




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



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.

رویکردهای نوین آموزشی

دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه اصفهان

سال هجدهم، شماره ۱، شماره 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^{ID*}: 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 درباره ماهیت، هدف، محدودیت‌ها و پیامدهای مدل‌ها و مدل‌سازی اشاره دارد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی میزان درک معلمان از مدل و همچنین، دیدگاه آنان درباره به کارگیری مدل در تدریس علوم بود. در این پژوهش کمی که جامعه آماری آن معلمان علوم (فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) دوره دوم متوسطه ایران بودند، نمونه‌ای ۲۹۵ نفری که در دسترس پژوهشگران قرار داشتند، انتخاب و به کمک پرسشنامه، از آن‌ها پرسش‌هایی درباره شیوه 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 مشارکت دادن 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 برنامه درسی معلمان علوم در جهت توجه به مهارت‌های شناختی و فراشناختی از جمله 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 دوره دوم متوسطه

* نویسنده مسئول



مقدمه

امروزه تلاش‌ها به سمت مشارکت دادن هرچه بیشتر دانش‌آموزان در فعالیت‌های آموزشی پیش می‌رود و همواره سعی می‌شود آن‌ها را از توجه فزاینده به دانش محتوایی، به سمت رویکردهای شایستگی‌محور سوق دهند؛ به گونه‌ای 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 به منظور توسعه برنامه 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 هسته 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 برنامه درسی علوم در نظر می‌گیرند و آن را علت اصلی توسعه چشمگیر سواد علمی دانش‌آموزان می‌دانند. با وجود 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، نحوه استفاده از مدل‌ها در تدریس علوم و دیدگاه معلمان درباره اهداف و کاربرد مدل‌ها می‌تواند موجب اثربخشی بیشتر مدل‌ها در یادگیری علوم شود (Miller & Kastens, 2018; Nielsen & Nielsen, 2021).

مدل‌های ذهنی^۱ برداشت خصوصی افراد از جهان واقعی و طبیعت هستند (Wade-Jaimes et al., 2018). مدل‌های مفهومی^۲ 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 به صورت بازنمایی در اشکال مختلفی مانند نمادها، مدل‌های فیزیکی به صورت سه‌بعدی، معادله‌های ریاضی، انیمیشن‌ها، ماکت‌ها، شبیه‌سازی‌های تعاملی، نقشه‌ها و نمودارها ظاهر شود. به زبان 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 مدل به آموزش، حمایت و البته شناخت کافی از مدل نیاز دارند. به همین دلیل، نه تنها توجه به برنامه درسی مبتنی بر مدل‌سازی مهم است، بلکه مشارکت دادن 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 درباره مدل‌ها و مدل‌سازی باشد. دانستن درباره مدل‌سازی همان دانش مدل‌سازی و فرامدل‌سازی^۳ است که به آن شایستگی‌های مدل‌سازی^۴ 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 شایستگی داشتن 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 بازیابی مدل‌ها نیز باشد (Schwarz et al., 2009). مهارت‌های فرامدل‌سازی در واقع 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 جنبه مهم آموزش علوم هستند که شامل استفاده از مدل‌ها و فرایندهای مدل‌سازی برای درک پدیده‌های علمی می‌شوند؛ با این حال، تفاوت‌هایی بین آن‌ها وجود دارد. مدل‌سازی به ایجاد، ارزیابی و بازنگری مدل‌هایی اشاره دارد که نشان‌دهنده پدیده‌های علمی است و فرامدل‌سازی به تأمل و استدلال درباره ماهیت، هدف، محدودیت‌ها و پیامدهای مدل‌ها و مدل‌سازی اشاره دارد (Chiu & Lin, 2019). شایستگی مدل‌سازی توانایی مشارکت در شیوه‌های مدل‌سازی و استفاده مؤثر از مدل‌ها برای رخدادهای علمی است. شایستگی فرامدل‌سازی توانایی تفکر انتقادی و فراشناختی درباره مدل‌ها و مدل‌سازی و همچنین، نقش آن‌ها در علم است. هر دو شایستگی برای توسعه سواد علمی و درک ماهیت علم ضروری هستند. با این حال، آن‌ها به انواع مختلفی از دانش، مهارت و نگرش نیاز دارند که باید در آموزش علوم تقویت و ارزیابی شوند (Mierdel & Bogner, 2019).

فعالیت‌های مدل‌سازی	دانش فرامدل‌سازی	دانش موضوعی و محتوایی
<ul style="list-style-type: none"> • استفاده از مدل‌ها برای توضیح‌دادن و توصیف‌کردن • استفاده از مدل‌ها برای پیش‌بینی • طراحی مدل • ارزیابی و بازنگری مدل‌ها • انتخاب و مقایسه مدل‌ها 	<ul style="list-style-type: none"> • ماهیت مدل‌ها • اهداف مدل‌ها • ارزش مدل‌ها برای علوم • کاربرد مدل‌ها در علوم • کاربرد مدل‌ها در آموزش • کاربرد مدل‌ها در زندگی واقعی 	<ul style="list-style-type: none"> • پدیده‌های طبیعی • رویدادهای علمی • موضوع‌ها و ایده‌های علمی • یک شیء طبیعی • یک سیستم در دنیای واقعی

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 هر کدام 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^۱ در مدل‌ها، دانش فرامدل‌سازی (فردانش^۲ درباره مدل‌ها و مدل‌سازی) و فعالیت‌های مدل‌سازی^۳.

در صورتی که «مدل‌سازی» به‌عنوان فرایندی علمی پذیرفته شود، «مدل» فرآورده 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 دانش 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 تازه علمی و دروس دیگر به‌خوبی انتقال دهند. همچنین، دانش‌آموزان ظاهراً بدون دریافت آموزش صریح و رسمی درباره مدل‌سازی، به سطوح اول، دوم و به‌ندرت سوم از دانش 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 از طرف معلمان که «مدل‌ها به‌عنوان نسخه‌های دقیق (کپی) از واقعیت هستند» که البته برداشت سطحی و نشان‌دهنده خطای شناختی معلمان درباره 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 استفاده معمولی از مدل‌ها برای توصیف و توضیح پدیده‌هاست و مطابق با مراحل الف) که در بالا برای مدل‌سازی بیان شد، مدل‌سازی خود می‌تواند رویکردی تازه برای روش‌های تدریس مبتنی بر کاوشگری^۴ باشد و این موضوع موجب علاقه روزافزون به مدل‌ها و مدل‌سازی در آموزش علوم طی چند سال گذشته شده است (NGSS, 2013). با وجود این، استفاده از مدل‌ها در برنامه 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 در برابر 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 درباره اهداف، مزایا و عملکرد آن‌ها توسط معلمان دارد. این پژوهش در ابتدا به دنبال روشن کردن میزان درک و استفاده معلمان علوم دوره دوم متوسطه از مدل‌سازی و دانش فرامدل‌سازی است و در ادامه در پی بررسی

1 Subject-specific knowledge

2 Meta-Knowledge

3 Modelling practices

4 Inquiry-based

دیدگاه آنان درباره 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 دوره دوم متوسطه است و به سؤال‌های زیر پاسخ داده است:

- ۱- معلمان علوم دوره 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 دوره دوم متوسطه را به خود جلب کرده باشد؟
- ۳- معلمان علوم دوره 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 دوره دوم متوسطه بیشتر با چه هدفی از مدل‌ها برای تدریس خود استفاده می‌کنند؟
- ۶- آیا معلمان علوم دوره دوم متوسطه استفاده از مدل‌ها را برای تدریس و یادگیری علوم مؤثر می‌دانند؟
- ۷- آشنایی معلمان علوم دوره دوم متوسطه از دانش مدل‌سازی به چه میزان است؟

روش پژوهش

در این پژوهش کمی که با رویکرد پیمایشی صورت گرفته و به لحاظ هدف کاربردی است، سعی شده است به توصیف دانش مدل‌سازی و کاربرد آن در کلاس توسط معلمان علوم پرداخته شود. در ادامه ضمن اشاره به شرکت کنندگان در پژوهش و نحوه جمع‌آوری داده‌ها، روش‌ها و تحلیل‌های استفاده‌شده در پژوهش تشریح شده است.

نمونه انتخابی و ویژگی‌های آن: داده‌ها در طول سال تحصیلی، بین آذر ۱۴۰۰ تا اردیبهشت ۱۴۰۱ گردآوری شده است. جامعه مدنظر مطالعه، معلمان درس‌های فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی دبیرستان‌های دوره دوم متوسطه بودند. نمونه‌ای ۲۹۵ نفری 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 پرسشنامه الکترونیک درون گروه‌ها یا به صورت شخصی پرسشنامه‌ها تکمیل و بازپس فرستاده شد. در قسمت یافته‌ها مشخصات کامل جمعیت‌شناختی نمونه گزارش شده است.

ابزار و روش گردآوری داده‌ها: داده‌ها به کمک پرسشنامه الکترونیکی **تدریس مبتنی بر مدل** که به صورت نظرسنجی طراحی شده بود، گردآوری شد. پرسش‌های این پرسشنامه که از پرسشنامه پژوهش (Nielsen & Nielsen, 2021) برای طراحی آن کمک گرفته شده است، در واقع پرسش‌هایی بود که برای انجام مصاحبه ساختاریافته آماده شد؛ اما به دلیل همه‌گیری ویروس کرونا، در قالب پرسشنامه و به صورت الکترونیکی برای افراد ارسال و پاسخ‌ها دریافت شد. برای طراحی پرسش‌ها نسخه اولیه در اختیار الف) ۱۱ معلم فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی، ب) ۲ استاد دانشگاه در رشته برنامه‌ریزی درسی، ج) ۳ مربی که در حال تدریس روش تدریس علوم در دانشگاه فرهنگیان بودند و د) ۲ پژوهشگر در حوزه آموزش علوم قرار گرفت. بازخوردهایی که از طرف 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 بدین ترتیب روایی ظاهری و محتوایی پرسشنامه تأیید شد. به منظور بررسی پایایی پرسشنامه از آلفای کرونباخ استفاده شد و مقدار $0/86$ به دست آمد که از نظر (Cortina, 1993) مطلوب به نظر می‌رسد. این اقدامات به توسعه پرسشنامه ۱۲ پرسشی منجر شد که در آن ضمن استفاده از مقیاس لیکرت برای گردآوری پاسخ‌های عینی، برخی

پرسش‌ها به صورت انتخابی، چهارگزینه‌ای و انتهاباز^۱ طراحی شد تا بتوان نظرات بیشتری را از معلمان گردآوری کرد. پرسش‌های انتهاباز به صورت نظرخواهی طراحی شده بود و از معلمان خواسته شده بود تا پس از پاسخ دادن به پرسش‌های انتخابی و یا گزینه‌ای به اظهارنظر تشریحی درباره همان موضوع پردازند و نظر خود را به صورت تشریحی بنویسند. پرسش‌های انتهاباز بیشتر این گونه 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 به کمک پرسشنامه، داده‌های کمی شامل اطلاعاتی بود که ۲۹۵ معلم شرکت کننده در پژوهش با پاسخ به پرسش‌های چندگزینه‌ای و انتخابی به پژوهشگر می‌دادند و به کمک تحلیل‌های آماری ناپارامتریک همانند خی دو و آماره ویلکاکسون که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد، بررسی شدند. قسمتی از داده‌ها شامل اطلاعاتی بود که شرکت کنندگان در پاسخ به پرسش‌های انتهاباز در اختیار پژوهشگر قرار می‌دادند. این دسته از داده‌ها نیز به کمک تحلیل مضمون واکاوی شد.

تحلیل داده‌های کمی: با توجه به ماهیت پرسش‌ها در ابزار پژوهش برای پرسش‌های انتخابی، از درصد فراوانی برای توصیف پاسخ‌ها استفاده شد. برای مثال، در ابتدا تعداد پاسخ‌های مشارکت کنندگان به گزینه «به ندرت از مدل‌ها برای تدریس استفاده می‌کنم» شمارش و سپس درصد فراوانی آن محاسبه شد. از آزمون‌های ناپارامتریک نیز به منظور مقایسه 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 شرکت کنندگان به پرسش‌ها داده‌اند، مقایسه صورت گرفت. برای مثال، از هر شرکت کننده دو پرسش درباره شایستگی‌های مدل‌سازی پرسیده می‌شد. پرسش نخست درباره مؤلفه نخست دانش فرامدل‌سازی (برای مثال: دانش آموز بیشتر خود را درگیر طراحی مدل می‌کند؟) و پرسش دوم درباره مؤلفه دوم دانش فرامدل‌سازی (برای مثال: دانش آموز خود را بیشتر در بازنگری مدل‌ها درگیر می‌کند؟). پاسخ‌ها به صورت نمره‌های لیکرت جمع‌آوری شده و بنابراین، فرضیه صفر برای این موارد به این شکل تدوین شد که «برای مرجع از مؤلفه‌های دانش مدل‌سازی، هیچ تفاوتی بین نمره‌های گزارش شده معلمان وجود ندارد». براساس آزمون شاپیرو-ویلک^۲ (González-Estrada et al., 2022) نمره‌های همه پرسش‌های پرسشنامه که برای تفاوت معنی‌دار مقایسه شدند، از توزیع طبیعی پیروی نمی‌کردند؛ بنابراین، مقایسه‌های زوجی بین نمرات دو پرسش به کمک آزمون رتبه علامت‌دار ویلکاکسون^۳ (Kolassa, 2020) انجام شد. این آزمون جایگزین آزمون پارامتریک تی وابسته^۴ برای توزیع‌های طبیعی است.

تحلیل پرسش‌های انتهاباز: آن گونه که گفته شد، در کنار برخی پرسش‌های پرسشنامه، این امکان وجود داشت که معلمان شرکت کننده در پژوهش، به صورت آزاد درباره پرسش اظهارنظر کنند. البته باید اشاره کرد که فقط ۲۶۱ نفر از ۲۹۵ معلم شرکت کننده در پژوهش مایل بودند که به صورت تشریحی به پرسش‌ها پاسخ دهند. روش تحلیل مضمون^۵ شش مرحله‌ای 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 شش گانه تحلیل مضمون را نمایش می‌دهد.



شکل ۲: مراحل شش گانه انجام تحلیل مضمون برگرفته از براون و کلارک (۲۰۰۶)

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

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

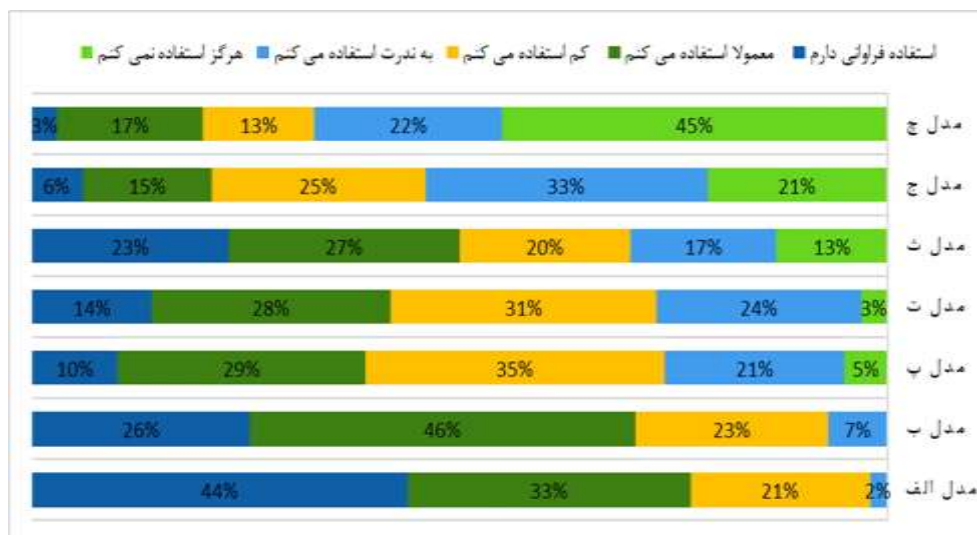
یافته‌ها

در بخش یافته‌های پژوهش سعی بر آن است که میزان استفاده معلمان علوم از مدل‌های مختلف، میزان مشارکت دادن 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.

جدول ۱: مشخصات جمعیت‌شناختی ۲۹۵ معلم مشارکت‌کننده در پژوهش

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

پرسش شماره ۱ پژوهش این بود که معلمان علوم تا چه میزان از انواع مدل‌ها هنگام تدریس استفاده می‌کنند؟. به منظور ارائه بهتر پاسخ، مدل‌ها براساس دسته‌بندی (Harrison & Treagust, 2000) طبقه‌بندی شد. براین اساس، مدل‌ها به هفت دسته الف) مدل به صورت نقشه‌ها و نمودارها، ب) مدل شامل نمادها، پ) مدل‌های سه بعدی 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 استفاده 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 به ندرت استفاده کرده‌اند. مدل‌های تعاملی و متحرک کمترین سهم را در استفاده 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 استفاده معلمان از مدل‌های مختلف وجود دارد. جدول ۲ نشان می‌دهد که معلمان درباره 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 آماره و پیلکاکسون را نمایش می‌دهد. آماره و پیلکاکسون به منظور مقایسه نظر معلمان درباره استفاده از انواع مدل‌ها استفاده شده است. در جدول ۲ مواردی که تفاوت بین مدل‌ها معنادار است ($p < 0.001$) با علامت * مشخص شده‌اند.

جدول ۲: مقایسه میانگین نظر معلمان برای استفاده از انواع مدل‌ها هنگام تدریس علوم (آزمون و پیلکاکسون)

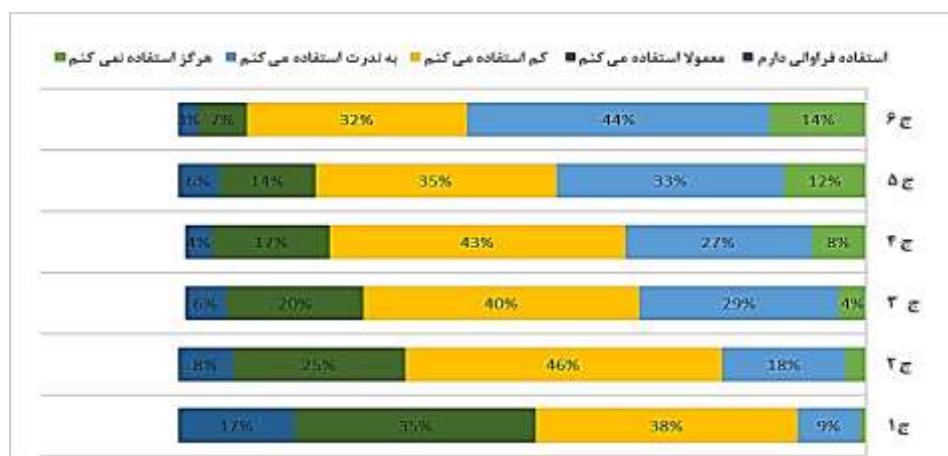
Table 2. Comparison of teachers' mean opinion for using various models when teaching science (Wilcoxon test)

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

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 ج) 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. نکته جالب اینجاست که این مدل‌ها مربوط به محتوای خاصی از کتاب‌های درسی دوره 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 چرخه آب در طبیعت، چرخه کربن در طبیعت، نقشه مسیر مدرسه تا خانه، زنجیره 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 پوسته زمین، لایه اوزون و جلوگیری از اشعه ماوراء بنفش، تداخل موج‌ها و نوسان‌ها مهم‌ترین اشاره 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: **ج ۱**) توصیف پدیده‌ها به کمک مدل‌ها؛ **ج ۲**) مشخص کردن تفاوت‌ها و شباهت‌ها بین پدیده‌ها و مدل‌ها؛ **ج ۳**) ارائه مدل خود دانش‌آموز از پدیده؛ **ج ۴**) ارائه و یا استفاده از مدل برای پیش‌بینی؛ **ج ۵**) طراحی مدل‌ها؛ و **ج ۶**) بازنگری مدل‌ها.



نمودار ۴: فراوانی میزان مشارکت دادن 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 مشارکت دادن شاگردان در جنبه‌های مختلف مدل‌سازی تفاوت معناداری وجود دارد. یافته‌های جدول ۳ نشان‌دهنده تفاوت‌های معنی‌داری بین نظرات معلمان در مشارکت دادن شاگردانشان در جنبه‌های مختلف مدل‌سازی است. در جدول ۳ تفاوت بین مدل‌ها معنادار است ($p < 0/001$) با علامت * مشخص شده‌اند.

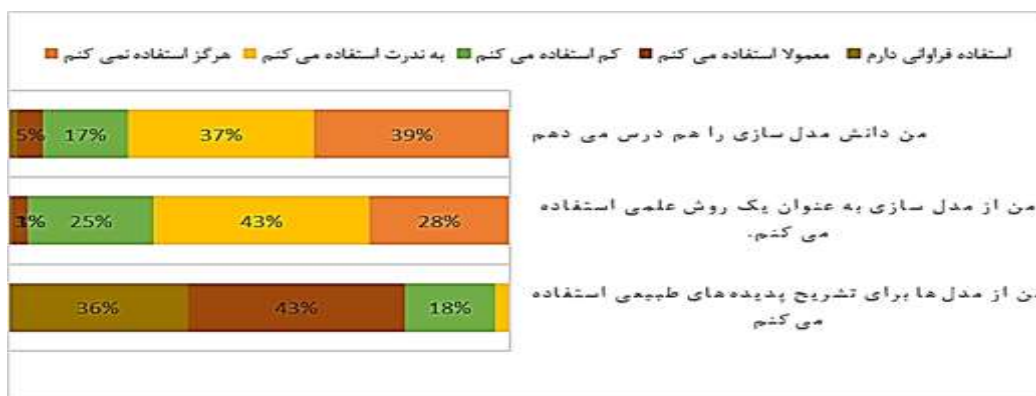
جدول ۳: مقایسه میانگین نظر معلمان برای مشارکت دادن دانش‌آموزان در جنبه‌های مختلف دانش مدل و فرامدل‌سازی (آزمون ویلکاکسون)
Table 3. Comparing the mean opinion of teachers to involve students in different aspects of model knowledge and meta-modeling (Wilcoxon test)

در مقایسه با جنبه مدل‌سازی ...						
جنبه مدل‌سازی	میانگین	انحراف استاندارد	ج ۲	ج ۳	ج ۴	ج ۵
ج ۱	۳/۹۸	۰/۹۱	*-۵/۶۱	*-۴/۳۳	*-۹/۱۷	*-۱۱/۳۲
ج ۲	۳/۶۵	۰/۸۲		*-۴/۳۱	*-۶/۱۲	*-۱۰/۵۴
ج ۳	۳/۱۲	۰/۸۸			-۱/۱۳	*-۳/۷۵
ج ۴	۲/۹۱	۱/۱۰				-۲/۸۷
ج ۵	۳/۷۴	۱/۲۱				
ج ۶	۲/۳۶	۰/۹۱				*-۶/۴۳

آزمون رتبه‌بندی ویلکاکسون نشان داد نمرات جنبه «توصیف پدیده‌های علمی با استفاده از مدل‌ها» به‌طور چشمگیری بالاتر از نمرات سایر جنبه‌های دانش مدل و فرامدل‌سازی است. معلمان علوم به‌طور مشخص توضیح به کمک مدل‌سازی، و توصیف پدیده‌ها را به پیش‌بینی، ارزیابی، طراحی و بازنگری مدل‌ها ترجیح می‌دهند. اگرچه طراحی مدل‌ها جنبه 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. در واقع، نمرات جنبه «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 رابطه بین آن داده‌ها و طراحی مدل، برای معلمان فقط نقشی جزئی دارد و این نشان‌دهنده 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 درجه دوم اهمیت در نظر معلمان علوم قرار دارد. نکته درخور توجه این است که نمرات «بازنگری مدل‌ها» به‌طور چشمگیری کمتر از نمرات سایر جنبه‌های مدل‌سازی است. به‌همین ترتیب، ۶۹ درصد 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^۱، انجام روش علمی^۲، و دانستن درباره علم^۳ سه هدف عمده در آموزش علوم هستند (Gouvea & Passmore, 2017). از معلمان درباره کاربرد مدل‌ها برای نزدیک شدن به این سه هدف نیز در پرسشنامه پرسش‌هایی پرسیده شد. نمودار ۵ نمایشگر نحوه پاسخ معلمان علوم به سه گویه گک (۱) من از مدل‌ها برای تشریح پدیده‌های طبیعی استفاده می‌کنم (یادگیری علوم)، گک (۲) من از مدل‌سازی به‌عنوان روش علمی مانند روش کاوشگری و یا کار عملی استفاده می‌کنم (انجام روش علمی)، گک (۳) من دانش مدل‌سازی را هم درس می‌دهم (دانستن درباره علم) است.



نمودار ۵: 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 درباره 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.

جدول ۴: مقایسه میانگین نظر معلمان درباره 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

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

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 درجه سوم فرادانش یا همان دانش فرامدل‌سازی (یادگیری درباره علم).

پرسش ششم پژوهش به این صورت مطرح شده است که «آیا معلمان استفاده از مدل‌ها را برای تدریس و یادگیری علوم مؤثر می‌دانند؟» و این فرضیه مطرح می‌شود که «از نظر معلمان استفاده از مدل برای تدریس و یادگیری علوم تأثیر گذار 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 آماره‌های دو برای نشان دادن معنادار بودن این نظرات در آن گزارش شده است. افرادی که نظری نداشتند و یا نظر ممتنع داشتند، در تحلیل وارد نشدند.

جدول ۵: میزان توافق معلمان درباره اثرات استفاده از مدل‌های مفهومی در تدریس

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

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

مطابق با جدول ۵، معلمان به‌طور مشخص بر این نکته تأکید داشتند که مدل‌ها به انتقال دانش علمی، درک روابط علی و کمک به یادگیری مفاهیم (یادگیری علم) کمک می‌کنند و تعداد نظرات موافق با نظرات مخالف تفاوت فاحشی دارد ($p < 0/01$). این یافته‌ها نشان داد معلمان علوم بر این باور هستند که ادغام دانش مدل‌سازی و فرامدل‌سازی در تدریس علوم در درجه 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 خواهد 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 به کمک مدل‌سازی، مفاهیم علمی را منتقل می‌کرده‌اند؛ اما پاسخ آن‌ها به سه پرسش پرسشنامه درباره درک آن‌ها از شایستگی مدل‌سازی نشان داد آشنایی ناچیزی با این مفهوم دارند. این پرسش‌ها عبارت بودند از: **ت ۱**) من با مفاهیم مربوط به شایستگی مدل‌سازی آشنا هستم و می‌توانم از آن‌ها در هنگام تدریس علوم بهره ببرم؛ **ت ۲**) من با مفاهیم مربوط به شایستگی مدل‌سازی آشنا هستم و می‌توانم این شایستگی‌ها را به شاگردانم یاد بدهم؛ و **ت ۳**) هنگام ارزشیابی شاگردانم با موضوع شایستگی مدل‌سازی، به‌خوبی می‌دانم به‌دنبال کدام نشانه‌های یادگیری باشم. تعداد زیادی از معلمان علوم شرکت‌کننده در پژوهش (۵۵ درصد) اظهار داشتند که با مفهوم شایستگی مدل‌سازی به‌منظور آموزش آشنا نیستند و این در حالی است که اکثر آنان (۷۲ درصد) در خود توانایی به‌منظور آموزش مهارت‌های مدل‌سازی نمی‌بینند و ۸۳ درصد از معلمان علوم شرکت‌کننده در پژوهش نمی‌توانند از نشانه‌های یادگیری مدل‌سازی برای ارزشیابی شاگردان استفاده کنند. یافته‌هایی که از اظهارنظر تشریحی معلمان درباره پرسش پنجم پژوهش به دست آمده، در ادامه گزارش شده است.

فقط ۵ درصد از معلمان علوم شرکت‌کننده در پژوهش موافق بودند یا کاملاً موافق بودند که در طول آموزش معلمان در دانشگاه‌های تربیت معلم و یا دانشگاه فرهنگیان دانش کافی درباره 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 (س ۱۲-۹۳)» و البته معلم دیگر اجرای چالش‌های جدید را کاری دشوار می‌دانست و چنین اظهار داشت: «خوشبختانه به آنجا می‌رسیم، ابد و یک روز» (س ۱۲-۲۰۳). 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 از جمله 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 باتوجه به شایستگی مدل‌سازی ارائه نشده است (س ۱۲-۴۵)» از این‌بابت نگران بودند که در برنامه درسی علوم و حتی برنامه 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 برنامه درسی موجود، رسیدن به مقاصد اصلی یادگیری علوم را با مشکل مواجه می‌کند. فقط ۲ درصد از معلمان اظهار داشتند که برنامه 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: «باتوجه به 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 (س ۱۲-۲۰۸)». بیش از ۸۰ درصد معلمان شرکت‌کننده، برنامه درسی موجود را برای تدریس مبتنی بر مدل و یا آموزش شایستگی‌های مدل‌سازی ناکافی و ناقص ارزیابی کرده‌اند. علاوه بر این، تعداد زیادی از معلمان علوم (۲۴۳ نفر) به طور 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 (س ۱۲-۱۲۰)».

تحلیل اظهار نظر معلمان در قسمت انتهاباز مربوط به پرسش مطرح شده در نمودار ۴ و ۵ مطالب دیگری را نیز آشکار کرد. معلمان از تطابق نداشتن ساعات اختصاص داده شده به تدریس هفتگی دروس فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی و برخی شرایط خارج از کلاس و برنامه درسی نیز نگران بودند و آن‌ها را عاملی محدودکننده برای استفاده از مهارت‌های مدل‌سازی در تدریس خود می‌دانستند. معلمی اظهار داشت: «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، به ندرت زمانی برای کار علمی و انجام روش علمی مثلاً مدل‌سازی برایمان پیش می‌آید (س ۱۲-۲۱۴)» یا که معلم دیگری می‌گوید: «با اندک ساعت تدریسی که داریم، تدریس بسیار تئوری می‌شود. باید برای امتحان‌ها هم که وقت بگذاریم (س ۱۲-۷۶)». تحلیل این مضامین نشان می‌دهد هم‌سوی بودن برنامه درسی و موضوع مدل‌سازی، تراکم زیاد مطالب درسی در هر پایه، کمبود زمان و همچنین، برخی الزامات و فشارهای خارج از برنامه درسی مانند ارزشیابی‌های پایان دوره یا آمادگی برای کنکور سراسری می‌تواند تلاش معلمان علوم را برای استفاده از شایستگی‌های مدل‌سازی در تدریس علوم تحت تأثیر قرار دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش به منظور سنجش درک معلمان علوم (فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) از دانش مدل و فرامدل‌سازی و همچنین، بررسی میزان استفاده آن‌ها از این دانش هنگام تدریس انجام گرفته است. یافته‌های این مطالعه نشان داد معلمان به دلیل 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 دوره 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؛ به گونه‌ای که معلمان نمی‌توانند به خوبی مراحل مدل‌سازی را در کلاس اجرا کنند و خود معلمان دلیل آن را درک پایین از موضوع مدل‌سازی در علوم می‌دانستند.

پژوهشگران حوزه 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 درباره 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 برآورده شدن هدف اول یعنی تقویت یادگیری دانش محتوایی و درک روابط علی 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 درباره علم باعث استفاده کم از دانش مدل و به‌کارنگرفتن شایستگی‌های فرامدل‌سازی برای تدریس شده است. با نگاهی گذرا به محتوای درس علوم در دوره 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 دوره 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. در واقع، صحبت صریح درباره 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 برنامه 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 به کمک 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 در صورتی است که همواره به معلمان توصیه می‌شود تا بین دانسته‌های گذشته دانش‌آموزان و تجربه‌های روزمره آن‌ها به کمک 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 نظریه سازنده‌گرایی نیز هست، فرصتی را برای مشارکت دانش‌آموزان در یادگیری علوم ایجاد می‌کند و به کمک تعامل بین دانش، مدل و داده‌های تجربی می‌توان به یادگیری عمق بیشتری بخشید. طبق نظر لِر و شوبل نباید اجازه داد که یک روش تدریس که فقط فرصت‌های محدودی برای دانش‌آموزان ایجاد می‌کند، تجربه 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 شرکت کننده در این پژوهش در بیشتر مواقع از نقاشی‌ها، نمودارها و نمادها به منظور مدل‌سازی علمی در هنگام تدریس استفاده کرده‌اند و کمتر به سراغ مدل‌های نظری، تعاملی و حرکتی رفته‌اند. نقاشی‌ها و نمودارها به طور 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. در مقابل، 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 نه تنها جنبه برجسته مدل‌سازی علمی است، بلکه باید جنبه مهمی از مشارکت دانش‌آموزان در فعالیت‌های کلاسی باشد (Baek & Schwarz, 2015; Krell & Krüger, 2016).

معلمان شرکت کننده 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 به‌شيوه‌ای 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 شرکت کننده 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 در جهت بهبود مهارت‌های مدل‌سازی، تدریس دانش فرامدل‌سازی و افزایش انگیزه معلمان کمک کند.

پیشنهاد صریح این پژوهش بازبینی برنامه درسی علوم دوره 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 برنامه درسی علوم به دانش مدل و آموزش دانش فرامدل‌سازی به‌طور آشکار است، و محور دوم مطابقت دادن ساعات تدریس علوم با برنامه درسی بازبینی شده است. برنامه درسی تازه باید هم در سطح مدرسه و هم در سطح مراکز تربیت معلم (دانشگاه فرهنگیان) قابلیت اجرا داشته باشد. شایسته است که برنامه درسی بازبینی شده قابلیت هم‌سویی بهتر بین اهداف آموزش مدل‌سازی و امتحانات را داشته باشد؛ چراکه معلمان علوم شرکت کننده در پژوهش یکی از موانع بر سر راه استفاده از مهارت‌های مدل‌سازی در تدریس را شیوه 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 برنامه درسی تربیت معلم نیاز دارد و به حمایت و زمان زیادی احتیاج خواهد داشت.

یک محدودیت عمومی برای پژوهش‌های توصیفی که به کمک 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 به کمک پرسشنامه مصاحبه‌ای ساختارمند نیز انجام شده است. البته پرسش‌ها چند بار به کمک 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 به منظور ایجاد زیرمقیاس‌هایی که موضوع خاص و جزئی‌تری را بررسی می‌کنند و درک معلمان از مفاهیم مدل را بهتر منعکس می‌کنند، هم قابل درک بودن پرسشنامه را بالاتر می‌برد و هم اطلاعات عمیق‌تری درباره دانش مدل‌سازی و فرامدل‌سازی معلمان جمع‌آوری می‌شود. پیشنهاد بهتر پژوهشگران این پژوهش، استفاده از مصاحبه حضوری و ساختاریافته برای درک عمیق‌تر موضوع است.

محدودیت دیگر مربوط به صادقانه بودن پاسخ‌های معلمان علوم دوره دوم متوسطه است. به طور 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 نحوه انتخاب معلمان در نظرسنجی پرسشنامه است. پژوهشگران به درستی نمی‌دانند معیار سرگروه‌های آموزشی استان‌ها و برخی مدیران برای معرفی معلمان چه بوده است. همچنین، به درستی نمی‌دانند که آیا معلمانی که در پژوهش شرکت کرده‌اند، مشکل خاصی در وظایف معلمی و اجرایی داشته‌اند یا خیر؛ مثلاً انسان‌های بانگیزه و علاقه‌مند به معلمی بوده‌اند یا خیر. محدودیت دیگر اینکه انتخاب معلمان از دوره دوم متوسطه تعمیم یافته‌ها به سایر دوره‌های آموزشی را با محدودیت روبه‌رو می‌کند.

با وجود محدودیت‌های یادشده، این پژوهش این امکان را داد تا برخی از ویژگی‌های مهم در عملکرد معلمان علوم، به همراه دلایل منطقی برای استفاده کردن و یا استفاده نکردن از شایستگی‌های مدل‌سازی در تدریس شناسایی شود. مطابق یافته‌های این پژوهش می‌توان چنین نتیجه گرفت که ترکیبی از برنامه درسی ضعیف، فرصت‌های ناکافی برای به اشتراک گذاشتن دانش بین معلمان، حمایت‌های ناکافی از معلمان، تطابق نداشتن برنامه درسی با ساعات تدریس، و شکل برگزاری امتحانات و ارزشیابی شاگردان، بیشترین مواردی است که معلمان علوم دوره 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 درباره اینکه معلمان علوم دوره دوم متوسطه در ایران چرا و چگونه از مدل‌ها در تدریس استفاده می‌کنند یا چه موانعی بر سر راه آن‌ها برای استفاده نکردن از مدل‌ها وجود دارد، در دسترس پژوهشگران قرار نداشته است. این نکته شایان ذکر است که این پژوهش به طور قطعی مشخص نکرده است که آیا معلمان صرفاً ترجیح می‌دهند از نقاشی‌ها، نمودارها و نمادها به جای شبیه‌سازی‌های تعاملی و سایر انواع مدل‌ها استفاده کنند یا اینکه استفاده محدود از این نوع مدل‌ها ناشی از کمبود دانش فنی و یا نقص در برنامه درسی و امکانات آموزشی است. نگارندگان پژوهش‌های کیفی و یا ترکیبی بیشتر را که بتواند درک عمیق‌تری از شایستگی‌های مدل‌سازی و نحوه 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 همه معلمان علوم (فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) هستند که برای پاسخ‌گویی به پرسشنامه‌ها وقت و حوصله کافی را منظور داشتند.

تعارض منافع

نویسندگان این پژوهش هیچ گونه تعارض منافی برای آشکار کردن ندارند.

منابع

جهانی‌فر، مجتبی، و دهقانی، فاطمه (۱۴۰۱). واکاوی شایستگی‌های مدل‌سازی علمی در دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه. *مطالعات آموزش و یادگیری*، ۱۴ (۲)، ۱۰۵-۱۲۵. 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>

