

Symmetry in modern physics and its philosophical consequences

Ali Seyedi Dehaghani*

Abstract

Symmetry is one of the most fundamental and widely used concepts in modern physics, playing a pivotal role in the development of new theories, particularly in areas such as general relativity, quantum field theory, and the unification of physical forces. In modern physics, the concept of symmetry extends beyond geometric and observable symmetries. In its contemporary sense, symmetry is defined as invariance under specific transformations and is more concerned with the laws of physics and theoretical structures than with physical objects. In other words, in the realm of theoretical physics, symmetry functions as a meta-law, imposing constraints on physical laws and shaping the overall structure of theories. The central role of this concept in modern physics has given rise to diverse philosophical discussions. This article provides an overview of the concept of symmetry, examines its historical introduction into modern physics, and explores how physicists have utilized this concept. Finally, it addresses the philosophical implications and issues associated with symmetry.

Keywords: Symmetry, Symmetry Argument, Curie's Principle, Symmetry Principl.

* Ph.D. Candidate of Philosophy of Science, Institute for Humanities and Social Sciences,
asdehaghani@gmail.com

Date received: 14/06/2024, Date of acceptance: 03/09/2024



هستی‌شناسی مدل‌های علمی

علی سیدی دهاقانی*

چکیده

ماهیت و چیستی مدل‌های علمی در سه دهه اخیر مورد توجه و بررسی فیلسوفان علم بوده است. علت آن نیز نقش محوری و پررنگ مدل‌ها در فعالیت علمی است. اینکه مدل‌ها را چه چیزی بدانیم در نگرش واقع‌گرایی یا ضد واقع‌گرایی ما نسبت به علم، تبیین بازنمایی علمی و فهم ربط و نسبت مدل‌ها و تئوریه‌ها و پاسخ به سوالات فلسفی که در خصوص هستی‌شناسی و معرفت‌شناسی علمی مطرح است، تاثیر مستقیم دارد. در این مقاله مفهومی با نگاهی مبتنی بر مفاهیم و آموزه‌های عقلانیت نقاد و فلسفه مصنوعات، طرحی برای ماهیت مدل‌های علمی پیشنهاد می‌شود. در این طرح مدل‌ها محصولات عینی ذهن انسان فرض می‌شوند که به‌عنوان یک مصنوع به منظور خاصی طراحی و ساخته و بکار گرفته می‌شوند و این ویژگی قصدمندی بخش مهمی از ماهیت آنهاست.

کلیدواژه‌ها: هستی‌شناسی مدل‌های نظری، مصنوعات انتزاعی، عقلانیت نقاد، قصدمندی مدل‌ها، مصنوعات معرفتی.

۱. مقدمه

مدل‌ها برای تحقیقات علمی اساسی هستند و به دانشمندان کمک می‌کنند تا سیستم‌ها و پدیده‌های پیچیده را در زمینه‌های مطالعاتی مختلف توصیف، توضیح، پیش‌بینی و دستکاری کنند. بعنوان نمونه، آنها با حفظ ویژگیهای اساسی و با حذف جزئیات کم اهمیت‌تر، بازنمایی ساده‌شده‌ای از سیستم‌ها، پدیده‌ها یا ایده‌هایی را ارائه می‌دهند که مشاهده مستقیم آنها دشوار و یا ناممکن است و به ما کمک می‌کنند تا فرآیندهای طبیعی را تبیین کنیم. آنها نظریه‌ها و

* دانشجوی دکتری فلسفه علم، پژوهشگاه علوم انسانی، asdehaghani@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۳



پدیده‌ها را پیوند می‌دهند و امکان آزمون ایده‌ها را فراهم می‌نمایند. مدل‌ها برای پیش‌بینی رویدادها یا رفتارهای آینده سیستم‌ها، به عنوان مثال پیش‌بینی آب و هوا و اپیدمیولوژی استفاده می‌شوند. آنها به عنوان ابزار مؤثری برای دانشمندان عمل می‌کنند تا ایده‌ها و یافته‌های خود را با یکدیگر و به عموم مردم منتقل کنند. همچنین در فرآیند آموزش نقش موثر و اساسی ایفا می‌کنند. مدل‌ها بر چگونگی مواجهه و تعامل دانشمندان با جهان و انواع سؤالاتی که می‌پرسند و شواهدی که به دنبال آن هستند تأثیر می‌گذارد و بنابراین جهت تحقیقات آینده را شکل داده و در فرآیند شکل‌گیری دانش تجربی نقش اساسی دارند. آنها برای حل مسائل کاربردی در رشته‌های مختلف علمی، از برنامه ریزی شهری تا طراحی دارو و انواع تکنولوژی به کار گرفته می‌شوند.

مدل‌ها انواع متنوعی دارند. به عنوان نمونه می‌توان از مدل‌های مقیاس (Scale Models)، مدل‌های مفهومی (Scale Model)^۱، مدل‌های عملیاتی (Operational Models)^۲، مدل‌های ریاضی، مدل‌های محاسباتی و مدل‌های گرافیکی نام برد. شاید در یک دسته‌بندی کلی بتوان مدل‌های علمی را به مدل‌های فیزیکی و مدل‌های نظری دسته‌بندی کرد. در این مقاله هر جا از مدل‌ها و یا مدل‌های علمی صحبت می‌کنیم، منظورمان مدل‌های علمی نظری است.

علی‌رغم کارکرد وسیع، متنوع و اساسی مدل‌ها در علم، وضعیت هستی‌شناختی آنها همچنان موضوع بحث فلسفی است. در طول سی سال گذشته، ماهیت هستی‌شناختی مدل‌های علمی موضوع بحث‌های گسترده‌ای بوده است. این مباحث حول محور پرسش‌هایی اساسی شکل گرفته‌اند: ماهیت مدل‌های علمی چیست؟ کارکرد آنها در علم کدام است؟ رابطه مدل‌ها با جهان واقع چگونه است؟ مدل‌ها چگونه می‌توانند بازنمایی کنند؟ و ارتباط آنها با نظریه‌های علمی چیست؟ در سه دهه اخیر، دیدگاه‌های متنوعی در این زمینه مطرح شده است:

برخی محققان در امکان پاسخگویی معنادار به این پرسش‌ها تردید کرده‌اند (Suárez 2004; French 2010) و طرح اینگونه سؤالات را نادرست دانسته‌اند. گروهی مدل‌ها را موجودات انتزاعی واقعی می‌دانند (Giere 1988; Psillos 2011). دسته‌ای دیگر آنها را برساخت‌های داستانی یا خیالی دانشمندان تلقی می‌کنند (Godfrey-Smith 2006; Frigg 2010; Toon 2010, 2012). برخی مدل‌ها را ترکیبی از موجودات انتزاعی با عناصر خیالی می‌پندارند (de Donato-Rodríguez & Falguera, 2020). عده‌ای مدل‌ها را ساختارهای ریاضی و نظری در نظر می‌گیرند (van Fraassen 1980; Da Costa & French 2003). گروهی هم مدل‌های علمی را توصیفی از «سیستم‌های گم‌شده» (Lost systems) تعریف کرده‌اند (Thomson-Jones, 2010). برخی مانند تارجا کنوتیلا،

مدل‌ها را مصنوعات معرفتی می‌دانند که فراتر از بازنمایی صرف، ابزاری برای تعامل با جهان هستند (Knuuttila, 2005). اکسل ژلنرت معتقد است که اصطلاح مدل در علم به چیزهای مختلفی اشاره دارد: اشیاء فیزیکی مانند مدل‌های مقیاس در مهندسی، توصیف‌ها و مجموعه‌های جملات، ساختارهای نظری مجموعه‌ها، اشیاء تخیلی یا مجموعه‌ای از همه این موارد. او رسیدن به یک توصیف واحد از مدل‌ها را دشوار می‌بیند، لذا با اتخاذ یک رویکرد ترکیبی، مدل‌ها را به عنوان وسیله‌ای برای تخیل، یا واسطه‌هایی بین نظریه و داده‌ها، یا به عنوان مصنوعات معرفتی در نظر می‌گیرد (Gelfert, 2017).

در مقاله حاضر ما مدل‌های علمی را به عنوان سازه‌های ذهنی هدفمندی در نظر می‌گیریم و می‌خواهیم ایده‌ای کلی در خصوص وضعیت هستی‌شناختی آن‌ها ارائه کنیم. این مسئله از این جهت اهمیت دارد که هستی‌شناسی مدل‌های علمی با مسائل اساسی در فلسفه علم پیوند تنگاتنگی دارد. از جمله پرسش‌های اصلی درباره «روش‌شناسی علمی»، «درک بنیادی از فعالیت علمی»، «بحث واقع‌گرایی - ضد واقع‌گرایی» و «رابطه بین نظریه و جهان»، «مسئله بازنمایی» و... لذا هرگونه تلاشی برای فهم هستی‌شناسی مدل‌ها می‌تواند بینش عمیق‌تری در خصوص این مسائل به ما بدهد.

ایده اصلی این است که هستی‌شناسی مدل‌های علمی را در پرتو هستی‌شناسی مصنوعات انتزاعی تبیین کنیم. انتظار می‌رود که چنین پیشنهادی بتواند به دو هدف اصلی دست یابد: «ارائه یک الگوی مفهومی نوآورانه برای تفسیر و درک مدل‌های علمی» و «واکاوی تأثیرات این نگرش جدید بر حوزه‌های فلسفه علم و روش‌شناسی پژوهش علمی». به این منظور به یک چارچوب نظری نیاز داریم که بتواند جایگاه هستی‌شناسی مدل‌ها و کارکردهای متنوع آن‌ها را توضیح دهد. انتخاب ما تلفیقی است از آموزه‌های عقلانیت نقاد با نظریه‌هایی در باره مصنوعات در فلسفه فناوری که بتواند از عهده این تبیین بر آید.

ساختار مقاله به این شرح است: در بخش دوم طرح کلی و تلفیقی خود را در خصوص هستی‌شناسی مدل‌ها ذیل آموزه‌های عقلانیت نقاد و متافیزیک مصنوعات ارائه می‌کنیم. بخش سوم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری است.

۲. هستی‌شناسی مدل‌ها در چارچوب فلسفه تکنولوژی و عقلانیت نقاد

مکتب هلندی فلسفه تکنولوژی با رویکردی انتقادی و عمل‌گرا به تکنولوژی، نگاهی عمیق به ماهیت و نقش مصنوعات در جامعه دارد. این مکتب ضمن تأکید بر ماهیت چندگانه

مصنوعات، به نقش پررنگ قصدمندی^۳ در شکل‌گیری و کارکرد آن‌ها نیز اشاره می‌کند (Mansouri, A., & Tayebi, E. 2023). اعضای از این مکتب ماهیت دوگانه را که مشتمل بر "ساختار" و "قصدمندی" است برای مصنوعات، حداقلی می‌دانند (Kroes & Meijers. 2006). فرض اصلی پژوهش حاضر این است که مدل‌های علمی نظری را می‌توان در چارچوب هستی‌شناختی مصنوعات انتزاعی از منظر این مکتب به شکلی منسجم و جامع درک کرد چون ویژگی برساختی و قصدمندی مدل‌های علمی، امکان طبقه‌بندی آن‌ها در زمره مصنوعات را فراهم می‌آورد. در این طبقه‌بندی مدل‌ها از وضعیت هستی‌شناختی ویژه‌ای برخوردارند که آن‌ها را هم از اشیاء عینی و هم از سایر موجودات انتزاعی مانند اشیاء ریاضی یا موجودات داستانی متمایز می‌سازد. مدل‌ها به عنوان مصنوعات فکری، کاملاً به نیت و قصد سازنده خود وابسته‌اند. مصنوع بودن مدل‌ها وابستگی آن‌ها به ذهن و چارچوب مفهومی انسان را نشان می‌دهد و در اینجا پای حیث التفاتی نیز باز می‌شود و بسته به اینکه مدل برای پاسخگویی به چه پرسش و خواسته‌ای ساخته شده باشد، نور خود را بر آن بخش تاریک جهان که منظور عامل بوده است، می‌افکند و بر آن اساس تجارب و آزمایشهایی را برای تعامل با جهان طراحی می‌کند. حتی با نگاهی واقع‌گرایانه، نمی‌توان انکار کرد که مدل‌ها صرفاً برای بازنمایی و بررسی یا تبیین جنبه‌های خاصی از واقعیت که مورد نظر دانشمند بوده، انتقال یا آموزش‌های خاص به مخاطب، پیش‌بینی علمی پدیده‌های اجتماعی و طبیعی از جهتی معین، ساخت مصنوعات انسانی با کارکرد ویژه و..... طراحی و ساخته شده‌اند.

از طرفی عقلانیت نقاد پوپر با تکیه بر سه مفهوم کلیدی، چارچوبی مناسب برای درک فرآیند تعاملی و تکاملی مدل‌های علمی ارائه می‌دهد. این مفاهیم عبارتند از: عینیت محصولات فکری انسان در جهان سوم، ناموجه‌گرایی، و نقد و اصلاح مستمر نظریه‌ها. از منظر این رویکرد، مدل‌های علمی را می‌توان به عنوان موجودات انتزاعی واقعی در جهان سوم پوپر در نظر گرفت که ابطال‌پذیر و قابل اصلاح یا حذف هستند. این مدل‌ها توسط دانشمندان با هدف حل مسئله ایجاد می‌شوند و تا زمان یافتن جایگزینی مناسب‌تر، صادق و واقع‌نما فرض می‌شوند. از سوی دیگر، فلسفه فناوری با تمرکز بر نقش قصدمندی در ماهیت ساخته‌های بشری، بینشی ارزشمند درباره ذات مدل‌ها عرضه می‌کند.

فرض دوم این پژوهش این است که بسیاری از پرسش‌ها و مسائل مرتبط با مدل‌ها و نظریه‌ها، مانند مسئله بازنمایی، واقع‌نمایی، رابطه مدل با جهان، کاربردپذیری ریاضیات در مدل‌ها، و دقت مدل‌ها، از رویکرد موجه‌گرایانه به علم و مدل‌های علمی نشأت می‌گیرند. با

اتخاذ نگاهی نقادانه و ناموجه‌گرایانه، بسیاری از این پرسش‌ها و مسائل قابل حل به نظر می‌رسند. این رویکرد با تأکید بر ناموجه‌گرایی پوپر، به جای تلاش برای توجیه قطعی نظریات، بر اهمیت نقد مستمر و تلاش برای نزدیکی به صدق تأکید می‌کند. دقیق‌ترین مدل‌های ما با نگاهی غیرموجه‌گرایانه تا زمانی که درست کار میکنند و رقیبی قوی‌تر پیدا نکرده‌اند بازنمایی کننده واقعیت تلقی می‌شوند. در این رهیافت، ماهیت مدل‌ها نیز چیزی جز برساخته‌های انسانی که می‌توانند از هر منبعی (انتزاع، تخیل، رویا، حدس‌های هوشمندانه و...) ناشی شوند، نیست و آنها بعنوان موجودات انتزاعی جهان^۳ بر ذهنیت انسانها (جهان^۲) تاثیر می‌گذارند. این بدان معنی است که مدل‌ها تنها نقش بازنمایی کننده ندارند بلکه نحوه نگاه، ادراک و تعامل ما با عالم را شکل می‌دهند.

۳. نتیجه‌گیری

در این مقاله با پیشنهاد رویکردی نوین به هستی‌شناسی مدل‌های علمی، آنها را به عنوان مصنوعات انتزاعی و قصدمند در جهان سوم پوپر معرفی کردیم. این دیدگاه، با تلفیق اصول عقلانیت نقاد و مفاهیم فلسفه فناوری، چارچوبی جامع برای درک ماهیت و کارکرد مدل‌های علمی فراهم می‌آورد. مدل‌ها در این نگرش، برساخته‌های ذهنی هدفمندی هستند که برای حل مسائل خاص علمی طراحی می‌شوند. این رویکرد، ضمن حفظ ارزش معرفتی مدل‌ها، آنها را ابطال‌پذیر و قابل اصلاح می‌داند و بیان می‌کند که مدل‌ها نه تنها نقش بازنمایی دارند، بلکه شکل‌دهنده نحوه ادراک و تعامل ما با جهان هستند و وابستگی آنها به چارچوب مفهومی و حیث التفاتی انسان، نقش مهمی در ماهیت آنها ایفا می‌کند.

برای دستیابی به درک عمیق‌تر از این رهیافت، پیشنهاد‌های پژوهشی زیر ارائه میشوند:

- بررسی تطبیقی این رویکرد با سایر دیدگاه‌های موجود در فلسفه علم و ارزیابی نقاط قوت و ضعف آن. این مقایسه می‌تواند به شناسایی مزایا و محدودیت‌های این دیدگاه کمک کند.
- مطالعه موردی مدل‌های خاص علمی با استفاده از این چارچوب نظری برای آزمون کارآمدی آن در تحلیل مسائل عملی. این امر می‌تواند کاربردپذیری این رویکرد را در حوزه‌های مختلف علمی نشان دهد.

- تحلیل نقش قصدمندی و حیث التفاتی در شکل‌گیری و تکامل مدل‌های علمی. این تحلیل می‌تواند به درک عمیق‌تری از ماهیت مدل‌های علمی بینجامد.

پی‌نوشت‌ها

۱. مدل مفهومی به عنوان یک چارچوب و الگو عمل می‌کند که روابط بین متغیرها، مفاهیم یا اجزای یک سیستم را نشان می‌دهد. این مدل به مخاطب کمک می‌کند تا مفاهیم و موضوعات مورد نظر را بهتر درک و شبیه‌سازی کند.
۲. مدل عملیاتی نمایشی انتزاعی از نحوه عملکرد یک سیستم به منظور تحقق اهدافش است و به عنوان پلی بین استراتژی و اجرا عمل می‌کند.
۳. قصدمندی به معنای وجود هدفی مشخص و از پیش تعیین شده در پشت ایجاد یک مصنوع است و در واقع نیروی محرکه‌ای است که به مصنوع شکل می‌دهد و آن را از اشیاء طبیعی متمایز می‌کند.

کتاب‌نامه

- Balaguer, M. (1998). *Platonism and anti-Platonism in mathematics*. Oxford: Oxford University Press
- Contessa, G. (2010). Editorial introduction to special issue. *Synthese*, 172(2), 193-195.
- Da Costa, N., & French, S. (2000). Models, theories, and structures: Thirty years on. *Philosophy of Science*, 67(S3), S116-S127.
- de Donato-Rodríguez, X., & Falguera, J. L. (2020). The Nature of Scientific Models: Abstract Artifacts That Determine Fictional Systems. In *Abstract Objects: For and Against* (pp. 151-171). Cham: Springer International Publishing.
- Gelfert, A. (2017). The ontology of models. *Springer handbook of model-based science*, 5-23.
- Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of science*, 71(5), 742-752.
- Fine, A. (1993). Fictionalism. *Midwest Studies in Philosophy*, XVIII, 1-18.
- French, S. (2020). *There are no such things as theories*. Oxford University Press.
- French, S. (2010). Keeping quiet on the ontology of models. *Synthese*, 172(2), 231..
- Frigg, R. (2010a). Models and fiction. *Synthese*, 172(2), 251-268
- Frigg, R., & Nguyen, J. (2017). Models and representation. In L. Magnani & T. Bertolotti (Eds.), *Springer handbook of model-based science*. Cham: Springer.
- Knuuttila, T. (2005). *Models as epistemic artefacts: Toward a non-representationalist account of scientific representation* (Doctoral dissertation, Helsingin yliopisto).
- Kroes, P. and Meijers, A. (2006). The dual nature of technical artefacts—Introduction, *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 37, no.1, 1-4.

- Mansouri, A., & Tayebi, E. (2023). The Metaphysics of Artifacts: a critical rationalist approach. *Journal of Philosophical Investigations*, 17(42), 151-167.
- Popper, K.R. (2014). *Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge*. routledge.
- Popper, K. R. (2015). The logic of scientific discovery. *Central Works of Philosophy v4: Twentieth Century: Moore to Popper*, 4, 262.
- Psillos, S. (2011). Living with the abstract: realism and models. *Synthese*, 180(1), 3-17.
- Suárez, M. (2004). An inferential conception of scientific representation. *Philosophy of science*, 71(5), 767-779.
- Thomasson, A. L. (2009). Artifacts in metaphysics. In *Philosophy of technology and engineering sciences* (pp. 191-212). North-Holland.
- Thomson-Jones, M. (2010). Missing systems and the face value practice. *Synthese*, 172(2), 283–299.