

رو به فردا

ترویج علم در آستانه قرن تازه



پوریا ناظمی

● ایران رسماً در آستانه قرن تازه قرار دارد. ایران به‌زودی وارد قرن ۱۵ خورشیدی خواهد شد و این تغییری نمادین و مهم است. توسعه ایران با استانداردها و مفاهیم رایج آن به‌طور طبیعی به هزارویک دلیل در آغازین سال‌های قرن تازه تحقق نخواهد یافت، اما اگر از درس‌هایی که گرفته یا نگرفته‌ایم غفلت کنیم، به همین سرعت قرن تازه نیز به انتها می‌رسد و ما هنوز به دنبال اختراع دوباره چرخ خواهیم ماند. ترویج علم در ایران به این دلیل که نه‌تنها زیربنایی برای توسعه علمی و ضرورتی در توسعه پایدار است، به دلیل اهمیتی که در افزایش سواد عمومی و عمل‌گرایانه مردم دارد و آنها را توانا می‌کند تا بتوانند به شکل انتقادی به مسائل مختلف نگاه کرده و به دنبال پاسخ‌هایی برای آنها بگردند، اهمیتی حیاتی دارد. در عصری که صحبت از دوران فراسوی حقیقت می‌شود و مردم باید در برابر سیل خبرهای دروغین و بازار شبه‌علم و خرافه مجهز باشند تا بتوانند تصمیماتی به صلاح واقعی خود بگیرند، ترویج علم و ایده‌های علمی نیازی مهم‌تر از هرزمانی برای ما است. دلایل زیادی برای ترویج علم وجود دارد. برخی از این دلایل به نقشی برمی‌گردد که علم در جامعه ما بازی می‌کند. بخشی دیگر به بازار و اقتصاد علم مربوط است. بخشی از آن به لذت‌ها و تجربه‌ها و حتی سودهای شخصی مروجان برمی‌گردد، گاهی ترویج علم برای افزایش اطلاعات عمومی بخشی از جامعه است و گاهی هم برای کمک به مبارزه با خرافات و شبه‌علم و جلوگیری از سوءاستفاده فرصت‌طلبان از نام علم چه درون دنیای علم و چه بیرون از آن صورت می‌گیرد. بخش مهم دیگری از انگیزه‌های ترویج علم به تلاش‌ها برای توسعه مفهوم عمومی تفکر علمی بازمی‌گردد؛ تفکری که به عام‌ترین شکل ممکن به معنی استاندارد به مستندات، بناکردن استدلال بر مبنای امور مستند، آزمون فرض‌ها و ادعاها و آمادگی برای اصلاح، ابطال و به‌روزرسانی آنها بر اساس داده‌های تازه و تجربه‌های تازه است. نگاهی به چندین و چند سال کار ترویجی در جامعه ایران و برنامه‌هایی که امروز به نام آن صورت می‌گیرد، نکاتی را به ذهن می‌آورد که شاید رعایت آنها اندکی از چالش‌های راه آینده کم کند. ■ **ضرورت آسیب‌شناسی آنچه کرده‌ایم از آن مهتر مستندسازی تجربه‌هایی که در سال‌های دور و نزدیک در کشور انجام شده است؛** بسیاری از مشکلاتی که امروز در مقابل مسیر مروجان علم و ترویج علم قرار دارد، در گذشته در مقابل گروه‌های دیگر وجود داشته و برای برخی از آنها راه‌حل‌هایی پیدا شده است که امروز فراموش شده‌اند. مستندسازی و نگاه انتقادی به آنچه کرده‌ایم و می‌کنیم، راه را بر تکرار خطاهای گذشته می‌بندد. ■ **تعیین هدف زمان‌دار و قابل سنجنش؛** ما تنها زمانی می‌توانیم موفقیت یا شکست پروژه‌ای را اندازه بگیریم که هدفی مشخص، مدت‌دار و دارای قابلیت سنجنش برای آن تعریف کرده باشیم. در غیر این صورت هر کاری که کنیم، حتی اگر در جازدن در جای خود باشد را می‌توانیم نشانی از موفقیت ذکر کنیم. به‌عبارت‌دیگر تیری را در تاریکی و بی‌هدف رها کرده و هر جا که بر زمین نشست به دور آن دایره هدف را خواهیم کشید. ■ **میل به شهرت؛** یکی از آفت‌های شبکه‌های اجتماعی تشدید میل به شهرت است و یکی از مواردی که می‌تواند زمینه‌ای برای بروز آن فراهم کند، حوزه علم و ترویج علم است. پدیده ستاره‌های دنیای مجازی علم یا چیزی که گاهی از آن به‌عنوان سلبریتی‌های علمی نام برده می‌شود با نقد‌ها و خطرات فراوانی همراه است. باید مراقب باشیم که ترویج علم را راه وسیع‌ابگردن میل به شهرت قرار ندهیم و ندانند. علم وابسته از افراد و وابسته از شخصیت‌ها به‌پیش می‌رود و اعتبار از افراد نمی‌گیرد.

■ **شکاف دیجیتال؛** نسل تازه مروجان علم در ایران به‌دستری به اهمیت شبکه‌های مجازی و فضای آنلاین تأکید دارند. آنها بخش عمده‌ای

از برنامه‌ها و اهداف خود را بر مبنای ابزارهای ارتباطی آنلاین از شبکه‌های مجازی گرفته تا

پروژه‌های دیگر آنلاین برنامه‌ریزی و اجرا می‌کنند. درعین‌حال باید مراقب شکاف دیجیتال بود. مخاطبان بالفعل و بالقوه ترویج علم ایران الزاماً ساکنان دنیای دیجیتال نیستند؛ بسیاری از آنها به دلیل زیرساخت‌ها و برخی به دلیل عدم تمایل یا اولویت استفاده دسترسی مؤثر به این فضا ندارند. این گروه مهمی از مخاطبان ترویج علم است که اگر نادیده گرفته شود، می‌تواند اثرات منفی زیادی داشته باشد.

■ **به زبان آمیزه؛** باید مخاطبان‌مان را بشناسیم.

بر وسوسه عجیب‌وغریب و سخت‌گفتن، استفاده

بی‌دلیل از کلمات انگلیسی یا ادبیاتی که تنها قرار است بدرخشیدن توانایی ما در زبان باشد، بیهیزیم. بداینم برای چه کسی حرف می‌زنیم

و عمل می‌کنیم و مواظب باشیم مخاطب را درست تشخیص داده و برای او و مناسب او محتوا آماده کنیم.

تکامل جهت‌دار و جهت‌داری تکامل

شالوده برنامه پژوهشی «فرانسِس آرنولد»، برنده نوبل شیمی ۲۰۱۸، در سایه اصول بنیادین نظریه نوین تکامل معنا می‌یابد



بد لطیف و باعجاز روشن اثر هوکوسای

به سوی ژن‌نمودهای شایسته‌تر در این منظر سازشی می‌راند. اگر هیچ فرایند دیگر تکاملی در کار نباشد، انتخاب طبیعی صرفاً فراوانی هر ژن‌نمود موجود در جمعیت را متناسب با شایستگی زیستی آن در نسل بعد افزایش می‌دهد، به شکلی که نهایتاً افرادی که از منظر زیستی شایسته‌ترند، بیشترین فراوانی را نیز در جمعیت خواهند داشت. اگر جهش را نیز به این جمعیت اضافه کنیم، آن‌گاه در هر نسل انتخاب طبیعی زادگان افراد حامل جهش‌های شایسته‌تر را انتخاب می‌کند. اگر منظر سازشی ما شکلی شبیه آن‌گاه انتخاب طبیعی باید نهایتاً جمعیت را به بالای قله می‌رساند. اما مسئله‌ای که اثر انتخاب طبیعی را مختل می‌کند، فرایندی است که تحت عنوان رانش ژنی شناخته می‌شود. رانش ژنی به نقش تصادف در تغییر فراوانی ژن‌نمودهای مختلف در یک جمعیت از نسلی به نسل دیگر اشاره می‌کند. تصور کنید که ۱۰هزار تیله رنگی در دست دارید و می‌خواهید از میان این مجموعه از تیله‌ها، مجموعه‌ای دیگر بسازید. فرض کنید که بخواهیم مجموعه دوم را بدون کاهش اندازه مجموعه اول پدید آوریم؛ در این صورت وجود سطلی از تیله‌ها مشکل ما را حل می‌کنند: می‌توان تیله‌ای را از مجموعه ۱۰هزارتایی اولیه انتخاب کرد و با توجه به رنگ آن تیله، تیله‌ای هم‌رنگ را از سطل انتخاب کرد و در مجموعه دوم قرار داد و سپس تیله نخستین را به مجموعه ۱۰هزارتایی بازگرداند. فرض کنید که از ۱۰هزار تیله مجموعه اول، یک چهارم آبی‌رنگ، یک چهارم سبزرنگ و نیمی زرد هستند. با فرض انتخاب تصادفی تیله‌ها طبق روشی که توصیف شد، نسبت تیله‌ها در مجموعه دوم چه خواهد بود؟ برای حل این مسئله تنها نگاشتن چند خط به زبان رایانه کفایت می‌کند؛ نتیجه یک دور نمونه‌برداری تصادفی از میان ۱۰هزار تیله با نسبت‌های رنگی فوق در رایانه من نسبت‌هایی مشابه نسل قبل بود (آبی–۰۰.۲۴، سبز–۰.۲۵۳۸، و زرد–۰.۰۵۵۴). اگر چرا آرنولد دست‌به‌دامان انتخاب طبیعی برای ساخت پروتئین‌هایی با ویژگی‌های دلخواه شد؟ آیا نمی‌شود مهندس‌وار به پروتئین نظر افکند و با توجه به واکنشی که آن پروتئین درگیر آن خواهد شد اجزای پروتئین را چنان تغییر داد که عملکرد پروتئین مورد نظر به بهترین شکل خود درآید؟ با توجه به تعداد کوچک‌تر، پررنگ‌تر است، اگر ژن‌نمودهای یک جمعیت را مانند تیله‌هایی متفاوت در نظر بگیرد، نمونه‌برداری تصادفی می‌تواند صرفاً برحسب تصادف به تغییر فراوانی این ژن‌نمودها در نسل بعد منجر شود. بررسی‌هایی که پیش می‌آید این است که دوشیزه طبیعی وجود ندارد تا به این نمونه‌برداری تصادفی دست بزند و نتایجی که در اینجا ذکر کردم حاصل نگارش چند خط کد نرم‌افزاری در رایانه شخصی‌ام است. نمونه‌برداری تصادفی به

ساخت پروتئین‌هایی با ویژگی‌های دلخواه شد؟ آیا نمی‌شود مهندس‌وار به پروتئین نظر افکند و با توجه به واکنشی که آن پروتئین درگیر آن خواهد شد اجزای پروتئین را چنان تغییر داد که عملکرد پروتئین مورد نظر به بهترین شکل خود درآید؟ با توجه به تعداد کوچک‌تر، پررنگ‌تر است، اگر ژن‌نمودهای یک جمعیت را مانند تیله‌هایی متفاوت در نظر بگیرد، نمونه‌برداری تصادفی می‌تواند صرفاً برحسب تصادف به تغییر فراوانی این ژن‌نمودها در نسل بعد منجر شود. بررسی‌هایی که پیش می‌آید این است که دوشیزه طبیعی وجود ندارد تا به این نمونه‌برداری تصادفی دست بزند و نتایجی که در اینجا ذکر کردم حاصل نگارش چند خط کد نرم‌افزاری در رایانه شخصی‌ام است. نمونه‌برداری تصادفی به



فتاخر اثر آرنولد آیوازوفسکی

افزایش می‌دهند حاصل جمع جبری اثر هر یک از این جهش‌ها نیست و گاهی حتی دو جهش نیکو در کنار یکدیگر محصولی بدتر تولید می‌کند. فضای ژنتیکی ممکن برای یک پروتئین خاص (یا یک موجود زنده) را می‌توان منطری تصور کرد که چنان وسیع و پریچ‌وخم است که هیچ‌کس با پای پیاده (رویکرد مهندسی) به جایی نخواهد رسید. انتخاب طبیعی اما مانند جرقه‌قلی عمل می‌کند و اجازه جابه‌جایی در این فضای وسیع را در زمانی قابل قبول می‌دهد. انتخاب طبیعی را می‌توان یک الگوریتم طبیعی قلمداد کرد. الگوریتمی که در صورت وجود شرایط زیر به خودی خود به راه می‌افتد:

۱- تنوع در صفات اعضای یک جمعیت وجود داشته باشد.

۲- این تنوع به تفاوت در موفقیت تولیدمثلی افراد منجر شود.

۳- این تفاوت‌ها به ارث برسند.

در رویکرد تکامل جهت‌دار، تنوع ژنتیکی با استفاده از روش‌هایی چون واکنش زنجیره‌ای پی‌سی‌آر را که در آن از روی یک مولکول دنا نسخه‌های فراوانی ساخته می‌شود، می‌توان به گونه‌ای تغییر داد تا تعداد زیادی جهش طی همتاسازی دنا پدید آید. پروتئین‌های شایسته را می‌توان با انتقال ژن‌های جهش‌یافته به باکتری و مخمر سنجنید و بهترین نسخه را از میان اشکال جهش‌یافته انتخاب کرد. حتی می‌توان به بررسی محصول این ژن‌های جهش‌یافته در لوله آزمایش بسنده کرد و انتخاب شایسته‌ترین شکل این ژن‌ها را از این‌ طریق انجام داد. با تکرار این مراحل (ایجاد تنوع – بیان اطلاعات ژنی – اندازه‌گیری شایستگی زیستی – انتخاب) می‌توان به اشکال شایسته‌ای رسید که به ذهن هیچ‌کس خطور نمی‌کرد. زمانی که وُردزُورث درخصوص زیبایی و نیکویی روایت طبیعت می‌نماید، معنای تازه به این ابیات می‌بخشد. گرچه از دنیای اطراف ما سخن می‌گفت مطمئناً داروینسم را در سر نمی‌پروراند. بسیاری از هم‌عصران داروین و پس از او از توصیف الفرد لرد تینیسون استفاده کردند («طبیعت، با ددان‌ها و پنجه‌هایی آغشته به خون») گرچه شعر تینیسون ۹ سال پیش از انتشار منشأ انواع (۱۸۵۹) منتشر شد. با وجود روح رمانتیک و طبیعت‌گرای شعر وُردزُورث، دانش ما از روش طبیعت در حل مسائل و استفاده از این روش برای حل مسائلی که از منظر ما بسیار درهم‌تنیده می‌نمایند، معنایی تازه به این ابیات می‌بخشد. گرچه ساخته‌های دست تکامل لزوماً «کامل» نیستند، اما روشی که جرقه‌قل انتخاب طبیعی برای پوشش فضای به ظاهر نامتناهی ژن‌نمودهای ممکن در پیش می‌گیرد در موارد پرشماری بسیار کارآمدتر از مهندسی اگاهانه ما برای حل مشکلاتی مشابه است. شاید از منطری ساده‌انگرانه تکامل و فرایند‌های تکاملی چون انتخاب طبیعی و رانش ژنی را در تضاد با رویکردی رمانتیک به طبیعت قلمداد کنید، اما در حقیقت زیبایی و عظمتی در پس این دیدگاه نهفته است و رختی برازنده و پرزرق‌وبرق طبیعت می‌پوشاند. از این منظر، طبیعت تنها در سطحی‌ترین و دم‌دستی‌ترین معنا زیبا نیست بلکه شالوده‌ای که منجر به چنین اشکال زیبایی می‌شود عمقی زیبا و دل‌انگیز به طبیعت می‌بخشد. سوای این زیبایی اما، همان‌گونه که آرنولد و همکاران نشان داده‌اند، راه‌حل‌هایی به «ذهن» طبیعت می‌رسد که هرگز، در میلیون‌ها سال، به ذهن ما خطور نمی‌کرد. داروین منشأ گونه‌ها را با فروکاست طبیعت به سازوکارهایی بی‌روح به پایان نمی‌برد، بلکه پاراگراف پایان اثر گران‌سنگ خود را با این جمله شروع می‌کند که «عظمتی در این رویکرد به طبیعت وجود دارد». انتخاب جهت‌دار درستی چنین دیدگاه علم‌ورزانه اما سحرانگیز به طبیعت را بیش از پیش به تصویر می‌کشد.

● همه ما، گاه و بی‌گاه، در فضای مجازی یا حقیقی، با گزاره‌های بی‌معنی یا خرافی‌ای که با وام‌گرفتن چند اصطلاح در معنای نادرست سعی بر علمی به نظررسیدن می‌کنند، روبه‌رو می‌شویم. هرچند در قرون ۱۸ و ۱۹ در جوامع علمی کشور‌های پیشرو گمان می‌رفت به‌تدریج خرافات و رمال‌گری از جامعه رخت ببرند، اما در قرن ۲۱ شاهد بازگشت مفاهیم خرافی به سطح جامعه هستیم با این تفاوت که امروزه بسیاری از مروجان خرافات وانمود می‌کنند که ادعاهایشان پایه علمی دارد. به این نوع ادعاها، شبه‌علم اطلاق می‌شود. شبه‌علم در ایران روندی رو به رشد دارد. برخی از محصولات شبه‌علمی تولید داخلی هستند، اما برخی دیگر کالاهای وارداتی از سایر کشورها هستند که در بین افرادی که گمان می‌کنند هر چه از خارج، به‌ویژه از راه‌های ارتباطی مدرنی همچون اینترنت با ماهواره به داخل آید ارزشمند است، طرفداران زیادی می‌یابند. گزاره‌های شبه‌علمی، افراد جامعه را فریب می‌دهند و از پویایی علمی و برگرفتن راه‌حل‌های علمی و منطقی برای حل مشکلات بازمی‌دارند. در عمل، نه امکان‌پذیر و نه صحیح است که نهادی رسمی متصدی مبارزه با شبه‌علم باشد چراکه جلوی آزادی بیان گرفته می‌شود و سانسور رواج می‌یابد. درست‌تر آن است که بکوشیم که آگاهی عمومی چنان بالا برود که شهروندان خود علم و شبه‌علم را از هم تمیز دهند و شبه‌علم را پس بزنند. در زیر به برخی از روش‌ها برای تشخیص شبه‌علم از علم اشاره می‌کنیم.

۱- گزاره‌های شبه‌علمی، با وجود به‌کارگیری برخی از اصطلاحات علمی، فاقد ارزش درستی وادراستی هستند. به عبارت دیگر، ابطال‌ناپذیر هستند. مستقل از اینکه واقعیت یا نتایج مشاهدات و آزمایش علمی چه باشد، مروج شبه‌علم می‌تواند با بازی کلامی شخص را متقاعد کند که تئوری آنها هم همین نتیجه را پیش‌بینی می‌کرده است. درصورتی که یک فرضیه علمی قابل آزمون است و می‌توان آن را با آزمایش تأیید یا رد کرد.

۲- یکی از روش‌های آسان برای تشخیص علم از شبه‌علم آن است که ببینیم چقدر این گزاره‌ها و این فرضیه‌ها بین اهل فن که در دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های رسمی کشور مشغول به کار هستند، مقبولیت دارند. خوشبختانه دامن دانشگاه‌ها در همه گوشه و کنار میهن –مستقل از رتبه‌بندی آنها– تا حد مطلوبی از شبه‌علم پاک هست. توجه کنید که شبه‌علم به‌کل با بی‌اخلاقی علمی (نظیر تقلب علمی یا نگارش مقالات پرشمار کم‌محتوا) فرق دارد. برخی از مروجان شبه‌علم ادعا می‌کنند که در دانشگاه‌های درجه یک دنیا کرسی استادی داشته‌اند. با کمک اینترنت می‌توان درستی این ادعا را آزمود. توجه کنید که کرسی استادی‌داشتن، با ارائه یک سخنرانی غیررسمی به دعوت از یک برنامه نیمه‌تفریحی دانشجویی تفاوت دارد.

۳- مروجان شبه‌علم که در پژوهشگاه‌ها و دانشگاه‌های معتبر ایران و دنیا جایی نمی‌یابند، گاه ادعا می‌کنند که مانند گالیله در زمان خود، هیچ‌کس در بین دانشگاهیان محافظه‌کار سخن آنها را درک نمی‌کند. هرچند گالیله از طرف نهاد کلیسا مورد جفاهای بسیار قرار گرفت، اما بین دانشگاهیان هم‌عصر خود به‌عنوان دانشمندی طراز اول مورد احترام بود و هرگز متهم به ترویج خرافات یا شبه‌علم نشد. این واقعیت که دانشمندان هم‌عصر او فرضیه او را به‌یکباره قبول نکردند، به معنای طرد گالیله نبود. در واقع دانشمندان هم‌عصر او دقت آزمایشی وسایل اندازه‌گیری او را مورد سؤال قرار می‌دادند و برخی معتقد بودند با آن وسایل غیردقیق نمی‌توان نتیجه‌گیری‌ای کرد که بخش بزرگی از فرضیه‌های موجود او در دور ریزد. در واقع هم‌اکنون هم در جامعه فیزیک وقتی کشفی صورت می‌گیرد، چنین نقدهایی انجام می‌گیرد با این‌حال کاشف یا کاشفان متهم به شبه‌علم نمی‌شوند. در واقع فرضیه جدید وقتی به تئوری پذیرفته‌شده تبدیل می‌شود که این نقدها پاسخ داده شود. به دلیل همین سخت‌گیری‌های علمی که گزاره‌های علمی پذیرفته‌شده، قابل‌اعتماد هستند.

۴- مروجان شبه‌علم بیش از اینکه به نتایج و داده‌های علمی آزمایش‌های معتبر مدرن استناد کنند، به متون قدیمی ارجاع می‌دهند. این روش در متدلوژی علمی منسوخ است. ۵- از ویژگی‌های مهم یک آزمایش معتبر تکرارپذیری آن است. گاهی خطای آزمایشگاهی منجر به نتایج نادرست می‌شود. اگر نتایج تکرار مکرر آزمایش‌ها متفاوت باشد، این داده‌گیری به‌ویژه، در نتیجه‌گیری علمی به کنار نهاده می‌شود. حال آنکه مروجان شبه‌علم برای تأیید ادعای خود به‌طور گزینشی فقط نتایج همین آزمایش پرخطا را ملاک قرار می‌دهند.

برای مطالعه بیشتر مراجعه کنید به کتاب «علم و نابخردی» نوشته دبیری رندر و مایکل رندر و ترجمه آرتینا قدسی‌رانی که به وسیله انتشارات انجمن فیزیک به چاپ رسیده است. *پژوهشگر فیزیک ذرات بنیادی پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، پژوهشکده فیزیک

علم و جامعه

راه‌های تشخیص علم از شبه‌علم



یاسمن فرزانه

● همه ما، گاه و بی‌گاه، در فضای مجازی یا حقیقی، با گزاره‌های بی‌معنی یا خرافی‌ای که با وام‌گرفتن چند اصطلاح در معنای نادرست سعی بر علمی به نظررسیدن می‌کنند، روبه‌رو می‌شویم. هرچند در قرون ۱۸ و ۱۹ در جوامع علمی کشور‌های پیشرو گمان می‌رفت به‌تدریج خرافات و رمال‌گری از جامعه رخت ببرند، اما در قرن ۲۱ شاهد بازگشت مفاهیم خرافی به سطح جامعه هستیم با این تفاوت که امروزه بسیاری از مروجان خرافات وانمود می‌کنند که ادعاهایشان پایه علمی دارد. به این نوع ادعاها، شبه‌علم اطلاق می‌شود. شبه‌علم در ایران روندی رو به رشد دارد. برخی از محصولات شبه‌علمی تولید داخلی هستند، اما برخی دیگر کالاهای وارداتی از سایر کشورها هستند که در بین افرادی که گمان می‌کنند هر چه از خارج، به‌ویژه از راه‌های ارتباطی مدرنی همچون اینترنت با ماهواره به داخل آید ارزشمند است، طرفداران زیادی می‌یابند. گزاره‌های شبه‌علمی، افراد جامعه را فریب می‌دهند و از پویایی علمی و برگرفتن راه‌حل‌های علمی و منطقی برای حل مشکلات بازمی‌دارند. در عمل، نه امکان‌پذیر و نه صحیح است که نهادی رسمی متصدی مبارزه با شبه‌علم باشد چراکه جلوی آزادی بیان گرفته می‌شود و سانسور رواج می‌یابد. درست‌تر آن است که بکوشیم که آگاهی عمومی چنان بالا برود که شهروندان خود علم و شبه‌علم را از هم تمیز دهند و شبه‌علم را پس بزنند. در زیر به برخی از روش‌ها برای تشخیص شبه‌علم از علم اشاره می‌کنیم.

۱- گزاره‌های شبه‌علمی، با وجود به‌کارگیری برخی از اصطلاحات علمی، فاقد ارزش درستی وادراستی هستند. به عبارت دیگر، ابطال‌ناپذیر هستند. مستقل از اینکه واقعیت یا نتایج مشاهدات و آزمایش علمی چه باشد، مروج شبه‌علم می‌تواند با بازی کلامی شخص را متقاعد کند که تئوری آنها هم همین نتیجه را پیش‌بینی می‌کرده است. درصورتی که یک فرضیه علمی قابل آزمون است و می‌توان آن را با آزمایش تأیید یا رد کرد.

۲- یکی از روش‌های آسان برای تشخیص علم از شبه‌علم آن است که ببینیم چقدر این گزاره‌ها و این فرضیه‌ها بین اهل فن که در دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های رسمی کشور مشغول به کار هستند، مقبولیت دارند. خوشبختانه دامن دانشگاه‌ها در همه گوشه و کنار میهن –مستقل از رتبه‌بندی آنها– تا حد مطلوبی از شبه‌علم پاک هست. توجه کنید که شبه‌علم به‌کل با بی‌اخلاقی علمی (نظیر تقلب علمی یا نگارش مقالات پرشمار کم‌محتوا) فرق دارد. برخی از مروجان شبه‌علم ادعا می‌کنند که در دانشگاه‌های درجه یک دنیا کرسی استادی داشته‌اند. با کمک اینترنت می‌توان درستی این ادعا را آزمود. توجه کنید که کرسی استادی‌داشتن، با ارائه یک سخنرانی غیررسمی به دعوت از یک برنامه نیمه‌تفریحی دانشجویی تفاوت دارد.

۳- مروجان شبه‌علم که در پژوهشگاه‌ها و دانشگاه‌های معتبر ایران و دنیا جایی نمی‌یابند، گاه ادعا می‌کنند که مانند گالیله در زمان خود، هیچ‌کس در بین دانشگاهیان محافظه‌کار سخن آنها را درک نمی‌کند. هرچند گالیله از طرف نهاد کلیسا مورد جفاهای بسیار قرار گرفت، اما بین دانشگاهیان هم‌عصر خود به‌عنوان دانشمندی طراز اول مورد احترام بود و هرگز متهم به ترویج خرافات یا شبه‌علم نشد. این واقعیت که دانشمندان هم‌عصر او فرضیه او را به‌یکباره قبول نکردند، به معنای طرد گالیله نبود. در واقع دانشمندان هم‌عصر او دقت آزمایشی وسایل اندازه‌گیری او را مورد سؤال قرار می‌دادند و برخی معتقد بودند با آن وسایل غیردقیق نمی‌توان نتیجه‌گیری‌ای کرد که بخش بزرگی از فرضیه‌های موجود او در دور ریزد. در واقع هم‌اکنون هم در جامعه فیزیک وقتی کشفی صورت می‌گیرد، چنین نقدهایی انجام می‌گیرد با این‌حال کاشف یا کاشفان متهم به شبه‌علم نمی‌شوند. در واقع فرضیه جدید وقتی به تئوری پذیرفته‌شده تبدیل می‌شود که این نقدها پاسخ داده شود. به دلیل همین سخت‌گیری‌های علمی که گزاره‌های علمی پذیرفته‌شده، قابل‌اعتماد هستند.

۴- مروجان شبه‌علم بیش از اینکه به نتایج و داده‌های علمی آزمایش‌های معتبر مدرن استناد کنند، به متون قدیمی ارجاع می‌دهند. این روش در متدلوژی علمی منسوخ است. ۵- از ویژگی‌های مهم یک آزمایش معتبر تکرارپذیری آن است. گاهی خطای آزمایشگاهی منجر به نتایج نادرست می‌شود. اگر نتایج تکرار مکرر آزمایش‌ها متفاوت باشد، این داده‌گیری به‌ویژه، در نتیجه‌گیری علمی به کنار نهاده می‌شود. حال آنکه مروجان شبه‌علم برای تأیید ادعای خود به‌طور گزینشی فقط نتایج همین آزمایش پرخطا را ملاک قرار می‌دهند.

برای مطالعه بیشتر مراجعه کنید به کتاب «علم و نابخردی» نوشته دبیری رندر و مایکل رندر و ترجمه آرتینا قدسی‌رانی که به وسیله انتشارات انجمن فیزیک به چاپ رسیده است. *پژوهشگر فیزیک ذرات بنیادی پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، پژوهشکده فیزیک