

داده، اطلاعات، و دانش در میانه دنیاگیری کرونا

عطاالله کالیراد*

تهران، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی (IPM)، پژوهشکده علوم زیستی

چکیده

تبدیل داده به اطلاعات، دانش، و سپس بینش از دشوارترین فرآیندها در علم، به ویژه علوم زیستی است. در نظر گرفتن چنین دشواری در میانه ظهور و شیوع بیماری تازه بیش از پیش اهمیت می‌یابد چراکه بی‌توجه به تمایز میان این اقسام معرفتی به درک و دریافتی ناقص و شاید حتی کژ از علل و راه‌های مقابله با همه‌گیری پیش رو منتهی شود.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: akalirad@ipm.ir

«داده مترادف اطلاعات نیست، اطلاعات مترادف معرفت نیست، معرفت مترادف حکمت نیست، و حکمت نیز مترادف حقیقت نیست.»

به نقل از فرانک زپا (Frank Zappa)(۱۹۷۹)

«دانسته‌های معلوم (Known knowns) چیزهایی هستند که آگاهی که می‌دانیم. به علاوه، نادانسته‌های معلوم (Known unknowns) نیز وجود دارند؛ یعنی آنچه که می‌دانیم نمی‌دانیم. نادانسته‌های مجهول (Unknown unknowns) نیز وجود دارند؛ آنچه از نادانستن آن بی‌اطلاعم.»

دونالد رامسفلد، وزیر دفاع آمریکا در دوران جورج دابلیو بوش
Donald Rumsfeld, U.S. Department of Defense (DoD) news briefing on February 12, 2002

این رشد پی‌بیرید (تصویر ۱). با توجه به شمار رو به فزونی علم‌ورزان^۴ و رقابت بر سر «تولید» پژوهش، در کنار فزون‌شدن و پیچیده‌تر شدن روش‌های آزمایشگاهی و محاسباتی، فرصت برای غور و غوص در باب فلسفه روش علمی، علم‌ورزی، و دشواری‌های توصیف یک پدیده زنده به زبان علم را از غالب علم‌ورزان گرفته، چنانکه تولید علم و تسلط بر روش‌ها و ابزارها، خود به غایت علم‌ورزی بدل می‌شود.

برای فهم دشواری شناخت پدیده‌ای زیستی، از ژنگان انسان گرفته تا مدل‌سازی دینامیک ویروس SARS-CoV-2 در جمعیت انسان، بازخوانی تشبیه وایانگ کولیت^۵، به نقل از بیل شیلی^۶، چندان بی‌فایده نخواهد بود (برای توصیف برخی جزئیات این سنت به نسخه اینترنتی دانشنامه بریتانیکا رجوع کردم): وایانگ در زبان مردمان جاوه به معنای سایه است. در وایانگ کولیت،

مقدمه: در باب فهم علمی پدیده‌ها

نقل قول فرانک زپا (۱۹۴۰ - ۱۹۹۳ میلادی)، موسیقیدان چیره‌دست آمریکایی را، که در ابتدا آمد نخستین بار در مقاله‌ای بسیار خواندنی تحت عنوان «در باب جاودانگی تلویزیون‌ها»^۱ یافتیم. مقاله‌ای به نگارش استادان و دوستان دوران تحصیل دکترای من، در نقد پروژه عریض و طویل ENCODE^۲ و معنای کارکرد زیستی^۳ در چارچوب زیست‌شناسی از منظری تکاملی. این مقاله به بحث‌هایی شورانگیز در حوزه ژنتیک تکاملی دامن‌زد و تاکنون بیش از ۴۵۰ بار مورد ارجاع قرار گرفته است؛ اما درسی که این مقاله به همراه دارد - تفاوت میان (اغلب انبوه‌های از) داده‌ای که از پدیده‌ای زیستی استخراج می‌کنیم و شناخت و معرفت ما از آن پدیده و تفاوت این معرفت با آنچه در واقع رخ می‌دهد - را می‌توان، و شاید باید، به حوزه‌های دیگر علوم زیستی نیز بسط داد. دوران ما، دوران شکوفایی علوم زیستی است و این شکوفایی تربیت لشکری از متخصصین این حوزه را در پی داشته است؛ کافی است به روند رو به رشد افرادی که تنها در ایالات متحده در سالیان اخیر موفق به اخذ مدرک دکتری (PhD) در علوم پایه شده‌اند نگاهی بیفکنید تا به

* «علم‌ورز» را به جای scientist به کار می‌برم. معادل رایج «دانشمند» معنایی دور از واژه انگلیسی داشته در زبان فارسی به عالم و دانا در معنای عمومی نزدیک‌تر است. برخی حتی واژه «علم» را مترادف science نمی‌دانند؛ این تصور شاید تا حدی بسیاری صحیح باشد اما دو نکته در این باب به ذهن راقم این سطور می‌رسد: نخست آنکه واژه علم در برابر science چنان رواج دارد و آنقدر به science از نظر معنایی نزدیک هست که در بستر متن خواننده آگاه را گیج نخواهد کرد و ثانیاً جستجو در پی رابطه یک-به-یک میان واژه‌های دو زبان در بسیاری از مواقع ناممکن است. فروغی نیز چنین نکته‌ای را در یادداشت خود برای مجله کاوره متذکر شد: «بسیاری از معانی در ذهن یک قوم دیگر یا هیچ نیست یا اگر هست کاملاً مطابق نیست و با شباهتی کم یا بیش تفاوتی در کار هست» (به نقل از مقالات فروغی - جلد اول، تهران: انتشارات توس، ۱۳۸۷).

^۵ Wayang Kulit

^۶ Shipley B (2000) *Cause and correlation in Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.

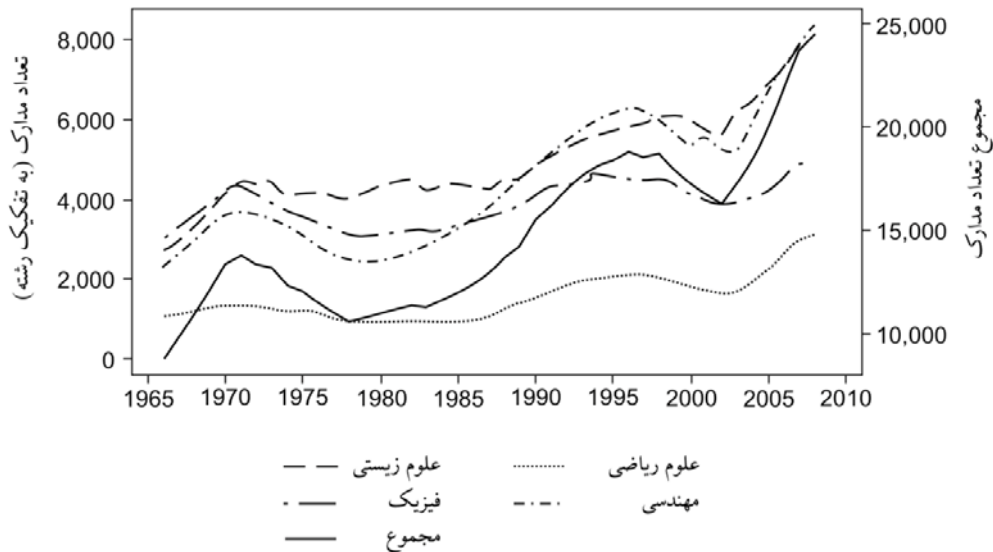
^۱ Graur D, Zheng Y, Price N, Azevedo RB, Zufall RA, Elhaik E. On the immortality of television sets: "function" in the human genome according to the evolution-free gospel of ENCODE. *Genome Biol Evol.* 2013;5(3):578-590. doi:10.1093/gbe/evt028

^۲ دانشنامه عناصر دنا (The Encyclopedia of DNA Elements) از سال ۲۰۰۳ آغاز شد و همچنان در جریان است. هدف این پروژه از ابتدا شناسایی عناصر کارکردی در ژنوم انسان بوده است.

^۳ Biological function

شکل و جزئیات این عروسک‌ها را استنباط کنید؟ در تفسیری جالب از این مثال، پیلیوچی و کاپلان (Pigliucci M. and Kaplan J. (2006) *Making Sense of Evolution*. University of Chicago Press.)، سایه رو پرده را به سایه آماری تشبیه می‌کنند که توسط سازو-کارهای سامانه مورد مطالعه (در این مورد، عروسک‌های وایانگ کولیت) تولید می‌شود.

عروسک‌هایی رنگارنگ با جزئیات فراوان که در برابر منبع نوری قرار داده شده و با از طریق میله‌های توسط عروسک‌گردانان به حرکت در می‌آیند. سایه این عروسک‌ها که بر روی پرده می‌افتد و حرکت این سایه‌ها به دست عروسک‌گردانان صحنه‌های دراماتیکی از افسانه‌های هندو را برای حضار به تصویر می‌کشد (تصویر ۲). مسأله اینجاست که اگر عروسک‌ها را ندیده باشید چگونه می‌توانید، صرفاً با اتکا به سایه‌های که روی پرده می‌بیند،



تصویر ۱- با تغییرات جزئی از: (Xie, Yu, Killewald, Alexandra A. (2012) *Is American Science in Decline?*. Harvard University Press.)

الف) بررسی مکانیستیک^۱: در این روش که به ویژه نقش اساسی در شناخت ما از چگونگی عملکرد سلول داشته است، غالباً با دخالت آزمایشگاهی در اجزای که فرض می‌شود در سازو-کار مورد بررسی دخیل اند، تصویری از چگونگی برهم‌کنش این اجزا بدست می‌آورند. به عنوان مثال، در بررسی تاثیر سایه‌ها، پژوهشگر می‌تواند فهرستی از اجزای وایانگ کولیت تهیه کرده و به ترتیب آن‌ها را از کار بی‌اندازد و اثر خاموش کردن اجزا را بر عملکرد سامانه ببیند (به عنوان نمونه، «جهشی» که منبع روشنایی را قطع کند کل تاثیر سایه‌ها را متوقف می‌کند.

ب) بررسی پدیدارشناختی^۲: در این شیوه، براساس فرضیه در رابطه چگونگی تولید رفتار مورد بررسی (سایه‌ای که عروسک بر پرده می‌افکند) مدلی ریاضی ساخته می‌شود. شباهت برون‌ده این مدل با سامانه مورد نظر با مقایسه سایه آماری سامانه و سایه



تصویر ۲- از تارنمای دانشنامه بریتانیکا

به دو روش می‌توان در چارچوب روش علمی به کشف این سازو-کارها نائل شد^۳!

^۱ در مدل‌سازی نیز، مدل‌ها عموماً به دو گروه مکانیستیک و پدیدارشناختی تقسیم می‌شوند. در اینجا برای ساده‌تر کردن بحث، مدل‌سازی در معنای عام خود را در سبب پدیدارشناختی نهادم، چراکه پیچیده‌ترین مدل‌ها نیز، هرچه انباشته از پارامتر باشند، هنوز هم رنگ و بویی پدیدارشناختی داشته و مستقیماً پدیده مورد مطالعه را مورد دست‌ورزی قرار نمی‌دهند. البته آگاهم که مانند

تمامی ساده‌سازی‌ها، رویکردهای پژوهشی را می‌توانم تصور کرد که در مرز میان این دو دسته جای می‌گیرند.

^۲ Mechanistic
^۳ Phenomenological

توجه به موضوع زیستی آن توجیه‌پذیر باشد^۷، (ج) پیش‌بینی مشخصی در باب پدیده زیستی مورد مطالعه به دست دهد و یا اینکه به مثابه مدل پایه‌ای^۸ بتوان تفاوت پدیده با این مدل را سنجید (به عنوان مثال، مدل هاردی-واینبرگ در ژنتیک جمعیت به مثابه مدل پایه‌ای است که تفاوت تکامل جمعیت‌های طبیعی را به خوبی نشان می‌دهد)، (د) صرفاً بدون هیچ تغییر قابل ملاحظه‌ای سوای تغییر نام پارامترها و متغیرها از حوزه علمی دیگر (چون مکانیک آماری) به زیست‌شناسی وارد نشود. پیروی از سه شرط نخست برای هر قسم مدل‌سازی در زیست‌شناسی ما را به صراط مستقیم نزدیک‌تر می‌کند؛ شرط (د) بیشتر مسأله‌ای مخصوص عصر ما است، چراکه سابقه آزمایشگاهی بخش اعظمی از زیست‌شناسی و ورود مدل‌سازی به صورت جدی به علوم زیستی در دو دهه اخیر، بسیاری را به وام‌گیری بی‌مهابا از مدل‌های موجود در فیزیک کشانده است (شاید بتوان زیست‌شناسی تکاملی را از این منظر از سایر بخش‌های زیست‌شناسی متمایز دانست چراکه شالوده‌ای ریاضی و آماری برای تکامل زیستی از زمان فرانسیس گالتون (۱۹۱۱-۱۸۲۲) - پسرعمه داروین - شکل گرفت و عملاً بخش اعظمی از چهارچوب ریاضی نظریه تکامل در نیمه اول قرن بیستم و پیش از رمزگشایی از ساختار DNA سامان‌یافته بود^۹). بخشی از این وام‌گیری قابل قبول و حتی ضروری است، چراکه در نبود ریاضیاتی مخصوص سامانه‌های زنده، می‌بایست از ابزارهای موجود در حوزه‌های علمی دیگر سود جست. گه‌گاه اما این وام‌گیری تا آنجا پیش می‌رود که صرفاً مدل مشهوری از مکانیک آمار، مانند مدل آیسینگ^{۱۰} که ساده‌ترین مدل گذار فاز است، برای بررسی پدیده زیستی چون گونه‌زایی به کار می‌رود و تنها تغییری که در مدل عاریه داده می‌شود تغییر نام گذار فاز به جدایی تولیدمثلی است.

وقتی بحث به مدل‌های اپیدمیولوژی می‌رسد، بحث از راست‌آزمایی صرفاً علمی مدل فراتر می‌رود، چراکه ممکن است تصمیم‌گیری‌های کلان در سطح جامعه با تکیه بر چنین مدل‌هایی صورت پذیرد و پژوهش‌های ریاضی و یا ناراستی این مدل فراتر از آزمایشگاه‌ها به گوش رسد. از این منظر، صحت مدل‌های اپیدمیولوژی را باید، علاوه بر شروطی که بحث شد، همانند مدل‌های هواشناسی مورد بررسی قرار گیرد. مدل‌های هواشناسی نیز در چهارچوب شناخت علمی ما از سازو-کارهای فیزیکی و شیمیایی دخیل در تغییرات آب و هوایی

آمار تولیدشده توسط مدل ریاضی ممکن است (آمار فیزیکی^۱ یا فراوان‌باورانه^۲ تا همین اواخر رایج‌ترین روش برای مقایسه این سایه‌ها بود، اما اندکی است که با افزایش توانایی پردازشی رایانه‌ها، آمار بیزی^۳ نیز به چنین منظوری به کار می‌رود).

هر دو این روش‌ها لزوماً تصویری واضح و دقیق از سازو-کاری که در پس پدیده مورد بررسی ما قرار دارد به دست نمی‌دهد. بررسی مکانیستیک، گرچه مستقیماً به میانکشی‌های درون سامانه چنگ می‌افکند، در چارچوب روش‌های دست‌ورزی موجود محدود است و در برخی موارد نیز عملاً از بررسی میانکشی‌های بسیار پیچیده ناتوان. هرکسی که با روش مرسوم مطالعه سراسری هم‌بستگی در ژنگان^۴ آشناست می‌داند که بسیاری از روابطی که این مطالعات در میان دگره‌های ژنتیکی و صفاتی چون سرطان، سیگارکشیدن، چاقی، و امثالهم می‌یابد به احتمال زیاد بیشتر نوفه هستند تا سیگنال، چراکه شالوده این قسم مطالعات بر فرض میانکشی خطی این دگره‌هاست، فرضی که با توجه انبوه روبه‌رشد از شواهد دال بر رواج روایستی (اپیستازی) میان دگره‌ها^۵ باید ناراست انگاشته شود. بررسی پدیدارشناختی با اتکا به مدل‌سازی نیز در بسیاری از مواقع به ترکستان منتهی می‌شود. از جملات قصاری که به وفور در باب مدل‌سازی شنیده می‌شود این است که «همه مدل‌ها غلط اند»، گرچه اغلب ادامه این جمله مطرح نمی‌شود که «اما برخی مدل‌ها سودمند اند»^۶ سودمندی مدل‌ها از آنجا ناشی می‌شود که در بسیاری از مواقع می‌توانند ناراستی شهود ما در با نتیجه نوعی برهمکش یا دشواری در فهم فرضیه‌ای را از میان بردارند.

مدل نیکوی زیستی چه مدلی است؟

متر و معیار سنجش راستی یک مدل چه باید باشد؟ به نظرم، مدلی که در حوزه علوم زیستی به کار می‌رود باید شامل چند ویژگی باشد تا بتوان آن را جدی گرفت: الف) شالوده نظری قابل توجیهی داشته باشد، ب) شمار پارامترها و متغیرهایش با

^۱ نامی به احترام آر. ای. فیشر (Ronald Aylmer Fisher)، آماردان و زیست‌شناسی شهیری که قسمت اعظمی این آزمون‌های آماری را در نیمه اول قرن بیستم ابداع کرد.

^۲ Frequentist

^۳ نام این نوع آمار برگرفته از مبدع قاعده بیز در احتمال شرطی، تامس بیز (Thomas Bayes) است. گرچه او این قضیه را در قرن هجدهم ابداع کرد، اما تنها پس از مرگش این قضیه توسط یکی از دوستانش، ریچارد پرایس (Richard Price)، به چاپ رسید. شگفت‌آور نیست که فیشر چندان علاقه‌ای به آمار بیزی نداشت آن را مناسب آزمون فرضیات علمی نمی‌دانست.

^۴ GWAS (Genome-wide association study)

^۵ یعنی رابطه غیرخطی میان دگره‌ها به گونه‌ای که اثر دگره الف و دگره ب ضرورتاً حاصل جمع این اثر هر یک از این دو دگره به تنهایی نخواهد بود و در زمینه‌های ژنتیکی متفاوت متغیر است.

^۶ Box, G. E. P. (1979), Robustness in the strategy of scientific model building, in Launer, R. L.; Wilkinson, G. N. (eds.), *Robustness in Statistics*, Academic Press, pp. 201-236

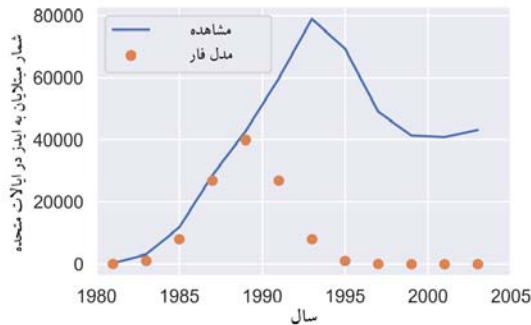
^۷ این شرط هم‌سو با جمله مشهور منتسب به یان فون نویمان (۱۹۰۳ - ۱۹۵۷) است که: «با چهار پارامتر می‌توانم مدلی را با فیل تطبیق دهم و با پارامتر پنجم خرطومش را به جنبش درخواهم آورد»

^۸ Null model

^۹ Provine, William. (2001) *The Origins of Theoretical Population Genetics*. University of Chicago Press.

^{۱۰} Ising model

در ۱۹۹۰ میلادی، مقاله در نشریه معتبر انجمن پزشکی آمریکا، بر اساس قانون فار، شمار مبتلایان به بیماری ایدز را پیش‌بینی کرد (تصویر ۳).^۳ در این نمودار، تعداد واقعی مبتلایان به ایدز در ایالات متحده را نیز رسم کرده‌ام تا مشکل پیش‌بینی نویسندگان مقاله ۱۹۹۰ واضح‌تر شود. آشکار است که قانون فار در باب ایدز ما را به اشتباه می‌اندازد چراکه طبق این قاعده تعداد مبتلایان به ایدز در ایالات متحده در سال ۲۰۰۳ باید به صفر نفر کاهش می‌یافت!



تصویر ۳ - پیش‌بینی شمار مبتلایان به بیماری ایدز

اشتباهات چنین ژرف چندان کم‌تعداد نیستند، اما این حتی در صورت فهم صحیح فرآیندهای دخیل در شیوع یک بیماری، پیش‌بینی ما انباشته از عدم قطعیت خواهد بود. پیش‌بینی روند کلی تعداد مبتلایان به یک بیماری عفونی در طی زمان چندان دشوار نیست (تصویر ۴) اما وقتی به پیش‌بینی تعداد حقیقی مبتلایان و بازه زمانی وقوع منحنی بیماری می‌رسیم، تصویر این منحنی شدیداً کدر می‌شود. در زمان شروع بیماری سارس در سال ۲۰۰۳، شماری از مدل‌ها شمار مبتلایان در چین را بین ۳۰,۰۰۰ تا ۱۰ میلیون نفر تخمین زده‌بودند؛ شماری مبتلایان به این بیماری در چین نهایتاً به ۷۸۲ نفر رسید (Neuberger A, Paul M, Nizar A, Raoult D. Modelling in infectious diseases: between haphazard and hazard. *Clin Microbiol Infect.* 2013;19(11):993-998. doi:10.1111/1469-0691.12309). هنوز مشخص نیست که آیا همه‌گیری سارس در ۲۰۰۳ به سبب برنامه‌ریزی و دخالت مؤثر نهادهای بهداشتی از میان رفت و یا اینکه این دخالت‌ها اثر چندان نداشتند (آنچه که در مدل‌های سارس چنین تخمین‌های دور از حقیقت را سبب شده بود تخمین ابتدایی و اشتباه از نرخ پایه تکثیر، همان R_0 بود که در واقع پایین‌تر از آنی بود که پژوهشگران تصور می‌کردند). بررسی صحت مدل‌های

ساخته می‌شوند اما پیامد پیش‌بینی اشتباه چنین مدل‌هایی به هیچ وجه همسنگ خطا در مدلی برای تبیین نرخ گونه‌زایی در جانوران نیست، چراکه خطا در پیش‌بینی طوفان یا سیل صدمات جانی و مالی فراوان به همراه خواهد داشت.

با توجه به اهمیت دقت در پیش‌بینی آب و هوا، متخصصان آن حوزه مدت‌هاست که در این باب به غور و غوص پرداخته‌اند. در یکی از آثار پراستناد در این باب^۱، مرفی سه ویژگی را برای پیش‌بینی قابل قبول برمی‌شمارد:

(الف) انسجام: تطابق میان قضاوت پیش‌بینی‌گران بر اساس اطلاعات در دسترس و پیش‌بینی آنان

(ب) کیفیت: تطابق میان پیش‌بینی و آنچه رخ می‌دهد.

(ج) ارزش: قدر و اهمیت پیش‌بینی برای کاربر.

در مدل‌هایی که در علوم زیستی به کار می‌بریم و یا برای تبیین پدیده‌های زیستی به کار می‌بریم، دو شرط اول مرفی عملاً بیان دیگری از شرطی است که پیش‌تر بحث کردم شرط سوم او در حوزه‌هایی چون اکولوژی، تکامل، و امثالهم صدق نمی‌کند اما در مدل‌های درمانی - مانند پیش‌بینی دارو یا ترکیب داروها برای درمان، تخمین احتمال بروز صفات پیچیده بیماری‌زا بر اساس اطلاعات ژنتیکی، و مدل‌های شیوع بیماری، شرطی است حائز اهمیت که از قالب بررسی علمی پدیده فراتررفته و پیامدهای کاربردی بر افرادی که به این پیش‌بینی‌ها اتکا می‌کنند را نیز پیش روی ما قرار می‌دهد.

یک مدل تا چه حد می‌تواند اشتباه باشد؟

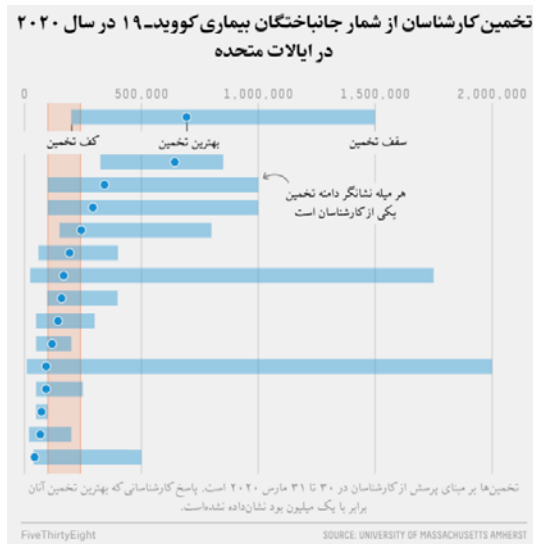
تمامی بحث‌های پیشین در باب فلسفه مدل‌سازی در علوم زیستی، مزایا و معایب آن، و راهکارهایی موجز برای دوری از چالش‌های موجود در این مسیر خشت‌زدن است اگر مدل‌های نامناسب چندان ضروری در پی نداشته باشند. در واقعیت اما، پیش‌بینی براساس مدلی ناصحیح می‌تواند به اشتباهاتی منجر شود که در گذر زمان به نمونه‌هایی دهشتناک از خطا در علم بدل شوند. یکی از چنین نمونه‌ها، به مدلی بازمی‌گردد که در قرن نوزدهم توسط یکی از پیش‌تازان حوزه اپیدمیولوژی، ویلیام فار^۲ (۱۸۰۷ - ۱۸۸۳)، ارائه شد. بر اساس «قانون فار»، که صرفاً مبتنی بر مشاهدات تجربی او از دگرگونی مبتلایان به آبله و وبا در لندن بود، شمار مبتلایان به یک بیماری عفونی در طی زمان تابعی زنگوله‌ای شکل خواهد بود (تابعی همانند توزیع نرمال).

^۳ Bregman DJ, Langmuir AD. Farr's Law Applied to AIDS Projections. *JAMA.* 1990;263(11):1522-1525. doi:10.1001/jama.1990.03440110088033

^۴ تعداد مبتلایان به ایدز در ایالات متحده را از مقاله زیر استخراج کردم: Nishiura H. Lessons from previous predictions of HIV/AIDS in the United States and Japan: epidemiologic models and policy formulation. *Epidemiol Perspect Innov.* 2007;4:3. Published 2007 Jun 13. doi:10.1186/1742-5573-4-3

^۱ Murphy, Allan H. (June 1993) What Is a Good Forecast? An Essay on the Nature of Goodness in Weather Forecasting, *AMS Journal*

^۲ William Farr



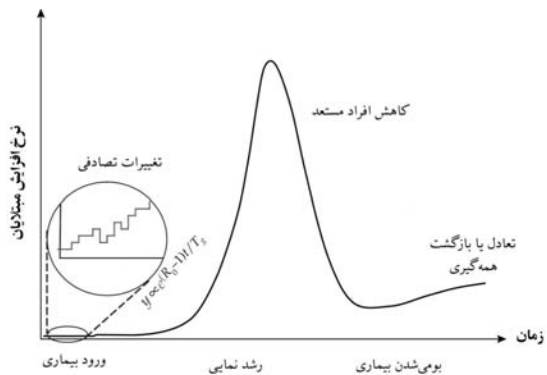
تصویر ۵- با تغییرات جزئی از <https://fivethirtyeight.com/>

با چنین عدم قطعیت در پیش‌بینی‌ها چه باید کرد؟ در کوتاه مدت، بهترین شاید ترویج علم با تأکید بر عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های ما بر مبنای مدل‌های باشد تا عموم مردم انتظار قطعیت از علم و علم‌ورزان، که انباشته از عدم قطعیت و تخمین و گمان موجه است، نداشته باشند.

توضیح ساده مدل‌های شیوع بیماری برای افراد غیرمتخصص آنقدرها هم دشوار نیست و با کمی تلاش می‌توان تصویری به نسبت واضح از چگونگی پیش‌بینی بر اساس این مدل‌ها و پیش‌فرض‌ها اصلی آن را برای عموم ترسیم کرد. در دراز مدت، با توجه دگرگونی‌های زیست‌محیطی به دست انسان و گسترش روزافزون و آسانی سفر به سرتاسر دنیا، شاید باید انتظار موج‌های همه‌گیری بیماری‌ها را داشت و از این رو تلاش برای دقیق‌تر کردن پیش‌بینی‌ها، همانند پیشرفت‌هایی که پیش‌بینی وضع هوا در دهه‌های اخیر رخ داده، شاید برنامه پژوهشی عبثی نباشد.

همه‌گیری از جهت دیگری نیز دشوار است: اگر این مدل‌ها، و دخالت‌های نهادهای مربوطه با اتکا به این مدل‌ها برای کنترل بیماری، مؤثر باشند، شمار بیماران در نهایت کم‌تر، یا حتی بسیار کم‌تر، از پیش‌بینی مدل خواهند چراکه دخالت به منظور کنترل بیماری این مدل‌ها را به مدل‌های خودخستگی‌گر (Self-canceling) بدل می‌کند.

عدم قطعیت در پیش‌بینی روند همه‌گیری موج می‌زند. همه‌گیری کووید-۱۹ نیز از این قاعده مستثنا نبوده است. این عدم قطعیت در زمانی که زندگی اعضای جامعه عمیقاً تحت تأثیر راهبرد کنترل بیماری قرار می‌گرفت می‌توان به سرگشتگی عموم جامعه بیانجامد. به عنوان مثال، پرسشی مهم را در این رابطه در نظر بگیر: «شماره‌های افرادی که در اثر این همه‌گیری جان خواهند باخت چه تعداد خواهد بود؟» پاسخ به این پرسش مستقیماً بر سطح نگرانی و پریشانی عموم و تصمیم نهادهای حکومتی اثر خواهد داشت. وقتی این پرسش از شماری از متخصصان در ایالات متحده در باب شمار جانباختگان در آمریکا پرسیده شد، جواب‌های آنان قرابتی با قطعیتی که عموم مردم انتظار آن را دارند نداشت (تصویر ۵).



تصویر ۴- با تغییرات جزئی از:

McLean, Angela, May, Robert, Pattison, John, Weiss, Robin. (2005) *SARAS: A case study in emerging infections*. Oxford University Press.

Data, information, and knowledge amidst the COVID-19 pandemic

Kalirad A.

Dept. of Biology Science, Institute for Research in Fundamental Science(IPM), Tehran, I.R. of Iran

Abstract

Converting data into information, knowledge, and then wisdom is the most onerous part of science, especially biological sciences. More attention must be paid to the difficulty inherent in this process amid the emergence and the spread of a novel virus, since neglecting the distinction between these epistemic categories can lead to incomplete and even incorrect identification of the causes and the remedies of the current pandemic.