



Design and Evaluation of the Effectiveness of a STEM Project-Based Curriculum on Problem-Solving Perception and Academic Achievement of Elementary Students

Rana Aslani ¹ , Firooz Mahmoodi ²  , Kiumars Taghipour ² , Hossein Dehghanzadeh ² 

1. PhD student, Department of Education, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2. Department of Education, Faculty of Education and Psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Corresponding Author: Firooz Mahmoodi

E-mail: firoozmahmoodi@tabrizu.ac.ir

Received: 25 June 2025

Revised: 13 September 2025

Accepted: 22 September 2025

Published Online: 1 January 2026

Citation: Aslani, R., Mahmoodi, F., Taghipour, K. & Dehghanzadeh, H. (2025). Design and Evaluation of the Effectiveness of a STEM Project-Based Curriculum on Problem-Solving Perception and Academic Achievement of Elementary Students. *Journal of Modern Psychological Researches*, 20(80), 46-64. DOI: [10.22034/jmpr.2025.67124.6676](https://doi.org/10.22034/jmpr.2025.67124.6676)

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: In the 21st century, amid the rapid pace of technological progress and the growing complexity of everyday challenges, problem-solving has emerged as a core competency essential for success across personal, academic, and professional domains (Carbonell et al., 2024). As a metacognitive process, problem-solving involves multiple stages—including situational analysis, strategic planning, solution implementation, and outcome evaluation. Beyond enhancing learners' cognitive performance, it plays a pivotal role in fostering collaborative learning and reinforcing academic self-efficacy (Sharma et al., 2022).

A key determinant in this process is an individual's perception of their own problem-solving ability, which encompasses components such as self-confidence, positive orientation, and emotional regulation (Heppner, 1988). This perception significantly contributes to emotional adjustment, the development of a positive self-concept, and the adoption of effective coping strategies (Riyanti & Herabadi, 2023). Thus, problem-solving perception is not only a crucial psychological construct but also a foundational element in the academic development of students—drawing increasing attention from both researchers and educational policymakers. In modern education systems, academic achievement is no longer narrowly defined by standardized test scores or rote memorization. Rather, it entails the holistic development of competencies such as critical thinking, creativity, independent learning, and the ability to solve complex problems (Saif, 2021). Achieving this broader vision of educational success necessitates the use of pedagogical approaches that actively engage learners, encourage meaningful participation, and place real-world problem-solving at the center of the learning experience.

Among the innovative responses to this pedagogical imperative is the project-based STEM curriculum model, which integrates Science, Technology, Engineering, and Mathematics into a unified and hands-on instructional framework. This interdisciplinary approach provides students with authentic, problem-driven, and skills-based learning experiences. It nurtures creative thinking, improves communication and collaboration skills, enhances intrinsic motivation, and ultimately fosters sustainable academic achievement (Maspul, 2024).

Although the positive impact of STEM-based project learning has been extensively documented in various educational systems—through studies such as Shongwe (2024), Zengin et al. (2022), and Muzna et al. (2021)—the Iranian educational context still faces structural challenges. These include an overreliance on memorization, limited emphasis on the cultivation of thinking skills, and a lack of integrated curricular frameworks. Domestic research, including the works of Kadkhoda et al. (2020) and Khalili-Kalaki (2023), underscores the potential of project-based and competency-oriented approaches to bridge these gaps and lay the groundwork for meaningful curriculum reform.

In light of these considerations, the present study seeks to investigate the effectiveness of a STEM-based project-oriented curriculum on elementary students' problem-solving perception and academic achievement. Grounded in both theoretical insights and empirical evidence, this research aims to offer robust findings on the applicability of this approach within the Iranian general education system. The results are expected to contribute not only to the theoretical enrichment of meaningful learning paradigms but also to provide actionable guidance for curriculum developers and policymakers striving to modernize elementary education.

Method: This study was applied in purpose and employed a quasi-experimental design with a pre-test–post-test control group. The statistical population included all sixth-grade elementary students in Tabriz during the 2023–2024 academic year. Using multistage cluster sampling, 120 students were selected from two educational districts. The sample size was determined based on Cohen's table, with a statistical power of 0.8, an effect size of 0.5, and four groups. Research instruments included the Problem-Solving Inventory by Heppner and Peterson (1982), consisting of three subscales and a Cronbach's alpha of 0.85, and a teacher-made academic achievement test with a reliability of 0.82. The experimental group received a project-based STEM curriculum over 27 sessions (each 45 minutes), involving the design and construction of simple, functional structures. The control group received traditional instruction. Both groups completed pre- and post-tests.

Results: The findings of the study indicated that, in the descriptive statistics section, the mean scores of problem-solving perceptions in the experimental group decreased (indicating improvement) in the post-test compared to the pre-test, while there was no significant change in the control group. Moreover, the mean academic achievement scores in the experimental group showed a substantial increase in the post-test, whereas this increase was limited in the control group. These results indicate the positive impact of the project-based STEM curriculum on academic achievement and changes in problem-solving perception.

In the inferential statistics section, to assess the effectiveness of the project-based STEM curriculum on sixth-grade students' problem-solving perception, multivariate analysis of covariance (MANCOVA) was used.

Table 1. Results of Multivariate Analysis of Covariance (MANCOVA) for Comparing Problem-Solving Perception Between Experimental and Control Groups

Effect	Test	Value	F	df Effect	df Error	p	Effect Size (η^2)
Group	Pillai's Trace	0.782	134.815	3	113	< 0.001	0.782
	Wilks' Lambda	0.218	134.815	3	113	< 0.001	0.782
	Hotelling's Trace	3.579	134.815	3	113	< 0.001	0.782
	Roy's Largest Root	3.579	134.815	3	113	< 0.001	0.782

The findings suggest that the project-based STEM curriculum has a significant and positive effect on enhancing students' problem-solving perception.

To further examine the differences between the experimental and control groups in each subcomponent of problem-solving perception, the Test of Between-Subject Effects was used, and the results are presented below.

Table 2. Adjusted Post-Test Means of Problem-Solving Perception and Academic Achievement

Variable	Control Group Mean	Control Group SE	Experimental Group Mean	Experimental Group SE
Problem-Solving Perception	129.192	2.053	72.908	2.053
Academic Achievement	10.408	0.247	16.349	0.247

As shown in Table 2, after adjusting the scores, the mean problem-solving perception score of the experimental group is lower, while the mean academic achievement score is higher than the control group.

To assess the effectiveness of the project-based STEM curriculum on students' academic achievement, univariate analysis of covariance (ANCOVA) was employed, and its assumptions were evaluated.

Table 3. Results of Univariate ANCOVA for Comparing Academic Achievement Between Experimental and Control Groups

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Effect Size
Pre-test	1.404	1	1.404	0.441	0.508	0.004
Group	822.740	1	822.740	258.635	0.001	0.689
Error	372.186	117	3.181	—	—	—
Total	1393.387	119	—	—	—	—

The results of the ANCOVA test showed a significant difference between the experimental and control groups in academic achievement in the post-test stage ($p < 0.01$, $F = 258.635$). Given the higher mean score of the experimental group, it can be concluded that the project-based STEM curriculum had a positive and significant impact on improving the academic achievement of sixth-grade students.

Discussion: The purpose of this study was to examine the impact of a project-based STEM curriculum design on problem-solving perception, and academic achievement among sixth-grade elementary students. The main findings indicated that implementing a project-based STEM curriculum significantly increased students' creativity levels. Additionally, students' problem-solving perception showed considerable improvement after participating in the program, and their academic achievement in related subjects also improved. These results align with previous research, such as the studies by Jack et al. (2020) and Aghaei et al. (2019), which demonstrated the positive role of project-based learning in enhancing critical thinking and problem-solving skills.

These outcomes suggest that curricula based on practical activities, active student engagement, and integration of multiple scientific domains (science, technology, engineering, and mathematics) not only reinforce conceptual learning but also promote the development of students' practical and cognitive skills. Considering the cognitive developmental characteristics of sixth-grade students, this type of curriculum design provides a suitable opportunity to increase learning motivation, foster creativity, and enhance problem-solving abilities.

Despite these positive results, two major limitations of the study should be noted. First, the sample was drawn from a limited geographic area that may have unique cultural and educational characteristics. Therefore, generalizing the findings to other regions requires further complementary research. Second, the duration of the curriculum implementation was relatively short, which limited the possibility of investigating the long-term effects of the intervention on academic achievement and the targeted skills.

Based on the findings of this research, it is recommended that elementary school curricula, particularly in the middle grades, increasingly incorporate project-based STEM models with an emphasis on hands-on and problem-centered activities. This approach encourages deeper engagement and facilitates the acquisition of critical 21st-century skills among students. Furthermore, future studies could explore the long-term impacts of such educational approaches and examine how they interact with the individual and cultural characteristics of students across different regions. Such investigations will contribute to the development of more effective strategies for designing curricula that better meet diverse educational needs.

In summary, the results of this study provide compelling evidence supporting the integration of project-based STEM learning in elementary education as a means to foster creativity, improve problem-solving perception, and boost academic performance. These findings reinforce the growing consensus in educational research regarding the benefits of active, interdisciplinary, and experiential learning frameworks. Addressing the identified limitations through broader and longer-term studies will further strengthen the evidence base and guide educational policymakers and curriculum designers in implementing effective STEM education programs.

KEYWORDS

academic achievement, elementary students, problem-solving perception, STEM project-based curriculum





فصلنامه پژوهش‌های نوین روانشناختی



طراحی و ارزیابی اثربخشی برنامه درسی پروژه‌محور STEM بر حل مسئله و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان ابتدایی

رعنا اصلانی^۱، فیروز محمودی^۲ ✉، کیومرث تقی پور^۲، حسین دهقان زاده^۲

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
 ۲. گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

نویسنده مسئول: فیروز محمودی

رایانامه: firoozmahmoodi@tabrizu.ac.ir

استاددهی: اصلانی، رعنا، محمودی، فیروز، تقی پور، کیومرث و دهقان زاده، حسین. (۱۴۰۴). طراحی و ارزیابی اثربخشی برنامه درسی پروژه‌محور STEM بر حل مسئله و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان ابتدایی. *فصلنامه پژوهش‌های نوین روانشناختی*، ۲۰(۸۰)، ۴۶-۶۴. DOI: [10.22034/jmpr.2025.67124.6676](https://doi.org/10.22034/jmpr.2025.67124.6676)

تاریخ دریافت: ۰۴ تیر ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری: ۲۲ شهریور ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۳۱ شهریور ۱۴۰۴

تاریخ انتشار آنلاین: ۱۱ دی ۱۴۰۴

چکیده

مشخصات مقاله

کلیدواژه‌ها:

این پژوهش با هدف بررسی اثربخشی برنامه درسی پروژه‌محور مبتنی بر STEM در ارتقای ادراک حل مسئله و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی انجام شد. روش پژوهش نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل کلیه دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی شهر تبریز در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ بود که از میان آن‌ها ۱۲۰ نفر به صورت تصادفی خوشه‌ای انتخاب و به دو گروه آزمایش و کنترل (هر گروه ۶۰ نفر) تقسیم شدند. برای گردآوری داده‌ها از آزمون پیشرفت تحصیلی معلم‌ساخته و پرسشنامه ادراک حل مسئله هپنر و پترسون (۱۹۸۲) استفاده شد. روایی ابزارها از طریق بازآزمایی و پایایی آن با ضریب آلفای کرونباخ ۰/۹۴ تأیید شد. داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی و تحلیل کوواریانس (ANCOVA) و (MANCOVA) در نرم‌افزار SPSS تحلیل شدند. نتایج نشان داد برنامه درسی پروژه‌محور مبتنی بر STEM تأثیر معناداری ($p < 0/05$) بر افزایش پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دارد. همچنین، تمرکز این برنامه بر فعالیت‌های عملی و ارزشیابی تکوینی، موجب تقویت ادراک حل مسئله در موقعیت‌های واقعی شده است.

ادراک حل مسئله، برنامه درسی پروژه‌محور مبتنی بر STEM، پیشرفت تحصیلی، دانش‌آموزان ابتدایی



مقدمه

در قرن بیست و یکم، جهانی شدن و پیشرفت‌های فناورانه تغییرات گسترده‌ای در جوامع ایجاد کرده و نظام‌های آموزشی را نیز تحت تأثیر قرار داده است. برنامه‌های درسی سنتی مبتنی بر انتقال دانش دیگر پاسخگوی نیازهای عصر جدید نیستند و نمی‌توانند مهارت‌های لازم برای زندگی در جامعه پیچیده امروز را به دانش‌آموزان بیاموزند (حسیوان^۱، ۲۰۲۵). این وضعیت موجب نگرانی سیاست‌گذاران، معلمان و رهبران کسب و کار درباره کارآمدی نظام‌های آموزشی شده است (چایکا^۲، ۲۰۲۴). در پاسخ به این چالش‌ها، رویکردهای نوین برنامه‌درسی همچون یادگیری سازنده‌گرا (ویبووو^۳، ۲۰۲۵)، اکتشافی (پیسارنکو و زاتونا^۴، ۲۰۲۴)، پروژه‌محور (اوملیاننکو و آرتیوخووا^۵، ۲۰۲۴)، مشارکتی (سالامی و اسپانگنبرگ^۶، ۲۰۲۴) و مسئله‌محور (نگوین^۷ و همکاران، ۲۰۲۴) شکل گرفته‌اند که با تأکید بر «یادگیری چگونه یاد گرفتن» به پرورش مهارت‌های شناختی و فراشناختی فراگیران کمک می‌کنند (یاوو^۸، ۲۰۲۵). در این برنامه‌ها، دانش‌آموزان به جای اینکه صرفاً مطالب درسی را حفظ کنند، آنها را در عمل تجربه می‌کنند و در فعالیت‌های مختلفی مانند آزمایش، بحث و گفتگو، حل مسئله و پروژه‌های گروهی شرکت می‌کنند (زاگلن^۹ و همکاران، ۲۰۲۴).

نظام‌های آموزشی، به‌عنوان ابزار اصلی پرورش نسل آینده، از نخستین دوره‌های آموزش ابتدایی نقش محوری در آماده‌سازی افراد برای مواجهه با تحولات سریع و پیچیده جهان ایفا می‌کنند (قربانوا^{۱۰}، ۲۰۲۵). چرا که، دوره ابتدایی به‌عنوان نخستین مرحله از آموزش و پرورش رسمی هر جامعه، نقشی محوری در پرورش نسل آینده ایفا می‌کند. در این دوره، دانش‌آموزان علاوه بر آشنائی با مفاهیم اولیه و مهارت‌های پایه (خواندن، نوشتن و حساب کردن)، به توسعه و بهبود مهارت‌هایی فراشناختی (تجزیه و تحلیل مسائل، خلاقیت، پرورش ابعاد اجتماعی، عاطفی و شکل‌گیری عادات پایدار یادگیری نیز می‌پردازند که نقش تعیین‌کننده‌ای در مسیر پیشرفت تحصیلی و آینده شغلی دانش‌آموزان ایفا می‌کند (نظری و همکاران، ۱۴۰۳). دانش‌آموزان در دوران تحصیل با چالش‌های متعددی روبرو می‌شوند که ریشه در مسائل مختلفی چون فشارهای درسی، مسائل اجتماعی و خانوادگی، مشکلات مالی، و حتی مسائل مربوط به سلامت روان دارد و اغلب این مسائل به زندگی روزمره و محیط اطراف آنها گره خورده است (انوری خو، ۱۴۰۳). این عوامل می‌توانند بر عملکرد تحصیلی و انگیزه پیشرفت دانش‌آموزان تأثیر بگذارند و نیازمند حمایت‌های روانی و آموزشی برای مدیریت هیجانات و توسعه مهارت‌های ادراک مسئله و فرایندهای حل مسئله و تقویت توانایی‌های کاربردی دانش‌آموزان هستند (مرادی حیدرآبادی و همکاران، ۱۴۰۳). ادراک

حل مسئله به توانایی شناختی فرد برای شناسایی، تحلیل و درک ابعاد مسائل، انتخاب راهبردهای مناسب و پیش‌بینی پیامدهای آنها اشاره دارد و به‌عنوان پیش‌نیاز لازم برای حل مؤثر مسائل عمل می‌کند (یوسفی و همکاران، ۱۴۰۳). در حالی که مهارت حل مسئله، توانایی عملی و کاربردی فرد در طراحی، اجرای و ارزیابی راه‌حل‌های مناسب برای مسائل واقعی است (رتنو^{۱۱}، ۲۰۲۵). این دو مفهوم در یک توالی تعاملی عمل می‌کنند، ادراک حل مسئله اجرای مهارت‌های عملی را تسهیل می‌کند و تجربه عملی نیز با ایجاد بازخورد موجب تقویت ادراک فرد و تحقق یادگیری معنادار و کسب مهارت‌های جدید می‌شود (سلطانی و همکاران، ۱۴۰۴). هدف نهایی مهارت حل مسئله، توانمندسازی افراد در شناخت بهتر خود، برقراری ارتباطات مؤثر، مدیریت استرس، پرورش خلاقیت و حل مسائل گوناگون است (گوه‌ها^{۱۲}، ۲۰۲۴). علاوه بر این، ادراک فرد از توانایی‌های خود در حل مسئله تأثیر مستقیمی بر موفقیت او دارد. افرادی که به توانایی‌های خود اطمینان دارند و آنها را به‌درستی ارزیابی می‌کنند، با چالش‌ها به‌صورت فعال‌تر و مؤثرتر برخورد کرده و از شکست‌ها به‌عنوان فرصتی برای یادگیری استفاده می‌کنند (پراکوسو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۵). بر اساس نظر هینر^{۱۴} (۱۹۸۸)، مواجهه با مسائل به سه عامل اصلی وابسته است: ۱. اعتماد به نفس در حل مسئله؛ یعنی باور فرد به توانایی خود در تحلیل و حل مشکلات با اطمینان و برنامه‌ریزی مناسب (واهیونی^{۱۵} و همکاران، ۲۰۲۵)، ۲. رویکرد اجتناب یا نزدیکی؛ داشتن دیدگاه مثبت به مسائل و تلاش برای یافتن راه‌حل به‌جای اجتناب از آنها است (کایا-کاپوچی^{۱۶} و همکاران، ۲۰۲۵)، و احساس کنترل شخصی؛ که نشان می‌دهد فرد تا چه اندازه می‌تواند هیجانات خود را هنگام مواجهه با مشکلات کنترل کرده و رفتارهای سازنده‌ای از خود نشان دهد (پادمانابهانونی و پرتوریوس^{۱۷}، ۲۰۲۵). پژوهش‌های سولیستیانینگروم و شویپا^{۱۸} (۲۰۲۵) انسیس^{۱۹} و همکاران (۲۰۲۴)، سعیدنی و همکاران (۱۴۰۲) نشان داده‌اند که مهارت حل مسئله، به‌عنوان یک فرآیند تفکری فراشناختی، نه تنها با افزایش توانایی‌های شناختی و فراشناختی، ارتقای یادگیری مشارکتی، بهبود اعتمادبه‌نفس و مدیریت هیجانات ارتباط دارد، بلکه عاملی مهم در ارتقای پیشرفت تحصیلی (کمی و کیفی) نیز محسوب می‌شود.

ادراک حل مسئله، توانایی شناختی دانش‌آموز در درک ماهیت مسائل، شناسایی روابط میان اجزا و انتخاب راهبردهای مؤثر است و به‌عنوان پیش‌نیاز لازم برای مهارت عملی حل مسئله عمل می‌کند، که خود شامل توانایی طراحی، اجرای و ارزیابی راه‌حل‌های مناسب برای مواجهه با مسائل واقعی است (سید و همکاران، ۱۴۰۲). توسعه همزمان این دو مفهوم، علاوه بر تقویت مهارت‌های فراشناختی، موجب ارتقای پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان نیز می‌شود، که شامل دستاوردهای آموزشی (کمی) دانش‌آموزان در طول سال

11. Retno
12. Guha
13. Prakoso
14. Heppner
15. Ayini & Andranica
16. Kaya-Capocci
17. Padmanabhanunni & Pretorius
18. Sulistyaningrum & Shopia
19. Enciso

1. Hasibuan
2. Chaika
3. Wibowo
4. Pisarenko & Zatona
5. Omelianenko & Artyukhova
6. Salami & Spangenberg
7. Nguyen
8. Yavuz
9. Zaglmann
10. Kurbanovna

است و به‌عنوان یک برنامه درسی بین‌رشته‌ای و کاربردی تلاش می‌کند دانش نظری و انتزاعی دانش‌آموزان را به مهارت‌های عملی و کاربردی تبدیل کند (پورتیلو-بلانکو ۹ و همکاران، ۲۰۲۵). این رویکرد در اوایل قرن بیستم توسط «بنیاد ملی علوم آمریکا»^{۱۰} معرفی شد تا ضعف‌های نظام آموزشی را بهبود دهد و دانش‌آموزان را برای مواجهه با چالش‌های اقتصادی و علمی آماده کند (فرتیک^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۴). در این چارچوب، «برنامه درسی مبتنی بر پروژه»^{۱۲} و «STEM» با یکدیگر ترکیب شده است. برنامه درسی مبتنی بر پروژه شامل فعالیت‌هایی است که در قالب پروژه‌های چالش‌برانگیز طراحی می‌شوند و دانش‌آموزان را به تعامل فعال و حل مسائل واقعی ترغیب می‌کنند، در حالی که STEM به کاربرد روش‌های علمی و نوآوری‌های محیط یادگیری دانش‌آموز اشاره دارد که قابل سنجش، برنامه‌ریزی و ارزیابی است (یانگ^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۴). این ترکیب نوین آموزشی، با ارتقای کیفیت آموزش عمومی و پرورش مهارت‌های اساسی، زمینه را برای تقویت خلاقیت و نوآوری دانش‌آموزان در مواجهه با مسائل و موضوعات روز فراهم می‌کند (رتنو^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۵).

این برنامه‌ها دانش‌آموزان را به تحقیق، همکاری گروهی، تفکر انتقادی و برقراری ارتباط میان دانش نظری و عملی تشویق می‌کنند (هووا^{۱۵}، ۲۰۲۵). در حالی که معلم نقش تسهیل‌گر دارد و با ارائه راهنمایی‌های لازم، فرایند یادگیری و نوآوری را هدایت می‌کند (سعیدینیا و همکاران، ۱۴۰۲). ارزیابی میزان یادگیری در برنامه‌های درسی پروژه‌محور STEM فراتر از آزمون‌های سنتی است و بر فرایند یادگیری، مهارت‌های حل مسئله، خلاقیت و نتایج عملی دانش‌آموزان تمرکز دارد. این روش بازخورد مستمر و تطبیق یادگیری با اهداف واقعی آموزش را فراهم می‌کند (ستیاوان^{۱۶} و همکاران، ۲۰۲۵). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که اجرای این برنامه درسی از سنین پایین، به ویژه در دوره ابتدایی، نقش مهمی در توسعه توانایی‌های شناختی و عاطفی دانش‌آموزان دارد (آیینی^{۱۷}، ۲۰۲۴) و موجب افزایش انگیزه، نگرش مثبت نسبت به دروس (سانتوس^{۱۸} و همکاران، ۲۰۲۵)، تقویت مهارت‌های ارتباطی (ون هاسک و ساملیک^{۱۹}، ۲۰۲۵)، خلاقیت و نوآوری (کوون^{۲۰} و همکاران، ۲۰۲۴)، افزایش کارایی و اثربخشی یادگیری (یانگ^{۲۱} و همکاران، ۲۰۲۵)، ایجاد فرصت‌های یادگیری مشارکتی و گروهی (لی و لی^{۲۲}، ۲۰۲۵)، بهبود مهارت‌های حل مسئله (ماسپول^{۲۳}، ۲۰۲۴)، تقویت اعتماد به نفس (تیا و وانگید^{۲۴}، ۲۰۲۵) و توانمندسازی در مدیریت هیجانات دانش‌آموزان برای مواجهه با چالش‌های دنیای واقعی کمک می‌کند (رتنو^{۲۵} و همکاران، ۲۰۲۵).

تحصیلی اشاره دارد که از طریق آزمون‌های معلم‌ساخته سنجیده می‌شود و بیانگر میزان موفقیت فعالیت‌های آموزشی معلمان و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در حوزه‌های مختلف درسی است (سیف، ۱۴۰۰)؛ همچنین (کیفی) شامل توسعه مهارت‌های اساسی مانند تفکر انتقادی، حل مسئله و خلاقیت نیز هست. این مهارت‌ها به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا با اطمینان بیشتری در زندگی فردی و اجتماعی خود عمل کنند رشد مهارت‌های کلیدی برای به‌کارگیری دانش و مهارت‌ها در موقعیت‌های واقعی زندگی است (یدالهی و ابراهیمی، ۱۴۰۳). در واقع، دانش‌آموزانی که مسائل را عمیق درک کرده و راهبردهای متنوعی برای حل آن‌ها به کار می‌گیرند، یادگیری معنادارتر و پایدارتری تجربه می‌کنند، که به بهبود عملکرد تحصیلی، افزایش انگیزه و موفقیت آموزشی منجر می‌شود. همچنین، پیشرفت تحصیلی می‌تواند اعتمادبه‌نفس و انگیزه دانش‌آموز برای حل مسائل پیچیده‌تر را تقویت کند (سلطانی و همکاران، ۱۴۰۳)؛ بنابراین، میان ادراک حل مسئله و پیشرفت تحصیلی رابطه‌ای دوسویه وجود دارد که توجه به آن در طراحی برنامه‌های درسی ضروری است.

پژوهش‌های کاتاکوتان^۱ و همکاران (۲۰۲۳)، چایکا^۲ (۲۰۲۴)، حسییوان^۳ (۲۰۲۵)، رفیق^۴ (۲۰۲۵)، سعیدینیا و همکاران (۱۴۰۲)، اصلانی و همکاران (۱۴۰۳)، دهقان‌بنادکی و همکاران (۱۴۰۳)، نشان داده‌اند که برنامه‌های درسی و روش‌های آموزش سنتی در مدارس، اغلب قادر به پاسخگویی به نیازها و چالش‌های نوین جامعه نیستند. این محدودیت‌ها به‌ویژه در دروس پایه و کاربردی مانند علوم تجربی، ریاضی، فناوری و مهندسی محسوس است؛ زیرا یادگیری مفاهیم علمی و کاربرد عملی آن‌ها در زندگی روزمره، مستلزم به‌کارگیری روش‌های نوآورانه، فعال و تجربه‌محور است بنابراین ارتقای کیفیت نظام‌های آموزشی و بازنگری در طراحی و اجرای برنامه‌های درسی و روش‌های تدریس، از الزامات اساسی توانمندسازی دانش‌آموزان در مواجهه با چالش‌های پیچیده دنیای معاصر است (سعیدینیا و همکاران، ۱۴۰۲). در این راستا، بهره‌گیری از برنامه‌های درسی و روش‌های نوین آموزشی، نظیر برنامه درسی یادگیرنده محور، مشارکتی، یادگیری مبتنی بر پروژه و برنامه درسی STEM، می‌تواند به پرورش تفکر خلاق و حل مسئله کمک کند و دانش‌آموزان را برای تصمیم‌گیری‌های آگاهانه و حل مسائل پیچیده آماده می‌کند (کارکرا^۵ و همکاران، ۲۰۲۴).

یکی از برنامه‌های درسی نوین و مورد توجه در قرن بیست‌ویکم، «برنامه درسی پروژه‌محور STEM»^۶ است که ریشه در نظریه سازنده‌گرایی دارد (لی و لی^۷، ۲۰۲۴). «STEM» مخفف «علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات»^۸

14. Retno
15. Hoa
16. Setiawan
17. Ayeni
18. Santos
19. Van Haaske & Samelik
20. Kwon
21. Yang
22. Lee & Lee
23. Maspul
24. Tia & Wangid
25. Retno

1. Catacutan
2. Chaika
3. Hasibuan
4. Rofiq
5. Karkera
6. STEM-oriented project curriculum
7. Li & Li
8. Science, Technology, Engineering & Mathematics
9. Portillo-Blanco
10. US National Science Foundation
11. Fertig
12. Project Based Learning
13. Yang

آموزشی درس الکتروشمی با رویکرد تلفیقی STEM (علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات) و TPACK (دانش محتوایی فناوری آموزشی) نشان دادند که استفاده از رویکرد تلفیقی STEM و TPACK امکان طراحی و ارائه محتوای آموزشی غنی و تعاملی را فراهم می‌کند؛ ترکیب رویکردها موجب تسهیل یادگیری، تقویت مهارت‌های کاوشگری و توسعه تفکر انتقادی در دانشجویان می‌شود. کدخدا و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که رویکرد STEM یادگیری و مهارت‌های حل مسئله دانش‌آموزان در علوم را به طور معناداری افزایش می‌دهد.

در بسیاری از نظام‌های آموزشی جهان، تلفیق موضوعات STEM در دوره ابتدایی به منظور افزایش علاقه دانش‌آموزان به رشته‌های علمی و تقویت ارتباط آنان با مشاغل مرتبط با این حوزه‌ها مورد توجه قرار گرفته است (رتنو و همکاران، ۲۰۲۵). با وجود اصلاحات انجام شده در برنامه درسی سند ملی ایران، همچنان شکاف‌های قابل توجهی در اهداف، محتوای آموزشی و روش‌های تدریس مدارس ابتدایی مشاهده می‌شود که ضرورت بازنگری جامع در طراحی برنامه‌های درسی را آشکار می‌سازد تا اهداف آموزشی، علاقه‌مندی‌های دانش‌آموزان و نیازهای جامعه به طور مؤثر تأمین شود (مختاری و همکاران، ۱۴۰۱). نتایج آزمون‌های بین‌المللی «تیمز» (۲۰۱۹) و برنامه بین‌المللی ارزشیابی دانش‌آموزان «پیسائ» نشان می‌دهد که دانش‌آموزان ایرانی در دروس علوم، ریاضی و دانش مفهومی، مهارت‌های حل مسئله، کاربرد دانش و توانایی‌های تحلیلی عملکرد ضعیفی دارند و این وضعیت بیانگر عدم پیشرفت تحصیلی قابل توجه در این حوزه‌ها است (ضیاءنژاد شیرازی و همکاران، ۱۴۰۲). همچنین در سطح ملی و منطقه‌ای نتایج شاخص‌های رفتاری و آموزشی (حضور در کلاس، مشارکت در فعالیت‌های عملی و توانایی‌های فراشناختی، به‌ویژه مهارت‌های خودتنظیمی و حل مسئله، و همچنین گزارش‌های معلمان و مشاوران، منابع تکمیلی) و داده‌های پژوهشی و آماری منتشرشده توسط سازمان‌های آموزش و پرورش و مطالعات علمی نیز دیدگاهی جامع از وضعیت نامطلوب پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان و ضرورت بازنگری در برنامه‌ها و روش‌های آموزشی ارائه می‌کنند. مطالعات بدری و همکاران (۱۴۰۳)، زهانی و همکاران (۱۴۰۲)، نخعی و همکاران (۱۴۰۱) و شجاعی شمیرانی و همکاران (۱۴۰۰) نشان می‌دهد که ضعف تحصیلی دانش‌آموزان در دروس علوم و ریاضی نه تنها ناشی از ناتوانی فردی آنان است، بلکه به عوامل ساختاری و آموزشی نیز بازمی‌گردد. این عوامل شامل کمبود فرصت‌های یادگیری فعال، تمرکز بر سطوح شناختی پایین، غفلت از مهارت‌های فراشناختی، استفاده از روش‌های تدریس سنتی، تمرکز بر موضوعات محدود، عدم تطابق محتوا و اهداف آموزشی با نیازهای دانش‌آموزان و جامعه، محدود بودن فرصت‌های عملی برای حل مسئله، نبود آموزش هدفمند برای تقویت مهارت‌های تحلیلی و حل مسئله و فشارهای روانی ناشی از آزمون‌ها و انتظارات اجتماعی است (شیرانی و همکاران، ۱۴۰۲).

شواهد پژوهشی نشان می‌دهند که فعالیت‌های مبتنی بر رویکرد STEM نقش مؤثری در تقویت مهارت‌های حل مسئله و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دارند. رتنو و همکاران (۲۰۲۵) در مطالعه‌ای چارچوب مفهومی یادگیری مبتنی بر پروژه یکپارچه با (PjBL-STEM) را برای مدارس ابتدایی طراحی و اعتبارسنجی کردند. یافته‌ها نشان داد که چارچوب PjBL-STEM اعتبار بالایی دارد و اجرای آن موجب ارتقای مهارت‌های فراشناختی، بهبود درک مفاهیم، مهارت‌های حل مسئله، خلاقیت، همکاری و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان شد و نشان‌دهنده اثر مثبت تلفیق STEM و یادگیری پروژه‌محور در پرورش مهارت‌های قرن ۲۱ در آموزش ابتدایی است. شونگوه^۱ (۲۰۲۴) نشان داد که آموزش مبتنی بر مسئله در حوزه STEM موجب افزایش اعتمادبه‌نفس دانش‌آموزان در حل مسائل ریاضی و بهبود عملکرد تحصیلی آن‌ها می‌شود. رایسید^۲ و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به بررسی تأثیر یادگیری پروژه‌محور تلفیقی با STEM بر توانایی حل مسئله دانش‌آموزان پایه ششم پرداختند. یافته‌ها نشان داد که اجرای مدل یادگیری پروژه‌محور با رویکرد STEM به طور قابل توجهی مهارت‌های حل مسئله دانش‌آموزان را ارتقا داد و ترکیب یادگیری پروژه‌محور و STEM می‌تواند توانمندی‌های فراشناختی و مهارت حل مسئله دانش‌آموزان را تقویت کرده و به‌عنوان راهکاری مؤثر در بهبود فرآیند یادگیری دوره ابتدایی مورد استفاده قرار گیرد. زنگین^۳ و همکاران (۲۰۲۲) بر نقش فعالیت‌های STEM در تقویت مهارت‌های حل مسئله و انگیزه یادگیری دانش‌آموزان ابتدایی تأکید کردند. همچنین، موزنا^۴ و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که یادگیری مبتنی بر پروژه E-STEM، موجب ارتقای سواد فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و توانایی حل مسئله دانش‌آموزان می‌شود. در ایران، اصلانی و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی با بررسی تأثیر برنامه درسی مبتنی بر پروژه STEM بر خلاقیت دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی نشان دادند که اجرای برنامه درسی پروژه‌محور STEM به طور معناداری خلاقیت دانش‌آموزان را ارتقا می‌دهد. نتایج حاکی از آن بود که این رویکرد بر مؤلفه‌های سیالی، انعطاف‌پذیری، ابتکار و بسط خلاقیت تأثیر مثبت داشته و می‌تواند به عنوان راهکاری مؤثر در پرورش تفکر خلاق دانش‌آموزان به‌کار گرفته شود. عسکری رباطی و خلیلی کلاکی (۱۴۰۲) نیز تأکید کردند که روش‌های مبتنی بر حل مسئله، در مقایسه با روش‌های سنتی، تأثیر بیشتری بر پیشرفت تحصیلی و مهارت‌های حل مسئله دارند، زیرا دانش‌آموزان را به مشارکت فعال در فرآیند یادگیری و تحلیل مسائل ترغیب می‌کنند. این شواهد نشان می‌دهند که آموزش فعال و پروژه‌محور، اساس یادگیری معنادار و توسعه مهارت‌های کلیدی دانش‌آموزان را فراهم می‌کند. سعیدنیا و همکاران (۱۴۰۰) در دوره پژوهشی سنتز پژوهی، الگوی برنامه‌درسی پروژه‌محور STEM در دوره ابتدایی را طراحی کردند. نتایج نشان داد این الگو با رویکردی دانش‌آموز‌محور، بر یادگیری معنادار، پرورش مهارت‌های متنوع و ایجاد فرصت‌های برابر آموزشی، استفاده از روش‌های تعاملی و ارزشیابی چندبعدی تأکید دارد. در پژوهشی دیگر، بهرامی مداح و همکاران (۱۴۰۱) با بررسی طراحی محتوای

4. Muzana
5. TIMSS^۵ Trends in International Mathematics and Science Study
6. PISA^۶ Programme for International Student Assessment

1. Shongwe
2. Rasyid
3. Zengin

با توجه به این وضعیت، عدم پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان بازتاب‌دهنده ناکارآمدی برنامه‌های درسی موجود و ضرورت طراحی برنامه‌های نوین، به ویژه برنامه‌های پروژه‌محور STEM با تأکید بر تقویت مهارت‌های حل مسئله و تفکر انتقادی را برجسته می‌کند. وضعیت نامطلوب برنامه‌های درسی STEM در دوره ابتدایی و نتایج آزمون‌های بین‌المللی نشان‌دهنده لزوم بازنگری و اصلاح روش‌ها و الگوهای برنامه درسی و آموزشی است. با این حال، تأثیر برنامه‌های درسی پروژه‌محور STEM بر مهارت‌های فراشناختی، به‌ویژه ادراک حل مسئله، و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه ششم تاکنون به‌طور جامع مورد بررسی قرار نگرفته است. از این رو، مسئله اصلی پژوهش حاضر این است که «طراحی و اجرای الگوی برنامه درسی مبتنی بر پروژه STEM چه تأثیری بر ادراک حل مسئله و پیشرفت تحصیلی (دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی) دارد؟».

روش

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر گردآوری داده‌ها شبه‌آزمایشی با طرح دو گروهی پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. جامعه آماری شامل تمامی دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی شهر تبریز در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ بود. نمونه‌گیری به صورت خوشه‌ای چندمرحله‌ای انجام شد؛ ابتدا دو ناحیه آموزشی به طور تصادفی انتخاب و سپس مدارس و کلاس‌ها به عنوان خوشه‌های نمونه برگزیده شدند. معیارهای ورود دانش‌آموزان شامل ثبت‌نام رسمی در پایه ششم و حضور منظم در کلاس بود. حجم نمونه ۱۲۰ نفر با توجه به جدول کوهن، توان آزمون ۰/۸ و اندازه اثر ۰/۵ تعیین شد و دانش‌آموزان به دو گروه آزمایش و کنترل تقسیم شدند. گروه آزمایش برنامه درسی مبتنی بر پروژه STEM را دریافت کرد و گروه کنترل آموزش رایج مدارس را دنبال نمود. برای کنترل متغیرهای مزاحم، گروه‌ها بر اساس پایه، درس و معلم همگن شدند و استفاده از پیش‌آزمون در هر دو گروه امکان تعدیل اثر متغیر مستقل بر متغیر وابسته را فراهم ساخت. این طراحی امکان تکرار پژوهش و ارزیابی قابل اعتماد نتایج را نیز فراهم می‌کند.

کسب رضایت آگاهانه: پیش از اجرای پژوهش، رضایت مدیران مدارس، معلمان، والدین و دانش‌آموزان جلب شد. مدیران و معلمان مدارس با اطلاع از هدف و روش پژوهش، صدور اجازه ورود، آگاه‌سازی درباره نقش و وظایف و کسب رضایت کتبی یا شفاهی مشارکت کردند. والدین نیز با دریافت توضیحات کامل درباره اهداف و فرآیند پژوهش، تضمین محرمانگی اطلاعات و امکان انصراف از شرکت در پژوهش، رضایت کتبی خود را ارائه کردند. دانش‌آموزان با ارائه توضیحات ساده درباره هدف و مراحل پژوهش، رضایت آگاهانه خود را اعلام کرده و امکان انصراف از شرکت در مطالعه برای آنان محفوظ بود. حفظ محرمانگی اطلاعات نیز تضمین شد و نتایج پژوهش به صورت گروهی ارائه گردید.

ابزارهای پژوهش

پرسشنامه ادراک حل مسئله: برای سنجش ادراک حل مسئله، از پرسشنامه ادراک حل مسئله هپنر و پترسون (۱۹۸۲) استفاده شد. این ابزار با هدف

ارزیابی توانایی و نگرش دانش‌آموزان نسبت به حل مسئله و نیز سنجش درک آن‌ها از رفتارهای حل مسئله و شیوه‌های واکنش در مواجهه با موقعیت‌های مسئله‌محور طراحی شده است. پرسشنامه مذکور شامل ۳۵ عبارت است که بر اساس مقیاس لیکرت شش‌درجه‌ای از «کاملاً موافقم» (۱) تا «کاملاً مخالفم» (۶) نمره‌گذاری می‌شود. این پرسشنامه دارای سه زیرمقیاس به شرح زیر است: الف) اعتماد به خود در حل مسئله، شامل ۱۱ عبارت؛ ب) اجتناب یا نزدیکی به مسئله، شامل ۱۶ عبارت؛ و ج) کنترل شخصی، شامل ۸ عبارت. نکته قابل توجه آن است که در این ابزار، نمره‌گذاری معکوس بوده و نمرات پایین‌تر نشان‌دهنده سطح بالاتر ادراک حل مسئله می‌باشند. هپنر و پترسون (۱۹۸۲) پس از تدوین این پرسشنامه، آن را بر روی چندین گروه نمونه اجرا کرده و ضرایب همسانی درونی قابل قبولی را گزارش نمودند. ضریب آلفای کرونباخ برای زیرمقیاس‌ها در بازه‌ای بین ۰/۷۲ تا ۰/۸۵ و برای کل مقیاس برابر با ۰/۹۰ گزارش شده است. نتایج تحلیل‌های مربوط به روایی نیز حاکی از آن است که این ابزار، سازه‌های مرتبط با ادراک حل مسئله را به‌درستی اندازه‌گیری می‌کند. همچنین، ضریب بازآزمایی نمره کل پرسشنامه در فاصله زمانی دو هفته، بین ۰/۸۳ تا ۰/۸۹ گزارش شده که نشان‌دهنده پایایی مناسب این ابزار می‌باشد (هپنر، ۱۹۸۸). در پژوهش حاضر، پایایی پرسشنامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ محاسبه گردید و مقدار آن برابر با ۰/۸۵ به دست آمد که بیانگر همسانی درونی مناسب ابزار در جامعه مورد بررسی است. داده‌های حاصل از آزمون برای تحلیل اثر برنامه درسی مبتنی بر پروژه STEM بر ادراک حل مسئله با روش تحلیل کوواریانس چندمتغیر (MNCOVA) تجزیه و تحلیل شد.

آزمون پیشرفت تحصیلی: برای سنجش پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان، از یک آزمون معلم‌ساخته استفاده شد که شامل ۳۰ سؤال با قالب‌های چندگزینه‌ای، کوتاه پاسخ و بازپاسخ بود و جمع نمرات آن ۲۰ در نظر گرفته شد. سؤالات آزمون به صورت تلفیقی از سرفصل‌های علوم تجربی، ریاضیات، کار و فناوری و تفکر و پژوهش طراحی شده‌اند تا گستره مهارت‌های مورد نظر در برنامه درسی مبتنی بر پروژه STEM را پوشش دهند. این آزمون یک بار قبل از اجرای برنامه درسی (پیش‌آزمون) و یک بار پس از اجرای برنامه (پس‌آزمون) توسط دانش‌آموزان پاسخ داده شد. سؤالات پیش‌آزمون و پس‌آزمون از نظر سطح دشواری یکسان اما از نظر محتوایی و ظاهری متفاوت طراحی شدند. مبنای تهیه آزمون شامل مطالعه اسناد و مدارک رسمی برنامه درسی، تحلیل محتوای کتاب‌های درسی مرتبط، مشاهدات کلاس و مصاحبه با معلمان پایه ششم بود تا سؤالات با اهداف آموزشی، سطح دانش و توانایی‌های فراشناختی دانش‌آموزان همسو باشد. روایی آزمون با استفاده از نظرات سه معلم پایه ششم تأیید شد و پایایی آن با روش ضریب کوردریچاردسون و همسانی درونی برابر با ۰/۸۲ به دست آمد. داده‌های حاصل از آزمون برای تحلیل اثر برنامه درسی مبتنی بر پروژه STEM بر پیشرفت تحصیلی با روش تحلیل کوواریانس یک‌طرفه (ANCOVA) تجزیه و تحلیل شد.

روش اجرا

بسته اجرایی برنامه درسی پروژه محور STEM با هدف تلفیق دانش نظری و عملی موضوعات درسی STEM (علوم تجربی، ریاضیات، فناوری و مهندسی) طراحی شده است. این بسته دانش‌آموزان را با مراحل طراحی و ساخت پروژه آشنا می‌کند و به آن‌ها در درک مفاهیمی مانند؛ اهرم‌ها، نیرو، انرژی، سطح شیب‌دار، آزمایش، مشاهده، تجربه و مباحث علمی و ریاضی از جمله عدد، الگو، تقارن، مختصات، حجم، جرم، طول، سطح، احتمالات، اشکال هندسی، معادلات خطی، نسبت‌های مثلثاتی، مقیاس‌های اندازه‌گیری کمک می‌کند. علاوه بر این، مهارت‌های کاربردی مانند استفاده از نرم‌افزار، طراحی، مدل‌سازی، نقاشی، گرافیک، نمودار، ارائه گزارش، مراحل پژوهش، گردآوری اطلاعات، تخیل، قضاوت، قیاس، پرسشگری، حل مسئله، استدلال، ارزشیابی، استنباط و نتیجه‌گیری را نیز دانش‌آموزان یاد می‌گیرند. این آزمون، یک‌بار قبل از اجرای برنامه درسی مبتنی بر پروژه محور STEM (پیش‌آزمون) و هم‌سطح این آزمون بعد از اجرای برنامه درسی پروژه محور STEM (پس‌آزمون) توسط دانش‌آموزان پاسخ داده شد.

برای تدوین بسته آموزشی برنامه درسی STEM، نظریه‌ها، منابع و پژوهش‌های مختلف در این زمینه، به همراه نمونه‌های موفق اجرا شده در سایر کشورها، مورد مطالعه قرار گرفت. از جمله این منابع می‌توان به پژوهش‌های اینگلیش و کینگ^(۲۰۱۹)؛ تانک^۲ و همکاران^(۲۰۱۸)؛ و اینگلیش^۳ (۲۰۱۶) اشاره کرد. اولین قدم در اجرای این پژوهش: (۱) تهیه و تدوین بسته برنامه درسی STEM توسط پژوهشگر بود. این بسته شامل موضوعاتی از محتوای کتب درسی STEM (علوم تجربی، ریاضیات، کار و فناوری، تفکر و پژوهش) بود که امکان آموزش و یادگیری آن‌ها از طریق برنامه درسی پروژه محور STEM وجود داشت. (۲) انتخاب پروژه‌ها شامل؛ طراحی و ساخت ماشین الکترونیکی، هواپیمای چوبی باقابلیت پرواز، آسانسور برقی، سازه ماکارونی، انواع پل، منجنیق با برد بالا. (۳) طراحی و ساخت پروژه با تأکید بر بسته برنامه درسی STEM با رعایت مراحل انجام پروژه، اهداف پروژه، تعداد جلسات، اهداف کلی، اهداف جزئی (شناختی، عاطفی و رفتاری)، فرایند فعالیت و مهارت‌های عملکردی و کسب‌شده، طراحی شد. پس از طراحی و ساخت یک نمونه (طراحی و ساخت ماشین کاغذی)، برای سنجش روایی بسته آموزشی، نظرخواهی از متخصصان صورت گرفت. روایی آن توسط اساتید علوم تربیتی دانشگاه (یک نفر متخصص برنامه درسی، دو نفر متخصص تکنولوژی آموزشی و رسانه) و سه نفر از معلمان ابتدایی پایه ششم تأیید شد. سپس نمونه طراحی شده توسط یکی از آموزگاران در یکی از مدارس تبریز اجرا و برخی موارد جزئی نیز اعمال گردید. پس‌از آن، نسخه نهایی بسته آموزشی آماده شد. به‌منظور بررسی روایی محتوایی، بسته آموزشی توسط سه نفر آموزگار پایه ششم ابتدایی بررسی و پس از اعمال نظر نهایی آن‌ها، اجرا گردید.

بسته آموزشی برنامه درسی پروژه محور STEM در ۳۰ جلسه ۴۵ دقیقه‌ای اجرا شد. جلسه اول و آخر به اجرای پیش‌آزمون و پس‌آزمون با استفاده از پرسشنامه ادراک حل مسئله هینر و پترسون (۱۹۸۲) و آزمون

معلم ساخته پیشرفت تحصیلی اختصاص داشت. ابتدا میانگین تمامی گروه‌ها (کنترل و آزمایش) از طریق پیش‌آزمون اندازه‌گیری شد. برای مقایسه نتایج پیش‌آزمون دو گروه (آزمایش و کنترل) از تحلیل کوواریانس تک متغیره و چند متغیره استفاده شد. دانش‌آموزان گروه آزمایش به مدت ۲۷ جلسه ۴۵ دقیقه‌ای با استفاده از بسته برنامه درسی STEM به یادگیری دروس علوم تجربی، کار و فناوری، تفکر و پژوهش و ریاضیات پرداختند. در این گروه، دانش‌آموزان به گروه‌های ۴ یا ۵ نفره تقسیم شده و در هر گروه، یک نفر به‌عنوان سرگروه و یک نفر به‌عنوان منشی انتخاب می‌شد. سرگروه وظیفه‌ی مدیریت و سازمان‌دهی وظایف را بر عهده داشت و منشی نیز موظف به یادداشت‌برداری و جمع‌بندی مطالب بود. دانش‌آموزان در هر گروه موظف به طراحی و ارائه پروژه‌های یکسان بودند و پس از اتمام هر پروژه، در مورد تولیدات یکدیگر بحث و گفتگو می‌کردند. در مقابل، در کلاس‌های گروه کنترل، برنامه درسی رایج (روش تدریس سنتی) اجرا شد. در این روش، معلم ابتدا مفاهیم درسی را مطابق با متن کتاب درسی توضیح می‌داد، سپس سؤالات و مسائلی از مباحث درسی را حل می‌کرد و در نهایت، تمریناتی مشابه مسائل حل‌شده را به‌عنوان تکلیف به دانش‌آموزان ارائه می‌داد. پس از اتمام جلسات اجرای بسته برنامه درسی، پس‌آزمون (پرسشنامه ادراک حل مسئله و آزمون پیشرفت تحصیلی) برای سنجش میزان یادگیری دانش‌آموزان در هر دو گروه اجرا شد.

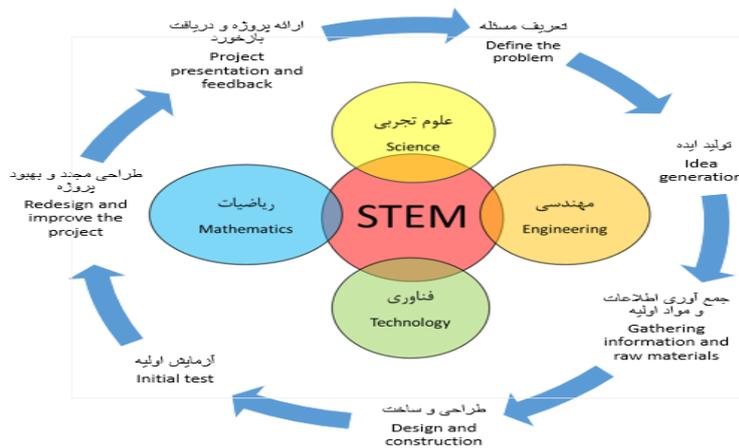
مراحل اجرای برنامه درسی مبتنی بر پروژه STEM:

- ۱. تعریف مسئله:** در این مرحله، معلم با ایجاد یک «رویداد ورودی» غیرمنتظره در حوزه‌های علوم، فناوری، مهندسی یا ریاضی، دانش‌آموزان را برای شناسایی و تعریف مسئله، تعیین اهداف، معیارها و محدودیت‌ها تحریک می‌کند. معلم از سؤالات چالش‌برانگیز و فیلم‌های مرتبط برای راهنمایی استفاده می‌کند.
- ۲. تولید ایده:** دانش‌آموزان با استفاده از روش بارش مغزی و مشورت با یکدیگر، به سؤالات راهنمایی‌کننده معلم پاسخ می‌دهند و ایده‌های خود را انتخاب می‌کنند. آنها با توجه به محدودیت‌ها مانند هزینه، زمان و مواد، مناسب‌ترین ایده را انتخاب می‌کنند.
- ۳. جمع‌آوری اطلاعات و مواد اولیه:** دانش‌آموزان برای طراحی و ساخت پروژه، اطلاعات مورد نیاز را از منابع مختلف مانند کتاب‌های درسی، اینترنت و مجلات جمع‌آوری می‌کنند و مواد اولیه مورد نیاز برای ساخت پروژه را تهیه می‌کنند.
- ۴. طراحی و ساخت پروژه:** گروه‌های دانش‌آموزی با استفاده از نرم‌افزارهای آموزشی و شبیه‌سازهای آزمایشگاه، طرح خود را طراحی کرده و محصول خود را می‌سازند. آنها از ابزارهای نوین مانند فیلم‌ها و انیمیشن‌های آموزشی برای بهبود طرح استفاده کرده و با تکیه بر طرح نهایی، محصول را تولید می‌کنند.

۷. **ارائه پروژه و دریافت بازخورد:** در این مرحله، دانش‌آموزان پروژه‌های خود را در قالب یک مسابقه کلاسی به نمایش می‌گذارند. آنها از ابزارهای بصری مانند نمودار، عکس، فیلم و اسلاید برای ارائه جذاب‌تر استفاده می‌کنند. معلم و سایر گروه‌ها نظرات خود را در مورد کیفیت کار، میزان رعایت اصول پروژه و نقاط قوت و ضعف آن ارائه می‌دهند. در این مرحله، علاوه بر نقد نقاط ضعف، به نقاط قوت نیز توجه می‌شود تا دانش‌آموزان تشویق شوند و انگیزه بیشتری برای فعالیتهای آینده پیدا کنند (انگلیش^۱، ۲۰۱۶؛ انگلیش و کینگ^۲، ۲۰۱۹؛ لوکاس^۳ و همکاران، ۲۰۱۴؛ تانک^۴ و همکاران، ۲۰۱۸).

۵. **آزمایش اولیه:** در این مرحله، دانش‌آموزان با انجام آزمایش اولیه، عملکرد محصول خود را ارزیابی کرده و از تطابق آن با اهداف و معیارهای تعیین‌شده اطمینان حاصل می‌کنند. ایرادات و نقایص محصول شناسایی می‌شود.

۶. **بازسازی و طراحی مجدد محصول:** دانش‌آموزان طرح اولیه پروژه خود را بازنگری کرده و نقاط قوت و ضعف آن را بررسی می‌کنند. آنها به دنبال رفع ایرادات و تناقضات احتمالی در طرح می‌گردند.



نمودار ۱. مراحل اجرای برنامه درسی پروژه محور STEM

خرپائی، آسانسور برقی، طراحی و ساخ تصفیه کننده آب، طراحی و ساخت جاروی برقی پلاستیکی بود.

در جدول (۱) دو نمونه از مراحل طراحی و ساخت پروژه کلاس (خودرو برقی و ماکت باغ وحش) آمده است. سایر موضوعات پروژه در طول اجرای بسته برنامه درسی پروژه محور شامل؛ طراحی و ساخت سازه ماکرونی پل

جدول ۱: طراحی و ساخت خودروی برقی بر اساس برنامه درسی بر پروژه محور STEM

مرحله	عنوان مرحله	هدف آموزشی	فعالیت کلیدی	محتوای تلفیقی درسی	ابزار و مواد	مهارت‌های کسب شده
۱	تعریف مسئله و ایجاد انگیزه	آشنایی با نیاز حمل‌ونقل و مفهوم انرژی	مشاهده فیلم و گفت‌وگوی گروهی	علوم (نیرو و حرکت)، تفکر (طرح پرسش)، فناوری (ابزار ساده)	فیلم، تصاویر، تخته هوشمند	کنجکاوی، تفکر انتقادی، همکاری گروهی
۲	ایده‌پردازی و انتخاب طرح	ایجاد طرح اولیه بر اساس ویژگی‌های مطلوب	ایده‌پردازی، رسم نقشه ابتدایی	تفکر (قضاوت و انتخاب)، ریاضی (شکل‌ها و تناسب)	کاغذ، مداد، الگوهای تصویری	خلاقیت، حل مسئله، سواد بصری
۳	تحقیق و بررسی منابع	جمع‌آوری اطلاعات درباره ساخت خودرو و انواع انرژی	جستجو در منابع، مصاحبه با کارشناسان	علوم (انرژی‌های پاک)، فناوری (اطلاعات فنی)، تفکر (تحلیل داده)	منابع دیجیتال، کتاب، فرم تحقیق	سواد اطلاعاتی، تحلیل، مسئولیت‌پذیری
۴	طراحی و ساخت	ساخت مدل اولیه با استفاده از ابزار مناسب	ساخت عملی خودروی ساده	کاروفناوری (مدل‌سازی)، ریاضی (اندازه‌گیری)، علوم (نیرو)	باتری، چرخ، موتور، شاسی، ابزار دستی	مهارت فنی، دقت عملی، کار تیمی
۵	آزمایش اولیه	آزمون حرکت و بررسی مشکلات مدل	تست عملی خودرو و ثبت نتایج	علوم (حرکت، تعادل، ریاضی (سرعت، زمان)	کرونومتر، خط‌کش، فرم ثبت مشاهدات	تحلیل داده، تصمیم‌گیری، بازخوردگیری
۶	بازنگری و اصلاح پروژه	شناسایی خطاها و اصلاح مدل	بازطراحی بر اساس آزمون	تفکر (نقد و بازنگری)، فناوری (اصلاح سازه)	مدل ساخته‌شده، ابزار ساده	تفکر انتقادی، نوآوری، انعطاف‌پذیری
۷	ارائه و ارزیابی پروژه	مستندسازی و ارائه دستاوردها	تهیه پوستر و ارائه شفاهی	کاروفناوری (ارائه، تفکر (ارزشیابی)، علوم (کاربرد انرژی)	پاورپوینت، پوستر، دفتر گزارش	ارتباط مؤثر، مستندسازی، بازتاب شخصی

جدول ۲. طراحی و ساخت ماکت باغ وحش بر اساس برنامه درسی بر پروژه محور STEM

مرحله	عنوان مرحله	هدف آموزشی	فعالیت کلیدی	محتوای درسی تلفیقی	ابزار و مواد	مهارت‌های کسب شده
۱	تعریف مسئله و انگیزش	آشنایی با مفهوم باغ وحش و اهمیت حفظ حیات وحش	مشاهده و بحث گروهی	علوم (حفاظت از محیط زیست)، تفکر و پژوهش	فیلم، تصاویر حیوانات وحشی، تخته سفید	تفکر انتقادی، همدلی
۲	ایده پردازی و طراحی اولیه	خلق ایده‌ها برای طراحی باغ وحش و قرار دادن حیوانات در مکان مناسب	طراحی نقشه، انتخاب حیوانات	ریاضی (اشکال هندسی)، هنر (طراحی)، علوم (زیست‌شناسی)	کاغذ، مداد، رنگ‌ها، برگه‌های طراحی	خلاقیت، تفکر بصری، برنامه‌ریزی
۳	تحقیق و جمع‌آوری اطلاعات	جستجو و جمع‌آوری اطلاعات درباره حیوانات وحشی و زیستگاه آن‌ها	تحقیق، مشاهده، مطالعه منابع	علوم (زیست‌شناسی)، تفکر (تحلیل)، فناوری	کتاب، منابع دیجیتال، تصاویری از حیوانات	پژوهش، مهارت‌های جستجو
۴	ساخت ماکت باغ وحش و حیوانات	ساخت و ترکیب اجزای ماکت باغ وحش و قرار دادن حیوانات در محل مناسب	ساخت ماکت، قرار دادن حیوانات	فناوری (مدل‌سازی)، هنر (نقاشی، مجسمه‌سازی)، علوم	مقوا، چسب، قیچی، رنگ، مجسمه‌سازی از مواد بازیافتی	همکاری، دقت، مهارت‌های دستی
۵	آزمون و ارزیابی عملکرد	ارزیابی عملکرد ماکت و بررسی اینکه آیا حیوانات در محیط مناسب قرار دارند	آزمون، بررسی پایداری اجزای ماکت	علوم (نیرو، تعادل)، فناوری (آزمون عملکرد)	چک‌لیست ارزیابی، دوربین، دفتر مشاهده	تحلیل داده، حل مسئله، ارزیابی عملکرد
۶	بازطراحی و بهبود	اصلاح و بهبود ماکت و تنظیم مجدد اجزای آن برای عملکرد بهتر	اصلاح اجزا، بازطراحی ساختارها	تفکر (تحلیل خطا، بازنگری)، فناوری (اصلاح طرح)	ابزار ساخت و اصلاح، چسب، قیچی	انعطاف‌پذیری، بازنگری، تفکر تحلیلی
۷	ارائه نهایی و مستندسازی	ارائه نهایی پروژه به کلاس و مستندسازی فرآیند ساخت	ساخت پوستر، ارائه گزارش شفاهی	علوم (مستندسازی علمی)، فناوری (مدل‌سازی و طراحی)، تفکر و پژوهش (تحلیل و ارزیابی)، و ریاضی (مستندسازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها)	پوستر، پاورپوینت، دفتر مستندات	ارتباط مؤثر، مستندسازی، ارزیابی

یافته‌ها

در این پژوهش برای تحلیل داده‌ها از دو روش آمار توصیفی و استنباطی بهره گرفته شد. در بخش آمار توصیفی، شاخص‌هایی مانند فراوانی، میانگین و انحراف استاندارد نمرات محاسبه گردید. در بخش آمار استنباطی نیز از آزمون تحلیل کواریانس تک متغیره (ANCOVA) و تحلیل کواریانس چند متغیره (MANCOVA) استفاده شد. تحلیل‌های آماری با کمک نرم‌افزار SPSS-23 انجام شد.

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد نمرات ادراک حل مسئله در دو گروه آزمایش و کنترل

گروه	متغیر	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
کنترل	اعتماد به حل مسایل	۴۵/۸۰	۵/۶۵۹	۴۷/۸۷	۸/۳۶۹
	سبک‌گرایش - اجتناب	۲/۵۶۵	۴/۸۰۳	۵۸/۷۵	۹/۹۲۳
	کنترل شخصی	۲۲/۴۲	۱/۷۶۹	۲۱/۴۷	۳/۶۴۳
	ادراک حل مسئله	۱۲۴/۷۳	۷/۷۳۰	۱۲۸/۰۸	۱۳/۰۴۸
آزمایش	اعتماد به حل مسایل	۴۶/۶۲	۵/۲۱۴	۲۸/۲۸	۹/۴۰۶
	سبک‌گرایش - اجتناب	۵۵/۶۳	۴/۰۵۹	۳۴/۶۰	۱۰/۰۱۲
	کنترل شخصی	۲۲/۶۲	۱/۸۷۸	۱۱/۱۳	۴/۸۷۳
	ادراک حل مسئله	۱۲۴/۸۷	۶/۸۲۶	۷۴/۰۲	۱۴/۴۹۳

می‌شود، در گروه کنترل تغییرات قابل توجهی در میانگین نمرات بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده نمی‌شود. در حالی که در گروه آزمایش، کاهش نمرات در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون به وضوح مشاهده می‌گردد.

جدول ۲ آمار توصیفی مربوط به میانگین و انحراف معیار نمرات ادراک حل مسئله را به تفکیک برای گروه‌های آزمایش و کنترل در دو مرحله سنجش (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) ارائه می‌دهد. همان‌طور که مشاهده

جدول ۳: توصیف آماری نمرات پیشرفت تحصیلی در دو مرحله اندازه گیری به تفکیک گروه آزمایش و کنترل

متغیر	گروه	مرحله	میانگین	انحراف استاندارد
پیشرفت تحصیلی	کنترل	پیش‌آزمون	۹/۳۰	۱/۰۵۹
		پس‌آزمون	۱۰/۴۶	۱/۸۴۸
	آزمایش	پیش‌آزمون	۱۰/۳۵	۰/۹۱۴
		پس‌آزمون	۱۶/۲۹	۱/۷۰۷

درسی مبتنی بر پروژه محور STEM بر ادراک حل مسئله و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی، از آزمون تحلیل کواریانس چندمتغیره (MANCOVA) استفاده شد. نتایج این آزمون و بررسی مفروضه‌های آن در ادامه ارائه شده است.

جدول ۳ آمار توصیفی میانگین و انحراف معیار نمرات متغیر پیشرفت تحصیلی را به تفکیک برای گروه‌های آزمایش و کنترل در دو مرحله سنجش (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل، افزایش بیشتری در نمرات پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون مشاهده می‌گردد. به‌منظور ارزیابی اثربخشی برنامه

جدول ۴: نتایج تحلیل کواریانس چند متغیری برای مقایسه ادراک حل مسئله و پیشرفت تحصیلی در گروه آزمایش و کنترل

اثر	آزمون‌ها	مقادیر	F	درجه آزادی اثر	درجه آزادی خطا	سطح معناداری	اندازه اثر
گروه	اثر پیلایی	۰/۸۰۷	۲۴۰/۲۹۰	۲	۱۱۵	۰/۰۰۱	۰/۸۰۷
	لامبدای ویلکز	۰/۱۹۳	۲۴۰/۲۹۰	۲	۱۱۵	۰/۰۰۱	۰/۸۰۷
	اثر هتلینگ	۴/۱۷۹	۲۴۰/۲۹۰	۲	۱۱۵	۰/۰۰۱	۰/۸۰۷
	بزرگترین ریشه روی	۴/۱۷۹	۲۴۰/۲۹۰	۲	۱۱۵	۰/۰۰۱	۰/۸۰۷

تأثیر معناداری در بهبود ادراک حل مسئله و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان گروه آزمایش داشته است.

به‌منظور ارزیابی اثربخشی برنامه درسی مبتنی بر پروژه محور STEM بر ادراک حل مسئله دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی، از آزمون تحلیل کواریانس چندمتغیره (MANCOVA) استفاده شد. در این بخش، نتایج به‌دست‌آمده از اجرای این آزمون و بررسی مفروضه‌های آن ارائه شده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، سطح معناداری برای تمامی آمارهای چندمتغیره (اثر پیلایی، لامبدای ویلکز، اثر هتلینگ و بزرگترین ریشه روی) کمتر از 0.01 ($p < 0.01$) به‌دست آمده است. بنابراین، فرض صفر آماری رد می‌شود و نتایج نشان می‌دهد که بین ادراک حل مسئله و پیشرفت تحصیلی در دو گروه آزمایش و کنترل، در پس‌آزمون تفاوت معناداری وجود دارد. از این‌رو، می‌توان نتیجه گرفت که برنامه درسی مبتنی بر پروژه‌های STEM

جدول ۵: نتایج تحلیل کواریانس چند متغیری برای مقایسه ادراک حل مسئله در گروه آزمایش و کنترل

اثر	آزمون‌ها	مقادیر	F	درجه آزاد اثر	درجه آزادی خطا	سطح معناداری	اندازه اثر
گروه	اثر پیلایی	۰/۷۸۲	۱۳۴/۸۱۵	۳	۱۱۳	۰/۰۰۱	۰/۷۸۲
	لامبدای ویلکز	۰/۲۱۸	۱۳۴/۸۱۵	۳	۱۱۳	۰/۰۰۱	۰/۷۸۲
	اثر هتلینگ	۳/۵۷۹	۱۳۴/۸۱۵	۳	۱۱۳	۰/۰۰۱	۰/۷۸۲
	بزرگترین ریشه	۳/۵۷۹	۱۳۴/۸۱۵	۳	۱۱۳	۰/۰۰۱	۰/۷۸۲

برنامه درسی مبتنی بر پروژه‌محور STEM تأثیر معناداری بر ادراک حل مسئله دانش‌آموزان داشته است.

به منظور بررسی تفاوت دو گروه آزمایش و کنترل در هر یک از مولفه‌های ادراک حل مسئله، آزمون اثرات بین آزمودنی مورد استفاده قرار گرفت که نتایج حاصل در ادامه ارائه شده است.

همان‌طور که در نتایج مشاهده می‌شود، سطح معنی‌داری هر چهار آزمون چندمتغیری (اثر پیلایی، لامبدای ویلکز، اثر هتلینگ و بزرگ‌ترین ریشه روی) کمتر از 0.01 است ($p < 0.01$). بنابراین، فرض صفر آماری رد می‌شود و نشان‌دهنده تفاوت معنادار در ادراک حل مسئله بین گروه‌های آزمایش و کنترل در پس‌آزمون می‌باشد. بر این اساس، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که

جدول ۶: نمرات میانگین تعدیل شده پس از آزمون ادراک حل مسئله و پیشرفت تحصیلی

گروه	میانگین	خطای استاندارد	میانگین	خطای استاندارد
ادراک حل مسئله	۱۲۹/۱۹۲	۲/۰۵۳	۷۲/۹۰۸	۲/۰۵۳
	۱۰/۴۰۸	۰/۲۴۷	۱۶/۳۴۹	۰/۲۴۷
پیشرفت تحصیلی	۱۰/۴۰۸	۰/۲۴۷	۱۶/۳۴۹	۰/۲۴۷
	۱۲۹/۱۹۲	۲/۰۵۳	۷۲/۹۰۸	۲/۰۵۳

به منظور بررسی اثربخشی برنامه درسی مبتنی پروژه محور مبتنی بر STEM بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی، از آزمون تحلیل کواریانس تک متغیره استفاده شد. نتایج مربوط به اجرای این آزمون و بررسی مفروضات آن در ادامه ارائه شده است.

چنانچه در جدول ۶ ملاحظه می‌شود میانگین نمرات ادراک حل مسئله گروه آزمایش پس از تعدیل نمرات کمتر و میانگین نمرات پیشرفت تحصیلی بیشتر از گروه کنترل بوده است.

جدول ۷: نتایج تحلیل کواریانس جهت مقایسه پیشرفت تحصیلی در گروه آزمایش و گروه کنترل

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معناداری	اندازه اثر
پیش آزمون	۱/۴۰۴	۱	۱/۴۰۴	۰/۴۴۱	۰/۵۰۸	۰/۰۰۴
گروه	۸۲۲/۷۴۰	۱	۸۲۲/۷۴۰	۲۵۸/۶۳۵	۰/۰۰۱	۰/۶۸۹
خطا	۳۷۲/۱۸۶	۱۱۷	۳/۱۸۱			
کل	۱۳۹۳/۳۸۷	۱۱۹				

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که برنامه درسی مبتنی بر پروژه STEM، به‌طور معناداری اعتمادبه‌نفس دانش‌آموزان در ادراک حل مسئله را افزایش می‌دهد ($p < ۰/۰۵$). این یافته با پژوهش‌های بیلال^۱ و همکاران (۲۰۲۵)، سافیتری^۲ و همکاران (۲۰۲۴)، تیا و وانگید (۲۰۲۴)، دو و لیوبلینسکایا^۳ (۲۰۲۲) همسو است و تأکید می‌کند که مشارکت فعال در پروژه‌های گروهی، تجربه موفقیت در حل مسائل و تعامل اجتماعی، خودباوری و مهارت‌های روانی-اجتماعی دانش‌آموزان را تقویت می‌کند. پژوهشگران روان‌شناختی و تربیتی بر این باورند که موفقیت در حل مسئله مستلزم توانایی‌های شناختی، فراشناختی، عاطفی و روانی-حرکتی است که در قالب اعتمادبه‌نفس و خودکارآمدی نمود پیدا می‌کنند (آینی، ۲۰۲۳). سافیتری و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی با بررسی تاثیر یادگیری مبتنی بر پروژه (PjBL) و یادگیری مبتنی بر مسئله (PBL) بر اعتماد به‌نفس و حل مسئله دانش‌آموزان گزارش کردند که هر یک از این رویکردها به‌طور جداگانه موجب بهبود معنادار نتایج یادگیری و افزایش مشارکت دانش‌آموزان می‌شوند، اما ترکیب هم‌زمان آن‌ها با اعتمادبه‌نفس تأثیر معناداری بر نتایج یادگیری ندارد. تیا و وانگید (۲۰۲۴) نشان دادند که یادگیری مبتنی بر پروژه، اعتمادبه‌نفس دانش‌آموزان دوره ابتدایی را افزایش می‌دهد و مشارکت فعال در فرایند یادگیری، تجربه موفقیت در حل مسائل و تعامل گروهی، خودباوری و مهارت‌های روانی-اجتماعی آنان را تقویت می‌کند. بیلال و همکاران (۲۰۲۵) نیز اثبات کردند که یادگیری مبتنی بر مسئله موجب افزایش اعتمادبه‌نفس و مهارت‌های گفتاری دانش‌آموزان در زبان انگلیسی می‌شود و مشارکت در پروژه‌های گروهی، تفکر انتقادی و فعالیت گفتاری آنان را تقویت می‌کند، به‌طوری که با راهنمایی معلم، چالش‌هایی مانند خجالت و تعارض‌های گروهی قابل مدیریت هستند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که یادگیری مبتنی بر پروژه و مهارت حل مسئله، محدودیت‌های روش‌های سنتی آموزشی را جبران کرده و به‌طور مؤثری مهارت‌ها و اعتمادبه‌نفس دانش‌آموزان را ارتقا می‌دهد.

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که برنامه‌های درسی مبتنی بر پروژه STEM به‌طور قابل توجهی گرایش دانش‌آموزان به حل مسئله را

در جدول ۷ نتایج آزمون تحلیل کواریانس برای مقایسه نمرات پیشرفت تحصیلی در گروه‌های آزمایش و کنترل، در مرحله پس آزمون، نشان داده شده است. مقدار F بدست آمده برابر با ۲۵۸/۶۳۵ است و سطح معنی‌داری آن نیز کوچکتر از ۰/۰۱ می‌باشد ($p < ۰/۰۱$). از این رو فرض صفر رد و فرض پژوهش مورد تایید قرار می‌گیرد. بر این اساس و با توجه به بالاتر بودن میانگین نمرات گروه آزمایش در پس آزمون، می‌توان نتیجه گرفت که برنامه درسی مبتنی پروژه محور مبتنی بر STEM مؤثر بوده و موجب افزایش پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر طراحی و اجرای برنامه‌درسی مبتنی بر پروژه STEM بر ادراک حل مسئله و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی بود. در این راستا دو سؤال اصلی مطرح شد: (۱) آیا بین ادراک حل مسئله دانش‌آموزان گروه آزمایش و گروه کنترل تفاوت وجود دارد؟ (۲) آیا بین پیشرفت تحصیلی این دو گروه تفاوت معناداری مشاهده می‌شود؟ یافته‌ها نشان داد که میانگین تعدیل‌شده سه مؤلفه ادراک حل مسئله، شامل «اعتماد به خود»، «اجتناب-نزدیکی به مسئله» و «کنترل شخصی»، در گروه آزمایش به‌طور معناداری پایین‌تر از گروه کنترل بود (نمره پایین‌تر نشان‌دهنده وضعیت بهتر است). این نتایج بیانگر آن است که اجرای برنامه‌درسی مبتنی بر پروژه STEM موجب افزایش اعتمادبه‌نفس در حل مسائل، کاهش گرایش به اجتناب از چالش‌ها و تقویت احساس کنترل دانش‌آموزان بر فرایند حل مسئله شده است. در مجموع، دانش‌آموزان گروه آزمایش توانایی بیشتری در مواجهه با مسائل علمی و یافتن راه‌حل‌های مناسب نشان دادند ($p < ۰/۰۵$). این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های رتنو و همکاران (۲۰۲۵) بیلال و همکاران (۲۰۲۵)، تیا و وانگید (۲۰۲۴)، سافیتری و همکاران (۲۰۲۴)، شونگوه (۲۰۲۴)، دو و لیوبلینسکایا (۲۰۲۲)، زنگین و همکاران (۲۰۲۲) همسو بود.

تنظیم هیجان به دانش‌آموزان دختر، مهارت‌های حل مسئله اجتماعی آن‌ها را به طور معنادار افزایش داده و اضطراب اجتماعی آن‌ها را کاهش می‌دهد. این اثرات پایدار بوده و موجب ارتقای خودآگاهی، خودمدیریتی و توانایی مقابله با چالش‌ها می‌شود. آینی و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که توجه به هوش هیجانی دانش‌آموزان در برنامه‌های STEM، علاوه بر تقویت دانش فنی، باعث بهبود مهارت‌های حل مسئله، عملکرد تحصیلی و مهارت‌های اجتماعی-عاطفی آنان می‌شود. همچنین، هوش هیجانی با کنترل شخصی و سلامت روانی دانش‌آموزان ارتباط مستقیم دارد و می‌تواند در ارتقای روابط اجتماعی، کاهش اضطراب و مشکلات رفتاری و افزایش توانایی در مواجهه با چالش‌ها نقش موثری ایفا کند. لی^۵ (۲۰۲۵) نشان دادند برنامه‌های STEM توانایی کنترل احساسات و تنظیم هیجانات دانش‌آموزان را در مهارت‌های حل مسئله و موفقیت تحصیلی به ویژه در حوزه‌های علمی تقویت می‌کنند. همچنین، یانگ^۶ و همکاران (۲۰۲۵) تأکید کرده‌اند که این برنامه‌ها باعث رشد مهارت‌های شناختی و عاطفی و بهبود عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان می‌شوند. آینی و همکاران (۲۰۲۴) نیز بر ضرورت توجه به پرورش هوش هیجانی دانش‌آموزان برای تربیت نیروی متخصص در رشته‌های STEM تأکید کرده‌اند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ادغام مهارت‌های هیجانی و اجتماعی در برنامه‌های درسی پروژه‌محور STEM اهمیت زیادی دارد، زیرا می‌تواند دانش‌آموزانی خودمدیریت‌پذیر، مسئولیت‌پذیر و توانمند در حل مسائل واقعی پرورش دهد. برنامه‌های STEM با ارائه چالش‌های واقعی و تجربه‌محور، فرصت‌هایی برای افزایش خودآگاهی و کنترل هیجانات فراهم می‌کنند و مهارت‌هایی مانند مدیریت احساسات، هدف‌گذاری، برنامه‌ریزی، انعطاف‌پذیری و مدیریت استرس را به صورت عملی به دانش‌آموزان آموزش می‌دهند (آیینی و همکاران، ۲۰۲۵). علاوه بر این، پروژه‌های STEM با ایجاد مسئولیت‌پذیری فردی و فرصت‌های کار گروهی، مهارت‌های همکاری، حل تعارض و ارتباط مؤثر دانش‌آموزان را تقویت می‌کنند و رشد اجتماعی، شخصیتی و هیجانی آنان را ارتقا می‌دهند. طراحی انعطاف‌پذیر پروژه‌ها، متناسب با توانایی دانش‌آموزان، باعث افزایش اعتمادبه‌نفس و توانایی کنترل هیجانات در مواجهه با چالش‌های مختلف می‌شود و آن‌ها را برای موفقیت در ابعاد مختلف زندگی آماده می‌کند (تربیون^۷، ۲۰۲۳).

پژوهش حاضر نشان داد که اجرای برنامه درسی مبتنی بر پروژه STEM تأثیر معناداری بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دارد؛ به گونه‌ای که میانگین نمرات تعدیل‌شده گروه آزمایش پس از اجرای برنامه (۳۵۲/۱۶) بالاتر از گروه کنترل (۴۰۵/۱۰) بود. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های تاینر و ترکم^۸ (۲۰۲۴)، وویی^۹ (۲۰۲۴) و جیسوال^{۱۰} و همکاران (۲۰۲۳) و مک کارتی^{۱۱} (۲۰۲۲) همسو است. به عنوان نمونه، تاینر و ترکم (۲۰۲۴) نشان دادند که آموزش پروژه‌محور STEM، پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در حوزه علوم را افزایش می‌دهد و علاقه آن‌ها به مشاغل مرتبط با STEM را تقویت می‌کند.

تقویت کرده و تمایل به اجتناب از مسائل را کاهش می‌دهند. این نتایج با پژوهش‌های پیشین از جمله ویجنیا^۱ و همکاران (۲۰۲۴) لیستری و همکاران (۲۰۲۴)، سئو و همکاران (۲۰۲۴)، آینی و همکاران (۲۰۲۴) و کونچی و همکاران (۲۰۲۳) همسو است، که نشان داده‌اند آموزش STEM مبتنی بر مسئله، علاوه بر ارتقای مهارت‌های فراساختی، انگیزه دانش‌آموزان برای مشارکت عملی، یادگیری معنادار و حل مسائل واقعی را افزایش می‌دهد. همچنین با توجه به نتایج این پژوهش‌ها دانش‌آموزانی که دیدگاه مثبتی نسبت به مشکلات دارند، با نگرش فعالانه و اعتمادبه‌نفس بالا، انعطاف‌پذیری و مسئولیت‌پذیری، مسائل را فرصتی برای یادگیری و رشد می‌بینند و عملکرد تحصیلی و مهارت‌های حل مسئله آنان تقویت می‌شود.

دایه^۲ و همکاران (۲۰۲۵) در بررسی تأثیرات فعالیت‌های STEM در دروس فیزیک بر نگرش و مهارت‌های حل مسئله دانش‌آموزان نشان داد که فعالیت‌های STEM در درس فیزیک موجب ارتقای نگرش مثبت دانش‌آموزان نسبت به مواجهه با مسائل و افزایش اعتماد به نفس آن‌ها در حل مسائل دشوار می‌شود. در غیاب فعالیت‌های STEM، دانش‌آموزان تمایل بیشتری به اجتناب از مسائل و کاهش خودباوری در مواجهه با چالش‌ها نشان می‌دهند. رایسد و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی با بررسی چگونگی افزایش توانایی حل مسئله یادگیری مبتنی بر پروژه از طریق رویکرد STEM در مدارس ابتدایی نشان داد که اجرای یادگیری مبتنی بر پروژه با رویکرد STEM موجب بهبود مهارت‌های حل مسئله دانش‌آموزان پایه ششم شده و آن‌ها را به مشارکت فعالانه در مواجهه با مسائل واقعی ترغیب می‌کند. این یافته‌ها حاکی از آن است که ترکیب فعالیت‌های عملی و مسئله‌محور، نه تنها توانایی شناختی دانش‌آموزان را تقویت می‌کند، بلکه نگرش مثبت، انگیزه و خودباوری آنان در مواجهه با چالش‌ها را نیز افزایش می‌دهد. به عبارت دیگر، محیط‌های آموزشی STEM با فراهم کردن فرصت‌های تجربه‌محور و تعاملی، از اجتناب دانش‌آموزان از حل مسائل جلوگیری کرده و آن‌ها را به حل‌کنندگان فعال، کنجکاو و خلاق تبدیل می‌کند. همچنین مطالعه کارتی^۳ و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داد که یادگیری ریاضی مبتنی بر پروژه، علاوه بر ارتقای مهارت‌های تفکر انتقادی و همکاری، گرایش دانش‌آموزان به مواجهه با مسائل و حل فعالانه آن‌ها را افزایش می‌دهد. دانش‌آموزان با شرکت در پروژه‌های گروهی، اعتماد به نفس بیشتری پیدا کرده و انگیزه بیشتری برای یافتن راه‌حل‌های خلاقانه و مشارکت در بحث‌های گروهی نشان می‌دهند.

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که برنامه‌های درسی مبتنی بر پروژه STEM تأثیر مثبت و معناداری بر کنترل شخصی دانش‌آموزان در حل مسئله دارند. این نتایج با پژوهش‌های آکبری و همکاران (۲۰۲۵)، آینی^۴ و همکاران (۲۰۲۴) حبیب و همکاران (۲۰۲۳) همسو است؛ به طوری که مطالعه آکبری و همکاران (۲۰۲۵) نشان داد که آموزش گروهی تکنیک‌های

7. Tripon
8. Tanır & Türkm
9. Wei
10. Jaiswal
11. Martanto

1. Wijnia
2. Dayeh
3. Kristianti
4. Ayeni
5. Lei
6. Yang

بین‌المللی انجام گیرد، و از روش‌های ارزیابی کیفی برای تحلیل تجربیات دانش‌آموزان و معلمان بهره گرفته شود. پژوهش‌های جامع‌تر و چندجانبه می‌تواند به بهبود طراحی، اجرای برنامه‌های STEM و توسعه راهکارهای عملی و اثربخش منجر شود.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از تمامی اساتید علوم تربیتی، معلمان و دانش‌آموزان پایه ششم که در انجام این پژوهش همکاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که این مطالعه هیچ تعارض منافع ندارد.

منابع مالی

این پژوهش بدون دریافت هیچ گونه حمایت مالی از سازمان‌های دولتی یا خصوصی انجام شده است.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش با رعایت اصول اخلاقی تحقیق، از جمله کسب رضایت آگاهانه والدین و دانش‌آموزان شرکت‌کننده، رعایت محرمانگی اطلاعات و احترام به حقوق انسانی، انجام شده است. همچنین طرح پژوهش توسط کمیته اخلاق پژوهش دانشگاه تبریز مورد تأیید قرار گرفته است.

بهره‌گیری از هوش مصنوعی

در این پژوهش، از هوش مصنوعی صرفاً برای ترجمه متن خلاصه و مبسوط به انگلیسی استفاده شده است و تمامی مراحل تحت نظارت و کنترل دقیق انسانی انجام شده است. نویسندگان مسئولیت نهایی صحت، دقت و محتوای مقاله را بر عهده دارند.

دسترسی به داده‌ها

مجموعه داده‌های این پژوهش شامل پرسشنامه‌های استاندارد ادارک حل مسئله و آزمون معلم ساخته پیشرفت تحصیلی برای ۱۲۰ نفر دانش‌آموز پایه ششم ابتدایی استان اذربایجان شرقی، ایران می‌باشد. به همه شرکت‌کنندگان تضمین محرمانگی داده شده است. برای دریافت جزئیات بیشتر در خصوص دسترسی به داده‌ها، می‌توان با رعنا اصلانی از طریق پست الکترونیکی aslanirana@gmail.com مکاتبه کرد.

نقش نویسندگان

رعنا اصلانی: جمع‌آوری داده‌ها، اجرای پروژه میدانی، تحلیل آماری داده‌ها، نگارش بخش روش‌شناسی و نتایج.

فیروز محمودی: انتخاب موضوع تحقیق، طراحی کلی پژوهش، نگارش بخش مقدمه و پیشینه تحقیق، تدوین چارچوب نظری، تنظیم پرسش‌های پژوهش. کیومرث تقی‌پور: ویرایش نهایی مقاله از نظر نگارشی و ساختاری، بررسی منابع، تنظیم ارجاعات، و آماده‌سازی مقاله برای ارسال به نشریه.

حسین دهقان‌زاده: بررسی بسته آموزشی طراحی شده، بازنگری داده‌ها و پرسشنامه‌های استفاده شده.

همچنین، وانگ و همکاران (۲۰۲۲) اثر مثبت آموزش STEM مبتنی بر بازی دیجیتال بر یادگیری دانش‌آموزان را گزارش کرده‌اند و شهبازلو و میرزائی (۱۳۹۹) نشان دادند که رویکرد تلفیقی STEM در بافتار انرژی خورشیدی، پیشرفت تحصیلی و نگرش دانش‌آموزان را بهبود می‌بخشد. تحلیل این یافته‌ها نشان می‌دهد که مشارکت فعال دانش‌آموزان در پروژه‌های STEM، یادگیری را از حالت منفعل به فعال تغییر می‌دهد و با درگیر کردن آن‌ها در فعالیت‌هایی مانند طراحی پروژه، آزمایش ایده‌ها و انتخاب راه حل‌های عملی، یادگیری عمیق و ماندگار را تسهیل می‌کند (جیسوال و همکاران، ۲۰۲۳). برنامه‌های درسی پروژه‌محور STEM با تلفیق چهار حوزه علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات، یادگیری مفهومی و مهارت‌های بین‌رشته‌ای را تقویت کرده و ارتباط میان مفاهیم نظری و کاربردهای واقعی را برقرار می‌سازند (مارتانتو و همکاران، ۲۰۲۲). این رویکرد، علاوه بر ارتقای مهارت‌های علمی، با فراهم کردن فرصت‌های کار گروهی، به توسعه مهارت‌های شناختی و اجتماعی مانند خلاقیت، تفکر انتقادی، خودکارآمدی، مهارت‌های ارتباطی و ادراک حل مسئله کمک می‌کند و انگیزه و علاقه دانش‌آموزان به یادگیری را افزایش می‌دهد (وویی، ۲۰۲۴). به علاوه، موفقیت در پروژه‌های STEM اعتماد به نفس و احساس ارزشمندی دانش‌آموزان را ارتقا داده و آن‌ها را برای پیشرفت تحصیلی، ارتقای عملکرد تحصیلی و موفقیت در مشاغل آینده آماده می‌کند (انور^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). به طور کلی، برنامه‌های پروژه‌محور STEM یک رویکرد جامع و نوآورانه در آموزش ابتدایی است که با یادگیری تجربه‌محور، تلفیقی و فعال، توانمندی‌های علمی، ادراکی، فردی و اجتماعی دانش‌آموزان را تقویت کرده و آن‌ها را به شهروندانی خلاق، مسئولیت‌پذیر و توانمند در مواجهه با چالش‌های واقعی و پیچیده دنیای امروز تبدیل می‌کند (بوسعد^۲ و همکاران، ۲۰۲۵).

اجرای مؤثر برنامه‌های STEM با چالش‌هایی از جمله نابرابری در دسترسی به منابع آموزشی، کمبود تجهیزات و فضای مناسب، شکاف میان محتوای درسی و نیازهای بازار کار و کمبود معلمان توانمند همراه است. با این حال، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، پلتفرم‌های آنلاین و ابزارهای تعاملی، بازطراحی برنامه‌های درسی مطابق نیازهای جامعه و صنعت، و ایجاد ارتباط میان نظام آموزشی و نهادهای اقتصادی می‌تواند کیفیت و کارآمدی آموزش STEM را ارتقا دهد. آموزش پروژه‌محور در حوزه STEM با فراهم کردن فرصت‌های یادگیری عملی و تجربه‌محور، نقش کلیدی در تربیت شهروندانی خلاق، ماهر و مسئول در دنیای معاصر ایفا می‌کند.

از جمله محدودیت‌های این پژوهش، نخست؛ حجم نمونه کوچک و تمرکز بر پایه ششم ابتدایی، تعمیم نتایج به جمعیت‌ها و مقاطع دیگر را محدود می‌کند. تفاوت‌های فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی و همچنین عدم کنترل برخی متغیرهای خارجی نیز می‌تواند بر اعتبار یافته‌ها تأثیرگذار باشد. ویژگی‌های فردی دانش‌آموزان، توانمندی و تجربه معلمان، و خصوصیات محیط یادگیری از جمله عواملی هستند که می‌توانند اثربخشی برنامه‌های درسی پروژه‌محور STEM را تحت تأثیر قرار دهند. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده، تعامل این عوامل بررسی شود، مطالعات تطبیقی

References

- Anvari Kho, A. (2024). *Psychological challenges of students during their studies*. 23rd National Scientific Research Conference on Psychology and Educational Sciences, Shirvan. [in Persian]
- Anwar, A., Rehman, I. U., Nasralla, M. M., Khattak, S. B. A., & Khilji, N. (2023). Emotions matter: A systematic review and meta-analysis of the detection and classification of students' emotions in stem during online learning. *Education Sciences*, 13(9), 914. <https://doi.org/10.3390/educsci13090914>.
- Asadi, A. (2024). Study of family factors affecting the academic achievement of second and third year high school students in Khafar region. *Sexual and Psychological Disorders*, 2(3), e210627. [in Persian]
- Aslani, R., Taghipour, K., Dehghanzadeh, H., and Mahmoudi, F. (2024). The effectiveness of project-based STEM curriculum on creativity of sixth grade students. *Journal of Innovation and Creativity in the Humanities*, 14(3), 130-169. <https://doi.org/https://doi.org/10.71923/ichs.2025.930678> [in Persian]
- Ayeni, O. O., Chisom, O. N., Al Hamad, N. M., Osawaru, B., & Adewusi, O. E. (2024). Enhancing STEM education through emotional intelligence and counseling techniques. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(2), 903-916.
- Ayeni, O. O., Chisom, O. N., Al Hamad, N. M., Osawaru, B., & Adewusi, O. E. (2024). Enhancing STEM education through emotional intelligence and counseling techniques. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(2), 903-916.
- Ayeni, O. O., Chisom, O. N., Al Hamad, N. M., Osawaru, B., & Adewusi, O. E. (2024). Enhancing STEM education through emotional intelligence and counseling techniques. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(2), 903-916. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.2.0503>
- Badri, Z., Pourmasrollah, M., Hemmati, R., Pahlavanzadeh, M. (2014). Investigating the causes and academic decline of students in elementary schools. *Studies in Psychology and Educational Sciences (Negareh Institute of Higher Education)*, 6(79), 207-227. [in Persian]
- Bahrami Maddah, A. M., Fathinia, M., Haqiqat, H., & Serkan, Z. (2023). Designing educational content for the subject of electrochemistry by combining STEM and TPACK approaches. *Research in Chemistry Education*, 4(3), 1-28. [in Persian]
- Bilal, M. T., Shahid, S. H., Zafar, J. M., & Zaidi, S. F. A. (2025). Evaluating Pedagogical Training Needs of Science Teachers for Effective Teaching: A Rural-Urban Comparison. *Journal of Asian Development Studies*, 14(2), 1037-1047. <https://doi.org/10.62345/jads.2025.14.2.81>
- Bou Saad, R., Garcia, A. L., & Garcia, J. M. C. (2025). Mapping Constructivist Active Learning for STEM: Toward Sustainable Education. *Sustainability*, 17(13), 6225.
- Catacutan, A., Kilag, O. K., Diano Jr, F., Tiongzon, B., Malbas, M., & Abendan, C. F. (2023). Competence-based curriculum development in a globalized education landscape. *Excellencia: International Multi-disciplinary Journal of Education* (2994-9521), 1(4), 270-282. <https://doi.org/10.5772/intechopen.114068>
- Chaika, O. (2024). Bridging the gap: Traditional vs. modern education (a value-based approach for multiculturalism). In *Lifelong Learning-Education for the Future World*. IntechOpen.
- Daye, S., & Ogan-Bekiroglu, F. (2025). Examination of the Effects of STEM Activities in Physics Subjects on Students' Attitudes and Problem-Solving Skills. *Science Insights Education Frontiers*, 27(1), 4389-4416. <https://doi.org/10.15354/sief.25.or713>
- Dehghan, H., Mahdavi, L., & Zare, Z. (2024). The Effect of Multimedia Flipped Teaching on Students' Motivation and Academic Progress in Biology. *Technology of Education Journal (TEJ)*, 18(4), 961-964. [in Persian]
- Du, X., & Lyublinskaya, I. (2023). Study of computer attitudes in STEM problem-solving for students with disabilities. *Computer Applications in Engineering Education*, 31(1), 117-130.
- Enciso, S., Yang, H., & Ugarte, G. (2024). Skills for Life Series: Problem-Solving. <https://doi.org/10.18235/0013098>
- Enciso, S., Yang, H., & Ugarte, G. (2024). Skills for Life Series: Problem-Solving. <https://doi.org/10.18235/0013098>
- English, L. D. & King, D. (2019). STEM integration in sixth grade: Designing and constructing paper bridges. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 863-884. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9912-0>
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM education*, 3, 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Fertig, J., Kumpaty, S., & Mahinfalah, M. (2024, November). National Science Foundation-Sponsored S-STEM-The Mechanical Engineering Retention, Academic Success and Career Pathway Program-Design and Implementation. In *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (Vol. 88650, p. V007T09A022). American Society of Mechanical Engineers.
- golestani, H. and jafari, S. (2022). Prediction of students' academic burnout on the basis of class social context by mediating behavioral and emotional participation engagement. *Educational and Scholastic studies*, 11(1), 329-350. [in Persian]
- Guha, S. (2024). Life Skills for Promoting Mental Well-Being among Indian Adolescents and Youth. June-July 2024. <https://doi.org/10.55529/jmhib.44.21.32>.
- Handayani, D., & Kusnandi, K. (2025). The Effect of Confidence Level on Problem-Solving Ability on The Topic of Comparative Trigonometry: A Study on High School Students. *Eduvest-Journal of Universal Studies*, 5(2), 1666-1681.

- Hasibuan, K. (2025). Curriculum development in the 21st century: Trends and challenges. *Ontologi: Jurnal Pembelajaran dan Ilmiah Pendidikan*, 3(1), 8–13. <https://www.emerald.com/insight/2205-2062.htm>
- Hepner, P. P., & Petersen, C. H. (1982). The development and implications of a personal problem-solving inventory. *Journal of counseling psychology*, 29(1), 66. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-0167.29.1.66>
- Hoang, H. Q. (2025). Integrating design thinking into STEM education: Enhancing problem-solving skills of high school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(4), em2611. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16084>.
- Jaiswal, A., Venkatesh, J., & Nanda, G. (2023). Understanding Student Engagement during an Experiential Learning Task Using Eye Tracking: A Case Study. *2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/FIE58773.2023.10343244>.
- Karkera, S., Devendra, N., Lakhani, B., Manahan, K., & Geisler, J. (2024). A review on modern teaching and learning techniques in medical education. *EIKI Journal of Effective Teaching Methods*, 2(1). <https://doi.org/10.59652/jetm.v2i1.128>
- Kaya-Capocci, S., Pabuccu-Akis, A., & Orhan-Ozteber, N. (2025). Entrepreneurial STEM education: Enhancing students' resourcefulness and problem-solving skills. *Research in Science Education*, 55(1), 103-134. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10189-y>
- Kristianti, L., & Safira, V. (2023). TEACHERS' PERSPECTIVE ON PROBLEM-BASED LEARNING TO IMPROVE STUDENTS' PROBLEM-SOLVING SKILL IN ELT JUNIOR HIGH SCHOOL. *Prosiding Konferensi Linguistik Tahunan Atma Jaya (KOLITA)*. <https://doi.org/10.25170/kolita.21.4850>.
- Kwon, H., & Lee, Y. (2025). A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity. *STEM Education*, 5(2), 275-290. <https://dx.doi.org/10.3934/steme.2025014>
- Lee, M. Y., & Lee, J. S. (2025). Project-based learning as a catalyst for integrated STEM education. *Education Sciences*, 15(7), 871. <https://doi.org/10.3390/educsci15070871>
- Lei, Y. (2024). Unlocking the secrets of STEM success: Exploring the interplay of motivation to learn science, self-regulation, and emotional intelligence from a perspective of self-determination theory. *Learning and Motivation*, 87, 102012.
- Martanto, R., Sudira, P., Mutohhari, F., Nurtanto, M., & Astuti, M. (2022). THE EFFECT OF SELF-EFFICACY AND EMOTIONAL INTELLIGENCE ON PROJECT-BASED LEARNING IN VOCATIONAL EDUCATION. *Kwangsan: Jurnal Teknologi Pendidikan*. <https://doi.org/10.31800/jtp.kw.v10n1.p15--29>.
- Maspul, K. A. (2024). Enhancing project-based learning in STEM education with integrated technology and coding. *Journal of Intelligent Systems and Information Technology*, 1(1), 16-24. <https://doi.org/10.61971/jisit.v1i1.20>
- Moradi-Hyderabadi, A., Rafiian, S., Razmjoo, A., Ghodsi-Aghbolagh, D. (2024). Predicting factors affecting students' academic achievement using artificial intelligence models. *Strategic Research in Education*, 2(36), 801-815. [in Persian]
- Musyarrafah, S., & Sahronih, S. (2025). The Influence of Students' Self-Confidence on Mathematical Problem-Solving Abilities in Grade V of Elementary School. *Prima Development of Education*, 1(1), 11-20.
- Muzana, S. R., Wilujeng, I., Yanto, B. E., & Mustamin, A. A. (2021). E-STEM Project-Based Learning in Teaching Science to Increase ICT Literacy and Problem Solving. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 10(4), 1386-1394.
- Naderiboni, A. (2023). The importance of formative assessment (continuous evaluation) in the academic progress of elementary school students. *Studies in Psychology and Educational Sciences (Iranian Center for the Development of Modern Education)*, 43(9), 359-373. (In Persian)
- Nakhaei, S., Kaykha, B., Rafati, A., Shirdel, A.A. (2020). The role of responsibility and willingness in academic decline of seventh, eighth and ninth grade students in schools in Zabol city. *Psychology, Social Sciences and Educational Sciences*, 6(2), 76-87. [in Persian]
- Nazari, S., Khalilzadeh, P., Aghamohammadi, M., and Kiyomarsi Zafarabadi, Z. (2014). Analysis and investigation of the effect of students' responsibility and academic achievement. *Strategic Research in Education*, (18), 327-359. (In Persian)
- nazari, F., safari, M., Heidary mehr, M. and Bigdeli, Z. (2024). Investigating the effect of preschool education on the learning of psycho-motor skills of elementary school students in Zanjan city, academic year 1402-1403. *Mental Health in School*, 2(3), 46-52. doi: 10.22034/jmhs.2024.461920.1066. [in Persian]
- Omelianenko, O., & Artyukhova, N. (2024). Project-based learning: Theoretical overview and practical implications for local innovation-based development. *Economics and Education*, 9(1), 35-41. <https://doi.org/10.30525/2500-946X/2024-1-6>
- Padmanabhanunni, A., & Pretorius, T. B. (2025). A Meta-Analysis of the Relationship Between Problem-Solving Appraisal as Assessed by the Problem Solving Inventory and Suicide Ideation. *Archives of Suicide Research*, 1-33. <https://doi.org/10.1080/13811118.2025.2521543>
- Pisarenko, V., & Zatona, D. (2024). Using heuristic teaching methods in primary school. In *EDULEARN24 Proceedings* (pp. 9486–9495). IATED. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2024.2294>
- Portillo-Blanco, A., Guisasaola, J., & Zuza, K. (2025, April). Integrated STEM education: addressing theoretical ambiguities and practical applications. In *Frontiers in Education* (Vol. 10, p. 1568885). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1568885>

- Prakoso, A. F., Subroto, W. T., Andriansyah, E. H., Sari, V. B. M., Ginanjar, A. E., & Srisuk, P. (2025). How do anxiety and self-efficacy affect the problem-solving skills of undergraduate economics students as prospective teachers in Indonesia? The role of metacognition as a mediating variable. *Cogent Education*, 12(1), 2521160. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2521160>
- Rahmati, N. (2018). Effectiveness of meta cognitive skills on cognitive abilities and learning styles of dyslexic students. *Sociology of Education*, 4(1), 127-133. [in Persian]
- Rahmawati, R., Muhimmah, H. A., & Puspita, A. M. I. (2025). Exploring students' self-confidence through problem identification: A case study of fourth-grade learners at SD Negeri 1 Kepanjen, Malang. *Journal of Innovation and Research in Primary Education*, 4(3), 1261-1269.
- Rasyid, A., Rinto, R., & Susanti, M. (2023). Project-based learning through the STEM approach in elementary schools: How to improve problem-solving ability. *Journal of Education For Sustainable Innovation*, 1(1), 1-8. <https://doi.org/10.56916/jesi.v1i1.477>
- Rasyid, F., Jumadi, J., & Hawur, P. K. (2025). How to Improve Multiple Representation Skills in Physics Learning: A Systematic Literature Review. *Journal of Science Learning*, 8(1), 25-40.
- Retno, R. S., Hidayat, A., Mashfufah, A., & Umah, E. C. (2025). Students' Creative Thinking in STEM Integrated Project-Based Learning (PjBL-STEM). *Journal of Education Research and Evaluation*, 9(1). <https://doi.org/10.23887/jere.v9i1.84704>
- Retno, R. S., Purnomo, P., Hidayat, A., & Mashfufah, A. (2025). Conceptual framework design for STEM-integrated project-based learning (PjBL-STEM) for elementary schools. *Asian Education and Development Studies*, 14(3), 579-604. <https://doi.org/10.1108/AEDS-08-2024-0188>
- Retno, R., Purnomo, P., Hidayat, A., & Mashfufah, A. (2025). Conceptual framework design for STEM-integrated project-based learning (PjBL-STEM) for elementary schools. *Asian Education and Development Studies*. <https://doi.org/10.1108/aeds-08-2024-0188>.
- Rofiq, N. (2025). Curriculum development model as solution for adaptive education in the era of disruption. *GAJIE: Global Journal of Islamic Education*, 1(1), 63-74. <https://doi.org/10.58518/gajie.v1i1.3269>
- Saeednia, A., Mahmoodi, F., Imanzadeh, A., & Taghipour, K. (2022). A Study of the elements of project-based curriculum model in elementary school and its accreditation: a qualitative study. *Research in Curriculum Planning*, 19(46), 101-120. [in Persian]
- Safaei, N., Zarei, E., & Samavi, A. (2021). Design and validation of a curriculum pattern based on creative thinking skills for elementary students. *Technology of Education Journal (TEJ)*, 15(3), 579-590. [in Persian]
- Safitri, W., Suyanto, S., & Prasetya, W. A. (2024). The Influence of the STEM-Based Engineering Design Process Model on High School Students' Creative and Critical Thinking Abilities. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(2), 662-673. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i2.4765>
- Santos, P., El Aadmi, K., Calvera-Isabal, M., & Rodríguez, A. (2025). Fostering students' motivation and self-efficacy in science, technology, engineering, and design through design thinking and making in project-based learning: a gender-perspective study in primary education. *International Journal of Technology and Design Education*, 1-27. <https://doi.org/10.1007/s10798-025-10001-6>
- Setiawan, V. R., Situmorang, M., & Silaban, R. (2025). Project-based learning with STEM to promote higher order thinking skills as a strategy to improve high school chemistry learning outcomes. *Chemistry Teacher International*, (0). <https://doi.org/10.1515/cti-2025-0025>.
- Sharifian, S. (2024). Investigating and explaining students' academic achievement with emphasis on the factors affecting it. *Studies in Psychology and Educational Sciences (Negareh Institute of Higher Education)*, 6(75), 541-551. (In Persian)
- Shemiraani, S. E., Ebraahimzaadeh, P. D., Shafiq, N., & Noroozzaadeh, P. D. (2021). Familial, Personal, and Educational Factors Affecting School Failure among High School Students: A Meta-Analysis. *Quarterly Journal of Education*, 37(1), 33-52. [in Persian]
- Soltani, M., Kamyabi, M., Bahrainzadeh, A., & Andishmand, V. (2024). Design and Presentation of a Model for the Relationship Between the Five Dimensions of Personality and Problem-Solving Skills and Academic Help-Seeking in Female Students. *Journal of Psychological Dynamics in Mood Disorders (PDMD)*, 3(1), 175-186. Doi: [10.52547/JPS.24.145.157](https://doi.org/10.52547/JPS.24.145.157) [in Persian]
- Sulistyaningrum, S. D., & Shopia, K. (2025). Incorporating an ICT-Competency Framework and Problem-Solving Skills as Twenty-First Century Skills in Practical Key Teaching Syllabuses. *International Journal of Technologies in Learning*, 32(1). <https://doi.org/10.18848/2327-0144/CGP/v32i01/23-49>
- Tanır, H., & Türkmen, L. (2024). The Effect of Project-Based Stem Education Approach on Academic Achievement and Stem Career Interests in Science. *South Eastern European Journal of Public Health*. <https://doi.org/10.70135/seejph.vi.1560>.
- Tia, J. N. A., & Wangid, M. N. (2024). Impact of project based learning (PjBL) on enhancing student self-confidence. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 16(3), 3684-3696. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v16i3.5425>
- Tripon, C. (2023). Navigating the STEM jungle of professionals: unlocking critical competencies through emotional intelligence. *J Educ Sci Psychol*, 13, 34-47.

- van Haaske, L., & Samelik, Y. (2025, February). Project-based learning as a mechanism for the enhancement of cognitive and communicative skills in STEM education. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3268, No. 1, p. 050002). AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/5.0257331>
- Wahyuni, R., Juniati, D., & Wijayanti, P. (2024). How do math anxiety and self-confidence affect mathematical problem solving?. *Tem Journal*, 13(1). <https://doi.org/10.18421/TEM131-58>
- Wahyuni, R., Juniati, D., & Wijayanti, P. (2024). How do math anxiety and self-confidence affect mathematical problem solving?. *Tem Journal*, 13(1).
- Wei, W. (2024). The Effect of Group Cooperation on College Students' Learning Motivation. *Journal of Education, Humanities and Social Sciences*. <https://doi.org/10.54097/p7ezys61>.
- Wibowo, S., Wangid, M. N., & Firdaus, F. M. (2025). The Relevance of Vygotsky's Constructivism Learning Theory with the Differentiated Learning Primary Schools. *Journal of education and learning (EduLearn)*, 19(1), 431-440. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v19i1.21197>
- Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L. R., Rikers, R. M., & Loyens, S. M. (2024). The effects of problem-based, project-based, and case-based learning on students' motivation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 36(1), 29.
- Yadollahi, S. and Ebrahimi, S. (2024). A Conceptual Framework for Assessments of Educational Achievement in Elementary Course Based on the Upstream Documents. *Iranian Journal of Curriculum Studies*, 19(73), 151-184. doi: 10.22034/jcs.2024.188641. (In Persian)
- Yang, H., Zhang, Q., & Shen, M. (2024). The Practice and Research of Junior High School Information Technology Project-Based Learning Based on Stem Education Concept. *International Journal of Technology in Education and Science*, 8(1), 63-74. <https://doi.org/10.46328/ijtes.537>
- Yang, W., Liang, L., Xiang, S., & Yeter, I. H. (2025). Making a Makerspace in early childhood education: effects on children's STEM thinking skills and emotional development. *Thinking Skills and Creativity*, 56, 101754.
- Yang, Y., Sun, W., Sun, D., & Salas-Pilco, S. Z. (2025). Navigating the AI-Enhanced STEM education landscape: a decade of insights, trends, and opportunities. *Research in Science & Technological Education*, 43(3), 693-717. <https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2370764>
- YARMOHAMMADI, M., & Maghami, H. R. (2010). Study of factors affective in academic drop out of mathematic high school student. [in Persian]
- Yavuz, P. (2025). From Learning to Learning How to Learn: Bridging Theory and Practice. In Resilience, Adaptability, and Cultural Awareness Within the Educational Landscape (pp. 1-44). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6040-8.ch001>
- Yousefi-Sa'idabadi, R., Zamani, A., and Panahi-Aqhamshahdi, F. (2022). The effect of role-playing teaching method on increasing social skills and creative thinking in second-year elementary school students in Sari city. *Psychology and Educational Sciences in the Third Millennium*, (31), 56-65. [in Persian]
- Zaglmann, D., Faltermaier, S., Grabl, S., & Fiedler, M. (2024). Creative problem-solving using generative artificial intelligence in group projects. <https://www.emerald.com/insight/publication/acronym/JOLE>
- Zengin, R., Kavak, T., Keçeci, G., & Zengin, F. K. (2022). The Impact of STEM Applications on Problem-Solving Skills of 4th-Grade Students. *Journal of Science Learning*, 5(3), 386-397.