حقیقت چیست؟

(۵)

تقویت حواس. ابزارها

برای اینکه علم همچنان بتواند با آهنگ شتابنده رشد و تکامل یابد، نیازمند شیوه‌های عمل و وسایلی است تا خودِ روندِ شناخت را به شتاب وادارد.

پیش از این از نقش احساس و عقل، تجربه و تئوری در روند شناخت سخن گفتیم و توضیح دادیم که شناخت با احساس آغاز می‌شود. به هرحال، در سطح امروزی تکامل علم، احتمال نمی رود حسها خودبه خود بتوانند بهتر و کاملتر از گذشته شوند. همان گونه که گفته شد، حوزهٔ شناخت حسّی را می توان به کمک **ابزارها** گسترش داد.

اوگوست کنت (۱۸۵۷ — ۱۷۹۸) فیلسوف فرانسوی در زمان خود می پنداشت که ما هرگز ترکیب شیمیایی ستارگان را نخواهیم شناخت، زیرا وسایل دسترسی به آنها را دراختیار نداریم. اختراع اسپکتروسکپ (طیف‌نما) تعیین ترکیب شیمیایی ستارگان را میسر ساخت. در پرتو اسپکتروسکپ به هلیم در کرهٔ خورشید زودتر از کشف آن در کرهٔ زمین دست یافته ایم.

مشاهده یعنی چنان انعکاس حسّی اشیا که با **دگرگونی و تبدیل** آنها ارتباط ندارد، به‌یاری ابزارهایی از نوع میکروسکپ، تلسکپ، اسپکتروسکپ عملی می شود.

به‌یاری ابزارهایی از نوع دیگر **آزمایش** به‌عمل می آوریم. آزمایش یعنی تبدیل و دگرگون ساختن فعال شیئ که نفوذ ژرفتر در **ماهیّت** آن‌را امکان‌پذیر می سازد. گوناگونترین ابزار از دستگاه اندازه گیری فشارخون که پزشکان به‌کار می برند گرفته، تا شتابدهنده‌های عظیم ذرات بنیادی در دو بنا یا سر پوخول همه و همه به آزمایش مربوطند.

مشاهده و آزمایش، چه به‌یاری ابزارها چه بدون آنها، امکان تعیین و تشخیص فاکتها را فراهم می آورند. برای دسترسی به بیشترین کامیابی در سطح دانش تجربی، لازم است تا روشهای معین گزینش و ساخت و پرداخت فاکتها را دراختیار گیریم. در اینجا نه‌تنها به تقویت حواس به‌یاری ابزارها، بلکه به بهبود و تقویت عقل به‌یاری **روشها** نیز نیازمندیم.

مشاهده ممکن است طبق طرحی معین یا بدون آن صورت گیرد، امّا آزمایش بدون طرح مقدّماتی اصلاً قابل تصوّر نیست.

بهبود و تکمیل عقل
استقرا از راه شمارش و آمار

ساده‌ترین راه ساخت و پرداخت فاکتها تعمیم آنهاست، یعنی استدلال حکم کلّی براساس فاکتهای جداجدا. چنین استدلالی را استقرایی یا بسادگی **استقرا**[1] می نامند.

مثلاً با مشاهدهٔ رفتار خوب یک، دو، سه دلفین با انسان، نتیجه می گیریم که رفتار دلفینها با انسان رویهمرفته خوب است. چنین استدلالی استقرایی است. امّا آیا نتیجهٔ به دست آمده درست و موثق است؟ از تاریخ علم موارد زیادی را می توان ذکر کرد که استدلال استقرایی نادرست درآمده‌اند. مثلاً مصریان باستان براساس فاکتهایی که دراختیار داشتند، با اطمینان نتیجه می گرفتند که همهٔ رودها به سوی شمال جریان دارند.

ریاضیدانان بارها فرمولهایی پیشنهاد کردند که به کمک آنها می شد اعداد اول را (اعدادی که فقط به خود و به عدد یک قابل تقسیم اند) محاسبه کرد. این فرمولها جوابگوی عدهٔ زیادی از فاکتها بودند، لکن هر بار عددی یافت می شد که در فرمول پیشنهادشده نمی گنجید.

زیست‌شناسان در زمان خود براساس مشاهدات بسیار معتقد شده بودند که تمام قوها سفیدند. امّا با کشف قوهای سیاه در استرالیا، انگشت حیرت به دهن گزیدند.

پس، چگونه از خطا احتراز کنیم؟ اکثریت خوانندگان در پاسخ خواهند گفت که باید فاکتهای بیشتری گردآوری کرد و تا اندازه‌ای نیز حق دارند. درواقع، محدود بودن عدهٔ فاکتها، اغلب استدلال را سست و بی اعتبار می کند. عدهٔ رودها در مصر فراوان نبود و به همین جهت مصریان نمی بایستی در استنتاج این که همهٔ رودها به سوی شمال جریان دارند، شتاب می کردند. ازسوی دیگر، نکند عدهٔ قوهای دیده شده کم بوده، یا ریاضیدانان عده‌ای قلیل از اعداد اول را در فرمولهای خود قرار داده‌اند؟

اهمیّت گوناگونی فاکتهای تعمیم دادنی بیشتر از عدهٔ فاکتهاست. نقص منطقی عمده در استدلالهای یادشده آن بود که همهٔ فاکتهای مشاهده‌شدنی فقط با یک قسمت از منطقه‌ای که مشمول تعمیم شده بود، ارتباط داشت. مثلاً مصریان تنها با رودخانه‌های قسمت شمال شرقی آفریقا، زیست‌شناسان با قوهایی که در اروپا، آسیا و آفریقا زندگی می کردند، ریاضیدانان با عده‌ای اندک از اعداد اول سروکار داشتند.

امّا چگونه می توان به گوناگونی لازم دست یافت؟ این کار در نمونه‌های بالا که خطای استدلال استقرایی در آنها آشکار شده، دشوار نیست. حال، هرکس قبل از نتیجه گیری دربارهٔ همهٔ رودها و همهٔ قوها، ضرورت سفرهای بسیار به همهٔ نقاط جهان را گوشزد خواهد کرد. البته، این از حالتهای ساده است. می توان نمونه‌های بیشتری از آن دشواریها را که در پی گردآوری گوناگونترین فاکتهای موردنظر با آنها روبرو می شویم، ذکر کرد. بفرض، می خواهیم کیفیّت گندم کشتزاری را وارسی کنیم. ساده‌ترین راه، رفتن به کنار گندم زار و چیدن چند خوشه گندم از چند نقطه است. امّا این کار برای نتیجه گیری کافی نیست، زیرا خوشه‌ها را فقط از یک حاشیهٔ کشتزار برداشته‌ایم. می توان کشتزار را دور زد و از همهٔ جهاتش نمونه برداری کرد. لکن در این صورت نیز به گوناگونی لازم دست نخواهیم یافت، زیرا به هرحال همهٔ خوشه‌ها را بازهم از حاشیهٔ کشتزار گرفته‌ایم. معلوم است که باید به میان کشتزار راه پیدا کنیم. امّا به این طریق نیز نمی توان به حل مسئله امیدوار

۱ــ induction (از کلمهٔ لاتین inductio - بردن، رساندن).

بود، زیرا این یا آن خوشه ها را ناآگاهانه انتخاب نخواهیم کرد.

گاهی این گونه عمل می کنند: حلقه ای را می گیرند و همین جوری، الله بختی به هوا پرتاب می کنند و سپس آن دسته گیاه را که درپوشش حلقه قرار گرفته برمی گزینند. دانشمندان می پندارند که حتّی به این طریق نیز نمی توان بطور کامل برگزینش یک طرفه و محدود غلبه کرد، زیرا حلقه اغلب ممکن است روی خوشه های کوتاه بیفتد یا حتّی ما خود ناخودآگاه آن را به جایی پرتاب کنیم که خوشه هایش ازنظر ارتفاع نزدیک به میانه به نظر می رسد.

برای این که به دخالت ذهن در گزینش فاکتهای تعمیم دادنی راه ندهیم، نظامی ویژه به نام آمار ریاضی توصیه می کند که به **جدولهای اعداد تصادفی** متوسل شویم. این جدولها را مثلاً براساس جدول لگاریتمهای هشت رقمی تنظیم می کنند. آخرین سه - چهار رقم لگاریتمها را می توان به مثابهٔ ارقام کاملاً تصادفی دانست. برای وارسی کیفیّت گندم مثلاً می توان اعداد طبیعی ۸۲، ۴۹، ۱۸، ۴۸، ۹، ۵۰، ۱۷، ۳۷، ۵۱ (بین ۱ و ۱۰۰) را به عنوان اعداد تصادفی درنظر گرفت، گندم زار را به ۱۰۰ قطعه تقسیم کرد، هر قطعه را با شماره ای مشخّص کرد و سپس خوشه ها را برطبق شماره های مربوط از قطعه ها برداشت. درصورتی که قطعه ها بیش از اندازه بزرگ باشند، هریک از آنها را باید به همین طریق تقسیم کرد. عدهٔ لازم مشاهدات برای به دست آوردن این یا آن نتایج را نیز می توان در آمار ریاضی یافت. کار برد روشهای آمار ریاضی امکان می دهد تا بدون بررسی سرتاسری همهٔ اجزای موضوع موردعلاقه در کل آن، به نتایج به اندازهٔ کافی اطمینان بخش و در پی آن به صرفه جویی عظیم دروسایل دست یافت.

جستجوی علت

تاحال برخی مسایل به اصطلاح **استقرا از راه شمارش** و در رابطه با آن، **روش آماری** را بررسی کردیم. در این بررسی، ما از چارچوب سطح تجربی (امپیریک) شناخت خارج نشدیم. گذار به سطح تئوریک، همان گونه که قبلاً خاطرنشان شد، با توضیح فاکتها ارتباط دارد و این خود نیز از راه کشف **علتها** صورت می گیرد. روشهای خاصّ کشف رابطهٔ علّی در منطق شناخت علمی همه جانبه بررسی شده است. برخی از آنها مانند روشهای **یگانه شباهت**، **یگانه تفاوت**، **تغییرات مقارن** موسوم به «قواعد میل» در قرن گذشته به وسیلهٔ جان استوارت میل منطقدان انگلیسی بررسی شده است.

ماهیّت **روش یگانه شباهت** درمثال زیر بخوبی دیده می شود. فرض کنیم، دو کشتی دریک جهت و بموازات هم حرکت می کنند. فاصلهٔ بین آنها کم می شود. ناگهان یکی از کشتیها جهت خودرا بشدّت تغییر می دهد و پهلوی کشتی دیگر را می شکافد. در دادگاه، ناخدای کشتی این ادعا را که یکی از افرادش سکان را به سمت دیگر گردانده است، قاطعانه رد می کند. پس کشتی خودبخود منحرف شده است؟ آیا چنین امکانی وجود دارد؟

نابودی کشتی انگلیسی «تیتانیک» در آوریل سال ۱۹۱۲ در برخورد با کوه یخ، یکی از بزرگترین فاجعه های دهشتناک روی دریاست. از قرار معلوم «تیتانیک» در آخرین لحظه موفق به تغییر جهت می شود و به موازات کوه یخ حرکت می کند. امّا کشتی، باوجود این، با کوه یخ تصادم کرد و پهلویش سوراخ شد. این پدیده را چگونه می توان توضیح داد؟ برای درک این پدیده ابتدا دیگر فاکتها را بررسی می کنیم. جریان رود،

آب مردابی را که به‌آن راه دارد، می‌مکد. توفان شیروانی را، حتّی اگر کاملاً صاف و مسطح باشد و مانعی در برابر حرکت تودهٔ عظیم هوا ایجاد نکند، ازجا می‌کند. بادزن در واگن عبارت از دو لوله است هنگام حرکت قطار، در لوله‌ای که بالای سقف کارگذاشته شده، جریانی از هوا ایجاد می‌شود که هوای واگن را به بیرون «می‌مکد». سرانجام عطر پاش عادی را درنظر می‌گیریم. اینجا نیز با دو لوله سروکار داریم که بایکدیگر زاویهٔ قائمه می‌سازند. جریان هوا دریکی از لوله‌ها به کمک پوآر (آبدزدک) برقرار می‌شود. درنتیجه، از لولهٔ دیگر که به درون شیشه فرو برده شده، عطر یا اودکلن بالا می‌آید و در هوا پاشیده می‌شود.

در تمام این موارد تأثیر نیرویی را برموضوع - بر اودکلن، شیروانی، هوای واگن یا بر کشتی مشاهده می‌کنیم. **روش یگانه شباهت عبارت از این نیز هست که درهمهٔ موارد وضعی یکسان فراهم می‌شود که پدیدهٔ مورد بررسی باوجود تفاوت همهٔ دیگر اوضاع، روی می‌دهد.** این وضع مشترک به‌عنوان **علت** پدیدهٔ مورد بررسی تلقی می‌شود. بنابراین، وضع درمثالهای ما جریان مایع یا گاز خواهد بود. مایع یا گاز جاری بر دیوارهٔ ظرفی که در آن جریان دارد کمتر از مایع یا گازی که در سکون نسبی است، فشار وارد می‌کند. چون حرکت نسبی است، پس فرق نمی‌کند: کشتیها را متوقف و آب بین آنها را جاری به‌حساب آوریم، یا برعکس. به همین جهت، اظهارات ناخدای کشتی در دادگاه قابل اعتماد بود. انحراف «تیتانیک» به‌سوی کوه یخ، نیز می‌تواند تحت تأثیر همان علت باشد.

در کاربرد روش یگانه شباهت باید مراقب بود تا غیراز وضع مشترک، دیگر وضعها حتی الامکان گوناگونتر باشند. **روش یگانه تفاوت** را به وسیلهٔ نمونه‌ای از دیگر رشتهٔ علم توضیح می‌دهیم. پروفسور فلمینگ باکتری‌شناس انگلیسی در سال ۱۹۲۹ کشت میکروبهای استافیلوکوک را، که موجب دمل و عفونی شدن فوق‌العاده خطرناک زخمها می‌شوند، بررسی می‌کرد. درجریان بررسی متوجه شد که یکی از کشتها فاسد شده است: روی کشت، لکهٔ سبز کپک دیده می‌شد. این کشت را می‌بایست دور انداخت، امّا فلمینگ به پدیده‌ای عجیب و غیرعادی توجّه کرد. میکروبهای استافیلوکوک زیر لکهٔ کپک تقریباً بطور کامل ناپدید شده بودند. این مشاهده تکرار شد و پیوسته نیز معلوم می‌شد که در دو مورد که تنها تفاوتشان با یکدیگر در این بود که کپک در یکی از آنها وجود داشت و در دیگری وجود نداشت، میکروبها درمورد اول ناپدید می‌شدند. کپک سبز که فلمینگ با آن سروکار داشت «پنیسیلیئوم نوگاتوم» نامیده می‌شد. بعدها ماده‌ای از آن استخراج شد که اینک بخوبی برهمه معلوم است - پنیسیلین. پنیسیلین و دیگر آنتی بیوتیکها که دیرتر کشف شدند، زندگی میلیونها انسان را نجات دادند.

ماهیّت روش یگانه تفاوت که فلمینگ از آن استفاده کرد، از این قرار است: **درمقایسهٔ دو مورد که پدیدهٔ مورد بررسی دریکی ازآنها روی می‌دهد** (نابودی میکروبها) **ودردیگری روی نمی‌دهد، تنها یک وضع متفاوت وجود دارد. همهٔ دیگر وضعها باید یکسان باشند.**

روش تغییرات مقارن با روش یگانه تفاوت شباهت دارد. در اینجا **پدیدهٔ مورد پژوهش دریکی از موارد بطور کامل ناپدید نمی‌شود بلکه شدّت یا بسامد خود را تغییر می‌دهد.** علت را باید آن پدیده‌ای دانست که **تغییر آن** - با ثابت ماندن دیگر شرایط - **با تغییر پدیدهٔ مورد بررسی همراه است.** مثلاً پژوهشهایی که برمبنای یافته‌ها از سال ۱۹۶۳ - ۱۹۶۸ درشهر کیف به‌عمل آمده نشان داده‌اند که بسامد سکتهٔ قلبی مطابق تغییرات در شدّت میدان مغناطیسی کرهٔ زمین افزایش می‌یابد. بنابراین، اختلال درمیدان مغناطیسی کرهٔ

زمین ظاهراً بر روندهایی در بدن انسان که با این پدیده ارتباط مستقیم ندارند، تأثیر می کند. کشف این وابستگی امکان داده است تا بموقع، تدابیر پیشگیری کنندهٔ مقتضی اتّخاذ شود.

روشهای گوناگون پژوهش استقرایی را می توان با یکدیگر ترکیب کرد و بیشترین نتیجه را به دست آورد. یکی از پژوهشهای آکادمیسین و. پ. فیلاتف نمونه ای جالب از کاربرد **روش ترکیبی شباهت و تفاوت** را ارائه می دهد. معلوم شده بود که عده‌ای از چشم‌پزشکان - فوکس، ماژیتو، شیمانووسکی، کومارو ویچ، ساولییف - به کار پیوند قرنیهٔ چشم پرداخته‌اند. آنها قرنیه را از چشمهای مرده برمی داشتند. به استثنای یک مورد پیوند که به وسیلهٔ ماژیتو صورت گرفته بود، موفقیّت پایدار به دست نیامده بود. تمام این موارد ناموفّق در یک امر، مشترک بودند: چشمهایی که قرنیهٔ آنها را برای پیوند برداشته بودند، به انسانهایی تعلّق داشت که تازه مرده بودند. تنها پیوند توأم با موفقیّت به وسیلهٔ ماژیتو انجام شده بود. ماژیتو در این کار از قرنیهٔ چشم انسانی که هشت روز از فوتش می گذشت، استفاده کرده بود. فیلاتف در سال ۱۹۳۱ نخستین پیوند قرنیهٔ مرده را انجام داد. چندهزار پیوند که سپس به وسیلهٔ او و شاگردانش انجام شد، نشان دادند که موفقیّت به دست آمده با پیوند قرنیهٔ تازه ارتباط ندارد. پژوهشهای بعدی به کشف موادی به نام محرّکهای بیوژن - محرّکهای فعالیّت ارگانیسم - انجامید.

باید خاطرنشان کرد که استفاده از روشهای استقرا در پژوهشهای روابط علّی در تاریخ علم، همیشه نتایج مثبت به بار نیاورده‌اند. دلبستگی بیش از حد به استقرا اغلب سرچشمهٔ گمراهیها بوده است. استنتاجها از آن رو نادرست درآمده‌اند که شباهت یا تفاوت وضع در کاربرد روشهای یگانه شباهت یا تفاوت، واقعاً یگانه نبوده است. ماهیّت چنین خطایی را می توان با مثال طنزآمیز زیر نشان داد. چلنگری بیمار شد، دارویی خورد و خوب شد. سپس نجاری بیمار شد، همان دارو را خورد و مرد. اگر روش تفاوت را ملاک عمل قرار دهیم، می توان چنین استنتاج کرد: **با استفاده از این دارو نجارها می میرند، امّا چلنگرها خوب می شوند.** چنین استنتاجی طبیعتاً بی معنی است، زیرا تفاوت انسانها در تفاوت پیشه ها نیست. در این مورد، عمده و اساسی فقط بیماریهاست.

لکن در اغلب مواردی که دانشمندان با آنها سروکار دارند، مسئلهٔ یگانه بودن تفاوت یا شباهت اصلاً بسادگی معین نمی شود.

ماکسول فیزیکدان انگلیسی با اتکا به تئوری خود در سال ۱۸۷۳ پیشگویی کرد که جریان نور برسطح اجسام فشار وارد می کند. فیزیکدانان مدّتها نمی توانستند این حدس را وارسی کنند، زیرا در آزمایشهای خود نمی توانستند تأثیر احتمالی عوامل دیگر را حذف کنند. پ. ان. لبدف موفّق شد یگانه بودن تفاوت بین دو مورد را - هنگامی که فشار نوری واقعاً وجود داشت و هنگامی که وجود نداشت - در آزمایشهای خود تأمین کند.

دشواریهای تأمین یگانه شباهت و تفاوت، انگیزهٔ طرح تئوریی به نام **آزمایش چندعاملی** شده است که تشخیص همزمان پدیده های قابل مقایسه را در عده‌ای از مناسبات به عهده دارد. فرض کنیم می خواهیم تأثیر دو عامل مثلاً کود دادن و ویژگی شخم زمین را روی کشت روشن کنیم. در آزمایشهای معمولی ابتدا یک عامل تغییر می کند - کود دادن با حفظ شیوهٔ شخم و بدون تغییرماندن تمام عوامل دیگر. سپس عامل دیگر بدون تغییر عامل اول تغییر می کند. امّا چنین نحوهٔ انجام آزمایش روشن نمی کند که شیوه های گوناگون شخم زدن همزمان با به کارگیری مقادیر گوناگون کود چه ارزش و اهمیّتی دارد. **ماهیّت آزمایش چندعاملی در آن است که نتایج تأثیر ارزشها یا مقادیر گوناگون یک عامل درحضور ارزشها یا مقادیر گوناگون سایر عوامل مقابله و**

مقایسه می شود. این درمثال ما، انواع گوناگون شخم زدن با واردکردن مقادیر گوناگون کود است. درسالهای اخیر تئوری دقیق ریاضی نقشه بندی آزمایش به وجود آمده که کاربردش امکان می دهد تا ثمربخشی پژوهشهای تجربی را بشدّت افزایش دهیم.

تمثیل[2] و مدل سازی

در روند پژوهش علمی نه تنها تعمیم فاکتها، بلکه **انتقال نتایج پژوهش بعضی فاکتها به دیگر فاکتها** نیز نقش عمده ایفا می کند. چنین انتقالی به کمک استنتاجی به عمل می آید که نام **استنتاج ازروی تمثیل** یا **استدلال تمثیلی** پیدا کرده است. مثلاً فاکتهای شناخته شده از انتشار امواج درسطح آب به پژوهش ویژگیهای انتشار صوت یعنی فاکتهایی ازرشته ای دیگر، کمک کرده اند. حرکت مایعات به پژوهش پدیده های گرمایی، و دستگاه سیّاره ای به پژوهش اتم یاری رسانده اند. امّا چه چیز به ما حق می دهد تا نتایج پژوهش برخی فاکتها را به دیگر فاکتها منتقل کنیم؟ معمولاً می گویند که دلایل چنین انتقالی وجود خواصّ مشترک بین هردو گروه فاکتهاست. خود **تمثیل** در این مورد **به مثابهٔ مشابهت دوموضوع** مثلاً **درعده ای ازصفات تعریف می شود. بنابراین، استدلال تمثیلی به عنوان انتقال بعضی صفات تازه یافته دریک موضوع به موضوع دیگر فهمیده می شود.**

در پراتیک فعالیّت علمی، از استدلالهای تمثیلی بکلّی از نوع دیگر استفاده می شود. وجه اشتراک تمام استدلالها که استدلالهای تمثیلی نامیده می شوند در این است که یک موضوع از لحاظی مورد پژوهش مستقیم قرار می گیرد و در بارهٔ موضوعی دیگر نتیجه گیری می شود. به عبارت دیگر، **استدلال تمثیلی را در کلّی ترین مفهوم می توان به مثابهٔ انتقال اطّلاع ازیک موضوع به موضوعی دیگر تعریف کرد**. امّا رابطهٔ این اطّلاع با خواصّ معین موضوع مورد پژوهش و مهمتر از همه با دلیلی که انتقال این اطّلاع را امکان پذیر می سازد، اجباری نیست، یعنی اشتراک خواصّ موضوعهایی که بایکدیگر مقایسه می شوند، الزامی نیست.

آن موضوع که مستقیماً مورد پژوهش قرار می گیرد، **مدل** نامیده می شود، و آن موضوع که اطّلاع به دست آمده در پژوهش مدل به آن منتقل می شود، **پروتوتیپ** نام دارد. مفاهیم «نمونه»، اصل (اریژینال) و غیره نیز به موازات اصطلاح نمونهٔ قبلی (پروتوتیپ)، به کار می رود. مدل در روند شناخت، نقش جانشین پروتوتیپ خودرا به علت این که راهی برای پژوهش مستقیم آن وجود ندارد، بازی می کند. مثلاً اتم ممکن است نقش پروتوتیپ و دستگاه سیّاره ای نیز نقش مدل را بازی کند. درنتیجهٔ پژوهش این مدل، می توان حدس زد که اتم ساختمانی پیچیده دارد و الکترونها، همانند سیّارات دور خورشید، دور مرکز اتم می گردند.

تمثیل تناسب بین مدل و پروتوتیپ آن است. مثلاً این یا آن ماشین یا ساختمان خیالی را می توان به مثابه مدل و خود آن ماشین یا ساختمان را به مثابهٔ آنالوگ (همانند) واقعیّت نگریست. **استنتاج ازروی تمثیل – نتیجه گیری ازمدل برای پروتوتیپ است.**

دلایل برای چنین نتیجه گیری می توانند گوناگون باشند، از جمله وجود خواصّ مشترک، مطابقت یکسان عناصر مدل و پروتوتیپ **(ایزومرفیسم – یکسان دیسی)**. چون استدلال تمثیلی شالودهٔ منطقی استفاده از مدل در روند شناخت است، بنابراین باید ازیک روش تمثیل – مدل سازی که می توانددر دیدگاههای گوناگون مورد بررسی قرار گیرد، سخن گفته شود، نه ازدو روش متفاوت – تمثیل و مدل سازی.

طبیعت فیزیکی مدلها و پروتوتیپها نیز بسیار گوناگون است و قبل از همه می تواند دو موضوع مادی

2 -analogie

متفاوت باشد. مدلهایی که وسیعاً در تکنیک مورد استفاده قرار می گیرند از این گونه اند. برای حل این مسئله که سد مرتفع آسوان چگونه رفتار می کند، به قدر کافی مطمئن و بی خطر است یانه، مدل این سد باابعاد خیلی کوچکتر ساخته شد که تمام عناصر مهم پروتوتیپ در آن تقلید شده بود. لکن اغلب بین مدل و پروتوتیپ شباهت خارجی آشکاری دیده نمی شود. مثلاً به عنوان مدل پُل راه آهن، از مدار الکترونی متشکل از مقاومتها، خودالقاها و خازنها استفاده می شود نه از بنایی که ازنظر فضایی مشابه پروتوتیپ خود است.

نادیده گرفتن نتایج به دست آمده به یاری مدل، ممکن است به عواقب نامنتظر و فاجعه انگیز بیانجامد. یکی از بارزترین نمونه ها ازنظر فاجعه، پایان غم انگیز ناو جنگی انگلیسی «کاپتن» است. مهندس رید با آزمایش روی مدل، به این نتیجه رسید که بعید است «کاپتن» بتواند در برابر امواج دریا تعادل خودرا حفظ کند، و به هنگام توفان ممکن است غرق شود. دریاسالارها باورشان نشد، و «کاپتن» و به همراهش ۵۳۳ ناوی نابود شدند. لوحهٔ یادبودی که در لندن نصب گردید، حاکی از «سرزنش ابدی بر لجاجت جاهلانهٔ لردهای دریاداری» است.

امّا نتیجهٔ به دست آمده به یاری مدل همیشه هم مطمئن نبوده است. دریاسالارهای نیروی دریایی ژاپن قبل از اقدام به نبرد با ناوگان امریکایی نزدیک جزیرهٔ میدوی، این نبرد را با مدل بازی تمرین کردند و پیروز شدند. لکن انتقال نتیجهٔ به دست آمده از این مدل به پروتوتیپ، اشتباه از آب درآمد و ژاپنیها در نبرد واقعی متحمّل شکست کامل شدند.

تعیین شرایط قانونمندی انواع گوناگون استدلال تمثیلی دارای اهمیّت علمی فراوان است. حل این مسئله، بدون شک، آهنگ رشد و تکامل هم دانش تجربی، هم دانش نظری را تسریع می کند.

قیاس[3] و رازهای تفکّر ماشینی

بیشترین کامیابی منطق جدید در بسط و تکامل **روشهای قیاسی** بوده است. روشهای قیاسی درشکل کلّی خود، **استنتاج از کلّی به جزئی** است. ازقیاس بویژه در سطح تئوریک رشد و تکامل علم وسیعاً استفاده می شود. پیش از این هنگامی که سخن از استنتاجها بود، مثالی از فانی بودن کای آوردیم. همان گونه که خاطرنشان شد، ارسطو استنتاج از این نوع را سیلوژیسم می نامید. سیلوژیسم امروزه نیز اغلب، هم در پراتیک تفکّر روزانهٔ هر انسان، هم در علم مورد استفاده قرار می گیرد. مثلاً فیزیکدان براساس تئوری نسبیّت می داند که زمان برای تمام اجسام متحرّک کُند می شود. بنابراین، صرف نظر از این که مشاهدهٔ چنین کُندشدنی هنوز به یاری ابزارها امکان پذیر نگشته است، نتیجه می گیرد که زمان در سفینهٔ کیهانی کُند می شود.

ما مثالهایی از استنتاجهای (کامل به اصطلاح ارسطو) آوردیم که در درستی آنها تردیدی نیست. لکن مردم اغلب استنتاجهای نادرست نیز می سازند. مثلاً ممکن است براساس استنتاجی نادرست، کسی را به جریانی که سزاوارش نیست، منتسب کرد: «ایده آلیستها معترف به نقش فعال شعور هستند. الف معترف به نقش فعال شعور است. پس، الف ایده آلیست است». این استنتاج نادرست است، زیرا از حقیقت بودن آن مقدّمات، حقیقت بودن این نتیجه (الف ایده آلیست است) اصلاً برنمی آید. کار قیاس منطقی، درست بررسی شرایط درستی این نوع استنتاجهاست.

چارچوب نوشتهٔ حاضر اجازهٔ تعریف دقیق و کامل و مبسوط قیاس را نمی دهد. در اینجا تنها به حل مسئلهٔ تعیین نتایج ناشی از حالتهایی معین طبق قواعد معمول می پردازیم. فقط خاطرنشان می کنیم که **قیاس برخلاف استقرا و تمثیل به گسترش حداکثر عرصهٔ موضوعات مورد پژوهش نیازندارد.**

3- deduction

کامیابی مهم تئوری امروزی قیاس را باید در برقراری همانندی نزدیک بین روابط منطقی و ریاضی دانست که به همین مناسبت، این تئوری را **منطق ریاضی** می نامند.

«سفرهای گالیور» سویفت را به یاد می آوریم. گالیور به هنگام اقامت در آکادمی جزیرهٔ لاپوتا، از مشاهدهٔ چیزها و کارهای بی معنی در آنجا شگفت زده شده بود. مثلاً لاپوتائیان می کوشیدند تا از خیار انرژی خورشیدی به دست آورند، به ساختن ماشینی اقدام کرده بودند تا به یاری آن محاسبه را جانشین تفکّر سازند. حماقت آکادمیسینهای لاپوتائی مدّتها خوانندگان را سرگرم می کند. لکن اکنون می توان ماشینهای لاپوتائیان را، بدون شک فوق العاده کاملتر، در هر مرکز محاسبه ای مشاهده کرد. ماشینهای شمارگر الکترونی امروزی می توانند روندهای کوره های ذوب فلز یا پرواز سفینهٔ کیهانی را رهبری کنند. آنها می توانند مسائل منطقی را با تعیین این که از مقدّمات داده شده چه برمی آید و چه برنمی آید، حل کنند، از یک زبان به زبانی دیگر ترجمه کنند، آهنگ بسازند و شطرنج بازی کنند. یک ماشین شمارگر الکترونی سریع العمل، اثبات تمام قضایای «اصول ریاضی» اثر چندجلدی معروف راسل (۱۹۷۰ - ۱۸۷۲) و وایتهد (۱۹۴۷ - ۱۸۶۱) را وارسی کرده و نقصها و غفلتهای موجود درآن را خاطرنشان کرده است. تمام این کامیابیها در پرتو کاربرد گستردهٔ **روش صوری سازی**[4] امکان‌پذیر گشته است.

ماهیّت روش صوری سازی عبارت از این است که روابط بین فکرها گویی ازمحتوای خود فکرها جدا شده و به‌عنوان موضوعات مستقل بررسی می شوند. برای مثال، چنین حکمهایی را درنظر می گیریم: «کیف مرکز اکرائین است» و «اودسا در ساحل دریای سیاه واقع است». این فکرها می توانند به شیوه های گوناگون که در منطق ریاضی به وسیلهٔ نوع رابطهٔ حقیقت بودن حکم مرکّب با حقیقت بودن اجزای تشکیل دهندهٔ آن حکم معین می شوند، با یکدیگر ترکیب گردند. اگر حکم مرکّب **آنگاه و فقط آنگاه** حقیقی باشد که **هردو** جزءِ تشکیل دهندهٔ آن حقیقی است، آنگاه ربط منطقی حاصل می شود که **ترکیب عطفی**[5] نام دارد. ربط عطفی درزبان طبیعی با حرف اضافهٔ (و) مطابقت دارد.

از آنجا که محتوای مشخّص حکمها در تعیین ترکیب عطفی اساسی نیست، آنها را می توان باحروف مجرد مانند «a»، «b» نشان داد. علامت & را نیز به‌عنوان علامت ترکیب عطفی اختیار می کنیم. در این صورت، ترکیب عطفی دو حکم را به صورت a & b نشان می دهیم. شرایط حقیقت بودن عبارت مرکّب نامبرده را می توان به وسیلهٔ جدول زیر نشان داد. در این جدول حرف (ح) و (د) به ترتیب حقیقت و دروغ را نشان می دهند، یعنی عبارت مرکّب a & b فقط آنگاه حقیقی است که هردو جزءِ تشکیل دهندهٔ آن همزمان حقیقی باشند. عبارت a & b در هر مورد دیگری دروغ خواهد بود.

a	b	a & b
ح	ح	ح
د	ح	د
ح	د	د
د	د	د

ترکیب فصلی[6] چنان ربطی بین حکمهاست که حکم مرکّب درآن حقیقی است **اگر حتّی یکی** از اجزای تشکیل دهنده‌اش حقیقی باشد. ترکیب فصلی را با علامت ∨ مشخّص می کنند: a ∨ b. این ربط را نیز می توان به وسیلهٔ جدول نشان داد:

4- Formalisation 5- conjunction 6- disjunction

a	b	aVb
ح	ح	ح
ح	د	ح
د	ح	ح
د	د	د

اگر حقیقت بودن حکم اول و دروغ بودن حکم دوم را خارج از امکان بدانیم، آنگاه ربط منطقی بین آنها را **ترکیب استلزامی**[7] نامیم. ترکیب استلزامی را اغلب با پیکان ($\rightarrow$) نشان می دهند: $a \rightarrow b$. در اینجا ربط منطقی به همراه ربط حکمها ازنظر معنی، الزامی نیست. مثلاً از دیدگاه تعاریف یادشده، عبارتهای «کیف مرکز اکرائین است» و «اودسا در ساحل دریای سیاه واقع است»، حقیقی اند و به همین جهت نیز ترکیب استلزامی: «اگر کیف مرکز اکرائین است، آنگاه اودسا در ساحل دریای سیاه واقع است» نیز حقیقی خواهد بود.

جدول ترکیب استلزامی چنین خواهد بود:

a	b	$a \rightarrow b$
ح	ح	ح
ح	د	د
د	ح	ح
د	د	ح

از آنچه دربارهٔ روابط بین حکمها گفته شد، بآسانی فهمیده می شود که این روابط را می توان روی موضوعها با هر ماهیّتی مثلاً روی لامپهای الکتریکی تقلید کرد. فرض کنیم سه لامپ دراختیارداریم که بطور سری بسته شده‌اند. سومین لامپ **فقط** آنگاه روشن می شود، که دو لامپ دیگر روشن باشد. به‌محض این که یکی از آن دو لامپ بسوزد، مدار باز می شود و لامپ سوم روشن نخواهد شد. به این ترتیب، ویژگیهای ترکیب عطفی تقلید می شود، «مدل سازی می شود».

ویژگیهای ترکیب فصلی را می توان به کمک اتّصال موازی دو لامپ اول و دوم تقلید کرد. سومین لامپ که با آن دو بطور سری بسته شده است، آنگاه روشن می شود **اگر حتّی یکی** از آن دو روشن باشد.

مدل سازی ترکیب استلزامی و دیگر روابط منطقی کمی پیچیده‌تر است. البته درماشینهای شمارگر الکترونی نه لامپهای روشنایی بلکه لامپهای الکترونی، دقیقتر، ترکیبهایی از این لامپها یا نیمه هادیها به کار می روند که می توانند در دو وضع (مدار باز و بسته) قرار گیرند. این دو وضع با دو ارزیابی ممکن حکمها، یعنی حقیقت بودن و دروغ بودن آنها، مطابقت دارد.

به این ترتیب آشکار می شود که تمام آنچه به صوری سازی منطقی راه می دهند، ممکن است درماشین مربوط تقلید شوند.

امّا آیا همه‌چیز را می توان صوری سازی کرد؟ اگر نمی توان، پس مرز صوری سازی کجاست؟ این پرسش جالب موضوع مباحثات بسیار است که بررسی آن از چارچوب کار ما بیرون است.

7- implication

وسعت و تخصّصی شدن

تاحال روشهایی را بررسی کردیم که بهترکردن نتایج به دست آمده به یاری اشکال گوناگون استنتاج را امکان‌پذیر می ساخت. لکن این تنها راه بهبود و تکمیل روند شناختی نیست. نه تنها شکل تفکّر، بلکه سمت و هدف آن نیز با اهمیّت است. به دیگر سخن، نه تنها این مسئله که چگونه می اندیشیم، بلکه این نیز اساسی است که موضوع بررسی چیست. این طرح مسئله ممکن است موجب تحیّر گردد، زیرا ما دائماً جهان پیرامون خودرا مورد بررسی قرار می دهیم. امّا این جهان فوق‌العاده گوناگون است. هنوز برای فلاسفهٔ یونانِ باستان در آستانهٔ رشد و تکامل علم، مسئلهٔ شناخت جهان در کلّیّت آن مطرح بود. قسمتی از آثار ارسطو که بشکلی به ما رسیده است عبارتند از: «ارغنون» (در منطق)، «طبیعت»، «شعر»، «اخلاق»، رساله «در بارهٔ روح»، «در بارهٔ اعضای بدن حیوانات» و غیره. دلایلی وجود دارد تا تصوّر کنیم که حدود مسائلی که ارسطو به آنها می پرداخت عملاً بازهم گسترده‌تر از اینها بوده است. لکن حتّی چنین انسان نابغه ای مانند ارسطو نیز قادر به شناخت کلّ جهان نبود. به همین جهت نیز کوزما پروتکف[۸] حق دارد بگوید که «هیچ کس قادر نیست بی کران را در بر گیرد».

تخصّصی شدن کار دانشمندان - اندیشمندان در یونانِ باستان نیز به چشم می خورد. بعضی بیشتر به طبیعت و برخی نیز به آموزش در بارهٔ روح می پرداختند. علم با رشد و تکامل خود بیش از پیش شاخه شاخه می شود و درنتیجه، تخصّص نیز باریکتر و تنگتر می شود، هرچند که هنوز ۴۰۰ و حتّی ۲۰۰ سال پیش از این اندیشمندانی چون لئونارد داوینچی یا لومونوسف پیدا می شدند که در بارهٔ تمام آنچه مورد توجّه علم زمانشان بود، دانش جدّی داشتند. لکن هرچه نزدیکتر می آییم از چنین اندیشمندانی کمتر باقی می ماند.

هنگامی فرا رسید که اطّلاعات گردآمده مثلاً در رشتهٔ زیست شناسی آن‌چنان فزونی گرفت که یک انسان دیگر قادر نبود از عهده‌اش برآید. بنابراین، دانشمند یکی از بخشهای علم و پس از مدّتی بخشی از این بخش و... را برمی گزید و در آن تخصّص می یافت. در علوم دیگر نیز وضع به همین منوال بود. تخصّصی شدن به دانشمند امکان داده است تا در جزء کوچکی از موضوع موردتوجّه خود دقیقاً خبره شود، امّا درعوض از دیدن تام و تمام موضوع محرومش کرده است، یا همان گونه که کوزما پروتکف می گوید، «هر متخصّص به پیله (دندان) می ماند: کمال آن یک طرفه است».

تخصّصی شدن از نظر تاریخی اجتناب‌ناپذیر شده بود، امّا ازسوی دیگر بیش از پیش آشکار می شد که دانشمند امروزی بدون آگاهی از دیگر رشته های دانش از عهدهٔ وظایف خویش برنمی آید. نظامهایی ازقبیل بیوفیزیک، شیمی فیزیک، بیوشیمی، زبان‌شناسی و ریاضی درآمیزی اختصاصی معلومات از رشته های بکلّی گوناگون را می طلبند.

دانشمندی که پیش از این به کار فیزیک اشتغال داشت، می توانست علاقهٔ زیادی به شیمی نشان ندهد و شیمیدان می توانست اصلاً به زیست‌شناسی علاقه‌مند نباشد. چنین «بی تفاوتی» درزمان ما از کیفیّت کارعلمی می کاهد. با این ترتیب، شیمیدان یا فیزیکدان معمولی باید نابغهٔ اندیشه، دارای معلومات گوناگون و بسیار همه‌جانبه باشد تا بتواند خودرا در سطح کار و وظیفهٔ خویش نگه دارد. امّا چون دانشمند معمولی، طبق تعریف، نابغه نیست، تا توان پیشبرد علم را درخود احساس نکرده، ناگزیر همچنان باید بیاموزد.

باوجود این، بازگشت به تخصّصی شدن کاملاً امکان‌پذیر است، امّا بر پایه ای غیر از آنچه پیش از این

۸- Kozma Prutkof نام مستعار مشترک گروهی از نویسندگان روس - آ. کا. تولستوی و برادران آ. ام. و و. ام. ژمچوژنیکف - که در سالهای ۶۰ قرن نوزدهم همکاری داشتند.

بوده است. پیش از این، متخصّص گروهی از موضوعات هرچه محدودتر، هرچه ژرفتر و همه جانبه تر را بررسی می کرد. نمونهٔ دانشمند متخصّص جدّی که «همه چیز از اندک» می دانست، در برابر کسی قرار می گرفت که بطور سطحی «اندکی از همه چیز» می دانست. منظور این است که درآمیزی مسائل علمی به صورت مجموعه ای کامل، فقط به وسیلهٔ موضوعهای مربوط به آن مسایل انجام‌پذیر است. هرچه دایرهٔ موضوعها محدودتر باشد، ارتباط بین مسایل جداگانه نزدیکتر است.

لکن این گونه نیز می تواند باشد که برقراری ارتباط بین مسایلی که پیش از این جدا ازهم بودند، در عین حال به‌معنی جداشدن مسایلی از یکدیگر است که پیش از این ظاهراً در چارچوب یک موضوع پیوند نزدیک داشتند. به‌عنوان مثال، مسئلهٔ ارتعاشها را درنظر می گیریم. ارتعاشها با موضوعهای گوناگون ارتباط می یابند. ارتعاشها می توانند مکانیکی، صوتی، الکترومگنتیک و غیره باشند. برای بیان مشروح و همه جانبهٔ ارتعاشها بایدمکانیک اصوات رادرکنارسایر موضوعها بررسی کرد. در اینجا ارتباط متقابل علوم گوناگون آشکار می شود. امّا درعین حال می توان ارتعاشها را بدون توجّه به ویژگی موضوعهای مربوط، بررسی کرد. این ویژگی برای آن دیدگاهی که خود موضوع تئوری ارتعاشها را بررسی می کند، اصلاً اساسی نیست. متخصّص تئوری ارتعاشها متخصّصی است که «اندکی از بسیار» می داند. ریاضیدانان تا حد زیادی از این قبیل متخصّصانند. ریاضیدان اگر حتّی ساده‌ترین رابطهٔ حسابی را برقرار کند، دراصل «اندکی ازهمه چیز» می داند،وباوجود این، کسی اورا براین اساس به سطحی بودن متّهم نمی کند.

ریاضی دیرزمانی گویا تنها علمی بود که می توانست ویژگی موضوعها را نادیده بگیرد و به بررسی نوعی مناسبات، بطورعمده کمّی، بین آنها بپردازد و درعین حال، خودِ این مناسبات را به مثابهٔ موضوعهایی خاصّ بنگرد.

این اواخر، وضع بسرعت تغییر یافته است. حدود سی سال پیش از این، علمی به وجود آمده که افقهایی نو در پژوهش روابط و مناسبات گشوده است. سخن برسر سیبرنتیک است. پیدایش سیبرنتیک سبب دشواریهای جدّی درطبقه بندی علوم شده است. گروه موضوعهایی را که سیبرنتیک بررسی می کند، معلوم نشده است. مادهٔ جاندار را بررسی می کند یا بیجان را؟ برای بسیاری ایـــن تصوّرپیش آمده بود که اگر تمام این موضوعها در حوزهٔ بررسی سیبرنتیک قرار دارند، در آن‌صورت، مادهٔ زنده به غیرزنده و جاندار به بیجان تبدیل می شود. امّا درواقع، سیبرنتیک از آن رو مادهٔ ارگانیزهٔ عالی را به مادهٔ غیرارگانیزه تبدیل نمی کند، که نه به این می پردازد، نه به آن. سیبرنتیک مناسبات را بررسی می کند - مناسبات رهبری و مناسباتی که باآن ارتباط دارند، مستقل از نمایندگان مادی آنها. جنبهٔ عامیّت سیبرنتیک نیز از همین جا ناشی می شود.

موضوعها با سرشتهای متفاوت، مانند ارگانیسمهای زنده و دستگاههای فنّی، می توانند درمناسبات رهبری شرکت کنند. بنابراین، مسئلهٔ توصیف سیستمهای فنّ رهبری و ارگانیسمهای زنده در مقولات و مصطلحات واحد مطرح می شود. عامیّت سیبرنتیک نیز از نوع عامیّت ریاضی و تئوری ارتعاشهاست.

* * *

سخن را به پایان بردن و از گفته ها نتیجه گرفتن دشوار است. اگر خواننده پس از خواندن کتاب توانسته باشد، هم دشواری راهیابی به حقیقت، هم توانایی خرد انسانی را با تمام امکاناتش برای دسترسی به حقیقت، به تصوّر درآورد، مؤلف می تواند وظیفهٔ خودرا انجام یافته بداند.

بهمن سررودی