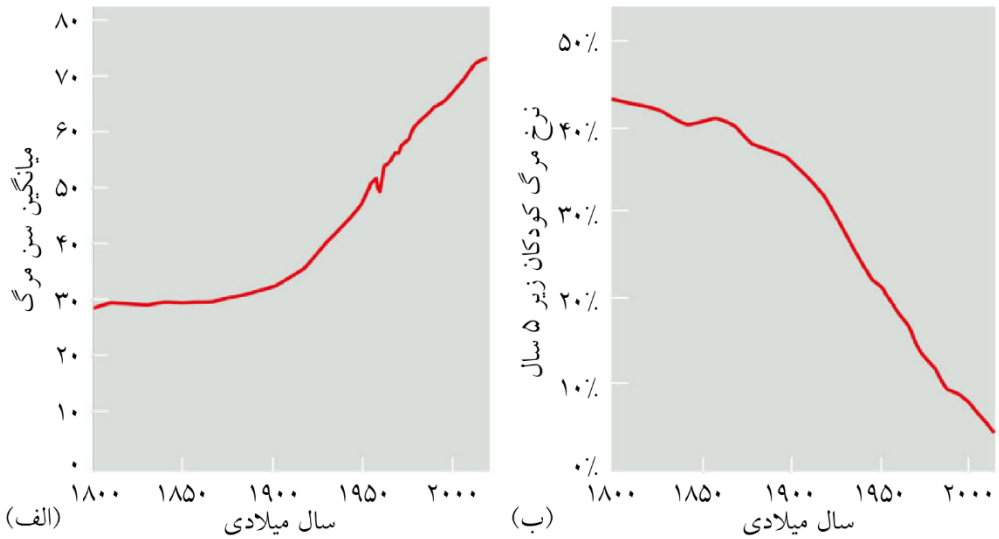
چرا به علم اعتماد کنیم؟

نوشتاری مختصر برای کمک به گسترش درک چگونگی تولید دانش علمی، ضمن پیشنهاد تمرکزی جدید بر آموزش علوم در تمام سطوح.

محصولات علم و تلاش‌های دانشمندان، زندگی روزمرهٔ ما را غنی‌تر می‌کند. شاید هنگام جستجوی اینترنت برای یک تکلیف کلاسی یا مطلبی جالب برای خواندن، به طور اتفاقی به این مقاله برخورده باشید. قبل از سال ۱۹۹۰ میلادی (۱۳۶۸ هجری شمسی)، اینترنت اصلاً وجود نداشت. با این حال، اکنون ما از آن برای همه چیز استفاده می‌کنیم، از تماشای ویدیو و گوش دادن به موسیقی گرفته تا سفارش غذا و ارتباط با خانواده و دوستان.

اینترنت تنها یک نمونه از چگونگی تغییر شیوهٔ زندگی ما توسط علم و فناوری است. به برق، ماشین‌ها و کامپیوترها فکر کنید – و البته پیشرفت‌های پزشکی که به ما اجازه می‌دهند دو برابر اجدادمان که فقط چند صد سال پیش زندگی می‌کردند، عمر کنیم. اکثر ما زمان زیادی را صرف فکر کردن به این



علم قوی و قابل اعتماد، سلامت انسان را بهبود بخشیده است. امید به زندگی در ۲۰۰ سال گذشته بیش از دو برابر شده و مرگ و میر کودکان به طرز چشمگیری کاهش یافته است. نوآوری‌های مبتنی بر تحقیقات علمی – از جمله بهداشت، واکسن‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها و درمان بیماری‌ها – عامل بیشتر این پیشرفت‌ها هستند. (برگرفته از دنیای ما در داده‌ها ourworldindata.org)

چیزها نمی‌کنیم، زیرا واقعاً نیازی به این کار نداریم. ما به این اعتماد داریم که فناوری‌ها کار خواهند کرد. ما به این اعتماد داریم که وقتی تلفن خود را به برق وصل می‌کنیم، باتری شارژ می‌شود. ما به این اعتماد داریم که وقتی سوار ماشین می‌شویم، موتور انرژی شیمیایی موجود در بنزین یا باتری را به انرژی جنبشی حرکت تبدیل می‌کند.

اما چرا ما به این فناوری‌ها اعتماد می‌کنیم که – راستش را بخواهید – اکثر ما حتی نمی‌توانیم کاملاً آنها را درک کنیم؟ چند نفر از ما می‌دانیم که یک تلفن هوشمند یا موتور ماشین یا یک باتری قابل شارژ چگونه کار می‌کند؟ آیا تا به حال پس از تماشای ویدیوی ایمنی در هواپیما از خود پرسیده‌اید که چگونه یک جت غول‌پیکر که صدها تُن وزن دارد، می‌تواند از زمین بلند شود و به آسمان برود؟

تعداد بسیار کمی از ما در هر یک از این موارد متخصص هستیم. با این حال، ما اعتماد داریم که می‌توانیم در پایان روز تلفن‌های خود را شارژ کنیم و هواپیماها به طور غیرقابل توضیحی از آسمان سقوط نمی‌کنند. ما اعتماد داریم که این چیزها کار خواهند کرد زیرا می‌توانیم به حرفهٔ مهندسی که آنها را تولید

کرده است اعتماد کنیم: پیشرفت‌های تکنولوژیکی که توسط اصول مشتق شده از مشاهده و آزمایش گسترده امکان‌پذیر شده‌اند. به عبارت دیگر، ما به آن علم زیربنایی اعتماد داریم.

اما آیا همهٔ علوم به یک اندازه قابل اعتماد هستند؟ بسیاری از داستان‌هایی که در اخبار می‌شنویم یا در اینترنت با آنها مواجه می‌شویم با این عبارت شروع می‌شوند: «یک مطالعهٔ جدید نشان می‌دهد...» اما آیا ادعاهای علمی که درباره‌شان می‌خوانیم همیشه دقیق و درست هستند؟ اگر اینطور نیست، چگونه می‌دانیم کدام مطالعات قوی و قابل اعتماد هستند – و کدام ممکن است به طور نامناسبی طراحی شده باشند یا حتی کاملاً ساختگی باشند – به خصوص وقتی که خودمان تخصص لازم برای تجزیه و تحلیل آزمایش و داده‌ها را نداریم؟

... آیا ادعاهای علمی‌ای که درباره‌شان می‌خوانیم همیشه دقیق و درست هستند؟

در این مقاله، به این سوال می‌پردازیم که چرا می‌توانیم به علم اعتماد کنیم –و چگونه می‌توانیم تشخیص دهیم که به کدام ادعاهای علمی می‌توانیم اعتماد کنیم. ما با توضیح اینکه چگونه دانشمندان، به عنوان بخشی از یک جامعهٔ علمی بزرگتر، با هم همکاری می‌کنند تا دانشی قابل اعتماد تولید کنند، شروع می‌کنیم. ما شرح می‌دهیم که چگونه فرآیند علمی به اجماع می‌رسد و چگونه شواهد جدید می‌تواند شیوهٔ نگاه دانشمندان – و در نهایت، بقیهٔ ما – به جهان را تغییر دهد. در آخر، اما نه کم‌اهمیت‌تر، توضیح می‌دهیم که چگونه، به عنوان شهروندان آگاه، می‌توانیم به «بیگانگانی شایسته» تبدیل شویم که برای ارزیابی ادعاهای علمی مجهز هستند و می‌توانند حقایق علمی را از داستان‌های علمی تخیلی جدا کنند.

علم از طریق تلاشی جمعی، دانش می‌آفریند

وقتی یک دانشمند را تصور می‌کنید، چه چیزی به ذهنتان خطور می‌کند؟ شاید یک شیمیدان را تصور کنید که ساعت‌های طولانی و تنها پشت میز آزمایشگاه کار می‌کند، تختهٔ سفیدی پر از معادلات و بِشِرهایی که در پس‌زمینه در حال جوشیدن هستند. یا شاید کسی مانند گرگور مندل (Gregor Mendel)، راهب اتریشی که گاهی اوقات به عنوان پدر ژنتیک توصیف می‌شود، را تصور کنید که تنها در باغ صومعهٔ خود، با دقت نسل به نسل گیاهان نخود فرنگی پرورش یافته خود را بررسی می‌کند.

عکس از Lizzy Mwamburi

اگر چنین است، ممکن است از شنیدن اینکه علم – به ویژه علم مدرن - کاملاً یک ورزش تیمی است، شگفت‌زده شوید. در هر زمینه‌ای از علم، از نجوم گرفته تا جانورشناسی، محققان در جامعهٔ علمی گسترده‌تر با یکدیگر همکاری می‌کنند. این محققان داده‌های خود را در نشریات به اشتراک می‌گذارند و یافته‌های خود را در کنفرانس‌ها به بحث می‌گذارند. آنها طرح‌های تحقیقاتی می‌نویسند که توسط همتایان علمی آنها بررسی می‌شود. آنها سخنرانی‌هایی ارائه می‌دهند که در آن دیگران همه چیز را از روش‌های آنها گرفته تا نحوهٔ تفسیر نتایجشان بررسی و ارزیابی می‌کنند. آنها با همکاران خود همکاری می‌کنند – و با رقبا تعامل دارند – که همگی بخشی از یک شبکهٔ گسترده از دانشمندان مستقر در مؤسسات سراسر جهان، از جمله بسیاری در کشورهای جنوب جهانی و کشورهای در حال توسعه هستند. همانطور که لودویک فلک (Ludwik Fleck) – میکروبیولوژیست لهستانی که جامعه‌شناسی علم را نیز مطالعه کرده است – می‌گوید: «یک محقق واقعاً منزوی غیرممکن است... تفکر یک فعالیت جمعی است.»

> علم – به ویژه علم مدرن – کاملاً یک ورزش تیمی است... تفکر یک فعالیت جمعی است.

در پاسخ به این انتقادات جمعی، محققان استراتژی‌های دقیق‌تری را برای آزمایش نظریه‌ها و مفاهیم خود ابداع می‌کنند. دانشمندان – چه کاشفان اصلی و چه افراد خارج از آن گروه – سپس فرضیه‌های خود را طوری تنظیم می‌کنند که به بهترین شکل با تمام داده‌های موجود سازگار باشد. اگر دو فکر بهتر از یک فکر باشد، وقتی صحبت از علم می‌شود، صدها و شاید حتی هزاران محقق اغلب برای تعمق در مورد یک مسئله و آزمایش تجربی – و آزمایش مجدد – راه‌حل پیشنهادی، فکرهای خود را روی هم می‌گذارند. به این ترتیب، جامعهٔ علمی تلاش می‌کند تا به اجماع برسد.

البته، دانشمندان، مانند هر کس دیگری، می‌توانند اشتباه کنند. اما، به عنوان یک گروه، دانشمندان متخصصانی هستند که زندگی خود را وقف تلاش برای درک جهانی که در آن زندگی می‌کنیم، کرده‌اند.

بنابراین ما باید برای آموزش و تخصص آنها به همان اندازهٔ اعتمادمان به مکانیک‌ها، خلبانان و کنترل‌کنندگان ترافیک هوایی که با هم کار می‌کنند تا از برخاستن و فرود ایمن پروازهایمان اطمینان حاصل کنند، ارزش قائل باشیم. دانشمندان آموزش دیده‌اند تا هر چیزی را که می‌بینند با نگاهی تحلیلی بررسی کنند. بنابراین وقتی سوالاتی داریم که ذاتاً نیاز به بررسی روشمند و دقیق دارند، منطقی است که برای یافتن پاسخ‌ها به دانشمندان مراجعه کنیم.

علم خود را اصلاح می‌کند زیرا دانشمندان منتقد کار خود هستند

وقتی برای اولین بار در مورد «روش علمی» یاد می‌گیریم، به ما گفته می‌شود که یک دانشمند مشاهداتی انجام می‌دهد و سپس فرضیه‌ای - پیشنهادی که آن مشاهدات را توضیح می‌دهد - را مطرح می‌کند که می‌تواند با نوعی آزمایش سنجیده شود. اگر نتایج از فرضیه پشتیبانی کند، فرضیه تأیید می‌شود و محقق می‌تواند سپس تحقیقات بیشتری را برای اصلاح بیشتر مدل خود انجام دهد.

یک سیستم دقیق کنترل و توازن در روش علمی «گنجانیده شده» است.

اما این تصویر بسیار ساده‌انگارانه است. در واقعیت، فرضیه‌ها پیشنهادهایی هستند که برای رد شدن فرموله می‌شوند. دانشمندان آموزش دیده‌اند که حتی (یا به ویژه) نسبت به فرضیه‌های خودشان شکاک باشند. دانشمندان خوب با این آگاهی عمل می‌کنند که ایده‌ها یا مدل‌های اولیه‌شان ممکن است نیاز به تجدیدنظر یا حتی رد کامل داشته باشند. برخی حتی ممکن است استدلال کنند که هدف اصلی علم، حذف مفاهیم نادرست، نتایج غیرقابل تکرار و تفسیرهای نادرست است. از آنجا که علم از طریق آزمایش دقیق فرضیه‌ها در سطح جامعه پیشرفت می‌کند، به طور مؤثر اشتباهات خود را اصلاح می‌کند. یک سیستم دقیق کنترل و توازن در روش علمی «گنجانیده شده» است که ما را از اطلاعات نادرست دور کرده و به سمت درک دقیق‌تر و قابل اعتمادتری از جهان هدایت می‌کند.

عکس از Ashrafi Hossain

کاربرد سالم شک‌گرایی به علم اجازه پیشرفت می‌دهد. اما این پیشرفت تنها به این دلیل است که دانشمندان، به عنوان یک جامعه، مجموعه ارزش‌های مشابهی را به اشتراک می‌گذارند. جیکوب برونوفسکی (Jacob Bronowski)، فیزیکدان و فیلسوف، در کتاب خود با عنوان «علم و ارزش‌های انسانی» خاطرنشان می کند: «علم، کار یک [محقق] را با کار دیگری روبرو می‌کند و هر یک را به دیگری پیوند می‌دهد؛ علم بدون عدالت و افتخار و احترام نمی‌تواند زنده بماند. علم تنها با این ابزارها می‌تواند هدف پایدار خود، یعنی کشف حقیقت، را دنبال کند.»

شیوه‌های مشترک، دقت یافته‌های علمی را افزایش می‌دهند

ارزش‌های مشترک به تنهایی برای خوداصلاحی علم کافی نیستند. با گذشت زمان، جامعهٔ علمی مجموعه‌ای از شیوه‌های انتقادی را توسعه داده است که بررسی مداوم دانش را که برای پیشرفت علم لازم است تسهیل می‌کند. این شیوه‌ها محققان را قادر می‌سازد تا با شناسایی مشکلات بالقوه در نظریه‌ها و آزمایش‌های خود، «کار خود را بررسی کنند» و به آنها اجازه می‌دهد اصلاحات لازم را دنبال کنند.

۱. **تکرار مستقل.** وقتی محققان کار خود را منتشر می‌کنند، توضیحات جامعی از رویه‌های آزمایشی که دنبال کرده‌اند ارائه می‌دهند. بسیاری از انتشارات شامل فهرستی از تمام مواد مورد استفاده، و همچنین محل خریداری مواد اولیه، نحوهٔ تهیهٔ آنها و حتی شمارهٔ سری ساخت روی بطری هستند! این سطح طاقت‌فرسا از جزئیات به گونه‌ای طراحی شده است که به دیگران در جامعه اجازه دهد آزمایش اصلی را بازتولید کنند (یا آزمایشی بسیار مشابه انجام دهند). به این ترتیب، دانشمندان می‌توانند به راحتی نتایج یکدیگر را تأیید یا به آنها اضافه کنند – یا مشکلی را در مطالعهٔ اصلی شناسایی کنند.

جامعهٔ علمی مجموعه‌ای از شیوه‌های انتقادی را توسعه داده است ... که برای پیشرفت علم لازم است.

۲. **آزمایش‌های تصادفی کنترل‌شده.** برای تعیین اینکه آیا یک دارو یا واکسن جدید (یا حتی یک برنامهٔ درسی علوم دبیرستان) مؤثرتر از داروی فعلی است یا خیر، دانشمندان آنچه را که برای گروهی از افراد که مداخله جدید را دریافت می‌کنند اتفاق میفتد، با یک گروه «کنترل» که این مداخله را دریافت نمی‌کنند، مقایسه می‌کنند. برای اطمینان از اینکه این دو گروه به طور معناداری تفاوت ندارند (به عنوان مثال، یکی شامل افرادی باشد که همگی دهه‌ها از گروه دیگر مسن‌تر هستند)، چنین مطالعاتی شرکت‌کنندگان را به طور تصادفی به هر گروه اختصاص می‌دهند: برخی برای دریافت درمان آزمایشی و برخی دیگر برای دریافت درمان مرسوم و فعلی یا دارونما -یک مادهٔ غیرفعال یا یک درمان غیرواقعی (یا «ساختگی»). این آزمایش‌های تصادفی کنترل‌شده، رویکرد استاندارد طلایی را برای تعیین قطعی اینکه آیا یک درمان جدید هم مؤثر و هم ایمن است، نشان می‌دهند.

۳. **تحلیل کور.** وقتی دانشمندان آزمایش‌های خود را طراحی و اجرا می‌کنند، چه چیزی مانع از آن می‌شود که (چه عمدی و چه غیرعمدی) داده‌هایی را که از فرضیه‌هایشان پشتیبانی می‌کنند، به صورت گزینشی گزارش دهند؟ برای جلوگیری از چنین سوگیری، دانشمندان می‌توانند از یک «تحلیل کور» استفاده کنند تا از «دیدن پاسخ‌ها» از قبل جلوگیری کنند. به عنوان مثال، در یک کارآزمایی بالینی برای آزمایش اثربخشی یک دارو یا واکسن، محققانی که مطالعه را انجام می‌دهند معمولاً نمی‌دانند کدام شرکت‌کنندگان درمان را دریافت می‌کنند و کدام یک دارونما. اغلب اوقات، خود شرکت‌کنندگان نیز نمی‌دانند - و این تضمین می‌کند که هیچ کس درگیر در مطالعه نمی‌تواند سهواً نتایج را تغییر دهد.

٤. **اعتبارسنجی آماری.** داده‌های علمی همیشه تا حدی تغییرپذیری را نشان می‌دهند، بنابراین محققان از تحلیل‌های آماری برای ارزیابی احتمال «واقعی» بودن یک نتیجهٔ خاص، در مقایسه با چیزی که می‌تواند به طور تصادفی اتفاق افتاده باشد، استفاده می‌کنند. برای جلوگیری از گمراه شدن، دانشمندان خوب آزمایش‌های خود را با تمام کنترل‌های مناسب، نمونه‌های تکراری، و تعداد به اندازهٔ کافی بزرگی از نمونه‌ها طراحی می‌کنند تا به آنها اطمینان دهد که نتایج آنها معنادار است و صرفاً به دلیل شانس تصادفی نیست.

۵. **ارزیابی همتایان.** هر کاری که دانشمندان انجام می‌دهند، توسط دانشمندان دیگر ارزیابی می‌شود. محققان معمولاً قبل از شروع تحقیقات خود، درخواست‌هایی برای تأمین بودجهٔ آزمایش‌های خود ارائه می‌دهند و توضیح می‌دهند که قصد دارند چه کاری انجام دهند و چگونه آن را انجام دهند. این درخواست‌ها توسط سایر محققان ارزیابی می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که فقط پروژه‌هایی که خوب طراحی شده‌اند، حمایت مالی دریافت می‌کنند. مقالاتی که دانشمندان برای توصیف تحقیقات خود می‌نویسند، قبل از انتشار در مجلات «ارزیابی شده توسط همتایان» به طور مشابه بررسی می‌شوند. در این فرآیند، دانشمندانی که تخصص لازم را دارند (که هویت آنها معمولاً برای نویسندگان مطالعه فاش نمی‌شود) قبل از پذیرش مقاله برای انتشار، در مورد آن بازخورد می‌دهند. در نهایت، پس از انتشار مقالات تحقیقاتی، تمام اطلاعات ارائه شده توسط آنها توسط جامعهٔ علمی گسترده‌تر مورد نقد قرار می‌گیرد.

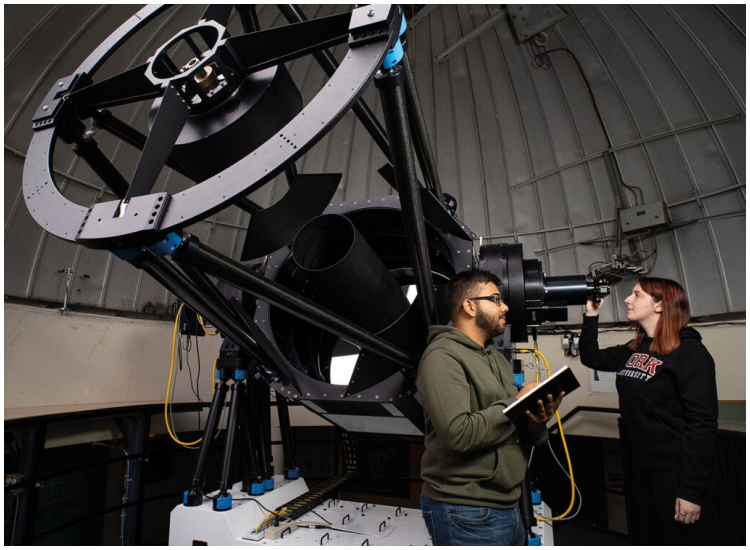
اگرچه ممکن است دانشمندان به صورت انفرادی اشتباه کنند، اصلاحات جامعه‌محور به آن حوزه اجازه می‌دهد تا به سمت درک هرچه بیشتر پیشرفت کند.

دانشمندان با انتشار نتایج خود و بررسی انتقادی روش‌ها و تحلیل‌هایشان، تبادل ایده‌ها را تسهیل می‌کنند، فرضیه‌ها و تفسیرها را به چالش می‌کشند و یکدیگر را تشویق می‌کنند تا دائماً نظریه‌های خود را دوباره ارزیابی کرده و نتیجه‌گیری‌های خود را اصلاح کنند. بنابراین، اگرچه ممکن است دانشمندان به صورت انفرادی اشتباه کنند، اصلاحات جامعه‌محور به آن حوزه اجازه می‌دهد تا به سمت درک هرچه بیشتر پیشرفت کند.

تنها ادعاهایی که از آزمون‌های دقیق آزمایش‌ها و نقدهای گسترده در سطح جامعه سربلند بیرون آمده‌اند، به عنوان ادعاهایی موقتاً معتبر پذیرفته می‌شوند و بدین ترتیب ما را به سمت اجماعی قابل اعتماد سوق می‌دهند که می‌توانیم به آن اعتماد کنیم. همانطور که نائومی اورِسکِس (Naomi Oreskes)، دانشمند و مورخ، در کتاب خود با عنوان «چرا به علم اعتماد کنیم؟» می‌گوید: «... اساس اعتماد ما به دانشمندان – به عنوان افرادی خردمند یا درستکار – نیست، بلکه به علم به عنوان یک فرآیند اجتماعی است که ادعاها را به دقت بررسی می‌کند.»

علم سیستمی برای درک جهان است که پیش‌بینی‌های قابل آزمایش ارائه می‌دهد

علم صرفاً با تأیید مکرر اطلاعات یکسان، تحت شرایط یکسان، پیشرفت نمی‌کند. زیبایی کار علمی این است که از مشاهدات و آزمایش‌های گذشته برای پیش‌بینی چگونگی رفتار جهان طبیعی در آینده استفاده می‌کند. این کار را با تولید مدل‌ها انجام می‌دهد: چارچوب‌های مفهومی برای نحوهٔعملکرد چیزها. سپس این مدل‌ها بارها توسط محققان در آزمایشگاه‌های دیگر – و حتی در سایر زمینه‌های علمی – آزمایش می‌شوند تا مشخص شود که آیا همیشه درست هستند یا خیر. آزمایش‌های جدید ممکن است یک مدل را تأیید کنند، منجر به تغییر کوچک یا بزرگ آن شوند، یا باعث رد آن و جایگزینی با مدلی شوند که بهتر با تمام داده‌ها سازگار باشد.



عکس از دانشگاه یورک (تورنتو، کانادا)

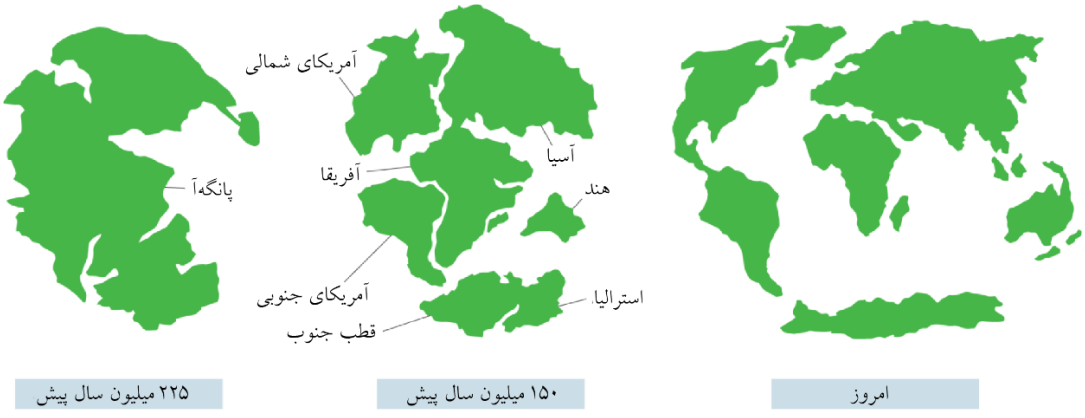
به این ترتیب، علم شبکهٔ گسترده‌ای از دانش به هم پیوسته و جاافتاده ایجاد کرده است که به ما اجازه می‌دهد نه تنها چیزهایی را که امروز مشاهده می‌کنیم توصیف یا توضیح دهیم، بلکه پیش‌بینی کنیم که فردا، سه‌شنبهٔ آینده و ۱۰۰ سال بعد چه اتفاقی خواهد افتاد. در اواخر صدهٔ ۱۶۰۰ (معادل با صدهٔ یازدهم هجری شمسی)، سِر ایزاک نیوتن (Sir Isaac Newton) قوانین حرکت خود را برای توضیح چگونگی تأثیر نیروهای فیزیکی بر حرکت اجسام ارائه داد. این قوانین هنوز هم معتبر هستند. در هر کجای کرهٔ زمین، می‌توانیم از آنها برای سنجش سرعت دویدن مورد نیاز برای رهگیری یک توپ در حال حرکت یا چگونگی انجام یک حرکت سریع روی اسکیت‌بورد استفاده کنیم. اما همین قوانین در فضا نیز اعمال می‌شوند، جایی که می‌توانند با دقت تقریباً عجیب و غریبی پیش‌بینی کنند که چه زمانی خورشیدگرفتگی بعدی رخ می‌دهد، یک موشک برای رسیدن به مریخ به چه مقدار سوخت نیاز دارد، یا اینکه آیا انجام یک انفجار دقیقاً

هدف دار، می تواند نیروی کافی برای تغییر مسیر سیارکی را فراهم کند که در غیر این صورت ممکن است در پنج ماه، پنج سال یا پنج قرن آینده با زمین برخورد کند.

تفکر علمی به طور مداوم با شواهد جدید اصلاح می‌شود و گاهی اوقات می‌تواند تغییر عمده‌ای در نحوهٔ نگرش ما به جهان ایجاد کند

واضح است که علم فرآیندی تکراری و بی‌پایان از اکتشاف و تحلیل است که در آن حتی ایده‌های رایج نیز به طور مداوم مورد ارزیابی مجدد قرار می‌گیرند، زیرا دانشمندان مشاهدات جدید انجام داده و شواهد تازه‌ای جمع‌آوری می‌کنند. با قدرتمندتر شدن روش‌های موجود برای انجام این مشاهدات، آنها نه تنها اکتشافات جدید را تقویت می‌کنند، بلکه به ایده‌های قدیمی‌تر اجازه می‌دهند تا با نگاهی تازه مورد بررسی مجدد قرار گیرند. در برخی موارد، شواهد جدید می‌توانند نحوهٔ نگاه ما به جهان را کاملاً دگرگون کنند.

برای مثال، در اوایل قرن بیستم میلادی، دانشمندان چند نظریه در مورد حرکت قاره‌ها روی زمین داشتند. یک نظریه معتقد بود که آنها در اوایل تاریخ زمین‌شناسی شکل گرفته‌اند و درست در همان جایی که از آن برخاسته‌اند، باقی مانده‌اند. دیگری پیشنهاد می‌کرد که زمین جوان با سرد شدن منقبض شده و باعث شده سطح آن مانند پوست کشمش خشک شده، خم و تا شود. تصور می‌شد که این چین



نظریهٔ تکتونیک صفحه‌ای نشان می‌دهد که چگونه تصور می‌شود قاره‌ها در طول زمان حرکت کرده‌اند.

اگرچه مفهوم رانش قاره‌ای بیش از یک قرن پیش مطرح شد، اما دهه‌ها مشاهده و توسعهٔ فناوری‌های جدید طول کشید تا شواهد لازم برای تأیید این مفهوم جسورانه و شگفت‌انگیز – که در ابتدا غیرممکن تصور می‌شد – مبنی بر اینکه قاره‌ها به آرامی در سطح زمین در حال خزش هستند، جمع‌آوری شود.

و چروک‌ها باعث شده‌اند که زمین به سمت بالا یا پایین حرکت کند و پشته‌های رشته‌کوه‌ها و اعماق فرورفتهٔ کف اقیانوس‌ها را تشکیل دهد.

سپس، در اوایل صدهٔ ۱۹۰۰ میلادی، یک هواشناس آلمانی به نام آلفرد وَگنر (Alfred Wagner) در حال بررسی این موضوع بود که چگونه بر روی نقشه جهان، خطوط منحنی آمریکای جنوبی و آفریقا مانند قطعات یک پازل به هم متصل به نظر می‌رسند. او این پیشنهاد شگفت‌انگیز را مطرح کرد که تمام قاره‌های زمین به صورت جانبی در سطح آن حرکت می‌کنند و زمانی بخشی از یک تودهٔ بزرگ به نام پانگه‌آ بوده‌اند که به تدریج طی صدها میلیون سال از هم جدا شده است.

عکس از Tom Mumford، دانشگاه واشینگتن

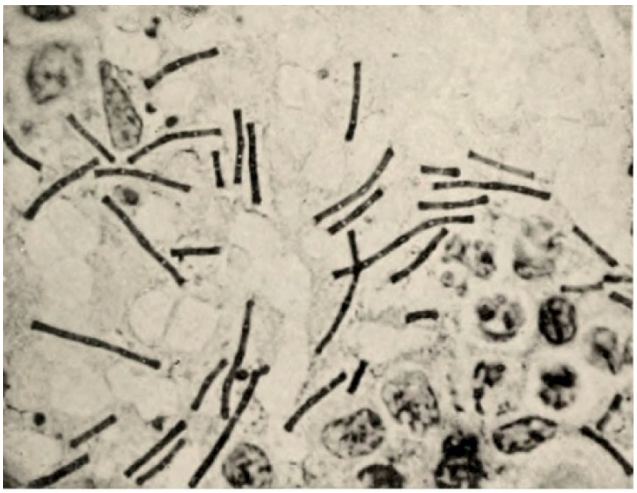
اما شواهد محکمی مبنی بر اینکه زمینی که روی آن ایستاده‌ایم آنقدرها هم که به نظر می‌رسد پایدار نیست، تا دههٔ ۱۹۵۰ میلادی (دههٔ ۱۳۲۰ و ۱۳۳۰ هجری شمسی) به دست نیامد، زمانی که زمین‌شناسان از سونار برای نقشه‌برداری از کف اقیانوس استفاده کردند. به جای سطح صافی که انتظار داشتند، آنها رشته‌کوه‌ها و گودال‌هایی را کشف کردند که با گسترش کف دریا تشکیل شده بودند. در طول دههٔ ۱۹۶۰، دانشمندان به بررسی کف اقیانوس ادامه دادند و نحوهٔ هم‌ترازی مواد مغناطیسی هنگام تشکیل سنگ‌های باستانی را مطالعه کردند. داده‌هایی که آنها جمع‌آوری کردند نشان داد که نه تنها قاره‌ها نسبت به یکدیگر جابجا شده‌اند، بلکه صفحات عظیمی از پوستهٔ زمین - به اصطلاح «صفحات تکتونیک» که قاره‌ها و اقیانوس‌های سیاره همگی روی آنها حرکت می‌کنند - نیز جابجا شده‌اند. این خزش آهسته، تقریباً به سرعت رشد ناخن‌های شما، اکنون می‌تواند مستقیماً با استفاده از سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS) اندازه‌گیری شود. و مشاهده و مطالعهٔ مداوم این پدیدهٔ بسیار مهم است: حرکت صفحات تکتونیکی است که باعث آتشفشان‌ها و زلزله‌ها می‌شود.

بیشتر دانش علمی تدریجاً به سمت یک اجماع قابل اعتماد پیش می‌رود

اگرچه فرآیند تحقیق علمی گاهی اوقات منجر به تغییرات چشمگیری در درک ما از جهان طبیعی می‌شود، همانطور که برای یافتن صفحات تکتونیکی اتفاق افتاد، اما بیشتر تغییرات در دانش علمی بسیار تدریجی‌تر هستند. با انجام مطالعات بیشتر و بیشتر، جامعهٔ علمی به سمت درک عمیق‌تر از یک مشکل یا سوال، گام به گام پیش می‌رود.

این ایده را در نظر بگیرید که بیماری‌ها می‌توانند توسط میکروارگانیسم‌ها ایجاد شوند. در قرن‌های ۱۸ و ۱۹، پزشکان و دانشمندان کنجکاو با دسترسی به میکروسکوپ، گزارش دادند که میکروب‌هایی (که در آن زمان حیوانک یا «حیوانات کوچک» نامیده می‌شدند) را در زخم‌های عفونی یا نمونه‌های خون جمع‌آوری‌شده از افراد مبتلا به طاعون و سایر بیماری‌های وحشتناک شناسایی کرده‌اند. اما آیا این موجودات کوچک علت بیماری بودند؟

پزشک آلمانی، رابرت کُخ (Robert Koch)، اولین کسی بود که یک میکروارگانیسم خاص را با یک بیماری خاص مرتبط دانست. او کار خود را با مطالعهٔ بیماری سیاه زخم که دام‌ها و همچنین انسان‌ها را تحت تأثیر قرار می‌داد، آغاز کرد. کخ با بررسی خون سیاه شدهٔ گاوها و گوسفندان بیمار، توانست چیزهایی را ببیند که به نظر می‌رسید ترکه‌های ریز یا نخ هستند. این ترکه‌های کوچک هرگز در خون حیوانات سالم یافت نشدند. سپس کخ یک تکه چوب کوچک را در خون یک حیوان بیمار فرو برد و از آن برای تلقیح یک موش استفاده کرد. وقتی آن موش در اثر سیاه‌زخم از پا درآمد، کخ متوجه شد که خون آن موش نیز پر از ترکه‌های مشکوک است.



کشف اینکه نوع خاصی از میکروب میله‌ای شکل باعث سیاه‌زخم می‌شود. این عکس که توسط رابرت کخ از طریق میکروسکوپ گرفته شده است، در سال ۱۸۷۷ منتشر شد.

حتی در آن زمان، کخ نمی‌توانست مطمئن باشد که چیز دیگری در نمونه‌اش وجود

ندارد که باعث بیماری شود. بنابراین او تکنیکی برای رشد میکروب‌ها در یک ظرف کشت ابداع کرد تا آنها کلونی‌های جداگانه‌ای تشکیل دهند که هر کدام حاوی جمعیت خالصی از تنها یک نوع میکروب باشند. این رویکرد دقیق و گام به گام به او اجازه داد تا ثابت کند که یک میکروب خاص، که او جمع‌آوری کرده و سپس در آزمایشگاه کشت داده بود، می‌تواند باعث یک بیماری خاص و کشنده شود.

با استفاده از رویکردی مشابه، کخ میکروبی را که باعث بیماری سل (TB) می‌شود کشف کرد - میکروبی که با ترکه‌های کوچکی که باعث سیاه‌زخم می‌شوند، متفاوت است. برای این کار، کخ در سال ۱۹۰۵ جایزه نوبل را دریافت کرد. و بسیاری از اکتشافات دیگر به دنبال آن صورت گرفتند. تنها چند دهه بعد، همین نوع تحقیقات منجر به جداسازی ویروسی شد که باعث آنفولانزا می‌شود. مطالعه ویروس‌ها حتی از باکتری‌ها نیز دشوارتر است، زیرا آنها بسیار کوچک هستند و با استفاده از میکروسکوپ نوری دیده نمی‌شوند. بنابراین، وقتی پزشکان به نمونهٔ سواب بینی افراد مبتلا به آنفولانزا نگاه می‌کردند، نمی‌توانستند عامل مشخصی را ببینند. اما در سال ۱۹۳۳، محققان در بریتانیا «محلول‌های شستشوی گلو» را که توسط همکار بیمارشان غرغره شده بود، از یک فیلتر ریز عبور دادند که اجسام بزرگتر، از جمله سلول‌ها را حذف می‌کرد. آنچه باقی ماند، مایعی بود که حاوی چیزی آنقدر ریز بود که نامرئی بود، اما آنقدر عفونی بود که وقتی در سوراخ بینی یک راسو چکانده می‌شد، تمام علائم آنفولانزا - از جمله گرفتگی بینی، عطسه و تب - را به حیوان می‌داد. این آزمایش‌ها که نشان دادند خلط فیلتر شده از یک فرد بیمار اما نه از یک فرد سالم می‌تواند بیماری را گسترش دهد، محققان را به سمت ویروسی که مسئول همه‌گیری‌های مکرر آنفولانزا بود و میلیون‌ها نفر را در سراسر جهان کشته بود، سوق داد.

امروزه، پزشکان و محققان می‌توانند نمونه‌هایی از افراد مبتلا به یک بیماری ناشناخته جمع‌آوری کنند و از فناوری‌های قدرتمند DNA برای غربالگری سریع آنها برای ژن‌هایی که با صدها ویروس، باکتری، انگل و قارچ شناخته‌شدهٔ عامل بیماری مرتبط هستند، استفاده کنند. چنین رویکردی منجر به جداسازی و شناسایی سریع ویروس مسئول کووید (COVID) شد. تعیین اینکه چه نوع میکروبی باعث عفونت می‌شود، اولین گام به سوی توسعهٔ واکسن‌ها و درمان‌هایی است که می‌توانند روند بیماری را کند یا از آن جلوگیری کنند. در مورد کووید، کشف اولیهٔ ویروس به سرعت با مطالعاتی در مورد چگونگی ورود آن به سلول‌های میزبان و نحوهٔ انتقال آن از فردی به فرد دیگر دنبال شد - یافته‌هایی که به

سرعت توسط آزمایشگاه‌های متعدد در سراسر جهان تأیید شدند. این درک منجر به توسعه و تجویز یک واکسن جدید برای میلیاردها نفر در ظرف کمتر از یک سال پس از اولین گزارش‌های عفونت شد. چنین پیشرفت سریعی از یک کشف اساسی تا یک مزیت بالینی نشان می‌دهد که - حتی با وجود کنترل‌ها و توازن‌های موجود (از جمله آزمایش‌های کنترل‌شده و کور و ارزیابی همتایان) - علم گاهی اوقات می‌تواند در زمانی بی‌سابقه به اجماع برسد.

درک فرآیند علمی می‌تواند به ما در تمایز بین اطلاعات نادرست و علم مشروع کمک کند

به لطف گسترش انفجاری اینترنت و گسترش اجتناب‌ناپذیر رسانه‌های اجتماعی، اکثر ما اکنون عملاً به موج عظیمی از اطلاعات - و همچنین اطلاعات نادرست - دسترسی نامحدود داریم. امروزه، هر کسی می‌تواند محصولات یا ایده‌ها را با کلیک یک دکمه به صدها یا هزاران یا حتی میلیون‌ها نفر تبلیغ کند. متأسفانه، بخش زیادی از این اطلاعات دقیق نیست. افرادی که تعداد زیادی دنبال‌کنندهٔ آنلاین دارند، اما پیشینهٔ علمی کمی دارند، می‌توانند مطالعات مشکوک یا تأیید نشده را منتشر کنند - یا حتی آنها را از هیچ بسازند. برخی از آنها از باورهای صادقانه اما غیرعلمی یا رد شده، مانند ارتباط بین اوتیسم و واکسن‌های دوران کودکی، حمایت می‌کنند. برخی دیگر برای منافع مالی، دروغ می‌گویند، مانند لابی‌گران شرکت‌های نفتی که نقش سوخت‌های فسیلی در تغییرات اقلیمی جهانی را انکار می‌کنند. در این فضای اطلاعاتی آزاد، ادعاهای دروغین اغلب به سرعت جنجالی می‌شوند و در میان میلیون‌ها نفر منتشر می‌شوند.

همهٔ ما باید وقتی داستان‌هایی را در وب، رسانه‌های اجتماعی یا مطبوعات عمومی می‌خوانیم یا می‌بینیم، با دقت فکر کنیم. با این حال، با توجه به اینکه نمی‌توانیم در بیشتر زمینه‌های علمی متخصص باشیم، چگونه می‌توانیم تشخیص دهیم که آیا یک مطالعه یا داستان خاص قابل اعتماد است؟ چگونه می‌توانیم خود را در برابر فریب خوردن توسط دروغ‌ها یا تحریف‌های علمی واکسینه کنیم؟ محققانی که خود را وقف ترویج سواد علمی کرده‌اند، یک فرآیند سه مرحله‌ای برای تفکیک واقعیت علمی از داستان‌های علمی-تخیلی ابداع کرده‌اند.

اولین و شاید مهم‌ترین مرحله، ارزیابی منبع ادعا است. چه کسی این اطلاعات را ارائه یا ترویج می‌دهد؟ آیا آنها دلایل اقتصادی یا سیاسی برای انتشار این دیدگاه‌ها دارند؟ اگر چنین چیزی وجود داشته باشد، چه چیزی را ممکن است بفروشند؟

با توجه به اینکه نمی‌توانیم در بیشتر زمینه‌های علمی متخصص باشیم، چگونه می‌توانیم تشخیص دهیم که آیا یک مطالعه یا داستان خاص قابل اعتماد است.

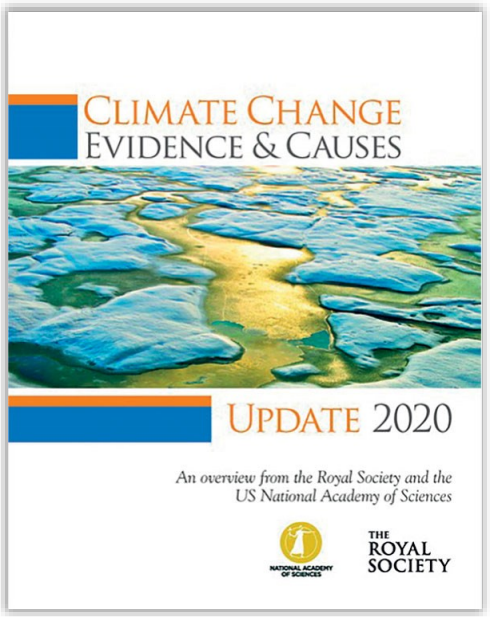
در مرحله بعد، مهم است که بپرسیم آیا منبع اطلاعات، تخصص و اعتبار لازم برای تأیید ادعای خود را دارد یا خیر. آیا آنها آموزش مناسب (مثلاً مدرک پزشکی یا دکترا) دارند و آیا در آن زمینهٔ خاص تحقیق می‌کنند؟ حتی دانشمندان بسیار محترم نیز وقتی از حوزهٔ تخصص خود خیلی دور می‌شوند، می‌توانند اشتباه کنند. چندی پیش، گروه‌های کوچکی از فیزیکدانان برجسته اصرار داشتند که مشخص نیست سیگار باعث سرطان می‌شود، در مورد اینکه باران اسیدی ناشی از انتشار گازهای نیروگاهی است، تردید داشتند، و (تا آخرین نفس‌هایشان!) با این ایده که گازهای گلخانه‌ای باعث تغییرات اقلیمی می‌شوند، مخالفت کردند

واضح است که داشتن مدرک تحصیلی بالا لزوماً تضمینی برای اخلاقی عمل کردن افراد نیست. فیزیکدانانی که به آنها اشاره شد، به شدت توسط صنایعی که از شهادت‌های «تخصصی» آنها بهره‌مند می‌شدند، حمایت مالی می‌شدند. بنابراین، نکته دیگری که باید در نظر گرفته شود این است که آیا متخصصان مورد نظر عموماً مورد احترام همکاران علمی خود هستند یا خیر. به عنوان مثال، در روزهای اولیهٔ همه‌گیری کووید-۱۹، گروهی کوچک اما پر سر و صدا از پزشکان از استفاده از ایورمکتین (داروی ضد کرم اسب) برای جلوگیری از عفونت حمایت کردند - راهبردی که نه تنها بی‌اثر است، بلکه می‌تواند مضر نیز باشد. برخی از این پزشکان قبلاً توسط همکاران خود در جامعهٔ پزشکی به دلیل ترویج سایر درمان‌های اثبات نشده و بی‌اثر مورد انتقاد قرار گرفته بودند. با این حال، آنها همچنان به انتشار ادعاهای بی‌اساس خود ادامه دادند، که سپس توسط افراد تأثیرگذاری که هیچ آموزش علمی یا پزشکی نداشتند، تقویت شد.

می‌توان از یک فرآیند ساده و سه مرحله‌ای برای ارزیابی اطلاعات علمی استفاده کرد. این روش «سریع و کم‌هزینه» از سه فیلتر برای تمایز قائل شدن بین ادعاهایی که توسط علم پشتیبانی نمی‌شوند و ادعاهایی که توسط علم پشتیبانی می‌شوند، استفاده می‌کند.

(اقتباس از Jonathan Osborne and Daniel Pimentel, *Science* 378 : 246-248, 2022)

اما اگر منبع خبر معتبر به نظر برسد چه اتفاقی می‌افتد؟ در آن مرحله، زمان ارزیابی وجود اجماع علمی فرا می‌رسد. تشخیص این موضوع گاهی اوقات می‌تواند چالش برانگیزتر باشد. یک نقطه شروع خوب می‌تواند وب‌سایت یک سازمان معتبر، مانند یک خبرگزاری معتبر یا آکادمی ملی علوم (در ایالات متحده) یا انجمن سلطنتی (در بریتانیا) باشد. به عنوان مثال، در مورد تغییرات اقلیمی، جامعهٔ اقلیم‌شناسان وقتی به این نتیجه می‌رسد که فعالیت‌های انسانی در گرمایش جهانی نقش دارد، با اجماع گسترده‌ای این را بیان می‌کنند.



اجماع علمی در مورد تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت‌های انسانی. این گزارش مختصر به طور مشترک توسط آکادمی‌های علوم ایالات متحده و بریتانیا تهیه شده است.

غالباً ادعاهای دروغین یا اغراق‌آمیزی در مورد محصولاتی که با هدف سلامت و تندرستی - حتی زیبایی - تولید می‌شوند، مطرح می‌شود. سالانه میلیاردها دلار از طریق فروش مکمل‌ها و درمان‌هایی که در بهترین حالت هیچ کاری انجام نمی‌دهند، به دست می‌آید. مشکل این است که مطالعهٔ علمی دقیق روی این محصولات بسیار گران و تقریباً غیرممکن است: داوطلبان را نمی‌توان در آزمایشگاهی که رژیم غذایی و رفتارهای آنها سال‌ها یا حتی دهه‌ها به طور دقیق تحت نظر است، نگهداری کرد. اما می‌توان با فروش مکمل‌هایی که ظاهراً «مورد حمایت علم» هستند، سودهای کلانی به دست آورد. به اصطلاح متخصصانی که این محصولات را تبلیغ می‌کنند، حتی ممکن است اصرار داشته باشند که «۱۰۰٪ اثربخشی آنها ثابت شده است». البته، به هر ادعایی که قطعیت مطلق را ارائه می‌دهد، همیشه باید با سوءظن نگریست. لازم نیست در هیچ زمینه علمی متخصص باشید تا بدانید که چنین ادعایی - به معنای واقعی کلمه - بیش از حد خوب است که درست باشد!

اطمینان از قابل اعتماد ماندن علم نیازمند هوشیاری مداوم است

اکنون باید روشن شده باشد که کل فعالیت‌های علمی بر پایهٔ اعتماد بنا شده‌اند. صداقت برای علم چنان ضروری است که آلبرت انیشتین (Albert Einstein) زمانی اظهار داشت: «بیشتر مردم می‌گویند که هوش است که یک دانشمند بزرگ را می‌سازد. آنها اشتباه می‌کنند: شخصیت است.» دانشمندان به یکدیگر اعتماد دارند که به استانداردها و رویه‌هایی که جامعهٔ علمی ایجاد کرده است، پایبند باشند تا همهٔ محققان بتوانند به یافته‌های یکدیگر تکیه کنند و بر اساس آنها کار کنند. این اعتماد، جزء اساسی فرآیند تکراری تحقیق است که به دانشمندان اجازه می‌دهد به اجماع برسند و دانشی را در اختیار ما قرار دهند که بتوانیم به آن اعتماد کنیم.

> آلبرت انیشتین زمانی اظهار داشت: «بیشتر مردم می‌گویند که هوش است که یک دانشمند بزرگ را می‌سازد. آنها اشتباه می‌کنند: شخصیت است.»

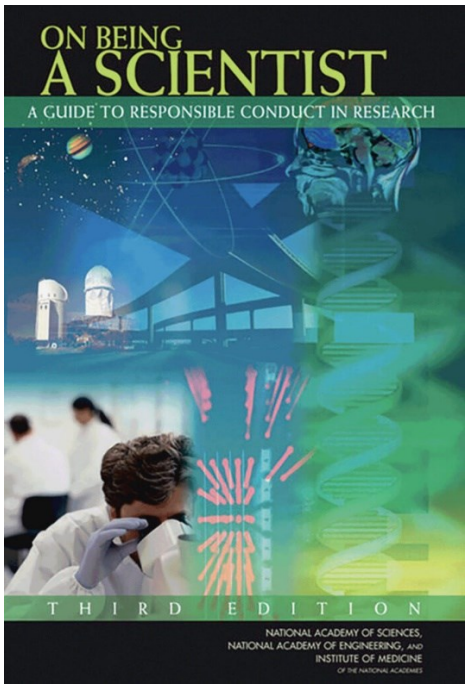
در عین حال، دانشمندان وظیفه دارند با همهٔ ما صادق و روراست باشند. بسیاری از تحقیقات معتبری که در اخبار با آنها مواجه می‌شویم، توسط مالیات‌های ما پشتیبانی می‌شوند. و زندگی انسان‌ها می‌تواند به این بستگی داشته باشد که آیا مطالعات علمی با دقت انجام شده و به طور دقیق ارائه می‌شوند یا خیر. بنابراین، دانشمندان مسئولیت اخلاقی دارند که یافته‌های خود را به شیوه‌ای واضح و سرراست بیان کنند، صادقانه توضیح دهند که نتیجه‌گیری‌های آنها به چه معناست (و چه معنایی ندارد) و داده‌های خود را تا حد امکان برای بررسی عمومی در دسترس قرار دهند.

این سیاستِ گشودگی و شفافیت خود به خود به وجود نیامده است. نهاد جهانی علم، به طور کلی، مدت‌هاست که برای ایجاد سیستمی از ارزش‌ها و انگیزه‌ها تلاش می‌کند که محققان را به شدت تشویق می‌کند تا در روش‌شناسی خود دقیق باشند و در به اشتراک گذاشتن نتایج خود وسواس به خرج دهند. بنابراین، جامعهٔ علمی به طور فعال اشکال مختلف «رفتار بد»، از جمله انتشار داده‌های جعلی یا گمراه‌کننده و ترویج تحقیقات تأیید نشده را منع می‌کند. چنین سوءرفتاری می‌تواند منابع گرانبها و بودجهٔ محدود را هدر دهد، اعتماد عمومی را از بین

ببرد، سد راه کشف شود و ما را از حقیقت دورتر کند - و باعث تضعیف هدف اصلی تحقیقات علمی شود.

حفظ ارزش‌های فرهنگی علم نیازمند صرف انرژی و توجه مداوم است.

حفظ ارزش‌های فرهنگی علم نیازمند صرف انرژی و توجه مداوم است. آکادمی‌های علمی معتبر، از جمله انجمن سلطنتی در بریتانیا (تأسیس در سال ۱۶۶۰)، آکادمی ملی علوم ایالات متحده (که توسط رئیس جمهور آبراهام لینکلن (Abraham Lincoln) تأسیس شد) و آکادمی جهانی علوم (یک آکادمی علمی جهانی مستقر در شهر تریسته در ایتالیا که برای پیشرفت علم و مهندسی برای رفاه پایدار در کشورهای در حال توسعه تلاش می‌کند)، در این مسیر پیشرو هستند. مؤسساتی مانند این، با آموزش نسل‌های آیندهٔ دانشمندان و القای ارزش‌ها و رویه‌های اجتماعی که برای سالم ماندن علم لازم است، ستون‌های علم را تقویت می‌کنند.



آکادمی‌های علمی دانشمندان جوان را در مورد شیوه‌های صحیح علمی آموزش می‌دهند و برای محافظت از فعالیت‌های علمی تلاش می‌کنند. آکادمی‌های ملی ایالات متحده این راهنما را که می‌توان آن را به رایگان دانلود کرد، تهیه کرده‌اند تا رفتار مسئولانه در علم را توصیف کنند و شیوه‌های خوب آموزش دانشمندان را تشویق کنند.

این مؤسسات با توصیف واضح چگونگی عملکرد مسئولانه و اخلاقی محققان و تشریح برخی از مشکلاتی که دانشمندان در حال آموزش ممکن است با آن مواجه شوند، عمل به علم صحیح را تشویق کرده و به ریشه‌کن کردن قصور علمی کمک می‌کنند. برای مثال، نشریهٔ «دربارهٔ دانشمند بودن» را در نظر بگیرید. این راهنما با ارائه مثال‌هایی مبتنی بر تجربیات دنیای واقعی، به دانشجویان این امکان را می‌دهد تا از طریق مطالعات موردی که منعکس‌کنندهٔ معضلاتی است که ممکن است در حرفهٔ خود با آنها روبرو شوند، فکر کنند و آنها را در معرض مسائلی قرار می‌دهد که برای حفظ استانداردها و شیوه‌های حرفهٔ علمی محوری هستند.

اما خواندن گزارش‌های جامع و گسترده در مورد درستکاری علمی کافی نیست. دانشجویان با الگو قرار دادن آموزگاران خود، انجام علم خوب را یاد می‌گیرند. همانطور که پاول روت ولپ

(Paul Root Wolpe)، متخصص اخلاق زیستی، می‌نویسد: «اخلاقی رفتار کردن، روش اصلی انتقال استانداردهای اخلاقی یک حرفه توسط مربیان به کارآموزانشان است. تمام آموزش‌های رسمی اخلاق در جهان نمی‌تواند جبران یک مربی غیراخلاقی را کند.» بنابراین، دانشمندان ارشد باید نوع رفتار شرافتمندانه‌ای که می‌خواهند ترویج دهند را در عمل نشان دهند.

برای اینکه دانشمندان همچنان شایستهٔ اعتماد عمومی باشند، باید خودشان بر عملکردشان نظارت داشته باشند تا کسانی را که غیراخلاقی رفتار می‌کنند ریشه‌کن و مجازات کنند

در یک دنیای ایده‌آل، هیچ دانشمندی هرگز از جستجوی درست حقیقت منحرف نمی‌شود. متأسفانه، دانشمندان – مانند همهٔ متخصصان – نه تنها انسان هستند، بلکه تحت فشار شدیدی برای موفقیت قرار دارند. آنها باید دائماً برای کسب اعتبار، کمک‌های مالی تحقیقاتی، و کارآموزانی که برای کمک به انجام کارشان به آنها نیاز دارند، رقابت کنند. آنها اغلب باید سریع کار کنند تا «عقب نیفتند» و به دنبال ارائه یافته‌های خود در مجلات پرخواننده هستند (پدیده‌ای که گاهی اوقات از به عنوان «منتشر کن یا بمیر» یاد می‌شود). این فشار همیشگی می‌تواند منجر به میانبرهایی در فرآیند علمی شود که توسط ارزیابی همتایان کشف نمی‌شوند، مانند دستکاری داده‌ها یا تصاویر توسط یکی از اعضای تیم تحقیقاتی به منظور ایجاد یک انتشار قانع‌کننده‌تر. در تحلیلی که در سال ۲۰۰۹ انجام شد، حدود ٪۲ از دانشمندان مورد بررسی حداقل یک بار به جعل، تحریف یا اصلاح داده‌ها اعتراف کردند.

جامعهٔ علمی چگونه می‌تواند از چنین نقض‌های اخلاقی جلوگیری کند؟ بهترین شیوه‌ها و رفتار صحیح باید در تمام سطوح فعالیت‌های علمی – از دانشمندان گرفته تا مؤسسات و تأمین‌کنندگان مالی آنها – تشریح، نمونه‌سازی و اجرا شود. در عین حال، همهٔ این شرکت‌کنندگان باید برای شناسایی و بررسی ادعاهای سوء رفتار آماده باشند. فناوری می‌تواند کمک کند: به عنوان مثال، برنامه‌های نرم‌افزاری می‌توانند تشخیص ارقام دستکاری‌شده یا متن‌های سرقت ادبی را تسهیل کنند.

تخلفات، در صورت مشاهده، باید منجر به مجازات‌های رسمی شود. این مجازات‌ها می‌تواند شامل بازپس‌گیری نشریات و اصلاح بعدی سوابق علمی، تعلیق یا برکناری عاملان از سمت‌هایشان و لغو

بودجهٔ آنها – چه به صورت موقت و چه دائم – باشد. در مواردی که رفتار نادرست به منزلهٔ نقض قانون باشد، فرد حتی ممکن است با حبس روبرو شود. چنین موردی برای یک محقق چینی که از ویرایش ژن برای تغییر برگشت‌ناپذیر جنین‌های انسان استفاده کرد، رخ داد، عملی که نه تنها غیراخلاقی است، بلکه بر اساس اجماع فعلی جامعهٔ علمی – در چین و در سراسر جهان – غیرقانونی است.

در نهایت، مسئولیت بهبود تصویر عمومی از علم تا حد زیادی بر عهدهٔ خود دانشمندان است. تشکیلات جهانی علم تنها با شناسایی و مجازات فعالانهٔ «بازیگران بد» و در عین حال حمایت و پاداش دادن به کسانی که منصفانه عمل می‌کنند و با صراحت و صداقت عمل می‌کنند، می‌تواند اطمینان حاصل کند که ما می‌توانیم همچنان به جامعهٔ دانشمندان – و به علمی که آنها تولید می‌کنند – اعتماد کنیم.

اعتماد به علم برای آیندهٔ ما به عنوان یک تمدن ضروری است

علم چنان طیف گسترده‌ای از دانش را در مورد چگونگی عملکرد جهان طبیعی ایجاد کرده است که نه تنها به بشریت اجازه می‌دهد فجایع احتمالی آینده – مانند تغییرات اقلیمی یا برخورد فاجعه‌بار با یک سیارک دوردست – را پیش‌بینی کند، بلکه همین امروز نیز می‌تواند برای جلوگیری از آنها اقداماتی انجام دهد. علم با ارائهٔ پیش‌بینی‌های قابل اعتماد در مورد رویدادهای آینده، زندگی همهٔ ما را امن‌تر می‌کند.

در عین حال، علم به طور فزاینده‌ای در بسیاری از نگرانی‌هایی که در حال حاضر با آنها مواجه هستیم، از خطرات بیماری‌های همه‌گیر گرفته تا نگرانی‌های اخلاقی ناشی از توسعه تکنیک‌های قدرتمندتر برای مهندسی ژن‌ها، از جمله ژن خودمان، نقش محوری پیدا می‌کند. ما باید بدانیم که چگونه علم خوب را شناسایی کنیم تا بتوانیم در مورد مسائلی که بر زندگی شخصی ما تأثیر می‌گذارند، تصمیمات هوشمندانه و منطقی بگیریم – و از سلامت، یکپارچگی و آیندهٔ جامعه به طور کلی محافظت کنیم.

با این مقاله، ما سعی کرده‌ایم بینش‌هایی را در مورد فرآیند علمی و چگونگی تلاش دانشمندان، به عنوان یک جامعه، برای کشف حقیقت در مورد جهانی که در آن زندگی می‌کنیم، ارائه دهیم. درک اینکه چگونه عمل علمی منجر به دانش جدید می‌شود، می‌تواند به همهٔ ما کمک کند تا به مصرف‌کنندگان انتقادی‌تر محتوای علمی و متفکران و شهروندانی آگاه‌تر و با اعتماد به نفس‌تر تبدیل شویم.

نکات کلیدی

علم، دانش قابل اعتمادی را به عنوان یک تلاش گستردهٔ اجتماعی تولید می‌کند و توسط مجموعه‌ای از استانداردها و ارزش‌های حیاتی هدایت می‌شود.

ارزش‌های علمی انتقادی شامل پافشاری بر شواهد، صداقت، میزان مناسبی از شک‌گرایی و گشودگی به تفاسیر و ایده‌های جدید است.

استانداردهایی که از این ارزش‌ها پشتیبانی می‌کنند شامل انتشار جزئیات تجربی مورد نیاز برای دیگران جهت تکرار یا رد یافته‌های یک پژوهش، کارآزمایی‌های تصادفی کنترل‌شده، تحلیل‌های کور، اعتبارسنجی‌های آماری و داوری همتایان است.

اجماع علمی بهترین رویکرد بشریت به حقیقت را نشان می‌دهد، اما هرگز نمی‌تواند ٪۱۰۰ قطعی باشد، زیرا باید بر اساس شواهد و ایده‌های جدید، پذیرای تغییر باشد.

یک توضیح علمی خوب، پیش‌بینی‌های منطقی و قابل آزمایش در مورد سیستم مورد مطالعه ارائه می‌دهد.

بیشتر دانش علمی به تدریج بهبود می‌یابد، با اصلاحاتی که آن را به حقیقت نزدیک‌تر می‌کند.

فراگیر شدن رسانه‌های اجتماعی، نفوذ علم جعلی را به شدت گسترش داده و همهٔ ما را در معرض حجم عظیمی از اطلاعات نادرست با پیامدهای غم‌انگیز قرار داده است.

درک عمیق از علم به عنوان یک فرآیند جامعه‌محور می‌تواند همهٔ ما را قادر سازد تا حقیقت را تشخیص دهیم و به «بیگانگانی شایسته» تبدیل شویم.

لینک به منابع رایگان منتخب

علم، اطلاعات نادرست و نقش آموزش: «بیگانگان شایسته» باید بتوانند اعتبار استدلال‌های مبتنی بر علم را ارزیابی کنند

J. Osborne and D. Pimentel J, Science 378 : 246-248, 2022

https://www.science.org/doi/10.1126/science.abq8093

مقاله‌ای کوتاه که نقش جدیدی را برای آموزش علوم پیشنهاد می‌دهد.

دربارهٔ دانشمند بودن: راهنمای رفتار مسئولانه در پژوهش

The National Academies Press, 2009

https://doi.org/10.17226/12192

کتابچه‌ای برای دانشمندان در حال آموزش که بر ارزش‌ها و استانداردهای حیاتی برای اثربخشی جامعهٔ علمی تأکید دارد.

علم، تکامل و خلقت‌گرایی

The National Academies Press, 2008

https://nap.nationalacademies.org/catalog/11876/scienceevolution-and creationism

کتابچه‌ای که تأکید می‌کند علم و دین دو روش مختلف برای شناخت جهان هستند و پذیرش شواهد تکامل می‌تواند با ایمان مذهبی سازگار باشد.

مجموعهٔ درس‌های ماهیت علم

National Center for Science Education

https://ncse.ngo/nature-science-lesson-sets

منابع آموزشی که بر «علم به عنوان راهی برای دانستن» تمرکز دارند و با کمک معلمان علوم تجربی تهیه شده‌اند.

منابع آموزشی از مشارکت InterAcademy

https://www.interacademies.org/education/teaching-resources

این تلاش جهانی بر آموزش علوم مبتنی بر تحقیق تأکید دارد و منابع آن به چندین زبان ترجمه شده‌اند.

دربارهٔ نویسندگان

بروس آلبرتز (Bruce Alberts)، رئیس کرسی رهبری صدراعظم در بیوشیمی و بیوفیزیک برای علوم و آموزش، بازنشسته، دانشگاه کالیفرنیا، سانفرانسیسکو است. او از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۳ سردبیر مجله *Science* بود و از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۵ به عنوان رئیس آکادمی ملی علوم ایالات متحده خدمت کرد.

کارن هاپکین (**Karen Hopkin**) دکترای خود را در رشته بیوشیمی از کالج پزشکی آلبرت انیشتین دریافت کرد و یک نویسندهٔ علمی است. او نویسندهٔ مشترک کتاب مرجع Essential Cell Biology و یکی از نویسندگان پادکست روزانهٔ Scientific American با عنوان Science, Quickly است.

کیث رابرتز (Keith Roberts) دکترای خود را از دانشگاه کمبریج دریافت کرد و در حال حاضر استاد بازنشستهٔ دانشگاه ایست آنجلیا است. او یکی از نویسندگان کتاب مرجع Molecular Biology of the Cell است.

سپاسگزاری

این مقاله، مانند خود مقالات علمی، تحت ارزیابی های متعدد قرار گرفته است. سایر دانشمندان، مربیان و خوانندگان بالقوه، خطاها را خاطرنشان کرده و موارد مفیدی را پیشنهاد داده‌اند که همگی به نویسندگان کمک کرده‌اند تا مقاله‌ای تا حد امکان قوی و قابل اعتماد بنویسند. این نسخه از «چرا به علم اعتماد کنیم؟» از یک بخش آنلاین مربوط با کتاب مرجع ما، زیست‌شناسی سلولی ضروری (Essential Cell Biology، ویرایش ششم، انتشارات WW Norton & Company) اقتباس شده است که تمام تیم نویسندگان ما در آن مشارکت داشته‌اند. برای این نسخه که کمتر بر زیست‌شناسی سلولی متمرکز است، مایلیم تشکر ویژه خود را از سندی جانسون و نایجل اورم، که از همان پیش‌نویس اولیه، اطلاعات ارزشمندی ارائه دادند، ابراز کنیم.