New Educational Approaches

New Educational Approaches
E-ISSN: 2423-6780
Vol. 18, Issue 1, No.37, spring and summer 2023, P:153-176
Received: 16/03/2023 Accepted: 06/02/2024

Research Article

Exploring the Secondary High School Teachers Understanding of the Model and the use of Models in Science Teaching

Mojtaba Jahanifar ***:** Assistant professor, Department of education, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
m.jahanifar@scu.ac.ir
Fateme Dehghani: M. A in Educational Research, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
f-dehghani@stu.scu.ac.ir
Massome Hormozi Nejad : PhD student, Educational Administration, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran
masrama@yahoo.com

Abstract

Scientific models are an integral part of science education, and teachers have a prominent role in teaching modelling and its use in science learning. Modeling refers to the creation, evaluation, and revision of models that represent scientific phenomena. Meta-modeling refers to the reflection and reasoning about the nature, purpose, limitations, and implications of models and modeling. In the current study intended to investigate the level of secondary high school teachers' modelling knowledge and their views on using the model in science teaching. A sample of 295 science teachers (physics, chemistry, and biology) in the Iran secondary high school who were available to the researchers was asked questions about perception and the possibility of using models in teaching. The findings showed that teachers give more importance to content knowledge than the modelling process and meta-modelling knowledge. the student's participation in modelling activities was more to describe phenomena and not for predicting phenomena, solving problems, or scientific reasoning. Also, teachers rarely use the process of model designing, evaluating and revising based on students' inquiries, and so the modelling process plays a minor role in their teaching performance. Improving teachers modelling competence, supporting them in teaching based on modelling, and revising the science teacher training curriculum to pay attention to cognitive and metacognitive skills, including modelling and metamodeling knowledge, can help to improve the quality of teachers' performance and also scientific literacy in students.

Keywords: Science education, modeling, conceptual model, teacher education, meta-modeling knowledge, secondary school teachers

* Corresponding Author

2423-6780 © University of Isfahan

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses BY-NC-ND 4.0)

10.22108/NEA.2024.137143.1883

Introduction

One of the most important activities that increases the participation of students in science classes, and can be used to develop the science curriculum, and improve the quality of teaching by teachers, is the construction of conceptual (scientific) models by students. Teachers' understanding of scientific modeling, how to use models in teaching science, and teachers' views on the objectives and applications of models can make models more effective in learning science. Using models in the curriculum and transferring them to the classroom does not seem easy. There are always challenges such as teachers' tendency to learn model and meta-modeling knowledge, interpretation and absorption of new concepts by them, resistance to new educational approaches. Certainly, the implementation of new educational approaches such as scientific modeling requires having sufficient knowledge of the approaches, and having a positive attitude towards the objectives, benefits, and performance of them by teachers. This research tends to clarify the extent of understanding and use of modeling and meta-modeling knowledge by secondary school science teachers, and then to examine their views on the purpose and use of models in teaching science.

Method

In this quantitative research, which was conducted with a survey approach and was applied in terms of purpose, tried to describe the knowledge of modeling and its application in the class by science teachers. Data were collected during the academic year, from December 2021 to May 2022. A sample of 295 teachers of physics, chemistry, and biology courses of secondary schools in Ahvaz were selected. Data were collected using an electronic questionnaire based on model teaching, which was designed as a survey. This questionnaire was actually questions that were prepared for conducting structured interviews, but due to the prevalence of the Corona virus, the questions were sent to the people in the form of a questionnaire and electronically and the answers were received. After collecting the data using the questionnaire, the quantitative data were examined using non-parametric statistical analyses such as chi-square and Wilcoxon statistics. Part of the data included information that participants provided to the researcher in response to open-ended questions, this category of data was also analyzed using content analysis.

Result

Although the teachers participating in this study used all types of models, they rarely used some models. Interactive and moving models had the least share in the use of teachers during teaching and models including diagrams and symbols had the most use among teachers for teaching. Performing the Wilcoxon test showed that (1) the scores of model type A (model maps / diagrams) and model B (model symbols) received significantly higher scores compared to other types of models and teachers had the most tendency to use this type of models compared to other types of models, (2) the scores for interactive simulations (model C) and moving models (model D) were significantly lower than the scores for other types of models. Findings indicated that teachers use more types of models that traditionally play the role of visualization in teaching and usually have the most use in textbooks. Teachers showed that they are most indifferent to interactive models, these models can help improve problem-solving and reasoning skills in addition to the role of description for phenomena. Science teachers significantly preferred the use of models to explain scientific phenomena (G1) over the use of modeling as a scientific method (G2) and teaching modeling and meta-modeling knowledge (G3). Teachers prioritize the general goals of science education in their teaching as follows: first, teaching content knowledge (learning science), then doing scientific work or

the scientific method (doing science), and in the third degree, meta-knowledge or meta-modeling knowledge (learning about science).

Discussion and conclusion

This research provided the opportunity to identify some of the important features in the performance of science teachers, along with logical reasons for using or not using modeling competencies in teaching. According to the findings of this research, it can be concluded that a combination of weak curriculum, insufficient opportunities for sharing knowledge among teachers, inadequate support for teachers, mismatch between curriculum and teaching hours, and the form of exams and student evaluation, are the most cases that science teachers of the second period of secondary school have counted for the obstacles to the use of modeling in the class, and their perspective for teaching based on modeling competencies has been somewhat vague. Other studies on why and how science teachers of the second period of secondary school in Iran use models in teaching or what obstacles exist for them to not use models were not available to researchers. In this regard, it is worth mentioning that this research has not definitively determined whether teachers prefer to use paintings, diagrams, and symbols instead of interactive simulations and other types of models or that limited use of this type of models is due to lack of technical knowledge or deficiency in curriculum and educational facilities. Researchers find more qualitative or mixed research that can provide a deeper understanding of modeling competencies and how science teachers deal with the model valuable and recommend them to science education researchers.

Acknowledgments

The researchers of this article are grateful to all science teachers (physics, chemistry, and biology) who had enough time and patience to answer the questionnaires.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

رویکردهای نوین آموزشی
دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه اصفهان
سال هجدهم، شمارهٔ ۱، شمارهٔ پیاپی ۳۷، بهار و تابستان ۱۴۰۲، ص: ۱۷۶-۱۵۳
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷

مقاله پژوهشی

کاوش درک معلمان دوره دوم متوسطه از مدل و بکارگیری مدل‌ها در تدریس علوم

مجتبی جهانی فر * : استادیار گروه علوم تربیتی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
m.jahanifar@scu.ac.ir
فاطمه دهقانی: کارشناسی ارشد تحقیقات آموزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
f-dehghani@stu.scu.ac.ir
معصومه هرمزی نژاد: دانشجوی دکتری مدیریت آموزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
masrama@yahoo.com

چکیده

مدل‌سازی قسمت جدانشدنی آموزش علوم است و معلمان نقش برجسته‌ای در آموزش مدل‌سازی و استفاده از آن دارند. مدل‌سازی به ایجاد، ارزیابی و بازنگری مدل‌هایی اشاره دارد که پدیده‌های علمی را تبیین می‌کنند و فرامدل‌سازی به تأمل و استدلال دربارهٔ ماهیت، هدف، محدودیت‌ها و پیامدهای مدل‌ها و مدل‌سازی اشاره دارد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی میزان درک معلمان از مدل و همچنین، دیدگاه آنان دربارهٔ به‌کارگیری مدل در تدریس علوم بود. در این پژوهش کمّی که جامعهٔ آماری آن معلمان علوم (فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) دورهٔ دوم متوسطهٔ ایران بودند، نمونه‌ای ۲۹۵نفری که در دسترس پژوهشگران قرار داشتند، انتخاب و به‌کمک پرسشنامه، از آن‌ها پرسش‌هایی دربارهٔ شیوهٔ ادراک و همچنین، امکان استفاده از مدل‌ها در تدریس پرسیده شد. نتایج پژوهش نشان داد معلمان به دانش محتوایی و موضوعی بیشتر از فرایند مدل‌سازی و دانش فرامدل‌سازی اهمیت می‌دهند و مشارکت‌دادن دانش‌آموزان در فعالیت‌های مدل‌سازی بیشتر با هدف توصیف پدیده‌هاست و نه فرایندهای مهم‌تر شناختی مثل پیش‌بینی پدیده‌ها، حل مسئله و یا استدلال علمی. همچنین، معلمان از فرایند طراحی، ارزیابی و بازنگری مدل‌ها براساس پرسش‌های خود دانش‌آموزان، به‌ندرت استفاده می‌کنند و فرایند مدل‌سازی نقش جزئی در عملکرد آن‌ها هنگام تدریس دارد. ارتقای شایستگی معلمان در دانش مدل‌سازی، حمایت و تشویق آن‌ها برای تدریس مبتنی بر مدل‌سازی، بازنگری برنامهٔ درسی معلمان علوم درجهت توجه به مهارت‌های شناختی و فراشناختی ازجمله دانش مدل و فرامدل‌سازی می‌تواند هم به بهبود کیفیت تدریس معلمان کمک کند و هم موجب رشد سواد علمی در دانش‌آموزان شود.

واژگان کلیدی: آموزش علوم، مدل‌سازی، مدل مفهومی، آموزش معلمان، دانش فرامدل‌سازی، معلمان دورهٔ دوم متوسطه

* نویسندهٔ مسئول

2423-6780 © University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses BY-NC-ND 4.0)

10.22108/NEA.2024.137143.1883

مقدمه

امروزه تلاش‌ها به‌سمت مشارکت‌دادن هرچه بیشتر دانش‌آموزان در فعالیت‌های آموزشی پیش می‌رود و همواره سعی می‌شود آن‌ها را از توجه فزاینده به دانش محتوایی، به‌سمت رویکردهای شایستگی‌محور سوق دهند؛ به‌گونه‌ای که دانش‌آموزان بر استفاده و کاربرد دانش بیشتر تمرکز کنند (Berland et al., 2016; OECD, 2019). از مهم‌ترین فعالیت‌هایی که موجب مشارکت بیشتر شاگردان در کلاس درس علوم می‌شود و از آن می‌توان به‌منظور توسعهٔ برنامهٔ درسی علوم و کیفیت‌بخشیدن به تدریس معلمان بهره برد، ساخت مدل‌های مفهومی (علمی) توسط دانش‌آموزان است (Campbell et al., 2015; Krell & Krüger, 2016) برخی پژوهشگران مانند (Lehrer & Schauble, 2015) بر این باور هستند که مدل‌سازی می‌تواند هستهٔ اصلی علم باشد و در آموزش علوم نقش محوری داشته باشد و برخی دیگر پا را فراتر هم گذاشته‌اند و مانند (Gilbert et al., 2016) مدل‌سازی را همچون قلب طراحی برنامهٔ درسی علوم در نظر می‌گیرند و آن را علت اصلی توسعهٔ چشمگیر سواد علمی دانش‌آموزان می‌دانند. باوجود اینکه پژوهش‌های بسیاری نقش مدل‌سازی در تسهیل یادگیری علوم و بهبود مهارت‌های استدلال علمی را تأیید می‌کنند (Campbell et al., 2015; Nicolaou & Constantinou, 2014)، نباید فراموش کرد که درک معلمان از مدل‌سازی علمی، نحوهٔ استفاده از مدل‌ها در تدریس علوم و دیدگاه معلمان دربارهٔ اهداف و کاربرد مدل‌ها می‌تواند موجب اثربخشی بیشتر مدل‌ها در یادگیری علوم شود(Miller & Kastens, 2018; Nielsen & Nielsen, 2021)

مدل‌های ذهنی[1] برداشت خصوصی افراد از جهان واقعی و طبیعت هستند (Wade-Jaimes et al., 2018). مدل‌های مفهومی[2] برای بازنمایی مدل‌های ذهنی و جهان واقعی طراحی می‌شوند. جهان واقعی و طبیعی می‌تواند یک شیء، یک پدیده، یک فرایند، یک رویداد، یا یک ایده باشد (Gilbert et al., 2016). مدل مفهومی ممکن است به‌صورت بازنمایی در اشکال مختلفی مانند نمادها، مدل‌های فیزیکی به‌صورت سه‌بعدی، معادله‌های ریاضی، انیمیشن‌ها، ماکت‌ها، شبیه‌سازی‌های تعاملی، نقشه‌ها و نمودارها ظاهر شود. به‌زبان ساده‌تر، مدل‌های مفهومی (مدل علمی) نمایش بیرونی مدل‌های ذهنی هستند. مدل‌ها ابزار یادگیری، توصیف، استدلال و پیش‌بینی رویدادها توسط دانشمندان هستند. البته واضح است که دانش‌آموزان، مانند دانشمندان حرفه‌ای نیستند و برای درک چگونگی ساخت و استفاده از مدلْ به آموزش، حمایت و البته شناخت کافی از مدل نیاز دارند. به‌همین‌دلیل، نه‌تنها توجه به برنامهٔ درسی مبتنی بر مدل‌سازی مهم است، بلکه مشارکت‌دادن دانش‌آموزان در فرایند مدل‌سازی، از اهمیت بیشتری برخوردار است که در این میان، نقش معلمان را در مدل‌سازی پررنگ‌تر خواهد کرد. (Krell et al., 2015) هم بر آموزش مؤثر دانش و موضوعات علمی تأکید داشته‌اند و هم بر آموزش صحیح و کیفیت فعالیت‌های کلاسی اصرار دارند. آن‌ها آموزش روش علمی و آموزش چگونگی یادگیری علوم را ضروری می‌دانند. یکی از جنبه‌های چگونگی یادگیری علوم می‌تواند همان دانستن دربارهٔ مدل‌ها و مدل‌سازی باشد. دانستن دربارهٔ مدل‌سازی همان دانش مدل‌سازی و فرامدل‌سازی[3] است که به آن شایستگی‌های مدل‌سازی[4] نیز گفته می‌شود.

1 Mental models
2 Conceptual models
3 Modelling and Meta-modelling knowledge
4 Modelling competency

شایستگی مدل‌سازی همان توانایی «درک مدل‌ها و مدل‌سازی در علم» است و شایستگی‌داشتن در مدل‌سازی یعنی اینکه یادگیرنده از مدل‌ها، چرایی استفاده از آن‌ها و نقاط قوت و محدودیت‌های آن‌ها به‌خوبی آگاه هستند (Schwarz et al., 2009). فرایند مدل‌سازی این امکان را فراهم می‌کند که یادگیرنده همانند دانشمندان به پرسش‌های خود پاسخ دهند (Krell & Krüger, 2015). آموزش شایستگی مدل‌سازی باید شامل مهارت‌هایی مانند ارزیابی، ارزش‌گذاری و بازبینی مدل‌ها نیز باشد (Schwarz et al., 2009). مهارت‌های فرامدل‌سازی درواقع همان مهارت‌های شناختی و فراشناختی هستند که یادگیری آن‌ها هم به فعالیت یادگیرنده و هم به حمایت معلمان از آن‌ها برای استفاده و اجرای آن‌ها در کلاس درس وابسته است. مدل‌سازی و فرامدل‌سازی هر دو جنبهٔ مهم آموزش علوم هستند که شامل استفاده از مدل‌ها و فرایندهای مدل‌سازی برای درک پدیده‌های علمی می‌شوند؛ بااین‌حال، تفاوت‌هایی بین آن‌ها وجود دارد. مدل‌سازی به ایجاد، ارزیابی و بازنگری مدل‌هایی اشاره دارد که نشان‌دهندهٔ پدیده‌های علمی است و فرامدل‌سازی به تأمل و استدلال دربارهٔ ماهیت، هدف، محدودیت‌ها و پیامدهای مدل‌ها و مدل‌سازی اشاره دارد (Chiu & Lin, 2019). شایستگی مدل‌سازی توانایی مشارکت در شیوه‌های مدل‌سازی و استفادهٔ مؤثر از مدل‌ها برای رخدادهای علمی است. شایستگی فرامدل‌سازی توانایی تفکر انتقادی و فراشناختی دربارهٔ مدل‌ها و مدل‌سازی و همچنین، نقش آن‌ها در علم است. هر دو شایستگی برای توسعهٔ سواد علمی و درک ماهیت علم ضروری هستند. بااین‌حال، آن‌ها به انواع مختلفی از دانش، مهارت و نگرش نیاز دارند که باید در آموزش علوم تقویت و ارزیابی شوند (Mierdel & Bogner, 2019).

شکل ۱: مؤلفه‌های شایستگی مدل‌سازی برگرفته از (نیلسن و نیلسن، ۲۰۲۱)

figure 1. Modeling competency components (Nielsen and Nielsen, 2021)

برخی از جنبه‌های مدل‌سازی را به نقش‌های عملکردی مدل‌ها مانند توصیف، ارتباط، توضیح و پیش‌بینی مربوط می‌دانند و برخی جنبه‌های دیگر مانند طراحی، ارزیابی و بازنگری به فرایند مدل‌سازی مربوط است (Chiu & Lin, 2019). در هرکدام از جنبه‌های فرایند مدل‌سازی نقش معلم به‌عنوان هدایت‌کننده می‌تواند اثربخش باشد. شکل ۱ چهارچوب نظری شایستگی مدل‌سازی (Nielsen & Nielsen, 2021) را در سه مؤلفه به نمایش گذاشته است.

چهارچوب شایستگی مدل‌سازی از سه عنصر اصلی تشکیل شده است: دانش موضوعی خاص[1] در مدل‌ها، دانش فرامدل‌سازی (فرادانش[2] دربارهٔ مدل‌ها و مدل‌سازی) و فعالیت‌های مدل‌سازی[3].

درصورتی‌که «مدل‌سازی» به‌عنوان فرایندی علمی پذیرفته شود، «مدل» فرآوردهٔ آن خواهد بود و فرایند مدل‌سازی می‌تواند شامل مراحل الف) ایجاد مدل‌ها با تجسم جنبه‌های کلیدی نظریه و داده‌ها در یک فرایند علمی، ب) ارزیابی مدل‌ها، ج) بازنگری در مدل‌ها برای انطباق ایده‌های نظری یا یافته‌های تجربی جدید و د) استفاده از مدل‌ها برای پیش‌بینی و توضیح جهان باشد(Nielsen & Nielsen, 2021). فرایند مدل‌سازی می‌تواند چرخه‌ای تکراری از ایجاد، بازنمایی و آزمایش باشد و البته می‌تواند نقش اصلی را در آموزش و یادگیری علوم بازی کند. چرخه‌های تکراری فرایند مدل‌سازی مانند طراحی، ارزیابی و بازنگری بخش مهمی از تقویت شایستگی مدل‌سازی را تشکیل می‌دهند (Chiu & Lin, 2019; Miller & Kastens, 2018). بسیاری از پژوهشگران چنین استدلال می‌کنند که علم به‌عنوان تلاش پژوهشی، پیش از هرچیز، «فرایند مدل‌سازی» است و بنابراین، مدل‌سازی باید اصلی‌ترین فعالیت علمی در مدرسه و توسط معلم باشد (Lehrer & Schauble, 2015). پژوهش جهانی‌فر و دهقانی (۱۴۰۱) به واکاوی شایستگی مدل‌سازی در دانش‌آموزان پرداخته است که در آن نشان داده شد دانشِ فرامدل‌سازی دانش‌آموزان از دانش محتوایی مستقل است و دانش‌آموزان می‌توانند بدون توجه به محتوای علمی یک موضوع، دانش و مهارت خود را در مدل‌سازی به موقعیت‌های تازهٔ علمی و دروس دیگر به‌خوبی انتقال دهند. همچنین، دانش‌آموزان ظاهراً بدون دریافت آموزش صریح و رسمی دربارهٔ مدل‌سازی، به سطوح اول، دوم و به‌ندرت سوم از دانشِ فرامدل‌سازی دست پیدا کرده‌اند. (Nielsen & Nielsen, 2021) همین موضوع را برای معلمان بررسی کرد و نشان داد معلمان نیز در فهم هدف و ماهیت مدل‌ها و البته کاربرد آن‌ها در فرایند تدریس عملکرد مطلوبی ندارند و درک آن‌ها از مدل به‌صورت کپی از واقعیت است و از آن فقط برای توصیف پدیده استفاده می‌کنند. این گفته ازطرف معلمان که «مدل‌ها به‌عنوان نسخه‌های دقیق (کپی) از واقعیت هستند» که البته برداشت سطحی و نشان‌دهندهٔ خطای شناختی معلمان دربارهٔ مدل‌هاست، در دانش‌آموزان نیز دیده شده است (Danusso et al., 2010; Krell & Krüger, 2016).

بررسی پژوهش‌های پیشین نشان داد نقشی که مدل‌ها در علم و آموزش علوم ایفا می‌کنند، بسیار فراتر از استفادهٔ معمولی از مدل‌ها برای توصیف و توضیح پدیده‌هاست و مطابق با مراحلی که در بالا برای مدل‌سازی بیان شد، مدل‌سازی خود می‌تواند رویکردی تازه برای روش‌های تدریس مبتنی بر کاوشگری[4] باشد و این موضوع موجب علاقهٔ روزافزون به مدل‌ها و مدل‌سازی در آموزش علوم طی چند سال گذشته شده است (NGSS, 2013). باوجوداین، استفاده از مدل‌ها در برنامهٔ درسی و انتقال آن‌ها به کلاس درس کار آسانی به نظر نمی‌رسد. چالش‌هایی مانند تمایل معلمان به یادگیری دانش مدل و فرامدل‌سازی، تفسیر و جذب مفاهیم تازه توسط آنان، مقاومت دربرابر رویکردهای آموزشی جدید همواره وجود دارد. به‌یقین، اجرای رویکردهای جدید آموزشی مانند مدل‌سازی علمی، نیاز به داشتن آگاهی کافی از رویکردها و داشتن دیدگاه مثبت دربارهٔ اهداف، مزایا و عملکرد آن‌ها توسط معلمان دارد. این پژوهش در ابتدا به‌دنبال روشن‌کردن میزان درک و استفادهٔ معلمان علوم دورهٔ دوم متوسطه از مدل‌سازی و دانش فرامدل‌سازی است و در ادامه در پیِ بررسی

1 Subject-specific knowledge
2 Meta-Knowledge
3 Modelling practices
4 Inquiry-based

دیدگاه آنان دربارهٔ هدف و چگونگی استفاده از مدل‌ها در تدریس علوم است. در سرتاسر این نوشته منظور پژوهشگران از علوم همان دروس فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی در دورهٔ دوم متوسطه است و به سؤال‌های زیر پاسخ داده است:

۱- معلمان علوم دورهٔ دوم متوسطه تا چه میزان از انواع مدل‌ها هنگام تدریس استفاده می‌کنند؟

۲- آیا مدلی وجود دارد که بیش از سایر مدل‌ها نظر معلمان علوم دورهٔ دوم متوسطه را به خود جلب کرده باشد؟

۳- معلمان علوم دورهٔ دوم متوسطه به چه میزان هنگام تدریس، دانش‌آموزان را در جنبه‌های مختلف شایستگی مدل‌سازی مشارکت می‌دهند؟

۴-کدام جنبه از مدل‌سازی بیشترین کاربرد را در تدریس آن‌ها دارد؟

۵- معلمان علوم دورهٔ دوم متوسطه بیشتر با چه هدفی از مدل‌ها برای تدریس خود استفاده می‌کنند؟

۶- آیا معلمان علوم دورهٔ دوم متوسطه استفاده از مدل‌ها را برای تدریس و یادگیری علوم مؤثر می‌دانند؟

۷- آشنایی معلمان علوم دورهٔ دوم متوسطه از دانش مدل‌سازی به چه میزان است؟

روش پژوهش

در این پژوهش کمّی که با رویکرد پیمایشی صورت گرفته و به‌لحاظ هدفْ کاربردی است، سعی شده است به توصیف دانش مدل‌سازی و کاربرد آن در کلاس توسط معلمان علوم پرداخته شود. در ادامه ضمن اشاره به شرکت‌کنندگان در پژوهش و نحوهٔ جمع‌آوری داده‌ها، روش‌ها و تحلیل‌های استفاده‌شده در پژوهش تشریح شده است.

نمونهٔ انتخابی و ویژگی‌های آن: داده‌ها در طول سال تحصیلی، بین آذر ۱۴۰۰ تا اردیبهشت ۱۴۰۱ گردآوری شده است. جامعهٔ مدنظر مطالعه، معلمان درس‌های فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی دبیرستان‌های دورهٔ دوم متوسطه بودند. نمونه‌ای ۲۹۵نفری از معلمان فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی که در گروه‌های مشترک شبکه‌های اجتماعی کشوری و استانی عضویت داشتند و در دسترس پژوهشگران بودند، انتخاب و با ارسال پرسشنامهٔ الکترونیک درونِ گروه‌ها یا به‌صورت شخصی پرسشنامه‌ها تکمیل و بازپس فرستاده شد. در قسمت یافته‌ها مشخصات کامل جمعیت‌شناختی نمونه گزارش شده است.

ابزار و روش گردآوری داده‌ها: داده‌ها به‌کمک پرسشنامهٔ الکترونیکی ***تدریس مبتنی بر مدل*** که به‌صورت نظرسنجی طراحی شده بود، گردآوری شد. پرسش‌های این پرسشنامه که از پرسشنامهٔ پژوهش (Nielsen & Nielsen, 2021) برای طراحی آن کمک گرفته شده است، درواقع پرسش‌هایی بود که برای انجام مصاحبهٔ ساختاریافته آماده شد؛ اما به‌دلیل همه‌گیری ویروس کرونا، درقالب پرسشنامه و به‌صورت الکترونیکی برای افراد ارسال و پاسخ‌ها دریافت شد. برای طراحی پرسش‌ها نسخهٔ اولیه در اختیار الف) ۱۱ معلم فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی، ب) ۲ استاد دانشگاه در رشتهٔ برنامه‌ریزی درسی، ج) ۳ مربی که در حال تدریس روش تدریس علوم در دانشگاه فرهنگیان بودند و د) ۲ پژوهشگر در حوزهٔ آموزش علوم قرار گرفت. بازخوردهایی که ازطرف صاحب‌نظران دریافت شد، به تغییراتی در محتوا و شکل پرسشنامه منجر شد. بیشترین تغییرات مربوط به ترتیب پرسش‌ها، تعداد آن‌ها، عبارت‌های استفاده‌شده و جمله‌بندی آن‌ها بود و بدین‌ترتیب روایی ظاهری و محتوایی پرسشنامه تأیید شد. به‌منظور بررسی پایایی پرسشنامه از آلفای کرونباخ استفاده شد و مقدار ۰/۸۶ به دست آمد که ازنظر (Cortina, 1993) مطلوب به نظر می‌رسد. این اقدامات به توسعهٔ پرسشنامهٔ ۱۲پرسشی منجر شد که در آن ضمن استفاده از مقیاس لیکرت برای گردآوری پاسخ‌های عینی، برخی

پرسش‌ها به‌صورت انتخابی، چهارگزینه‌ای و انتهاباز[1] طراحی شد تا بتوان نظرات بیشتری را از معلمان گردآوری کرد. پرسش‌های انتهاباز به‌صورت نظرخواهی طراحی شده بود و از معلمان خواسته شده بود تا پس از پاسخ‌دادن به پرسش‌های انتخابی و یا گزینه‌ای به اظهارنظر تشریحی دربارهٔ همان موضوع بپردازند و نظر خود را به‌صورت تشریحی بنویسند. پرسش‌های انتهاباز بیشتر این‌گونه مطرح شد که «شما از چه مدل‌هایی برای تدریس استفاده می‌کنید؟» یا اینکه «شما هنگام تدریس چگونه از مدل‌ها استفاده می‌کنید؟» و یا «چه موانعی برای استفاده از این مدل‌ها در تدریس شما وجود دارد؟».

روش تحلیل داده‌ها: پس از گردآوری داده‌ها به‌کمک پرسشنامه، داده‌های کمّی شامل اطلاعاتی بود که ۲۹۵ معلم شرکت‌کننده در پژوهش با پاسخ به پرسش‌های چندگزینه‌ای و انتخابی به پژوهشگر می‌دادند و به‌کمک تحلیل‌های آماری ناپارامتریک همانند خی‌دو و آمارهٔ ویلکاکسون که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد، بررسی شدند. قسمتی از داده‌ها شامل اطلاعاتی بود که شرکت‌کنندگان در پاسخ به پرسش‌های انتهاباز در اختیار پژوهشگر قرار می‌دادند. این دسته از داده‌ها نیز به‌کمک تحلیل مضمون واکاوی شد.

تحلیل داده‌های کمّی: باتوجه‌به ماهیت پرسش‌ها در ابزار پژوهش برای پرسش‌های انتخابی، از درصد فراوانی برای توصیف پاسخ‌ها استفاده شد. برای مثال، در ابتدا تعداد پاسخ‌های مشارکت‌کنندگان به گزینهٔ «به‌ندرت از مدل‌ها برای تدریس استفاده می‌کنم» شمارش و سپس درصد فراوانی آن محاسبه شد. از آزمون‌های ناپارامتریک نیز به‌منظور مقایسهٔ انواع استفاده از مدل‌ها، انواع جنبه‌های مدل‌سازی و اهداف متفاوت مدل‌سازی استفاده شد. در این پژوهش شش جنبه از دانش مدل و فرامدل‌سازی (شایستگی‌های مدل‌سازی) تحلیل شده است و بین جنبه‌ها براساس نمره‌ای که شرکت‌کنندگان به پرسش‌ها داده‌اند، مقایسه صورت گرفت. برای مثال، از هر *شرکت‌کننده* دو پرسش دربارهٔ شایستگی‌های مدل‌سازی پرسیده می‌شد. پرسش نخست دربارهٔ مؤلفهٔ نخست دانش فرامدل‌سازی (برای مثال: دانش‌آموز بیشتر خود را درگیر *طراحی مدل* می‌کند؟) و پرسش دوم دربارهٔ مؤلفهٔ دوم دانش فرامدل‌سازی (برای مثال: دانش‌آموز خود را بیشتر در *بازنگری مدل‌ها* درگیر می‌کند؟). پاسخ‌ها به‌صورت نمره‌های لیکرت جمع‌آوری شده و بنابراین، فرضیهٔ صفر برای این موارد به‌این‌شکل تدوین شد که «*برای هر جفت* از مؤلفه‌های دانش مدل‌سازی، هیچ تفاوتی بین نمره‌های گزارش‌شدهٔ معلمان *وجود ندارد*». براساس آزمون شاپیرو-ویلک[2] (González-Estrada et al., 2022) نمره‌های همهٔ پرسش‌های پرسشنامه که برای تفاوت معنی‌دار مقایسه شدند، از توزیع طبیعی پیروی نمی‌کردند؛ بنابراین، مقایسه‌های زوجی بین نمرات دو پرسش به‌کمک آزمون رتبهٔ علامت‌دار ویلکاکسون[3] (Kolassa, 2020) انجام شد. این آزمون جایگزین آزمون پارامتریک تی وابسته[4] برای توزیع‌های طبیعی است.

تحلیل پرسش‌های انتهاباز: آن‌گونه که گفته شد، در کنار برخی پرسش‌های پرسشنامه، این امکان وجود داشت که معلمان شرکت‌کننده در پژوهش، به‌صورت آزاد دربارهٔ پرسش اظهارنظر کنند. البته باید اشاره کرد که فقط ۲۶۱ نفر از ۲۹۵ معلم شرکت‌کننده در پژوهش مایل بودند که به‌صورت تشریحی به پرسش‌ها پاسخ دهند. روش تحلیل مضمون[5] شش‌مرحله‌ای که (Braun & Clarke, 2006) پیشنهاد کرده است، برای تحلیل پاسخ‌های تشریحی معلمان استفاده شد.

1 Open-end
2 Shapiro-wilk
3 Wilcoxon's matched-pairs signed-ranks
4 Dependent- t
5 Thematic analysis

تحلیل مضمون روشی برای شناسایی، تحلیل و گزارش الگوهای (موضوعات) موجود در داده‌هاست. شکل ۲ مراحل شش‌گانهٔ تحلیل مضمون را نمایش می‌دهد.

شکل۲: مراحل شش‌گانهٔ انجام تحلیل مضمون برگرفته از براون و کلارک (۲۰۰۶)

Figure 2. The six steps of thematic analysis Braunn and Clark (2006)

این رویکرد باز و مبتنی بر داده برای بررسی اظهارات معلمان مناسب به نظر می‌رسید؛ زیرا هدف از گنجاندن پرسش‌های باز در پرسشنامه این بود که به معلمان علوم این فرصت داده شود تا به اظهارنظر دربارهٔ پاسخِ پرسش بپردازند. این‌گونه آن‌ها می‌توانند تجربیات خود را به اشتراک بگذارند. در اینجا برای تحلیل بهتر اظهارات معلمان، به هر اظهارنظر کد دوقسمتی اختصاص داده شده است. قسمت اول کد، شمارهٔ پرسش در پرسشنامه را نمایش می‌دهد و قسمت دوم شمارهٔ شخص موردنظر را نشان می‌دهد. برای مثال، کد ۹-۱۳۱ مربوط به اظهارنظر شخص شمارهٔ ۱۳۱ دربارهٔ پرسش شمارهٔ ۹ است.

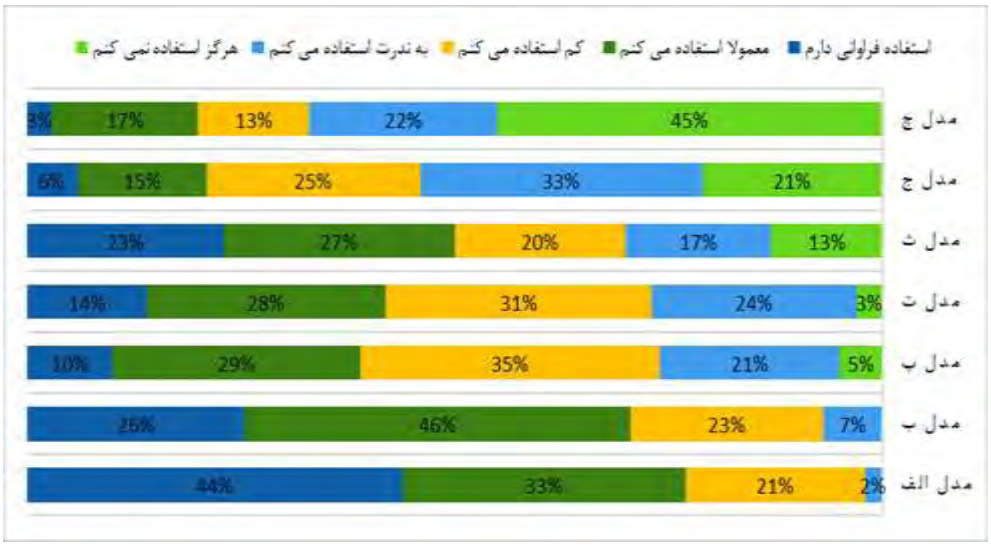
یافته‌ها

در بخش یافته‌های پژوهش سعی بر آن است که میزان استفادهٔ معلمان علوم از مدل‌های مختلف، میزان مشارکت‌دادن دانش‌آموزان در فعالیت‌های مرتبط با مدل‌سازی، و شایستگی مدل‌سازی در معلمان تحلیل و به نمایش گذاشته شود. در جدول ۱ مشخصات جمعیت‌شناختی ۲۹۵ معلم شرکت‌کننده در پژوهش ملاحظه می‌شود.

جدول۱: مشخصات جمعیت‌شناختی ۲۹۵ معلم مشارکت‌کننده در پژوهش

	جنسیت		موضوع تدریس			مدرک تحصیلی		سابقهٔ کار در آموزش‌وپرورش (سال)			
	زن	مرد	فیزیک	شیمی	زیست	کارشناسی	ارشد و بالاتر	کمتر ۵	۵ تا ۱۰	۱۰ تا ۲۰	بیش از ۲۰
تعداد	۱۴۵	۱۵۰	۹۷	۱۰۵	۹۳	۱۷۰	۱۲۵	۳۵	۱۰۶	۹۱	۶۳
درصد	٪۴۹	٪۵۱	٪۳۳	٪۳۶	٪۳۱	٪۵۸	٪۴۲	٪۱۲	٪۳۶	٪۳۱	٪۲۱

پرسش شمارهٔ ۱ پژوهش این بود که **معلمان علوم تا چه میزان از انواع مدل‌ها هنگام تدریس استفاده می‌کنند؟**. به‌منظور ارائهٔ بهتر پاسخ، مدل‌ها براساس دسته‌بندی (Harrison & Treagust, 2000) طبقه‌بندی شد. براین‌اساس، مدل‌ها به هفت دستهٔ **الف)** مدل به‌صورت نقشه‌ها و نمودارها، **ب)** مدل شامل نمادها، **پ)** مدل‌های سه‌بعدی فیزیکی، **ت)** مدل‌های پویانمایی، **ث)** مدل‌های قیاسی (مشابهت‌سازی)، **ج)** مدل‌های شبیه‌سازی تعاملی، و **چ)** مدل‌های متحرک تقسیم شده‌اند. نمودار ۳ فراوانی معلمان را نشان می‌دهد که چگونه از انواع مدل‌ها در تدریس استفاده می‌کنند.



نمودار ۳: فراوانی استفادهٔ معلمان علوم از انواع مدل‌ها برای تدریس

Figure 3. The frequency of science teachers' use of various models for teaching

پاسخ‌های نمودار ۳ نشان می‌دهند که معلمان شرکت‌کننده در این پژوهش از تمام انواع مدل‌ها استفاده کردند؛ اما از برخی مدل‌ها به‌ندرت استفاده کرده‌اند. مدل‌های تعاملی و متحرک کمترین سهم را در استفادهٔ معلمان حین تدریس داشته‌اند و مدل‌های شامل نمودار و نمادها بیشترین استفاده را نزد معلمان برای تدریس داشته‌اند.

در پاسخ به پرسش دوم که «**آیا مدلی وجود دارد که بیش از سایر مدل‌ها نظر معلمان را به خود جلب کرده باشد؟**» این فرضیه مطرح می‌شود که تفاوت معناداری بین استفادهٔ معلمان از مدل‌های مختلف وجود دارد. جدول ۲ نشان می‌دهد که معلمان دربارهٔ نوع مدل‌هایی که اغلب استفاده می‌کنند، هم‌نظر نبودند و معلمان شرکت‌کننده از انواع مدل‌های مختلف با فراوانی‌های متفاوت استفاده کرده‌اند. جدول ۲ میانگین نظر معلمان برای استفاده از انواع مدل‌ها، مقادیر z برای آمارهٔ ویلکاکسون را نمایش می‌دهد. آمارهٔ ویلکاکسون به‌منظور مقایسهٔ نظر معلمان دربارهٔ استفاده از انواع مدل‌ها استفاده شده است. در جدول ۲ مواردی که تفاوت بین مدل‌ها معنادار است ($p<۰/۰۰۱$) با علامت * مشخص شده‌اند.

جدول۲: مقایسهٔ میانگین نظر معلمان برای استفاده از انواع مدل‌ها هنگام تدریس علوم (آزمون ویلکاکسون)

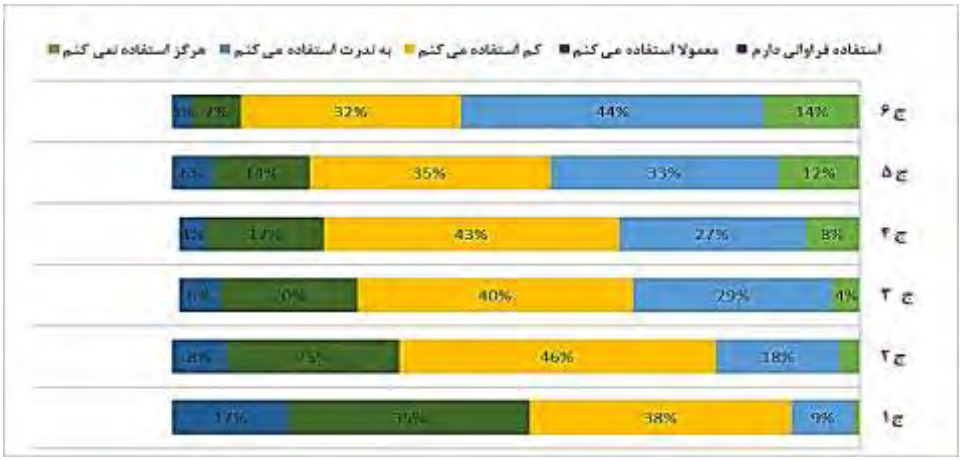
Table 2. Comparison of teachers' mean opinion for using various models when teaching science (Wilcoxon test)

نوع مدل	میانگین	انحراف استاندارد	در مقایسه با مدل ...					
			ب	پ	ت	ث	ج	چ
الف	۴/۱۳	۰/۷۲	*-۳/۱۱	*-۷/۱۲	*-۸/۲۵	*-۱۱/۴۵	*-۱۲/۹۶	*-۱۱/۳۲
ب	۴/۵۶	۰/۶۱		*-۵/۳۵	*-۸/۷۲	*-۶/۵۵	*-۹/۶۴	*-۱۳/۰۲
پ	۳/۴۲	۰/۸۱			-۰/۴۳	-۰/۷۵	*-۶/۸۸	*-۱۱/۴۵
ت	۳/۱۱	۰/۷۵				-۰/۶۶	*-۸/۵۱	*-۱۲/۶۵
ث	۳/۰۷	۰/۷۱					*-۷/۱۱	*-۱۰/۲۸
ج	۲/۹	۰/۹۸						*-۴/۳۲
چ	۲/۶۵	۰/۹۱						

انجام آزمون ویلکاکسون در جدول ۲ نشان داد که ۱) نمرات مدل نوع الف (مدل نقشه‌ها/نمودارها) و مدل ب (مدل نمادها) به‌طور چشمگیری در مقایسه با سایر انواع مدل نمرات بیشتری دریافت کرده‌اند و معلمان بیشترین تمایل را برای استفاده از این نوع مدل‌ها در مقایسه با سایر انواع مدل‌ها داشته‌اند، ۲) نمرات برای شبیه‌سازی‌های تعاملی (مدل چ) و مدل‌های متحرک (مدل ج) به‌طور چشمگیری کمتر از نمره برای انواع مدل‌های دیگر بود. یافته‌ها مشخص کرده که معلمان بیشتر از انواع مدل‌هایی استفاده می‌کنند که به‌طور سنتی نقش مصورسازی را در تدریس بازی می‌کنند و یا معمولاً در کتاب‌های درسی بیشترین استفاده را دارند. معلمان نشان دادند که بیشترین بی‌توجهی را به مدل‌های تعاملی دارند. این دسته از مدل‌ها علاوه بر نقش توصیف برای پدیده‌ها می‌توانند به بهبود مهارت‌های حل مسئله و استدلال کمک بیشتری کنند.

تحلیل اظهارنظر معلمان علوم شرکت‌کننده در پژوهش (پرسش‌های انتهاباز) نشان داد که ۵۶ نفر از معلمان شرکت‌کننده در پژوهش سعی کرده‌اند با مثال‌های ملموس و ساده انواع مدل‌ها را معرفی کنند. این مدل‌ها بیشترین استفاده را در تدریس آن‌ها داشته است. نکتهٔ جالب اینجاست که این مدل‌ها مربوط به محتوای خاصی از کتاب‌های درسی دورهٔ دوم متوسطه هستند و پرتکرارترین پرسش‌های امتحانی از آن مدل‌ها و دانش محتوایی مربوط به آن‌ها تهیه می‌شود. برای مدل نقشه‌ها و نمودارها **(مدل الف)** مثال‌هایی مانند چرخهٔ آب در طبیعت، چرخهٔ کربن در طبیعت، نقشهٔ مسیر مدرسه تا خانه، زنجیرهٔ غذایی، نمودار واکنش‌های شیمیایی و نمودارهای نیرو و انرژی را می‌توان نام برد. برای مدل نمادین **(مدل ب)** نیز معلمان علوم به مثال‌هایی چون فتوسنتز، فرمول شیمیایی ترکیب‌ها، نمادهای سرعت و شتاب اجسام اشاره کرده‌اند. معلمان علوم مثال‌های مدل‌های مولکولی (میله و توپ)، نخ‌ها و قرقره، ماکت اندام‌های انسان و موتورهای الکتریکی را به‌عنوان مدل‌های سه‌بعدی **(مدل پ)** نام برده‌اند. پویانمایی‌هایی مثل صفحات پوستهٔ زمین، لایهٔ اوزون و جلوگیری از اشعهٔ ماوراء بنفش، تداخل موج‌ها و نوسان‌ها مهم‌ترین اشارهٔ معلمان به **مدل ت** یا همان مدل‌های پویانمایی بوده است. مدل‌های اتمی، جریان‌های الکتریکی، انجام واکنش‌های شیمیایی و کارکرد اندام‌های مختلف بدن مثل عملکرد قلب و ریه، حالت‌های مختلف مواد و انواع تغییر حالت آن‌ها، انتخاب طبیعی، سایر مثال‌هایی بود که برای مدل‌های نوع **ث، ج، و چ** آورده شده است.

در پاسخ به پرسش سوم پژوهش و اینکه **معلمان به چه میزان هنگام تدریس دانش‌آموزان را در جنبه‌های مختلف شایستگی مدل‌سازی مشارکت می‌دهند؟**، یافته‌های نمودار ۴ نشان داد که معلمان علوم شرکت‌کننده در این پژوهش، دانش‌آموزان خود را در جنبه‌های مختلف مدل‌سازی به‌شکل‌های گوناگونی درگیر می‌کردند؛ به‌گونه‌ای که فراوانی مشارکت‌دادن دانش‌آموزان در هرکدام از جنبه‌های دانش مدل‌سازی متفاوت است. نمودار ۴ میزان این مشارکت را در جنبه‌های مختلف نمایش می‌دهد. این جنبه‌ها عبارت بودند از: **ج۱)** توصیف پدیده‌ها به‌کمک مدل‌ها؛ **ج۲)** مشخص‌کردن تفاوت‌ها و شباهت‌ها بین پدیده‌ها و مدل‌ها؛ **ج۳)** ارائهٔ مدل خود دانش‌آموز از پدیده؛ **ج٤)** ارائه و یا استفاده از مدل برای پیش‌بین؛ **ج٥)** طراحی مدل‌ها؛ و **ج٦)** بازنگری مدل‌ها.



نمودار۴: فراوانی میزان مشارکت‌دادن شاگردان توسط معلمان در جنبه‌های مختلف دانش مدل و فرامدل‌سازی

Figure 4. The students' participation frequency by teachers in different aspects of model knowledge and meta-modeling

برای پاسخ به پرسش چهارم که «**کدام جنبه از مدل‌سازی بیشترین کاربرد در تدریس معلمان دارد؟**»، این فرضیه مطرح شده است که در مشارکت‌دادن شاگردان در جنبه‌های مختلف مدل‌سازی تفاوت معناداری وجود دارد. یافته‌های جدول ۳ نشان‌دهندهٔ تفاوت‌های معنی‌داری بین نظرات معلمان در مشارکت‌دادن شاگردانشان در جنبه‌های مختلف مدل‌سازی است. در جدول ۳ تفاوت بین مدل‌ها معنادار است ($p<۰/۰۰۱$) با علامت * مشخص شده‌اند.

جدول۳: مقایسهٔ میانگین نظر معلمان برای مشارکت‌دادن دانش‌آموزان در جنبه‌های مختلف دانش مدل و فرامدل‌سازی (آزمون ویلکاکسون)

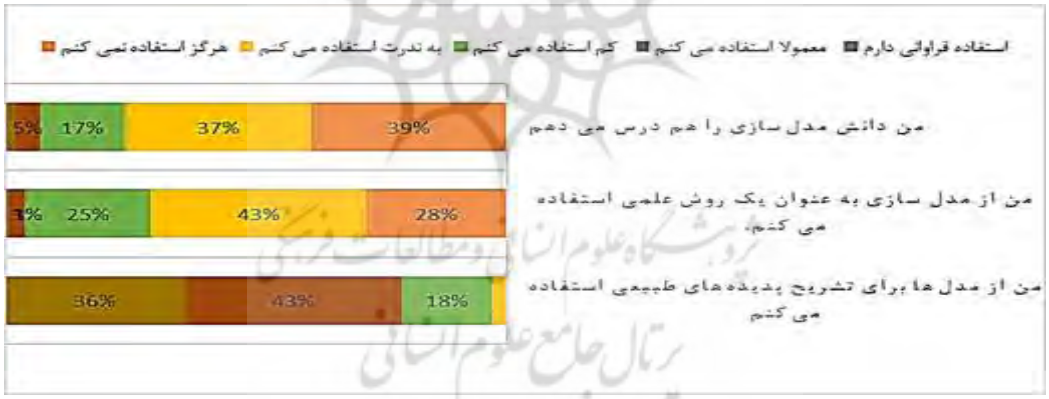
Table 3. Comparing the mean opinion of teachers to involve students in different aspects of model knowledge and meta-modeling (Wilcoxon test)

			در مقایسه با جنبهٔ مدل‌سازی ...				
جنبهٔ مدل‌سازی	میانگین	انحراف استاندارد	ج۲	ج۳	ج۴	ج۵	ج۶
ج۱	۳/۹۸	۰/۹۱	*-۵/۶۱	*-۴/۳۳	*-۹/۱۷	*-۱۰/۴۱	*-۱۱/۳۲
ج۲	۳/۶۵	۰/۸۲		*-۴/۳۱	*-۶/۱۲	*-۷/۱۵	*-۱۰/۵۴
ج۳	۳/۱۲	۰/۸۸			-۱/۱۳	*-۳/۷۵	*-۸/۳۱
ج۴	۲/۹۱	۱/۱۰				-۲/۸۷	*-۷/۳۱
ج۵	۳/۷۴	۱/۲۱					*-۶/۴۳
ج۶	۲/۳۶	۰/۹۱					

آزمون رتبه‌بندی ویلکاکسون نشان داد نمرات جنبهٔ «توصیف پدیده‌های علمی با استفاده از مدل‌ها» به‌طور چشمگیری بالاتر از نمرات سایر جنبه‌های دانش مدل و فرامدل‌سازی است. معلمان علوم به‌طور مشخص توضیح به‌کمک مدل‌سازی، و توصیف پدیده‌ها را به پیش‌بینی، ارزیابی، طراحی و بازنگری مدل‌ها ترجیح می‌دهند. اگرچه طراحی مدل‌ها جنبهٔ مهم دانش مدل‌سازی و فرایندی علمی تلقی می‌شود، معلمان رغبت کمتری برای مشارکت دانش‌آموزان در طراحی مدل‌های از خود نشان دادند. به نظر می‌رسد طراحی مدل‌های دانش‌آموزان براساس داده‌های تجربی خودشان، در فعالیت‌های آموزشی معلمان نقش جزئی داشته باشد. درواقع، نمرات جنبهٔ «مدل‌های طراحی براساس داده‌های خود دانش‌آموزان» به‌طور چشمگیری کمتر از سایر انواع فعالیت‌های مدل‌سازی به‌جز «بازنگری» بود (جدول ۳ و نمودار ۴ را ببینید).

مثال‌های ارائه‌شده در انتهای باز پرسش‌ها نشان می‌دهد برای برخی از معلمان، داده‌های تجربی خود دانش‌آموزان و رابطهٔ بین آن داده‌ها و طراحی مدل، برای معلمان فقط نقشی جزئی دارد و این نشان‌دهندهٔ مشارکت ضعیف دانش‌آموزان برای طراحی و ساخت مدل‌هاست. همچنین، ارزیابی مدل‌ها یعنی همان شناسایی تفاوت‌ها و شباهت‌ها بین مدل و پدیده‌ای که مدل قرار است نمایشگر آن باشد، در درجهٔ دوم اهمیت در نظر معلمان علوم قرار دارد. نکتهٔ درخورِتوجه این است که نمرات «بازنگری مدل‌ها» به‌طور چشمگیری کمتر از نمرات سایر جنبه‌های مدل‌سازی است. به‌همین‌ترتیب، ۶۹درصد از معلمان در پاسخ به این پرسش که آیا آن‌ها دانش‌آموزان را در مدل‌سازی درگیر می‌کنند یا خیر، پاسخ دادند که آن‌ها هرگز دانش‌آموزان را درگیر اصلاح مدل‌ها نمی‌کنند که نشان می‌دهد مشارکت دانش‌آموزان در فرایند مدل‌سازی، شامل چرخه‌های مکرر طراحی، ارزیابی و بازنگری مدل‌ها، خیلی کم در فرایند تدریس معلمان اتفاق افتاده و برای برخی از معلمان، هرگز به‌طور کامل اجرا نمی‌شود.

پرسش پنجم پژوهش آن بود که «**معلمان علوم بیشتر با چه هدفی از مدل‌ها برای تدریس خود استفاده می‌کنند؟**». یادگیری علوم[1]، انجام روش علمی[2]، و دانستن دربارهٔ علم[3] سه هدف عمده در آموزش علوم هستند (Gouvea & Passmore, 2017). از معلمان دربارهٔ کاربرد مدل‌ها برای نزدیک‌شدن به این سه هدف نیز در پرسشنامه پرسش‌هایی پرسیده شد. نمودار ۵ نمایشگر نحوهٔ پاسخ معلمان علوم به سه گویهٔ **گ۱)** من از مدل‌ها برای تشریح پدیده‌های طبیعی استفاده می‌کنم (یادگیری علوم)، **گ۲)** من از مدل‌سازی به‌عنوان روش علمی مانند روش کاوشگری و یا کار عملی استفاده می‌کنم (انجام روش علمی)، **گ۳)** من دانش مدل‌سازی را هم درس می‌دهم (دانستن دربارهٔ علم) است.



نمودار۵: کاربرد مدل‌ها در تدریس علوم برای رسیدن به اهداف کلی آموزش علوم

Figure 5. The use of models in science teaching to achieve the general goals of science education

آن‌گونه که در نمودار ۵ دیده می‌شود، معلمان علوم از مدل‌ها بیشتر برای تشریح و توضیح درس استفاده می‌کنند و تمایل کمتری دارند تا از آن به‌عنوان روش علمی برای تدریس استفاده کنند و البته کمتر معلمی در این پژوهش تمایل داشت که در کنار دانش موضوعی به تدریس دانش مدل‌سازی هم بپردازد. برای پرسش پنجم این فرضیه مطرح شده است که تفاوت معناداری بین هدف معلمان از کاربرد مدل در تدریس وجود دارد که در جدول ۴ تفاوت میانگین

1 Science learning
2 Science doing
3 Learning about science

نظرات معلمان دربارهٔ میزان استفاده از مدل‌ها برای رسیدن به اهداف کلی آموزش علوم نمایش داده شده است. جدول ۴ میانگین و انحراف استاندارد نظر معلمان علوم نیز نمایش داده شده است.

جدول۴: مقایسهٔ میانگین نظر معلمان دربارهٔ استفاده از مدل‌ها در راستای اهداف کلی آموزش علوم

Table 4. Comparison of teachers' average opinions about the use of models in line with the general goals of science education

اهداف مهم آموزش علوم	میانگین	انحراف استاندارد	مقایسه با هدف ...	
			گ۲	گ۳
گ۱	۴/۰۲	۰/۷۸	−۷/۵۴ (۰/۰۰۱)	−۶/۱۲ (۰/۰۰۱)
گ۲	۳/۲۱	۰/۷۱		−۵/۴۳ (۰/۰۰۱)
گ۳	۲/۱۲	۰/۸۲		

یافته‌های جدول ۴ نشان می‌دهد که معلمان علوم به‌طور معناداری استفاده از مدل‌ها برای توضیح پدیده‌های علمی (گ۱) را بر استفاده از مدل‌سازی به‌عنوان یک روش علمی (گ۲) و تدریس دانش مدل‌سازی و فرامدل‌سازی (گ۳) ترجیح داده‌اند. معلمان اهداف کلی آموزش علوم را به‌ترتیب زیر در تدریس خود اولویت می‌دهند: ابتدا تدریس دانش محتوایی (یادگیری علم)، سپس انجام کار علمی یا همان روش علمی (انجام علم) و در درجهٔ سوم فرادانش یا همان دانش فرامدل‌سازی (یادگیری دربارهٔ علم).

پرسش ششم پژوهش به‌این‌صورت مطرح شده است که «**آیا معلمان استفاده از مدل‌ها را برای تدریس و یادگیری علوم مؤثر می‌دانند؟**» و این فرضیه مطرح می‌شود که «**ازنظر معلمان استفاده از مدل برای تدریس و یادگیری علوم تأثیرگذار است**». یافته‌های جدول ۵ نشان داد معلمان علوم بر سر این موضوع که استفاده از مدل و مهارت‌های مدل‌سازی می‌تواند به پیش‌برد دانش محتوایی کمک کند و اثربخش باشد، توافق دارند. جدول ۵ میزان این توافق و تفاوت آن‌ها را مشخص کرده و آمارهٔ خی‌دو برای نشان‌دادن معناداربودن این نظرات در آن گزارش شده است. افرادی که نظری نداشتند و یا نظر ممتنع داشتند، در تحلیل وارد نشدند.

جدول۵: میزان توافق معلمان دربارهٔ اثرات استفاده از مدل‌های مفهومی در تدریس

Table 5. The level of teachers' agreement about the effects of using conceptual models in teaching

اثر استفاده از مدل‌های مفهومی در تدریس	تعداد و درصد موافقان	تعداد و درصد مخالفان	آمارهٔ خی‌دو، درجهٔ آزادی و سطح معناداری
موجب ارتباط مطلوب بین دانش‌آموزان و دانش محتوایی علم می‌شود	۲۵۴ (٪۸۶) کاملاً موافق: ۱۹۵ و موافق ۹۵ نفر	۴۱ (٪۱۴) کاملاً مخالف: ۲۹ و مخالف ۱۲ نفر	۴۳/۲۶ و ۱ (۰/۰۱)
موجب افزایش مهارت استدلال علمی در شاگردان می‌شود	۲۳۳ (٪۷۹) کاملاً موافق: ۱۲۳ و موافق ۱۱۰ نفر	۶۲ (٪۲۱) کاملاً مخالف: ۴۱ و مخالف ۲۱ نفر	۳۷/۵۴ و ۱ (۰/۰۱)
موجب افزایش مهارت‌های کار با علم و انجام روش‌های علمی می‌شود	۲۳۳ (٪۷۹) کاملاً موافق: ۱۱۲ و موافق ۱۲۱ نفر	۶۲ (٪۲۱) کاملاً مخالف: ۳۵ و مخالف ۲۶ نفر	۳۲/۹۱ و ۱ (۰/۰۱)
موجب افزایش انگیزه و بهبود نگرش شاگردان دربارهٔ علم و روش علمی می‌شود	۲۲۷ (٪۷۷) کاملاً موافق: ۱۳۰ و موافق ۹۷ نفر	۶۸ (٪۲۳) کاملاً مخالف: ۴۹ و مخالف ۱۹ نفر	۳۰/۲۱ و ۱ (۰/۰۱)

مطابق با جدول ۵، معلمان به‌طور مشخص بر این نکته تأکید داشتند که مدل‌ها به انتقال دانش علمی، درک روابط علّی و کمک به یادگیری مفاهیم (یادگیری علم) کمک می‌کنند و تعداد نظرات موافق با نظرات مخالف تفاوت فاحشی دارد ($p<۰/۰۱$). این یافته‌ها نشان داد معلمان علوم بر این باور هستند که ادغام دانش مدل‌سازی و فرامدل‌سازی در تدریس علوم در درجهٔ اول راهی اثربخش برای ارتباط مطلوب بین دانش‌آموزان و دانش محتوایی است و همچنین، موجب بهبود مهارت‌های استدلال دانش‌آموزان و ایجاد نگرش مثبت در آن‌ها خوهد شد.

در پاسخ به پرسش هفتم پژوهش که «**آشنایی معلمان علوم از دانش مدل‌سازی به چه میزان است؟**» نمودارهای ۴ و ۵ نشان داد مفهوم شایستگی مدل‌سازی (دانش مدل و فرامدل‌سازی) در میان معلمان علوم شرکت‌کننده در پژوهش، مفهوم چندان آشنایی نبوده است. آن‌ها با نام مدل آشنا بودند و در سال‌های تدریس خود به‌کمک مدل‌سازی، مفاهیم علمی را منتقل می‌کرده‌اند؛ اما پاسخ آن‌ها به سه پرسش پرسشنامه دربارهٔ درک آن‌ها از شایستگی مدل‌سازی نشان داد آشنایی ناچیزی با این مفهوم دارند. این پرسش‌ها عبارت بودند از: **ت۱)** من با مفاهیم مربوط به شایستگی مدل‌سازی آشنا هستم و می‌توانم از آن‌ها در هنگام تدریس علوم بهره ببرم؛ **ت۲)** من با مفاهیم مربوط به شایستگی مدل‌سازی آشنا هستم و می‌توانم این شایستگی‌ها را به شاگردانم یاد بدهم؛ و **ت۳)** هنگام ارزشیابی شاگردانم با موضوع شایستگی مدل‌سازی، به‌خوبی می‌دانم به‌دنبال کدام نشانه‌های یادگیری باشم. تعداد زیادی از معلمان علوم شرکت‌کننده در پژوهش (۵۵درصد) اظهار داشتند که با مفهوم شایستگی مدل‌سازی به‌منظور آموزش آشنا نیستند و این در حالی است که اکثر آنان (۷۲درصد) در خود توانایی به‌منظور آموزش مهارت‌های مدل‌سازی نمی‌بینند و ۸۳درصد از معلمان علوم شرکت‌کننده در پژوهش نمی‌توانند از نشانه‌های یادگیری مدل‌سازی برای ارزشیابی شاگردان استفاده کنند. یافته‌هایی که از اظهارنظر تشریحی معلمان دربارهٔ پرسش پنجم پژوهش به دست آمده، در ادامه گزارش شده است.

فقط ۵درصد از معلمان علوم شرکت کننده در پژوهش موافق بودند یا کاملاً موافق بودند که در طول آموزش معلمان در دانشگاه‌های تربیت معلم و یا دانشگاه فرهنگیان دانش کافی دربارهٔ چگونگی استفاده از مدل‌ها در تدریس را به دست آورده بودند. یکی از معلمان در قسمت انتهاباز نوشته است: «*هرکس به‌تازگی دانش‌آموخته نشده باشد، درک این اندیشه‌ها و تأثیر آن‌ها برایش مشکل است (س۱۲-۹۳)*» و البته معلم دیگر اجرای چالش‌های جدید را کاری دشوار می‌دانست و چنین اظهار داشت: «خوشبختانه به آنجا می‌رسیم، ابد و یک روز» (س۱۲-۲۰۳). البته این گفته مشخص نمی‌کند که منظور معلم از چالش‌های جدید چیست (این از محدودیت‌های پرسشنامه‌های تشریحی است)؛ اما شاید مقصود ایشان از چالش‌های جدید استفاده از فعالیت‌های تازه در آموزش ازجمله مدل‌سازی باشد.

تحلیل مضمون قسمت انتهاباز مربوط به پرسش‌های مطرح‌شده در نمودار ۴ و ۵ نشان داد ۱) برخی از معلمان علوم اظهارنظرها و نگرانی‌های کلی را بیان کردند و با عباراتی مثل «*پشتیبانی و آموزش زیادی باتوجه‌به شایستگی مدل‌سازی ارائه نشده است (س۱۲-۴۵)*» ازاین‌بابت نگران بودند که در برنامهٔ درسی علوم و حتی برنامهٔ درسی تربیت معلم جایگاه مشخصی به این دسته از شایستگی‌ها اختصاص داده نشده است. آن‌ها از توجه بیش‌ازحد به دانش محتوایی و توجه کمتر به روش‌های علمی و مهارت‌های شناختی و فراشناختی نگران بودند و بر این باور بودند که برنامهٔ درسی موجود، رسیدن به مقاصد اصلی یادگیری علوم را با مشکل مواجه می‌کند. فقط ۲درصد از معلمان اظهار داشتند که برنامهٔ درسی و امکانات آموزشی موجود می‌تواند به ادغام شایستگی‌های مدل‌سازی و تدریس علوم کمک کند. بیشتر معلمان در

پرسش‌های انتهاباز اشاره کردند که مطالب موجود کافی نیست: «*باتوجه‌به کار با مدل‌ها، مطالب آموزشی اغلب سطحی به نظر می‌رسد و بسیار محدود هستند و من بیشتر مواد آموزشی و یا مطالب را از اینترنت گیر می‌آورم (س۱۲-۲۰۸)*». بیش از ۸۰درصد معلمان شرکت‌کننده، برنامهٔ درسی موجود را برای تدریس مبتنی بر مدل و یا آموزش شایستگی‌های مدل‌سازی ناکافی و ناقص ارزیابی کرده‌اند. علاوه‌براین، تعداد زیادی از معلمان علوم (۲۴۳ نفر) به‌طور مستقیم اظهار داشتند که زمان کافی برای اجرای این شیوه از تدریس را ندارند. برای مثال: «*تعداد ساعات تدریس من را محدود می‌کند، مطالب بسیار زیادی را باید درس بدهم و آن هم فقط با دو بار در هفته کلاس زیست‌شناسی (س۱۲-۱۲۰)*».

تحلیل اظهارنظر معلمان در قسمت انتهاباز مربوط به پرسش مطرح‌شده در نمودار ۴ و ۵ مطالب دیگری را نیز آشکار کرد. معلمان از تطابق‌نداشتنِ ساعات اختصاص‌داده‌شده به تدریس هفتگی دروس فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی و برخی شرایط خارج از کلاس و برنامهٔ درسی نیز نگران بودند و آن‌ها را عاملی محدودکننده برای استفاده از مهارت‌های مدل‌سازی در تدریس خود می‌دانستند. معلمی اظهار داشته: «*از ما خواسته می‌شود دانش‌آموزان را برای امتحانات پایان سال و گاهی برای کنکور مهیا کنیم. چگونه باید از این فشارها عبور کنیم؟ تمرین، آماده‌شدن برای امتحان...؛ بنابراین، به‌ندرت زمانی برای کار علمی و انجام روش علمی مثلاً مدل‌سازی برایمان پیش می‌آید (س۱۲-۲۱۴)*» یا که معلم دیگری می‌گوید: «*با اندک ساعت تدریسی که داریم، تدریس بسیار تئوری می‌شود. باید برای امتحان‌ها هم که وقت بگذاریم (س۱۲- ۷۶)*». تحلیل این مضامین نشان می‌دهد هم‌سونبودن برنامهٔ درسی و موضوع مدل‌سازی، تراکم زیاد مطالب درسی در هر پایه، کمبود زمان و همچنین، برخی الزامات و فشارهای خارج از برنامهٔ درسی مانند ارزشیابی‌های پایان دوره یا آمادگی برای کنکور سراسری می‌تواند تلاش معلمان علوم را برای استفاده از شایستگی‌های مدل‌سازی در تدریس علوم تحت‌تأثیر قرار دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش به‌منظور سنجش درک معلمان علوم (فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) از دانش مدل و فرامدل‌سازی و همچنین، بررسی میزان استفادهٔ آن‌ها از این دانش هنگام تدریس انجام گرفته است. یافته‌های این مطالعه نشان داد معلمان به‌دلیل درک کم از مدل‌ها، هویت و کاربرد آن‌ها، همواره تدریس دانش محتوایی مثل موضوعات فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی را که خود فرآورده و پیامد مدل‌سازی علمی هستند، بر آموزش و استفاده از دانش مدل و فرامدل‌سازی در کلاس ترجیح می‌دهند. معلمان علوم دورهٔ دوم متوسطه که در پژوهش شرکت داشتند، از جنبه‌های اصلی و مهارت‌های بنیادی مدل‌سازی (شایستگی‌های مدل‌سازی) اطلاع کمی داشتند و از مدل فقط برای توصیف و توضیح پدیده‌ها استفاده می‌کردند که باعث می‌شد این فعالیت مهم شناختی فقط به مهارت‌های سطح پایین شناختی محدود شود و از قابلیت‌های فراشناختی آن مثل بازنگری، اصلاح و ارزیابی غفلت شود. همچنین، بین ادراک معلمان از توانایی‌شان در آموزش مدل‌سازی و اجرای مدل‌سازی هنگام تدریس پیوندی وجود ندارد؛ به‌گونه‌ای که معلمان نمی‌توانند به‌خوبی مراحل مدل‌سازی را در کلاس اجرا کنند و خود معلمان دلیل آن را درک پایین از موضوع مدل‌سازی در علوم می‌دانستند.

پژوهشگران حوزهٔ آموزش علوم همواره بر سه هدف اصلی یادگیری که نقش محوری در آموزش علوم دارند، تأکید داشته‌اند. این سه هدف عبارت‌اند از: یادگیری علم، انجام علم، یادگیری دربارهٔ علم. همچنین، بیشتر پژوهشگران بر

هم‌سویی بین اهداف یادگیری و واقعیت‌های کلاسی اصرار دارند (Kind & Osborne, 2017). در این پژوهش معلمان نشان دادند فقط برای برآورده‌شدن هدف اول یعنی تقویت یادگیری دانش محتوایی و درک روابط علّی پدیده‌ها از مدل‌سازی استفاده می‌کنند و به‌ندرت به‌منظور تقویت شایستگی‌های روش علمی و مهارت‌هایی مثل استدلال و پیش‌بینی از مدل‌ها در تدریس استفاده می‌کنند. هنوز معلمان از این واقعیت که مدل‌سازی ابزار شناختی قوی‌ای برای درک و البته پیش‌بینی و اکتشاف دانش علمی است، غافل هستند که البته این موضوع با یافته‌های کمبل و اوه و میلر و کاستن (Campbell & Oh, 2015; Miller & Kastens, 2018) نیز هم‌خوانی دارد. بی‌توجهی به اهداف دوم و سوم آموزش و یادگیری علوم یعنی انجام روش علمی و دانستن دربارهٔ علم باعث استفادهٔ کم از دانش مدل و به‌کارنگرفتن شایستگی‌های فرامدل‌سازی برای تدریس شده است. با نگاهی گذرا به محتوای درس علوم در دورهٔ دوم متوسطه، به‌روشنی می‌توان دریافت که این محتوا توجهی به نقش مدل‌ها در یادگیری علوم ندارد و دانش فرامدل‌سازی جایگاهی در کتب درسی فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی ندارد. البته پژوهشگران منکر این موضوع نمی‌شوند که محتوای این دروس در دورهٔ دوم متوسطه شامل واژگانی مثل «مدل» هستند؛ ولی به همین نام‌بردن اکتفا شده و آموزش شایستگی‌های مدل‌سازی به‌عنوان روش علمی، در محتوای دروس فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی نادر است. این نقص در محتوای درسی خود پیشران مهمی است تا معلمان نیز از این شایستگی‌ها در تدریس استفاده نکنند. درواقع، صحبت صریح دربارهٔ ماهیت و عملکرد مدل‌ها ضروری است؛ زیرا تمرین مدل‌سازی در دانش‌آموزان درک فرایند علمی را آسان‌تر خواهد کرد. این نوع صراحت، فقط زمانی امکان‌پذیر است که معلمان بدانند چرا و چه زمانی دانش‌آموزان را در فعالیت‌های مرتبط با عملکرد مدل‌ها درگیر می‌کنند و این مهم فقط با تکیه بر برنامهٔ درسی و محتوای دقیق مبتنی بر مدل‌سازی امکان‌پذیر است.

معلمان علوم شرکت‌کننده در این پژوهش به‌ندرت سعی می‌کردند شاگردان را وارد فرایند علمی مدل‌سازی کنند و کمتر آن‌ها را درگیر جنبه‌های متنوع دانش مدل‌سازی می‌کردند. این یافته با نتایج نیلسن و نیلسن، چنگ و همکاران و چنگ و براون (Nielsen & Nielsen, 2021; Cheng et al., 2021; Cheng & Brown, 2015) هم‌خوانی دارد. اگرچه طراحی مدل‌ها بخش مرکزی مدل‌سازی علمی است و بنابراین، باید بخش مرکزی آموزش علوم باشد (Chiu & Lin, 2019)، به نظر می‌رسد معلمان تمایل کمتری دارند تا از شاگردان بخواهند به‌کمک داده‌های تجربی و یا مدل‌های ذهنی خودشان دست به طراحی و بازنگری مدل‌های علمی بزنند و طراحی مدل‌ها نقش کوچکی در کلاس درس علوم دارد. این درصورتی است که همواره به معلمان توصیه می‌شود تا بین دانسته‌های گذشتهٔ دانش‌آموزان و تجربه‌های روزمرهٔ آن‌ها به‌کمک مدل‌سازی پیوند ایجاد کنند (Schwarz & White, 2005) و با طراحی، ارزیابی و بازنگری مدل، تصویر کاملی از مدل‌سازی به‌عنوان فعالیت علمی برای آن‌ها ارائه دهند. این نوع تدریس که مبتنی بر نظریهٔ سازنده‌گرایی نیز هست، فرصتی را برای مشارکت دانش‌آموزان در یادگیری علوم ایجاد می‌کند و به‌کمک تعامل بین دانش، مدل و داده‌های تجربی می‌توان به یادگیری عمق بیشتری بخشید. طبق نظر لرر و شوبل نباید اجازه داد که یک روش تدریس که فقط فرصت‌های محدودی برای دانش‌آموزان ایجاد می‌کند، تجربهٔ ارتباط صریح بین یافته‌های تجربی و طراحی مدل را از شاگردان بگیرد و از تلاش‌ها برای قراردادن مدل‌سازی در دل روش تدریس کاوشگری علمی جلوگیری کند (Lehrer & Schauble, 2015).

معلمان علوم شرکت‌کننده در این پژوهش در بیشتر مواقع از نقاشی‌ها، نمودارها و نمادها به‌منظور مدل‌سازی علمی در هنگام تدریس استفاده کرده‌اند و کمتر به‌سراغ مدل‌های نظری، تعاملی و حرکتی رفته‌اند. نقاشی‌ها و نمودارها به‌طور معمول در محتوای کتاب‌های درسی استفاده می‌شوند و در اهداف ارزشیابی شاگردان هم قرار می‌گیرند و بیشتر مواقع برداشت افراد از مدل در کتاب‌های درسی و یا حتی هنگام تدریس همین نقاشی‌ها و نمودارهای کتاب است. درمقابل، انواع مدل‌های دیگر مثل شبیه‌سازی‌های تعاملی که استفاده از آن‌ها برای رسیدن به اهداف سطح بالاتر یادگیری (ارزشیابی، آفرینش، استدلال و پیش‌بینی) ضروری است، فقط در حد بسیار محدودی استفاده شد. کتاب‌های درسی عمدتاً مدل‌ها را به‌عنوان تصویر توصیف و به آن نقش توضیحی و تشریحی می‌دهند. این موضوع می‌تواند یکی از دلایلی باشد که معلمان علوم از نقش‌های دیگر دانش مدل و مهارت‌های فرامدل‌سازی استفاده نمی‌کنند و از مدل به‌عنوان ابزاری برای حل مسئله و یا پیش‌بینی رویدادهای علمی هنگام تدریس کمتر بهره می‌برند (Gouvea & Passmore, 2017). استفاده از مدل‌ها برای اهداف پیش‌بینی نه‌تنها جنبهٔ برجستهٔ مدل‌سازی علمی است، بلکه باید جنبهٔ مهمی از مشارکت دانش‌آموزان در فعالیت‌های کلاسی باشد (Baek & Schwarz, 2015; Krell & Krüger, 2016).

معلمان شرکت‌کننده در این پژوهش در پاسخ به پرسش‌های انتهاباز نشان دادند که مدل‌های مفهومی (علمی) را به‌عنوان ابزار یادگیری و انگیزشی ارزشمند در تدریس خود درک می‌کنند؛ اما بسیاری از آن‌ها از مدل تنها به‌شیوه‌ای نسبتاً توصیفی و محدود در تدریس استفاده می‌کنند؛ بنابراین، پیشنهاد آموزش شایستگی‌های مدل‌سازی در دوره‌های تربیت معلمان علوم (فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) پیشنهاد منطقی و سازنده‌ای به نظر می‌رسد. همچنین، معلمان شرکت‌کننده در پژوهش، شبکه‌ای قوی و حمایتی از همکاران داشتند و به نظر می‌رسید مایل بودند که تدریس و چالش‌های آموزشی خود را به‌طور مستقیم در گروه‌ها به اشتراک بگذارند. استفاده از این شبکه‌های اجتماعی مجازی و حقیقی می‌تواند به تشکیل اجتماع حرفه‌ای معلمان علوم درجهت بهبود مهارت‌های مدل‌سازی، تدریس دانش فرامدل‌سازی و افزایش انگیزهٔ معلمان کمک کند.

پیشنهاد صریح این پژوهش بازبینی برنامهٔ درسی علوم دورهٔ دوم متوسطه (دروس فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) با محوریت دانش مدل و فرامدل‌سازی است. این بازبینی مطابق با یافته‌های این پژوهش در دو محور می‌تواند صورت بگیرد: محور اول توجه بیشتر برنامهٔ درسی علوم به دانش مدل و آموزش دانش فرامدل‌سازی به‌طور آشکار است، و محور دوم مطابقت‌دادن ساعات تدریس علوم با برنامهٔ درسی بازبینی‌شده است. برنامهٔ درسی تازه باید هم در سطح مدرسه و هم در سطح مراکز تربیت معلم (دانشگاه فرهنگیان) قابلیت اجرا داشته باشد. شایسته است که برنامهٔ درسی بازبینی‌شده قابلیت هم‌سویی بهتر بین اهداف آموزش مدل‌سازی و امتحانات را داشته باشد؛ چراکه معلمان علوم شرکت‌کننده در پژوهش یکی از موانع بر سر راه استفاده از مهارت‌های مدل‌سازی در تدریس را شیوهٔ برگزاری امتحانات پایان دوره اعلام کرده‌اند. پیشنهاد دیگر، استفاده از دوره‌های ضمن خدمت برای آگاهی‌بخشی بیشتر به معلمان علوم است. البته پژوهشگر به این نکته آگاه است که چگونگی آموزش معلمان فرایندی است که به برخی تغییرات کلان در برنامهٔ درسی تربیت معلم نیاز دارد و به حمایت و زمان زیادی احتیاج خواهد داشت.

یک محدودیت عمومی برای پژوهش‌های توصیفی که به‌کمک پرسشنامه انجام می‌شود، این است که همواره این نگرانی وجود دارد که آیا پاسخ‌دهندگان تمام پرسش‌ها را همان‌طور که پژوهشگر مدنظر داشته، فهمیده‌اند یا خیر؛ حال

آنکه در اینجا به‌کمک پرسشنامه مصاحبه‌ای ساختارمند نیز انجام شده است. البته پرسش‌ها چند بار به‌کمک متخصصان که در بخش روش به آن‌ها اشاره شد، مورد بازنگری و بازخوانی قرار گرفت؛ اما برخی از پرسش‌ها به موضوع‌های کلی و یا مفاهیم پیچیده‌ای می‌پرداختند. افزودن پرسش‌های بیشتر به‌منظور ایجاد زیرمقیاس‌هایی که موضوع خاص و جزئی‌تری را بررسی می‌کنند و درک معلمان از مفاهیم مدل را بهتر منعکس می‌کنند، هم قابل‌درک‌بودن پرسشنامه را بالاتر می‌برد و هم اطلاعات عمیق‌تری دربارهٔ دانش مدل‌سازی و فرامدل‌سازی معلمان جمع‌آوری می‌شود. پیشنهاد بهتر پژوهشگران این پژوهش، استفاده از مصاحبهٔ حضوری و ساختاریافته برای درک عمیق‌تر موضوع است.

محدودیت دیگر مربوط به صادقانه‌بودن پاسخ‌های معلمان علوم دورهٔ دوم متوسطه است. به‌طور کلی، در رسانه‌ها، در میان والدین و تا حدودی در میان دانش‌آموزان و بسیاری از مدیران مدارس از معلمان انتقاد می‌شود؛ بنابراین، معلمان این فرصت را داشتند که با ترسیم تصویری نادرست و غیرواقعی از فضای کلاس، نتایج را به بیراهه بکشند. محدودیت دیگر مربوط به نحوهٔ انتخاب معلمان در نظرسنجیِ پرسشنامه است. پژوهشگران به‌درستی نمی‌دانند معیار سرگروه‌های آموزشی استان‌ها و برخی مدیران برای معرفی معلمان چه بوده است. همچنین، به‌درستی نمی‌دانند که آیا معلمانی که در پژوهش شرکت کرده‌اند، مشکل خاصی در وظایف معلمی و اجرایی داشته‌اند یا خیر؛ مثلاً انسان‌های باانگیره و علاقه‌مند به معلمی بوده‌اند یا خیر. محدودیت دیگر اینکه انتخاب معلمان از دورهٔ دوم متوسطه تعمیمِ یافته‌ها به سایر دوره‌های آموزشی را با محدودیت روبه‌رو می‌کند.

باوجود محدودیت‌های یادشده، این پژوهش این امکان را داد تا برخی از ویژگی‌های مهم در عملکرد معلمان علوم، به‌همراه دلایل منطقی برای استفاده‌کردن و یا استفاده‌نکردن از شایستگی‌های مدل‌سازی در تدریس شناسایی شود. مطابق یافته‌های این پژوهش می‌توان چنین نتیجه گرفت که ترکیبی از برنامهٔ درسی ضعیف، فرصت‌های ناکافی برای به‌اشتراک‌گذاشتن دانش بین معلمان، حمایت‌های ناکافی از معلمان، تطابق‌نداشتنِ برنامهٔ درسی با ساعات تدریس، و شکل برگزاری امتحانات و ارزشیابی شاگردان، بیشترین مواردی است که معلمان علوم دورهٔ دوم متوسطه برای موانع پیش روی استفاده از مدل‌سازی در کلاس برشمردند و چشم‌انداز آن‌ها برای تدریس مبتنی بر شایستگی‌های مدل‌سازی را تا حدودی مبهم کرده است. پژوهش‌های دیگری دربارهٔ اینکه معلمان علوم دورهٔ دوم متوسطه در ایران چرا و چگونه از مدل‌ها در تدریس استفاده می‌کنند یا چه موانعی بر سر راه آن‌ها برای استفاده‌نکردن از مدل‌ها وجود دارد، در دسترس پژوهشگران قرار نداشته است. این نکته شایان ذکر است که این پژوهش به‌طور قطعی مشخص نکرده است که آیا معلمان صرفاً ترجیح می‌دهند از نقاشی‌ها، نمودارها و نمادها به‌جای شبیه‌سازی‌های تعاملی و سایر انواع مدل‌ها استفاده کنند یا اینکه استفادهٔ محدود از این نوع مدل‌ها ناشی از کمبود دانش فنی و یا نقص در برنامهٔ درسی و امکانات آموزشی است. نگارندگانْ پژوهش‌های کیفی و یا ترکیبی بیشتر را که بتواند درک عمیق‌تری از شایستگی‌های مدل‌سازی و نحوهٔ برخورد معلمان علوم با مدل را مشخص کند، ارزشمند می‌دانند و انجام آن‌ها را به پژوهشگران آموزش علوم توصیه می‌کنند.

سپاس‌گزاری

پژوهشگران این مقاله، قدردان همهٔ معلمان علوم (فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) هستند که برای پاسخ‌گویی به پرسشنامه‌ها وقت و حوصلهٔ کافی را منظور داشتند.

تعارض منافع

نویسندگان این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای آشکارکردن ندارند.

منابع

جهانی‌فر، مجتبی، و دهقانی، فاطمه (۱۴۰۱). واکاوی شایستگی‌های مدل‌سازی علمی در دانش‌آموزان دورهٔ دوم متوسطه. *مطالعات آموزش و یادگیری*، *۱۴*(۲)، ۱۲۵-۱۰۵. https://jsli.shirazu.ac.ir/article_6941.html

References

Baek, H., & Schwarz, C. V. (2015). The influence of curriculum, instruction, technology, and social interactions on two fifth-grade students' epistemologies in modeling throughout a model-based curriculum unit. *Journal of Science Education and Technology*, *24*(2), 216–233. https://doi.org/10.1007/s10956-014-9532-6

Berland, L. K., Schwarz, C. V, Krist, C., Kenyon, L., Lo, A. S., & Reiser, B. J. (2016). Epistemologies in practice: Making scientific practices meaningful for students. *Journal of Research in Science Teaching*, *53*(7), 1082–1112. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.21257

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Campbell, T., & Oh, P. S. (2015). Engaging students in modeling as an epistemic practice of science: an introduction to the special issue of the journal of science education and technology. *Journal of Science Education and Technology*, *24*(2), 125–131. https://doi.org/10.1007/s10956-014-9544-2

Cheng, M.-F., & Brown, D. (2015). The role of scientific modeling criteria in advancing students' explanatory ideas of magnetism. *Journal of Research in Science Teaching*, *52*. https://doi.org/10.1002/tea.21234

Cheng, M.-F., Wu, T.-Y., & Lin, S.-F. (2021). Investigating the relationship between views of scientific models and modeling practice. *Research in Science Education*, *51*(1), 307–323. https://doi.org/10.1007/s11165-019-09880-2

Chiu, M.-H., & Lin, J.-W. (2019). Modelling competence in science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, *1*(1), 1–11. https://doi.org/10.1186/s43031-019-0012-y

Cortina, J. M. (1993). What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. *Journal of applied psychology*, *78*(1), 98. https://psycnet.apa.org/record/1993-19965-001

Danusso, L., Testa, I., & Vicentini, M. (2010). Improving prospective teachers' knowledge about scientific models and modelling: Design and evaluation of a teacher education intervention. *International Journal of Science Education*, *32*, 871–905. https://doi.org/10.1080/09500690902833221

González-Estrada, E., Villaseñor, J. A., & Acosta-Pech, R. (2022). Shapiro-Wilk test for multivariate skew-normality. *Computational Statistics*, *37*(4), 1985–2001. https://doi.org/10.1007/s00180-021-01188-y

Gilbert, K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education* (Vol. 9). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3

Gouvea, J., & Passmore, C. (2017). 'Models of' versus 'Models for.' *Science & Education*, *26*(1), 49–63. https://doi.org/10.1007/s11191-017-9884-4

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, *22*(9), 1011–1026. https://doi.org/10.1080/095006900416884

Jahanifar, M., & Dehghani, F. (2022). Analysis of scientific modeling skills in secondary high school students. *Journal of Education and Learning Studies*, *14*(2), 105-125. https://jsli.shirazu.ac.ir/article_6941.html [In persian].

Kind, P. E. R., & Osborne, J. (2017). Styles of scientific reasoning: a cultural rationale for science

education?. *Science Education*, *101*(1), 8–31. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.21251

Kolassa, J. (2020). *An introduction to nonparametric statistics* (13th ed.). Chapman and Hall/CRC. https://doi.org/10.1201/9780429202759

Krell, M., & Krüger, D. (2016). Testing models: a key aspect to promote teaching activities related to models and modelling in biology lessons?. *Journal of Biological Education*, *50*(2), 160–173. https://doi.org/10.1080/00219266.2015.1028570

Krell, M., Reinisch, B., & Krüger, D. (2015). Analyzing students' understanding of models and modeling referring to the disciplines biology, chemistry, and physics. *Research in Science Education*, *45*(3), 367–393. https://doi.org/10.1007/s11165-014-9427-9

Lehrer, R., & Schauble, L. (2015). The development of scientific thinking. In *Handbook of Child Psychology and Developmental Science* (pp. 1–44). https://doi.org/10.1002/9781118963418.childpsy216

Mierdel, J., & Bogner, F. X. (2019). Comparing the use of two different model approaches on students' understanding of dna models. *Education Sciences*, *9*(2), 115. https://doi.org/10.3390/educsci9020115

Miller, A. R., & Kastens, K. A. (2018). Investigating the impacts of targeted professional development around models and modelling on teachers' instructional practice and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, *55*(5), 641–663. https://doi.org/10.1002/tea.21434

Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modelling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, *13*, 52–73. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.001

Nielsen, S. S., & Nielsen, J. A. (2021). A Competence-Oriented approach to models and modelling in lower secondary science education: practices and rationales among danish teachers. *Research in Science Education*, *51*(2), 565–593. https://doi.org/10.1007/s11165-019-09900-1

National Research Council (2007). *Taking science to school: learning and teaching science in grades K–8*. National Academies Press. https://www.nsf.gov/attachments/117803/public/2c--Taking_Science_to_School.pdf

National Research Council (2012). *A framework for K–12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press. https://nap.nationalacademies.org/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts

NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. National Academies Press. https://nap.nationalacademies.org/catalog/18290/next-generation-science-standards-for-states-by-states

OECD. (2019). OECD future of education and skills 2030. *OECD Learning Compass 2030*, 1–146. https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf

Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, *23*(2), 165. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2302_1

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modelling: Making scientific modelling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 632–654. https://doi.org/10.1002/tea.20311

Wade-Jaimes, K., Demir, K., & Qureshi, A. (2018). Modelling strategies enhanced by metacognitive tools in high school physics to support student conceptual trajectories and understanding of electricity. *Science Education*, *102*(4), 711–743. https://doi.org/10.1002/sce.21444

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی