

## تحلیل رویکرد کامپیوتری به فلسفه‌ی علم

حمیدرضا آیت‌اللهی\*

آرئش موسوی\*\*

### چکیده

دو جریان عمده در فلسفه‌ی علم قرن بیستم هر یک با ضعف‌هایی مواجه بوده‌اند. مدل منطقی علم فاقد باورپذیری روانشناختی و تاریخی است و مدل تاریخی علم فاقد دقت تحلیلی. فلسفه‌ی کامپیوتری علم برنهاد جوانی است که اینک، در ابتدای قرن بیست و یکم، می‌کوشد عناصری از هر دوی این رویکردها را در یک مدل کامپیوتری دقیق و باورپذیر از علم تلفیق کند. مقاله‌ی حاضر ابتدا با تأکید بر آرای یکی از مهمترین پیشروان این مکتب، پاول تاگارد، به ارائه‌ی نمایی کلی از رویکرد کامپیوتری به فلسفه‌ی علم می‌پردازد. در این قسمت تلفقی بنیادی این رویکرد از ماهیت ذهن، ماهیت فلسفه و روش آن و درهم تنیدگی وثیق این دیدگاه با علوم شناختی مورد بحث قرار گرفته و دستاوردهای مهم فلسفه‌ی کامپیوتری علم در طی عمز کوتاهش معرفی شده است. مقاله سپس فهرستی از مشکلات پیشاروی تحقیقات کامپیوتری - فلسفی را ارائه کرده و به نقد و ارزیابی کاستیهای اساسی مدل کامپیوتری از علم می‌پردازد.

---

\* دانشیار گروه فلسفه دانشگاه علامه طباطبائی: تهران، بزرگراه چمران، پل مدیریت، خیابان علامه طباطبائی،

دانشکده ادبیات دانشگاه علامه طباطبائی، گروه فلسفه. [h.ayat@ihcs.ac.ir](mailto:h.ayat@ihcs.ac.ir)

\*\* دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فلسفه علم از دانشگاه صنعتی شریف. [mousavi\\_arash@yahoo.com](mailto:mousavi_arash@yahoo.com)

واژگان کلیدی: فلسفه‌ی کامپیوتری علم، علوم شناختی، پردازش اطلاعات، ساختارهای داده‌ای، الگوریتم

\*\*\*

فلسفه‌ی کامپیوتری علم (Computational Philosophy of Science) (CPS) هنوز هم برنهاد تهورآمیزی به‌نظر می‌رسد. در واقع فقط تا حدود بیست سال پیش، واژه‌ی فیلسوف عموماً شخصی را در اذهان تداعی می‌کرد که در صندلی راحتی خود مشغول ارزیابی استدلالها و یا تحلیل مفاهیم است. معرفی فیلسوف به عنوان شخصی که در آزمایشگاه کامپیوتر مشغول نوشتن برنامه‌های کامپیوتری و تفسیر آنهاست در آن موقع طنینی حیرت‌انگیز داشت و می‌توانست به شکل مدعایی که حتی نقض‌کننده‌ی خویش است، تخطئه گردد. با این حال اخلاق حرفه‌ای از آن موقع تاکنون در میان فیلسوفان تا حد قابل توجهی تغییر کرده و مدل‌سازی کامپیوتری اینک به عنوان افزوده‌ای بر جعبه‌ی ابزار فلسفی جایگاه ویژه‌ای برای خود دست و پا کرده است.

اگر مشغله‌ی فلسفه‌ی علی‌الاصول تحلیل ذهنی مفاهیم یا ابداع پیشینی حقایق باشد، در این صورت مدل‌سازی کامپیوتری در این حوزه موجودی بیگانه خواهد بود. اما بسیاری از فیلسوفان اینک، در ابتدای قرن بیست و یکم، تصویری متمایز از فلسفه را ترجیح می‌دهند. تصویری که برطبق آن فیلسوف اساساً نظریه‌پردازی است که به ساخت و ارزیابی پسینی نظریه‌هایی آزمون‌پذیر در باب معرفت (معرفت‌شناسی)، واقعیت (متافیزیک) و یا خوب و بد (اخلاق) می‌پردازد (Thagard, 1998a). این دیدگاه به‌ویژه در حوزه‌ی معرفت‌شناسی، همزمان با کمرنگ شدن تدریجی برداشتهای استعلایی و جزمی از مفهوم عقلانیت (Giere, 2000a, pp. 159-168) و رونق یافتن روزافزون رویکردهای طبیعت‌گرایانه و شناختی در این حوزه به شدت تقویت شده است.

از این منظر کارکرد اصلی یک نظریه معرفت‌شناسانه این است که نحوه رشد معرفت را تبیین کند و این مسئله مستلزم توصیف ساختار معرفت و نیز آن دسته از رویه‌های استنتاجی است که به پویا و تحول معرفت ره می‌برند. هر چند که معرفت‌شناسان اغلب نگاه خود را بر معرفت در معنای عام (knowledge) متمرکز می‌کنند اما شکی نیست که موثرترین معرفت دنیوی به‌دست آمده توسط بشر از خلال عملکردهایی همچون آزمایش، مشاهده سیستماتیک و نظریه‌پردازی در باب نتایج آزمایش‌ها و مشاهدات و به‌طور خلاصه عملکردهای علم (science) به‌دست می‌آید. از اینرو درک ساختار و رشد معرفت علمی در هسته‌ی معرفت‌شناسی جای می‌گیرد و راه منتهی به این درک پروژه‌ای است که مدل‌های کامپیوتری می‌توانند برای عملی کردن آن مورد استفاده قرار گیرند.

فیلسوفان علم در مسیر تلاش برای فهم ساختار و نحوه‌ی رشد معرفت علمی به‌طور سنتی از روش‌هایی مثل تحلیل منطقی و یا مطالعات موردی تاریخی استفاده کرده‌اند و این تلاشها به‌طور قابل توجهی موجب پیشرفت درک ما از مسائل کلاسیک فلسفه‌ی علم گردیده‌اند. با این حال هر یک از این رویکردهای سنتی با محدودیتهای خاص خود نیز دست به‌گریبان بوده‌اند: مدل منطقی علم همواره متهم

بوده که فاقد باورپذیری روانشناختی و تطابق تاریخی است و مدل تاریخی علم معمولاً فاقد دقت تحلیلی دانسته شده است. یک فلسفه‌ی علم آرمانی طبیعتاً باید عناصری از هر دوی این رویکردها را در یک مدل دقیق و باورپذیر از علم تلفیق کند.

قضاوت درباره‌ی این موضوع که یک مدل کامپیوتری از علم تا چه حد می‌تواند به فلسفه‌ای آرمانی از علم نزدیک شود شاید اندکی زود باشد، با این حال این نکته کاملاً روشن است که مدل‌های کامپیوتری که به توصیف ساختارها و رویه‌های ذهنی دانشمندان می‌پردازند از یک‌سو به سبب ماهیت کامپیوتری‌شان دقیق‌اند و از سوی دیگر به سبب ریشه داشتن در علوم شناختی از باورپذیری و تطابق قابل توجهی با واقعیت‌های روانشناختی و تاریخی برخوردار هستند.

### ۱. علوم شناختی و فلسفه‌ی علم

دانش شناختی مطالعه‌ی میان رشته‌ای ذهن است که از همان خاستگاه مدرن خویش در دهه‌ی ۱۹۵۰ علی‌الاصول با درک پردازشی - باز نمایانه (computational-representational) از ذهن کار کرده است. مطابق با این برداشت « ما می‌توانیم تفکر انسان را با فرض تناظر بازنمایی‌های ذهنی با ساختارهای داده‌ای و رویه‌های ذهنی با الگوریتم‌ها درک کنیم » (Thagard, 1998a). دانش شناختی دربرگیرنده‌ی حوزه‌هایی است همچون فلسفه، هوش مصنوعی، روانشناسی، علم اعصاب، زبان شناسی و انسان‌شناسی. CPS به‌ویژه از ارتباط تنگاتنگ و همکاری سه حوزه اول نضج می‌گیرد.

هوش مصنوعی یا AI (artificial intelligence) شاخه‌ای است از علوم کامپیوتر و مرتبط است با وادارسازی کامپیوترها به انجام تکالیف هوشمند. هوش مصنوعی برای دستیابی به این هدف در طول عمر کوتاه خود تکنیک‌های کامپیوتری بسیاری را برای تشریح فرایند بازنمایی و پردازش اطلاعات ساخته و پرداخته کرده است. از سوی دیگر روانشناسان شناختی این تکنیکها را برای پرورش نظریه‌هایی درباره‌ی ذهن انسان ارزشمند یافته‌اند. در حوزه‌ی روانشناسی شخصیت نیز ایده‌ی پردازش اطلاعات که بر مبنای آن کامپیوتر دیجیتال می‌تواند مدلی برای فهم رفتار انسانی باشد به‌طرز چشمگیری مورد پذیرش قرار گرفته است. درحقیقت این تصور در میان بسیاری از متخصصان چنان عادی شده که به صورت جزئی از چشم‌انداز آتی حوزه روانشناسی درآمده است. در چارچوب این دیدگاه مطالعات عموماً در دو بخش صورت می‌گیرد. بخش اول فرایندهای حافظه را در بر دارد و شامل پدیدارهایی همچون فراگیری، ذخیره‌سازی و فعال‌سازی اطلاعات (یادآوری) است. در بخش دوم کیفیت کنترل رفتار توسط ذهن بررسی می‌شود. این تقسیم کار برآمده از فرضیه‌ای زیر بنایی درباره رفتار انسانی است. مطابق این فرضیه رفتار انسان متناظر با جریانی از تصمیم‌های ذهنی معطوف به هدف است که این تصمیمات بر پردازش اطلاعات محیط پیرامونی مبتنی هستند. (کارور و شی، ۱۳۷۵، ص ۷۶۶)

از آنجا که علم محصول «ذهن» دانشمند است طبیعی است که توسعه نظریات مربوط به ذهن به هر شکلی که اتفاق بیفتد حوزه‌ی علم شناسی فلسفی را نیز متأثر خواهد ساخت. فلاسفه علم به موازات

استفاده روانشناسان از تکنیک‌های کامپیوتری چنین ابزارهایی را برای تشریح ساختار و رشد معرفت علمی مورد استفاده قرار داده‌اند و بدین ترتیب هوش مصنوعی حلقه ارتباطی برای دو حوزه روانشناسی و فلسفه‌ی علم فراهم آورده است.

تحقیقات جاری در هوش مصنوعی ناخودآگاه به دو اردوگاه تقسیم شده است. این دو جریان معمولاً با استفاده از شاخص‌های رنگی با عناوین «روشن‌ها» و «تیره‌ها» مشخص شده‌اند. تمایز اینها تا حد زیادی مبتنی است بر میزان اهمیتی که هر یک برای منطق صوری قائلند. روشن‌ها، مثلاً جان مک کارتی (John Mc Carthy) و نیلس نیلسون (Nils Nilson)، منطق را به عنوان محور هوش مصنوعی تلقی می‌کنند. هوش مصنوعی در این نوع نگاه اساساً عبارت است از ساخت سیستم‌هایی صوری که قیاس منطقی در آنها فرایند مرکزی است. در مقابل هوش مصنوعی تیره که به‌طور مثال توسط ماروین مینسکی (Marvin Minsky) و راجر شانک (Roger Schank) ارائه گردیده رویکردی روانشناختی‌تر به AI دارد. مطابق با این دیدگاه هوش مصنوعی در صورتی موفق‌تر خواهد بود که از خشکی زیاد منطق صوری اجتناب کرده و در عوض به پژوهش درباب ساختارها و فرایندهای واقعاً موجود در تفکر انسان بپردازد. طیف روانشناسان شناختی نیز از روانشناسان روشن‌نظیر براین (Brain) و ریبز (Rips) که بر نقش منطق در تفکر تاکید می‌کنند تا تیره‌ها نظیر جانسون (Johnson) و چنگ (Cheng) که محوری بودن مطلق منطق را انکار می‌نمایند تغییر می‌کند. (Thagard, 1988, p.3)

فلسفه نیز روشن‌ها و تیره‌های خاص خود را دارد. شکی نیست که تاکنون هیچ گروهی روشن‌تر از پوزیتیویست‌های منطقی نبوده است. اینان روش‌های منطق صوری را برای تحلیل سرشت نظریه‌ها و سایر مسائل کلیدی بکار می‌بردند. بنابراین جای تعجب نیست اگر فیلسوفان تمایل به رویکردهای صوری علاقه‌ی بالنده‌ای به تلاش‌هایی همچون تحلیل الگوریتمی و برنامه‌نویسی منطقی در هوش مصنوعی ابزار می‌دارند. در عین حال این تمایل تنها ارتباط هوش مصنوعی روشن و فلسفه‌ی علم روشن را منعکس می‌کند. از آنجا که هر اجرای کامپیوتری به نوعی صوری‌سازی نیاز دارد و صوری‌سازی نشان همیشگی پوزیتیویست‌های منطقی بوده، ممکن است تصور شود که رویکرد کامپیوتری به فلسفه‌ی علم دست آخر در اردوگاه پوزیتیویست‌ها جای خواهد گرفت. با این حال این استنتاج چندان درست نیست، چرا که سرچشمه‌های روانشناختی هوش مصنوعی را دست کم می‌گیرد.

در دهه‌های ۵۰ و ۶۰ میلادی فلسفه‌ی علم شاهد طغیانی علیه برداشت پوزیتیویستی از علم بود که توسط نویسندگانی نظیر هنسون (Hanson) و به‌ویژه کوهن (Kuhn) رهبری می‌شد. این منتقدین استدلال می‌کردند که تاکید پوزیتیویست‌ها بر روی مدل‌های صوری آنها را از نحوه‌ی عمل علم در عالم واقع دور ساخته است. فیلسوفان بسیاری با این استدلال نوعی روش‌شناسی را اتخاذ کردند که از صوری‌سازی اجتناب می‌کند و در عوض بدون ارائه‌ی توصیفات بسیار دقیق درباره‌ی روش دانشمندان بر مطالعات موردی تاریخی استوار است. مثلاً کوهن برای دفاع از تبیین خود از فرایند رشد علم بر روی مثالهایی نظیر نظریه‌ی اکسیژن لاوازیه و نیز نظریه‌ی نسبیت اینشتین تاکید می‌کند. رهیافت تاریخی به فلسفه‌ی علم در قیاس با تحلیل پوزیتیویست‌های منطقی به شکل‌گیری تبیینی

بسیار ماهرانه‌تر و غنی‌تر از سرشت علم کمک کرده است. در عین حال این تبیین یکی از جذاب‌ترین ویژگی‌های پروژه‌ی پوزیتیویست‌ها را فاقد است: دقت تحلیلی. کوهن انقلاب‌های علمی را به شکل تفوق‌یابی یک «پارادایم» بر پارادایم دیگر توصیف می‌کند؛ اما در این توصیف مفهوم محوری پارادایم متأسفانه به شکلی مبهم و سر بسته وانهاده شده است. به‌طور مشابه روایت تأثیرگذار لاودن از علم به عنوان یک فعالیت «حل مسئله» هرگز درباره ماهیت خود حل مسئله چیزی بازگو نمی‌کند.

CPS مدعی است که چنین رخنه‌هایی را پر خواهد کرد. «پاول تاگارد» که خود یکی از پیشگامان CPS به شمار می‌آید، جایگاه این نوع فلسفه را در محل تقاطع هوش مصنوعی تیره و فلسفه‌ی تاریخی علم می‌داند. به‌عبارت دیگر او از طریق عرضه‌ی تحلیل‌های کامپیوتری روی جزئیات ساختار و رشد معرفت علمی امیدوار است ثابت کند که فلسفه‌ی علم ما بعد پوزیتیویسم می‌تواند در تیرگی‌اش اندکی دقت و روشنی بدمد. (Thagard, 1988, p.4)

## ۲. طرحی از مسیر پیشرفت

اکتشاف و ارزیابی نظریه‌های علمی محوری‌ترین مسائل فلسفه‌ی علم‌اند. CPS به این مسائل بمثابة حوزه‌هایی گشوده برای تحقیق نگریسته و با بکارگیری روش‌های علوم شناختی در این امور به نتایج قابل توجهی دست یافته است. برای درک این موضوع که دانشمندان چگونه به کشف دست می‌یازند و به چه نحو فرضیه‌ها را مورد ارزیابی قرار می‌دهند تاکنون مدل‌های کامپیوتری زیادی ساخته و پرداخته شده‌است. تاگارد خود گزارش جامعی از این مدل‌ها به‌دست داده است (Thagard, 1998a). در این بخش با استفاده از این گزارش به مرور مهمترین این مدل‌ها می‌پردازیم.

## اکتشاف

آیا اساساً چیزی به عنوان «منطق اکتشاف» وجود دارد؟ و آیا مطالعه‌ی کشف، موضوعی مشروع برای تحقیقات فلسفی است یا اینکه به‌طور کلی باید به روانشناسی واگذار گردد. این مسائل در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ در کانون مباحث فیلسوفان علم قرار داشت. در دهه‌ی ۱۹۸۰ این منازعات جای خود را به تحقیقات کامپیوتری در زمینه‌ی اکتشاف سپرد. تحقیقاتی که بر آن بودند تا نشان دهند چگونه موارد واقعی اکتشاف علمی می‌توانند به شکل الگوریتمی مدل شوند. هر چند مدل‌هایی که تا به امروز ساخته شده‌اند به‌وضوح از شبیه‌سازی تمامی فرایندهای فکری خلاقانه دانشمندان قاصرند، با این حال این مدل‌ها درباره‌ی این موضوع که چگونه از خلال چارچوبی کامپیوتری می‌توان به تفکر علمی نگریست، بصیرتهایی به وجود آورده‌اند.

در برابر هر مسئله‌ی علمی تعداد بسیار زیادی راه حل ممکن است وجود داشته باشد. بدین خاطر تضمینی نیست که الگوریتم‌های اکتشاف علمی بهترین اکتشافات را بر مبنای ورودیهایی که به آنها داده می‌شود به‌دست دهند. مدل‌های کامپیوتری راهنماهایی (heuristics) را به صورت روش‌هایی تقریبی

مورد استفاده قرار می‌دهند تا از میان پیچیدگی داده‌ها راهی بیابند و الگویی به وجود آورند. قدم اول در این مسیر از آن پروژه لنگلی، (Langley) سایمون (Simon) و همکارانشان (۱۹۸۷) بود که BACON نام گرفت. BACON برنامه‌ایست که راهنماهایی را بکار می‌گیرد تا قوانین ریاضی را از میان داده‌های کمی کشف کند، به‌طور مثال کشف قانون سوم کپلر درباره‌ی حرکت سیارات. BACON بخاطر تلقی فوق‌العاده ساده‌اش از تفکر انسان مورد انتقاد قرار گرفته است، با این حال کین (Qin) و سایمون (۱۹۹۰) مدعی‌اند که افراد مورد مطالعه‌شان از میان داده‌های عددی، قوانین را به روشهایی کاملاً شبیه BACON استخراج می‌کنند.

کشف علمی منحصر به قوانین کمی نیست بلکه قوانین کیفی را نیز به وجود می‌آورد. در این زمینه کولکارنی (Kulkarni) و سایمون (۱۹۸۸) مدلی کامپیوتری از کشف چرخه‌ی اوره توسط کریس (Krebs) تدارک دیدند. برنامه آنان، یعنی KEKADA، به موارد خلاف قاعده (anomalies) واکنش نشان می‌دهد، تبیین‌ها را فرموله می‌کند و آزمایشهایی شبیه‌سازی شده را به همان شکلی که در دفترچه‌های آزمایشگاهی کریس توصیف شده به‌انجام می‌رساند.

البته تمام اکتشافات علمی، مثل مواردی که مورد بحث قرار گرفت، شکل داده‌پردازی ندارند. اکتشافات علمی اغلب فرایند ایجاد مفاهیم و فرضیه‌های جدید را در بر می‌گیرند که عمدتاً ناظر بر موجودیتهای غیرقابل مشاهده‌اند. تاگارد (۱۹۸۸) خود مدلی از فرضیه‌سازی (abduction) و ترکیب مفهومی را پرورش داده که در این مدل مفاهیم و فرضیه‌های جدیدی سر بر می‌آورند تا پدیدارهای ناشناخته را تبیین کنند. داردن (Darden) (۱۹۹۰) نیز به صورت کامپیوتری تحقیق کرده است که نظریه‌هایی که به لحاظ تجربی مسئله‌دار هستند چگونه می‌توانند مورد بازسازی قرار گیرند.

یکی از مهمترین مکانیزم‌های شناختی در عمل کشف، «تشبیه» است. دانشمندان اغلب کشفیات خود را از طریق مطابقت دادن یک مسئله‌ی جدید با معرفت موجود به‌دست می‌آورند. تشبیه در برخی از مهم‌ترین اکتشافات به‌عمل آمده تا به امروز نظیر نظریه‌ی تکامل داروین و نظریه‌ی الکترومغناطیس ماکسول نقش مهمی ایفا کرده است. در طول دهه‌ی ۸۰ مطالعه‌ی تشبیه به خوبی به فراسوی تبیین‌های فلسفی وقت راه گشود و توسعه‌ی مدل‌های کامپیوتری دلیل اصلی این امر بود. این مدل‌ها توصیف می‌کردند که همانندها (analog) چگونه از حافظه‌ی بازمی‌یابی می‌شوند و در برابر مسائل جاری نقش می‌گردند تا به ارائه راه‌حلی بپردازند. به‌طور مثال فالکنهاینر، (Falkenhainer) فوربس (Forbus) و جنتز (Genter) (۱۹۸۹) موتوری با نام اختصاری SME (Structure Mapping Engine) ساختند که برای مدل کردن تبیین‌های تشبیه‌ی مرتبط با تبخیر و نفوذ مورد استفاده قرار می‌گرفت. هولیاک و تاگارد (۱۹۸۹) نیز روش‌های کامپیوتری متفاوتی را بکار بردند تا Analogical ACME (Analogical ACME Constraint Mapping Engine) را بسازند. موتوری که بعداً به نظریه‌ای در باب تفکر تشبیه‌ی تممیم داده شد. این موتور قادر است هم درباره‌ی تفکر علمی و هم درباره‌ی تفکر روزمره به‌طور یکسان مورد استفاده قرار گیرد.

در اینجا مجال آن نیست تا مدل‌های کشف را بیشتر از این مورد بحث قرار دهیم. پروژه‌های تحقیقاتی

فوق به قدر کافی روشن می‌کنند که فرایندهای اندیشه نظیر آنهایی که در ایجاد قوانین عددی، شکل‌گیری فرضیات و تشبیه وارد می‌شوند به چه نحو می‌توانند به شکل کامپیوتری فهمیده شوند.

### ارزیابی نظریه‌های علمی

نحوه ارزیابی فرضیات از زمان مباحثات میان جان استوارت میل و ویلیام هیول (William Whewell) در قرن نوزدهم مسئله‌ای مرکزی در فلسفه علم بوده است. کار در سنت پوزیتیویسم روی ایده‌ی تأیید متمرکز شده است، با این سوال محوری که در فرضیات چه چیزی برای تأیید توسط مشاهدات وجود دارد. در برهه‌ای نزدیکتر، بسیاری از فیلسوفان علم یک رهیافت بیزی (Bayesian) به ارزیابی فرضیات اتخاذ کرده‌اند. رهیافتی که نظریه‌ی احتمال را برای تحلیل فرایند توجیه در علم مورد استفاده قرار می‌دهد. هم‌اکنون چندی است که نظریه‌های انسجام (coherence theories) در باب معرفت، اخلاق و حتی حقیقت در میان فیلسوفان رایج شده‌است. با این حال مفهوم انسجام معمولاً به صورت مبهم باقی مانده است. بدین سبب نظریه‌های انسجام در مقایسه با نظریه‌هایی که با استفاده از منطق قیاسی یا نظریه‌ی احتمال به شکلی صوری پرداخت شده‌اند، غیر دقیق به نظر می‌رسد. برای رفع این نقیصه تاگارد رویکردی را به ارزیابی فرضیات توسعه داده که ایده‌های فلسفی درباره‌ی انسجام تبیینی را با یک مدل کامپیوتری اتصال‌گرا (connectionist) تلفیق می‌کند. مدل‌های اتصال‌گرا نشان می‌دهند که ایده‌های انسجام به چه نحو می‌توانند به طرز دقیق و کارآمد به اجرا در آیند. از اواسط دهه ۸۰، مدل‌های اتصال‌گرا (شبکه عصبی، PDP) در علوم شناختی بسیار تأثیرگذار بوده‌اند (راسل و نورویگ، ۱۳۸۱، ص ۲۷). تقریباً مشابه عملکرد مغز چنین مدل‌هایی از تعداد زیادی واحد (unit) تشکیل می‌شوند که مثل نورونها هستند. این واحدها بوسیله بندهایی تحریک‌کننده و بازدارنده با قدرت‌های گوناگون به یکدیگر متصل می‌گردند. هر واحد یک ارزش فعالیت دارد که تحت تأثیر فعالیتهای واحدهایی است که بدانها متصل شده است. همچنین الگوریتم‌های یادگیری برای تعدیل قدرت بندها در واکنش به تجربه، در دست هستند.

مدل اتصال‌گرای تاگارد، ECHO، از واحدها برای بازنمایی گزاره‌ها استفاده می‌کند. این گزاره‌ها می‌توانند فرضیات یا توصیف شواهد باشند. این مدل همچنین بندهای میان واحدها را برای بازنمایی روابط انسجام بکار می‌گیرد. به‌طور مثال وقتی که یک فرضیه یکی از شواهد را تبیین می‌کند ECHO یک بند تحریک‌کننده میان واحدی که فرضیه را بازنمایی می‌کند و واحدی که نمایانگر شاهد مورد نظر است برقرار می‌سازد. هرگاه دو فرضیه متناقض یا رقیب هم باشند، ECHO بندی باز دارنده میان واحدهایی که این دو فرضیه را نمایندگی می‌کنند قرار می‌دهد. تعدیل مکرر فعالیت‌های واحدها بر مبنای پیوندهایشان با واحدهای دیگر بالاخره به یک حالت استراحت می‌انجامد که در آن بعضی از واحدها روشن (پذیرش فرضیات) و بقیه خاموش (رد فرضیات) هستند. ECHO تاکنون برای مدل کردن بسیاری از موارد مهم در تاریخ علم مورد استفاده قرار گرفته است (Nowak & Thagard, 1992b).

(Thagard, 1991).

همچنین الیاسمیت (Eliasmith) و تاگارد (۱۹۹۷) استدلال کرده‌اند که ECHO تبیین بهتری از ارزیابی فرضیات نسبت به تبیین‌های بیزی موجود به دست می‌دهد. تبیین اتصال‌گرای دیگری هم درباره‌ی استنتاج از بهترین تبیین توسط چرچلند (۱۹۸۹) ارائه شده است. چرچلند حدس می‌زند که اکتشاف از طریق قیاس فرضی و استنتاج از بهترین تبیین هر دو می‌توانند برحسب فعالیت نمونه‌ی اعلی (Prototype activation) در مدل‌های اتصال‌گرای توزیع شده فهمیده شوند. به عبارت دیگر مدل‌هایی که مفاهیم و فرضیه‌ها در آنها با واحدهای مجزا بازنمایی نمی‌شوند، بلکه به صورت الگوهایی از فعالیت در تعداد زیادی واحد به نمایش درمی‌آیند. شواهد روانشناختی قابل توجهی وجود دارد که نشان می‌دهد بازنمایی‌های توزیع شده و نمونه‌های اعلی در شناخت انسان اهمیت دارند اما هنوز کسی با استفاده از این ایده‌ها مدلی کامپیوتری و اجرایی از ارزیابی فرضیه به وجود نیاورده است.

### ۳. مزیت‌های روش شناختی

فلسفه‌ی علم معمولاً بر بستر تشویش روش شناختی در علم و در گسل‌های پارادایمی نضج می‌گیرد. ایمانوئل کانت در *نقد عقل محض* این وضعیت را به هنگامه‌ی تغییر حکومت در یک سرزمین تشبیه کرده است: «در آغاز حکومت متافیزیک تحت اداره جزم‌اندیشان، مستبدانه بود. ولی... حکومت او به سبب جنگ‌های داخلی بتدریج به بی‌سالاری کامل سقوط کرد؛ شک‌گرایان مانند گونه‌ای قوم بیابانگرد که هر نوع کشت و زرع ثابت زمین را نفی می‌کنند، گاه بگاه اتحاد شهروندان را بر هم می‌زدند. ولی خوشبختانه چون عده شک‌گرایان اندک بود، نمی‌توانستند مانع شوند که شهروندان دوباره به ساختن بکوشند، هرچند نه برطبق نقشه‌ای که درباره‌اش توافق داشته باشند.» (کانت، ۱۳۶۲، ص ۱۱). پروژه کانت هم دقیقاً ساخته و پرداخته کردن نقشه‌ای متین و خردپسند است که بدین بی‌سالاری پایان بخشد.

فلیسوفان علم تاکنون نقشه‌ی ساختار و رشد معرفت علمی را به انحاء گوناگون ترسیم کرده‌اند. آنها در این مسیر از روش‌هایی مثل تکنیک‌های منطق صوری و یا ابزارهای جامعه‌شناختی سود برده‌اند. با این حال این موضوع که نقشه‌ای اجماعی تاکنون در این حوزه به دست نیامده است، پرسش از روش علم را یک قدم به عقب می‌برد و آن را به این سوال تبدیل می‌کند که: روش فلسفه چه باید باشد؟ رویکرد کامپیوتری به فلسفه‌ی علم متضمن نوعی روش فلسفی جدید است. این روش شاید راه حل نهایی نباشد اما مدعی است که بر روش‌های پیشین برتری‌هایی دارد. این برتری‌ها آنطور که تاگارد (Thagard, 1988) (p.4) آنها را خلاصه می‌کند از این قرارند:

۱. علوم کامپیوتر دستگاهی از واژگان سیستماتیک برای توصیف ساختارها و مکانیزمها عرضه می‌دارند.
۲. اجرای ایده‌ها در یک برنامه آموزشی برای انسجام درونی آنها است.



۳. اجرای برنامه می‌تواند آزمون‌هایی را برای نتایج پیش‌بینی شده و پیش‌بینی نشده‌ی فرضیات تدارک ببیند.

آوردن هوش مصنوعی به داخل حوزه‌ی فلسفه‌ی علم منابع مفهومی جدیدی برای دست و پنجه نرم کردن با ساختار و رشد معرفت علمی فراهم می‌کند. به‌جای محدود کردن خویش به شمای‌های بازنمایانه‌ی معمول که بر منطق صوری و زبان عرفی مبتنی است، رویکردهای کامپیوتری قادرند بازنمای‌های مفید دیگری نظیر مفاهیم مبتنی بر نمونه اعلی، سلسله مراتب مفهومی، قواعد تولید، شبکه‌های علی، تصاویر ذهنی و غیره را مورد استفاده قرار دهند. فیلسوفانی که از چشم‌اندازی کامپیوتری به رشد معرفت علمی می‌نگرند، می‌توانند به فراسوی منابع اندک منطق استقرایی رفته و الگوریتم‌هایی را برای ایجاد قوانین عددی، کشف شبکه‌های علی، شکل‌گیری مفاهیم و فرضیه‌ها و ارزیابی نظریه‌های رقیب مد نظر قرار دهند.

بررسی تاثیر چنین ایده‌هایی در تحول روانشناسی شناختی می‌تواند الهام‌دهنده باشد. ایده‌هایی همچون جستجو، انتشار فعالیت، ذخیره موقت، بازیابی و غیره اکنون در این حوزه به خوبی تثبیت شده‌است. علاوه بر این اساساً تولد روانشناسی شناختی در دهه‌ی ۶۰ مدیون استعاره‌ی کامپیوتر بود. استعاره‌ای که برای اولین بار چهره‌ای روشن به تفسیر ساختارها و پروسه‌های درونی می‌بخشید. در سالهای دهه‌ی ۷۰ حوزه‌ی میان رشته‌ای علوم شناختی بسیاری از محققان را از حوزه‌ها و رشته‌های گوناگون گرد هم آورد. این پژوهشگران همگی برای درک ماهیت ذهن تلاش می‌کردند و اصل مشترکشان امید به کمک گرفتن از مدل‌های کامپیوتری بود.

علاوه بر غنای مفهومی از آنجا که در این دیدگاه فرایندهای ذهنی، کامپیوتری فرض می‌شوند پس ما با یک شبیه‌سازی «قوی» روبرو هستیم. از اینرو کامپیوتر به‌طور بالقوه در دست فیلسوفان علم ابزاری به‌مراتب نیرومندتر خواهد بود تا برای حوزه‌هایی مثل اقتصاد یا هواشناسی که از شبیه‌سازی «ضعیف» استفاده می‌کنند (Thagard, 1988, p.6). در یک شبیه‌سازی ضعیف، کامپیوتر به عنوان یک وسیله محاسباتی می‌کوشد تا نتایج معادلاتی ریاضی، که فرایند مورد نظر را توصیف می‌کنند، استخراج کند. به‌طور یک کامپیوتر می‌تواند شبیه‌سازی با ارزشی از یک چرخه بازرگانی یا یک طوفان به‌عمل آورد. اما معادلات موجود در این مدل‌ها هرگز ادعا نخواهند کرد که مثلاً حاوی یک کسادی تجاری یا مشتعل بر گردباد هستند. در یک شبیه‌سازی قوی، مدل درست شبیه فرایند شبیه‌سازی شده می‌باشد. مثلاً یک تونل باد که برای مطالعات آئرودینامیک اتومبیل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد یک شبیه‌سازی قوی است، زیرا جریان هوا روی اتومبیل در تونل درست شبیه جریان هوا در بزرگراه است. در مقابل یک مدل کامپیوتری از آئرودینامیک اتومبیل تنها یک شبیه‌سازی ضعیف خواهد بود. بنابراین در حالی که برای اکثر حوزه‌ها کامپیوتر فقط شبیه‌سازی‌های ضعیف به‌عمل می‌آورد، روانشناسی شناختی و CPS از امکان شبیه‌سازی قوی برخوردارند.

مدل‌های کامپیوتری توصیفی غنی و قوی از ساختارها و فرایندهای ذهنی به دست می‌دهند، اما این تنها دستاورد آنها نیست. مدل‌های کامپیوتری علاوه بر این «آزمون‌پذیر» نیز هستند (Thagard, 1998a). علیرغم این تلقی عمومی که برنامه‌نویسان با هوش قادرند یک برنامه را وادارند تا هر کاری را انجام دهد، ساختن برنامه‌های که جنبه‌هایی از شناخت علمی را تقلید کند اغلب بسیار دشوار است. هنگامی که یک برنامه شروع به اجرا شدن می‌کند، همین شروع آزمونی است برای انسجام ایده‌ها. علاوه بر این به اجرا درآمدن یک برنامه آزمونی است برای عملی بودن فرض‌های آن برنامه درباره‌ی ساختار و فرایندهای توسعه علمی به‌طور مثال تهدید انفجار ترکیبی<sup>۱</sup> تحقق برنامه‌ها را به شدت مقید می‌سازد: اگر برنامه برای تداوم اجرا به‌طور نمایی زمان بیشتری را طلب کند، به‌زودی منابع قوی‌ترین کامپیوترها را نیز به پایان خواهد رساند. از اینرو پرورش یک شبیه‌سازی کامپیوتری قابل اجرا آزمونی ارزشمند از سازگاری درونی دسته‌ای از ایده‌ها به دست خواهد داد.

البته یک البته باید چیزی بیشتر از صرف یک سیستم منسجم باشد. انتظار این است که مدل داده‌های آزمایشی در باب نحوه‌ی تفکر را تبیین کند. با این حال گاهی اوقات وقتی که یک مدل پیچیده باشد دستیابی به نتایج منطقی آن چندان ساده نیست. مدل‌های شناختی مثل بسیاری از مدل‌ها در علوم اجتماعی اغلب تعداد زیادی از فرایندهای متعامل را مفروض می‌گیرند و این امر پیچیدگی فوق‌العاده‌ای بدانها می‌بخشد. اجرای برنامه‌ی کامپیوتری محقق را قادر می‌سازد تا ببیند آیا مدل نتایج مورد انتظار را به‌طور جامع و مانع داراست یا خیر. مقایسه این نتایج در برابر مشاهدات آزمایشگاهی اعتباری به مدل می‌بخشد که استنتاجات روی کاغذ تا حد قابل توجهی از آن بی‌بهره‌اند.

#### ۴. تعهد هنجارین (normative) فلسفه

CPS از نزدیک با روانشناسی شناختی و هوش مصنوعی گره خورده است. هر وقت علوم شناختی در تلقی رایج خود از ساختار و رشد معرفت تجدید نظری به عمل آورند، این انتظار وجود دارد که دیدگاه‌های جدید در آن حوزه به سرعت اهمیت معرفت‌شناختی پیدا کنند. در عین حال به سبب وجود شکاف میان فلسفه و روانشناسی در نیمه دوم قرن نوزدهم اغلب فیلسوفان نظرها‌های معرفت‌شناختی خود را کاملاً مستقل از فعالیت‌های روانشناسان تجربی توسعه داده‌اند و در این میان درهم آمیختن بحث‌های فلسفی با مباحث روانشناختی معمولاً داغ «روانشناسی‌گرایی» (psychologism) گره خورده است. دلیل اصلی هراس فیلسوفان از تشریح مساعی با روانشناسی این بوده است که در صورت وقوع این امر تعهد هنجارین فلسفه کم‌رنگ خواهد شد و یا بکلی از بین خواهد رفت. فرگه و پوپر حاملان جدی این هراس هستند. آنها استدلال می‌کنند که معرفت‌شناسی درست مثل منطق مستقل از روانشناسی است. روانشناسی تشریح می‌کند که مردم چه چیزی را استنتاج می‌کنند، در حالی که منطق درباره‌ی آنچه که

«باید» استنتاج کنند سخن می‌گویند و این عملی دستوری است نه توصیفی. به‌طور مشابه معرفت‌شناسی نظریه‌ی توجیهی معرفت عینی است و نیازی نیست که تحلیل روانشناسی از سرشت سیستم‌های باور فردی را بحساب آورد. از این منظر امتحان کردن سیستم‌های باور فردی تنها نوعی از ذهن‌گرایی (subjectivism) را تقویت خواهد کرد که تعهد اصیل و سنتی معرفت‌شناسی - توجیه و صدق - را با نوعی نسبی‌گرایی مرده جایگزین خواهد ساخت. (Thagard, 1988, P.7)

CPS در سنت رویکردهای شناختی متولد شده و بالیده و این سنت ادامه‌ی منطقی پروژه‌ی طبیعت‌گرایی کواين است (Giere, 2000b, p.175). از اینرو موضع‌گیری آن در باب تعهد هنجارین فلسفه نیز قاعداً صبغه‌ای طبیعت‌گرایانه خواهد داشت. برخی از خوانندگان کواين تصور کرده‌اند که او معرفت‌شناسی طبیعت‌گرایانه را به شکل رویکردی صرفاً توصیفی تلقی کرده است. اما این واقعاً نظر کواين نیست (Bergstrom, 2000, p.181). معرفت‌شناسی هنجارینی هم در دیدگاه کواين موجود است که او آن را «تکنولوژی پیش‌بینی تحریکات حسی» (The technology of anticipating sensory stimulation) می‌نامد. این معرفت‌شناسی هنجارین توصیه‌هایی در باب ساخت فرضیات ارائه می‌دهد و نیز ملاک‌هایی عرضه می‌کند که ترجیحات ما را در قبال نظریه‌های رقیب هدایت می‌کنند. با این حال این توصیه‌ها و ملاک‌ها مطلوبیت ذاتی ندارند. مطلوبیت آنها ناشی از کمکی است که به برآوردن اهداف علم می‌کنند؛ به عبارت دیگر در این دیدگاه توصیه‌ها جنبه مصلحت‌آمیز دارند.

روشن است که در چنین دیدگاهی توصیه‌ها و تجویزها مبتنی بر توصیفات‌اند اما نه مساوی با آنها. از اینرو ابتداء بر روانشناسی ضرورتاً حامل و موجد شکاکیت معرفت‌شناختی نیست. تاگارد این رویکرد را «روانشناسی‌گرایی ضعیف» نامیده است (Thagard, 1988, p.7). این موضع از «عدم اصالت روانشناسی» یعنی موضع پوپر و فرگه متمایز است که بر اساس آن منطق و رویه‌های ذهنی هیچ ربطی به یکدیگر ندارند. همین‌طور از «روانشناسی‌گرایی قوی» جدا است که بر مبنای آن منطق علاوه بر اینکه تجویزی است توصیفی برای رویدادهای ذهنی نیز هست.

روانشناسی‌گرایی ضعیف، روانشناسی تجربی را به عنوان نقطه‌ی آغاز مورد استفاده قرار می‌دهد، زیرا این موضع، توصیفی تجربی از رویه‌های ذهنی را برای آنچه که باید تجویز شود ضروری می‌داند. اما برای تشخیص ترتیب درست اعمال استنتاجی از توصیف صرف فراتر می‌رود. از این روست که روانشناسی‌گرایی ضعیف می‌تواند از اتهام نسبی‌گرایی بگریزد. مطابق با دیدگاه روانشناسی‌گرایی ضعیف معرفت هم شخصی است و هم عمومی. معرفت در مغز انسانهای واقعی قادر به تفکر جای دارد. اما همچنین موضوعی است برای طرح و ارزیابی بین‌الذهانی و روانشناسی‌گرایی ضعیف قصد دارد که هر دوی این جنبه‌ها را در نظر بگیرد. تاگارد بر آن است که یک آزمون واقعی میان روانشناسی‌گرایی ضعیف و مکتب عدم اصالت روانشناسی این است که ببینیم کدامیک قادرند تبیینی جامع و غنی از معرفت انسانی ارائه دهند. (Thagard, 1988, p.7)

CPS می‌تواند به عنوان کوششی برای توصیف نتایج ممکن برنامه‌ی روانشناسی گرایبی ضعیف در نظر گرفته شود. کوششی که به طریقی مشابه در معرفت‌شناسی طبیعت‌گرایانه کواین (۱۹۶۹) معرفت‌شناسی ژنتیک پیازه (۱۹۷۰)، اپیستمیک‌های گل‌من (۱۹۷۸-۱۹۸۶) و معرفت‌شناسی تکاملی کمبل (۱۹۷۴) نیز به‌عمل آمده است.

## ۵. ارزیابی و نقد مدل کامپیوتری علم

مدل‌های کامپیوتری علم در دو دهه‌ی گذشته همواره در مسیر تکامل بوده‌اند. این مدل‌ها همانطور که دیدیم تلاش می‌کنند تا واقعیت‌های روانشناختی و تاریخی معرفت علمی را با دقت بالایی شبیه‌سازی کنند. آنها دستگاه منسجمی از مفاهیم جدید را در اختیار فیلسوفان می‌گذارند و آزمون‌پذیر نیز هستند. اما با وجود تمام این امتیازات رویکرد کامپیوتری هنوز تا یک فلسفه‌ی علم آرمانی فاصله‌ی زیادی دارد و انتقادات مهمی درباره‌ی برد و کارایی این دیدگاه و نیز انتقاداتی روش‌شناختی به آن می‌توان مطرح کرد. در اینجا نگاهی بر مهمترین این انتقادات خواهیم افکند.

شبیه‌سازی‌های اجرا شده در مدل‌های کامپیوتری علم تاکنون بسیار کوچک و ساده بوده‌اند و لذا فقط بخش کوچکی از حوزه‌ی وسیع و پیچیده‌ی معرفت علمی را پوشش می‌دهند. این مدل‌ها معمولاً بر نمونه‌هایی اندک که برای به‌کار انداختن برنامه ابداع شده‌اند مبتنی هستند و درباره‌ی نمونه‌های متفاوت و جدید از انعطاف لازم برخوردار نیستند. به‌طور مثال در مورد مدل BACON که قبلاً از آن صحبت به‌میان آوردیم چنین به‌نظر می‌رسد که این برنامه تنها به کشف قوانینی می‌پردازد که برای نویسندگان برنامه از پیش معلوم بوده‌است. آزمونی جدی‌تر برای این رویکرد مستلزم شبیه‌سازی‌هایی است که با صوری‌سازی مقادیر عظیم معرفت سروکار داشته باشند. مثلاً باید ببینیم که امکانات موجود تا چه حد از پس ارائه‌ی مدل‌های مطلوب برای نظریه‌های پیچیده‌ای نظیر نسبیت و یا مکانیک کوانتومی برمی‌آیند. چنین مدل‌هایی مخصوصاً نباید مفاهیم و قواعدی را از قبل انتخاب کنند تا برای راه‌های مطلوب اطمینان خاطر به وجود بیاورند.

مسئله‌ی دیگر این است که بسیاری از مدل‌های کامپیوتری از جمله مدل ۱۹۸۸ خود تاگارد به‌شکلی غیرواقعی فاقد معرفت‌هایی درباره‌ی مکان یا زمان و علیت هستند و اینها عواملی هستند که در حل مسئله و تبیین اهمیت بنیادی دارند. یک مدل با کفایت از تبیین علمی باید مکانیزم‌های علی درگیر در این فرایند را نیز به نمایش بگذارد. مثال تیر پرچم که معمولاً برای انتقاد از فقدان روابط علی در مدل‌های سنتی قیاس از اصول موضوعه به‌کار گرفته می‌شود، در مورد مدل‌های کامپیوتری نیز قابل طرح است. مسئله تیر پرچم از این‌قرار است: ارتفاع یک تیر پرچم را با در اختیار داشتن طول سایه‌اش، فرمول‌های مثلثاتی و قانون انتشار مستقیم نور به‌دست آورید. به‌کارگیری یک مجموعه عملیات محاسباتی ساده برای

حل کردن این مسئله نشان خواهد داد که ارتفاع تیر مثلاً  $n$  متر است. با این حال چنین محاسبه‌ای تبیین نمی‌کند که تیر پرچم «چرا»  $n$  متر ارتفاع دارد. به عبارت دیگر محاسبه‌ی مزبور درکی از اینکه چرا تیر پرچم مورد نظر ارتفاع کذایی را دارد برای ما به‌ارمغان نمی‌آورد. بسیاری از مدل‌های کامپیوتری فاقد منابعی است که استنتاج ارتفاع تیر پرچم از سایه‌اش را به عنوان یک «عدم تبیین» رد کند. این ماشین‌های حل مسئله در صورت قرار گرفتن در برابر چنین مسئله‌ای به تبیین بر مبنای سایه می‌رسند و آن را می‌پذیرند. مشکل در اینجا این است که این مدل‌ها فاقد درکی کافی از علیت هستند. کلید فهم این نکته که چرا ارتفاع تیر پرچم نمی‌تواند از طریق طول سایه آن تبیین شود در عدم تقارن علی است: پیشینه‌ی معرفتی به‌ما می‌گوید که ارتفاع تیرهای پرچم طول سایه‌هایشان را معین می‌کند نه برعکس. در اینجا به دانشی نیاز است همبسته با سطح بالایی از معرفت در این باب که کدام نوع از پدیدارها علت کدام هستند. به دست آوردن چنین نمایی از علیت مستلزم توانایی تشخیص میان تعمیم‌های اتفاقی مبتنی بر صرف باهم رخ دادن چیزها از ارتباطات حقیقی و علی است. چنین عملکردی نیز مستلزم درک عمیقتری از علیت است؛ یعنی در نظر داشتن عواملی به عنوان تقدم زمانی و الگوهایی از بهم پیوستگی درونی انواع رویدادها.

این را نیز باید اذعان کرد که در سال‌های اخیر کوشش‌های زیادی برای غلبه بر مشکل علیت، حداقل در وضعیتهای خاص، به عمل آمده است. تاگارد در مقاله‌ای که در سال ۱۹۹۸ منتشر ساخته به ارائه مدلی از سرشت تبیین در علم پزشکی می‌پردازد که عبور از روابط متقابل به علت‌ها را شبیه‌سازی می‌کند (Thagard, 1998b). اما با وجود این کوشش‌ها فاصله‌ی مدل‌های کامپیوتری موجود با سطوح پیشرفته‌ی معرفت که درک عام علیت را ممکن می‌سازند هنوز چشمگیر است.

فقر در پیشینه‌ی معرفتی نه تنها در فرایند تبیین بلکه در «اکتشاف» نیز برای مدل‌های کامپیوتری مشکل‌ساز بوده است. به‌طور مثال مکانیزم فرضیه‌سازی در بسیاری از این مدل‌ها قادر نیست که به اندازه‌ی کافی از پیش زمینه‌ی معرفتی برای جلوگیری از پیدایش فرضیه‌های نامعقول استفاده کند. مثلاً ما می‌دانیم که بومرنگ‌ها می‌توانند به فضای دوردست گسیل شوند و بازگردند و از این نظر شبیه اصوات هستند، اما هرگز با استفاده از تشبیه، یک «نظریه‌ی بومرنگ» درباره‌ی صوت به وجود نمی‌آوریم. دانش گسترده‌ی ما درباره‌ی طبقه‌ای از اشیاء که بومرنگ‌ها را دربرمی‌گیرند و نحوه‌ی استفاده از آنها ما را باز می‌دارد از اینکه اصوات را با آنها مقایسه کنیم. با وجود این، این پیچیدگی معرفتی در یک شبیه‌سازی کامپیوتری دیده نمی‌شود.

مشکل اساسی دیگر این است که مدل‌های کامپیوتری هیچ ارتباط متقابلی با جهان واقعی ندارند. بنابراین هر اکتشافی که به عمل می‌آوردند وابسته به اطلاعات نمادینی است که توسط برنامه‌نویس به آنها داده شده است. فیلسوفان، تاریخ‌دانان و روانشناسان بسیاری تاکنون اهمیت بازنمایی‌های بصری در تفکر علمی را مستند ساخته‌اند. به عنوان مثال مطالعات انجام شده روی استنتاجات بصری معمول در

باستان‌شناسی ابعاد بصری را در فرایند شکل‌گیری فرضیات به خوبی روشن می‌سازد. این مطالعات نشان می‌دهند که فرضیه‌سازی در علم همیشه مبتنی بر جملات نیست بلکه ممکن است فرایندی بصری باشد. با این حال تکنیک‌های کامپیوتری موجود هنوز برای ارائه مدل‌هایی تفصیلی درباره نقش شناختی تصاویر ذهنی مناسب نیستند. از این گذشته محیط اطراف دانشمند واقعی اعم از محیط فیزیکی یا انسانی نقش اساسی در کار او دارند. این در حالی است که تمام مدل‌های کامپیوتری در این حوزه با تفکر دانشمندان منفرد مرتبط بوده‌اند.

البته رویکردهای کامپیوتری به این مسئله وقوف دارند و هم اکنون جوانه‌هایی از طرح مدل‌هایی به‌شکل هوش مصنوعی توزیع شده (DAI) (Distributed Artificial Intelligence) در آنها در حال سربرآوردن است. DAI شاخه‌ای نسبتاً جوان از هوش مصنوعی است و مرتبط است با این موضوع که مسائل در شبکه‌ای از کامپیوترهای هوشمند و مرتبط با یکدیگر چگونه می‌توانند تحلیل گردند. در واقع رویکرد DAI در اولین گام قادر بوده که تصویری از مسئله‌ی تقسیم کار شناختی که اساساً مسئله‌ای جامعه‌شناختی است ارائه کند. اما با وجود این تلاشها، پیچیدگی موقعیت‌های اجتماعی و تعدد عوامل تأثیرگذار در آنها چنان است که در مورد امید به موفقیت این تلاشها در کوتاه مدت باید محتاط بود.

به فهرست فوق باید مجموعه‌ی نسبتاً وسیع مباحثی را افزود که اساساً علیه امکان وقوع «هوش» در ماشین استدلال می‌کنند. از این منظر فرایندهای معرفتی به‌ویژه فرایند اکتشاف فرضیات علمی شامل بعدی شهودی و غیر مکانیکی هستند که هرگز به‌دام فرمولبندی ریاضی یا کامپیوتری نخواهند افتاد. همانطور که قبلاً دیدیم شبیه‌سازیهای کامپیوتری به‌دنبال فرمولبندی نوعی منطقی اکتشاف هستند و این در حالی است که ایده‌ی منطقی اکتشاف از جانب برخی از بزرگترین فیلسوفان علم به‌صراحت انکار شده است. به‌طور مثال کارل پوپر فکر می‌کند که کشف همیشه شامل عنصری غیرعقلانی و خلاق است. او می‌گوید: «نظر من این است - اگر بتوانم حق مطلب را ادا کنم - که چیزی بنام روش منطقی یافتن اندیشه‌های جدید، یا بازسازی منطقی این فرایند وجود ندارد. می‌توان نظر مرا چنین بیان کرد که هر کشفی مشتعل بر «عاملی غیر عقلانی» یا به تعبیر برگسون «شهودی خلاق» است... تنها با شهودی که مبتنی بر چیزی است که به عشق عقلانی به متعلق تجربه شباهت دارد می‌توان به آنها نائل شد.» (بنقل از گیلیس، ۱۳۸۱، صص ۴۹-۵۱).

اینکه رویکرد کامپیوتری به این چالش‌های جدی چگونه پاسخ خواهد داد موضوعی است مربوط به آینده. باید منتظر ماند و دید که مدل‌های کامپیوتری در قرن بیست و یکم برای تبیین فرایند پیچیده‌ی علم چه ارمغانی خواهند داشت.

### پی‌نوشت

۱. Combinatorial explosion: یک وضعیت ذاتی در برخی مسائل است که در آن افزایش جزئی در تعداد اقلام داده‌ای یا پارامترهای عملیاتی منجر به افزایش بسیار زیاد در زمان مورد نیاز برای به‌دست آوردن حل مسئله می‌شود. (فرهنگ مایکروسافت)

### منابع

راسل، اس و نورویگ، پی. (۱۳۷۵). *هوش مصنوعی، رهیافتی نوین*. ترجمه‌ی رامین رهنمون. تهران: ناقوس.  
 کارور، چارلز اس و شی یو، مایکل اف. (۱۳۷۵). *نظریه‌های شخصیت*. ترجمه‌ی احمد رضا رضوانی. مشهد: آستان قدس رضوی.  
 کانت، ایمانوئل. (۱۳۶۲). *سنجش خرد ناب*. ترجمه‌ی میر شمس الدین ادیب سلطانی. تهران: امیرکبیر.  
 گیلیس، دانالد. (۱۳۸۱). *فلسفه‌ی علم در قرن بیستم*. ترجمه‌ی حسن میاندراری. تهران: سمت.  
 هیات مؤلفان مایکروسافت. (۱۳۶۲). *فرهنگ تشریحی اصطلاحات کامپیوتری*. ترجمه‌ی فرهاد قلی‌زاده نوری. تهران: امیرکبیر.

- Bergstrom, L. (2000). Quine. In W. H. Newton-Smith (Ed.). *Blackwell Companion to the Philosophy of Science*. Oxford: Blackwell.
- Giere, R. N. (2000a). "Cognitive approaches to science". in W. H. Newton-Smith (Ed.). *Blackwell Companion to the Philosophy of Science*. Oxford: Blackwell.
- Giere, R. N. (2000b). Naturalism. in W. H. Newton-Smith (Ed.). *Blackwell Companion to the Philosophy of Science*. Oxford: Blackwell.
- Holyoak, K., & Thagard, P. (1989). "Analogical Mapping by Constraint Satisfaction". *Cognitive Science*. 13.
- Nowak, G., & Thagard, P. (1992a). "Copernicus, Ptolemy, and Explanatory Coherence". in R. Giere (Ed.). *Cognitive Models of Science, Minnesota Studies in the Philosophy of Science, vol. 15*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

- Nowak, G., & Thagard, P. (1992b). "Newton, Descartes, and Explanatory Coherence". in R. Duschl & R. Hamilton (Eds.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice*. Albany: SUNY Press.
- Thagard, P. (1988). *Computational philosophy of science*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Thagard, P. (1991). "The Dinosaur Debate: Explanatory Coherence and the Problem of Competing Hypotheses". in J. Pollock & R. Cummins (Eds.), *Philosophy and AI: Essays at the Interface*. (PP. 279-300). Cambridge, Mass.: MIT Press/Bradford Books.
- Thagard, P. (1993). "Societies of minds: Science as distributed computing". in *Studies in History and Philosophy of Science*. 24.
- Thagard, P. (1998a). "Computation and the philosophy of science". In T. W. Bynum and J. H. Moor (Eds.). *The Digital Phoenix: How Computers are Changing Philosophy*. Oxford: Blackwell.
- Thagard, P. (1998b). "Explaining Disease: Causes, Correlations, and Mechanisms". *Minds and Machines*. 8.
- Thagard, P. (1998c). "Ulcers and bacteria II: Instruments, experiments, and social interactions". *Studies in History and Philosophy of Science, Part C. Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*. 29.
- Thagard, P., and Shelley, C. P. (1997). "Abductive Reasoning: Logic, visual Thinking, and Coherence". In M.-L. Dalla Chiara et al. (Eds.). *Logic and scientific methods*. Dordrecht: Kluwer.