

The role of computational skills and mathematical ability in predicting students' academic motivation and understanding chemistry concepts

1. Sohrab Azimpour[✉]: Department of Mathematics Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran
2. Hossein Vahedi^{*}: Department of Psychology and Counselling, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran
3. Hossein Fazli[✉]: Department of Mathematics Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran
4. Jafar Azamat[✉]: Department of Chemistry Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran

*Corresponding Author's Email Address: h.vahedi@cfu.ac.ir



Abstract:

Background and Objective: Numerous studies indicate that mathematical concepts play a significant role in enhancing understanding scientific concepts and increasing students' academic motivation. This study aimed to study the role of computational skills and mathematical ability in predicting academic motivation and understanding chemistry concepts among students. **Methods:** In this study, a descriptive-correlational research method was employed. The statistical population consisted of 10th and 11th grade male students of experimental sciences in District 5 of Tabriz in Academic year 2024-2025. The statistical sample included 169 Male students of experimental sciences (87 students in the 10th grade and 82 students in the 11th grade), selected by multistage cluster sampling. Participants completed two standardized questionnaires: the 'Harter Academic Motivation Scale' and the 'Renzulli Computation Skills Scale'. Additionally, teacher-made mathematical ability and chemistry skills tests were administered to them. The data were analyzed using correlation and regression analysis to assess the relationship between computational skills and mathematical ability with academic motivation and chemistry ability. **Findings:** The results showed that computational skills and mathematical ability have a significant positive correlation with students' academic motivation and can predict 38% of the changes in it. Furthermore, computational skills and mathematical ability have a significant positive correlation with students' chemistry skills and can predict 30% of the changes in chemistry skills. **Conclusion:** Computational skills and mathematical ability play an important role in improving the understanding of chemical concepts and increasing learning motivation. As the results indicate, strengthening computational skills and mathematical ability in educational programs can be employed as an effective method to increase academic motivation and enhance understanding chemical concepts among science students.

Keywords: Computational skill, Mathematical Ability, Academic Motivation, Chemistry Concepts.

How to Cite: Azimpour, S., Vahedi, H., Fazli, H., & Azamat, J. (2025). The role of computational skills and mathematical ability in predicting students' academic motivation and understanding chemistry concepts. *Research in Chemistry Education*, 7(4), 85-102.

DOI: 10.22034/ijpp.2025.2021841.477



© 2025 the authors. Published by Farhangian University. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

Extended Abstract

Introduction

In recent decades, the significance of mathematical and computational skills in understanding scientific concepts has garnered considerable attention in educational research. The interplay between mathematics and science education is crucial, particularly in chemistry, where quantitative reasoning underpins key topics such as chemical reactions, stoichiometry, and molecular interactions. Numerous studies highlight that proficiency in mathematical skills enhances students' ability to grasp complex scientific concepts and boosts their motivation to learn these subjects.

Despite the acknowledged importance of these skills, limited research has explicitly examined how students' computational and mathematical abilities influence their success and understanding in chemistry, especially within secondary education contexts. This gap has significant implications for instructional strategies, curriculum development, and student achievement, particularly in settings where mathematical competence varies widely among learners.

Student motivation plays a key role in academic and life success, yet it is often overlooked. Research findings indicate that teachers need to enhance motivation by creating an active learning environment and providing opportunities for self-direction to improve academic performance. In the field of basic science education, boosting students' academic motivation is considered a key objective of the educational system. Well-designed educational content and teaching methods can effectively sustain and strengthen this motivation. Chemistry, as one of the core subjects in high school level basic science education, plays a significant role in developing problem-solving and critical thinking skills.

The results of research conducted by Carter (2019) indicate that strengthening mathematical skills can be effective in improving the learning process of chemistry concepts and increasing students' motivation. In his study, Carter demonstrated the importance of science education and highlighted the negative impacts of weaknesses in science education on future-building, society, and identity formation. He also emphasized the role of teacher training in enhancing this field. The research by Golestaneh et al. (2024), indicates that in Iran's educational system, the emphasis in chemistry education is placed on complex numerical calculations. In contrast, the English educational system focuses on a conceptual-applied approach. This emphasis in England might lead to reduced student interest due to a lack of understanding regarding the practical connection of concepts to everyday life. Research conducted by Hattie (2009) shows that weaknesses in understanding mathematical concepts not only lead to misconceptions in calculations related to chemistry concepts but also reduce students' academic motivation when encountering interdisciplinary concepts.

The conducted study at the higher education level indicates that learning mathematical concepts is fundamental to understanding physical chemistry courses. The results of one study revealed that students struggle with applying mathematical expressions in physical chemistry and require problem-based training and effective integration of mathematics, physics, and chemistry. Additionally, the findings showed that instructors should implement interactive activities and hands-on experiments to enhance students' comprehension, promote deeper conceptual understanding, and strengthen their ability to analyze mathematical problems in the context of physical chemistry. Another study demonstrates that mathematics plays a crucial role in physics education, and the reciprocal relationship between the two significantly impacts learning. Research suggests that teaching mathematical prerequisites reduces students' knowledge gaps and significantly improves academic performance in physics.

The present study seeks to address this gap by exploring the relationship between computational skills, mathematical abilities, students' motivation, and their understanding of chemistry concepts among high school students in Tabriz, Iran.

Specifically, the study investigates whether computational skills and mathematical abilities can serve as predictors of motivation and comprehension in chemistry. The novelty of this study lies in its focus on secondary education students in a specific regional context, using standardized measurement tools to evaluate these variables comprehensively.

The major contributions of this research include demonstrating the significant predictive role of mathematical skills in chemistry achievement and motivation, grounded in cognitive theories such as Sweller's Cognitive Load Theory, which explains how foundational skills reduce cognitive load and facilitate higher-order understanding. The findings aim to inform educators, curriculum developers, and policymakers about the importance of integrating targeted mathematical skill development into science education to enhance students' learning outcomes.

The existing findings highlight the importance of mathematical and computational skills in learning chemistry, as mastery of concepts such as ratios and the four basic operations—which form the foundation of algebraic methods—is a prerequisite for a proper understanding of stoichiometry. According to these studies, it appears that strengthening students' mathematical abilities can enhance both their understanding of chemical concepts and their academic motivation, an issue that requires greater attention in Iran's educational system.

Based on the findings and reviews conducted, it seems there is still room for further exploration of the complete and synergistic relationship between computational skills, mathematical ability, and academic motivation in chemistry education at schools. Most existing research has focused on general and international correlations, while there is a lack of practical and experimental studies at the regional level, particularly in secondary education in Iran. Additionally, the role of computational skills and mathematical ability in predicting chemistry proficiency and academic motivation has not been examined.

Methods

This study employs a descriptive-correlational research design to systematically examine the relationships between computational skills, mathematical ability, motivation, and chemistry proficiency. The statistical population consists of all secondary school students enrolled in the second year of high school (grades 10 and 11) in Tabriz during the academic year of 2023-2024. A multistage random cluster sampling method was used to select a representative sample of 169 students, including 87 students from grade 10 and 82 from grade 11.

Data collection instruments comprised several standardized and researcher-made tools to ensure reliability and validity. The primary instruments included the Renzulli Calculations Skills Questionnaire (2021), designed to assess students' computational proficiency in arithmetic and algebraic operations critical for chemistry, and the Harvey Motivation for Learning Chemistry Questionnaire (1988), which measures dimensions of students' motivation toward chemistry learning. Additionally, researcher-developed tests in chemistry and mathematics were administered to evaluate students' academic skills in these subjects. The validity of the tools was established through expert review, and their reliability was confirmed via Cronbach's alpha, with values exceeding acceptable thresholds ($\alpha > 0.70$). Data were analyzed using Pearson's correlation coefficient to assess the relationships between variables, as well as multiple regression analysis to determine the extent to which computational skills and mathematical ability predict students' motivation and chemistry proficiency.

The analysis process involved checking assumptions of normality, linearity, and multicollinearity to ensure the appropriateness of the regression models. Statistical computations were performed using SPSS software (version 26).

Results and Discussion

Table 1 shows the results of the Pearson correlation test for the relationship between research variables. The results show that in the relationship between academic motivation and chemistry skills, the correlation rate for computational skills (0.44)

and for mathematical ability (0.52) is significant at a level smaller than 0.01; therefore, the relationship between academic motivation, computational skills, and mathematical ability with chemistry skills can be confirmed.

Table 1. Results of Pearson Correlation Test for the Relationship between Research Variables

variables		1	2	3	4
Academic motivation	Pearson Correlation	1	.441**	.615**	.624**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000
Computational skills	Pearson Correlation	.441**	1	.541**	.445**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000
Mathematical ability	Pearson Correlation	.615**	.541**	1	.523**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000
4. Chemistry skills	Pearson Correlation	.624**	.445**	.523**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Table 2. Summary of the Results of Multiple Regression Analysis in Predicting Chemistry Skills and Academic Motivation based on Computational Skills and Mathematical Ability

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
Academic motivation	.628a	.395	.388	8.60022
Chemistry skills	.557 a	.311	.302	3.22293

Table 2 shows the results of the regression analysis for both criterion variables. It can be seen that there is a correlation of 0.62 between computational skills and mathematical ability and academic motivation. The adjusted R² obtained is equal to 0.38, which indicates that these predictor variables can predict 38 percent of the changes in the academic motivation variable. There is also a correlation of 0.55 between computational skills and mathematical ability and chemistry skills. The adjusted R² obtained is equal to 0.30, which indicates that these predictor variables can predict 30% of the changes in the chemistry skills variable.

The analysis revealed significant and positive correlations between students' computational skills, mathematical abilities, and both their chemistry-related skills and learning motivation. Specifically, the findings indicated that students with higher levels of proficiency in calculations and mathematics tend to demonstrate stronger understanding of chemistry concepts, as evidenced by their scores in chemistry tests. The correlation coefficients ranged from moderate to strong, confirming the substantial association between these variables.

Furthermore, regression analysis demonstrated that computational skills and mathematical abilities collectively accounted for approximately 38% of the variance in students' motivation toward chemistry. This suggests that greater competence in mathematics significantly contributes to increased motivation by reducing cognitive barriers and fostering confidence in mastering chemistry. Similarly, these skills accounted for approximately 30% of the variance in students' chemistry skills, underscoring their predictive power.

The results can be contextualized within Sweller's Cognitive Load Theory. As students develop foundational mathematical skills, their cognitive resources are less burdened by basic calculations, enabling them to better focus on understanding complex chemical phenomena. This explains why students proficient in calculations and algebra typically show deeper comprehension and greater motivation in chemistry learning.

The discussion aligns with previous research by Croto et al. (2007), Charnak (2016), Penque and Saeedi (2020), Scott (2012), and Carter (2019), which all emphasize the importance of mathematical skills in scientific understanding. For example, Charnak (2016) noted that students applying algebraic methods to balance chemical equations perform better in understanding quantitative relationships. These findings reinforce the need to integrate structured mathematical skill development within science curricula to foster better learning outcomes and motivation.

Conclusion

The study concludes that computational skills and mathematical abilities play a crucial role in enhancing students' understanding of chemistry concepts and increasing their motivation to learn. These skills serve as significant predictors of academic success in chemistry, with up to 30-38% of the variance in students' chemistry achievement and motivation explained by mathematical competence.

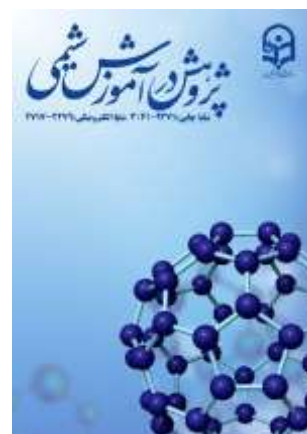
Given these findings, educational stakeholders must recognize the importance of strengthening computational skills from the early stages of science education. Developing curriculum interventions focused on improving mathematical proficiency can substantially contribute to better comprehension of chemical concepts and higher motivation levels among students. Such efforts could involve integrating math-focused exercises in chemistry lessons, providing supplementary tutoring, and designing instructional activities that explicitly link mathematical reasoning to chemical phenomena.

Generally, the results advocate for a more integrated approach to teaching science and mathematics, emphasizing foundational skills as a cornerstone for academic achievement and motivation. Future research should explore longitudinal implications and the effectiveness of specific instructional strategies aimed at enhancing mathematical competence to further support science education improvement.

نقش مهارت محاسباتی و توانایی ریاضی در پیش‌بینی انگیزه تحصیلی و درک مفاهیم شیمی دانش‌آموزان

۱. سهراب عظیم‌پور[✉]: گروه آموزش ریاضی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران
 ۲. حسین واحدی^{*}: گروه آموزش روانشناسی و مشاوره، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران
 ۳. حسین فضلی[✉]: گروه آموزش ریاضی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران
 ۴. جعفر عظمت[✉]: گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران
- *پست الکترونیک نویسنده مسئول: h.vahedi@cfu.ac.ir

چکیده



پیشینه و اهداف: مطالعات متعددی نشان می‌دهند که مفاهیم ریاضی نقش مهمی در درک بهتر مفاهیم علمی و افزایش انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان ایفا می‌کنند. این پژوهش با هدف مطالعه نقش مهارت محاسباتی و توانایی ریاضی در پیش‌بینی انگیزه تحصیلی و درک مفاهیم شیمی دانش‌آموزان صورت گرفته است. **روش‌ها:** در این پژوهش، از روش مطالعه توصیفی-همبستگی استفاده شد. جامعه آماری پژوهش شامل دانش‌آموزان پسر پایه دهم و یازدهم رشته تجربی مدارس دولتی آموزش و پرورش ناحیه ۵ شهرستان تبریز در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ است. نمونه آماری شامل ۱۶۹ نفر از دانش‌آموزان رشته تجربی (۸۷ دانش‌آموز در پایه دهم و ۸۲ دانش‌آموز در پایه یازدهم) است که به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چند مرحله‌ای انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان در پژوهش به دو پرسش‌نامه استاندارد «انگیزه تحصیلی هارتر» و «مهارت محاسباتی رنزولی» پاسخ دادند. همچنین از آنها آزمون معلم‌ساخته توانایی ریاضی و مهارت شیمی اخذ شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل آماری همبستگی و رگرسیون تجزیه و تحلیل شدند تا ارتباط مهارت محاسباتی و توانایی ریاضی با انگیزه تحصیلی و توانایی شیمی ارزیابی شود. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد که مهارت‌های محاسباتی و توانایی ریاضی با انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان همبستگی مثبت معنی‌داری دارند و می‌توانند ۳۸ درصد تغییرات را در آن پیش‌بینی کنند. همچنین مهارت‌های محاسباتی و توانایی ریاضی با مهارت شیمی دانش‌آموزان همبستگی مثبت معنی‌داری دارند و می‌توانند ۳۰ درصد تغییرات را در مهارت شیمی پیش‌بینی کنند. **نتیجه‌گیری:** مهارت‌های محاسباتی و توانایی ریاضی نقش مهمی در بهبود درک مفاهیم شیمی و افزایش انگیزه یادگیری ایفا می‌کنند. با توجه به نتایج، تقویت مهارت‌های محاسباتی و توانایی ریاضی در برنامه‌های آموزشی می‌تواند، به عنوان روشی مؤثر برای افزایش انگیزه تحصیلی و بهتر فهمیدن مفاهیم شیمی در دانش‌آموزان رشته تجربی مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژگان: مهارت محاسباتی، توانایی ریاضی، انگیزه تحصیلی، مفاهیم شیمی.

نحوه استناددهی: عظیم‌پور، سهراب، واحدی، حسین، فضلی، حسین، و عظمت، جعفر. (۱۴۰۴). نقش مهارت محاسباتی و توانایی ریاضی در پیش‌بینی انگیزه تحصیلی و درک مفاهیم شیمی دانش‌آموزان. پژوهش در آموزش شیمی، ۷(۴)، ۸۵-۱۰۲.

DOI:

10.22034/ijpp.2025.2021841.477



آموزش علوم در عصر حاضر تغییرات زیادی را شاهد بوده است و در این مورد آموزش شیمی پیشرو محسوب می‌شود. با گسترش حوزه‌های این (علوم)، ضرورت بازنگری در آموزش آن (شیمی) نیز آشکار می‌شود (ریز^۱، ۲۰۲۵). چرا که شیمی به طور ذاتی رشته‌ای است که با پرداختن به مسائل حیاتی جهانی - از تغییرات اقلیمی و انرژی پایدار گرفته تا پیشرفت‌های مراقبت‌های بهداشتی و حفظ محیط زیست - گره خورده است، نیاز به بازنگری اساسی در نحوه آموزش، درک و کاربرد دانش علمی آن دارد (ریان^۲، ۲۰۲۳). علیرغم اهمیت شیمی در زندگی، این چالش مهم در آموزش شیمی وجود دارد که دانش‌آموزان در درک پیچیدگی‌های آن مشکل دارند و این مسئله منجر به بی‌علاقگی و بی‌انگیزگی در آنان می‌شود. (سریستی^۳ و همکاران، ۲۰۲۳). این بی‌علاقگی و بی‌انگیزه بودن پیامدهایی دارد. مطالعات صورت گرفته، کاهش میزان تعامل دانش‌آموزان با شیمی را به‌ویژه در سطوح متوسطه و عالی تایید کرده‌اند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از دانش‌آموزان، شیمی را به عنوان یک رشته جذاب نمی‌دانند و این ادراک دانش‌آموزان و دانشجویان می‌تواند، یک چالش آموزشی باشد (راکر^۴ و همکاران، ۲۰۲۱). درک و یادگیری مفاهیم و اصول اصلی علوم، از جمله مفاهیم شیمی، دشوار است. بسیاری از مطالعات تحقیقاتی، سعی کرده‌اند، با شناسایی مشکلات عمده یادگیری، علل اصلی این مشکلات را شناسایی کنند. همچنین برخی مطالعات مداخله‌ای سعی داشته‌اند، راه‌حل‌هایی را هم پیدا کنند (تراگوست^۵ و همکاران، ۲۰۱۸).

انگیزه تحصیلی شامل همه رفتارهایی است که در محیط‌های آموزشی در ارتباط با یادگیری و پیشرفت تحصیلی رخ می‌دهند (ریان و دسی^۶، ۲۰۰۰). تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که انگیزش تحصیلی قوی‌ترین پیش‌بینی‌کننده پیشرفت تحصیلی و عملکرد یادگیری است. به‌طوری که می‌تواند تاثیرات هوش و توانایی‌های قبلی را تحت تاثیر قرار دهد (استینمایر^۷ و همکاران، ۲۰۱۹). دانش‌آموزانی که انگیزش بالایی دارند، معمولاً عمیق‌تر یاد می‌گیرند، راهبردهای شناختی بهتری به کار می‌برند و در تکالیف چالش‌برانگیز پشتکار بیشتری نشان می‌دهند (پتريچ^۸، ۲۰۰۳). انگیزش دانش‌آموزان نقش کلیدی در موفقیت تحصیلی و زندگی دارد، ولی اغلب نادیده گرفته می‌شود. نتایج پژوهش ژاکوب و همکاران^۹، (۲۰۲۰) نشان می‌دهد که لازم است، معلمان با ایجاد محیط فعال و فراهم کردن فرصت‌های خودهدایتی، انگیزش را تقویت کنند تا عملکرد تحصیلی بهبود یابد. در حوزه آموزش علوم پایه، ارتقای انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان از اهداف کلیدی نظام آموزشی به شمار می‌رود. طراحی مناسب محتوای آموزشی و روش‌های تدریس می‌تواند، در حفظ و تقویت این انگیزه مؤثر باشد. نتیجه پژوهش انجام‌شده توسط زبوا^{۱۰} و همکاران، (۲۰۲۵) نشان می‌دهد که دانش‌آموزان در زمینه انگیزش برای یادگیری شیمی در سطح متوسط قرار دارند و تفاوت قابل توجهی میان مدارس در کلیت انگیزش آنان مشاهده نمی‌شود. همچنین، ضرورت انجام تحقیقات بیشتر برای شناخت عوامل مؤثر بر انگیزش دانش‌آموزان احساس می‌شود.

¹ Reyes² Ryan³ Sristy⁴ Raker⁵ Treagust⁶ Ryan & Deci⁷ Steinmayr⁸ Pintrich⁹ Jacob¹⁰ Zebua

پژوهش‌های مختلف علل متعددی را برای مشکلات مربوط به یادگیری مفاهیم شیمی بر شمرده‌اند. در یک مطالعه علل ضعف دانش‌آموزان در پاسخ‌دهی به سوالات شیمی را کمبود وقت، ضعف دانش‌آموزان در انجام محاسبات ریاضی، فقدان الگو و برنامه خاص برای پاسخ‌دهی بر شمرده‌اند (رحیمی و همکاران، ۱۴۰۲). در مطالعه دیگر مشخص شد که دانش‌آموزان در یادگیری مفاهیمی مانند مفهوم یون و تشکیل پیوند یونی با کج فهمی مواجه می‌شوند که اغلب توسط معلمان رفع نمی‌شود (حاجی‌عباسی و مرادی، ۱۴۰۲). همچنین، مشکلات محتوایی درس و شیوه ارزشیابی به عنوان علت مشکل در یادگیری شیمی ذکر شده است (کوثر و همکاران، ۲۰۲۲). پژوهش نشان می‌دهند، مفهوم مول، فرمول‌های شیمیایی و معادلات شیمیایی و هیدرولیز چالش برانگیزترین مسائل در آموزش شیمی هستند. همچنین دانش‌آموزان اغلب در مواردی که نیازهای محاسباتی وجود دارد، مشکل دارند (بیلدیریم و کانپولات^۱، ۲۰۱۹). دانش‌آموزان محاسبات تیتراسیون، واکنش‌های اکسایش-کاهش و تعیین غلظت محلول را به عنوان موضوعات دشوار در شیمی ارزیابی کرده‌اند (چیلدز و شیهان^۲، ۲۰۰۹).

از جمله عللی که در بسیاری از این مطالعات برای علت ضعف دانش‌آموزان در درس شیمی و کاهش انگیزش نسبت به آن ذکر کرده‌اند، ضعف مهارت‌های محاسباتی و توانایی ریاضی است که مطالعه حاضر قصد دارد بر آن تمرکز کند. در نظام آموزشی ایران در آموزش شیمی بر محاسبات عددی پیچیده تاکید می‌شود (گلستانه و همکاران، ۱۴۰۳). پژوهش دیگر، نیز بر وجود کج‌فهمی‌های ناشی از ضعف پایه‌های ریاضی تاکید دارد، به‌طوری که رابطه مستقیمی میان مهارت‌های ریاضی و درک مفاهیم شیمی وجود دارد (امانی و تیموری‌نیا^۳، ۱۴۰۴). توانایی ریاضی در موفقیت دانش‌آموزان در محاسبات شیمی تأثیر زیادی دارد (اسکات^۴، ۲۰۱۲) و آموزش اصول ریاضی مرتبط با درس شیمی، باعث تقویت مطالعه مستقل دانش‌آموزان و کاهش مشکلات در یادگیری می‌شود و باعث افزایش اعتماد به نفس انگیزه تحصیلی در دانش‌آموزان می‌شود (آریموگونجه^۵، ۲۰۱۸؛ کارتر^۵، ۲۰۱۹). ضعف در درک مفاهیم ریاضی نه تنها به کج‌فهمی در محاسبات مرتبط با مفاهیم شیمی منجر می‌شود، بلکه انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان را در مواجهه با مفاهیم میان‌رشته‌ای کاهش می‌دهد (هتی، ۲۰۰۹).

این یافته‌ها اهمیت مهارت‌های ریاضی و محاسباتی را در یادگیری شیمی برجسته می‌سازد، چرا که تسلط بر مفاهیمی مانند تناسب و چهار عمل اصلی که پایه‌های روش جبری هستند، پیش‌نیاز درک صحیح استوکیومتری محسوب می‌شوند. با توجه به این پژوهش‌ها، به نظر می‌رسد، تقویت توانایی‌های ریاضی دانش‌آموزان می‌تواند، هم درک مفاهیم شیمیایی و هم انگیزه تحصیلی آنان را افزایش دهد. موضوعی که در نظام آموزشی ایران نیاز به توجه بیشتری دارد. با توجه به یافته‌ها و بررسی‌های انجام شده، به نظر می‌رسد که هنوز جای کار برای بررسی رابطه کامل و هم‌افزا میان مهارت محاسباتی و توانایی ریاضی و انگیزه تحصیلی در آموزش شیمی در مدارس وجود دارد. اکثر پژوهش‌های موجود، بر روابط کلی و بین‌المللی تمرکز داشته‌اند و در حوزه منطقه‌ای و به‌ویژه در سطح مقطع آموزش متوسطه در ایران، کمبود پژوهش‌های عملی و تجربی دیده می‌شود. همچنین نقش مهارت‌های محاسباتی و توانایی ریاضی در پیش‌بینی مهارت شیمی و انگیزش تحصیلی بررسی نشده است. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف شناسایی و رفع خلأهای موجود در مطالعات پیشین طراحی و اجرا شده است. بر این اساس پژوهش حاضر قصد دارد، به این سوال پاسخ دهد که مهارت محاسباتی و توانایی ریاضی در پیش‌بینی انگیزه تحصیلی و درک مفاهیم شیمی دانش‌آموزان چه نقشی دارد.

¹ Yildirim, & Canpolat

² Childs & Sheehan

³ Scott

⁴ Orimogunje

⁵ Carter

پیشینه پژوهش

آموزش مفاهیم ریاضی به عنوان پایه‌ای برای درک پدیده‌های طبیعی همواره در نظام‌های آموزشی پیشرو مورد توجه ویژه بوده است. این مفاهیم نه تنها ابزاری برای حل مسائل کمی هستند، بلکه به عنوان چهارچوبی ذهنی، درک عمیق‌تر علوم تجربی را امکان‌پذیر می‌سازند. از منظر نظریه ساخت‌گرایی اجتماعی ویگوتسکی^۱ (۱۹۷۸)، یادگیری، زمانی معنی‌دار می‌شود که مفاهیم انتزاعی در بسترهای کاربردی و میان‌رشته‌ای قرار گیرند. در این رویکرد، یادگیری یک فرایند اجتماعی است که از طریق تعامل با دیگران و استفاده از ابزارهای فرهنگی شکل می‌گیرد. نظریه خودتعیین‌گری^۲ دسی و رایان^۳ (۲۰۰۰) بر نقش انگیزش درونی و نیازهای روانشناختی اساسی در رشد شخصیت، خودتنظیمی و بهزیستی تمرکز دارد. طبق این نظریه، فرد برای رشد، باید سه نیاز خودمختاری، شایستگی و ارتباط را ارضا کند. مهارت‌های محاسباتی و توانایی ریاضی قوی، احساس شایستگی را در دانش‌آموزان تقویت می‌کند. احساس شایستگی در حل مسائل شیمی نیازمند محاسبات، انگیزه درونی برای یادگیری شیمی را افزایش می‌دهد.

پژوهشگران با انجام مطالعات دیگر برای اهمیت‌دادن به موضوع یادگیری مفاهیم بین‌رشته‌ای تلاش‌های زیادی انجام داده‌اند. مطالعات نشان می‌دهند، رویکردهای تلفیقی در آموزش علوم، تکنولوژی، مهندسی و ریاضیات (STEM^۴) می‌توانند، با ایجاد ارتباط معنی‌دار بین مفاهیم انتزاعی ریاضی و کاربردهای عینی علوم، انگیزه و عملکرد دانش‌آموزان را بهبود بخشند. جانگ^۵ و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه ویژگی‌ها و تأثیرات جوامع عمل^۶ در آموزش تلفیقی STEM دریافتند که این جوامع، با تکیه بر ماهیت بین‌رشته‌ای و تمرکز بر موقعیت‌های واقعی و از طریق همکاری معلمان، متخصصان و جامعه محلی، به‌طور هم‌زمان به ارتقای مهارت‌های تدریس و خودکارآمدی معلمان و نیز یادگیری معنی‌دار دانش‌آموزان (از طریق پیوند مدرسه با حل مسائل دنیای واقعی و مشاغل) منجر می‌شوند. کلید موفقیت این جوامع، همکاری چند جانبه و ایجاد پیوند با موقعیت‌های عینی است.

مطالعه اسکات^۷ (۲۰۱۲) نشان می‌دهد که توانایی ریاضی در موفقیت دانش‌آموزان در محاسبات شیمی تأثیر زیادی دارد، اما مشکلات اصلی در فهم عملیات پایه‌ای ریاضی است که منجر به عدم نتیجه‌گیری در سوالات دشوار می‌شود. یادگیری رویکردهای الگوریتمی در آموزش ریاضیات، موانع درک عمیق مفاهیم علمی را افزایش می‌دهد و اهمیت همکاری میان بخش‌های ریاضیات و علوم برای رفع این چالش احساس می‌شود. مطالعه آریموگونجه^۸ (۲۰۱۸) نشان می‌دهد که آموزش اصول ریاضی مرتبط با درس شیمی، باعث تقویت مطالعه مستقل دانش‌آموزان و کاهش مشکلات در یادگیری می‌شود. ارتقای مهارت‌های ریاضی در درس شیمی به افزایش اعتماد به نفس و هدفمندبودن دانش‌آموزان منجر شده و پیش‌بینی می‌کند که دانش‌آموزان ضعیف در ریاضی، عملکرد ضعیفی در شیمی خواهند داشت.

¹ Vygotsky² self-determination theory³ Deci & Ryan⁴ Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)⁵ Jung⁶ communities of Practice⁷ Scott⁸ Orimogunje

نتایج تحقیقات انجام شده توسط کارتر^۱ (۲۰۱۹) نشان می‌دهد، تقویت مهارت‌های ریاضی می‌تواند، در بهبود فرآیند یادگیری مفاهیم شیمی و افزایش انگیزه دانش‌آموزان مؤثر باشد. کارتر در پژوهش خود نشان داد که اهمیت آموزش علم و تأثیرات منفی ضعف در آموزش علوم بر آینده‌سازی، جامعه و روابط هویتی تأکید می‌کند و نقش آموزش معلمان در ارتقای این حوزه را مورد توجه قرار می‌دهد.

پژوهش گلستانه و همکاران (۱۴۰۳)، حاکی از آن است که در نظام آموزشی ایران، تأکید بر محاسبات عددی پیچیده در آموزش شیمی، انجام می‌گیرد در صورتی‌که در نظام آموزشی انگلستان به رویکرد مفهومی-کاربردی، توجه می‌شود که ممکن است، به کاهش علاقه دانش‌آموزان به دلیل عدم درک ارتباط عملی مفاهیم با زندگی روزمره منجر شود.

پژوهش‌های انجام شده توسط هتی^۲ (۲۰۰۹)، نشان می‌دهد که ضعف در درک مفاهیم ریاضی نه تنها به کج‌فهمی در محاسبات مرتبط با مفاهیم شیمی منجر می‌شود، بلکه انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان را در مواجهه با مفاهیم میان‌رشته‌ای کاهش می‌دهد.

پژوهش امانی و تیموری‌نیا (۱۴۰۴)، نیز بر وجود کج‌فهمی‌های ناشی از ضعف پایه‌های ریاضی (مانند تشخیص نادرست ساختار ترکیبات شیمیایی) تأکید دارد. این مطالعه نشان می‌دهد که رابطه مستقیمی میان مهارت‌های ریاضی و درک مفاهیم شیمی وجود دارد. دانش‌آموزانی که مهارت‌های ریاضی قوی‌تری داشتند، نتایج بهتری در دروس شیمی کسب کردند. این مطالعه بر این نکته تأکید داشت که مفاهیم ریاضی در فرآیند فهم شیمی، نقش کلیدی ایفا می‌کند.

مطالعه نوری و همکاران (۱۳۹۸) نشان می‌دهد، آموزش‌های میان‌رشته‌ای و تأکید بر مهارت‌های ریاضی در کنار آموزش شیمی، باعث بهبود سطح درک و افزایش انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان شده است، نیز در بسیاری از مدارس کشور، آموزش ریاضی و علوم به صورت مجزا و بدون توجه به رابطه بین آن‌ها انجام می‌شود و این عامل، شکافی در فرآیند آموزش ایجاد کرده است که نیازمند مطالعه و ارائه راهکارهای مؤثر است.

پژوهش کریمی و همکاران (۱۴۰۲) نشان می‌دهد که درک واکنش‌های شیمیایی و تغییرات مواد برای دانش‌آموزان پیچیده است، زیرا بسیاری از تغییرات روزمره مانند زنگ‌زدگی و سوختن، در واقع واکنش‌های شیمیایی هستند که دانش‌آموزان معمولاً متوجه آن نیستند. استفاده از اصول فیزیک می‌تواند، مفاهیم شیمی را ساده‌تر و قابل فهم‌تر کند و روش‌های تدریس مناسب بر پایه این اصول، نقش مهمی در تسهیل درک مطالب دارند.

مطالعه انجام شده توسط پتق و سعیدی (۱۳۹۹)، در سطح آموزش عالی، حاکی از این واقعیت است که یادگیری مفاهیم ریاضی، اساس یادگیری واحد درسی شیمی فیزیک است. دانشجویان در استفاده از عبارات ریاضی در واحد درسی شیمی فیزیک مشکل دارند و نیاز به آموزش‌های مسئله‌محور و ارتباط مؤثر بین ریاضیات، فیزیک و شیمی دارند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که مدرسان برای بهبود درک دانشجویان، فعالیت‌های تعاملی و آزمایش‌های عملی انجام دهند تا مفاهیم عمیق‌تر فهمیده شوند و توانایی تحلیل مسائل ریاضی در زمینه شیمی فیزیک تقویت شود.

مطالعه وطن‌پور و همکاران (۱۴۰۰) نشان می‌دهد که ریاضیات نقش اساسی در آموزش فیزیک دارد و ارتباط دوسویه این دو بر یادگیری تأثیر می‌گذارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد، آموزش پیش‌نیازهای ریاضی، کمبودهای دانش‌آموزان را کاهش داده و به‌طور معنی‌دار پیشرفت تحصیلی در فیزیک را بهبود می‌بخشد.

¹ Carter

² Hattie

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که روش‌های آموزش مبتنی بر ریاضیات می‌توانند، درک مفاهیم شیمیایی مانند استوکیومتری را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشند. کروتو^۱ و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهش خود دریافتند که استفاده از سیستم معادلات خطی برای موازنه معادلات شیمیایی نه‌تنها برای دانشجویان جذاب است، بلکه درک عمیق‌تری از مفاهیم شیمی ایجاد می‌کند. به ویژه در موازنه واکنش‌های اکسایش-کاهش، این روش ریاضی نسبت به روش‌های سنتی بازرسی^۲ کارآمدتر عمل می‌کند. نتیجه مشابهی نیز در مطالعه چارناک^۳ (۲۰۱۶) به‌دست آمده‌است. وی نشان داد که روش جبری در موازنه معادلات شیمیایی، چه برای واکنش‌های ساده و چه پیچیده، از روش بازرسی مؤثرتر است و منجر به عملکرد بهتر دانش‌آموزان در ارزیابی‌ها می‌شود.

روش پژوهش

این پژوهش از نوع پژوهش‌های توصیفی-همبستگی است. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه دانش‌آموزان رشته تجربی دوره دوم متوسطه مدارس دولتی آموزش و پرورش ناحیه ۵ شهرستان تبریز به تعداد ۹۰۰ نفر است که در سال تحصیلی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ مشغول به تحصیل بودند. از این تعداد، ۴۶۳ نفر دانش‌آموز پایه دهم و ۴۳۷ نفر دانش‌آموز پایه یازدهم بودند. حجم نمونه با استفاده از جدول مورگان-کرجسی ۱۶۹ نفر محاسبه شد. از این تعداد ۸۷ نفر دانش‌آموز در پایه دهم و ۸۲ نفر دانش‌آموز در پایه یازدهم بودند. در این تحقیق از روش نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای چند مرحله‌ای استفاده شد. از بین مدارس ناحیه، به صورت تصادفی ۵ مدرسه انتخاب شدند و از هر مدرسه یک کلاس و از هر کلاس با توجه به تناسب دانش‌آموزان، ۱۸ نفر از پایه دهم و ۱۷ نفر از پایه یازدهم انتخاب شدند. پس از حذف پاسخنامه‌های ناقص، داده‌های ۱۶۹ نفر برای تحلیل استفاده شدند. برای گردآوری اطلاعات از پرسش‌نامه مهارت محاسباتی رنزولی (۲۰۲۱)، پرسش‌نامه انگیزش تحصیلی هارتر (۱۹۸۸) و آزمون‌های معلم‌ساخته برای دروس ریاضی و شیمی استفاده شد.

پرسش‌نامه مهارت محاسباتی رنزولی (۲۰۲۱): برای متغیر مهارت محاسباتی دانش‌آموزان از پرسش‌نامه استاندارد رنزولی (۲۰۲۱) استفاده شد. این پرسش‌نامه رنزولی (۲۰۲۱) دارای ۱۰ گویه است که مهارت‌های محاسباتی دانش‌آموزان را مورد سنجش قرار می‌دهد. مقیاس پرسش‌نامه رنزولی (۲۰۲۱) بر اساس مقیاس ۵ گزینه‌ای لیکرت است که از خیلی کم تا خیلی زیاد طبقه‌بندی شده‌است. به سوالات پرسش‌نامه، نمره‌ای از ۱ تا ۵ داده می‌شود و نمره به‌دست آمده بین ۱۰ تا ۵۰ است. روایی پرسش‌نامه به صورت محتوایی در پژوهش رنزولی (۲۰۲۱) مورد تایید قرار گرفت. در این پژوهش، در بررسی پایایی پرسش‌نامه، رنزولی آلفای کرونباخ را برابر ۰/۹۳ محاسبه کرده است. در پژوهش حاضر، روایی پرسش‌نامه توسط چهار نفر از استادان علوم تربیتی و ۳ نفر از استادان ریاضی تایید شد و ضریب آلفای کرونباخ برای مقیاس حاضر (۰/۷۳) به‌دست آمد.

پرسش‌نامه انگیزش تحصیلی هارتر (۲۰۰۵): برای ارزیابی انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان از پرسش‌نامه استاندارد انگیزش تحصیلی هارتر استفاده شد. پرسش‌نامه شامل ۳۳ گویه و هدف آن بررسی انگیزش تحصیلی در بین دانش‌آموزان است. مقیاس اصلی هارتر، انگیزش تحصیلی را با سؤال‌های دوقطبی می‌سنجد. از آنجا که در بسیاری موضوع‌های تحصیلی انگیزه‌های درونی و بیرونی هر دو نقش دارند، لپر و همکاران (۲۰۰۵) مقیاس هارتر را به شکل مقیاس‌های معمول درآوردند که هر سؤال تنها یکی از دلایل انگیزش درونی و بیرونی در نظر می‌گیرد. این پرسش‌نامه بر اساس مقیاس لیکرت است و از ۱ تا ۵ نمره‌گذاری می‌شود و نمره

¹ Croteau

² inspection

³ Charnock

کلی در دامنه‌ای بین ۳۳ تا ۱۶۵ قرار دارد. پایایی این پرسش‌نامه توسط ظهیری و رجبی (۱۳۸۸) با آزمون آلفای کرونباخ ۰/۹۲ به‌دست آمده‌است. همچنین روایی صوری و محتوایی پرسش‌نامه در این پژوهش تأیید شده است. در پژوهش حاضر، روایی پرسش‌نامه توسط متخصصان تأیید شد و ضریب آلفای کرونباخ برای مقیاس حاضر (۰/۷۹) به‌دست آمد.

آزمون پایانی ریاضی پایه‌های دهم و یازدهم: این آزمون با کمک معلمان ریاضی برای دو پایه دهم و یازدهم طراحی شد. آزمون هر پایه دارای ۲۰ سوال چهارگزینه‌ای بود که مفاهیم تدریس‌شده در پایه تحصیلی را ارزیابی می‌کرد. هر سوال به صورت پاسخ درست (نمره ۱) و پاسخ غلط (نمره ۰) نمره‌گذاری می‌شد. بنابراین دامنه نمرات بین ۰ و ۲۰ قرار داشت. آزمون توسط یکی از معلمان ریاضی طراحی شد. سپس آزمون در اختیار سه معلم دیگر قرار گرفت و اصلاحات لازم بر اساس نظر معلمان انجام شد. در نهایت آزمون مورد نظر توسط دو نفر از استادان ریاضی (محققان) مورد بازبینی و تأیید قرار گرفت.

آزمون معلم‌ساخته مفاهیم شیمی: این آزمون با کمک معلمان شیمی برای دو پایه دهم و یازدهم طراحی شد. در طراحی آزمون سعی شد، بر درک مفاهیم شیمی تأکید شود. آزمون هر پایه دارای ۲۰ سوال چهارگزینه‌ای بود که مفاهیم تدریس‌شده در پایه تحصیلی را ارزیابی می‌کرد. هر سوال به صورت پاسخ درست (نمره ۱) و پاسخ غلط (نمره ۰) نمره‌گذاری می‌شد. بنابراین دامنه نمرات بین ۰ و ۲۰ قرار داشت. آزمون توسط یکی از معلمان شیمی طراحی شد. سپس آزمون در اختیار سه معلم دیگر قرار گرفت و اصلاحات لازم بر اساس نظر معلمان انجام شد. در نهایت آزمون مورد نظر توسط دو نفر از استادان شیمی بازبینی و تأیید شد.

با توجه به هدف پژوهش، گردآوری اطلاعات در خرداد ماه صورت گرفت تا بتوان توانایی ریاضی و مهارت شیمی پایه را ارزیابی کرد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش همبستگی پیرسون استفاده شد. همچنین برای پاسخ به سوالات پژوهش با توجه به وجود چند متغیر پیش‌بین و یک متغیر ملاک کمی از تحلیل رگرسیون چند متغیری استفاده شده است.

یافته‌ها

جدول شماره ۱، آمارهای توصیفی مربوط به انگیزه تحصیلی، مهارت محاسباتی و توانمندی ریاضی و شیمی و نتایج بررسی نرمال بودن داده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱. آماره‌های توصیفی مربوط به متغیرهای انگیزه تحصیلی، مهارت محاسباتی و توانمندی ریاضی و شیمی

متغیر	میانگین	انحراف استاندارد	پایین ترین	بالا ترین	کولوگراف- اسمیرنف	معنی داری
انگیزه تحصیلی	۱۱۴/۴۸	۱۰/۹۸	۶۷	۱۴۷	۰/۰۵۲	۰/۲۰
مهارت محاسباتی	۳۰/۰۶	۵/۳۷	۱۹	۴۵	۰/۰۵۵	۰/۲۰
توانمندی ریاضی	۱۳/۵۶	۳/۸۸	۲	۲۰	۰/۰۶۷	۰/۰۶
شیمی	۱۴/۶۷	۳/۸۵	۵	۲۰	۰/۰۵۳	۰/۰۹

همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین به دست آمده در متغیر انگیزه تحصیلی ۱۱۴/۴۸، در متغیر مهارت محاسباتی ۳۰/۰۶، در توانمندی ریاضی ۱۳/۵۶ و در مهارت شیمی ۱۴/۶۷ است. چنانکه از نتایج آزمون کولموگراف-اسمیرنف مشاهده می‌شود، داده‌های به دست آمده، نرمال هستند.

جدول ۲. نتایج آزمون همبستگی پیرسون برای ارتباط متغیرهای پژوهش

متغیرها	۱	۲	۳	۴
۱. انگیزه تحصیلی	۱	*۰/۴۴	*۰/۶۱	*۰/۶۲
۲. مهارت محاسباتی	*۰/۴۴	۱	*۰/۵۴	*۰/۴۵
۳. توانمندی ریاضی	*۰/۶۱	*۰/۵۴	۱	*۰/۵۲
۴. شیمی	*۰/۶۲	*۰/۴۴	*۰/۵۲	۱

* معنی‌داری در سطح ۰/۰۱

جدول شماره ۲، نتایج آزمون همبستگی پیرسون را برای ارتباط متغیرهای پژوهش، نشان می‌دهد. نتایج جدول نشان می‌دهد که در رابطه انگیزه تحصیلی با مهارت شیمی، میزان همبستگی برای مهارت محاسباتی (۰/۴۴) و برای توانمندی ریاضی (۰/۵۲) و در سطح کوچک‌تر از ۰/۰۱ معنی‌دار است؛ بنابراین، می‌توان رابطه انگیزه تحصیلی، مهارت محاسباتی و توانمندی ریاضی را با مهارت شیمی تایید کرد.

قبل از انجام تحلیل رگرسیون چندگانه، پیش‌فرض‌های نرمال بودن متغیرها و روابط خطی بین متغیرها بررسی شد. نتایج آزمون کولموگراف-اسمیرنف ارائه شده در جدول ۱ نشان داد که داده‌های موجود نرمال هستند. همچنین نمودار پراکنش متغیرها نشان داد که با توجه به توزیع نقاط در اطراف خط راست، بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته، رابطه خطی وجود دارد.

جدول ۳. مقدار دوربین واتسون و شاخص‌های عدم هم‌خطی میان متغیرهای پیش‌بین

متغیر ملاک	دوربین واتسون	VIF	آماره تحمل
انگیزه تحصیلی	۲/۰۰۷	۱/۴۱	۰/۶۰
شیمی	۱/۹۴	۱/۴۱	۰/۶۰

جدول ۳ مقدار دوربین واتسون و شاخص‌های عدم هم‌خطی میان متغیرهای پیش‌بین را نشان می‌دهد. مقدار دوربین واتسون برای متغیرهای پیش‌بین مهارت شیمی ۱/۹۴ و برای انگیزش تحصیلی ۲/۰۰۷ به دست آمد. با توجه به اینکه در محدوده ۱/۵ تا ۲/۵ قرار دارند، نشان‌دهنده استقلال خطاها است. همچنین مقدار نتایج نشان داد که مقدار آماره تحمل متغیرهای پیش‌بین پژوهش بین مقادیر ۰/۴۱ و ۰/۶۷ و مقادیر آماره تورم واریانس (VIF) نیز در همه موارد از ۵ کوچک‌تر است، که نشان می‌دهد، شاخص عدم هم‌خطی چندگانه برقرار است.

جدول ۴. خلاصه نتایج تحلیل رگرسیون چندگانه در پیش‌بینی مهارت شیمی و انگیزش تحصیلی

متغیر ملاک	مدل	R (میزان همبستگی)	مجذور r	مجذور r تعدیل شده	خطای استاندارد
انگیزش تحصیلی	هم زمان	۰/۶۲	۰/۳۹	۰/۳۸	۸/۶۰
مهارت شیمی	هم زمان	۰/۵۵	۰/۳۱	۰/۳۰	۳/۲۲

جدول شماره ۴، نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون را برای هر دو متغیر ملاک نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که بین مهارت محاسباتی و توانمندی ریاضی و انگیزش تحصیلی ۰/۶۲ همبستگی وجود دارد. R^2 تعدیل شده به دست‌آمده برابر با ۰/۳۸ است که نشان می‌دهد، این متغیرهای پیش‌بین می‌توانند ۳۸ درصد تغییرات را در متغیر انگیزش تحصیلی پیش‌بینی کنند. همچنین بین مهارت محاسباتی و توانمندی ریاضی و مهارت شیمی ۰/۵۵ همبستگی وجود دارد. R^2 تعدیل شده به دست‌آمده برابر با ۰/۳۰ است که نشان می‌دهد، این متغیرهای پیش‌بین می‌توانند ۳۰ درصد تغییرات را در متغیر مهارت شیمی پیش‌بینی کنند.

جدول ۵. نتایج تحلیل واریانس یکراهه در پیش‌بینی مهارت شیمی و انگیزش تحصیلی

متغیر	مدل	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	معنی داری
مهارت شیمی	رگرسیون	۷۷۶/۸۰	۲	۳۸۸/۴۰	۳۷/۳۹	۰/۰۰۱
	باقیمانده	۱۷۲۴/۲۹	۱۶۶	۱۰/۳۸		
انگیزش تحصیلی	رگرسیون	۸۰۱۲/۲۰	۲	۴۰۰۶/۱۰	۵۴/۱۶	۰/۰۰۱
	باقیمانده	۱۲۲۷۷/۹۷	۱۶۶	۷۳/۹۶		

نتایج تحلیل واریانس یکراهه در جدول شماره ۵ ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که مدل رگرسیون، در هر دو متغیر مهارت شیمی و انگیزش تحصیلی، برازش لازم را دارد و می‌تواند، به طور معنی‌دار و مناسبی تغییرات متغیر ملاک را پیش‌بینی کند، چرا که F به دست‌آمده در هر دو در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار است.

جدول ۶. خلاصه نتایج ضرایب استاندارد شده رگرسیون برای متغیرهای تحقیق در پیش‌بینی انگیزش تحصیلی

متغیر	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد		T	معنی داری
	B	خطای استاندارد	Beta			
تعامل	۸۴/۶۰	۳/۷۸	-		۲۲/۳۳	۰/۰۰۱
توانایی ریاضی	۱/۵۰	۰/۵۳	۰/۵۳		۷/۴۱	۰/۰۰۱
مهارت محاسباتی	۰/۳۱	۰/۱۴	۰/۱۵		۲/۱۳	۰/۰۳۴

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که میزان t مشاهده‌شده در هر دو متغیر پیش‌بین معنی‌دار است. میزان بتای بالاتر (۰/۵۳) مربوط به متغیر توانایی ریاضی است. لذا این متغیر قدرت پیش‌بینی بیشتری را نسبت به مهارت محاسباتی در پیش‌بینی انگیزش تحصیلی دارد. همچنین متغیر مهارت محاسباتی میزان بتای ۰/۱۵ را نشان می‌دهد.

جدول ۷. خلاصه نتایج ضرایب استاندارد شده رگرسیون برای متغیرهای تحقیق در پیش‌بینی مهارت شیمی

متغیر	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد		T	معنی داری
	B	خطای استاندارد	Beta			
تعامل	۴/۳۴	۱/۴۲	-		۳/۰۶	۰/۰۰۳
توانایی ریاضی	۰/۳۹	۰/۰۷	۰/۳۹		۵/۲۰	۰/۰۰۱
مهارت محاسباتی	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۲۲		۲/۹۹	۰/۰۰۳

نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که میزان t مشاهده‌شده در هر دو متغیر پیش‌بین معنی‌دار است. میزان بتای بالاتر (۰/۳۹) مربوط به متغیر توانایی ریاضی است. لذا این متغیر قدرت پیش‌بینی بیشتری را نسبت به مهارت محاسباتی در پیش‌بینی انگیزش تحصیلی دارد. همچنین متغیر مهارت محاسباتی میزان بتای ۰/۲۲ را نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج، نشان داد که مهارت محاسباتی و توانایی ریاضی با انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان رابطه مستقیم و معنی‌داری دارد. این یافته با نتایج پژوهش‌های کروتو و همکاران (۲۰۰۷)، چارناک (۲۰۱۶)، پتق و سعیدی (۱۳۹۹)، اسکات (۲۰۱۲)، کارتر (۲۰۱۹)، هتی (۲۰۰۹)، جانگ و همکاران (۲۰۲۱) و امانی و تیموری‌نیا (۱۴۰۴) همسو است. کروتو و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند، روش‌های نظام‌مند ریاضی (مانند جبر خطی) در موازنه معادلات، به دلیل کاهش اضطراب و افزایش اعتمادبه‌نفس، انگیزه یادگیری را به طور معنی‌داری بهبود می‌بخشند. چارناک (۲۰۱۶) بیان می‌کند؛ دانش‌آموزانی که از روش‌های جبری برای موازنه معادلات شیمیایی استفاده می‌کنند، عملکرد بهتری در درک روابط کمی واکنش‌ها دارند. این یافته را می‌توان با نظریه بار شناختی^۱ سونلر (۱۹۸۸) تبیین کرد؛ چرا که تسلط بر محاسبات پایه، بار شناختی دانش‌آموزان را هنگام حل مسائل استوکیومتری کاهش می‌دهد و منابع ذهنی آنان را برای درک مفاهیم پیچیده‌تر شیمی آزاد می‌کند. نتایج نشان داد که مهارت محاسباتی و توانایی ریاضی ۳۰ درصد تغییرات را در مهارت شیمی دانش‌آموزان پیش‌بینی می‌کند. مهارت‌های محاسباتی و توانایی ریاضی پیش‌بین‌کننده‌های قوی و معنی‌داری برای موفقیت در شیمی هستند. این ارتباط بر اساس نظریه‌های شناختی و یافته‌های پژوهشی متعدد تایید شده است. از جمله در نظریه بار شناختی و نظریه ساخت‌گرایی این مسئله مورد تایید قرار گرفته است. نظریه بار شناختی مطرح می‌کند که ضعف مهارت محاسباتی و توانایی ریاضی بار شناختی زیادی ایجاد می‌کند که به تبع آن مهارت و توانایی در سایر حوزه‌ها کاهش می‌یابد. همچنین در نظریه ساخت‌گرایی^۲ ویگوتسکی تاکید می‌کند، در ادراک انتزاعیات بدون ساخت پیش‌نیازها یا پایه‌های دانش، ساخت دانش جدید با دشواری همراه می‌شود. مهارت‌های محاسباتی و ریاضی نه‌تنها پیش‌نیاز، بلکه پیش‌بین‌کننده‌ای قوی برای موفقیت در شیمی هستند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند، این رابطه از طریق مکانیسم‌های شناختی و نیاز ذاتی شیمی به تفکر کمی عمل می‌کند. بنابراین، تقویت پایه‌های ریاضی و ادغام آن با آموزش شیمی، کلید بهبود عملکرد دانش‌آموزان است (تاسوب شیرازی و گلین^۳، ۲۰۱۸). نظریه انتظار-ارزش اکلس و ویگفیلد بیان می‌کند که دانش‌آموزان با مهارت‌های ریاضی بالاتر (مانند محاسبات ذهنی، دقت، سرعت، حل مسائل ساده)، اعتماد به نفس بیشتری در حل مسائل دارند و انتظار موفقیت در آینده را تجربه می‌کنند. این انتظار، انگیزه برای تلاش بیشتر را پیش‌بینی می‌کند. همچنین موفقیت در ریاضی می‌تواند، به درس ارزش بیشتری ببخشد (ارزش کاربردی، ارزش ذاتی). تسلط بر مهارت‌های پایه، درک مسائل پیچیده‌تر را آسان‌تر می‌کند. این درک بهتر می‌تواند، منجر به لذت ذاتی بیشتر، از حل مسائل و احساس موفقیت شود. همچنین، دانش‌آموزانی که در ریاضی قوی‌تر هستند، بیشتر احتمال دارد، سودمندی ریاضی را برای اهداف آینده تحصیلی و شغلی درک کنند (اکلس و ویگفیلد^۴، ۲۰۰۲). همچنین مهارت‌های قوی ریاضی، خودکارآمدی ریاضی را تقویت می‌کند. خودکارآمدی بالا، انتخاب اهداف چالش‌برانگیزتر، پشتکار در مواجهه با مشکلات و انگیزش تحصیلی بالاتر را پیش‌بینی می‌کند (عظیم‌پور و واحدی^۱، ۱۴۰۲).

¹ cognitive load theory

² constructivism

³ Taasobshirazi & Glynn

⁴ Eccles & Wigfield

نتایج نشان داد که مهارت محاسباتی و توانایی ریاضی ۳۸ درصد تغییرات را در انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان پیش‌بینی می‌کنند. این سطح از پیش‌بینی‌پذیری نشان‌دهنده نقش کلیدی مهارت‌های ریاضی در شکل‌گیری انگیزه یادگیری است. این ارتباط را می‌توان بر اساس نظریه خودتعیینی دسی و رایان تفسیر کرد. بر اساس این نظریه تسلط بر مهارت‌های ریاضی، خودمختاری، شایستگی دانش‌آموزان را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد و این ارضای نیازهای شایستگی و خودمختاری، زیربنای توسعه انگیزش درونی و انگیزش بیرونی درونی‌شده‌تر است که بخش حیاتی از انگیزش تحصیلی قوی محسوب می‌شود (رایان و دیسی، ۲۰۲۰). بنابراین، مهارت محاسباتی و توانایی ریاضی با ارضای نیاز شایستگی و خودمختاری، زمینه را برای انگیزش تحصیلی بهتر و پایدارتر فراهم می‌کند. نظریه خودکارآمدی بندورا تأکید می‌کند که باور فرد به توانایی‌های خود (احساس خودکارآمدی) در انجام موفقیت‌آمیز یک تکلیف، به صورت معنی‌داری بر انگیزش، پشتکار و عملکرد او تأثیر می‌گذارد. دانش‌آموزانی که مهارت محاسباتی و توانایی ریاضی بالاتری دارند، تجربیات موفقیت‌آمیز بیشتری در درس ریاضی دارند. این موفقیت‌ها باعث تقویت خودکارآمدی ریاضی آنان (باور به توانایی‌شان در درک و حل مسائل ریاضی) می‌شود (واحدی و اقبالی، ۱۴۰۳). خودکارآمدی بالا یک پیش‌بین‌کننده قوی انگیزش تحصیلی است؛ چرا که دانش‌آموزان با خودکارآمدی بالا، اهداف چالش‌برانگیزتری را انتخاب می‌کنند، در مواجهه با مشکلات، پشتکار بیشتری نشان می‌دهند و نگرش مثبت‌تری نسبت به یادگیری ریاضی دارند (شانک و پاچاره، ۲۰۰۹). بنابراین، مهارت‌های محاسباتی و توانایی ریاضی بالاتر از طریق افزایش خودکارآمدی، انگیزش تحصیلی بالاتر را پیش‌بینی می‌کند.

در مجموع، یافته‌های مطالعه حاضر بر اهمیت ادغام مفاهیم ریاضی در آموزش علوم تأکید دارد و نشان می‌دهد که چنین رویکردی می‌تواند، به عنوان یک راهبرد مؤثر در افزایش انگیزه و بهبود عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان مورد استفاده قرار گیرد. این یافته‌ها حاکی از آن است که آموزش مفاهیم ریاضی، در قالب تمرین‌های تعاملی و کاربردی، توانسته است، انگیزه و فهم مفاهیم شیمی در دانش‌آموزان را به طور قابل توجهی افزایش دهد. این پژوهش، ضمن تأیید نقش مهم آموزش ریاضی در بهبود انگیزه و شناخت مفاهیم علمی، پیشنهاد می‌دهد که آموزش‌های تکمیلی و نوآورانه در این حوزه می‌تواند، مسیرهای جدیدی در آموزش علوم پایه در محیط‌های آموزشی کشور باز کند و به بهبود کیفیت فرایند یادگیری کمک کند.

نتایج این پژوهش می‌تواند، چارچوبی برای تحول در برنامه‌های درسی و تقویت پیوندهای میان‌رشته‌ای بین آموزش ریاضی و علوم تجربی فراهم آورد تا بدین وسیله بتوان بهبود قابل توجهی در فرایند یادگیری و افزایش انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان دست یافت و خلأهای موجود در نظام آموزش کشور در این حوزه‌ها را برطرف کرد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که آموزش مفاهیم ریاضی نه تنها به عنوان یک راهبرد آموزشی مؤثر برای کاهش شکاف بین ریاضیات و علوم تجربی عمل می‌کند، بلکه از طریق ارضای نیازهای روان‌شناختی شایستگی، استقلال و ارتباط با محتوا (براساس نظریه خودتعیینی دسی و رایان، ۲۰۰۰)، انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان را تقویت می‌نماید. در این راستا به معلمان پیشنهاد می‌شود، از فعالیت‌های کاربردی و پروژه‌های عملی ریاضی مرتبط با شیمی در کلاس به منظور افزایش انگیزه و فهم دانش‌آموزان استفاده کنند.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافع وجود ندارد.

موازن اخلاقی

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

مشارکت نویسندگان

هر چهار نویسنده مقاله حاضر، در مطالعات اولیه، گردآوری و تحلیل اطلاعات و تدوین گزارش پژوهش نقش داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب قدردانی خود را از مسئولان محترم آموزش و پرورش، دبیران محترم شیمی و دانش‌آموزان عزیز، به خاطر همراهی و همکاری در

انجام مراحل تحقیق ابراز می‌دارند.

References

- Amani, V., & Teymourinia, H. (2025). Investigating the misconceptions of 11th grade high school students about the concepts of isomerism and naming hydrocarbons using conceptual evaluation method. *Journal of Chemical Education*. [Link]
- Azimpour, S., & Vahedi, H. (2023). The effect of electronic educational media on academic progress and academic selfefficacy in geometry. *Technology of Education Journal*, 17(4), 811-824. [Link]
- Carter, A. (2019). The importance of interdisciplinary teaching in science education. *Journal of Educational Strategies*, 22(3), 45-58.
- Charnock, N. L. (2016). Teaching methods for balancing chemical equations: An inspection versus an algebraic approach. *American Journal of Educational Research*, 4(7), 507-511. [Link]
- Croteau, J., Fox, W. P., & Varazo, K. (2007). Mathematical modeling of chemical stoichiometry. *PRIMUS*, 17(4), 301-315. [Link]
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268. [Link]
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, 53, 109-132. [Link]
- Golestaneh, M., Farhadi, N., & Nezhadkazeni, P. (2024). Comparison of chemistry curriculum in the educational systems of Iran and the United Kingdom. *Research in Chemistry Education*, 6(4), 59-82. [Link]
- Haji Abbasi, M., & Moradi, S. (2023). Examining the weaknesses in understanding the concept of ion and formation of ion bond and providing solutions for educational improvement. *Research in Chemistry Education*, 5(2), 61-70. [Link]
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Routledge. [Link]
- Jacob, F., John, S., Gwany, D. M., & Okoronka, A. U. (2020). Motivation in Learning. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 10(4), 16-37. [Link]
- Jung, H., Toldd R. Kelley, T. R., Mentzer, N., & Knowles, G. (2021). Community of Practice in Integrated STEM Education: A Systematic Literature Review. *Journal of STEM Teacher Education*, 56(2), 62-80. [Link]
- Karimi, N., Shajei, Z., & Vahedi, H. (2023). Application of physics concepts in teaching chemistry concepts. *Journal of Chemical Education*, 4(2), 110-118. [Link]
- Kausar, F. N., Ghazala, N., & Haroon, A. (2022). Causes of students' learning difficulties in secondary school chemistry: A study in context of content and assessment strategies. *Journal of Positive School Psychology*, 6(10), 4443-4463. [Link]
- Lepper, M. R., Henderlong Corpus, J., & Iyengar, S. S. (2005). Intrinsic and extrinsic motivational orientations in the classroom: Age differences and academic correlates. *Journal of Educational Psychology*, 97(2), 184-196. [Link]
- Nouri, R., Rahimi, R., & Amani, V. (2019). Some learning problems in chemistry. *Research in Chemistry Education*, 1(3), 5-27. [Link]

- Orimogunje, T. (2018). Mathematics Skills as Predictor of Chemistry Students' Performance in Senior Secondary Schools in Akoko - South Local Government Area of Ondo State, Nigeria. *International Journal for Innovation Education and Research*, 6(7), 148-155. [Link]
- Pangh, A. A., & Saeedi, A. (2020). The study of chemistry students' perceptions in application of mathematical expressions in physical chemistry: case study of shahid Hasheminejad campus in Mashhad. *Journal of Chemical Education*, 2(2), 5-20. [Link]
- Rahimi, M., Tizro Khosmakhi, S., Amani, V., & Oula, E. (2023). Identifying the parameters affecting students' poor performance in multiple-choice tests in chemistry and the degree of impact of each of them. *Research in Chemistry Education*, 4(2), 58-67. [Link]
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101860. [Link]
- Schunk, D. H., & Pajares, F. (2009). Self-efficacy theory. In *Handbook of motivation at school* (pp. 35-53). Routledge/Taylor & Francis Group. [Link]
- Scott, F. J. (2012). Is mathematics to blame? An investigation into high school students' difficulty in performing calculations in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 330-336. [Link]
- Steinmayr, R., Weidinger, A. F., & Wigfield, A. (2019). Does students' grit predict their school achievement above and beyond their personality, motivation, and engagement? *Contemporary Educational Psychology*, 58, 212-224. [Link]
- Taasoobshirazi, G., & Glynn, S. M. (2009). College students solving chemistry problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(10), 1070-1089. [Link]
- Treagust, D., Duit, R., & Nieswandt, M. (2018). Sources of students' difficulties in learning Chemistry. *Educación Química*, 11(2), 228-235. [Link]
- Vahedi, H., & Eghbali, A. (1403). The role of academic self-concept in predicting the math self-efficacy of secondary school students. *Research in Basic Science Education*, 10(36), 15-23. [Link]
- Vatanpour, H. R., & Zolfaghari, P. E. M. (2021). The Effect of Teaching Mathematical Advanced Organizers on the Academic Achievement of High School students in the Physics Course. *Research in Experimental Science Education*, 1(1), 63-72. [Link]
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press. [Link]
- Zahiri naw, B., & Rajabi, S. (2019). Investigating the relationship between a group of variables and the decrease in academic motivation of Persian language and literature students. *Daneshvar Raftar*, 7(1), 69-80. [Link]
- Zebua, D. R. Y., Pranata, O. D., & Saputri, U. A. T. (2025). Analysis of Students' Motivation in Learning Chemistry: Descriptive and Comparative Studies. *Journal Pendidikan Sains Universitas Muhammadiyah Semarang*, 13(1), 32-43. [Link]