Contribution of Analogy in Scientific Patterns Configuration

Ahmad Ebadi *

Behzad Bakhshipour

Abstract

This article contains the analysis of the analogies as the essential factors in discovering the scientific patterns based on the available philosophic theories and the results of cognitive sciences. A scientific pattern is a purposive system capable of describing a section or a part of a given theory. Most patterns evolve around Analogy; that is, by adopting analogy, new predictions and potential solutions regarding patternistic measures become evident. Advances made in this context are subject to analogy, an issue that not many scientists are concerned within their thoughts.

This issue must be analyzed at its utmost by;

1) adapting the already observed orders and regulations because scientists need Analogy to fill the gap between theory and observations,

2) adopting concrete Analogy in predicting scientific theories without which no rational would support the suggested prediction,

3) mathematical Analogy in scientific patternistic approaches indicate its direct effect on the phenomena thereof and

4) its stance in discovery and justification for accurate comprehension of advances made in scientific realm is inevitable. The analogy with its specific stance can determine the scientific pattern configuration because analogies contribution is fundamental that it is sometimes claimed that they are patterns on their own. Addressing the discussion in the context is science is of high essence. First, some of the recognized analogies exhibit that in the process of science, there exist some analogic applications like scientific pattern configuration and insights discovery, connecting the

* Assosiate Professor at "The Philosophy and Theology Department" in University of Isfahan (responsible author). E-mail: a.ebadi@ahl.ui.ac.ir

** MA of Philosophy of University of Isfahan. E-mail: behzad1371@ahl.ui.ac.ir

Received date: 2020.10.9 Accepted date: 2021.1.24

non-related fields, inspiring technological applications, actualizing sudden predictions to enhance rationality and prosper and expand the theories; next, by analyzing analogies the primary difference between the material and apparent analogies the consent among the philosophers and the features and relations among a source range and a distance range can be determined and third, analogies and the basis of a pattern, that is, they lead to their perception and expansion (e.g., the gravitational and electrostatic forces), next to attending are to make a connection between different determines.

Though the issue of Analogy usually is addressed in a patterning context, we should ask ourselves: What is understood by studying analogy regarding patterns? What can possibly be attained? The objective here is to analyze the scientific patterns by focusing on their innate contributions by assessing the essence of analogy in pattern construction. To begin with, the analogy stance in the pioneer scientists' perception in this field will be defined, followed by the connections between analogy and scientific patterns according to the latest findings in cognitive science scientists of this field regarding structure-mapping approach by resorting to different concrete examples. The strength and weakness of this standpoint in the view of the philosophers and scientists will be answered and criticized.

Keywords: Methodology, Analogy, Pattern, Analogic patterns, Scientific discovery

نقش تمثیل در شکل‌گیریِ الگوهای علمی

احمد عبادی*
بهزاد بخشی پور**

چکیده

بر خلاف تصور پیشینیان درباره تمثیل و تلقیِ عدم اعتبار آن به لحاظ منطقی، تمثیل از جایگاه ویژه‌ای در علم و بسط نظریات علمی برخوردار است. این مقاله، تحلیلی است بر نقش تمثیل‌ها به عنوان مهم‌ترین عامل کشفِ الگوهای علمی بر مبنای مطالعات نظریِ فیلسوفان و نتایج تجربیِ علوم شناختی. الگو علمی سیستم هدفمندی است که یک بخش یا حوزه‌ای منتخب از یک نظریه را تفسیر می‌کند. بیشتر الگوها بر مبنای تمثیل پدید می‌آیند؛ یعنی با به‌کارگیری تمثیل، بینش‌های جدید و راه‌حل‌های احتمالی برای حل مسائل مربوط به الگوسازی ایجاد می‌شود. بنابراین پیشرفت و توسعه الگوهای علمی و به تبع آن نظریات علمی در گرو کاربست تمثیل است؛ زیرا دانشمندان در محدوده ذهن خود برای کشف الگوها از انواع تمثیل استفاده می‌کنند. کاربست تمثیل در الگوها و توسعه نظریات علمی را از چند نظر می‌توان تحلیل و بررسی کرد: نخست، مرتبط‌سازی نظریات و قوانین مشاهده‌شده؛ زیرا دانشمندان برای غلبه بر شکاف بین نظریه و مشاهدات نیاز به تمثیل دارند. دوم، قدرت پیش‌بینی در نظریات علمی است که بدون تمثیل مادی نمی‌توان مبنایی خردپسند برای پیش‌بینی فراهم کرد. سوم، نقش‌آفرینی تمثیل‌های ریاضیاتی در الگوسازیِ علمی است که بیانگر تأثیر مستقیم این تمثیل‌ها بر الگو پدیده‌های خود است. چهارم، نقش تمثیل‌ها در مقام کشف و توجیه به منظور فهم درست جایگاه تمثیل در الگوها و گسترش نظریات در علم.

واژگان کلیدی: *روش‌شناسی، تمثیل، الگو، الگوهای تمثیلی، کشف علمی.*

---

* دانشیار گروه فلسفه و کلام دانشگاه اصفهان(نویسنده مسئول) a.ebadi@ahl.ui.ac.ir
** کارشناسی ارشد فلسفه دانشگاه اصفهان. behzad1371@ahl.ui.ac.ir
تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۱۸ تاریخ تأیید: ۱۳۹۹/۱۱/۵

مقدمه

تمثیل (Analogy) یکی از رایج‌ترین و قدرتمندترین ابزارهای تفکر خلاق در تاریخ علم بوده و بسیاری از اکتشافات علمیِ بزرگ ناشی از تغییر پارادایم بر مبنای گذار از یک تمثیل علمی به دیگری است. علم‌شناسانی که خلاقیت را مورد مطالعه قرار می‌دهند، بر این باورند که دانشمندان جهت دستیابی به اکتشافات خود اغلب از تمثیل‌ها استفاده می‌کنند. خاستگاه این نتیجه‌گیری‌ها به این واقعیت بر می‌گردد که بسیاری از دانشمندان اذعان کرده‌اند به کمک یک تمثیل، بینش یا روشنگری خود را به دست آورده‌اند. با این حال تا کنون هیچ تلاش جامعی برای مطالعه کاربرد تمثیل‌ها در علم صورت نگرفته است؛ اما این بدان معنا نیست که نقش تمثیل‌ها در علم بیهوده و بی‌اهمیت است یا آنکه به نحو موفقیت‌آمیزی رد یا ابطال شده است. به عکس، پرداختن به این مبحث همچنان کارآمد و سودمند است و نقش تعیین‌کننده‌ای در فلسفه علم دارد. تمثیل‌ها دستورالعمل‌هایی برای ساخت و توسعه نظریه‌های علمی ارائه می‌دهند و ارتباط نزدیکی با الگوسازی علمی (Scientific Modeling) دارند که یکی از مفاهیم اساسیِ فلسفه علم و معرفت‌شناسیِ معاصر است. *ویلیام* جیمز (William James) می‌نویسد: «مردانی که در تاریخ ماندگار شده‌اند، آنها با تمثیل استدلال می‌کردند و می‌دانستند که چگونه با شخصیت‌های انتزاعی استدلال کنند» (James, 1890, p.363). الگوهای علمی غالباً مبتنی بر تمثیل‌اند و گاه حتی به تمثیل‌ها، الگو هم گفته می‌شود. علاوه بر این برخی سازه‌هایی (Constructs) که در قرن نوزدهم تمثیل نامیده می‌شدند، امروزه به عنوان الگو شناخته می‌شوند. بر این اساس الگوها سؤالاتی را در برخی حوزه‌های فلسفی مطرح می‌کنند: در معناشناسی (عملکرد بازنمایی که الگوها انجام می‌دهند چیست؟)، هستی‌شناسی (الگوها چه نوع چیزهایی هستند؟)، معرفت‌شناسی (چگونه با الگوها یاد می‌گیریم؟) و در فلسفه علم (چگونه الگوها با نظریه ارتباط دارند؟).

با توجه به اینکه موضوع تمثیل نیز غالباً در زمینه الگوسازی مطرح می‌شود، باید از

خود بپرسیم که مطالعه تمثیل چه چیزی را می‌تواند در مورد الگوها به ما بگوید؟ بینشی که ممکن است به آن دست پیدا کنیم، چیست؟ هدف این نوشتار، بررسی و تحلیل الگوهای علمی با درنظرگرفتن نقش تمثیل در آنهاست؛ با این فرض که به‌کارگیریِ تمثیل در ساختمان الگوها نقش مهمی دارد. در ابتدا به تعریف الگو و تمثیل می‌پردازیم و بررسی جایگاه تمثیل نزد دانشمندان پیشگام در این حوزه و اینکه دانشمندان چه نقشی به تمثیل می‌دهند. سپس ارتباط بین تمثیل و الگوهای عملی را با نظر به آخرین یافته‌های علوم شناختی و دیدگاه دانشمندان این حوزه درباره رویکرد نگاشت ساختاری (Structure-Mapping Approach) را بیان می‌کنیم و به مثال‌های مختلفی از کاربرد تمثیل در علم اشاره می‌کنیم. در پایان، نقاط ضعف و قوت این دیدگاه‌ها نزد فیلسوفان علم و دانشمندان علوم شناختی را نقد و بررسی می‌کنیم.

بحث از تمثیل و الگوسازی بسیار جدید بوده و نخستین بار است که در ادبیات فلسفیِ کشور مطرح می‌شود و تا کنون نه پژوهشی در این زمینه صورت گرفته و نه مطالبی در این حوزه ترجمه و نگارش شده است؛ در صورتی که این موضوع در ادبیات غرب بحثی جدی بوده و روزانه در حال گسترش است. گواه این مطلب مقالات و کتاب‌های فراوانی که در این زمینه نگارش شده است. با اینکه در منابع فارسی آثار مرتبط با این موضوع به‌ندرت وجود دارد، در اینجا به سه مورد از آنها اشاره می‌کنیم.

الف) *احمد عبادی* در مقالهٔ «نقش هستی‌شناسی شهودی، ساختمندی و تمثیل در تخیل خلاق علمی» به بررسی نقش تخیل خلاق علمی به عنوان مهم‌ترین عامل پیشرفت علم بر مبنای الگوهای نظری و نتایج تجربی علوم شناختی می‌پردازد. او معتقد است تمثیل‌ها تحت تأثیر هستی‌شناسی شهودی‌اند؛ زیرا دانشمندان در محدوده ذهن خود از تمثیل استفاده می‌کنند؛ همچنین آنها را ابزارهای معرفتیِ قدرتمندی جهت غلبهٔ دانشمندان بر محدودیت‌ها می‌داند (عبادی، ۱۳۹۸، ص۱۰۱). این مقاله تمثیل‌ها را به عنوان سازوکار اصلی معرفت انسان معرفی می‌کند که از طریق استدلال تمثیلی امکان ارائه انگاره‌های جدید در یک دامنه فراهم می‌شود.

ب) *هادی صمدی* در مقاله‌ای تحت عنوان «نقش تمثیل و الگو در نظریه‌های تکامل فرهنگی: مطالعهٔ موردی میمتیک» تلاش می‌کند ضمن معرفی نقدها و پاسخ به نقدها از جانب طرفداران میمتیک وجه تمثیلی و الگوی این نظریه را برجسته کند. او معتقد است در تبیین تکامل فرهنگی نظریه‌های متنوعی ارائه شده است که میمتیک یکی از معروف‌ترین آنهاست. ادعای مقاله حاضر آن است که هر کدام از نظریه‌های ارائه‌شده الگوهایی هستند که در جهت بازنمایی بخش‌هایی از فرهنگ و در جهت قابل فهم کردن آن بخش‌ها با توسل به تمثیل‌هایی ارائه شده‌اند (صمدی، ۱۳۹۹، ص۲۳۸).

ج) *مری هسه* در مقاله «مماثلت و الگو در علم» به تحقیق در اوصاف منطقی گزاره‌ها و نظریه‌های علمی و نسبت موجود میان آنها می‌پردازد. او همچنین بحث از تمثیل و تأیید و تبیین و استقرا و احتمال و اثبات و ابطال و قانون و الگو و نظریه را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد (سروش، ۱۳۸۸، ص۱۲۴). این مقاله از اهَم مقالاتی است که در خصوص فلسفه علم در دانشنامه «پل ادواردز» آمده است و به دوران فلسفه تحلیلی علم تعلق دارد.

یافته‌های علوم شناختی نشان می‌دهد الگوها با توسل به تمثیل‌هایی که برای ذهن آشناتر هستند، ارائه می‌شوند. نوع تمثیل و میزان آشنایی مخاطب با آن، نقش اساسی در قابل فهم‌شدن و گسترش نظریه بازی می‌کند. بنابراین نوآوری مقاله حاضر از آن جهت است که بر نقش تمثیل‌ها در تکوَن مفاهیم علمی و صورت‌بندی نظریات تأکید می‌کند. از آنجایی که مجموعه مطالعات و تحقیقاتی که در این حوزه انجام گرفته و ذکر چند مورد از آنها به میان آمد، هیچ کدام از این پژوهش‌ها به توضیح مفصل الگوها و نقش تمثیل در شکل‌گیری نظریه‌ها نپرداخته‌اند.

الف) تمثیل

واژه یونانی تمثیل (Αλληγορία) به معنای تناسب (Proportion) است. تمثیل غالباً به عنوان اشاره به شباهت میان روابط در دو حوزه متفاوت درک می‌شود؛ برای مثال نسبت ۲ به ۴ به نسبت ۴ به ۸ می‌ماند. امروزه تمثیل اغلب این گونه فهمیده می‌شود: مشابهت

میان نسبت‌ها در دو دامنه متفاوت؛ بدین معنا که رابطه میان الف و ب شبیه است به رابطه میان ج و د. کابردهای مدرن از اصطلاح تمثیل از محدوده مفهومِ تناسب فراتر می‌روند؛ برای مثال درباره الکترون‌های موجود در یک اتم، از تمثیلِ سیارات منظومه شمسی بهره گرفته می‌شود. اتم از یک هسته مرکزی و تعدادی الکترون که به دور هسته در حال گردش‌اند، تشکیل شده است. هسته اتم مرکب از ذراتی به نام‌های پروتون و نوترون است و تمامی جرم ماده مربوط به همین پروتون و نوترون یا همان هسته اتم است. در اطراف هسته تعدادی الکترون روی مدارهایی به شکل بیضی دوران می‌کنند. الکترون‌ها علاوه بر حرکت انتقالی به دور هسته، یک حرکت وضعی به دور خود نیز دارند. منظومه شمسی هم از یک هسته مرکزی به نام خورشید که بیشترین جرم منظومه شمسی را به خود اختصاص داده و تعدادی سیاره مثل تیر، زهره، زمین، زحل، مشتری و... تشکیل شده است. همه سیارات در مداری تقریباً بیضی‌شکل به دور خورشید در گردش‌اند. سیاره‌ها نیز علاوه بر حرکت انتقالی به دور خورشید، یک حرکت وضعی به دور خود نیز دارند. قطر اتم حدوداً یک آنگسترم است و قطر هسته آن بسیار کوچک‌تر از قطر خودش است. اما چگونه این رابطه تمثیلی دقیقاً مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد؟

به این معنا وقتی گفته می‌شود یک اتم مانند منظومه شمسی است. مطمئناً منظور این نیست که هسته آن زرد است یا دمای آن ۵۸۰۰ درجه کلوین است؛ منظور این است که موجودات کوچک‌تر در اطراف یک موجود مرکزیِ بزرگ‌تر در حال چرخش هستند. درواقع تمثیل مقایسه‌ای است بین دو جسم یا دو سیستم اشیا که با استناد به برخی از شباهت‌های پذیرفته‌شده بین دو سیستم به این نتیجه می‌رسند که شباهت‌های بیشتر نیز وجود دارند و بر اساس آن، روابط مشابه بین آن دو را برجسته می‌کنند (Copi and Cohen, 2005, p.83). آنها برای کمک به کشف الگوها به عنوان نقش اکتشافی در علم شناخته می‌شوند که در طیف گسترده‌ای از موقعیت‌ها و با موفقیت‌های چشمگیر به کار گرفته شده‌اند تا بینشی ایجاد کنند و راه حل‌هایی احتمالی برای مسائل

تهیه کنند. به گفته *جوزف پریستلی* (Joseph Priestley) از پیشگامان علم شیمی، تمثیل‌ها بهترین راهنمای ما در تمام تحقیقات فلسفی است؛ زیرا تمام اکتشافات علمی به صورت تصادفی ساخته نشده‌اند و با کمک تمثیل بوده است (Priestley, 1769, p.14). اگرچه ممکن است *پریستلی* کمی اغراق کرده باشد، شکی نیست که تمثیل‌ها در بسیاری از زمینه‌های تحقیق و تفحص ثمربخش بوده‌اند.

در همین راستا *پیتر اخنشتاین* (Peter Achinstein) اظهار داشت: تمثیل‌ها برای تقویت درک مفاهیم در علم به کار گرفته می‌شوند. آنها این کار را با نشان‌دادنِ شباهت‌هایی بین این مفاهیم و دیگران انجام می‌دهند که ممکن است آشنا یا به‌راحتی قابل درک باشند. آنها همچنین ممکن است چگونگیِ تدوین اصول را ارائه دهند و بدین وسیله یک نظریه گسترش یابد. اگر ما بین دو پدیده (مثلاً بین الکترواستاتیک و پدیده گرانشی) شباهت‌هایی را ذکر کردیم و اصول حاکم بر یکی شناخته‌شده باشد، پس با توجه به میزان شباهت، ممکن است معقول باشد که اصول مشابه به روش‌های خاصی بر دیگری نیز حاکم باشد (Achinstein, 1968, pp.208–209).

ب) الگو

الگو (Model) توضیحی تفسیری (Interpretative Description) از یک پدیده است که دستیابی به آن پدیده را تسهیل می‌کند. این دسترسی می‌تواند هم از نظر ادراکی و هم از نظر ذهنی باشد. تسهیل دسترسی معمولاً شامل تمرکز روی جنبه‌های خاص یک پدیده و گاه بی‌توجهی به جنبه‌های دیگر است؛ درنتیجه الگوها توصیف‌هایی جزئی هستند که می‌توانند از اشیایی مانند هواپیمای اسباب‌بازی گرفته تا موجودات نظری، انتزاعی، مانند الگو استانداردِ ساختار ماده و ذرات بنیادی آن متغیر باشند. الگوهای مقیاس* با بزرگ‌کردن (برای مثال یک الگو پلاستیکی از یک دانه برف) یا کوچک‌کردنِ

* یک الگو مقیاس عموماً یک نمایش فیزیکی از یک شیء است که روابط دقیقی را بین کلیه جنبه‌های مهم الگو حفظ می‌کند، اگرچه مقادیر مطلق از ویژگی های اصلی نیازی به حفظ ندارند، این

آن (مانند کره زمین به عنوان الگو زمین) مشاهده آن چیز را تسهیل می‌کنند (Black, 1962, p.171). این امر می‌تواند شامل ایجاد ویژگی‌های صریح و دیدنی‌ای باشد که به طور مستقیم قابل مشاهده نیستند (برای مثال ساختار «DNA» یا عناصر شیمیایی موجود در یک ستاره). بیشتر الگوهای علمی نظری‌اند و به مفاهیم انتزاعی تکیه می‌کنند. آنها از یک فرمالیسم ریاضی استفاده می‌کنند (مانند الگو بیگ بنگ)؛ اما هدف آنها دسترسی به آن جنبه‌هایی از پدیده است که مهم تلقی می‌شوند. الگوی اتمی بور (bohr atomic model) ما را درباره ساختار الکترون‌ها و هسته در یک اتم و نیروهای بین آنها آگاه می‌کند یا الگوسازیِ قلب به عنوان یک پمپ، سرنخی در مورد نحوه عملکرد قلب به ما می‌دهد.

فیلسوفان اهمیت الگوها را با دقت بیشتری مطالعه می‌کنند و نقش‌های متنوعی را که الگوها در عملِ علمی ایفا می‌کنند، مورد بررسی قرار می‌دهند. نتیجه آن پدیدآمدنِ انواع الگو در ادبیات فلسفی است؛ از جمله: الگوهای پدیدارشناختی؛ الگوهای منطقی؛ الگوهای آزمایشی؛ الگوهای نظری؛ الگوهای اکتشافی؛ الگوهای تخیلی؛ الگوهای ریاضی؛ الگوهای صوری و الگوهای تمثیلی. برای مثال معادلات ترمودینامیکی (Thermodynamics) در مکانیک کلاسیک که با استفاده از الگوسازی گاز به عنوان توپ‌های بیلیارد در حال حرکت هستند، نمونه‌ای از الگوسازی تمثیلی در علم است.

ج)کاربست تمثیل در الگو

نسبت میان مشابهت و تمثیل را می‌توان عموم و خصوص مطلق دانست؛ بدین نحو که در هر تمثیل یقیناً مشابهت‌های عدیده‌ای موجود است، اما عکس این قضیه صادق نیست؛ یعنی می‌توان مشابهت‌هایی را یافت که در آنها تمثیل به کار نرفته باشد. درواقع تمثیل متشکل از مشابهت‌های گزینشی است. در تمثیل عموماً آدمیان به شکل ضمنی بر اشتراکات متداول معین (Certain Commonalities) انگشت می‌نهند و تأکید بر

امر آن را قادر می‌سازد تا بدون بررسی خود شیء اصلی، برخی از رفتارها یا ویژگی‌های شی اصلی را نشان دهد، مانند الگوی کره‌ی زمین.

همین انتزاعاتِ ربطیِ رایج است که درک تمثیل را روشن‌تر می‌کند. به بیان ساده‌تر تمثیل را باید تطابق‌دادن ساختارها تعریف کرد. ایده مرکزیِ رویکرد نگاشت ساختاری این است که یک تمثیل، نگاشت معرفت از حوزه‌ای (منبع یا پایه) به حوزه‌ای دیگر (حوزه هدف) است؛ بدین شکل که نظامی از روابط منظور نظر است که میان اشیای حوزه منبع با اشیای حوزه هدف رابطه برقرار می‌کند. در تمثیل، این رابطه به شکل «تناظر یک به یک» (One-to-One Correspondence) است و تطابق ساختاری در بالاترین حد خود قرار دارد. الگوهای تمثیلی نیز با نگاشت ساختاری میان دامنه مبدأ (پایه) و دامنه هدف شکل می‌گیرند. برای ایجاد یک الگوی تمثیلی زیرساخت‌های مشترک در دو دامنه شناسایی و با یکدیگر نگاشت می‌شوند که نتیجه آن تشکیل یک الگوی تمثیلی است. در رویکرد نگاشت ساختاری هدف این است که شخص به بررسی استنتاج‌های احتمالی مربوط به حوزه هدف بپردازد و برای رسیدن به این منظور، گزاره‌هایی از دامنه پایه به دامنه هدف انتقال می‌یابد (Gentner, 1983, p.156). در این رویکرد، تمثیل‌ها روابط و الگوهایی توصیفی هستند که سازوکار (Mechanism) تفکر علمی مدرن را تشکیل می‌دهند و می‌توانند به شکل‌های مختلفی مورد استفاده قرار گیرند. گاهی در کشف علمی برای توسعه انگاره‌ها و حساب‌ها مؤثرند و ممکن است در ارزیابی یک حساب علمی تأثیر داشته باشند یا در آموزش و تصویرسازی (Illustration) به کارگرفته شوند؛ اما غالباً تمثیل‌ها نقش اساسی در الگوسازی برای دستیابی به کشف علمی و فناورانه دارند. ما در اینجا تمثیل‌ها را با توجه به کاربردشان در علم و فناوری به سه دسته تقسیم می‌کنیم و در ادامه خواهیم گفت که کدام یک از این تمثیل‌ها در الگوسازی علمی نقش بیشتری دارد:

۱.تمثیل‌های ریاضیاتی (Mathematical Analogies)

تمثیل بین نیروی گرانش و الکترواستاتیک در فیزیک نمونه بارزی از تمثیل ریاضیاتی است. در این دو نیرو (گرانش و الکترواستاتیک) فرمول‌بندیِ ریاضی بین کمیت‌ها یکسان اما ماهیتِ کمیت‌ها متفاوت است. درواقع گرانش نیروی بین زمین و اجسام

بزرگی مانند ماه را توضیح می‌دهد که در یک فاصله مشخص از هم قرار دارند. این در حالی است که الکترواستاتیک بیانگر نیروی بین دو ذره باردار است که در یک فاصله مشخص از هم قرار دارند؛ برای مثال ممکن است در یک حوزه خاص، توصیف ریاضیاتیِ پدیده گرانش از قبل وجود داشته و به‌خوبی تدوین شده باشد، سپس به حوزه دیگر منتقل شوند. یا دو حوزه نسبتاً مستقل ایجاد شوند و معادلات مشابه می‌توانند با نوشتن یک قانون به روشی خاص تدوین شوند. نمونه‌ای از این قانون، معادلات نیروی گرانش و نیروی الکترواستاتیک (قانون کولن) است که در آن نیروی الکترواستاتیک به سبک نیروی گرانش عمل می‌کند:

$$\begin{cases} \mathrm{F}_{grav} = \mathrm{G}\dfrac{m_1 m_2}{r^2} \\ \mathrm{F}_{el} = \mathrm{k}\dfrac{q_1 q_2}{r^2} \end{cases}$$

در این دو معادله که یکی قانون گرانش نیوتون ($\mathrm{F}_{grav} = \mathrm{G}\frac{m_1 m_2}{r^2}$) و دیگری قانون الکترواستاتیک است ($\mathrm{F}_{el} = \mathrm{k}\frac{q_1 q_2}{r^2}$)، شکل ظاهری هر دو معادله یکسان است. مهم‌ترین مشابهت در اینجا آن است که هر دو نیروی الکتروستاتیک و گرانش با معکوس مربع فاصله (r) بین دو جرم، m_1 و m_2 یا دو ذره باردار، q_1 و q_2 متناسب‌اند. ثابت‌های فیزیکی در این معادلات برای متناسب‌کردن واحدهای کمیت‌هاست. در حالی که این دو قانون بر فرایندهای فیزیکی متفاوتی اعمال می‌شوند، بیانگر تمثیل ریاضیاتی بسیار خوبی هستند (North, 1980, p.123). یک مثال ساده برای بیان تشابه نیروهای الکتریکی و گرانشی نمونه زیر است: چرا بعد از شانه‌کردن سر، شانه می‌تواند خرده‌های کاغذ را بلند کند؟ این نمونه‌ای از نیروی الکترواستاتیک است که از بسیاری جهات شبیه نیروی گرانشی است؛ زیرا ظاهراً از دور و از طریق خلأ اثر می‌کند. اگر شانه‌ای را به سر خود بزنید و آن را به توپ پینگ‌پونگ آغشته به گرافیت آویزان نزدیک کنید، شانه توپ را از فاصله‌ای جذب می‌کند. اما این نیرو از نوع گرانشی نیست؛ زیرا خیلی قوی‌تر از آن است. جاذبه گرانشی بین توپ پینگ‌پونگ و شانه به قدری ضعیف است

که قابل آشکارسازی و محسوس نیست. برای اینکه نیروی گرانشی آشکارسازی شود، جسمی در اندازه کره زمین یا ماه لازم است. نیروی جدید یک خاصیت موقتی دارد؛ زیرا اگر بعد از شانه‌زدن مدتی صبر کنید، احتمالاً اثر این نیرو ناپدید خواهد شد. برای اینکه شانه توپ را جذب کند، باید بار الکتریکی به آن داده شود. این همان نیروی الکترواستاتیک است که شباهت به نیروی گرانشی دارد.

نیرو	نیروی گرانشی	نیروی الکترواستاتیک
فرمول	$F_{grav} = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$	$F_{el} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$
رابطه نیرو با ذرات	رابطه مستقیم با حاصل‌ضرب جرم‌ها	رابطه مستقیم با حاصل‌ضرب بارها
رابطه نیرو با فاصله بین ذرات	رابطه عکس با مجذور فاصله	رابطه عکس با مجذور فاصله

جدول شماره ۱. رابطه نیروها و چگونگی مشابهت بین پارامترها

این مورد نمونه خوبی از رویکرد نگاشت ساختاری جنتر یا تمثیل صوری هسه را ارائه می‌دهد- که در ادامه به آن می‌پردازیم. وجود جرم و بار باعث می‌شود اشتراکات در دو قانون کم شود؛ اما همچنان ارتباط‌هایی میان هر دو حوزه وجود دارد. درواقع مشابهت‌هایی که میان این دو قانون وجود دارد، بیانگر این نکته است که علاوه بر شباهت بین قوانین، میان دو حوزه علمیِ گرانش و الکترواستاتیک نیز مشابهت است. توانایی تدوین چنین معادله مشابهی می‌تواند نشانه پیوند بین دو حوزه باشد و فراهم‌کردنِ تفاهم به روشی که *هرشل* ادعا می‌کند. *جان هرشل* (John Herschel) در رساله‌ای فلسفی با عنوان **گفتمان مقدماتی درباره مطالعه فلسفه طبیعی** جایگاه تمثیل در علم را برجسته می‌کند. از نظر او «مشابهت‌ها و تمثیل‌ها» (Parallels and Analogies) را می‌توان بین شاخه‌های مختلف علوم ردیابی کرد (Herschel, 1987,

p.94). آنها شخص را قادر می‌سازند شاخه‌های مختلف علوم را به هم پیوند دهد و به دنبال چیزهای کلی دیگر باشد تا به آنها ملحق شوند؛ مثالی که او ذکر می‌کند، تمثیل بین نور و صوت است. وی نتیجه می‌گیرد در مواجهه با پدیده‌ای غیر قابل توضیح، باید پدیده‌های مشابهی پیدا کرده و مطالعه کنیم. حال اگر علل شناخته‌شده در سایر پدیده‌های مشابه مؤثر باشند، سرنخ‌هایی در مورد علل پدیده‌های مورد نظر به ما می‌دهند. البته اینکه این تدابیر (Strategy) چگونه کار می‌کنند، بستگی به دردسترس‌بودنِ پدیده‌های تقریباً مشابهی دارد که از قبل توضیح داده شده است (Herschel, 1980, p.148).

۲. تمثیل از طبیعت (غیر ریاضی) (Analogy as Part of an Argument)

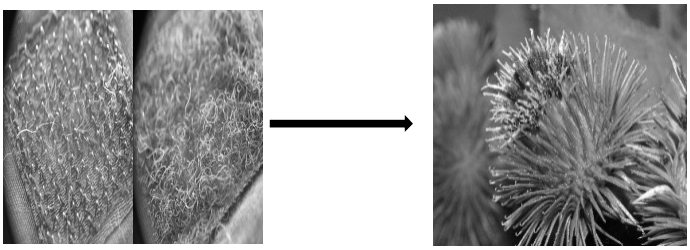
تمثیل‌های برگرفته از طبیعت را می‌توان تمثیل غیر ریاضی (Nonmathematical) نیز نامید. نمونه‌ای از تمثیل از طبیعت برای یک کاربرد فناورانه، اختراع قلاب اتصال‌دهنده* است (شکل ۱). در این اختراع تمثیل فرایندی را در طبیعت الگو نمی‌کند (Holyoak and Thagard, 1995, p.198). در سال ۱۹۶۸ *ژُرژ د. مِسترال* (Georges de Mestral) متوجه شد تیغ‌های گیاه باباآدم** به دلیل داشتن قلاب‌های ریز به خزهای سگ او چسبیده‌اند. وی فهمید چگونه می‌توان اثر مشابه را به صورت مصنوعی تولید کرد؛ به‌گونه‌ای که اکنون می‌توان بسیاری از اشیا را با استفاده از قلاب و پارچه مانند

---

* قلاب اتصال‌دهنده (Hook-and-loop Fasteners) که نشان تجاری عام ولکرو به فرانسوی (Velcro) نیز برای آن به کار می‌رود و چسبک، بست قلاب‌دار، پارچه چسبی یا چسب پارچه‌ای نیز نامیده می‌شود، از دو پارچه که یکی دارای حلقه‌های ریز و دیگری قلاب‌های ریز دارد تشکیل می‌شود که با قرارگرفتن روی هم قلاب‌ها در حلقه‌ها فرو می‌روند و وقتی جدا می‌شوند، سطح پارچه‌ای مستقلی هستند. اتصال‌دهنده قلاب حلقه در سال ۱۹۴۸ میلادی توسط مهندس برق سوئیسی *ژُرژ د. مِسترال* اختراع شده و در سال ۱۹۵۵ توسط وی به ثبت رسیده است.

** باباآدم (Burdock) گیاهی است که به اندازه یک مترونیم تا دو متر ارتفاع رشد می‌کند با برگ‌های درشت و خشن و سبز رنگ. این گیاه دارای گل‌های توپ مانند و به اندازه فندق یا بزرگ‌تر از آن است که در باغچه و کنار آب‌ها و مزارع می‌روید.

حلقه‌هایی به هم چسباند. قلاب اتصال‌دهنده در ابتدا یک تمثیل هدف برای مبدأ تیغ بود؛ اما به منبعی برای طراحی و توضیحات بیشترِ تمثیل در حوزه‌هایی مانند پزشکی، زیست‌شناسی و شیمی تبدیل شده است. این حوزه‌های جدیدِ انتقال تمثیلی شامل: بسته‌شدن شکم در جراحی (Abdominal Closure in Surgery)، ساختار اپیدرم (Epidermal Structure)، پیوند مولکولی (Molecular Bonding)، تشخیص آنتی ژن (Antigen Recognition) و پیوند هیدروژن (Hydrogen Bonding) است. نکته قابل توجه در تمثیل‌های طبیعی این است که یک کاربرد فنیِ طراحی‌شده از طبیعت متعاقباً دوباره به عنوان یک تمثیل برای بیان فرایندهای موجود در طبیعت مورد استفاده قرار می‌گیرد.



دامنه هدف (قلاب اتصال‌دهنده) دامنه پایه (تیغ باباآدم)

(شکل ۱)

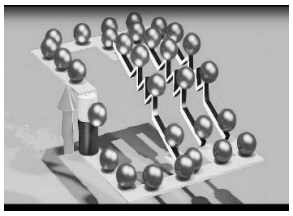
قلاب اتصال‌دهنده نمونه‌ای از یک تمثیل از طبیعت و مبتنی بر ویژگی‌های ظاهری است. نمونه‌های دیگری مانند آن نیز وجود دارد که مشهورترینِ آنها رؤیای ککوله (Friedrich August Kekulé) است که در سال ۱۸۶۵ میلادی او را به این فرضیه سوق داد که اتم‌های کربنِ موجود در بنزن در یک حلقه مرتب شده‌اند (Shaffer, 1994, p.26). در هر صورت دلیل رؤیای ککوله مربوط به جست‌وجوی گسترده او برای یافتن راه حلی در مورد ساختار شیمایی بنزن بود. تمثیل‌هایی مانند قلاب اتصال‌دهنده و حلقه بنزن که به نظر می‌رسد این تمثیل‌ها باعث بینش ناگهانی نسبت به یک موضوع کاملاً نامربوط شده‌اند، هر دو مثال نمونه‌های تمثیل دور (Distant) است

که منبع و هدف به حوزه‌های کاملاً متفاوتی تعلق دارند؛ اما تمثیل‌ها بسیار مهم تلقی می‌شوند؛ زیرا منجر به کشف‌های مهمی شده‌اند. این تمثیل‌ها به ایفای نقش در توسعه دامنه هدف نیاز نداشتند، به جز ایجاد انگاره جدید برای آن دامنه. پیچیدگی فنیِ ساخت قلاب اتصال‌دهنده، پیداکردنِ مواد مناسب برای ساخت آن و غیره نیازی به دریافت اطلاعاتِ قابل توجهی از تفکر درباره گیاه باباآدم ندارد و دانش و بینش شیمیایی ککوله بود که به او این امکان را داد تا شکلِ حلقه را در فرمول ساختاری بنزن صورت‌بندی و پیشنهاد کند، نه تشخیص درباره مارها. آنچه به عنوان کشف تصادفی بیان می‌شود، بیشتر اوقات نتیجه یک جست‌وجوی بسیار منظم در شرایط تحقیقاتی است که به طور منظم انتخاب شده‌اند.

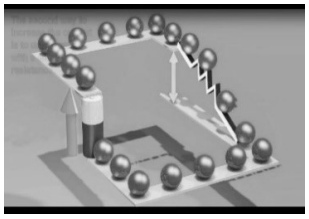
۳. تمثیل‌های استدلالی (Analogy as Part of an Argument)

کاربست دیگر از تمثیل زمانی است که از یک تمثیل به عنوان بخشی از یک استدلال استفاده می‌شود. چنین تمثیل‌هایی مانند تجربه‌های ذهنی (Hought Experiments) هستند. *گالیله* (۱۶۴۲-۱۵۶۴) در برابر این استدلال که زمین حرکت نمی‌کند- زیرا سنگی که از یک برج در حال سقوط است در زیر برج قرار می‌گیرد- تمثیلی را بیان کرد و در این تمثیل از مثال یک کشتی استفاده نمود که با سرعت ثابت و بدون تکان در یک دریای آرام در حال حرکت است و هر ناظری که در پایین عرشه قرار دارد، نمی‌تواند بگوید که آیا کشتی در حال حرکت است یا ثابت. آزمایش‌های تجربیِ علومِ شناختی نشان می‌دهد (Gentner, 1983, p.74) توانایی افراد در حل مسائل مربوط به مدارهای برقی (Electric Circuits) به تمثیلِ مورد استفاده آنها بستگی دارد. شخص با الگوکردنِ مدارهای الکتریکی به جمعیت در حال حرکت تصور می‌کند که قراردادن یک مقاومت در مدار الکتریکی شبیه جمعیتی است که سعی می‌کنند از طریق یک راهروی باریک عبور کنند، به نظر می‌رسد با قراردادنِ دو راهرو به طور موازی، مقاومت آشکارا کوچک‌تر است. بر این اساس با قراردادن دو راهرو در رشته (Series) مقاومت بالاتر می‌رود (شکل ۲ و ۳). در مثال بالا جمعیت در حال حرکت به عنوان دامنه مبدأ و

جریانِ مدار الکتریکی دامنه هدف است که منجر به الگوسازی بین آن دو شده است.



جمعیت در حال حرکت از سه راهرو (شکل۳)



جمعیت در حال حرکت از یک راهرو (شکل۴)

جنتر نشان می‌دهد افرادی که به طور شهودی از الگو جمعیت متحرک (Moving-Crowd Model) نسبت به افرادی که از این الگو استفاده نمی‌کنند، برای حل مسائل مربوط به مقاومت الکتریکی بهتر عمل می‌کنند. درنتیجه تمثیلِ تدوین‌شده به منظور حل مسئله مدار، تأثیر قابل توجهی در استدلال از این مسائل دارد. اینها نمونه‌هایی از تمثیل هستند که می‌توانند به عنوان استدلال به کار روند؛ زیرا ممکن است آنها بتوانند راه حلی را برای یک مسئله به جای دیگری ترجیح دهند.

د) تبیینِ عملکرد الگوهای تمثیلی

الگوهای تمثیلی در اوضاع فلسفی حاکم از دهه ۱۹۲۰ به بعد مورد توجه قرار گرفتند و بحث‌های فلسفی بسیاری را برانگیختند. مسئله رشد نظریه‌ها و کشف رویکردهای نظری به پدیده‌ها صحنه‌ای را فراهم می‌کند که در آن *مری هسه* (Mary B Hesse) به طور قاطع بین تمثیل مثبت (Positive Analogy)، تمثیل منفی (Negative Analogy) و خنثی (Neutral Analogy) تمایز قایل می‌شود. در سیستم‌های تمثیلی مجموعه شباهت‌ها را تمثیل مثبت و مجموعه اختلافات را تمثیل منفی و اوصاف دیگری را که تمثیل منفی یا مثبت‌بودنشان تا آن وقت معلوم نیست، تمثیل خنثی می‌نامیم. کاربست الگو عبارت است از کاوش در این وجوه خنثی و استفاده از آنها برای بسط و اصلاح بعدی نظریه. این بسط و اصلاحات در آزمون‌های تجربی بعداً تأیید یا ابطال خواهد شد.

از نظر هسه هر الگوی تمثیلی که به روشی ساده از یک سیستم آشنا به دست آید، لاجرم تمثیل‌هایی مثبت و منفی با سیستم تفسیرشونده خواهد داشت. وقتی گوی‌های

بیلیارد را الگوی گازها می‌شمارند، منظور این نیست که جمیع اوصاف آن گوی‌ها (مثل رنگ و ابعاد) را هم می‌توان به گاز نسبت داد. در این موارد همواره وجوهی از تمثیل منفی وجود دارد که قابل درک است، ولی نادیده گرفته می‌شود؛ لذا به آنها تمثیل منفی گفته می‌شود. انگاره اصلیِ او این است که تمثیل مثبت اغلب بیانگر این است که چه چیزی موضوع مناسبی برای بررسی بیشتر است و از این نظر استفاده از تمثیل به عنوان یک کل می‌تواند راهنمایی برای تحقیقات بیشتر باشد (Hesse, 1966, p.57). او درباره توپ بیلیارد در نظریه دینامیکی گازها می‌گوید: یکی از دلایلی که تمثیل در علم رخ می‌دهد، این است که تمثیل‌ها از عملکرد اصلیِ الگوها پشتیبانی می‌کنند. به‌گفته برخی دانشمندان، الگوهایی که تبیین‌کننده هستند، بیشتر با آنهایی مطابقت دارند که بر اساس تمثیل با برخی اشیا یا دستگاه‌های شناخته‌شده دیگر ساخته می‌شوند (Achinstein, 1968. p.216). پس تفسیرها با انتقال از چیزهای ناآشنا با چیزهای آشناتر پیوند می‌یابد: این تمثیل‌ها به همانندسازیِ انگاره‌های جدید با قدیمی کمک می‌کنند و از اینکه مقدمات توضیحیِ جدید کاملاً ناشناخته نباشند، جلوگیری می‌کند (Nagel, 1979, p.46).

الگوهای تمثیلی برای توضیح و تشریح استفاده می‌شوند و حتی در مواردی که ساده‌ترین راه بررسیِ آثار قوانین طبیعیِ حاکم بر سیستم، ساختن تمثیل‌ها یا روگرفت‌ها (Replica) از آن باشد، برای محاسبه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. الگو تونل باد، الگوهای الکتریکی از شبکه عصبی، الگوهای عرضه و تقاضای اقتصادی نمونه‌های از این گونه الگوسازی‌اند. البته اینها نمونه‌های کاملِ روگرفت‌ها و الگوهای تمثیلی در علمی نیستند. برخی از الگوها ذاتاً با اصل خود مشابهتی ندارند و فقط از جهت برخی نسبت‌های واقع میان اجزا با اصل همانند هستند؛ برای نمونه عرضه و تقاضای اقتصادی شامل میله‌هایی که حاوی مایعی رنگین باشند، نیست؛ اما تفسیر مناسب از نسبت‌هایی که این الگو باز می‌نماید، شخص را قادر می‌سازد از آن برای روش‌های اقتصادی آگاهی یابد. در این موارد تمثیل‌های به‌کاررفته برای بیان نسبت‌های موجود میان الگو و اصل را

هم‌ریختی (Isomorphism) می‌نامند. این استفاده از تمثیل برای الگوسازی در علم، فیلسوفان را درگیر تقسیم‌بندی‌هایی بین تمثیل‌ها می‌کند که به قرار زیر است:

۲.تمثیل صوری (Formal Analogy)

به طور کلی می‌توان گفت نسبت میان الگو و اصل، نسبت تمثیلی است. الگوهایی که در علم به کار می‌روند، از دو گونه نسبت تمثیلی برخوردارند: اول، در الگوهای منطقی* دستگاه‌های صوری، نوعی تمثیل ساختاری میان الگو و دستگاه برقرار است که از این ریشه بر می‌خیزد که همان بدیهیات و روابط استنتاجی که موضوعات و محمولات دستگاه (System) را به هم می‌پیوندد، به موضوعات و محمولات الگو نیز پیوستگی می‌بخشند. تمثیل ساختاری در اینجا عبارت است از تنازع و تطابق موضوعات و محمولات دستگاه با حدود و اصطلاحاتی که در الگو هستند و تفسیر آن محسوب می‌شوند. دو الگوی مختلف از یک سیستم صوری واحد با یکدیگر رابطه تمثیلی دارند. یک آونگ متحرک و یک مدار برقی نوسان‌گر با یکدیگر رابطه تمثیلی دارند؛ زیرا روابطی صوری که معادله موج از آنها خبر می‌دهد، در هر دوی آنها صدق می‌کند. این تمثیل را تمثیل صوری می‌نامیم (Hesse, 1966, p.57).

* الگوهای منطقی به الگوهایی گفته می‌شود که در منطق صوری با مجموعه‌ای از بدیهیات و توالی‌های منطقی سروکار دارند و نیز با الگوهایی که تفسیر آن بدیهیات و نظریه‌ها هستند. این الگوها یک دسته هویات‌اند که آن بدیهیات در آن صدق می‌کنند. در هندسه ابتدایی، این نسبت‌ها بهتر از هر جای دیگر قابل مشاهده‌اند؛ برای مثال اگر این جمله یکی از قواعد کلیِ هندسه صوری‌شده باشد «هر جا دو نقطه داشته باشیم، فقط بر یک خط راست واقع خواهند شد». اگر سیستم کاملاً صوری شده باشد، در آن هیچ تعریفی برای نقطه و خط راست داده نخواهد شد، مگر در ضمن همین قواعد کلی و قواعد کلیِ دیگری که آن واژه‌ها در آن به کار می‌روند. نسبت میان این واژه‌ها در قواعد کلی و در توالی منطقی‌شان، حد و مرز کاربرد آنها را در یک سیستم صوری مشخص می‌کند. اگر بپرسیم که این قواعد کلی چه می‌گویند، تنها پاسخ این خواهد بود که آنها فقط از هویاتی سخن می‌گویند که در آنها صدق می‌کنند. به طور کلی دسته‌ای از هویات که تفسیر تمام قواعد کلی در آنها صدق کنند، الگو منطقیِ آن سیستم خوانده می‌شود (Hesse,1964, pp.319-327).

۲.تمثیل مادی (Material Analogy)

نوع دیگری از تمثیل است که میان روگرفت (Replica) و اصل برقرار می‌شود و از تمثیل صوریِ صرف فراتر می‌رود. در تمثیل صوری به غیر از تمثیل ساختاری، بودنِ مشابهت میان موضوعات و محمولات دو الگو از یک سیستم صوری، ضروری نیست؛ اما در اینجا، بین اصل و روگرفت مشابهتی هست که می‌توان مشابهت مادی نامید. بین بال‌های یک هواپیما و روگرفتِ آن از نظر سختی و شکل مشابهت هست، اگرچه ممکن است از یک حیث مثل ابعاد متفاوت باشند. وقتی میان دو دستگاه چنان مشابهتی برقرار است که ناشی از این نیست که آنها الگوهای منطقی دستگاه صوری واحدند، در این صورت آن را تمثیل مادی می‌نامیم.

تمثیل صوری به مواردی اشاره می‌کند که روابط بین عناصر خاص در یک دامنه با روابط بین عناصر مربوط در حوزه‌های دیگر یکسان یا حداقل قابل مقایسه باشد. چنین هویتی از ساختار به تمثیل مادی احتیاج ندارد؛ به این معنا که افراد دامنه (چیزها) لازم نیست که ویژگی‌ها یا خصوصیات را به اشتراک بگذارند. تمثیل مادی مبتنی بر مشابهت (Analogues) میان دو چیز است که خصوصیات خاصی دارند. هسه فرض می‌کند که این خصوصیات قابل مشاهده است. مثال او تمثیل زمین و ماه است که دارای خواص مشترکی هستند مانند بزرگ‌بودن، جامد، کدر، اجسام کروی که از خورشید گرما و نور دریافت می‌کنند، حول محورهای خود می‌چرخند. تمثیل‌های مادی، تمثیل‌های پیشانظری (Pretheoretic) بین مشاهدات هستند (Hesse, 1966, p.58).

هسه بین اینکه خواص دو تمثیل یکسان هستند یا صرفاً مشابه‌اند، تمایز قایل می‌شود. خصوصیات مشترک ماه و کره زمین که در فهرست او قرار دارد، هم برای ماه و هم برای زمین یکسان است؛ اگرچه وقتی که شخص ویژگی‌های نور و صوت را با هم مقایسه می‌کند، آنها یکسان نخواهند بود با اینکه می‌توان آنها را شبیه به هم خواند. پژواک از صدا و نور منعکس می‌شود، صدا بلند و رساست؛ در حالی که نور درخشان است، صدا دارای زیر و بم است و نور دارای رنگ. صدا توسط گوش شناسایی می‌شود

در حالی که نور توسط چشم. هسه جدولی را تنظیم می‌کند که در آن خصوصیات ستون‌های عمودی را در کنار یکدیگر نشان می‌دهد. وی معتقد است استفاده از یک تمثیل در علم اغلب به این معناست که میان مرجع تمثیل (Analogue) و سیستمی که باید تبیین گردد، دو نوع رابطه برقرار است. اولین رابطه عبارت است از روابط مشابهت (Similarity Relations) میان خواص مرجع تمثیل و خواص دستگاهی که باید تبیین شود. دومین رابطه عبارت است از روابط علّی یا روابط عملکردی (Functional) که هم برای تمثیل و هم برای دستگاهی که باید تبیین گردد برقرار است؛ برای نمونه مشابهت میان خواص صوت و خواص نور را ممکن است به این طریق نشان داد:

خواص نور	خواص صوت	روابط علّی
انعکاس	پژواک	قوانین انعکاس
درخشندگی	بلندی	شکست و غیره
رنگ، انتشار در اتر	لحن، آوا، طنین، انتشار در هوا	

این تمثیل را می‌توان به قصد طرح دعوی دوجنبه‌ای به کار گرفت. دعوی اول این است که خواص متناظر در هر ستون مشابه است. دعوی دوم آن است که روابط علّی مشابه، عبارات داخل هر ستون را به یکدیگر مرتبط می‌سازند. این روابط شامل قوانین انعکاس، شکست، تغییر شدت به تناسب فاصله و نظایر آن است. به همین دلیل است که وی به ویژگی‌های مربوطه (مشابه یا یکسان) در دو تمثیل به عنوان روابط افقی اشاره می‌کند. او همچنین روابط عمودی را در نظر می‌گیرد که بیانگر روابط بین خصوصیات یک تمثیل است؛ برای مثال روابط علّی و معلولی بین صدا، طنین، صدای رسا یا خاموش و زیر و بم داشتن یا نداشتن توسط گوش تشخیص داده می‌شود. البته ممکن است در روابط عمودی دو تمثیل شباهت‌هایی وجود داشته باشد و این تمثیل صوری است (Hesse, 1966, p.80).

در مثال‌های علمیِ هسه تمثیل مادی زمینه‌ای را برای کشف یک تمثیل صوری فراهم می‌کند. یک تمثیل غیر علمی که هسه برای نشان دادنِ تمثیل صوری از آن استفاده می‌کند، تمثیلی است که نشان می‌دهد دولت مانند یک پدر برای فرزندان به شهروندان است. در این حالت هیچ نکته قابل ملاحظه‌ای که دولت و شهروندان با پدر و فرزندان مشترک باشد، وجود ندارد. تنها شباهت قابل ملاحظه بین این دو تمثیل، روابط عمودی است؛ مانند فراهم‌کردنِ محافظت و مطیع‌بودن. هسه ادعا می‌کند بیان این روابط عمودی هیچ پایه‌ای برای پیش‌بینی نیست، احتمالاً به این دلیل که دولت، پدر و فرزندان هیچ اشتراکی ندارند. او پیشنهاد می‌کند پیش‌بینی تنها در صورتی امکان‌پذیر است که بین شرایط متناظر شباهت افقی وجود داشته باشد (Ibid, p.62).

هـ) ملاحظات تکمیلی و انتقادی

کمتر فیلسوفی نقش الگوهای تمثیلی را نسبت به نظریه‌ها انکار می‌کند. الگوهای نظری دلایل و ضمائمی هستند که به‌درستی نمی‌توان آنها را معین کرد؛ اما از راه تمثیل و مشابهت به یک دستگاه تفسیرشونده راه می‌یابند و بر این اساس می‌توانند راه گسترش و اصلاح بعدی را به نظریه‌های تبیین‌گر نشان دهند. به منظورِ تبیین نقاط ضعف و نقاط قوت دیدگاه‌های مختلف درباره الگوهای تمثیلی و نقش آنها در توسعه نظریه‌های علمی باید به تأمل در نقش تمثیل‌ها و الگوها نزد فیلسوفان و دانشمندان در این زمینه پرداخت. در ادامه به برخی ابعاد مثبت و منفی در این باره می‌پردازیم.

۱.مرتبط‌سازی نظریات و قوانین مشاهده‌شده

از میان دانشمندانی که به نقش تمثیل در علم پرداخته‌اند، *کمبل* (Norman Robert Campbell) اولین کسی است که بر وابستگیِ الگوها و نظریه‌ها به تمثیل احتجاج کرده است. از نگاه او تمثیل رابطه‌ای است بین یک نظریه و چیزی که قوانین مشاهده‌شده در آن اعمال می‌شود. دانشمندان برای غلبه بر شکاف بین نظریه و مشاهدات (Observation) نیاز به تمثیل دارند. وی تأکید می‌کند دلیل اصلیِ او برای مهم‌شمردنِ تمثیل‌ها در علم هیچ ارتباطی با نقش تمثیل‌ها به عنوان ابزاری در فرایند کشف و

توسعه نظریه‌ها ندارد. او می‌نویسد: به نظر می‌رسد بیشتر نویسندگان درباره اصول علم موضع را اشتباه فهمیده‌اند. آنها از تمثیل‌ها به عنوان ابزار کمکی (Aids) برای شکل‌گیری فرضیه‌ها و پیشرفت کلی علم سخن می‌گویند (Campbell, 1957, p.129). اما از نظر *کمبل* تمثیل‌ها به ایجاد نظریه‌ها کمک نمی‌کنند، بلکه آنها بخشی کاملاً اساسی و جدانشدنی از نظریه‌ها هستند که بدون آن نظریه‌ها کاملاً بی‌اعتبار و بی‌ارزش‌اند. اغلب مطرح می‌شود که تمثیل منجر به تدوین نظریه می‌شود؛ اما این انگاره که تمثیل پس از تدوین نظریه به هدف خود خدمت کرده است و می‌تواند حذف و فراموش شود، چنین پیشنهادی کاملاً نادرست و گمراه‌کننده است (Ibid, p.97).

تمثیلِ مرتبط با یک نظریه صرفاً تعبیه‌ای الهام‌بخش و ابتکاربرانگیز برای تسهیل در امر جست‌وجو و کاوش هرچه بیشتر قوانین نیست؛ بالعکس این تمثیل بخشی از یک نظریه به شمار می‌رود؛ زیرا تنها بر حسب تمثیل است که می‌توان گفت یک نظریه مجموعه‌ای از قوانین را تبیین می‌کند. *کمبل* نظریه‌های فیزیکی را به «نظریه‌های ریاضی» و «نظریه‌های مکانیکی» تقسیم می‌کند و مبنای تقسیم را بر تفاوتی قرار داد که در ساختمان صوری این نظریه‌ها وجود دارد. وی معتقد است نشانه یک نظریه مکانیکی موفق، توانایی آن برای پیشنهاد رابطه‌ها و همبستگی‌های بیشتر است و نظریه‌های مکانیکی تنها در پرتو یک تمثیل، پا به عرصه وجود می‌گذارند و نمی‌توان از پیش، قاعده‌ای را برای جداساختنِ تمثیل‌های مناسب از تمثیل‌های نامناسب معین کرد. قوه تخیل نظریه‌پرداز تنها به‌وسیله الزام مربوط به هماهنگی و انسجام درونی قوانین تجربی و قابل استنتاج بودن آنها محدود می‌گردد و لاغیر. نظریه‌های ریاضی نیز این گونه‌اند و در پرتو کاربرد موفقیت‌آمیز تمثیل‌ها پدید می‌آیند (Campbell, 1952, p.153).

۲.قدرت پیش‌بینی

قدرت پیش‌بینی یکی از اوصاف مطلوب هر نظریه شایسته علمی است که بدون تمثیل مادی نمی‌توان مبنایی خردپسند برای پیش‌بینی فراهم کرد. اغلب دانشمندان و فیلسوفان متفق‌اند که قدرت پیش‌بینی شرط نظریه‌های شایسته تبیین‌گر است؛ لکن برخی آنان

باور ندارند که الگوها برای ایفای این شرط، ضروری یا حتی سودمند باشند. دلیل اولشان این است که حتی برای نظریه خاصی که الگو خاصی موجود باشد، استدلال تمثیلی مبتنی بر الگو نمی‌تواند ضامن صحت پیش‌بینی باشد. این اشکال وارد است؛ زیرا هیچ پیش‌بینیِ تجربی (استقرایی) به هر نحو که حاصل شده باشد، اطمینان‌بخش نیست. اما آن اعتراض، وابسته به این فرض است که استدلال تمثیلی از پشتوانه‌ای برخوردار نیست که به آن قوّت استقرایی ببخشد؛ در حالی که روش‌های دیگری که برای دستیابی به پیش‌بینی از نظریه‌ها به کار می‌روند، از چنین پشتوانه‌ای برخوردارند؛ اما صدق این پیش‌فرض به هیچ وجه مسلّم نیست (Achinstein, 1963, pp.207-221).

۳.تمثیل‌های کاربردی در الگوسازی

از میان سه نوع تمثیلی که ارائه شد، تنها تمثیل‌های ریاضی می‌توانند در تدوین یا درک یک الگو کمک کنند. تمثیل‌های دیگر با اینکه برای الگوسازی داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، هیچ تأثیر مستقیمی بر الگو پدیده‌های خود ندارند. به همین ترتیب استفاده فناورانه از یک تمثیل علمیِ غیر ریاضی مانند توسعه قلاب اتصال‌دهنده، ارتباط مستقیمی برای الگوسازی ندارد؛ زیرا هدف از ترسیم چنین تمثیلی، ساختن الگوی از یک پدیده نیست، بلکه استفاده از تمثیل‌های غیر ریاضی مانند رؤیای ککوله ممکن است بینش جدید و انگاره ساخت یک الگو را فراهم کنند؛ اما راهنمایی دقیق برای ساخت الگو ارائه نمی‌دهد. درواقع تمثیل می‌تواند به عنوان یک محرک برای الگوسازی عمل کند، اما درنهایت هیچ تأثیری در توسعه واقعی و کیفیتِ نتیجه یک الگو ندارد؛ زیرا راه ارزیابی یک الگو این نیست که قضاوت کنیم آیا شباهت به چیزی دارد یا نه.

تمثیل‌های طبیعی (غیر ریاضی)، تأثیر شناختیِ لحظه‌ای بر نظریه‌پردازی دارند و تمثیل‌های استدلالی، تأثیر بسیار گسترده‌ای بر نحوه تفکر دانشمندان درباره یک موضوع دارند. آنها با اینکه می‌توانند یک الگو را ارتقا بخشند، عهده‌دارِ کیفیت الگوی به‌دست‌آمده نیستند. ممکن است بخش‌هایی از یک تمثیل رد شوند یا بخش‌هایی از آن

به کار گرفته شوند (تمثیل منفی، مثبت و خنثی) و در این موارد باید داوری‌هایی درباره الگوسازی یک پدیده انجام داد. ممکن است ریشه برخی الگوها در تمثیل باشد، مانند الگوی پودینگ آلوی* *تامسون* (Joseph John "J. J." Thomson) از اتم یا الگوی اتمی *بور* مبتنی بر دستگاه سیاره‌ای؛ اما تعدادی از الگوهای موجود در علم بیشتر از مرزهای تمثیلی‌ای که از آنها سرچشمه گرفته‌اند، توسعه نمی‌یابند. یک تمثیل همان طور که هست، به جای اینکه یک الگو باشد، می‌تواند دسترسی به پدیده‌ای را فراهم کند که در آن داده‌های تجربیِ موجود در این پدیده را به روشی خاص تفسیر می‌کند. تمثیل‌های مورد استفاده برای الگوسازی می‌توانند به عنوان فروگشا (Catalyst) برای کمک به الگوسازی عمل کنند و انگاره‌های خود را در طول تلاش برای الگوسازی ارئه دهند.

و) تمثیل‌ها در مقام داوری نظریات

در آثار فلسفی معاصر تلاش‌هایی در جهت تعیین مرز بین جنبه عقلانی، منطقی و عوامل سیاسی، جامعه‌شناختی و روان‌شناختیِ گزاره‌های علمی شده که با عنوان تمایز دو مقام گردآوری (Contex of Discovery) و داوری (Context of Justification) شناخته می‌شوند. مقام کشف یا گردآوری فرایندی واقعی و تاریخی است که طی آن دانشمند به نظریه دست می‌یابد. مقام داوری شامل شیوه‌هایی است که با تکیه بر آنها می‌کوشد نظریه کشف‌شده را توجیه کند و به کرسی بنشاند؛ لذا فرایندهایی نظیر آزمون نظریه، جست‌وجوی شواهد مربوط به موضوع و مواردی از این دست به مقام داوری مربوط می‌شود (Reichenbach, 1983, p.173). حال این پرسش مطرح است که باتوجه به

* الگو پودینگ آلو یکی از چندین الگو علمی تاریخی اتم است. این الگو نخستین بار توسط *تامسون* در سال ۱۹۰۴ ارائه شد. اندکی پس از کشف الکترون‌ها، اما قبل از کشف هسته اتمی، این الگو سعی در توضیح دو خاصیت اتم‌های شناخته‌شده در آن زمان داشت: اینکه الکترون‌ها ذراتی دارای بارهای منفی هستند و بار الکتریکی منفی ندارند. الگو پودینگ آلو دارای الکترون‌هایی است که در حجم بار مثبت مانند آلوهای بار منفی تعبیه‌شده در پودینگ بار مثبت تعبیه شده‌اند.

اینکه تمثیل‌ها در مقام کشف الگوها و نظریات علمی نقش اساسی دارند، آیا در مقام داوری نیز مؤثر واقع می‌شوند؟ برخی معتقدند همان طور که در مراحل گوناگون تحقیق علمی می‌توان از تمثیل‌ها استفاده کرد، الگوها نیز می‌توانند به صورت آزمایشی یا پیشرفته تدوین شوند؛ اما در هر صورت تمثیل الگو نیست. تمثیل یک رابطه است، در حالی که الگو توصیفِ جزئی از یک پدیده است. بنابراین برای ارزیابی یک الگو در مقام داوری، اینکه آیا تمثیلی وجود دارد که الگو بر اساس آن باشد یا نه، درنهایت نقش تعیین‌کننده‌ای ندارد؛ حتی اگر از نظر علمی تمثیل ابزاری بوده باشد برای رسیدن به آن الگو. ممکن است دریک الگو رد پای مشخصی از مبدأ یک تمثیل وجود داشته باشد، اما در مرحله داوری به عنوان یک الگو درباره پدیده‌ای که الگوست، قضاوت می‌شود (Bailer-Jones, 2009. p.74).

اما این عقیده در بحث‌های فلسفی دچار ابهام است؛ زیرا فرایند گردآوری و داوری به لحاظ ترتیب زمانی و منطقی مبهم‌اند و هیچ مرز مشخصی میان این دو وجود ندارد؛ به این نحو که گاه به صورت زمانی و گاه به شکل منطقی تفسیر می‌شود. بنا بر تفسیر زمانی، فرایند داوری زماناً در پیِ فرایند گردآوری می‌آید و بنا بر تفسیر منطقی، فرایند گردآوری جدایِ از بازسازی، تبیین و ارزیابی منطقیِ دستاوردهای علمی است. حال آنکه تمایز میان مقام گردآوری و مقام داوری آن گونه که در تحلیل واقعی از کاوش‌های علمی به‌کار گرفته می‌شود، تا حدی سلیقه‌ای و بی‌ضابطه (Arbitrary) است؛ زیرا ما ملاکی برای ترسیم مرز مشخص میان مقام گردآوری از مقام داوری نداریم. از این رو تبیینی دقیق و روشن از معیار این خط‌کشی صورت نگرفته است. می‌توان فرایند گردآوری و داوری را درهم‌تنیده دانست؛ به این صورت که در مراحل مختلف فرایند تولید علم، هر یک از این دو مقام می‌توانند جایگزین هم شده، بر دیگری اثر بگذارند. هیچ دلیلی وجود ندارد که بتوان از آن نتیجه گرفت که می‌بایست به‌ترتیب ابتدا فرایند گردآوری کامل شود و سپس فرایند توجیه آغاز شود. تمثیل مرتبط با یک نظریه، صرفاً تعبیه‌ای الهام‌بخش برای تسهیل در امر جست‌وجو و کاوش هرچه

بیشتر قوانین نیست، بلکه بخشی اساسی و جدانشدنی از ساختمان نظریه‌های علمی به شمار می‌رود که رد پای آن را نه‌تنها در مقام کشف، بلکه در مقام داوری نظریات نیز می‌توان یافت؛ برای نمونه اگر یک نظریه در مقام داوری توان تبیین داشته باشد، در آن صورت تمثیل و مشابهتی با سیستمی که قبلاً ثابت شده است، نشان می‌دهد. بر این اساس داوری درباره آن نظریه بدون استفاده از تمثیل و برقراری مشابهت بین نظریه ثابت‌شده قبل و نظریه فعلی امکان‌پذیر نیست.

از سوی دیگر ارتباط میان نظریه و مشاهده نشان می‌دهد نظریه‌ها تا بدان اندازه داده‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند که هیچ روشی برای گردآوری مشاهدات نمی‌توان یافت که نسبت به نظریه‌ها بی‌طرف باشد. بنابراین میزان اعتباری که یک آزمایش برای یک فرضیه فراهم می‌سازد، عینی نیست و نیز منطق یگانه‌ای در جهت آزمودنِ نظریه‌ها وجود ندارد که از طریق آن بتوان برای تعیین این امر استفاده کرد که کدام نظریه موجه‌تر است. بنابراین با توجه به اینکه این دو فرایند درهم‌تنیده‌اند و منطق واحدی در جهت داوری انگاره‌ها وجود ندارد، پس نمی‌توان نتیجه قطعی گرفت که نقش تمثیل در مرحله توجیه نظریات علمی مؤثر واقع نمی‌شود؛ زیرا تاریخ فلسفه علم مؤید مهمی در ناموفق‌بودن تفکیک مقام داوری از گردآوری ارائه می‌دهد.

نتیجه

تمثیل از جایگاه ویژه و تعیین‌کننده‌ای در الگوسازی علمی برخوردار است؛ زیرا تمثیل‌ها اغلب برای الگوسازیِ علمی کاربرد اساسی دارند؛ تا حدی که گاه ادعا می‌شود تمثیل‌ها الگو هستند. طرح بحث درباره تمثیل‌ها در علم از چند جهت حائز اهمیت است: اول، تعدادی از تمثیل‌های شناخته‌شده مورد استفاده در علم نشان می‌دهند که در فرایند علم تعدادی کاربردهای مختلف تمثیل وجود دارد؛ ازجمله الگوسازی علمی و اکتشاف نظریات، تأکید بر پیوند حوزه‌های نامربوط، الهام‌بخشیدن به کاربردهای فناورانه، برانگیختنِ بینش‌های ناگهانی برای تقویت استدلال و ترویج و گسترش نظریه‌ها. دوم، با تجزیه و تحلیل تمثیل‌ها تفاوت عمده بین تمثیل‌های مادی و صوری

در آرای فیلسوفان و اینکه یک دامنه مبدأ و یک دامنه هدف دارای چه خصوصیات و روابطی‌اند. سوم، تمثیل‌ها می‌توانند پایه و اساس یک الگو باشند؛ یعنی منجر به تصور آن و توسعه بیشتر آن شوند (مانند تمثیل بین نیروی گرانشی و الکترواستاتیک)، همچنین آنها شخص را قادر می‌سازند بین شاخه‌های مختلف علوم پیوند برقرار کند. آرای فیلسوفان و دانشمندان درباره تمثیل‌ها از چند جهت قابل نقد و بررسی بیشتر است: ۱. مرتبط‌سازی نظریات و قوانین مشاهده‌شده به منظور غلبه بر شکاف بین نظریه و مشاهدات. ۲. قدرت پیش‌بینی که شرط اصلی نظریه‌های علمی است بدون وجود تمثیل نمی‌توان مبنایی برای این شرط فراهم کرد. ۳. کاربست تمثیل‌های ریاضیاتی در الگوسازی است؛ زیرا این تمثیل‌ها تأثیر شناختی لحظه‌ای بر الگو پدیده‌های خود دارند. ۴. نقش تمثیل‌ها در مقام کشف و داوری نظریات، بر خلاف نظر بسیاری که معتقدند تمثیل‌ها صرفاً در مقام کشف الگوها و نظریات علمی مؤثر واقع می‌شوند نه در مقام داوری، بر اساس نظریات فلسفی اخیر گفته می‌شود که فرایند گردآوری و داوری درهم‌تنیده است؛ به این صورت که در مراحل مختلف فرایند تولید علم، هر یک از این دو مقام می‌توانند جایگزین هم شده، بر دیگری اثر بگذارند. پس تمثیل نه‌تنها در مقام کشف بلکه در مقام داوری نظریات نیز مؤثر واقع می‌شود.

منابع و مآخذ

۱. سروش، عبدالکریم، **علم‌شناسی فلسفی**: گفتارهایی فلسفه علوم طبیعی؛ چ۲، تهران: صراط، ۱۳۸۸.

۲. عبادی، احمد، «نقش هستی‌شناسی شهودی، ساختمندی و تمثیل در تخیل خلاق علمی»، **نقد و نظر**؛ ش۹۳، ۱۳۹۸، ص۱۰۱-۱۲۶.

۳. صمدی، هادی، «نقش تمثیل و الگو در نظریه‌های تکامل فرهنگی: مطالعه موردی میمتیک»، **فلسفه علم**؛ دوره ۱۰، ش۱۹، ۱۳۹۹، ص۲۳۷-۲۵۷.

4. Achinstein, Peter; **Concepts of Science**: A Philosophical Analysis; Baltimore, MD: Johns Hopkins Press, 1968.

5. Achinstein, Peter; "Variety and Analogy in Confirmation

theory", **Philosophy of Science**; Vol.30, 1963.

6. Black, Max; **Models and Metaphors**: Studies in Language and Philosophy; Ithaca, NY: Cornell University Press, 1962.

7. Bailer-Jones, D. M.; "Models, Metaphors and Analogies", in machamer, P. and Silberstein, M. (Ed.); the Blackwell Guide to the philosophy of science, Oxford: B:ackwell Publisher, 2002.

8. Copi, I. and C. Cohen; **Introduction to Logic**; 12th edition, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 2005.

9. Campbell, N. R.; **Foundations of Science** (formerly titled Physics, the Elements); New York: Dover Publications, 1957.

10. Daniela M. Bailer-Jones; **Scientific Models in philosophy of Science**; University of Pittsburgh Press, 2009.

11. Gentner, D.; **Are Cientific Analogies Metaphors**? In D. S. Miall, 1982.

12. Gentner, D. and A. B. Markman; **Structure mapping in analogy and similarity**; American Psychologist, 1997.

13. Gentner, D. and D. Gentner; **Flowing waters and teeming crowds**: Mental models of electricity; In D. Gentner and A. L. Stevens, eds.; Mental Models, 1983.

14. Hesse, M. H.; "Analogy and Conformation theory", **Philosophy of science**; Vol.31, 1964.

15. Hesse, M.; **Models in physics**; British Journal for the Philosophy of Science, 1953.

16. Herschel, J. F. W.; **A Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy**; Chicago: University of Chicago Press, 1987.

17. Holyoak, and B. N. Kokinov, eds; **The Analogical Mind: Perspectives from Cognitive Science**; Cambridge: MIT Pres, 1995.

18. James, William; **The Principles of Psychology**; 2 vols, Dover Publications, 1890.

19. Notre Dame; **Models and Analogies in Science**; Indiana: University of Press, 1966.

20. Nagel, E.; **The Structure of Science**; Indianapolis,

Indiana: Hackett Publishing Company, 1979.

21. North, J. D.; **Science and analogy**; In M. D. Grmek, R. S. Cohen, and G. Cimino, eds., On Scientific Discovery. Boston Studies in the Philosophy of Science. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company. ed.,Metaphor: Problems and Perspectives. Sussex: The Harvester Press, 1980.

22. Priestley, J.; **the History and Present State of Electricity**; Vols. I and II, New York: Johnson, 1769.

23. Reichenbach; **Experience and Predication**; An Analysis of the Foundations and the Structure of Knowledge; Chicago: University of Chicago Press, 1938.

24. Shaffer, S.; **Making up discovery**; InM. Boden, ed, Dimensions of Creativity. Cambridge: MIT Press, 1994.