

مقدمه

در آغاز قرن بیست و یکم، هنوز کارکرد دقیق فناوری در مدرسه به وضوح مشخص نیست. بحث در این حوزه بسیار سردرگم است و غالباً گرفتار ساده سازی بیش از حد می شود که این امر پیشرفت در نظر و عمل را به تأخیر می اندازد. غالباً دستاوردهای فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا) و آموزش به عنوان موجودیت های یکدست در نظر گرفته می شوند که قرار است میان آن ها در هر موقعیتی تناظر یک به یک برقرار باشد. بارزترین نمود این مسئله، اهمیتی است که به گزارش کشوری «نسبت رایانه به دانش آموز» در مدرسه ها و یا تعداد مدرسه های متصل به اینترنت داده می شود و بهبود ارقام نشان بارز پیشرفت است. در عمل نیز برای شروع بررسی انواع خاصی از فاوا، به آموزش علوم تجربی توجه می کنیم.

این مقاله به بررسی دو دیدگاه در مورد رابطه ی میان برنامه ی درسی علوم تجربی و ظرفیت های فاوا در آموزش علوم اختصاص دارد. دیدگاه اول به بررسی برنامه ی فعلی علوم تجربی در مدارس متوسطه ی انگلیس - با تأکید بر علوم مشاهده ای- می پردازد. در دیدگاه دوم این نکته بررسی می شود که اگر قرار بود برنامه ی درسی، تمرکز خود را از تمرین علم مشاهده ای به استدلال علمی معطوف کند، فاوا چه نقشی پیدا می کرد. پرداختن به تمامی کاربردهای محتمل فاوا در آموزش علوم در این الگوها، فراتر از محدوده ی این مقاله است. در عوض تأکید مقاله روی استفاده از فاوا برای پشتیبانی یا جایگزینی کار عملی به عنوان ابزار تحقیق، و استفاده از چند رسانه ای ها و اینترنت به عنوان ابزاری برای پرورش توانایی استدلال علمی است. زیرا ما برآنیم که این ها مهم ترین کاربردهای فعلی فاوا در علوم تجربی اند؛ گرچه تاکنون کمتر مورد پژوهش قرار گرفته اند.

### فاوا در علوم تجربی

محور علوم تجربی، تحقیق عملی «آزمایشگاه بنیاد» است. می توان برای این کار عملی چهار هدف در نظر گرفت: انگیزه بخشیدن به دانش آموزان، آموزش مطالب نظری به آن ها، آموزش مهارت های آزمایشگاهی و آشنا کردن دانش آموزان با روش علمی که در نهایت کار عملی به آن ها کمک می کند مبنای منطقی - محاسباتی استدلال علمی را درک کنند. این مورد آخر غالباً «تفکر علمی»<sup>۳</sup> یا «سواد علمی»<sup>۴</sup> نامیده می شود. در این مقاله ما به مجموعه مهارت های گنجانده شده در رویکرد منطقی - محاسباتی به بافت های علمی با عنوان «استدلال علمی» اشاره می کنیم.

هنگام بررسی نقش فاوا در تدریس علوم تجربی، قرار دادن این موضوع در بافت تربیتی که ابزار ارائه ی برنامه ی درسی است، اهمیت دارد. الگوی کنونی تلفیق فاوا با برنامه ی درسی انگلستان و ولز در اوایل دهه ی ۱۹۹۰ طراحی شده است. پیش فرض الگو این است که رویکرد به علوم تجربی ماهیتاً پژوهشی است و دانش آموزان نظریه و فرایندهای علمی را هم زمان فرا می گیرند. از فعالیت های «فاوا محور» می توان برای بهبود پژوهش های علمی و یا از آن به عنوان جایگزین مجازی در برخی کارهای عملی استفاده کرد؛ یعنی زمانی که شبیه سازی با نمایش رایانه ای پدیده ی تحت مطالعه، از اکتشافات مدل پژوهشی پشتیبانی می کند.

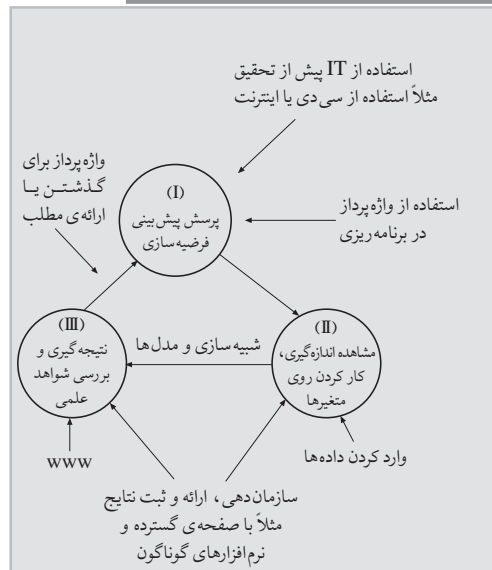
در مورد توفیق الگوی علوم پژوهشی، با یا بدون استفاده از فاوا، برای دست یابی به اهداف چهارگانه ی پیش گفته، می توان بحث کرد. مدت هاست که رشد درک نظری از راه کار عملی، فرایندی بسیار مشکل شناخته می شود؛ حتی اگر مطلوب دانسته شود. بسیاری از صاحب نظران بر آن اند که طی کار عملی، دانش آموزان صرفاً می توانند مشاهده کنند که چه رخ می دهد، و به چرایی آن پی نمی برند. نظریات منبعث از مشاهده ی پدیده های علمی، غالباً شامل ایده هایی انتزاعی هستند که نمی توان آن ها را به صورت مادی به تصویر کشید. بدتر آن که وقتی دانش آموزان مشغول فعالیتی عملی هستند، باید هم زمان با تجهیزات آشنا شوند، به فعالیت خود سامان ببخشند، به اندازه گیری، ثبت داده ها، مشاهده و نتیجه گیری دست بزنند و... در نتیجه، بار زیادی روی دوش آن ها قرار می گیرد. برای مدیریت این بار زیاد اطلاعات جانستون<sup>۵</sup> و وم<sup>۶</sup> پیروی از راهبردهای زیر را به دانش آموزان توصیه می کنند:

● اتخاذ رویکرد مرحله به مرحله ی ساده؛

## نقش فاوا در آموزش علوم تجربی

انجلا مک فارلین<sup>۱</sup> و سیلویسترا ساکلاریو<sup>۲</sup> (دانشگاه بریستول)

مثال هایی از استفاده ی متداول ممکن از فاوا در درس علوم



● تمرکز روی یک مرحله؛

● تقلید از کار دیگران (به ویژه آن‌هایی که عملکرد بهتری دارند).

از این جا مشخص می‌شود که حتی اگر نظریه از طریق نتایج قابل استنتاج باشد، شاگردان احتمالاً متوجه نظریه‌ی مربوطه نخواهند شد؛ به ویژه هنگامی که وقت کافی برای بحث کلاسی به منظور نتیجه‌گیری وجود نداشته باشد. در نتیجه، دانش آموزان ممکن است به حفظ کردن داده‌هایی روی آورند که به آن‌ها اعتقاد ندارند یا آن‌ها را درک نمی‌کنند و بنابراین نمی‌توانند آن‌ها را در موقعیت‌های جدید به کار بگیرند.

رشد مهارت‌های پژوهشی نیازمند رویکردی تکرارمداور است که در آن، دانش آموزان زمان کافی برای بسط و اصلاح آزمایش خود، و نتیجتاً بهبود درک خود از مفاهیمی مانند اعتبار داده‌ها و تکامل نظریه داشته باشند. در عین حال، بر ابزار پژوهش تسلط پیدا کنند و پدیده‌ی تحت مطالعه را به صورت مداوم مورد مشاهده قرار دهند تا از آن‌چه که می‌بینند، اطمینان حاصل کنند. از پیش فرض‌های رشد مهارت‌های پژوهشی هم چنین دست‌رسی دانش آموزان به تسهیلاتی است که به آزمایش‌های تولیدکننده‌ی نتایج قابل مشاهده‌ی دقیق کمک کنند. این امر نیازمند آن است که تسهیلات، تجهیزات، پشتیبانی فنی و... کافی وجود داشته باشد که همیشه این گونه نیست. علاوه بر این، حجم محتوای برنامه‌ی درسی آن قدر زیاد است که در عمل، احتمال آن که هر پژوهشی بیش از یک بار انجام شود، پایین است. این امر به مجموعه داده‌هایی کم حجم و غالباً آشفته منجر می‌شود که دست‌یابی به آن‌ها از طریق کار با ابزارهایی نه چندان آشنا - که مبنای تفسیر نظریات و مفاهیم هستند - صورت گرفته است.

مسئله ترکیب حجم زیادی از محتوا در برنامه‌ی درسی کشوری علوم تجربی و این فرض که می‌توان محتوا را از راه پژوهش به دانش آموزان آموخت، بدترین نتایج را به همراه دارد. در بخش بعدی ما به بررسی این موضوع می‌پردازیم که چگونه می‌توان از فاوا برای از میان برداشتن برخی از دشوارترین موانع بر سر راه یادگیری استفاده کرد؛ چه با استفاده از فاوا به عنوان ابزاری در بافت تحقیق عملی و چه به عنوان جای‌گزینی برای عناصر آزمایشگاهی تحقیق، یعنی هنگامی که پدیده‌ی تحت پژوهش را می‌توان از طریق سیستمی مجازی مورد بررسی قرار داد.

### پژوهش به کمک فاوا

هنگامی که هدف کار آزمایشگاهی، آموزش کار با تجهیزات، استفاده‌ی ایمن از مواد شیمیایی و غیره است، قطعاً استفاده از جای‌گزین‌های مجازی یا نظری برای تجربه‌ی فردی مستقیم توصیه نمی‌شود. در جایی که اهداف پژوهش شامل رشد درک نظری از طریق تفسیر داده‌ها نیز بشوند، می‌توان با استفاده از سامانه‌های رایانه‌ای برای ضبط و نمایش داده‌ها، فرایند را بهسازی کرد. به کمک این سامانه‌ها می‌توان به مجموعه‌ای از داده‌های دقیق که به راحتی و غالباً به صورت آنی و هم‌گام با مشاهده‌ی پدیده تفسیر می‌شوند، دست یافت.

«یادداشت داده‌ها»<sup>۷</sup>، یکی از کاربردهای اثبات شده‌ی فاوا در علوم تجربی است. اما این کار مخالفان و موافقان زیادی دارد. به خاطر یادداشت داده‌ها، ممکن است آزمایش‌ها بیشتر طول بکشند و درک نظری کاهش یابد، اما مهارت‌های پژوهشی، تحلیلی و تفسیری رشد می‌یابند. یادداشت داده‌ها تنها کاربرد ویژه‌ی فاواست که همواره در برنامه‌ی درسی رسمی انگلستان و ولز گنجانده شده است. با این حال، استفاده از آن در مدرسه‌ها فعالیت چندان پررنگی نیست. آمارهای دولتی نشان می‌دهند، تمامی مدارس متوسطه و برخی از مدرسه‌های ابتدایی به ابزارهای یادداشت داده‌ها مجهز هستند، اما استفاده از این ابزارها در موارد معدودی انجام می‌گیرد و بیشتر حالت نمادین دارد تا آن‌که به رویه‌ای معمول در کلاس‌های علوم تبدیل شده باشد.

پرسش مهم دیگری نیز وجود دارد: چه قدر کار عملی در کلاس‌های علوم تجربی انجام می‌شود؟ تجربه‌ی گروهی از آموزگاران علوم تجربی که مؤلفان این مقاله برای تحقیق در دست‌انجامشان با آن‌ها مصاحبه کرده‌اند، نشان می‌دهد، میزان کار عملی در کل رو به کاهش است. هنگامی هم که انجام می‌گیرد،

هنگامی که هدف کار آزمایشگاهی، آموزش کار با تجهیزات، استفاده‌ی ایمن از مواد شیمیایی و غیره است، قطعاً استفاده از جای‌گزین‌های مجازی یا نظری برای تجربه‌ی فردی مستقیم توصیه نمی‌شود



## استفاده از فاوا آن قدر مهم نیست که چگونگی استفاده از آن، و نقش معلم در این میان حیاتی است

تا حد زیادی از جانب معلم هدایت می شود. با این حال، کماکان یادداشت داده ها فعالیتی پراکنده است که بیشتر برای نشان دادن فنون کار است تا ارتقای سطح یادگیری علمی.

ضبط دیجیتالی تصویر در مقایسه با یادداشت داده ها، گزینه ای است که کمتر به آن پرداخته شده است. در این روش، رخدادهای صورت ویدیویی ضبط و روی نمایشگر رایانه نشان داده می شوند. با دستکاری فریم های زمانی می شود، به اتفاقاتی که بسیاری سریع یا بسیار کند رخ می دهند، دست رسی داشت. این روش به ویژه زمانی کاربرد دارد که نتایج آزمایش خلاف انتظارند و مشاهده ی دقیق آن ها دشوار است؛ برای مثال، رفتار دو جرم ناهمسان هنگامی که از ارتفاع مشابه رها می شوند.

انواع متفاوت ضبط و نمایش داده های با استفاده از فاوا می تواند کار عملی را بهبود ببخشد، به گونه ای که به پژوهشگر مجال می دهد، پدیده ها را دقیق تر مشاهده کند؛ چه از طریق مشاهده ی مستقیم به کمک سامانه های ضبط تصویر، و چه با نمایش سریع تر بازنمود مفصل یک پدیده در ضبط و تحلیل داده ها. هر دو مورد فرصتی هستند برای کاهش برخی از مشکلاتی که باعث می شوند، دانش آموزان نتوانند از تجربیات عملی خود به نظریه یا محتوایی دست یابند. علاوه بر این، اگر زمان کافی باشد، بازخورد فوری اشتباهات در انجام آزمایش عیان و باعث بهبود سطح فنون و مهارت های پژوهشی می شود.

اما در مورد سه هدف دیگر فعالیت عملی (انگیزه بخشی، شناخت محتوا و استدلال علمی) نیز دیگر گونه های فاوا می توانند نقشی برعهده بگیرند. استفاده از نرم افزارهایی مانند واژه پرداز (که هنوز با اختلاف زیاد بیشترین کاربرد رایانه در مدارس را به خود اختصاص می دهد)، صفحه ی گسترده و پایگاه داده ها در تدریس علوم، می تواند مؤثر باشد و شباهت زیادی به پیشرفت های عرصه ی یادگیری در بافت های دیگر دارد.

ادبیات مربوط به کارکرد انگیزشی فاوا چشم گیر و حاکی از آن است که اکثر دانش آموزان از استفاده از رایانه در کلاس درس استقبال می کنند. هیچ یک از مطالعات انجام شده بلندمدت نبوده اند و تمرکز هیچ کدام روی دانش آموزانی نبوده است که پشتوانه ای قوی از کار با فاوا در زندگی خود دارند. پژوهش های اولیه روی استفاده ی دانش آموزان از فاوا در خارج از مدرسه نشان می دهد، تأثیرات انگیزشی ممکن است زودگذر باشند، مگر آن که خود تکالیف «ارزش اصیل»<sup>۱</sup> داشته باشند. دانش آموزان در مواردی که به فاوا در خارج از مدرسه دست رسی آسان دارند. و در اغلب این موارد دست رسی آنان به تجهیزات پیچیده تر است. در مدرسه به کاربرانی تیزفهم تبدیل می شوند. البته برای تکالیف «رایانه محور» که پیچیدگی یا اصالتی ندارند، تأثیر مثبتی نمی توان فرض کرد.

### پژوهش به کمک فاوا

در پژوهش، استفاده از شبیه سازی، جای گزینی است برای سامانه های حقیقی. شبیه سازی این گونه تعریف شده است: برنامه هایی که توسط طراحان فراهم شده اند، بازنمود فرآیندی طبیعی یا الگویی نظری هستند و هدف آن ها تشریح / تفسیر یک فرآیند است. شبیه سازی های جدیدتر هم چنین مجموعه ای از داده های مجازی را در اختیار کاربر می گذارند. شبیه سازی ها را می توان روی طیفی از بازتابسته در نظر گرفت.

شبیه سازی های بسته، دانش آموزان را از هرگونه مسئولیتی که با جنبه ی تحقیقی تکلیف ارتباط داشته باشد. مانند برنامه ریزی یا طراحی، گردآوری یا نمایش داده. فارغ می سازند، و تمرکز آن ها روی بالا بردن فهم محتوا از طریق نمایش سامانه ای ایده آل است. این گونه شبیه سازی ها، نتایج آزمایش های مندرج در کتاب های درسی را بارها و بارها تولید می کنند. دانش آموز می تواند مقدار متغیرهای اصلی را در یک بازه ی قابل قبول تغییر بدهد. چنین سامانه هایی بازنمودی پویا از سامانه ای ایده آل فراهم می کنند که از طریق آن می توان، در مورد نظریه ی مربوطه کندوکاو کرد.

شبیه سازی های باز صرفاً مواد اولیه ی کار عملی را بازنمایی می کنند و دانش آموزان خود می توانند، تصمیم گیری های اصلی در باره ی ماهیت دقیق شبیه سازی را انجام دهند. این تصمیم گیری ها مربوط می شوند به تولید داده در بازه ی آزمایشی، و یا به کمک عنصری که تصادفی انتخاب شده است، برای شبیه سازی خطا / یا احتمال، انجام می گیرند؛ مانند مثال جفت گیری ژنتیک که در ادامه توضیح داده شده است.

در عمل، بیشتر محصولات تجاری در میانه ی این دو طیف، با گرایش بیشتر به منتهی الیه بسته، قرار می گیرند.



باگت اشاره می‌کند که شبیه‌سازی‌ها با وجود این که «توجه فزاینده‌ای» را جلب می‌کنند، اما چندان مورد علاقه نیستند. پژوهش‌های این حوزه بیشتر بر تأثیر استفاده از شبیه‌سازی بر یادگیری دانش‌آموزان متمرکزند تا مهارت‌های پژوهشی آن‌ها؛ البته استثنائاتی هم وجود دارد. در ایالات متحده، ایدسون و سیمونز از برنامه‌ی شبیه‌سازی ژنتیک برای آموزش دانش‌آموزان کلاس نهم و دهم مدارس متوسطه (که به ترتیب ۱۴ سال به بالا و ۱۵ سال به بالا بودند) استفاده کردند. این برنامه نشان می‌دهد که گربه‌ها چگونه رنگ و طرح موی خود را از والدینشان به ارث می‌برند. با این برنامه، دانش‌آموزان برای تحقیق خود برنامه‌ریزی کردند، متغیرها را تشخیص دادند، فرضیه‌های خود را آزمودند و یافته‌های خود را تفسیر کردند؛ فرایندهایی که با روش سنتی هم آن‌ها را تجربه می‌کردند. در این جا از شبیه‌سازی صرفاً به جای کار عملی استفاده شد؛ یعنی پرورش گزینشی حیوانات که آشکارا فراتر از سطح منابع و زمان در اختیار تمامی برنامه‌های درسی است، به خصوص با توجه به تعداد نمونه‌های مورد نیاز برای مشخص کردن احتمالات.

به نظر می‌رسد برنامه‌ی شبیه‌سازی با بازنمایی گرافیکی اش به دانش‌آموزان کمک کرده، ویژگی‌های ظاهری گربه‌ها را مجسم کنند. بیشتر دانش‌آموزان قالب گرافیکی را ترجیح می‌دادند و در کل، افزایش سطح مهارت‌های پژوهشی در آن گروه از دانش‌آموزان که از نسخه‌ی گرافیکی به جای نسخه‌ی الفبایی - عددی استفاده می‌کردند، بالاتر بود. یکی از دانش‌آموزان می‌گوید: «اگر فهرستی در دست باشد که انواع [گربه] را از نظر رنگ، مثل لک و پس دار، با خط‌های نازجی و سیاه و غیره شرح بدهد، معلوم نیست که بتوانی حتماً تصویر را در ذهن مجسم کنی و مطمئن نیستی چه جور گربه‌ای را داری جفت‌گیری می‌کنی. لازم است گربه را به تو نشان بدهند... به نظر من که جالب بود.»

شاگردانی که از هر دو نسخه (گرافیکی و الفبایی - عددی) استفاده می‌کردند، در طراحی پژوهش‌ها بهتر بودند؛ با وجود این که با پژوهش‌های زیست‌شناسی آشنا نبودند. فقط گروه‌هایی که از قالب گرافیکی استفاده می‌کردند، پیشرفت محسوسی در شناسایی و کنترل متغیرها پیدا کردند. این امر ممکن است دلایل متفاوتی داشته باشد. آن‌ها باید جفت‌گیری‌ها را تکرار می‌کردند تا بتوانند نمونه‌ای گردآوری کنند که به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد و براساس آن با اطمینان نتیجه‌گیری کنند. دانش‌آموزان با این فرایند بیگانه بودند و بیشتر آن‌ها تصور می‌کردند، بعد از یک یا دو نمونه جفت‌گیری کارشان تمام شده است. مشکل دیگر نداشتن مهارت‌های سازمان‌دهی بود، چون این نرم‌افزار نیاز داشت که داده‌های مربوط به بچه‌ها ثبت شود.

نتایج حاکی از آن‌اند که اگر اهداف تدریس شامل بالا رفتن درک دانش‌آموزان از نیاز به گردآوری مجموعه داده‌های بزرگ و ارائه‌ی مناسب آن‌ها بوده، تنظیم تکلیف از جانب معلم احتمالاً نادرست بوده است و دانش‌نظری دانش‌آموزان در مورد ماهیت احتمال، کمتر از آن بوده است که بتوانند از شبیه‌سازی حداکثر بهره را ببرند. در این هنگام توجه ما به این مسئله جلب می‌شود که به کارگیری تکالیف «فاوا محور» باید در بافت خود ارزیابی شود. معلم باید ماهیت دقیق فعالیت در حال انجام را، هم درک کند و هم انتقال دهد و مطمئن شود که دانش‌آموزان پیش‌زمینه‌ی لازم برای انجام تکلیف را دارند. نتایج مورد انتظار و بسندگی تکالیف برای رسیدن به این نتایج باید معیار سنجش تکالیف باشند. استفاده از فاوا آن قدر مهم نیست که چگونگی استفاده از آن، و نقش آموزگار در این میان حیاتی است.

شبیه‌سازی رایانه محور، در مقایسه با فعالیت عملی، پشتیبان بهتری برای رشد درک نظری است. اول آن که توانایی کار با ابزارها، دیگر مسئله‌ی مهمی نیست. دوم آن که شبیه‌سازی می‌تواند هم‌زمان، چند بازنمایی از رفتارهای واقعی و نظری سامانه‌ی تحت پژوهش برای مقایسه ارائه کند. و در نهایت این که مجموعه‌ی داده‌های تولید شده، نسبت به آن چه یک گروه یا کلاس از راه آزمایش عملی به دست می‌آورد، وسیع‌تر است. نظر ما این نیست که تمام شبیه‌سازی‌های در دست‌رس فعلی، تمام یا برخی از این فرصت‌ها را فراهم می‌کنند، اما بهترین آن‌ها این گونه‌اند. هم‌چنین، نظر ما این نیست که استفاده از شبیه‌سازی می‌تواند کاملاً جای‌گزين کار عملی آزمایشگاهی شود. نکته این است که انتخاب تکلیف باید به دقت با اهداف برنامه‌ریزی شده‌ی یادگیری هماهنگ شود، و در جایی که سویی‌ی این اهداف به سمت رشد درک نظری یا جنبه‌هایی از تحقیق است که ارتباطی با مهارت استفاده از ابزار ندارند، استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای مناسب، در مقایسه با کار عملی می‌تواند مزایای بیشتری داشته باشد.

## فاوا و استدلال علمی

اکنون بیش از هر زمان دیگری، حجم اطلاعات در دسترس افراد، بی شمار است و دانش‌آموزان باید به توانایی ارزیابی اطلاعات و بر ساخت «معرفت شخصی»<sup>۹</sup> مجهز باشند. آن‌ها باید بتوانند تفاوت میان گزاره‌ای که ممکن است درست باشد (برای مثال، خورشید ۰۰۰/۰۰۰/۵۰۰ سال عمر دارد) و یک حقیقت (برای مثال زمین به دور خورشید می‌چرخد) را تشخیص دهند و بین معرفت تولید شده توسط شبه علم (هم چون اختربینی / طالع بینی) و علم (اخترشناسی) تمیز قائل شوند. علاوه بر این، جامعه‌ی مدرن غالباً شهروندان خود را ملزم به تصمیم‌گیری در موارد متعددی می‌کند که برخی از آن‌ها با استلزامات فرهنگی دستاوردها ارتباط دارند (هم چون شبیه‌سازی موجودات). به این دلایل، درک عمومی از علوم تجربی ضروری می‌سازد که دانش‌آموزان نه تنها با محتوای علم، بلکه با روش‌های آن آشنا شوند. گفته شده است که تأکید بر معرفت علمی برای برخوردار شدن شاگردان از سواد علمی کفایت نمی‌کند. آن‌ها باید با روش‌های نتیجه‌گیری دانشمندان آشنا شوند.

با وجود این، روش‌های به نتیجه رسیدن دانشمندان کاملاً سر راست یا همسان نیست. از نگاه هلمز، روش علمی مجموعه‌ی مهارت‌ها، فرایندها (مانند کنترل متغیرها، آزمودن فرضیه‌ها و گردآوری داده‌ها)، فناوری‌ها و ابزارهایی است که دانشمندان برای جمع‌آوری داده‌های معتبر و روا به کار می‌گیرند تا از این طریق، نظریه‌ای را اثبات، رد یا تدوین کنند. از نگاه مؤلفان دیگری، معرفت‌شناسی نشان داده است که دانشمندان برای حل یک مسئله‌ی علمی فقط از یک روش یا «الگوریتم» استفاده نمی‌کنند. برخی از دانشمندان رو به آزمایش می‌آورند، در حالی که برخی دیگر این کار را نمی‌کنند. برای مثال، برای ستاره‌شناسان، «مداخله»<sup>۱۰</sup> در آزمایش معنی ندارد. چون آن‌ها تنها قادر به مشاهده‌ی رخداد‌های گذشته (که برخی از آن‌ها میلیون‌ها سال پیش اتفاق افتاده‌اند) در سامانه‌هایی هستند که نمی‌توانند بر آن‌ها تأثیر بگذارند. علاوه بر این، برخی دانشمندان بعد از آزمایش، نظریه‌ای را ارائه می‌کنند، در حالی که گاهی نظریه‌ها ابتدا طرح می‌شوند و آزمایش پس از آن، نظریه را اثبات یا رد می‌کند.

مثال‌های بالا نشان می‌دهند، دانشمندان واقعی راهبردهای متنوعی را به کار می‌گیرند و این که نمی‌توان قالب ثابتی برای روش علمی مشخص کرد. پس اگر الگوریتم ساده‌ای وجود نداشته باشد که بتواند روش‌های کار دانشمندان را تشریح کند، آیا روش علمی قابل آموزش است؟ برای شاگردان، یادگیری تمامی راهبردهای علمی از طریق پژوهش‌های مدرسه‌ای دشوار است؛ اگر نگوئیم غیرممکن است. با این حال، آموختن تعداد اندکی از آن‌ها به شاگردان واقع‌گرایانه است. می‌توان در مورد مفاهیم روش علمی صفحه‌ها نوشت، اما در این جا تمرکز ما روی شناخت روابط میان «شواهد»<sup>۱۱</sup>، «نتیجه‌گیری»<sup>۱۲</sup> حاصل از این شواهد، و بسط رویکردهای منطقی - محاسباتی به این رابطه است که پیش‌تر آن را استدلال علمی نامیده‌ایم.

گزاره‌ای که ما ارائه می‌کنیم بسیار ساده است و می‌تواند به نحوه مؤثری به توصیف اهداف اصلی برنامه‌ی درسی علوم تجربی بپردازد که قصد رشد توانایی استدلال علمی را دارند. دانش‌آموزی که چنین برنامه‌ای را با موفقیت به پایان ببرد، هنگامی که گزارشی در مورد یک تحقیق علمی را در رسانه یا جای دیگری مشاهده کند، بی اختیار از خود می‌پرسد: «چه طور این را می‌دانند؟» در حالی که از فرد غیرمتخصص نمی‌توان انتظار داشت داده‌های خام یا حتی استدلال‌ها را تفسیر کند. آن‌که سواد علمی دارد، مهارت‌های لازم برای تفسیر گزارش‌های عامه‌پسندتر و قضاوتی معتبر در مورد صدق و کذب ادعای این گزارش‌ها براساس منشأ و اعتبار منابع، و هم چنین خطاهای احتمالی در نتیجه‌گیری گزارش را داراست. این مهارت‌ها شامل شناخت و به‌کارگیری مفاهیمی نظیر احتمال، ریسک و قطعیت می‌شوند که به ما امکان قضاوت در مورد صحت احتمالی گزارش‌ها و پیامدهای فردی و اجتماعی رفتارها و سیاست‌ها را می‌دهند.

وجود این مهارت‌ها در حوزه‌ای که حجم بیش از حد اطلاعات جاری است، ضرورت دارد. وگرنه چگونه می‌توانیم از فلج فکری حاصل از بمباران اطلاعات درست و نادرست و ادعاهای متقابل که در حوزه‌هایی مانند امنیت غذایی، دستکاری ژنتیک، توان هسته‌ای، تغییرات آب و هوایی و آلودگی زیست

برای صحبت از نقش  
فاوا در آموزش علوم،  
ابتدا ضروری است  
اهداف آموزش را  
شناسایی کنیم و سپس  
به دسته‌بندی گونه‌های  
متفاوت فاوا پردازیم تا  
بتوانیم در مورد مرتبط  
بودن یا نبودن هر یک با  
آموزش صحبت کنیم

محیطی مطرح می‌شوند، اجتناب کنیم؟ هرکس که کوچک‌ترین علاقه‌ای به این مسائل داشته باشد، به سادگی متوجه تعداد بسیار منابعی می‌شود که از طریق رسانه‌های چاپی و الکترونیکی، گزارش‌های تحقیقی و نقدها و تحلیل‌های مبتنی بر این گزارش‌ها، اطلاعات متناقضی ارائه می‌دهند. دست‌رسی به اینترنت از خانه رو به افزایش است و دست‌رسی به اینترنت از طریق کتاب‌خانه‌ها و دیگر تسهیلات عمومی مانند مراکز یادگیری میسر است. یعنی هرکس می‌تواند فارغ از درآمد و سنش به شبکه‌ی جهانی دست‌رسی داشته باشد. مهارت‌های لازم برای تبدیل دریای اطلاعات به معرفت اصیل عبارت‌اند از: توانایی جست‌وجوی منابع چندرسانه‌ای گسترده، شناسایی و تفسیر اطلاعات مرتبط، نقد منابع از جهت منشاء (که شامل منبع، دقت، اعتبار و روایی می‌شود)، سنجش براساس شواهدی که ممکن است متناقض باشند و در نهایت، گردآوری و تلفیق منابع و تبدیل آن‌ها به بازنمودی اصیل از معرفت شخصی. این‌ها عناصر مهم سواد مبتنی بر فاواست که با سواد علمی و رشد توانایی استدلال علمی مرتبط‌اند.

### نتیجه‌گیری

برای صحبت از نقش فاوا در آموزش علوم، ابتدا ضروری است اهداف آموزش را شناسایی کنیم و سپس به دسته‌بندی گونه‌های متفاوت فاوا پردازیم تا بتوانیم در مورد مرتبط بودن یا نبودن هر یک با آموزش صحبت کنیم. در جایی که علم پژوهشی نقش محوری دارد، برخی کاربردهای فاوا می‌توانند پشتیبان فعالیت‌های علمی باشند و برخی دیگر می‌توانند جای‌گزین این فعالیت‌ها شوند و سامانه‌ی مجازی فراهم کنند که از طریق آن بتوان با استفاده از همان اصول آزمایشگاهی، به پژوهش پرداخت. علاوه بر این، الگوهای سیستمی ایده‌آل شده را می‌توان در کنار شبیه‌سازی سامانه‌ی واقعی به تصویر کشید تا رابطه‌ی بین بخش نظری و عملی تقویت شود.

راهکار دیگر، اتخاذ رویکردی تحلیلی به اطلاعات علمی ارائه شده در ادبیات علمی و رایج است که اینترنت منبعی غنی از هر دو در اختیار دارد. در جایی که شناخت روش‌های متعدد علمی و رابطه‌ی بین شواهد و نتیجه‌گیری‌ها ضرورت دارد، این تجربه می‌تواند مؤثرتر باشد؛ چرا که با دو جریان سروکار دارد: فرایندهای علمی که نمی‌توان آن‌ها را در آزمایشگاه مدرسه بازسازی کرد و موضوعاتی که برای دانش‌آموزان بسیار جذاب‌تر از محتوای ثقیل و کسل‌کننده‌ی برنامه‌ی درسی مدرسه هستند.

پیروی از یکی از این رویکردها ممکن است با خطر بروز شکاف اجتماعی در کلاس‌های درس علوم مدرسه همراه باشد؛ جایی که شاگردان توان‌تر از برنامه‌ی درسی مشاهده‌ای پیروی می‌کنند و افراد با توانایی کمتر از الگوی عوام‌پسندتر. در حال حاضر هم در مدرسه‌های بریتانیا دو جریان موازی وجود دارد: مدرسه‌های خصوصی و مدرسه‌های دولتی. شکاف بین این دو نوع مدرسه زیاد است و می‌توان نشان داد که شاگردان توانا، آمادگی کمتری برای ادامه‌ی مطالعه‌ی علوم در سطوح پیشرفته‌تر دارند. برای اجتناب از چنین برنامه‌ی درسی جدایی‌افکنی، بهتر است الگویی برای برنامه‌ی درسی طراحی کرد که توازن متعادل میان علم پژوهشی مشاهده‌ای - که برای مؤثرتر بودن به وسیله‌ی فاوا پشتیبانی می‌شود - و علم پژوهشی انتقادی - که از راه دست‌رسی به منابع علمی و اشتراک و بحث در مورد تحلیل‌ها میان دانش‌آموزان پشتیبانی می‌شود - برقرار کند. بدین وسیله شاگردان رویکردهای متعدد به علم را تجربه می‌کنند و احتمالاً را برای انتخاب شغلی در حوزه‌ی علم و تبدیل به شهروندانی برخوردار از سواد علمی تشویق می‌شوند.

### زیرنویس

1. Angela McFarlane
2. Silvestra Sakellariou
3. scientific thinking
4. scientific literacy
5. Johnstone
6. Wham
7. data logging
8. authentic value
9. personal knowledge
10. intervention
11. evidence
12. conclusion