فصلنامه‌ی علمی ـ پژوهشی
روش‌شناسی علوم انسانی
س۱۵، ش۵۸، بهار ۱۳۸۸
صفحات ۶۳ ـ ۸۸

Methodology of
Social Sciences and
Humanities Journal
Vol.15, No.58, Spring 2009

دیدگاه معناشناختی در باب ساختار نظریه‌های علمی

هادی صمدی*

چکیده

مقاله‌ی حاضر هفت بخش دارد. در بخش اول، مقدمه‌ای در مورد رویکرد معناشناختی ارایه می‌شود. بخش دوم به تفاوت‌های رویکردهای سنتی و معناشناختی اشاره می‌کند. در رویکرد معناشناختی، مدل‌ها نقشی اساسی دارند. جوهر اصلی این دیدگاه این است که نظریه‌ها چیزی بیشتر از مجموعه‌ای از مدل‌ها نیستند و بنا بر این، شاخصه‌ی نظریه‌ها و فهم اینکه آنها چگونه جهان را بازنمایی می‌کنند، در صورتی که چنین کنند، به مفهوم مدل وابسته است. در بخش سوم، به نقش مدل‌ها در این رویکرد اشاره شده و در بخش چهارم، به معرفی دو شاخه‌ی معروف‌تر رویکرد معناشناختی یعنی ساختارگرایی و حالت ـ فضا پرداخته می‌شود. بخش پنجم به این موضوع می‌پردازد که بر خلاف تصور رایج در مورد غیر واقع‌گرایانه بودن دیدگاه معنایی می‌توان همانند فیلسوفانی نظیر سایی و گی‌یر تعبیری واقع‌گرایانه از این رویکرد داشت. بخش ششم به نقدهایی که به رویکرد معناشناختی وارد آمده، و بخش آخر به برخی رویکردهای جایگزین اشاره می‌کنند.[1]

واژه‌های کلیدی: نظریه، مدل، رویکرد معناشناختی، رویکرد نحوی، ساختارگرایی، حالت ـ فضا، واقع‌گرایی

---

* دانشجوی دکتری فلسفه‌ی علم و عضو هیئت علمی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
Email: hadisamadi_ir@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۳۰ تاریخ تأیید: ۸۸/۱/۱۶

۱. استاد ارجمند، جناب آقای دکتر علی پایا مقاله‌ی حاضر را با حوصله مطالعه و نکات و اصلاحات متعددی را پیشنهاد کردند. اصلاحات پیشنهادی را در متن اعمال و برخی از نکات را به صورت پاورقی و با عنوان «پایا، ۱۳۸۸» ذکر کرده‌ام. به این وسیله از زحمات ایشان تشکر می‌کنم.

۱. مقدمه

پوزیتیویست‌های منطقی دیدگاه خاصی به ساختار نظریه‌های علمی داشتند. مطابق رویکرد آنها ـ که به رویکرد سنتی معروف است ـ نظریه‌های علمی هستومندهای زبانی هستند. در مقاله‌ای که با عنوان «دیدگاه سنتی در باب ساختار نظریه‌های علمی»، در شماره‌ی ۵۴ فصلنامه‌ی علمی پژوهشی *روش‌شناسی علوم انسانی* چاپ شد، این رویکرد در مقابل انتقادات رویکرد رقیب ـ که به رویکرد معناشناختی موسوم است ـ از رونق افتاد. در اواخر دهه‌ی ۱۹۴۰، فیلسوف و منطقدان هلندی، اورت بث[1]، صورت‌بندی جایگزینی برای تحلیل فلسفی نظریه‌های علمی ارایه داد. او از کارهای آلفرد تارسکی و کارنپ در معناشناسی صوری و از کار فون نویمن در مبانی مکانیک کوانتومی الهام گرفته بود. بیست سال بعد، هموطن او، ون فراسن که به آمریکا مهاجرت کرده بود، کارهای او را توسعه بخشید(گی‌یر،۲۰۰۰، ص۵۱۷).

در مقاله‌ی حاضر، رویکرد معناشناختی معرفی و سپس نقد و بررسی می‌شود. در ابتدا، ساپیز (۱۹۵۷ و ۱۹۶۷) دیدگاه معنایی را معرفی و سپس ساپی (۱۹۷۷)، ون فراسن (۱۹۷۰ و ۱۹۷۲) و گی‌یر (۱۹۸۸) توسعه دادند (لوید،۲۰۰۶، ص۸۲۴).

ساپیز (۱۹۶۷، ص۵۷) می‌گوید غالباً، عمده‌ی فیلسوفان صحبت کردن درباره‌ی نظریه‌ها را راحت‌تر از صحبت کردن درباره‌ی مدل‌های نظریه‌ها می‌دانند. دلایل متعددی برای این ترجیح وجود دارد؛ اما دو تای آنها اهمیت بیشتری دارند: اول آنکه فیلسوفان نظریه‌های بسیار ساده را بررسی می‌کنند و از این رو، صحبت کردن از آنها به عنوان هستومندهای زبانی بسیار ساده است؛ دوم معرفی مدل‌های یک نظریه، به ناچار، عناصر ریاضی قوی‌تری را نیز وارد بحث می‌کند، بنا بر این، طبیعی به نظر می‌رسد که نظریه‌ها را هستومندهای زبانی بدانیم.[2]

به نظر لوید[3] (۲۰۰۶، ص۸۲۴) رویکرد معناشناختی، در واقع، خانواده‌ای از رویکردهای مرتبط به هم است که همگی در دو پیش‌فرض مشترک‌اند: اول آنکه نظریه‌های علمی، در

---

1. Evert Beth

۲. البته از دیدگاه فیلسوفان عقل‌گرای نقاد نظریه‌ها هستارهای زبانی نیستند. نظریه‌ها هستارهایی در جهان سه هستند که صورت‌های زبانی برای نمایش آنها به کار گرفته می‌شود. نظریه مانند «اندیشه» یک جهان معنایی و زبان صرفاً، ابزاری برای نمایش آن است. جهان معنایی یا شبکه‌ی معنایی موجودیتی عینی دارد و از شیوه‌های نمایش زبانی مستقل است؛ به همین دلیل می‌توان یک نظریه را در زبان‌های مختلف «نمایش» داد (پایا، ۱۳۸۸). در بخش سه، به این موضوع با تفصیل بیشتری می‌پردازیم.

3. Lloyd

آغاز، نظام‌های زبانی اصل موضوعی‌شده در نظر گرفته نشده، بلکه در قالب مدل‌های آن نظریه‌ها در نظر گرفته می‌شوند و دوم، ابزار مناسب برای ایضاح صوری نظریه‌های علمی منطق‌های مرتبه‌ی اول و فرا ریاضیات نیست؛ بلکه بیشتر خود ریاضیات است.

وقتی گفته می‌شود نظریه‌ها صورت‌بندی استاندارد دارند، یعنی در منطق مرتبه‌ی اول صورت‌بندی شده‌اند. اگر با تسامح سخن بگوییم، منطق مرتبه‌ی اول منطق ادات ربط و محمولات برای یک نوع از اشیا است. متأسفانه وقتی نظریه‌ای بیش از منطق درجه‌ی اول را فرض گیرد، صورت‌بندی آن به این روش نه طبیعی است و نه ساده؛ مثلاً در اصل موضوعی کردن هندسه، خواهان تعریف خطوط به عنوان مجموعه‌های خاصی از نقاط هستیم و باید در چارچوبی کار کنیم که از قبل، شامل ایده‌ی نظریه‌ی مجموعه‌ها باشد. از لحاظ نظری ممکن است هم‌زمان، هندسه و بخش‌های مربوط نظریه‌ی مجموعه‌ها را به صورت اصل موضوع ارایه دهیم؛ اما این کار بسیار سخت، پیچیده و دست‌وپاگیر خواهد بود (ساپیز، ۱۹۶۷، ص۵۷).

در نظریه‌هایی مانند مکانیک کوانتومی، ترمودینامیک کلاسیک یا قرائت‌های کمّی جدید از نظریه‌ی یادگیری که ساختارهای پیچیده‌تری دارند، نه تنها باید ایده‌ی نظریه‌ی مجموعه‌ها را به کار گیریم، بلکه باید نتایجی که مربوط به اعداد حقیقی هست را نیز به آن بیفزاییم. صورت‌بندی چنین نظریه‌هایی در منطق مرتبه‌ی اول غیر عملی است. نظریه‌هایی از این دست بسیار شبیه نظریه‌هایی هستند که به طور معمول، در ریاضیات محض با پیچیدگی‌های خاص خود مطالعه می‌شوند. در چنین زمینه‌هایی بسیار ساده‌تر است که به جای صحبت مستقیم از جملات یک نظریه، از مدل‌های نظریه سخن گوییم[۱] (همان).

ساختارگرایی به عنوان گرایشی در درون رویکرد معناشناختی که در آغاز، اسنید[۲] و ساختارگرایان آلمانی از جمله استگ مولر[۳] از آن حمایت کردند، هدف خود را ایضاح و

۱. فرض خفی این رویکرد آن است که یا باید نظریه‌ها را به صورت خانواده‌ای از مدل‌ها نمایش داد یا به صورت منطقی؛ در حالی که دانشمندان، در فعالیت‌های علمی خود، به هیچ یک از این دو گزینه استناد نمی‌کنند. آنها ترکیبی از زبان‌های طبیعی و ابزارهای ریاضی را برای توضیح نظریه‌های به کار می‌گیرند؛ در عین حال، اغلب دانشمندان نظریه‌ها را مستقیماً نشان‌دهنده‌ی جهان واقع می‌دانند؛ نه متناظر با خانواده‌ای از مدل‌ها (پایا، ۱۳۸۸). در بخش سه به این موضوع باز خواهیم گشت.

2. Sneed
3. Stegmuller

اصل موضوعی کردن نظریه‌ی مجموعه‌ای[1] نظریه‌های علمی قرار داد؛ اما روند کلی بر این بود که نظریه‌ها را به مثابه‌ی مجموعه‌ای از مدل‌های ریاضی در نظر بگیرند. دیدگاه معنایی در پاسخ به چیستی نظریه‌ی علمی مدعی بود که نظریه‌ی علمی را باید به عنوان هستومندی فرازبانی در نظر گرفت: نوعی ساختار خاص یا دسته‌ای از ساختارها که پذیرای رفتارهای زبانی متفاوت است. چنین فکری به ساپیز برمی‌گردد که بعداً، ساپی و ون فراسن آن را توسعه‌ی بیشتری دادند. یک استدلال اصلی برای دیدگاه معنایی این است که این رویکرد تطابق بهتری با مفهوم علمی واقعی نظریه‌ها دارد؛ مثلاً برای نظریه‌های زیست‌شناسی یعنی جایی که ساختارهای اصل موضوعی اساسی وجود ندارد، مناسب‌تر است؛ به علاوه، دچار مشکلات رویکرد سنتی به نظریه‌ها نیست (سایلوس، ۲۰۰۷، ص۲۲۸).

الیزابت لوید در مدخل «نظریه‌ها» در *دایرة المعارف فلسفه‌ی علم*(۲۰۰۶)، مزایای چندی را برای رویکرد سمانتیکی برمی‌شمارد. اول آنکه نظریه‌ها هویاتی فرازبانی هستند و بنا بر این می‌توان با صورت‌بندی‌های زبانی متفاوتی آنها را توصیف و مشخص کرد؛ به بیان دیگر، صورت‌بندی زبانی خاص بر محتوای نظریه اثری ندارد؛ بنا بر این، رویکرد معناشناختی از پازل‌های زبانی خود را رها می‌سازد و دچار مشکل مدل‌های ناخواسته‌ی رویکرد سنتی به نظریه‌ها هم نمی‌شود. دوم، ادعا این است که برای نظریه‌پردازی‌های علمی رویکرد معناشناختی بسیار ساده‌تر و طبیعی‌تر از رویکرد سنتی کاربرد دارد. چنین ادعایی را می‌توان با اشاره به موارد متعدد به کارگیری رویکرد معناشناختی درباره‌ی نظریه‌های علمی متفاوت نشان داد؛ از جمله: مکانیک کوانتومی (ون فراسن، ۱۹۹۱)، نظریه‌ی تکامل(بی تی، ۱۹۸۰؛ لوید، ۱۹۸۸؛ تامسون، ۱۹۸۹)، نظریه‌ی اقتصادی (هاوس من، ۱۹۸۱)، نظریه‌ی اکولوژیکی (کسل، ۲۰۰۱)، نظریه‌ی آشوب (کلرت، ۱۹۹۲) و نظریه‌ی جنسیت (کرانس نو، ۲۰۰۱).[2]

---

1. set- theoretic

۲. اینکه این ادعا چقدر محتوا دارد، محل تردید است. در عمل و در واقع، رویکرد معناشناختی هرگز نتوانسته است از سطح مدل‌های ساده فراتر رود. آنچه در عمل اتفاق می‌افتد ـ همان گونه که پیش‌تر اشاره کردم ـ همان رهیافت متداول خود دانشمندان است: ترکیبی از زبان طبیعی و مدل‌های ریاضی. دانشمندان به علاوه، استفاده‌ی گسترده‌ای از «مدل»ها در معنای وسیع آن می‌کنند؛ اما رویکردشان شباهت چندانی به آنچه مدافعان رویکرد معناشناختی می‌گویند، ندارد. دیدگاه‌های استگمولر و اسنید نیز، به اعتبار آنکه یک رویکرد فرمالیستی را با نوع دیگری از رویکرد فرمالیستی

←

سوم، طرفداران رویکرد معناشناختی مدعی‌اند که نگرش آنها با هر نوع معرفت‌شناسی در علم، چه واقع‌گرایانه باشد چه تجربه‌گرایانه و چه ابزارگرایانه سازگار است؛ اما بسیاری می‌پندارند که در جبهه‌ی مقابل رویکرد سنتی با هستی‌شناسی ضد متافیزیکی تجربه‌گرایان منطقی که در واقع، یک متافیزیک ضد علم بود، گره خورده است.

بالأخره اینکه دیدگاه معنایی، به ادعای طرفداران آن، این امکان را فراهم می‌کند که معانی متفاوت واژه‌ی «مدل» را در هم ادغام کند و آن را به شکلی به کار برد که در فعالیت علمی و در یک قرائت واحد و یگانه به کار برده می‌شود (فرنچ و لیدی من، ۱۹۹۹، ص۱۰۶). چنین امری از طریق این استدلال دیدگاه معنایی ممکن می‌شود که «درست بودن از جنبه‌هایی» را می‌توان در قالب صدق جزئی مشخص نمود (داکوستا و فرنچ، ۱۹۹۰، ص۲۵۹). طرفداران نظریه‌ی معنایی استدلال می‌کنند که چنین نظری، به خوبی، با فعالیت علمی مطابقت داشته، معانی مختلف واژه‌ی «مدل» در علم را دربرمی‌گیرد.

۲. تفاوت رویکرد سنتی با رویکرد معناشناختی

ساپیز می‌گوید هنگام تحلیل یک نظریه، مستقیماً مدل‌های مورد نظر را بدون اشاره به حساب اصل موضوعی خاص مشخص می‌کنیم. چنان که ون فراسن (۱۹۷۲) می‌گوید: «وظیفه‌ی اصلی یک نظریه‌ی علمی فراهم آوردن خانواده‌ای از مدل‌هاست که می‌توان برای بازنمایی پدیده‌هایی تجربی، آنها را به کار گرفت. از یک سو، نظریه موضوعات خود را تعریف می‌کند؛ یعنی انواعی از سیستم‌ها که نظریه را تحقق می‌بخشند و از طرف دیگر، بیانات تجربی شکل واحدی دارند: مدل‌های فراهم‌شده می‌توانند پدیده‌ها را بازنمایی کنند»[1] (همان، ص۳۱۰؛ به نقل از لوید،۲۰۰۶، ص۸۲۴).

تعویض کردند، عملاً با اقبال در میان فیلسوفان علم و دانشمندان مواجه نشدند و به حاشیه رفتند. یکی از نکات مهمی که در خصوص رویکرد معناشناسانه باید توجه داشت آن است که هیچ یک از طرفداران آن، این رویکرد را در مورد نظریه‌های پیچیده‌ی علمی به کار نبرده‌اند. همواره مدل‌ها و ساختارها به نمونه‌های ساده اعمال می‌شوند. حتی در مورد نظریه‌ی داروین نیز باید در نظر داشت که این نظریه را خود داروین، به شیوه‌ی کاملاً منطبق بر عقل عرفی و زبان عادی صورت‌بندی کرده و هیچ جنبه‌ی پیچیده و فنی در آن نیست. داروین حتی برخی از مهم‌ترین مفاهیم نظریه‌ی خود را از بیان نویسندگانی نظیر مالتوس یا اسپنسر اخذ کرد (پایا، ۱۳۸۸).

۱. هر چند کسانی نظیر گی یر کوشیدند رویکرد معناشناختی را در شیوه‌ای رئالیستی به کار گیرند، این بیان ون فراسن کاملاً ناظر به یک دیدگاه غیر رئالیستی در قبال علم و نظریه‌های علمی است.

چنین رویکردی مسئله‌ی مدل‌های ناخواسته‌ی موجود در قرائت پوزیتیویست‌های منطقی را حل می‌کرد؛ اما این سؤال را ایجاد می‌کرد که مدل چیست؟ از لحاظ فنی، در ریاضی، یک مدل به معنای تعبیری است که تمامی جملات یک نظریه را صادق می‌سازد؛ اما در روایت نحوی، رابطه‌ی نگاشت تلویحی است و مدل به عنوان ساختاری مستقل در نظر گرفته می‌شود. به بیان ون فراسن (۱۹۸۹، ص۳۶۵)، «اگر به صورت صوری صحبت کنیم، مدل شامل هستومندها و روابط میان این هستومندهاست».

ون فراسن(۱۹۸۹، ص۲۱۸ـ۲۲۰) برای اینکه تمایز میان رویکرد نحوی و معنایی را نشان دهد، مثالی ساده از یک نظریه‌ی هندسی ارایه می‌دهد که در اینجا، این مثال را به قرائت رونالدگی‌یر(۲۰۰۰، ص۵۱۷ــ۵۱۸) آورده‌ایم. ابتدا فرض کنید که هندسه‌ی یادشده سه اصل موضوعه دارد:

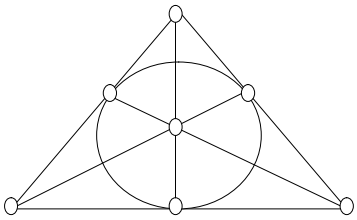
الف. برای هر دو خط حد اکثر، یک نقطه روی هر دو خط قرار دارد.

ب. برای هر دو نقطه دقیقاً یک خط از هر دو می‌گذرد.

ج. روی هر خط دست کم دو نقطه وجود دارند.

اصول بیان‌شده، کمابیش به زبان روزمره بیان شده‌اند. مطابق دیدگاه سنتی باید، در آغاز، این اصول موضوعه را در قالب یک زبان مناسب بازسازی کنیم و بنا بر این، باید سورها و دیگر نمادهای منطقی را معرفی کنیم؛ البته باید قواعد تطابق مناسب را نیز اضافه کنیم. بر خلاف معنای معمولی که از واژه‌ی «معنایی» می‌فهمیم، دیدگاه معنایی ملاحظات زبانی را کم اهمیت‌تر در نظر می‌گیرد. می‌توانیم از هر زبانی استفاده کنیم؛ مشروط به آنکه زبان مورد استفاده به قدر کافی روشن باشد که بتواند میان اشیایی که اصول موضوعه را ارضا می‌کنند و آنها را که نمی‌کنند، به نحو قابل اعتمادی تمییز قایل شود. نکته‌ی مورد توجه این نیست که چه چیزی را می‌توان از این اصول موضوعه استنتاج کرد؛ چراکه قیاس معتبر صرفاً، موضوع نحو است و ارتباطی با معناشناسی پیدا نمی‌کند. آنچه مورد توجه رویکرد معناشناختی است، توجه به «ارضا» ست؛ یعنی آنچه اصول موضوعه را ارضا می‌کند که این مفهومی معنایی است. این اشیا، به معنای فنی و منطقی کلمه، مدل‌هایی از اصول موضوعه هستند؛ بنا بر این، در رویکرد معناشناختی، توجه ما به جای معطوف شدن به اصول موضوعه به عنوان هستومندهای زبانی، به مدل‌ها که هستومندهایی غیر زبانی هستند، معطوف می‌شود. در میان اشیایی که سه

اصل موضوعه‌ی بالا را ارضا می‌کنند، خطی است که فقط دو نقطه روی آن هست یک مدل جالب‌تر مجموعه‌ای است از هفت خط (از جمله یک دایره) و هفت نقطه که در شکل ارایه شده است.



یک بررسی ساده نشان می‌دهد که شکل مورد نظر هر سه اصل موضوعه را ارضا می‌کند. در اینجا، عبارت «این شکل» ممکن است به کاغذ واقعی و جوهرهای روی صفحه اشاره کند؛ مشروط بر آنکه شخص تعبیر مناسبی برای واژگان «نقطه»، «خط» و «روی آن» انتخاب کند. یک مدل فیزیکی دیگر را می‌توان با کوبیدن هفت میخ بر روی یک تخته، مطابق شکل بالا و سپس ارتباط دادن آنها با نخ‌هایی که دور میخ‌ها پیچیده شده و شکل بالا را می‌سازند، ایجاد کرد؛ همچنین شخص می‌تواند یک تعبیر کاملاً انتزاعی در نظر بگیرد که در آن، نقطه فقط یک موقعیت دارد و هیچ بعدی ندارد؛ در حالی که خط نیز شیئی آرمانی است که صرفاً، دارای طول و فاقد پهناست.

گی‌یر در ادامه می‌افزاید فقط داشتن یک تعبیر کلی برای واژگانی که مشخص‌کننده‌ی مدل هستند، کافی نیست؛ بلکه باید بتوانیم مثال‌های خاص را تشخیص دهیم؛ مثلاً یک میخ خاص بر روی یک تخته‌ی خاص. در علم واقعی ممکن است ابزارهای پیچیده‌تر و تلاش بیشتری برای تعیین کردن مورد نیاز باشد: مثلاً یک ستاره به مثابه‌ی یک کوتوله‌ی سفید. در دیدگاه معنایی، این فرایندهای پیچیده‌ی تعبیر[1] و تشخیص[2] هر چند برای به کارگیری نظریه ضروری‌اند، در خود نظریه جایگاهی ندارند و این در تقابل مستقیم با دیدگاه سنتی است؛ چراکه در دیدگاه سنتی، ابداعات مختلفی که در ابزارسازی صورت می‌گیرند، به صورتی خودکار باعث می‌شوند در تحلیل فلسفی ما از خود نظریه تغییراتی به وجود آیند. رویکرد معناشناختی، به شکل بهتری، با فهم دانشمند از تفاوت نظریه با ابزارسازی هماهنگ می‌شود.

1. interpretation
2. identification

گی‌یر در ادامه می‌افزاید که در دیدگاه سنتی، سؤال از چیستی نظریه‌ی علمی پاسخی سرراست دارد. یک نظریه (۱) مجموعه‌ای است از اصول موضوعه‌ی تعبیرشده، در یک زبان صوری خاص، به همراه (۲) مجموعه‌ای از قواعد تطابق که فراهم‌آورنده‌ی تعبیر تجربی جزئی واژگان مربوط به هستومندها و فرایندهای مشاهده‌پذیرند؛ بنا بر این، نظریه فقط وقتی درست است که اصول موضوعه‌ی تعبیرشده درست باشند. اگر بخواهیم چنین جواب سرراستی را در رویکرد معناشناختی داشته باشیم، باید به اصول موضوعه قدری متفاوت نگاه کنیم. بار دیگر، اصول موضوعه‌ی هندسه‌ی هفت‌نقطه‌ای را که در شکل دیدیم، در نظر بگیریم. اجازه دهید به جای آنکه سه اصل موضوعه‌ی بالا را سه جمله‌ی مستقل در نظر بگیریم، آنها را جزئی از یک تعریف نظری یعنی تعریفی از هندسه‌ی هفت‌نقطه‌ای بینگاریم. تعریف را می‌توان چنین صورت‌بندی کرد: هر مجموعه از نقاط و خطوط، یک هندسه‌ی هفت‌نقطه‌ای می‌سازند؛ اگر الف و ب و ج. از آنجا که یک تعریف هیچ ادعایی در باب موضوعی مطرح نمی‌کند و حتی نامزد درستی و نادرستی نیست، به سختی بتوان یک نظریه را با یک تعریف تعیین کرد؛ اما ادعاهای مربوط به اینکه برخی اشیا تعریف را ارضا می‌کنند، ممکن است صدق و کذبی را در باب جهان ارایه دهند؛ چنین ادعاهایی را فرضیه‌های نظری می‌نامیم؛ بنا بر این ممکن است در باب رویکرد معناشناختی چنین بگوییم که نظریه مشتمل است بر (۱) یک تعریف نظری به علاوه‌ی (۲) تعدادی از فرضیه‌های نظری. هنگامی می‌توانیم بگوییم یک نظریه درست است که تمامی فرضیه‌های نظری مرتبط با آن درست باشند[۱](گی‌یر، ۲۰۰۰ ص۵۱۷ـ۵۱۸).

۳. مدل‌ها در رویکرد معناشناختی

در دهه‌ی ۶۰ میلادی، با کارهای آخشتین و هسه در زمینه‌ی مدل‌ها، رویکرد تمثیلی شکل گرفت. توجه عمده‌ی این فیلسوفان به مدل‌ها در سیستم‌های فیزیکی بود. یک مدلِ نظری از سیستمِ فیزیکی هدف، مجموعه‌ای از مفروضات نظری (معمولاً به شکل ریاضی پیچیده) در نظر گرفته می‌شد که فراهم‌آورنده‌ی نقطه‌ی آغازین برای تحقیق در رفتار سیستم هدف بود. جایی که گزینش میان مفروضات به وسیله‌ی شباهت‌های

۱. توجه کنید که «درست بودن»، در این رویکرد صرفاً، به معنای ارضای چیزی است که در مدل بیان شده است و نه لزوماً، بیان واقعیت بیرونی؛ البته گی یر سعی می‌کند تفسیری واقع‌گرایانه از این رویکرد ارایه دهد (پایا، ۱۳۸۸).

بنیادی میان سیستم هدف و سیستم فیزیکی شناخته شده صورت می‌گرفت. ساپیز رویکرد جدیدی را به مدل‌ها بنا نهاد؛ به این ترتیب که مدل‌ها را ساختارهایی در نظر گرفت که نظریه را صادق سازند؛ یعنی معنایی که منطق‌دانان از مدل مراد می‌کنند. ساپیز اصرار داشت که مفهوم مدل، در ریاضی و علوم تجربی یکسان بوده، نظریه را باید به مثابه‌ی مجموعه‌ای از ساختارهای انتزاعی در نظر گرفت؛ یعنی مجموعه‌ای از مدل‌ها که نظریه‌ها را صادق می‌سازند. به بیان خود ساپیز، او طرفدار مشخص کردن بیرونی[1] یک نظریه بود که از طریق آن، ارایه‌ی یک نظریه به معنای تعریف کلاس مورد نظر از مدل‌های آن نظریه بود. ساپیز توجه را از مدل‌های سیستم‌های فیزیکی (مدل‌های تمثیلی یا شمایلی) به مدل‌های نظریه‌ها (مدل‌های ریاضی) برگرداند (سایلوس،۲۰۰۷، ۱۵۳ـ۱۵۴).

فریگ و هارتمان[2] (۲۰۰۶، ص۷۴۶) معتقدند که چگونگی رابطه‌ی میان مدل‌ها و نظریه‌ها یکی از دشوارترین سؤالات است. تمایز میان مدل‌ها و نظریه بسیار مبهم است و بسیاری از دانشمندان تمایز قاطعی میان آنها قایل نیستند؛ بنا بر این سؤال این است که آیا تمایز میان مدل‌ها و نظریه‌ها وجود دارد؟ اگر وجود دارد رابطه‌ی میان آنها چیست؟

در مکالمات معمولی گاهی، واژه‌ی «مدل» را برای فرضیه‌هایی به کار می‌برند که موقت و احتمالاً غلط‌اند؛ در حالی که واژه‌ی «نظریه» بیانگر درجه‌ی پذیرش بیشتری

---

۱. ساپیز در تمایز میان مشخص کردن درونی و برونی چنین می‌گوید: «ابتدا خواهان آن هستم که میان مشخص کردن درونی و برونی تمایز قایل شوم. صورت‌بندی یک نظریه‌ی به مثابه‌ی یک حساب منطقی یا ـ چنان که من ترجیح می‌دهم ـ نظریه‌ای با صورت‌بندی استاندارد شاخصه‌ی درونی آن را تعیین می‌کند؛ اما مسلماً این تنها رویکرد نیست؛ مثلاً یک سؤال طبیعی در زمینه‌ی منطق این است که آیا نظریه‌ی خاصی می‌تواند در صورت‌بندی استاندارد، به صورت اصل موضوعی درآید؛ یعنی در درون مرتبه‌ی اول؟ برای صورت‌بندی دقیق چنین سؤالی ضروری است که روشی بیرونی برای صورت‌بندی نظریه داشته باشیم. یکی از ساده‌ترین راه‌های فراهم آوردن چنین مشخصه‌ی بیرونی این است که به سادگی، کلاس مورد نظر از مدل‌های نظریه را تعریف کنیم. پرسش از اینکه آیا می‌توانیم نظریه را اصل موضوعی کنیم؟ به این سؤال تبدیل می‌شود که آیا می‌توانیم مجموعه‌ای از اصول موضوعه ارایه دهیم؛ چنانچه مدل‌های این اصول موضوعه دقیقاً مدل‌های کلاس تعریف شده باشند؟

برای مثال خیلی ساده از نظریه‌ای که به شکل بیرونی و درونی صورت‌بندی شده است، صورت‌بندی بیرونی نظریه‌ی ترتیبی ساده را در نظر بگیرید که با مجموعه‌ای از اعداد حقیقی تحت رابطه‌ی آشنای «کوچک‌تر از» هم‌ریخت هستند؛ یعنی دسته‌ای از تمامی روابط دوتایی هم‌ریخت با بخشی از رابطه‌ی «کوچک‌تر از» را برای اعداد حقیقی را در نظر بگیرید. ما یک مدل خاص را از نظریه تعیین (در این مورد، رابطه‌ی عددی کوچک‌تر از) و سپس کل دسته‌ی مدل‌های نظریه را که در مورد این مدل متمایز هستند، مشخص می‌کنیم. حال مسئله‌ی مشخص کردن درونی صورت‌بندی مجموعه‌ای از اصول موضوعه است که این دسته از مدل‌ها را بدون ارجاع به رابطه‌ی میان مدل‌ها و فقط، با ارجاع به ویژگی‌های درونی هر کدام از مدل‌ها تعیین می‌کند» (۱۹۶۷،ص۵۷).

2. Frigg and Hartmann

است. به نظر فریگ و هارتمان (همان‌جا) این تمایز کمکی به فهم ما از مدل‌ها نمی‌کند و بنا بر این، منظور از «مدل» این نحوه‌ی استفاده‌ی عمومی از این واژه نیست.

مطابق برخی قرائت‌ها در رویکرد سنتی به نظریه‌های علمی، مدل‌ها ابزارهای مفهومی‌ای هستند که نظریه‌ها را در قالب‌های آشناتر معرفی و فهم آنها را ساده‌تر می‌کنند[1] (مثلاً مدل توپ بیلیارد از گازها تصویری آشنا از نظریه‌ی جنبشی گازها فراهم می‌آورد)؛ به علاوه، مدل‌ها زمینه‌ای برای تفسیر نظریه در آزمایش فراهم می‌آورند (سایلوس،۲۰۰۷، ص۱۵۳). فریگ و هارتمان (۲۰۰۶، ص۷۴۶) معتقدند در رویکرد نحوی، واژه‌ی «مدل» به دو معنای گسترده و محدود به کار می‌رود. در معنای گسترده، مدل صرفاً، سیستمی از قواعد معناشناختی است که حساب انتزاعی را تعبیر می‌کند و بنا بر این، مطالعه‌ی یک مدل شامل تدقیق در معناشناسی یک زبان علمی است؛ اما در معنای محدودتر، مدل تعبیرِ جایگزینی برای یک حساب خاص است؛ مثلاً اگر ریاضیات به کار رفته در نظریه‌ی جنبشی گازها را گرفته، واژگان این حساب را طوری تعبیر کنیم که به توپ‌های بیلیارد ارجاع کنند، توپ‌های بیلیارد مدلی برای نظریه‌ی جنبشی گازها خواهند بود. طرفداران رویکرد نحوی معتقدند چنین مدل‌هایی نامرتبط با علم هستند. آنها می‌گویند مدل‌ها زوایدی غیر ضروری هستند که در بهترین حالت، ارزش آموزشی، زیبایی‌شناختی یا روان‌شناختی دارند.

از نظر لوید (۲۰۰۶، ص۸۲۵)، در فلسفه‌ی رونالد گی‌یر، یک مدل هم یک ساختار است و هم تعبیر، انگاشتی از عناصر یک زبان صورت‌بندی به عناصر ساختار؛ در حالی که رویکرد گی‌یر هم‌پوشی‌های بسیاری با دیگر نظریه‌پردازان دیدگاه معنایی دارد. دیگر نظریه‌پردازان دیدگاه معنایی تعبیر را جزئی از مدل قرار نمی‌دهند و مدل‌ها را صرفاً ساختارهایی می‌دانند که صورت‌بندی‌های زبانی را ارضا می‌کنند. رویکرد گی‌یر از این نظر نیز متمایز است که بر شاخصه‌های رابطه‌ی میان مدل و سیستمی که مدل‌سازی شده است نیز تأکید دارد. مطابق صورت‌بندی او از دیدگاه معنایی، مدل‌ها باید شبیه سیستم‌هایی باشند که بازنمایاننده‌ی آنها هستند. مدل‌های علمی، سیستم‌های آرمانی‌شده (و بنا بر این هستومندهای انتزاعی) در نظر گرفته می‌شوند؛ در حالی که سیستم‌های

---

۱. توجه کنید که این تنها یکی از تعابیر «مدل» است؛ برای نمونه به کارنپ و بهره‌گیری او از اصطلاح «مدل» بنگرید تا دریابید برای او مدل‌های منطقی و ریاضی مهم‌ترین جنبه‌ی مدل را تشکیل می‌دادند (پایا، ۱۳۸۸).

واقعی به طبیعت اشاره دارند. رابطه‌ی میان مدل‌ها و سیستم‌های واقعی از نوع شباهت در جنبه‌هایی خاص و تا درجاتی خاص است. یک نظریه را مدل‌هایی مشخص می‌کنند که به کار می‌برد، و یک فرضیه‌ی نظری شباهتی میان یک سیستم واقعی و جنبه‌هایی از یکی از این مدل‌ها بیان می‌دارد. گی‌یر به این دلیل به رابطه‌ی شباهت علاقه‌مند است که دربرگیرنده‌ی استفاده‌ی آرمانی‌سازی و تقریبی‌سازی در مدل‌سازی‌های علمی است؛ به علاوه نمی‌توانیم میان ساختارهای ریاضی، از یک سو و سیستم‌های واقعی موجود در طبیعت، از سوی دیگر ادعای هم‌ریختی کنیم؛ چراکه چنین ادعایی نوعی اشتباه مقوله‌ای است.

مطابق نظر کارترایت، مدل‌ها ابزارهای هستند که زمانی به کار گرفته می‌شوند که یک نظریه‌ی ریاضی را بر واقعیت اعمال می‌کنیم. اخیراً این دیدگاه به یک برنامه‌ی «مدل به مثابه‌ی میانجی» گسترش یافته که مطابق این برنامه، مدل‌ها عواملی خودمختارند که واسطه‌ی میان نظریه وجهان هستند (سایلوس،۲۰۰۷، ص۱۵۳ـ۱۵۴).

۴. رویکرد حالت ـ فضا در مقابل رویکرد ساختاری

همان طور که گذشت، در رویکرد معناشناختی، ابزار مناسب برای ایضاح صوری نظریه‌های علمی منطق‌های مرتبه‌ی اول و فاریاضیات نیست؛ بلکه بیشتر خود ریاضیات است؛ اما طرفداران رویکرد معناشناختی در نوع ریاضیاتی که برای ارایه‌ی مدل‌های مقوم نظریه‌ها ارایه می‌دهند، با هم اختلاف نظر دارند[۱](لوید،۲۰۰۶، ص۸۲۴). در واقع، به تعبیر گی‌یر، پس از انتخاب رویکرد معناشناختی به نظریه‌ها هنوز، اختیارات بسیاری برای گزینش فنون خاص برای صورت‌بندی نظریه‌های علمی خاص باقی می‌ماند(گی‌یر،۲۰۰۰،ص۵۱۷). ون فراسن (۱۹۸۹) و ساپی (۱۹۸۹) حالت ـ فضا[۲] را ترجیح می‌دهند؛ در حالی که ساپیز (۱۹۶۲)، اسنید(۱۹۷۱) و ستگ مولر (۱۹۷۶) نظریه‌ی مجموعه‌ها را و فیلسوفان مانند بالزر، مولینس اسنید[۳](۱۹۸۷) نظریه‌ی مجموعه‌هایی که نظریه‌ی مقولات به آن اضافه شده است. دو رویکرد اخیر را به عنوان شاخه‌ای از دیدگاه معنایی در نظر می‌گیریم که رویکرد ساختاری یا ساختار گرایانه خوانده می‌شود (لوید،۲۰۰۶، ص۸۲۴).

---

۱. این نکته بسیار مهم است؛ زیرا در اینجا، تفاوت این رویکرد با آنچه دانشمندان انجام می‌دهند، برجسته می‌شود (پایا، ۱۳۸۸).

2. state-space
3. Balzer, Moulines and Sneed

اشمیت (۲۰۰۸، ص۱ـ۲) سه برنامه‌ی ساختارگرایانه را در فلسفه‌ی علم، از هم تمییز می‌دهد؛ در عین حال، ویژگی‌های مشترکی میان این سه برنامه می‌یابد که عبارت‌اند از:

۱. فرانظریه‌ی علم نیازمند نوعی صوری‌سازی متفاوت است با آنچه در خود نظریه‌های علمی به کار می‌رود.

۲. برنامه‌ی ساختارگرایانه چارچوبی برای برساخت عقلانی نظریه‌های‌خاص فراهم می‌آورد.

۳. ابزار اصلی صوری‌سازی مفهوم‌گونه‌ی ساختارها از بورباکی است.

۴. از ویژگی‌های مهم نظریه‌ها که هر نظریه‌ای در باب ساختار نظریه‌های علمی باید بتواند توضیح دهد، این موارد را می‌توان نام برد: ساختار ریاضی نظریه‌ها، مدعیات تجربی آنها، کارکرد واژگان نظری، نقش تقریب، تکامل نظریه‌ها، و روابط میان نظریه‌ای.

در دیدگاه ساختارگرایانه، گام اول در تحلیل ساختار یک نظریه‌ی علمی، ارایه‌ی دسته‌ای از مدل‌ها در قالب نظریه‌ی مجموعه‌ای است. دسته‌ای از ساختارها که ویژگی‌های صوری مفاهیم علمی موجود در نظریه را معین می‌کنند، مدل‌های بالقوه یا Mp نامیده می‌شوند. دسته‌ای از ساختارها که همچنین، قوانین بنیادین نظریه را ارضا می‌کنند، مدل‌های واقعی یا M نامیده می‌شوند. ساختارگرایان با تعریف یک محمول نظریه‌ی مجموعه‌ای از طریق روش اصل موضوعی کردن Mp و M را تعیین می‌کنند؛ اما هویت نظریه را M و نه محمول‌های نظریه‌ی مجموعه‌ای تعیین می‌کند. هویت نظریه مرتبط است با ادعاهای تجربی نظریه که با حیطه‌ی خاصی از سیستم‌های تجربی مورد مطالعه آغاز می‌شوند. این حیطه را حیطه‌ی کاربردهای مطلوب یا I می‌نامیم. در رویکرد ساختارگرایی، ادعای تجربی اصلی نظریه این است که یک حیطه‌ی خاص که به طریقه‌ی Mp مفهوم‌سازی و I نامیده شد، می‌تواند تحت M گنجانده شود؛ بنا بر این، ادعا محتوای تجربی دارد و از این رو می‌تواند درست یا نادرست باشد؛ به این معنا، ساختارگرایی همچنین شامل گزاره‌ها می‌شود. هسته‌ی صوری یک نظریه که آن را K می‌نامیم، آرایه‌ای از ساختارهاست که شامل Mp، M، مدل‌های بالقوه‌ی جزئی (Mpp)، قیود (C) ارتباطات با دیگر نظریه‌ها (L) و تخمین‌ها (A)ست؛ بنا بر این، دیدگاه پالایش‌شده از ادعای تجربی یک نظریه این است که نظریه شامل جمله‌ای کلی[1] است و حیطه‌ی کاربردهای مطلوب I را می‌توان تحت K گنجانید. بسیاری از روابط میان ـ نظریه‌ای قابل بازنمایی در رویکرد ساختارگرایانه هستند؛ از جمله

1. global

تقلیل، هم‌ارزی و تقریب. خصوصاً این رویکرد در کار تقلیل درون ــ نظریه‌ای اهمیت خاصی دارد. برخی می‌پندارند قرائت‌های تقلیل درون ـ نظریه‌ای برای بازسازی جزئیات دوره‌هایی از تاریخ علم بسیار مفیدند (لوید،۲۰۰۶، ص۸۲۶).

اما در مقابل ون فراسن به تبع بث نوعی بازنمایی حالت ـ فضا را برگزید که یادآور فنون به کاررفته در فیزیک نظری قرن نوزدهم است؛ فنونی که در توسعه‌ی مکانیک نسبیتی و کوانتومی نیز به کار گرفته شدند. به سادگی می‌توان این فنون را در مکانیک کلاسیک نشان داد (گی‌یر،۲۰۰۰، ص۵۱۹). مطابق این دیدگاه، مدل‌ها با مشخص کردن یک حالت ـ فضا و قوانین و پارامترهای آن ارایه می‌شوند. ارزش‌های متغیرهای مختلف (حالت‌های سیستم) را قوانین یک مدل که توصیف‌کننده‌ی حالت‌های ممکن سیستم‌اند (قوانین هم‌زیستی) یا حالت‌های متوالی یک سیستم طی زمان (قوانین توالی) محدود می‌کنند؛ بنا بر این، ساختار یک نظریه، به شکل خانواده‌ای از مدل‌های حالت‌ـفضا مرتبط با هم و قوانین آنها ارایه می‌شود (لوید،۲۰۰۶، ص۸۲۴).

از جمله‌ی مواردی که رویکرد حالت‌ـفضا عملاً، برای بازسازی یک نظریه‌ی علمی به کار رفته است، می‌توان به بازسازی نظریه‌ی تکامل زیستی الیزابت لوید اشاره کرد. او در کتاب *ساختار و تأیید نظریه‌ی تکاملی* (۱۹۸۸)، از رویکرد حالت‌ـفضا بهره گرفته، ساختار نظریه‌ی تکامل را با رویکردی معنایی بررسی می‌کند. لوید در صفحات نوزده و بیست این کتاب، منظور از رویکرد حالت‌ـفضا را به شرح زیر بیان می‌کند.

به طور کلی، ساختاری که یک نظریه ارایه می‌کند، وقتی مدلی از آن نظریه در نظر گرفته می‌شود که قضایای آن نظریه را ارضا کند.[۱] در تعریف معنایی مجموعه‌ی گزاره‌هایی که قضایای یک نظریه هستند، از طریق تفسیر مجموعه‌ای از اصول موضوعه تعریف نمی‌شوند؛ بلکه مستقیماً، با تعریف کلاسی از ساختارها تعریف می‌شوند. مدل‌های گرفته‌شده مدل‌های ریاضی تکامل حالت‌ها در یک سیستم خاص هستند. این کار به این نحو انجام می‌شود که سیستم ایده‌آلی را در نظر می‌گیریم که شامل مجموعه‌ای خاص از حالت‌هاست. عناصری از یک فضای ریاضی خاص این حالت‌ها را ارایه می‌کند. ون فراسن (۱۹۷۰، ص۳۲۸) این

۱. ساختار، سیستمی از روابط یا مجموعه‌ای از فرمول‌هاست و محتوای ساختار هستومندهایی هستند که ساختار را ارضا می‌کنند. در اینجا، هیچ نوع ارجاعی به واقعیت در کار نیست. همه چیز می‌تواند درون‌ـتئوریک و درون ـ ساختار و درون ـ مدل باشد.

فضای ریاضی را حالت ــ فضا می‌نامد. متغیرهای به کار رفته در هر مدل ریاضی، بازنمایاننده‌ی مقادیر فیزیکی قابل اندازه‌گیری هستند. به صورت سنتی، هر ترکیب خاص از مقادیری که برای این متغیرها در نظر گرفته شود، حالتی از سیستم است و فضاـحالت مجموعه‌ی تمامی ترکیب‌های ممکن از متغیرهاست. خود نظریه بازنمایاننده‌ی رفتار سیستم در قالب حالت‌های آن است. قوانین یک نظریه (همبودی، توالی یا تعامل) می‌توانند ترکیب‌ها و مسیرهای متفاوتی را در حالت ـ فضا از هم تمیز دهند. در دیدگاه معنایی، خود این ساختارها جزئی از نظریه هستند؛ بنا بر این، توصیف ساختار نظریه فقط شامل توصیف مجموعه‌ای از مدل‌هاست که نظریه ارایه کرده و بنا بر این، شناختن اجزای ضروری مختلف مدل اهمیت بسیاری دارد. ساختن یک مدل، در یک نظریه، شامل نسبت دادن مکانی در حالت ـ فضا آن نظریه به نوعی از سیستم است که نظریه تعریف می‌کند؛ بنا بر این، دو جنبه‌ی اساسی در تعریف یک مدل وجود دارند. ابتدا باید حالتـفضا را تعریف کرد. این امر شامل انتخاب متغیرها و پارامترهایی است که به وسیله‌ی آنها سیستم توصیف خواهد شد. سپس باید قوانین همبودی که توصیف‌کننده‌ی ساختار سیستم هستند و قوانین توالی که توصیف‌کننده‌ی تغییرات در ساختار هستند، تعریف شوند.

تعریف حالتـفضا شامل تعریف مجموعه‌ای از تمامی حالت‌های ممکنه یک سیستم است. سیستم و حالت‌های آن می‌توانند یک تعبیر هندسی داشته باشند: متغیرهای به کار رفته در توصیف حالت (متغیرهای حالت) را می‌توان محورهای یک فضای دکارتی در نظر گرفت. فضای سیستم در هر زمان را می‌توان به عنوان نقطه‌ای در آن فضا بازنمایی کرد.

خانواده‌ی متغیرهای فیزیکی قابل اندازه‌گیری که بر اساس آنها، یک سیستم خاص تعریف می‌شود، شامل مجموعه‌ای از پارامترها نیز هست. پارامترها ارزش‌هایی هستند که خودشان کارکردی از وضعیت سیستم نیستند. به نظر لونتین، هر چند پارامترها می‌توانند شامل زمان باشند و طی زمان تغییر کنند، با ارزش متغیری که طی زمان تغییر می‌کند، همبستگی ندارند (به نقل از لوید، ۱۹۷۶، ص۱۶۸)؛ بنا بر این، یک پارامتر را می‌توان ارزش ثابت یک متغیر در حالت ـ فضا در نظر گرفت.

قوانینی که برای توصیف رفتار سیستم مورد بحث به کار گرفته می‌شوند نیز باید، در یک توصیف از یک مدل یا مجموعه‌ای از مدل‌ها تعریف شوند. قوانین شکل‌های

گوناگونی دارند: به طور کلی، قوانین همبودی حالت‌های ممکنه‌ی یک سیستم را در قالب حالت‌ـفضا توصیف می‌کنند؛ در حالی که تغییرات در حالت یک سیستم را قوانین توالی توصیف می‌کنند. ساپی تقسیم‌بندی صوری کاملی از قوانین توالی و همبودی، مطابق دیدگاه نحوی ارایه می‌دهد (ساپی؛ به نقل از لوید، ۱۹۷۶، ص۲۰).

۵. واقع‌گرایی و ضد واقع‌گرایی

گی‌یر (۲۰۰۰، ص۵۲۱) می‌گوید طرف‌داران رویکرد معناشناختی نظرات متفاوتی درباره‌ی موضوع واقع‌گرایی علمی دارند. اسنید طرفدار صورتی از ابزارگرایی است؛ ون‌فراسن یک تجربه‌گرای غیر واقع‌گراست؛ اما ابزارگرا نیست؛ در حالی که خود او و ساپی واقع‌گرا هستند.[۱] تفاوت میان تجربه‌گرایی ون فراسن و واقع‌گرایی گی‌یر و ساپی را می‌توان به وسیله‌ی بازسازی مثال هندسه‌ی هفت‌نقطه‌ی ون فراسن نشان داد. این هندسه آشکارا، غیر اقلیدسی است؛ چراکه فضا پیوسته نیست و صرفاً، تعداد محدودی نقطه دارد؛ اما می‌توان این هندسه را در دل فضای اقلیدسی گنجانید. ساختار هفت‌نقطه با زیرساختاری از ساختار اقلیدسی هم‌ریخت است و بنا بر این می‌توان آن را زیرمدلی از یک مدل اقلیدسی جامع‌تر در نظر گرفت. این مفاهیم هنگامی روشن‌ترند که هم فضای هفت‌نقطه‌ای و هم فضای اقلیدسی جامع‌تر، هر دو فضاهای ریاضی کاملاً محض باشند. مفاهیم «گنجانیده شدن» و «زیرمدل» هنگامی روشن‌تر می‌شوند که ما به سوی مدل‌های فیزیکی‌ای برویم مانند خطوط روی صفحه یا میخ‌هایی که با نخ روی یک تخته‌ی صاف به هم متصل شده‌اند.

ون فراسن این ایده‌ها را به نظریه‌های فیزیکی کشانید که مثالی از آن، نظریه‌ی نوسانگر خطی ساده بود. او میان متغیرهای حالت مانند وضعیت و اندازه‌ی حرکت و متغیرهای نظری مانند انرژی پتانسیل و جنبشی تمییز قایل می‌شود. رفتار متغیرهای حالت زیرمدلی از مدل کامل را شکل می‌دهد که شامل ارزش‌هایی برای انرژی کل سیستم است.

ون فراسن با مشخص کردن متغیرهای حالت به عنوان پدیده‌های مشاهده‌پذیر و انرژی به مثابه‌ی کمیتی نظری این اجازه را می‌دهد که فرضیه‌های ما، در هر دو مورد،

۱. در واقع، ون فراسن نوعی ابزارگرای پیشرفته و پیچیده است؛ یعنی ابزارگرای به معنای دوئمی نیست؛ اما همچنان، به علم از جنبه‌ی ابزاری آن توجه دارد؛ نه جنبه‌ی معرفت‌شناسانه‌ی آن (پایا، ۱۳۸۸).

درست یا نادرست باشد؛ اما او استدلال می‌کند که فقط ادعاهایی را که در باب زیرمدل‌های مشاهده‌پذیر گنجانیده شد ادا می‌شود، می‌توان باور داشت. از نظر او، هدف علم صرفاً کفایت تجربی است (یعنی صدق مربوط به پدیده‌های مشاهده‌پذیر) و نه تطابق کامل میان تعاریف نظری و مدل‌های تجربی.

به درستی گفته می‌شود استدلالات ون فراسن برای چنین دیدگاه‌هایی مستقل از التزام او به دیدگاه معنایی در باب نظریه‌هاست؛ اما چارچوب معنایی موضوعات را روشن می‌کند؛ مثلاً چارچوب معنایی روشن می‌سازد که ون فراسن نیازمند برقراری تمایزی میان متغیرهای حالت و متغیرهای نظری با یک تمایز معرفت‌شناسانه‌ی سنتی میان مشاهده‌پذیر و مشاهده‌ناپذیر است. اما مبنای قوی‌ای برای چنین تمایزی وجود ندارد؛ چراکه مثلاً نه موقعیت و نه اندازه‌ی حرکت یک نوسانگر سریع را نمی‌توان به صورت طبیعی مشاهده کرد؛ از سوی دیگر، فیزیکدان‌ها آشکارا خواهان‌اند که موقعیت ذرات اتمی مانند اشعه‌ی آلفای رادرفورد را مشاهده‌پذیر در نظر گیرند (گی‌یر، ۲۰۰۰، ص۵۲۱).

لوید (۲۰۰۶، ص۸۲۵) می‌گوید در اینجا، نقش یک سلسله مراتب از مدل‌ها مهم است که میان سیستم موجود در طبیعت و ساختار نظری حایل می‌شوند. ساپیز تأکید دارد که سلسله مراتبی از بازنمایی‌ها میان نظریه‌ها و پدیده‌ها وجود دارد. ون فراسن (۱۹۸۵، ص۲۷۱) این سخن ساپیز را به این شکل بیان می‌دارد: «نظریه با داده‌های خام مواجه نمی‌شود؛ بلکه با مدل‌هایی از داده‌ها مواجه می‌شود و بنا بر این، ارایه‌ی مدل‌های داده‌ها فرایندی پیچیده و خلاقانه است». چنان که ساپیز (۱۹۶۷، ص۶۲ و ۶۳) می‌گوید، سلسله مراتب مدل‌ها شکل‌دهنده‌ی روش‌شناسی است برای انتقال داده‌های مشاهدتی و آزمایشی، به شکلی که قابل مقایسه با نظریه باشد. او مدل‌های آزمایش، مدل‌های داده‌ها، طرح‌های آزمایشی و اصل «تحت شرایط یکسان»[1] را نیز اضافه می‌کند. مطابق این دیدگاه، مدل‌های داده‌ها پایین‌ترین سطح بازنمایی‌های ساختاری جهان طبیعی هستند. در این صورت، آنها شامل پردازش اطلاعات مربوط به سیستم‌های طبیعی می‌شوند که سپس به شکل یک ساختار ریاضی صورت‌بندی می‌شوند؛ بنا بر این، مقایسه‌ی میان مدل‌های مختلف در یک سلسله مراتب با یکدیگر ممکن می‌گردد؛ چراکه همه‌ی آنها بازنمایاننده‌ی ساختارهای ریاضی هستند. رابطه‌ی شباهت گی‌یر را می‌توان در قالب زیرخانواده‌ای از

1. ceteris paribus

روابط در نظر گرفت که در تطابق با خانواده‌ی مرتبطی از روابط در کل مدل که به شکلی کامل سیستم را بازنمایی می‌کند، قرار می‌گیرد.

هنوز مسئله‌ای باقی است: چگونه رابطه‌ی میان مدل داده‌ها در پایین‌ترین سطح و جهان را در نظر بگیریم؟ به عبارتی، یکی از چالش‌های پیش روی این دیدگاه این است که چگونه نظریه‌ها می‌توانند بازنمایانندهٔ چیزی تجربی باشند و محتوای تجربی داشته باشند؟ سایلوس می‌گوید پاسخ‌های متنوعی به این چالش داده شده است که دوتای آنها مهم‌ترند.

اولین روش پاسخ این است که رابطه‌ی بازنمایی، در نهایت، نوعی ایزو ـ مورفیسم ریاضی است. نظریه، جهان را با داشتن یکی از مدل‌هایش که با جهان هم‌ریخت است، بازنمایی می‌کند و یا این کار را با داشتن پدیده‌ای تجربی که با مدلی که در نظریه جاسازی شده انجام می‌دهد؛ اما مورفیسم‌های ریاضی فقط ساختار را حفظ می‌کنند و بنا بر این مشخص نیست نظریه چگونه هر گونه محتوی تجربی خاص را کسب می‌کند و خصوصاً چگونه می‌توان آن را درست انگاشت؟

روش دوم ـ که در انتهای بخش دو ذکری از آن شد ـ به این صورت است که نظریه‌ها را باید به عنوان هستومندهایی مخلوط در نظر گرفت: نظریه‌ها شامل مدل‌های ریاضی به علاوه‌ی فرضیه‌های نظری هستند. فرضیه‌های نظری برساخته‌های زبانی هستند که ادعا می‌کنند مدلی خاص از نظریه بازنمایانندهٔ (مثلاً به وسیله‌ی شبیه بودن با) یک سیستم خاص مربوط به جهان را بازنمایی می‌کند. ساختار فرضیه‌های نظری چنین است: سیستم فیزیکی M، X یا خیلی نزدیک بهM است (M یک هستومند انتزاعی است که مدل توصیف کرده است). مطابق این دیدگاه که گی‌یر پیشنهاد و ون فراسن تأیید کرده، فرضیه‌های نظری فراهم‌آورندهٔ ارتباط میان مدل و جهان هستند[1] (سایلوس، ۲۰۰۶، ص۲۲۹).

به علاوه، به تعبیر لوید (۲۰۰۶،ص۸۲۵) می‌توان گفت چگونگی رابطه‌ی میان مدل داده‌ها وجهان مسئله‌ای نیست که منحصر به رویکرد سمانتیک باشد؛ بلکه تمامی سیستم‌های بازنمایی با آن مواجه هستند. به علاوه، مفهوم شباهت را می‌توان در قالب

۱. اما پرسشی که در اینجا باید به آن پاسخ داد، این است که تفاوت این رویکرد با رویکرد خود دانشمندان چیست؟ اگر مشابه است، امری زاید است و اگر متفاوت است، چرا هیچ یک از دانشمندان به آن رغبتی نشان نداده‌اند؛ با وجود تلاش بسیاری که برای معرفی آن به دانشمندان صورت گرفته است (پایا، ۱۳۸۸).

یک هم‌ریختی جزئی میان خانواده‌ای از روابط مورد نظر در نظرگرفت. بوئنو[1] (۱۹۹۷) صورت‌بندی‌ای برای سلسله مراتب ساختارهای جزئی پیشنهاد کرد. در همین مورد، فرنچ و لیدی من (۱۹۹۹، ص۱۳) نتیجه گرفتند: «سلسله‌ای از بازنمایی‌ها میان رابطه‌ی نظریه و واقعیت تجربی حایل می‌شوند و بنا بر این، کاربرد هم‌ریختی و مفاهیم مربوط کاملاً مجاز است». آنچه دیدگاه‌های ساپیز، ساپی، گی‌یر، و ون فراسن را به هم مرتبط می‌سازد، این دیدگاه کلی است که نظریه‌ها را باید به مثابه‌ی خانواده‌هایی از مدل‌ها در نظر گرفت؛ نه اینکه آنها را سیستم‌های اصل موضوعی بینگاریم که به نحوی جزئی تعبیر شده‌اند.

۶. نقدهایی بر دیدگاه معنایی

لوید (۲۰۰۶، ص۸۲۶) می‌گوید با وجود اینکه امروزه، دیدگاه معنایی، کما بیش، پذیرفته‌شده‌تر از دیدگاه سنتی (نحوی) است، بدون انتقاد نیست. به نظر او، سه نکته‌ی اصلی بیش از بقیه مورد توجه‌اند: آیا دیدگاه معنایی به آن میزان که خود ادعا می‌کند، مستقل از زبان است؟ آیا این دیدگاه واقعاً می‌تواند به همه‌ی انواع مدل‌هایی بپردازد که در علم دیده می‌شوند؟ آیا دیدگاه معنایی جایگاه مدل‌ها را در علم بد بازیابی نمی‌کند؟[2]

هندری و سایلوس (۱۹۹۸) به این نکته اشاره دارند که به نظر می‌رسد اسم «دیدگاه معنایی» بی‌مسما باشد؛ چراکه در مفهوم معنایی نظریه‌ها واقعاً هستومندهای غیر زبانی نیستند. فرضیه‌های نظری گی‌یر در موردی که ساختارهای انتزاعی ادعا می‌شود که بازنمایاننده‌ی دسته‌های خاصی از نظام‌های واقعی هستند، هستومندهای زبانی‌اند. اگر مدل‌ها را کاملاً به شکل انتزاعی تصور کنیم، محتوای نظریه از کاربردهای آن جدا شده، نظریه‌ها بازنمایاننده نیستند؛ بنا بر این نمی‌توان نظریه‌ها را به سادگی دسته‌ای از مدل‌ها در نظر گرفت. صورت‌بندی گی‌یر دچار این مشکل نیست و ون فراسن (۱۹۸۹،

1. Bueno

۲. مشکل رویکرد سنتی تکیه بر نوعی بیان «عملیاتی» از نوعی است که بریجمن معرفی کرده است؛ اما محدودیت شیوه‌ی معناشناختی نیز در آن است که خود را از پدیدار پیچیده‌ی تعبیر و تفسیر امر واقعی و مصادیق متعدد و متنوع آن یعنی کاری که دانشمندان واقعی انجام می‌دهند، برکنار می‌دارد و همه‌ی توجه را از جهان ناقع با همه‌ی پیچیدگی‌هایش، به عالم مدل، آن هم مدل‌هایی با محدودیت‌های اساسی انتقال می‌دهد. شیوه‌ی عمل این رویکرد مشابه شیوه‌ای است که تارسکی برای توضیح مفهوم صدق در زبان مرتبه‌ی اول به کار گرفت و با ابداع زبان مرتبه‌ی دوم و بهره‌گیری از مفهوم «ارضا» به عوض تطابق، کار را از جهان واقع به فرازبان کشاند (پایا، ۱۳۸۸).

ص۲۲۲) و ساپی (۱۹۸۹، ص۴) آن را تأیید کرده‌اند؛ اما فقط با مجاز دانستن ورود اجزای زبانی به درون نظریه؛ به عبارت دیگر ادعای نگاشت که مدل‌ها ارایه می‌کنند، خود به شکل زبانی هستند (لوید، ۲۰۰۶، ص۸۲۶ـ۸۲۷).

یکی از انتقادات شایعی که به دیدگاه معنایی وارد می‌شود، این است که این دیدگاه نمی‌تواند همه‌ی انواع مدل‌های به کار رفته را در فعالیت علمی پوشش دهد. دیدگاه معنایی فقط یک معنای منطقی محدود از مدل‌سازی را مد نظر قرار می‌دهد؛ در حالی که انواع بسیار زیادتری از مدل‌ها در کاربرد علمی وجود دارند؛ از جمله مدل‌های مقیاسی، مدل‌های مماثلتی، مدل‌های شمایلی، مدل مارپیچیDNA، سرمشق‌های کوون و غیره. داونز(۱۹۹۲) می‌گوید از آنجا که این مدل‌ها را نمی‌توان در رویکرد معناشناختی گنجانید، صورت قوی آن باید کنار نهاده شود؛ این سخن به نحوی، بازگوکننده‌ی سخن آخنشتین (۱۹۶۸) است که رویکرد معناشناختی را با این استدلال که نظریه‌ای در باب مدل‌های علمی وجود ندارد، کنار گذاشته بود (لوید،۲۰۰۶، ص۸۲۷).

ادعا این است که تفاوتی میان ساختارهای ریاضی که سازنده‌ی مدل‌ها در رویکرد معناشناختی هستند و مدل‌های علمی وجود دارد. خصوصاً مفهوم هم‌ریختی بسیار با مشکل مواجه است؛ چراکه ممکن است بتوان مفهوم هم‌ریختی را در مورد مدل‌های ریاضی، به سادگی به کار گرفت؛ اما روشن نیست که چگونه می‌توان این مفهوم را در رابطه‌ی میان سیستم‌های تجربی و مدل‌های زیستی به کار گرفت (داونز، ۱۹۹۲، ص۱۴۷)؟ اما فرنچ و لیدی من (۱۹۹۹، ص۱۰۷) می‌گویند چالش این است که آیا یک توصیف نظریه‌ی مجموعه‌ای می‌تواند انواع مدل‌های به کار رفته در فعالیت علمی را پوشش دهد؟ آنها استدلال می‌کنند که چنین امری ممکن است و عملاً نیز در مورد انواع مختلف مدل‌ها این امر را نمایش می‌دهند. این امر معمولاً شامل یک هم‌ریختی جزئی به کار رفته در بازنمایی مدل‌هاست؛ جایی که یک ساختار جزئی یک ساختار نظریه‌ی مجموعه‌ای است که ارضاکننده‌ی محمول‌های نظریه‌ی مجموعه‌ای در شیوه‌ی ساپیز است. ادعا این است که این شیوه را می‌توان در مورد مدل DNA نیز به کار گرفت (همان).

فریگ و هارتمان (۲۰۰۶، ص۷۴۶) یکی از مهم‌ترین نقدهای وارد شده به دیدگاه معنایی را این می‌دانند که این دیدگاه جایگاه مدل‌ها را در ساختار علم اشتباه در نظر

گرفته است. مدل‌ها نسبتاً، از نظریه‌ها مستقل هستند و سازنده‌ی آنها نیستند. این استقلال دو جنبه دارد: یکی از لحاظ نحوه‌ی ساخته شدن و دیگری از لحاظ کارکرد.

نحوه‌ی ساخته شدن مدل‌ها در علم واقعی نشان می‌دهد که مدل‌ها نه به طور کامل از داده‌ها برگرفته می‌شوند و نه به طور کامل از نظریه. نظریه‌ها الگوریتمی برای ساختن یک مدل فراهم نمی‌آورند. به تعبیر کارترایت، نظریه‌ها ماشین‌های خودکاری نیستند که از یک سو، مسئله‌ای وارد و از سوی دیگر، مدلی خارج کنند. ساختن مدل‌ها یک هنر است و فرایندی ماشینی نیست. مدل‌ها از پایین به بالا ساخته می‌شوند؛ نه از بالا به پایین، و به همین دلیل، بسیاری از نظریه‌ها مستقل‌اند. جنبه‌ی دوم استقلال مدل‌ها این است که کارکردهایی دارند که اگر جزئی از نظریه‌ها بودند یا وابستگی شدیدی به آنها داشتند، نمی‌توانستند داشته باشند[۱] (همان).

فریگ و هارتمان (۲۰۰۶، ص۷۴۶ـ۷۴۷) رابطه‌ی واقعی میان مدل‌ها و نظریه‌ها را به شرح زیر بیان می‌کنند.

مدل‌ها به مثابه‌ی تکمیل‌کننده‌های نظریه‌ها: ممکن است نظریه به صورت ناتمامی مشخص شده باشد؛ یعنی قیودِ عمومی خاصی اعمال کند؛ اما درباره‌ی جزئیات وضعیت‌های عینی ساکت بماند؛ در این حالت، مدل آن جزئیات را فراهم می‌آورد (ردهد، ۱۹۸۰). مورد خاصی از این وضعیت وقتی است که یک نظریه‌ی کیفی شناخته شده است و مدل اندازه‌گیری‌های کمی را معرفی می‌کند. کارترایت می‌پندارد که عمده‌ی نظریه‌ها از این نوع هستند. مطابق نظر او، نظریه‌های بنیادینی مانند مکانیک کلاسیک و کوانتومی بازنمایانندهٔ هیچ چیزی نیستند؛ چراکه توصیف‌کننده‌ی هیچ موقعیت واقعی جهان نیستند. قوانین در چنین نظریه‌هایی، طرحواره‌هایی هستند که باید، با جزئیات یک شرایط خاص پر شده، عینیت یابند و این وظیفه‌ای است که مدل انجام می‌دهد.[۲]

مدل‌ها به مثابه‌ی آغازگر راه وقتی که نظریه‌ها بسیار پیچیده‌اند: ممکن است برخی نظریه‌ها بسیار پیچیده باشند و نتوان به سادگی با آنها کار کرد؛ مثلاً نظریه‌ی

---

۱. کارترایت «مدل» را در معنایی نزدیک به قوانین پدیدارشناسانه که در ظرف و زمینه‌ها بیشتر دست‌کاری می‌شوند تا به واقعیت مورد نظر نزدیک‌تر شوند، به کار می‌برد که دقیقاً با آنچه مراد از مدل است، یکسان نیست؛ هرچند به تسامح، در مواردی، به جای هم به کار می‌روند (پایا، ۱۳۸۸).

۲. میان مدل و شرایط اولیه و حدی تفاوت وجود دارد. نظریه‌ها از همه‌ی این امکانات اضافی بهره می‌گیرند تا با ظرف و زمینه‌ها انطباق یابند (پایا، ۱۳۸۸).

کرومودینامیک کوانتومی یک نظریه‌ی بنیادین است؛ اما برای مطالعه‌ی ساختارها درونی هسته نمی‌توان به راحتی از آن استفاده کرد. در چنین مواردی، باید یک مدل ساده‌شده را به کار گرفت. فیزیکدان‌ها برای حل این مشکل از مدل‌های پدیدارشناسانه‌ی قابل کنترلی بهره می‌گیرند. مزیت این مدل‌ها این است که در جایی که نظریه‌ها سکوت می‌کنند، توانایی ایجاد نتایج را دارند و مشکل آنها این است که غالباً مشخص نیست چگونه رابطه‌ی میان مدل و نظریه را ــ که با مسامحه می‌توان گفت که نقیض هم‌اند ـ باید در نظر گرفت.

یک موردِ افراطی‌ترِ استفاده از مدل وقتی است که هیچ نظریه‌ای در دسترس نیست. در همه‌ی حیطه‌ها با چنین وضعی رو به رو هستیم؛ اما چنین مدل‌هایی، در زیست‌شناسی و اقتصاد که در آنها، نظریه‌های با شمول گسترده غالباً وجود ندارند، بیشتر دیده می‌شود. گاهی به چنین مدل‌هایی، مدل‌های جانشین گویند.

مدل‌ها به مثابه‌ی نظریه‌های مقدماتی: مفهوم مدل‌ها به مثابه‌ی جانشین‌هایی برای نظریه‌ها ارتباط نزدیکی با مفهوم مدل توسعه‌ای دارد. لپلین (۱۹۸۰) این اصطلاح را ارایه کرد؛ جایی که او اشاره می‌کند که چگونه مدل‌های مفید در توسعه‌ی نظریه‌ی کوانتوم اولیه ساخته شدند. گاهی نیز از مدل‌ها برای آزمون ابزارهای نظری جدیدی استفاده می‌شود که در این موارد، مدل‌ها کارکرد بازنمایی ندارند؛ به چنین مدل‌هایی معمولاً مدل وارسی می‌گویند.

۷. نتیجه‌گیری

فیلسوفان علم یکی از وظایف اصلی خود را ایضاح مفاهیمی می‌دانند که دانشمندان به کار می‌برند. واژگانی مانند «نظریه» و «مدل» در زمره‌ی پرکاربردترین واژگان علم هستند. پوزیتیویست‌های منطقی نظریه‌های علمی را هستومندهای زبانی می‌انگاشتند که در قالب سیستم‌های اصل موضوعی قرار گرفته‌اند. این دیدگاه با چالش‌هایی مواجه شد و رویکردهای رقیبی جای آن را گرفتند. معروف‌ترین رویکرد رقیب یعنی رویکرد موسوم به معنایی، نظریه‌های علمی را مجموعه‌ای از مدل‌ها در نظر گرفت. با وجود اینکه دیدگاه معنایی برخی معایب دیدگاه سنتی را ندارد، بدون ایراد نیست. حسن

بزرگ این رویکرد، مطابق ادعای طرفداران آن، این است که در عمل، به کار بازسازی ساختار بسیاری از نظریه‌های معروف علمی پرداخته، کارآمدی خود را عملاً نشان داده است.[۱] ایراد اصلی آن توجهِ کم به نقش زبان و واقعیت است. در سال‌های اخیر، فیلسوفان علم درصدد رفع این کم‌توجهی برآمده‌اند. این فیلسوفان را می‌توان در سه گروه کلی قرار داد:

الف. برخی فیلسوفان مانند رونالد گی‌یر سعی داشتند اصلاحاتی در رویکرد معناشناختی ایجاد کنند. این عده می‌پندارند رویکرد معناشناختی، صحیح است و البته مانند هر نظریه‌ی دیگری خالی از اشکال نیست و وظیفه‌ی فیلسوفان رفع این اشکالات است. در همین مورد، گی‌یر(۲۰۰۷) در کارهای اخیر خود، مفهومی بر پایه‌ی عامل[۲] از مدل‌ها و بازنمایی علمی معرفی کرد که در آن عامل‌ها قصد می‌کنند برای بازنمایی جنبه‌هایی از جهان و به منظوری خاص از مدل استفاده کنند.

ب. برخی تلاش کردند میان رویکردهای سنتی و معنایی تلفیقی برقرار کنند. عده‌ای مانند هندری و سایلوس(۲۰۰۷، ص۵۹ـ۶۰) با برقراری تمایزی میان قرائت‌های قوی و ضعیف، در هر کدام از رویکردها، قرائت‌های قوی را در هر کدام کنار نهاده، میان قرائت‌های ضعیف تعاملی برقرار می‌کنند و بنا بر این، دیدگاه خود را دیدگاه تعاملی به نظریه‌های علمی می‌نامند. برخی دیگر مانند متینگلی[۳] (۲۰۰۵، ص۳۶۵) رویکرد خود را هیبرید نامیده، می‌پندارند که برای توصیف و توضیح تغییر در نظریه‌های علمی به هر دو رویکرد نحوی و معنایی نیازمندیم.

ج. هم‌زمان با آغاز کار فیلسوفان رویکرد معناشناختی، ماری هسه رویکرد رقیبی را معرفی کرد که خود آن را مفهوم مماثلتی از نظریه‌ها[۴] نامید. اکنون که مباحث مربوط به مماثلت در رویکردهای شناختی به فلسفه، تا حدودی، نزد برخی فیلسوفان علم

---

۱. این ادعا به هیچ روی دقیق نیست. شمار مواردی که مدافعات دیدگاه معناشناختی «عملاً» موفق به بازسازی نظریه‌های علمی جدی شده‌اند، به «صفر» نزدیک است. مواردی که در ادبیات این نویسندگان به آن اشاره می‌شود، بازسازی‌های محدود از مدل‌هایی با کارکردهای محدود است. ارزش این بازسازی‌ها نیز خواه از حیث کمک به دانشمندان و خواه از جنبه‌ی ترویج علم در حیطه‌ی عمومی، به هیچ روی روشن نیست و دلیلی جدی در دفاع از آن وجود ندارد (پایا، ۱۳۸۸).

2. agent-based
3. Mattingly
4. analogical conception of theories

توصیفی مطرح شده، دوباره به نظرات هسه، تا حدی توجه می‌شود.[۱] برای فهم ساختار نظریه‌های علمی و خصوصاً، پویایی موجود در آنها عده‌ای دیگر از فیلسوفان از نظریه‌ی تکامل بهره جسته، در باب ساختار تکاملی نظریه‌های علمی مطلب نگاشته‌اند. کتاب *علم به مثابه‌ی یک فرایند* دیوید هال (۱۹۸۸) در این زمره است.[۲]

۱. رویکرد هسه نسبی‌گرایانه و غیر واقع‌گرایانه است؛ در حالی که تقریباً، همه‌ی دانشمندان (در برابر تکنولوژیست‌ها و مهندسان) واقع‌گرا هستند. از گروه دوم نیز شمار بسیاری به واقع‌گرایی متمایل‌اند؛ هرچند که ملاحظات عمل‌گرایانه نیز، به اعتبار نوع فعالیت‌شان، برایشان اهمیت دارد (پایا، ۱۳۸۸).

۲. رویکرد هال به علم، نوعی رویکرد «طبقه‌بندی‌کننده» (classificatory) است که در غیاب یک رویکرد تحلیل‌گر، بهره‌ی چندانی نخواهد داشت (پایا، ۱۳۸۸).

منابع

Achinstein, P. *Concepts of Science: A Philosophical Analysis*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1968.

Balzer, W. C. Moulines & J. D. Sneed. *An Architectonic for Science*, Dordrecht, Netherlands, Reidel, 1987.

Beatty, J. ‘‘Optimal-Design Models and the Strategy of Model Building in Evolutionary Biology’’, *Philosophy of Science*, 1980, 47, p.532–561.

Bueno, O. ‘‘Empirical Adequacy: A Partial Structures Approach’’, *Studies in the History and Philosophy of Science*, 1997, 28, p.585–610.

Castle, D. G. A. ‘‘A Semantic View of Ecological Theories’’, *Dialectica*, 2001, 55, p.51–65.

Crasnow, S. L. “Models and Reality Science Tachles Sex,” Hypatia 16: 138-148, 2001.

Da Costa, N. & S. French. “ the model-theoretic approach to the philosophy of science”, *philosophy of science,*1990, 57, p.248-65.

Downes, S. M. ‘‘The Importance of Models in Theorizing: A Deflationary Semantic View,’’ *PSA 1992*, vol. 1. East Lansing, MI: Philosophy of Science Association, 1992, p.142–153.

French, S. & J. Ladyman. ‘‘Reinflating the Semantic Approach’’, *International Studies in the Philosophy of Science*, 1999, 13, p.103–121.

_____ & _____. ‘‘Reinflating the Semantic Approach’’, *International Studies in the Philosophy of Science*, 1999, 13, p.103–121.

Frigg, R. & S. Hatmann. “models in science”, http://plato.stanford.edu/enteries/models-science/ , 2006.

Giere, R. “Theories”, *A companion to the philosophy of science*,W. H. Newton-Smith, Blackwell Publishers, 2000.

_____. *Explaining Science: A Cognitive Approach*, Chicago, University of Chicago Press, 1988.

_____. "Theories", *A companion to the philosophy of science*,W. H. Newton-Smith(ed.), Blackwell Publishers, 2000.

Hausman, D. *Capital, Profits, and Prices: An Essay in the Philosophy of Economics*, New York, Columbia University Press, 1981.

Hendry, R. F & S. Psillos. *Theories as Complexes of Representational Media*, www.umkc.edu/scistud/ psa98/papers/hendry.pdf, 1998.

Hesse, M. "Models and Analogies", *A companion to the philosophy of science*,W. H. Newton-Smith(ed.), Blackwell Publishers, 2000.

Hull, D.L. *Science as a Process: An Evolutionary Account of the Social and Conceptual Development of Science*, University of Chicago Press, 1988.

Kellert, S. H. ''A Philosophical Evaluation of the Chaos Theory'', PSA 1992, vol. 2. East Lansing, MI: Philosophy of Science Association, p.33–49, 1992.

Leplin, Jarrett, "the role of models in theory construction", Nickles (ed.), *scientific discovery, logic, and rationality*, Reidel, Dordrecht, 1980.

Lloyd E. A. *The Structure and Confirmation of Evolutionary Theory*, New York, Greenwood Press,1988.

_____. "Theories" *The philosophy of science : an encyclopedia*, Sahotra Sarkar Jessica Pfeifer (eds), Taylor & Francis Group, LLC, 2006.

Mattingly, J. "The Structure of Scientific Theory Change", *Philosophy of Science*, 2005, 72, p.365-389.

Psillos S. *Philosophy of Science A–Z,* Edinburgh University Press, 2007.

Redhead, M. ''Models in Physics'', *British Journal for the Philosophy of Science*, 1980, 31, p.145–163.

Schmidt H. "structuralism in physics", http://plato.stanford.edu/enteries/structuralism-physics/, 2008.

Sneed, J. D. *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Dordrecht, Netherlands, Reidel, 1971.

Stegmuller, W. *The Structure and Dynamics of Theories*, New York, Springer-Verlag, 1976.

Suppe, F. *The Structure of Scientific Theories*, 2nd ed. Urbana: University of Illinois Press, 1977.

_____. *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*. Urbana, IL, University of Illinois Press, 1989.

Suppes, P. ‘‘Models of Data’’, E. Nagel P. Suppes A. Tarski (eds.), Logic, Methodology and the Philosophy of Science: Proceedings of the 1960 International Congress. Stanford, CA, Stanford University Press, 1962, p.252–267.

_____. “What is a Scientific Theory?”, S. Morgenbesser, (ed.), *philosophy of science today*, New York, Basic Books, 1967, p.55–67.

Thompson, P. *the Structure of Biological Theories*, Albany, State University of New York Press, 1989.

Van Fraassen, B. C. ‘‘A Formal Approach to the Philosophy of Science’’, in R. Colodny (ed.), *Paradigms and Paradoxes*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press,1972.

_____. “Empiricism in the Philosophy of Science,” in P. M. Churchland and C. A. Hooker (eds.), *Images of Science: Essays on Realism and Empiricism*. Chicago: University of Chicago Press, 1985.

_____. ‘‘On the Extension of Beth’s Semantics of Physical Theories’’ *Philosophy of Science*, 1970, 37, p.325–338.

_____. *Laws and Symmetry*, Oxford, Oxford University Press, 1989.

_____. *Quantum Mechanics*, Oxford, Oxford University Press, 1991.