Journal of Training & Learning Researches

Assessing and Comparing the Epistemological Gap Between Teachers and Students Regarding the Scientific Models and Modeling

DOI: 10.22070/tlr.2025.18733.1549

Mojtaba Jahanifar [*1]

1. *Assistant Professor, Department of Education, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (Corresponding Author)*
   Email: M.jahanifar@scu.ac.ir

Received on: **22/01/2024**

Revised on: **07/08/2025**

Accepted on: **18/11/2025**

CC BY NC

Research Article

Vol. 23, No. 1, Serial 43

Spring & Summer 2026

pp: 169-182

Abstract

Aim and introduction: Science education consistently emphasizes scientific models and modeling as essential tools for better understanding the natural world. This focus is reflected in globally recognized educational standards, such as the National Science Education Standards (2012), the Next Generation Science Standards (2013), the science curricula of countries like Canada and Australia, and parts of the national curriculum in Iran. A correct understanding of models as cognitive tools is crucial for students to grasp the natural world and enhance their science learning. Modeling lies at the core of all scientific activity and is considered an integral part of teaching and learning science. Conversely, teachers' knowledge of models and their perspectives on modeling significantly influence their instructional approaches and classroom practices. However, both students' and teachers' understanding may diverge from the fundamental nature of science and scientific modeling. The gap between students' and teachers' comprehension and perspectives can impact the educational process; a wide gap may hinder cooperative learning opportunities and experiences. This research aims to examine the relationship between students' and teachers' understanding of scientific models and their modeling performance, with the goal of using the findings to offer recommendations for improving science teaching in secondary schools and enhancing the curriculum in teacher education programs at universities.

Methodology: In this study, 431 students from the 10th and 11th grades of secondary high schools in Ahvaz, along with 41 science teachers (specializing in physics, chemistry, and biology) who were accessible to the researcher, participated. The questionnaire titled "Students' Understanding of Models in Science, by Treagust et al. in 2002, was used to assess students' comprehension of scientific models. In this research, the questionnaire was also adapted to evaluate teachers' understanding. A similar modeling activity was designed for both teachers and students. Using a leveling scheme developed by the researcher, each participant was assigned a rating based on their performance in the modeling activity. This design was inspired by the coding frameworks of Nguyen et al. (2021), Cheng et al. (2021), and Cheng and Brown (2015), and was employed to stratify participants according to their model-building abilities. Descriptive statistics were used to summarize the performance of students and teachers on the model understanding questionnaire. To compare the distribution of participants across different levels of model construction, Chi-square tests were conducted. Since students' and teachers' understanding of models was measured on an interval scale, and their modeling levels were measured on an ordinal scale, the biserial correlation coefficient was used to assess the relationship between these two variables.

Finding: Teachers demonstrated superiority over students in all dimensions of model understanding ($p < 0.1$). The difference in average model understanding between teachers and students was significant, except in the dimension of "models

Journal of Training & Learning Researches

Received on: **22/01/2024**

Revised on: **07/08/2025**

Accepted on: **18/11/2025**

CC BY NC

Research Article

Vol. 23, No. 1, Serial 43

Spring & Summer 2026

pp: 169-182

as exact copies, significant difference was observed. Considering that effect sizes between 0.2 and 0.5 are moderate (Shaffer & Schwartz, 2019), it can be concluded that there is a gap between students' and teachers' understanding across all dimensions. However, in the "models as exact copies", the gap is not significant, indicating that both groups have a similar understanding of models in this regard. Overall, teachers have a better understanding of models than their students, revealing a knowledge gap between the two groups. There is a significant difference in the ability of teachers and students to construct conceptual models of the natural world. At the second and third levels of model building, teachers outperformed students. However, at the first level of model building, students performed better than teachers, suggesting a lower ability among students to create models compared to teachers. It is noteworthy that only a small percentage of both teachers and students reached high levels of model construction: 7% of teachers and 5% of students attained the third level. The average correlation values indicate that the ability of both students and teachers to build models increases with their understanding of different aspects of modeling. In other words, the higher the understanding of the model, the greater the ability to construct models. An exception to this trend is the "models as exact copies" the more students and teachers perceive models as exact copies of reality (i.e., the lower their score in this dimension), the higher their modeling ability. Fisher's z-test was used to compare the correlations, revealing a significant difference in correlation coefficients between teachers and students. This indicates that the relationship between the ability to build models and the understanding of models is stronger among teachers than students, highlighting a gap between the two groups in this regard.

Discussion and Conclusions: This study's results reveal a gap between students' and teachers' understanding of conceptual models, which has led to differences in their performance in scientific modeling. This discrepancy affects how both students and teachers interpret and explain the natural world, sometimes resulting in differing or even contradictory understandings. In this research, physics, chemistry, and biology teachers did not consistently demonstrate more complex interpretations of scientific models than their students. Teachers' performance was similar to that of students in abstract modeling, application to complex cognitive situations, and higher-order thinking processes such as reasoning, prediction, and problem-solving. Like students, most teachers viewed models as exact replicas of nature and primarily used them to describe events. To enhance their understanding of the nature of scientific models, teachers should engage in modeling practice during their training programs at Farhangian University or any institution that prepares science teachers (in physics, chemistry, and biology). Given the low scores in some dimensions of teachers' understanding of scientific models, it is essential for teachers to recognize that models serve as theoretical and abstract representations. Finally, the perception of models as exact copies of reality must be revised. Teachers should instead use models as valuable cognitive tools for describing, explaining, predicting, and solving problems.

Keywords: Science education, Science curriculum, The nature of models, Model-based teaching.

نشریه علمی
پژوهش‌های
آموزش و یادگیری

سنجش و مقایسهٔ شکاف معرفتی معلمان و دانش‌آموزان نسبت به مدل و مدل‌سازی علمی

DOI: 10.22070/tlr.2025.18733.1549

مجتبی جهانی‌فر [*۱]

۱. دانشیار، گروه علوم تربیتی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. (نویسندهٔ مسئول)
Email: m.jahanifar@scu.ac.ir

چکیده

دانشمندان برای توصیف و پیش‌بینی دنیای واقعی از مدل‌ها استفاده می‌کنند. دانش‌آموزان و معلمان نیز برای آموزش علوم، از مدل‌ها استفاده می‌کنند. برنامه‌های درسی و استانداردهای آموزش علوم همواره بر مدل‌ها تأکید می‌کنند. ازطرفی نزدیکی دیدگاه معلمان و دانش‌آموزان در موضوعات درسی اثربخشی آموزش را افزایش می‌دهد. این پژوهش ضمن سنجش عملکرد معلمان و دانش‌آموزان در مدل‌سازی، میزان درک آن‌ها را از مدل‌ها سنجیده و با یکدیگر مقایسه کرده است. جامعهٔ پژوهش دانش‌آموزان دورهٔ متوسطه در شهر اهواز و معلمان دروس علوم پایهٔ آن شهر هستند. از ۴۱ معلم فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی و ۴۳۱ دانش‌آموز پایه‌های دهم و یازدهم دورهٔ دوم متوسطه خواسته شده تا پس از انجام مدل‌سازی، به پرسش‌نامهٔ استاندارد درک از مدل پاسخ دهند. سنجش عملکردها نشان داد که توانایی معلمان در ساختن و درک از مدل، تفاوت آشکاری با دانش‌آموزان دارد. باوجوداین، معلمان از نظر بازنمایی نظری و درک مدل‌ها به‌عنوان کپی دقیق از واقعیت، مشکلاتی مشابه دانش‌آموزان داشتند؛ به‌طوری که دانش‌آموزان و معلمانی که مدل را کپی دقیق از واقعیت می‌دانستند، توانایی کمی در ساخت مدل داشتند. نتیجه اینکه به‌دلیل شکاف بین درک معلمان و دانش‌آموزان از ماهیت، هدف و کاربرد مدل‌ها، عملکرد متفاوتی در ساخت مدل و یادگیری ازطریق مدل‌ها در آن‌ها دیده می‌شود. تغییر در برنامهٔ درسی تربیت معلمان علوم برای ترویج مدل‌سازی و تدریس مبتنی‌بر مدل، به‌همراه توجه بیشتر برنامهٔ درسی دورهٔ متوسطه به مدل‌سازی علمی می‌تواند ضمن پر کردن شکاف بین درک معلمان و دانش‌آموزان از مدل، موجب یادگیری بهتر موضوعات علمی شود.

واژگان کلیدی: آموزش علوم، شکاف معرفتی، مدل‌سازی علمی، دورهٔ دوم متوسطه.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۲
تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۴/۰۵/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۷

CC BY NC

مقاله پژوهشی

Journal of Training & Learning Researches
Vol. 23, No. 1, Serial 43
Spring & Summer 2026

دوره ۲۳، شماره ۱، پیاپی ۴۳
بهار و تابستان ۱۴۰۵
صص: ۱۸۲-۱۶۹

نشریه علمی پژوهش‌های آموزش و یادگیری / دوره ۲۳ / شماره ۱ / پیاپی ۴۳ / بهار و تابستان ۱۴۰۵ / صص ۱۸۲-۱۶۹
Scientific Journal of Training & Learning Researches / Vol.23, No.1, Serial 43, Spring & Summer 2026, pp. 169-182

مقدمه

در چند دهۀ گذشته، پژوهشگران، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران آموزشی بر مشارکت فعال‌تر و ایجاد شیوه‌های تازۀ آموزش علوم تأکید کرده‌اند. یکی از مهم‌ترین برنامه‌ها درگیر کردن دانش‌آموزان در فعالیت‌های علمی است تا بتوانند همانند دانشمندان کاوشگری کنند، از دنیای واقعی مدل‌های مفهومی بسازند و به کمک آن‌ها رخدادهای طبیعی را توصیف و پیش‌بینی کنند [۱]. درک مدل‌های علمی و ساختن مدل برای فهم بهتر دنیای واقعی، در آموزش علوم همواره مورد تأکید بوده است که این موضوع را می‌توان در استانداردهای آموزشی معتبر دنیا مانند استاندارد ملی آموزش علوم،[1] استاندارد علوم نسل آینده،[2] برنامۀ درسی علوم کشورهای کانادا،[3] استرالیا[4] و البته در قسمت‌هایی از برنامۀ درسی ملی ایران به‌خوبی مشاهده کرد. کاوشگری علمی هرگاه در کنار مدل‌سازی قرار بگیرد، می‌تواند گرایش دانش‌آموزان به علم را افزایش دهد و مهارت‌های تفکر و استدلال علمی آنان را توسعه بخشد [۲]. مدل‌سازی یک فعالیت علمی برای دانش‌آموزان است تا به کمک آن به استدلال علمی دست بزنند و مفاهیم علمی را به کمک پرسشگری و به‌صورت مشارکتی[5] فرابگیرند [۳]. این درک که یادگیری علوم می‌تواند به کمک مدل و مدل‌سازی انجام بگیرد، از فلسفه و ماهیت علم استخراج شده است و نمایش سیستم‌ها و ایده‌های علمی ازطریق مدل‌ها می‌تواند به فهم بهتر علم کمک کند [٤]. مدل‌ها ابزارهای شناختی هستند که دانشمندان به کمک آن‌ها دیدگاه‌ها و مفاهیم علمی را معنی می‌بخشند و به فرضیه‌سازی، حل مسائل علمی و پیش‌بینی دست می‌زنند؛ به‌طوری که استفاده از مدل‌ها در یادگیری علوم فقط به دانش، توصیف و بازنمایی (کپی) صرف از واقعیت محدود نشود [۵].

بررسی پیشینۀ موضوع نشان می‌دهد که درک از مدل‌ها و مدل‌سازی در آموزش علوم شامل سه بخش مجزا است: ماهیت مدل‌ها،[6] هدف مدل‌ها[7] و فرایند مدل‌سازی.[8] ماهیت مدل‌ها شامل باورهای هستی‌شناختی دربارۀ رابطۀ بین مدل‌های علمی و دنیای واقعی است. هدف مدل‌ها منعکس‌کنندۀ کارکردهای مختلف مدل‌های علمی ازجمله استفاده از آن‌ها به‌عنوان ابزاری برای توضیح، پیش‌بینی یا تجسم رویدادهای طبیعی یا به‌عنوان یک ابزار استدلال برای آزمایش ایده‌ها یا به‌عنوان یک ابزار ارتباطی برای بیان ایده‌هاست [٦، ۷]. فرایند مدل‌سازی علمی شامل توسعۀ مداوم، بررسی، تجدیدنظر و جایگزینی احتمالی مدل‌ها است [۸]. اما واقعیت این است که بین درک معرفت‌شناسی از ماهیت علم و استفادۀ دانشمندان از مدل‌های علمی و درک مدل در فرایند آموزش علم توسط معلمان و دانش‌آموزان تفاوت‌هایی وجود دارد. به همین دلیل است که بسیاری از استانداردهای آموزشی و برنامه‌های درسی در سرتاسر دنیا به درک و انجام فعالیت مدل‌سازی در کلاس درس علوم تأکید می‌کنند [۹]. باوجوداین، پژوهش‌هایی در داخل و خارج از ایران نشان داده‌اند که دانش‌آموزان ممکن است درک مناسبی از مدل‌های علمی نداشته باشند و مدل‌ها را فقط تکرار و کپی پدیده‌های واقعی بدانند [۱۰-۱۳]. نتیجۀ مصاحبۀ جهانی‌فر و دهقانی (۲۰۲۲) با ۱۰ دانش‌آموز ایرانی پایۀ یازدهم دربارۀ درک آن‌ها از مدل و مدل‌سازی نشان داد که در درس‌های فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی بیشتر در سطح اول درک مدل (مدل به‌عنوان توصیف و کپی واقعیت) قرار دارند و درصد کمی از آن‌ها به سطوح بالاتر درک از مدل‌ها (استفاده از مدل برای استدلال، فرضیه‌سازی و پیش‌بینی) رسیده بودند [۳۰]. مشکل اساسی درک دانش‌آموزان از مدل‌های علمی این است که آن‌ها فقط مدل‌ها را به عنوان ابزاری برای دریافت اطلاعات دیداری از

1. National Science Education Standards
2. Next generation science standard
3. BCMOE
4. ACARA
5. Collaborative sense-making
6. Nature of models
7. Purpose of models
8. Modeling

پدیده‌های علمی می‌شناسند؛ بنابراین دانش‌آموزان تمایل دارند که مدل‌های علمی را به‌عنوان فقط کپی‌های کاربردی از پدیده‌های واقعی درک کنند، نه به‌عنوان بازنمایی‌های نظری برای کاوش در پدیده‌ها و استدلال دربارهٔ مفاهیم علمی [۱٤، ۱۵]. نداشتن درک صحیح از مدل‌ها و مدل‌سازی در کلاس درس فقط مختص دانش‌آموزان نیست، بلکه معلمان نیز دریافت چندان درستی از مدل‌ها به‌عنوان ابزار شناختی و کاربردی برای تدریس ندارند. معلمان باتجربه اگرچه این تصور کلی را دارند که مدل نمایش ساده‌شده از واقعیت است، اما شناخت‌های کاملاً متفاوتی دربارهٔ مدل‌ها و مدل‌سازی در علم دارند و هدف از مدل‌سازی، کارکرد یک مدل و ماهیت مدل‌ها را متفاوت‌تر از آن چیزی می‌دانند که در ماهیت و فلسفهٔ علم به آن اشاره شده است. البته، این شکاف معرفت‌شناختی هم در دانش‌آموزان و هم در معلمان دیده شده است [۱۸]. جمع‌بندی پیشینهٔ نظری این مطالعه شکاف واضحی بین دیدگاه‌های معتبر معرفت‌شناسی دربارهٔ ماهیت، هدف و کاربرد مدل‌ها (آنچه در فلسفهٔ علم آمده و دانشمندان واقعی آن‌گونه عمل می‌کنند) و درک دانش‌آموزان و معلمان از مدل را نشان داد و پیشینهٔ تجربی نشان داد که درک نادرست از مدل‌سازی فقط مختص دانش‌آموزان نبوده و معلمان نیز درک چندان درستی از مدل‌ها و فرایند ساخت آن‌ها ندارند.

درک صحیح دانش‌آموزان از مدل به‌عنوان یک ابزار شناختی، برای فهم دنیای واقعی و یادگیری بهتر علم ضروری به نظر می‌رسد [۱۹،۲۰] و مدل‌سازی در قلب هر فعالیت علمی قرار دارد و به‌عنوان بخشی اساسی از آموزش و یادگیری علم به حساب می‌آید [۲۱، ۲۲]. ازطرف‌دیگر، ایده‌های معرفتی معلمان دربارهٔ مدل‌ها و دیدگاه آن‌ها دربارهٔ مدل‌سازی بر تدریس و نحوهٔ فعالیت آن‌ها در کلاس درس علوم تأثیر می‌گذارد [۱۸]. البته، درک هر دو دسته ممکن است از ماهیت اصلی علم و مدل‌سازی در علم به دور باشد. ازآنجایی‌که شکاف بین درک و دیدگاه دانش‌آموزان و معلمان می‌تواند در فرایند آموزش تأثیرگذار بوده و با عمیق بودن این شکاف، بیم آن می‌رود که فرصت‌ها و تجربه‌های یادگیری مشارکتی از بین بروند، این پژوهش به دنبال سنجش رابطه بین درک دانش‌آموزان و معلمان از مدل‌های علمی و عملکرد مدل‌سازی آنان است تا به کمک یافته‌های آن پیشنهادهایی برای بهتر شدن تدریس علوم در دبیرستان‌های متوسطهٔ دوم و بهبود برنامهٔ درسی در دانشگاه‌هایی که معلم تربیت می‌کنند (ازجمله دانشگاه فرهنگیان) ارائه دهد. این پژوهش به دنبال پاسخ صریح به این سؤالات است:

۱. معلمان و دانش‌آموزان چه درکی از مدل‌های علمی دارند؟
۲. توانایی آن‌ها در ساخت مدل در چه سطحی است؟
۳. تفاوت‌های موجود بین درک معلمان و دانش‌آموزان از مدل‌های علمی در کجاست و چگونه این تفاوت‌ها بر عملکرد آن‌ها در فرایند مدل‌سازی تأثیر می‌گذارد؟

روش‌شناسی

این پژوهش به‌لحاظ روش کمی بوده و با رویکرد توصیفی انجام گرفته است. دانش‌آموزان دورهٔ دوم متوسطه در شهر اهواز در رشته‌های ریاضی و تجربی و معلمان دروس علوم پایه، جامعهٔ پژوهش را تشکیل می‌دهند. در این پژوهش ٤۳۱ دانش‌آموز در پایه‌های دهم و یازدهم رشته‌های تجربی و ریاضی دورهٔ دوم متوسطه در شهر اهواز و ٤۱ معلم علوم (فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) مشارکت داشتند. ۲۸۵ نفر (٦٦٪) از دانش‌آموزان شرکت‌کننده را دختران و ۱٤٦ نفر (۳٤٪) از آن‌ها را پسران تشکیل می‌دادند. ۲۱۱ نفر (٤۸٪) از مشارکت‌کنندگان را دانش‌آموزان پایهٔ دهم و۲۲۰ نفر (۵۲٪) را پایهٔ یازدهم تشکیل می‌دادند. تمام دانش‌آموزان از مدارس دولتی شهر اهواز انتخاب شدند. ۲۷ نفر (٦۵٪) از معلمان شرکت‌کننده را زنان و ۱٤ نفر (۳۵٪) را مردان تشکیل می‌دادند. میانگین سابقهٔ کار

معلمان بیشتر از ۱۰ سال بود و ۱۶ نفر (۳۹٪) از آن‌ها را دبیران فیزیک، ۱۴ نفر (۳۴٪) از آن‌ها را دبیران شیمی و ۱۱ نفر (۲۷٪) از آن‌ها را دبیران زیست‌شناسی تشکیل می‌دادند. هم معلمان و هم دانش‌آموزان در فعالیت مدل‌سازی طرح‌ریزی‌شده پژوهشگر شرکت کردند و به گویه‌های پرسش‌نامه‌ای که در ادامه معرفی خواهد شد، پاسخ دادند.

ابزارهای استفاده‌شده در پژوهش عبارت بودند از:

الف) درک دانش‌آموزان و معلمان از مدل: «درک دانش‌آموزان از مدل‌ها در علم»[1] نام پرسش‌نامه‌ای است که تریگوست و همکاران در سال ۲۰۰۲ برای سنجش درک دانش‌آموزان از مدل‌ها طراحی کرده‌اند. در این پژوهش، علاوه‌بر سنجش درک دانش‌آموزان، برای سنجش درک معلمان نیز از آن استفاده شد. ازآنجاکه ابزار SUMS به‌طور اختصاصی برای سنجش درک دانش‌آموزان طراحی شده است؛ در این پژوهش، به‌منظور مقایسهٔ دیدگاه‌های معلمان و دانش‌آموزان و البته، نبود ابزار معتبر مشابه برای معلمان با حفظ شرایط اجرا و تحلیل، برای معلمان نیز استفاده شد. این موضوع به‌عنوان یکی از محدودیت‌های ابزار در بخش بحث ذکر شده است.

این ابزار دارای پنج بعد است که عبارت‌اند از:

۱. بعد «مدل‌ها به‌عنوان نمایش‌های چندگانه» که دارای هشت گویه است و دیدگاه دانش‌آموزان را دربارهٔ استفاده از مدل‌های متعدد برای نمایش دیدگاه‌های مختلف برای یک رویداد یکسان اندازه می‌گیرد.
۲. بعد «مدل‌ها به‌عنوان نسخه‌های دقیق (کپی)» که دارای هشت گویه است و درک دانش‌آموزان را دربارهٔ استفاده از مدل‌ها به‌عنوان بازنمایی مبتنی‌بر ایده از رویدادهای واقعی اندازه می‌گیرد.
۳. بعد «مدل‌ها به‌عنوان ابزار توضیحی» که دارای پنج گویه است و درک دانش‌آموزان از مدل‌ها را به‌عنوان ابزار توضیحی و ارتباطی اندازه می‌گیرد.
۴. بعد «استفاده از مدل‌های علمی» که دارای سه گویه است و ادراک دانش‌آموزان را از مدل‌ها به‌عنوان ابزار شناختی برای ساخت نظریه‌ها و پیش‌بینی پدیده‌های علمی بررسی می‌کند.
۵. بعد «ماهیت متغیر مدل‌ها» که سه گویه دارد و میزان درک دانش‌آموزان از اینکه مدل‌ها براساس نظریه‌ها و فهم‌های تازه قابل تجدیدنظر، جایگزینی و اصلاح هستند، اندازه‌گیری می‌کند.

پاسخ‌های دانش‌آموزان و معلمان براساس مقیاس پنج درجه‌ای لیکرت جمع‌آوری شد که از کاملاً مخالف ۱ تا کاملاً موافق ۵ متغیر است، میانگین نمرات هر بعد بین ۱ تا ۵ است. برای هر بعد به‌جز بعد «مدل‌ها به‌عنوان نسخه‌های دقیق» نمرهٔ بالاتر نشان‌دهندهٔ درک بهتری از مدل‌ها است، اما در مورد بعد اشاره شده که نمرهٔ پایین‌تر درک بهتری از مدل‌ها را نشان می‌دهد. در این پژوهش، کمترین و بیشترین ضریب پایایی در بین همهٔ ابعاد پرسش‌نامه برای دانش‌آموزان ۰/۷۳ و ۰/۸۱ و برای معلمان ۰/۸۲ و ۰/۸۶ بودند که مقادیر مطلوب برای پایایی به شمار می‌روند. این مقادیر برای پژوهش تریگوست و همکاران ۲۰۰۲ که فقط برای دانش‌آموزان اجرا شده بود، بین ۰/۷۳ تا ۰/۸۵ بوده است. در پژوهش مشهدی‌زاده (۱۴۰۲) پرسش‌نامهٔ تریگوست و همکاران ترجمه و روایی آن تأیید شده است. در جدول (۱) ابعاد و تعدادی از گویه‌های مربوط به آن را ملاحظه می‌کنید.

ب) سنجش سطح فعالیت مدل‌سازی دانش‌آموزان و معلمان: برای معلمان و دانش‌آموزان فعالیت مدل‌سازی مشابهی طراحی شد و به کمک طرح سطح‌بندی، که پژوهشگر طراحی کرده بود، به هر معلم و دانش‌آموز رتبهٔ ساخت مدل داده شد. این طرح با ایده گرفتن از طرح‌های کدگذاری [۱۳]، [۲۳] و [۲۴] ایجاد شده که در این پژوهش برای سطح‌بندی افراد برای توانایی ساخت مدل استفاده شد. فعالیت مدل‌سازی این‌گونه مطرح شده است که یک سؤال که نمونهٔ آن را برای درس فیزیک در شکل (۱) ملاحظه می‌کنید، از دانش‌آموزان و معلمان پرسیده شده و از آن‌ها خواسته شده که به کمک مدل‌سازی روی کاغذ، دربارهٔ یک رویداد واقعی

1. Students' Understanding of Models in Science (SUMS)

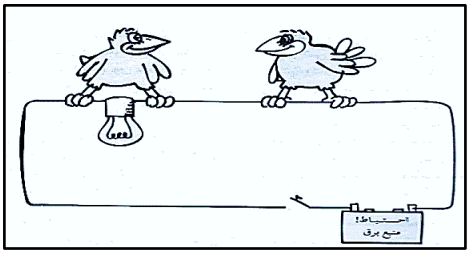
استدلال کنند و به پیش‌بینی دست بزنند. این سؤال فقط برای دبیران فیزیک و دانش‌آموزان آن‌ها طراحی شده است. سؤال‌ها برای دبیران شیمی و زیست‌شناسی و دانش‌آموزان آن‌ها متفاوت بود.

طرح سطح‌بندی ساخت مدل توسط دانش‌آموزان و معلمان به‌صورت جدول (۲) ارائه شده است، در این طرح دانش‌آموزان و معلمان براساس مدلی که طراحی کرده‌اند، در سه سطح رتبه‌بندی شده‌اند.

جدول (۱) ابعاد و برخی گویه‌های پرسش‌نامهٔ تریگوست و همکاران

بعد	برخی گویه‌ها
مدل‌ها و نمایش چندگانه	بسیاری از مدل‌ها نسخه‌های مختلفی از یک پدیده را نشان می‌دهند. بسیاری از مدل‌ها قسمت‌های مختلف یک شیء را متفاوت نشان می‌دهند.
مدل‌ها و نسخه‌های کپی	یک مدل باید ماکت دقیقی از شیء باشد. یک مدل باید به واقعیت نزدیک باشد.
مدل‌ها ابزار توضیحی	یک مدل نشان می‌دهد که یک شیء واقعی چه کاری انجام می‌دهد و چگونه به نظر می‌رسد. مدل‌ها برای نمایش فیزیکی یا ظاهری یک شیء استفاده می‌شود.
استفاده از مدل‌های علمی	از مدل‌ها برای نشان دادن یک ایده و اندیشه استفاده می‌شود. از مدل‌ها برای ساختن و آزمایش پیش‌بینی‌ها دربارهٔ رویدادهای علمی استفاده می‌شود.
ماهیت متغیر مدل‌ها	اگر یافته‌های جدیدی وجود داشته باشند، یک مدل می‌تواند تغییر کند. اگر نظریه‌ها یا شواهد جدید خلاف یک مدل را ثابت کنند، آن مدل می‌تواند تغییر کند.

دو پرنده روی سیم رسانا که عایق‌بندی نشده است، نشسته‌اند. درصورتی‌که جریان الکتریکی را وصل کنیم، کدام پرنده دچار برق‌گرفتگی خواهد شد؟



شکل (۱) نمونه سؤال مطرح‌شده برای دانش‌آموزان و معلمان برای پاسخ‌گویی به کمک مدل‌سازی

برای رسیدن به چهارچوب عینی رتبه‌بندی، ابتدا از سه دبیر باسابقه (به‌جز دبیران مشارکت‌کننده در طرح)، که سابقهٔ بیش از ده سال تدریس داشتند، خواسته شد تا ۴۰ پاسخ‌نامه را به‌صورت تصادفی کدگذاری و سپس افراد را براساس مدلی که ساخته و تبیین کرده‌اند، رتبه‌بندی کنند. سطح هر دانش‌آموز و معلم در ساخت مدل براساس کدهایی که در پاسخ آن‌ها یافت می‌شد، تعیین گردید. آماره کاپای کوهن برای بررسی توافق سه داور استفاده شد [۲۵]. مقدار آماره کوهن برای توافق داوران برابر با $\kappa = ۰/۹۲$ بود. مقدار بالای آماره کوهن نشان از توافق بالای داوران (معلمان) در کدگذاری است و اکنون می‌توان بااطمینان چهارچوب کدگذاری و رتبه‌بندی جدول (۲) را که عینیت بیشتری یافته است، برای سایر دانش‌آموزان و معلمان نیز به کار برد.

جدول (۲) کدگذاری برای تفسیر مدل‌های ساخته‌شده در پدیدهٔ برق‌گرفتگی پرنده

سطح ساخت مدل	تعریف سطح	نشانگرها
سطح اول	پاسخ‌دهندگان فقط پدیده‌های مشاهده‌شده را با مدل‌های ذهنی در یک نمای ماکروسکوپی توصیف می‌کنند. هنگام استفاده از مدل فقط به اجزای مدل اشاره می‌کند و نمادی برای هرکدام از اجزا برمی‌گزینند و فقط آن‌ها را فهرست کرده و رسم می‌کند.	برای نمونه، درحالی‌که با یک خط بسته یا چند خط شکسته، پرندگان را نمایش داده و لامپ هم با یک دایره و علامت ضربدر در وسطش نمایش داده شده است، می‌نویسد که پرندهٔ سمت چپ دچار برق‌گرفتگی می‌شود (مشاهدهٔ مستقیم). سیم عایق رسانا است (تخیل ماکروسکوپی).
سطح دوم	ساخت مدل: پاسخ‌دهندگان نه‌تنها از شکل‌های نمادین برای هرکدام از اجزای مدار استفاده می‌کنند، بلکه می‌توانند روابط ساختاری بین اجزای مدار را نیز تشریح کنند و نقش هریک را در پدیده به‌خوبی توضیح دهند.	نقش لامپ و مقاومتی را که ایجاد کرده شرح می‌دهد، نقش سیم عایق را می‌نویسد و می‌تواند جهت جریان را در مدل نشان دهد.
سطح سوم	ساخت مدل: پاسخ‌دهندگان ضمن شناسایی اجزای مدل، نقش هرکدام را در مدار الکتریکی و همچنین رفتار هرکدام را پیش‌بینی می‌کنند و به کمک یک استدلال علّی منسجم و مرتبط ساختن نقش‌ها با یکدیگر دلیل برق‌گرفتگی پرنده را تبیین می‌کنند.	پرندهٔ سمت چپ روی مقاومت الکتریکی نشسته است، دو طرف مقاومت الکتریکی دارای اختلاف پتانسیل است، پرندهٔ سمت راست بین دو پایش اختلاف پتانسیل نیست. دلیل برق‌گرفتگی ایجاد اختلاف پتانسیل است.

به‌منظور توصیف عملکرد دانش‌آموزان و معلمان در پاسخ‌گویی به پرسش‌نامهٔ درک از مدل‌ها، از شاخص‌های آمار توصیفی مانند میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد. همچنین، برای مقایسهٔ فراوانی حضور افراد در سطوح مختلف ساخت مدل، از آماره خی دو و برای مقایسهٔ درک افراد از مدل، آزمون‌های تفاوت میانگین استفاده شد. در این پژوهش، درک دانش‌آموزان و معلمان از مدل با مقیاس فاصله‌ای و سطح هرکدام از آن‌ها در ساخت مدل با مقیاس رتبه‌ای سنجیده می‌شود؛ بنابراین از ضریب همبستگی دورشته‌ای ۱ برای سنجش میزان ارتباط بین این دو متغیر استفاده خواهد شد. ضریب همبستگی دورشته‌ای در مواقعی استفاده می‌شود که یکی از متغیرها کیفی دور ارزشی غیرواقعی و دیگری کمی فاصله‌ای باشد. همچنین، برای نشان دادن میزان تفاوت بین معلمان و دانش‌آموزان در درک از مدل‌ها از اندازهٔ اثر g هجز[2] استفاده شد.

یافته‌ها

معلمان و دانش‌آموزان شرکت‌کننده در پژوهش، پس از انجام فعالیت مدل‌سازی طراحی‌شده، به پرسش‌نامهٔ درک از مدل‌های علمی (SUMS) پاسخ دادند. جدول (۳) درک معلمان و دانش‌آموزان را از مدل‌سازی در پاسخ به گویه‌های پرسش‌نامه از مدل‌های علمی به‌همراه آزمون تفاوت میانگین t برای دو گروه مستقل برای همهٔ ابعاد پرسش‌نامه را نمایش می‌دهد. معلمان در همهٔ ابعاد درک از مدل نسبت به دانش‌آموزان برتری نشان دادند؛ به‌طوری که در سطح معناداری کمتر از ۰/۰۱ (۰/۰۱>P)تفاوت بین میانگین درک از مدل بین معلمان و دانش‌آموزان به‌جز در بعد «مدل‌ها به‌عنوان نسخه‌های دقیق» شاخص بوده است. در بعد «مدل‌ها به‌عنوان نسخه‌های دقیق» بین معلمان و دانش‌آموزان تفاوت شاخصی دیده نشد. با توجه به اینکه اندازهٔ اثرهای بین ۰/۲ تا ۰/۵ از نظر [۲۶] متوسط به حساب می‌آیند، می‌توان گفت که در همهٔ ابعاد بین درک دانش‌آموزان و معلمان شکاف وجود دارد، اما در بعد «مدل‌ها به‌عنوان

1. Biserial correlation
2. Hedges

نسخه‌های دقیق (کپی)» شکاف بین درک معلمان و دانش‌آموزان شاخص نیست و در این مورد هر دو دسته درک تقریباً یکسانی از مدل‌ها دارند. در یک ارزیابی کلی می‌توان گفت که درک معلمان از مدل‌ها از دانش‌آموزان آن‌ها بهتر است و شکاف معرفتی بین دو دسته وجود دارد.

جدول (٤) فراوانی حضور معلمان و دانش‌آموزان در سطوح سه‌گانهٔ ساخت مدل را به نمایش گذاشته است. توانایی معلمان در ساختن مدل از دنیای واقعی از دانش‌آموزان بیشتر بود. هرچند نزدیک به ٦٣درصد از معلمان و ٨٠درصد از دانش‌آموزان در ساخت مدل در سطح اول مدل‌سازی قرار داشتند.

جدول (٣) مقایسهٔ درک معلمان و دانش‌آموزان از مدل به‌همراه اندازهٔ اثر

ابعاد درک از مدل	شرکت‌کنندگان	میانگین [انحراف استاندارد]	تی [درجهٔ آزادی]	p	اندازهٔ اثر
مدل‌ها به‌عنوان نمایش‌های چندگانه	دانش‌آموزان	٢/١٠ [٠/٢٣]	٣/٨١ [٤٧٠]	٠/٠١	٠/٤٧
	معلمان	٣/٩٢ [٠/٣١]			
مدل‌ها به‌عنوان نسخه‌های دقیق (کپی)	دانش‌آموزان	٣/٧١ [٠/٤٦]	٠/٩٨ [٤٧٠]	٠/٠١	٠/١٨
	معلمان	٣/٧٨ [٠/٤٩]			
مدل‌ها به‌عنوان ابزار توضیحی	دانش‌آموزان	٢/٦٤ [٠/٤٨]	٤/٥٣ [٤٧٠]	٠/٠١	٠/٣٩
	معلمان	٣/٥١ [٠/٥٤]			
استفاده از مدل‌های علمی	دانش‌آموزان	١/٧٦ [٠/٣٣]	٣/٦٨ [٤٧٠]	٠/٠١	٠/٣٦
	معلمان	٢/٦١ [٠/٣٧]			
ماهیت متغیر مدل‌ها	دانش‌آموزان	١/٩٨ [٠/٤٤]	٤/٩٧ [٤٧٠]	٠/٠١	٠/٤١
	معلمان	٢/٩٥ [٠/٥١]			

جدول (٤) مقایسهٔ فراوانی معلمان و دانش‌آموزان در سطوح مختلف ساخت مدل

سطح مدل‌سازی	معلمان		دانش‌آموزان		آماره خی دو [درجهٔ آزادی]
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
سطح اول	٢٥	٪٦٣	٣٤٤	٪٨٠	٨٧ /٩٤ [١]
سطح دوم	١٢	٪٣٠	٦٤	٪١٥	١٢٣/٤ [١]
سطح سوم	٤	٪٧	٢٣	٪٥	٣٨/٤٥ [١]
مجموع	٤١	٪١٠٠	٤٣١	٪١٠٠	

در سطح توانایی معلمان و دانش‌آموزان برای ساختن مدل‌های مفهومی از دنیای واقعی شکاف معناداری وجود دارد؛ به‌طوری که در سطوح دوم و سوم ساخت مدل، معلمان عملکرد بهتری نسبت به دانش‌آموزان نشان داده‌اند، اما در سطح اول ساخت مدل تعداد دانش‌آموزان نسبت به معلمان بیشتر است (دانش‌آموزان بیشتر در سطح اول هستند) که فراوانی بیشتر دانش‌آموزان در سطح اول نشان‌دهندهٔ توانایی پایین‌تر دانش‌آموزان در ساخت مدل در مقایسه با معلمان است. نکتهٔ درخور توجه این است که هم در گروه معلمان و هم در گروه دانش‌آموزان، درصد کمی از افراد به سطوح بالای ساخت مدل رسیده‌اند؛ به‌طوری که فقط ٧درصد از معلمان و ٥درصد از دانش‌آموزان توانسته‌اند به سطح سوم ساخت مدل دست پیدا کنند.

نشریه علمی پژوهش‌های آموزش و یادگیری / دوره ۲۳ / شماره ۱ / پیاپی ۴۳ / بهار و تابستان ۱۴۰۵ / صص ۱۸۲-۱۶۹
Scientific Journal of Training & Learning Researches / Vol.23, No.1, Serial 43, Spring & Summer 2026, pp. 169-182

همبستگی بین سطوح ساخت مدل و میزان درک از مدل در جدول (٤) گزارش شده است. در این جدول رابطهٔ بین هرکدام از ابعاد درک از مدل و سطح ساخت مدل برای دانش‌آموزان و معلمان به کمک ضریب همبستگی دورشته‌ای گزارش شده است. ضرایب همبستگی گزارش‌شده در جدول (۵) همگی در سطح کمتر از ۰/۰۱ معنادار هستند.

جدول (۵) مقایسهٔ همبستگی بین ابعاد درک مدل و سطوح توانایی ساخت مدل در معلمان و دانش‌آموزان

سطح توانایی ساخت مدل	ابعاد درک از مدل				
	مدل‌ها به‌عنوان نمایش‌های چندگانه	مدل‌ها به‌عنوان نسخه‌های دقیق	مدل‌ها به‌عنوان ابزار توضیحی	استفاده از مدل‌های علمی	ماهیت متغیر مدل‌ها
سطح توانایی مدل‌سازی معلمان	۰/۳۳	-۰/٦٥	۰/۳۱	۰/٥۹	۰/۳۱
سطح توانایی مدل‌سازی دانش‌آموزان	۰/۲٥	-۰/۳۹	۰/۲۸	۰/٤٥	۰/۲٥
z فیشر برای مقایسهٔ همبستگی‌ها	۲/۳۳	۱/۹۸	۲/٤٥	۱/۸٦	۲/۱۲

مقادیر متوسط همبستگی در جدول (۵) نشان از افزایش سطح توانایی ساخت مدل توسط دانش‌آموزان و معلمان، با افزایش درک آن‌ها از ابعاد مختلف مدل‌سازی دارد، به‌گونه‌ای که هرچه درک دانش‌آموزان و معلمان از مدل بالاتر رفته است، سطح توانایی آنان برای ساخت مدل نیز بالاتر می‌رود. همبستگی بین هر بعد از درک مدل‌سازی (به‌عنوان یک متغیر کمی) و هر سطح از توانایی مدل‌سازی (به‌عنوان متغیر کیفی) به کمک ضریب همبستگی رشته‌ای محاسبه شده است و بزرگ بودن این ضریب نشان از افزایش درک از مدل، با افزایش سطح توانایی افراد دارد. البته، در این مورد بعد «مدل‌ها به‌عنوان نسخه‌های دقیق (کپی)» یک استثناست؛ به‌طوری که هرچه درک دانش‌آموزان و معلمان از کپی بودن مدل‌ها از واقعیت بیشتر باشد، (یعنی نمرهٔ کمتر در این بعد) توانایی آن‌ها برای ساخت مدل بیشتر خواهد بود. در این مورد توجه شود که در این خرده‌مقیاس، نمرهٔ پایین‌تر نشانهٔ درک بهتر از مدل است؛ بنابراین همبستگی منفی مشاهده‌شده به این معناست که هرچه فرد درک علمی‌تری از مدل به‌عنوان بازنمایی نظری داشته باشد (یعنی نمرهٔ پایین‌تری بگیرد)، عملکرد بهتری در مدل‌سازی نشان می‌دهد. آزمون z فیشر برای مقایسهٔ همبستگی‌ها نشان از تفاوت معنادار ضرایب همبستگی بین گروه معلمان و دانش‌آموزان دارد. این موضوع نشان می‌دهد که رابطهٔ (همبستگی) بین توانایی ساخت مدل و درک از مدل در گروه معلمان قوی‌تر از گروه دانش‌آموزان است و مفهوم آن وجود شکاف بین معلمان و دانش‌آموزان در همبستگی بین توانایی ساخت مدل و درک از مدل است.

بحث و نتیجه‌گیری

شکاف بین درک و دیدگاه معلمان و دانش‌آموزان می‌تواند فرصت‌های یادگیری و تجارب آموزشی باکیفیت و اثربخشی را از هر دو طرف بگیرد. یکی از مهمترین فعالیت‌های آموزشی در یادگیری علوم، مدل‌سازی از دنیای واقعی برای توصیف و تبیین بهتر مفاهیم علمی و رخدادهای طبیعی است. درک از مدل آن‌گونه که در ماهیت علم به آن پرداخته شده و دانشمندان مطابق آن دنیا را تعریف و تفسیر می‌کنند؛ هنگامی که میان معلمان و دانش‌آموزان جریان بیابد، الزاماً همان دیدگاه اصیل و علمی نبوده و همواره بین ماهیت و فلسفهٔ واقعی مدل‌ها و درک معلمان و دانش‌آموزان از علم شکاف وجود دارد. این شکاف معرفتی بین معلمان و دانش‌آموزان نیز بروز می‌کند. در این پژوهش، بین درک دانش‌آموزان و معلمان از

مدل‌های مفهومی که برای فهم دنیای واقعی ساخته می‌شوند، شکافی دیده شده است که موجب عملکرد متفاوت آن‌ها در ساختن مدل‌های علمی شده است. این موضوع در تفسیر و تبیین دانش‌آموزان و معلمان از دنیای واقعی تأثیرگذار است و موجب می‌شود فهم آن‌ها از دنیای واقعی گاهاً متفاوت یا متناقض باشد. دلایل متعددی ممکن است این شکاف را توضیح دهند. برای مثال، معلمان به‌دلیل تجربهٔ بیشتر در تدریس، آشنایی با مفاهیم نظری مدل‌ها را دارند، اما ممکن است آموزش رسمی آن‌ها درزمینهٔ مدل‌سازی علمی ناکافی یا محدود به تئوری بوده باشد. ازسوی‌دیگر، دانش‌آموزان اغلب در محیط‌هایی آموزش می‌بینند که مدل‌ها به‌عنوان تصاویر یا ابزارهای ساده‌سازی ارائه می‌شوند، بدون آنکه به کارکردهای شناختی و استدلالی آن‌ها پرداخته شود. کمبود منابع آموزشی، نبود فعالیت‌های عملی مدل‌سازی در برنامهٔ درسی و ضعف در آموزش‌های ضمن خدمت معلمان نیز می‌تواند به پایداری این شکاف کمک کند. این عوامل باید در پژوهش‌های آینده به‌صورت کیفی بررسی شوند.

یافته‌های پژوهش نشان داد که در بیشتر ابعاد درک از مدل‌ها، عملکرد معلمان فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی از دانش‌آموزان بهتر بوده است؛ البته این نتیجه مورد انتظار است و با یافته‌های [۱۳، ۱۹ و ۲٤] هم‌سوست؛ اما در بعد «مدل‌ها به‌عنوان نسخه‌های دقیق (کپی)» عملکرد دانش‌آموزان و معلمان شبیه به هم بوده و تفاوت آشکاری در عملکرد آن‌ها دیده نشد. این یافته با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش‌های [۱۱، ۲۷ و ۲۸] هم‌خوانی دارد. دیدگاه و درک غالب بین دانش‌آموزان و معلمان این بود که مدل‌ها فقط یک تصویر و کپی از دنیای واقعی هستند [۳۰]. جهانی‌فر و دهقانی (۲۰۲۰) در مصاحبه‌های خود با دانش‌آموزان نیز به این نکته اشاره کرده‌اند که برداشت بیشتر دانش‌آموزان از مدل‌های علمی نمودارها یا نقاشی‌هایی است که آن‌ها از دنیای واقعی ترسیم می‌کنند. به همین دلیل، دانش‌آموزان مدل‌ها را به‌عنوان ابزاری می‌بینند که به کمک آن‌ها بتوان دنیای واقعی را توصیف کرد و نه بیشتر. در این پژوهش مشخص شد که این دیدگاه ازسوی دانش‌آموزان در معلمان نیز تکرار شده است و در این بعد شکافی بین درک دانش‌آموزان و معلمان وجود ندارد. نزدیکی معلمان و دانش‌آموزان در این بعد باعث شده تا همبستگی منفی بین سطح توانایی ساخت مدل و درک از مدل در این بعد به وجود بیاید که قوت این همبستگی در دانش‌آموزان بیش از معلمان است. درک سطحی از ماهیت مدل (درحد کپی از واقعیت) باعث شده است تا دانش‌آموزان و معلمان در ساختن مدل‌های معنادار محدود شوند و نتوانند به کمک مدل ساخته‌شده رخدادهای طبیعی را توصیف کنند و به دنبال آن به استدلال و پیش‌بینی علمی دست بزنند. این دسته از معلمان و دانش‌آموزان از مدل‌ها برای اهداف سطح پایین شناختی مثل دانش‌آموز واقعی و دانش روندی بهره می‌گیرند و برای توجیه و پیش‌بینی پدیده‌ها در دنیای واقعی به فرایندهای شناختی سطح بالاتری مثل تفکر مبتنی‌بر مدل و استدلال علّی منسجم احتیاج خواهند داشت [٦، ۲۳] که البته با این سطح درکی که از مدل دارند، برای آن‌ها امکان‌پذیر نیست.

معلمان در ساختن مدل‌ها از روی یک پدیدهٔ واقعی (مثلاً برق‌گرفتگی پرنده) به‌طور مشخص از دانش‌آموزانشان عملکرد بهتری داشتند. درواقع، معلمان توانایی شناختی بالاتری برای ساختن مفاهیم انتزاعی و سازه‌های ذهنی از روی رویدادهای طبیعی داشتند و می‌توانستند رخدادهای طبیعی را به کمک مدل‌های منسجم و دقیق‌تری توصیف و تبیین کنند. ازطرفی دانش‌آموزان بیشتر از مدل‌های مشاهده‌شده و کپی از واقعیت استفاده کردند. این موارد برای دانش‌آموزان پیش از این نیز در پژوهش [۲۹] و [۳۰] دیده شده است. در این پژوهش، ٦۳درصد معلمان در سطح اول ساخت مدل قرار داشتند و درصد کمی از آن‌ها همهٔ معیارهای ساخت مدل مطلوب را گذراندند. هرچند بین تعداد معلمان در سطح اول و دانش‌آموزان آن‌ها در همین سطح شکاف وجود دارد، اما با توجه به نقش معلم در

هدایت‌گری و تسهیل‌گری آموزش این شکاف می‌تواند نگران‌کننده باشد. حضور فقط ۷درصد از معلمان در سطح سوم مدل‌سازی و درک متوسط آن‌ها از مدل‌سازی علمی، احتمالاً بر عملکرد آن‌ها در تدریس تأثیرگذار خواهد بود. این نتیجه نشان می‌دهد که درک نظری بالای معلمان لزوماً به عملکرد عملی در سطح بالای مدل‌سازی منجر نشده است. این تناقض ممکن است ناشی از آموزش غیرعملی، نبود تمرین کافی در طراحی مدل یا فقدان ارتباط بین دانش نظری و فعالیت‌های مدل‌سازی در برنامهٔ درسی باشد. چنین شکافی نیاز به طراحی فعالیت‌های عملی‌تر در برنامهٔ درسی تربیت معلم علوم را نشان می‌دهد. همچنین، در این پژوهش از نظر همبستگی بین درک و ساخت مدل‌های علمی، مشخص شد معلمانی که بهتر می‌دانستند که مدل‌های علمی تکرار ساده و از رویدادهای واقعی هستند، مدل‌های سطح بالاتری را توسعه دادند، درحالی‌که اندازهٔ این همبستگی برای دانش‌آموزان نسبتاً کوچک بود و اهمیت عملی نداشت که می‌تواند منعکس‌کنندهٔ روش‌ها یا محتواهایی باشد که برای یادگیری از آن بهره برده باشند. احتمالاً فقدان محتوای درسی دربارهٔ مدل و روش‌های تدریسی که توجهی به نقش مدل‌ها در آموزش ندارند موجب شده دیدگاه و درک دانش‌آموزان دربارهٔ مدل‌ها سطحی و غیرعلمی باقی بماند و دانش‌آموزان در ساخت مدل‌های علمی آن‌گونه که شایستهٔ توصیف، تبیین و پیش‌بینی رویدادهای علمی است، ناتوان باشند.

در این پژوهش، برای سنجش درک معلمان و دانش‌آموزان از مدل، ابزار یکسانی به کار رفت، حال‌آنکه این ابزار فقط به‌منظور سنجش درک دانش‌آموزان از مدل طراحی شده بود. همچنین، این پرسش‌نامه نمی‌تواند رابطهٔ بین زمینهٔ علمی و دیدگاه‌های معرفتی را به‌خوبی تفکیک کند. به‌عبارت ساده‌تر، درک عمومی از مدل‌های علمی را می‌سنجد، حال‌آنکه در این پژوهش برای درک از مدل‌های فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی از آن استفاده شد. پژوهش‌های [۱۱، ۲۱] نشان دادند که دانش‌آموزان درک متفاوتی از مدل‌های علمی در رشته‌های علمی مختلف و زمینه‌های مختلف دارند و بسته به نوع تکلیف درک‌ها متفاوت است؛ بنابراین هنگامی که شرکت‌کنندگان در این پژوهش درک خود را از مدل‌ها طریق پرسش‌نامهٔ عمومی و نامرتبط با زمینهٔ علمی نشان داده‌اند، ممکن است پاسخ‌های آن‌ها توسط مدل‌های خاص در زمینه‌های خاصی که در هنگام پاسخ در نظر گرفته بودند، محدود شده باشد. با توجه به خاص حوزه بودن درک از مدل و مدل‌سازی توصیه می‌شود پژوهشگران در آینده پرسش‌نامه‌هایی با موضوع درک مدل در رشته‌های مشخص علمی طراحی کنند و توسعه دهند. محدودیت دیگر این پژوهش بی‌توجه‌ای به تأثیر توانایی‌ها و تفاوت‌های فردی در درک از مدل‌ها است. در این پژوهش به ویژگی‌های عاطفی مانند علاقه و نگرش به علوم، خودپندارهٔ تحصیلی و جنسیت اشاره‌ای نشده است، حال‌آنکه این عوامل می‌توانند روی درک علمی افراد تأثیرگذار باشد. محدودیت مهم دیگر پژوهش استفاده از نمونه‌های در دسترس از مدارس دولتی شهر اهواز است. ویژگی‌های خاص قومی شهر اهواز، آموزش در این شهر و سایر تفاوت‌های اجتماعی یا فرهنگی باعث شده است که توصیهٔ تعمیم این نتایج به همهٔ دانش‌آموزان ایرانی با شرایط متفاوت آموزشی، فرهنگی و اجتماعی و همچنین، انواع مدارس (روستایی، غیرانتفاعی و..) با احتیاط صورت بگیرد و نیازمند بررسی‌های مکمل در بافت‌های متنوع‌تر است.

محدودیت دیگر این پژوهش، نبود تفکیک و تحلیل نتایج براساس رشتهٔ تخصصی معلمان (فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) و دانش‌آموزان آن‌هاست. اگرچه داده‌ها از معلمان و دانش‌آموزان این سه رشته به‌طور مستقل جمع‌آوری شده‌اند و برای هر گروه نیز تکالیف مدل‌سازی جداگانه‌ای طراحی شده بود، اما نتایج در مرحلهٔ تحلیل به‌صورت کلی و تجمیعی ارائه شده است. این در حالی است که پیشینهٔ پژوهشی و تجربهٔ آموزشی نشان می‌دهد که نوع نگرش به مدل‌ها، میزان استفاده از مدل‌سازی در کلاس درس و حتی فهم از کارکردهای

نظری مدل‌ها می‌تواند در رشته‌های مختلف علوم تفاوت معناداری داشته باشد. برای مثال، مدل‌سازی در فیزیک ممکن است بیشتر ناظر بر فرمول‌سازی و استدلال ریاضی باشد، درحالی‌که در زیست‌شناسی، به‌علت ماهیت پدیدارشناختی مفاهیم، تمرکز بر توصیف و بازنمایی ساختارهای پیچیده بیشتر است. ازاین‌رو، تحلیل تفکیکی داده‌ها براساس رشته می‌توانست تصویر دقیق‌تری از شدت و الگوی شکاف معرفتی بین معلمان و دانش‌آموزان در هر زمینهٔ علمی فراهم کند. همچنین، چنین تحلیلی می‌تواند به ارائهٔ پیشنهادهای هدفمندتر برای طراحی برنامه‌های درسی و آموزشی در هر رشته کمک کند. به همین دلیل، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی با حجم نمونهٔ کافی برای هر رشته، این تفاوت‌ها را جداگانه بررسی کند تا امکان طراحی مداخلات آموزشی مبتنی‌بر ویژگی‌های خاص هر رشتهٔ علمی فراهم شود.

در این پژوهش، معلمان فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی برای درک مدل‌های علمی، در برخی ابعاد لزوماً تفسیرها و تعابیر پیچیده‌تری نسبت به دانش‌آموزان خود نشان ندادند. در برخی ابعاد درک از مدل شکاف معرفتی بین دانش‌آموزان عمق کمی داشته و در برخی ابعاد درک از مدل این شکاف عمیق‌تر است. معلمان در درک انتزاعی مدل‌ها و استفاده از آن‌ها برای موقعیت‌های پیچیدهٔ شناختی و فرایندهای تفکر سطح بالا مانند استدلال یا پیش‌بینی و حل مسئله خیلی متفاوت‌تر از دانش‌آموزان خود عمل نکردند و بیشتر معلمان همانند دانش‌آموزان مدل‌ها را به‌لحاظ ماهیت کپی دقیق از طبیعت دانستند و به‌لحاظ هدف برای توصیف رویدادها از آن‌ها بهره می‌بردند. چنین به نظر می‌رسد که معلمان برای افزایش درک خود از ماهیت مدل‌های علمی، باید فرایند مدل‌سازی را در طول برنامهٔ درسی تربیت معلم در دانشگاه فرهنگیان یا هر مؤسسه‌ای که معلمان علوم (فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) را تربیت می‌کنند، تمرین کنند تا بتوانند در توسعهٔ مدل، تجربه کسب کرده و از روش‌های تدریس مبتنی‌بر مدل برای آموزش علوم در کلاس درس استفاده کنند. به‌دلیل پایین بودن نمرهٔ درک معلمان از مدل‌های علمی در برخی ابعاد، معلمان باید از روش‌هایی آگاه شوند که ازطریق آن‌ها می‌توان مدل‌ها را به‌عنوان بازنمایی‌های نظری و انتزاعی نیز به کار برد و درک معلمان از مدل به‌عنوان کپی دقیق از واقعیت تغییر کرده و مدل‌ها را به‌عنوان ابزار شناختی مفیدی برای توصیف، تبیین، پیش‌بینی و حل مسئله نیز به کار ببرند. دربارهٔ ساخت مدل‌ها، اگرچه شکاف مشخصی بین توانایی‌های معلمان و دانش‌آموزان برای ساختن مدل‌ها دیده شد، اما نباید فراموش کرد که درصد بالایی از معلمان در سطح اول توانایی ساخت مدل قرار داشتند؛ بنابراین بازنگری در برنامهٔ درسی مراکز تربیت معلم (دانشگاه فرهنگیان) و برنامهٔ درسی علوم دورهٔ متوسطه، با موضوع دانش مدل و مدل‌سازی به‌منظور بهبود مدل‌های ساخته‌شده توسط معلمان و دانش‌آموزان، افزایش درک آنان از ماهیت، هدف و کاربرد مدل‌ها و کاهش شکاف معرفتی بین دانش‌آموزان و معلمان ضروری به نظر می‌رسد. پیشنهاد می‌شود که در برنامهٔ درسی دانشگاه فرهنگیان و برای تربیت معلمان علوم یا دبیران فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی سرفصلی مشخص با عنوان «مدل‌سازی علمی در آموزش علوم» طراحی شود. همچنین، برگزاری کارگاه‌های عملی برای معلمان درزمینهٔ طراحی و تحلیل مدل‌های علمی و تولید بسته‌های آموزشی با تمرکز بر مهارت‌های مدل‌سازی برای تدریس در علوم تجربی می‌تواند نقش مهمی در کاهش شکاف موجود ایفا کند. البته، انجام تحقیقات امکان‌سنجی و نیازسنجی آموزشی برای تعیین اینکه چگونه این معرفت‌شناسی باید آموزش داده شود تا درک و عملکرد یادگیرندگان از مدل‌های علمی به‌طور مؤثرتری افزایش یابد، به پژوهش‌های بیشتری نیاز دارد.

تشکر و قدردانی

از همهٔ دانش‌آموزان و معلمانی که در این پژوهش مشارکت داشتند، سپاسگزارم؛ چراکه بدون همکاری آن‌ها انجام این پژوهش امکان‌پذیر نبود.

منابع

1. Lazenby K, Becker NM. Evaluation of the students' understanding of models in science (SUMS) for use in undergraduate chemistry. Chem Educ Res Pract [Internet]. 2021; 22(1): 62–76. Available from: http://dx.doi.org/10.1039/D0RP00084A

2. Inkinen J, Klager C, Juuti K, Schneider B, Salmela-Aro K, Krajcik J, et al. High school students' situational engagement associated with scientific practices in designed science learning situations. Sci Educ [Internet]. 2020 Jul 1; 104(4): 667–692. Available from: https://doi.org/10.1002/sce.21570

3. Bolger MS, Osness JB, Gouvea JS, Cooper AC. Supporting scientific practice through model-based inquiry: A students'-eye view of grappling with data, uncertainty, and community in a laboratory experience. CBE Life Sci Educ [Internet]. 2021 Oct 22; 20(4): ar59. Available from: https://doi.org/10.1187/cbe.21-05-0128

4. Gouvea J, Passmore C. 'Models of' versus 'models for'. Sci Educ [Internet]. 2017; 26(1): 49–63. Available from: https://doi.org/10.1007/s11191-017-9884-4

5. Knuuttila T. Epistemic artifacts and the modal dimension of modeling. Eur J Philos Sci [Internet]. 2021; 11(3): 65. Available from: https://doi.org/10.1007/s13194-021-00374-5

6. Sjøberg M, Furberg A, Knain E. Undergraduate biology students' model-based reasoning in the laboratory: Exploring the role of drawings, talk, and gestures. Sci Educ [Internet]. 2023 Jan 1; 107(1): 124–148. Available from: https://doi.org/10.1002/sce.21765

7. Chiu M-H, Lin J-W. Modeling competence in science education. Discip Interdiscip Sci Educ Res [Internet]. 2019; 1(1): 12.

8. Fortus D, Shwartz Y, Rosenfeld S. High school students' meta-modeling knowledge. Res Sci Educ [Internet]. 2016; 46(6): 787–810. Available from: https://doi.org/10.1007/s11165-015-9480-z

9. De Andrade V, Shwartz Y, Freire S, Baptista M. Students' mechanistic reasoning in practice: Enabling functions of drawing, gestures and talk. Sci Educ. 2022; 106(1): 199–225.

10. Gobert JD, O'Dwyer L, Horwitz P, Buckley BC, Levy ST, Wilensky U, et al. Examining the relationship between students' understanding of the nature of models and conceptual learning in biology, physics, and chemistry. Int J Sci Educ [Internet]. 2011 Mar 15; 33(5): 653–684. Available from: https://doi.org/10.1080/09500691003720671

11. Krell M, Krüger D. Testing models: A key aspect to promote teaching activities related to models and modelling in biology lessons? J Biol Educ [Internet]. 2015 Apr 22; 50(2): 160–173. Available from: https://doi.org/10.1080/00219266.2015.1028570

12. Gogolin S, Krüger D. Students' understanding of the nature and purpose of models. J Res Sci Teach [Internet]. 2018; 55(9): 1313–1338. Available from: https://doi.org/10.1002/tea.21453

13. Cheng M-F, Wu T-Y, Lin S-F. Investigating the relationship between views of scientific models and modeling practice. Res Sci Educ [Internet]. 2021; 51(1): 307–323. Available from: https://doi.org/10.1007/s11165-019-09880-2

Biol Educ [Internet]. 2012; 2: 1–34.

21. Gilbert JK, Justi R, John Gilbert K, Justi R. Modelling-based teaching in science education. 1st ed. Springer Cham; 2016. [Models and Modeling in Science Education; vol. 1].

22. Upmeier zu Belzen A, Krüger D, Driel J. Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education; 2019.

23. Nguyen H, Santagata R. Impact of computer modeling on learning and teaching systems thinking. J Res Sci Teach. 2021; 58(5): 661–688.

24. Cheng M-F, Brown D. The role of scientific modeling criteria in advancing students' explanatory ideas of magnetism: SCAFFOLDING EVALUATION OF MODELS OF MAGNETISM. J Res Sci Teach. 2015 May 1; 52:n/a-n/a.

25. Iseki H. Cohen's kappa statistics as a convenient means to identify accurate SARS-CoV-2 rapid antibody tests. medRxiv [Internet]. 2020 Jan 1; 2020.06.13.20130070. Available from: http://medrxiv.org/content/early/2020/06/16/2020.06.13.20130070.abstract

26. Schäfer T, Schwarz MA. The meaningfulness of effect sizes in psychological research: Differences between sub-disciplines and the impact of potential biases. Front Psychol [Internet]. 2019; 10. Available from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.00813

14. Kang S, Scharmann LC, Noh T. Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. Sci Educ [Internet]. 2005; 89(2): 314–334. Available from: https://doi.org/10.1002/sce.20053

15. Leong KE, Tan JY. Exploring secondary students' modelling competencies. Math Enthusiast [Internet]. 2020; 17(1): 84–107.

16. Van Driel JH, Verloop N. Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. Int J Sci Educ [Internet]. 2002 Dec 1; 24(12): 1255–1272. Available from: https://doi.org/10.1080/09500690210126711

17. Nagy G, Garrett J, Trautwein U, Cortina K, Baumert J, Eccles J, et al. Gender and occupational outcomes: Longitudinal assessments of individual, social, and cultural influences. null, editor. 2008. 115 p. [null; vol. null].

18. Göhner MF, Bielik T, Krell M. Investigating the dimensions of modeling competence among preservice science teachers: Meta-modeling knowledge, modeling practice, and modeling product. J Res Sci Teach [Internet]. 2022 Oct 1; 59(8): 1354–1387. Available from: https://doi.org/10.1002/tea.21759

19. Treagust DF, Chittleborough G, Mamiala TL. Students' understanding of the role of scientific models in learning science. Int J Sci Educ [Internet]. 2002 Apr 1; 24(4): 357–368. Available from: https://doi.org/10.1080/09500690110066485

20. Krell M, Upmeier zu Belzen A, Krüger D. Students' understanding of the purpose of models in different biological contexts. Int J

27. Lin J-W. Elementary school teachers' knowledge of model functions and modeling processes: A comparison of science and non-science majors. Int J Sci Math Educ [Internet]. 2014; 12(5): 1197–1220. Available from: https://doi.org/10.1007/s10763-013-9446-4

28. Danusso L, Testa I, Vicentini M. Improving prospective teachers' knowledge about scientific models and modelling: Design and evaluation of a teacher education intervention. Int J Sci Educ [Internet]. 2010 May 1; 32(7): 871–905.

29. Voutsina L, Ravanis K. Voutsina, L. & Ravanis, K. [2011]. History of Physics and conceptual constructions: the case of Magnetism. Themes in Science and Technology Education, 4[1], 1-20. Themes Sci Technol Educ. 2011 Jan 1; 4: 1–20.

30. 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. doi: 10.22099/jsli.2023.6941. [Text in persian]

۳۱. جهانی‌فر مجتبی، دهقانی فاطمه. واکاوی شایستگی‌های مدل‌سازی علمی در دانش‌آموزان دورهٔ دوم متوسطه. مجلهٔ مطالعات آموزش و یادگیری، ۱۴۰۱؛ ۱۴(۲): ۱۰۵ـ۱۲۵.
doi: 10.22099/jsli.2023.6941

۳۲. جهانی‌فر مجتبی، دهقانی فاطمه، هرمزی‌نژاد معصومه. کاوش درک معلمان دورهٔ دوم متوسطه از مدل و به‌کارگیری مدل‌ها در تدریس علوم. رویکردهای نوین آموزشی، ۱۴۰۲؛ ۱۸(۱): ۱۵۳ـ۱۷۶.
doi: 10.22108/nea.2024.137143.1883