Educational topics. Journal of Educational Leadership and Management, 2019;13(2), 167-181. [In Persian] <https://doi.org/20.1001.1.27171329.1398.13.2.9>

[62] Jabarooti N, Bagherimajd R. Canonical analysis of lifelong learning on teachers' professional development. Journal of Educational Sciences. 2023;30(1):127-44. [In Persian] <https://doi.org/10.22055/edus.2022.42154.3399>

[63] Zamani, B. E., Azimi, S. A., Soleimani, N., & Parish, F. Investigating the level of attention to critical thinking components using educational technologies in the first grade experimental sciences textbooks of Iran and Russia. Technology of Education Journal, 2021;15(3), 465-478. [In Persian] <https://doi.org/10.22061/tej.2020.5308.2203>

[64] Zebarjadian Z, Nili Ahmadabadi MR. aThe effect of application of Information and Communication Technology (ICT) with the constructivist approach on active learning of the experimental science teaching in the fourth elementary students of Alborz Province. Educational and Scholastic studies. 2017;6(1):137-54. [In Persian]
DOR: 20.1001.1.2423494.1396.6.1.7.4

Nushin Gashmardi, a faculty member at Farhangian University and holder of a PhD in Animal Physiology, has been teaching courses related to science education for nearly two decades. Her research interests include Pedagogical Content Knowledge (PCK), STEM education, educational technology, e-learning, and artificial intelligence.

Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran.

 m.gashmardi@cfu.ac.ir

سوم، معتقد است که، باید زمینه‌های آموزش و پژوهش در حوزه آموزش علوم تجربی را به‌طور گسترده‌ای بسط داد. وی با شرکت در دوره‌های تخصصی و مدارس تابستانه آموزش علوم تجربی زیر نظر اساتید مجرب داخلی و خارجی، به‌عنوان مدرس مرجع آموزش علوم تجربی قلمداد می‌شوند. ایشان مطالعاتی در زمینه PCK معلمان علوم تجربی، یادگیری مبتنی بر استم، کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات، آموزش‌های الکترونیکی و هوش مصنوعی در آموزش علوم تجربی داشته‌اند که در این رابطه آثاری از ایشان منتشر شده و یا در حال انتشار است.

Citation (Vancouver): SeyyedKalan S.M, Gashmardi N. [TPACK-Based framework for middle school science education]. *Tech. Edu. J.* 2025; 19(2): 495-518

 <https://doi.org/10.22061/tej.2025.11658.3178>

