

آیا مدل سازی ریاضی می تواند بحران فعلی کووید-۱۹ را حل نماید؟

مینا معینی*

متن اصلی:

چکیده:

از زمان شیوع کووید-۱۹ در اواخر ژانویه تاکنون، مدل سازی ریاضی در خط مقدم تصمیم گیری برای مداخلات غیردارویی بوده است، تا گسترش آن را در انگلیس و جهان محدود کند. این مقاله اهمیت مدل سازی در فهم شیوع کووید-۱۹ را مورد بحث قرار می دهد، رویکردهای مختلف مدل سازی را برجسته می سازد و نشان می دهد اگرچه مدل سازی مهم است، اما هیچ یک از این مدل ها به تنهایی نمی تواند پاسخگوی همه سؤالات باشد.

پیشینه تحقیق:

مدل سازی ریاضی را می توان برای درک چگونگی شیوع یک ویروس در یک جامعه مورد استفاده قرار داد. ماهیت مدل سازی ریاضی، در نگارش مجموعه ای از معادلات ریاضی است که واقعیت را شبیه سازی می کند و سپس این معادلات برای مقادیر مشخصی از پارامترهای درون معادلات حل می شوند. اگر از داده هایی که پیش از شیوع ویروس می دانستیم استفاده کنیم، جواب های این معادلات را می توان اصلاح و بهبود بخشید. به عنوان مثال استفاده از داده های موجود در ارتباط با تعداد موارد گزارش شده از سرایت ها، تعداد موارد گزارش شده از افراد بستری در بیمارستان ها و یا تعداد مرگ تایید شده به خاطر ابتلا به ویروس مفید خواهد بود. این فرایند اصلاح کردن مدل می تواند به دفعات انجام گیرد تا اینکه جواب های معادلات ریاضی با آنچه تاکنون راجع به شیوع ویروس می دانستیم، سازگاری و تطبیق پیدا کند. سپس می توان مدل اصلاح شده را مورد استفاده قرار داد تا آینده روند انتشار ویروس بیشتر روشن شود. یکی از نتایج مدل ریاضی، منحنی پیش بینی اپیدمی و شیوع است که تعداد ابتلاهای ناشی از ویروس را در طول زمان معین نشان می دهد. استفاده از پارامترهای مختلف در این مدل می تواند منحنی پیش بینی اپیدمی را تغییر دهد. این پارامترها ممکن است تاثیر موارد مختلف را نشان دهد و یا این که مدل را در برابر داده های متفاوت تنظیم کند.

از زمان شیوع کووید-۱۹ در اواخر ژانویه، مدل سازی ریاضی در خط مقدم شکل دهی به تصمیمات پیرامون دخالت های گوناگون غیردارویی بوده است تا شیوع آن را در بریتانیا محدود نماید. جهت توقف شیوع کووید-۱۹ به طور خاص مدلی که توسط تیم نیل فرگوسن^۱ در کالج سلطنتی لندن [۱] تهیه گردیده، ذکر شده است. این مدل به عنوان یک نیروی محرکه ی پشت سر تصویب قوانین فاصله گذاری اجتماعی در بریتانیا و جهان عمل کرده است. من به عنوان یک طراح ریاضی با تجربیات گسترده در تهیه پارامترگذاری، تنظیم کردن و استفاده از مدل ها برای پاسخگویی و سیاست گذاری به سؤالات مختلف، از توان و قدرتی که این مدل ریاضی داشته هیجان زده شده ام. اما در عین حال، با دانستن این مسأله که مدل سازی ریاضی طراحی شده است، تا واقعیت را ساده و آسان کند و با استفاده از زیر مجموعه های مرتبطی از داده ها به سؤالات مشخص پاسخ دهد، از این مسأله متعجب بودم که این مدل ریاضی چقدر محکم و درست است. به ویژه وقتی که متوجه می شویم که مجموعه داده هایی که آنها استفاده کرده اند فقط از تعداد روزهای محدودی احتمالاً در چند ماه بوده است. «کیفیت یک مدل ریاضی به کیفیت داده هایی است که از آنها استفاده می کند»، این یک جمله رایج و متداولی است که در بین مدل سازان ریاضی استفاده می شود. سیاست های بهینه تعدیلی ممکن است اوج تقاضای مراقبت های بهداشتی را تا دو سوم و مرگ را به نصف کاهش دهد. این سیاست ها، ترکیبی است از جداسازی و ایزوله کردن موارد مشکوک در خانه، قرنطینه خانگی کسانی که با موارد مشکوک در یک خانه زندگی می کنند، فاصله گذاری اجتماعی افراد مسن و دیگرانی که دارای بیماری های زمینه ای حاد و خطرناک هستند. به هر حال، با وجود کاهش اپیدمی، هنوز ممکن است مرگ صدها هزار نفر در پی باشد. به خصوص وقتی پیش بینی ها بیان می کنند که با استفاده از مقدار $R_0 = 2/4$ برای عدد تکثیر پایه در مدل، به سبب گسترش شدید کووید-۱۹ ممکن است پانصد هزار نفر جان خود را بدون هیچ دخالتی از دست بدهند. چنانچه عدد تکثیر

¹Neil Ferguson

همانند حالت مدل کالج سلطنتی و آکسفورد، ممکن است با هم منطبق نشوند. مدل کالج سلطنتی در پاسخ به تعدادی از مرگ و میرهای رو به افزایش در بریتانیا یا آمریکا تا تاریخ چهاردهم مارس ۲۰۲۰ تنظیم شده [۱]، در حالی که مدل آکسفورد با توجه به تعداد مرگ و میرهای ۱۵ روز اول همراه با تلفات بیشتر از صفر در ایتالیا و بریتانیا تنظیم شده است [۵]. به علاوه، دو پارامتر مهم و حیاتی که این روزها به خاطر شیوع کووید-۱۹ زیاد راجع به آن شنیده ایم، یعنی R_0 و CFR ^۳، در این دو مدل متفاوت هستند. R_0 عبارت است از همان «عدد سرایت پایه» که تعداد عفونت‌های ثانویه در حال ظهور و برآمده از عفونت اولیه را اندازه‌گیری می‌کند و ویژگی‌های وضعیت سرایت‌پذیری و ویروس را مشخص می‌نماید [۷]. CFR عبارت از «میزان کشندگی موردی» و یا نسبت توصیف سرعت مرگ و میر ناشی از کووید-۱۹ به دلیل عفونت است و معیاری برای شدت شیوع یا کشندگی و ویروس محسوب می‌شود [۷].

مدل کالج سلطنتی از یک مقدار میانگین $R_0 = 2/4$ برای نتیجه‌گیری اولیه خود استفاده کرده است، اما در این چند روز اخیر، آن را مورد بازبینی قرار داد تا به مقدار عدد ۳ نزدیک‌تر باشد [۲]. آنها به جای CFR ، از «میزان مرگ و میر ناشی از عفونت» از (IFR) ^۴ استفاده می‌کنند که به شیوع یک بیماری مرتبط است و کاملاً با CFR ارتباط دارد، اما شامل موارد بدون علامت و تشخیص داده نشده است. مقدار میانگین IFR مورد استفاده در مدل سلطنتی بین افراد صفر تا ۹ ساله، ۰/۹ درصد با دامنه‌ی ۰/۰۰۲ درصد و در افراد بالای ۸۰ سال سن، ۹/۳ درصد است. از طرف دیگر، مدل آکسفورد از یک مقدار میانگین R_0 ، ۲/۲۵ یا ۲/۷۵ برای سناریوهای متفاوت بهره می‌برد و از یک مقدار میانگین ۰/۱۴ درصدی برای CFR استفاده می‌کند. استفاده از مقادیر متفاوت برای میزان سرایت‌پذیری (R_0) و مقدار کشندگی (CFR) کووید-۱۹ به طور حتم نتایج متفاوتی ایجاد خواهد کرد. بنابراین در زبان محاوره، مقایسه دو مدل با یکدیگر شبیه مقایسه سیب با گلابی است. با وجود این، من این گونه پیشنهاد می‌کنم که به جای مقایسه این دو مدل با یکدیگر، ما باید این دو را به عنوان قسمت‌هایی از یک پازل در نظر گرفته و آنها را کنار هم بگذاریم تا تصویر کاملی از چگونگی بهترین برخورد با شیوع کووید-۱۹ به دست آید. با یک نگاه اجمالی به نتایج هر دو مدل و

پایه به مقدار ۳ نزدیک شود، تعداد مرگ ناشی از شیوع کووید-۱۹ به بیست هزار نفر می‌رسد [۲،۳].

اخیراً نسخه‌ی پیش از انتشار مدل ریاضی دیگری، که توسط گروه سانترا گوتیا ^۲ در دانشگاه آکسفورد تهیه شده بود، منتشر شد [۳] و این گونه بیان داشت که اپیدمی‌های جاری در بریتانیا حداقل یک ماه قبل از اولین مورد فوتی گزارش شده، شروع شده بود. این نظرات به ظاهر متفاوت از دواگروه پیش‌تاز مدل‌سازی، بحثی را آغاز کرد مبنی بر اینکه کدام مدل در پیش‌بینی شیوع کووید-۱۹ دقیق‌تر است؟ برای مردم این سؤال پیش آمد که آیا این نتایج به دست آمده از مدل‌های انتقال بیماری‌های عفونی که به ظاهر متفاوت‌اند، نمایانگر عوامل اصلی مشکلات تصمیم‌گیری هستند؟! [۴]

برای اینکه به جلو حرکت کنیم این مقاله خاطر نشان می‌سازد که سؤال اصلی این نیست که «کدام مدل درست است»، مسأله اصلی این است که «هر دو مدل برای پاسخ دادن به سؤالات پیش آمده درست هستند» و با هم چشم‌انداز کلی را می‌سازند. بنابراین موضوع حائز اهمیت این است که هر دو مدل و نتایج آنها، در چشم‌انداز کلی مرتبط با شیوع کووید-۱۹ و اقدامات لازم برای متوقف کردن آن قرار گیرد.

نکته کلیدی قابل ذکر در اینجا، این است که این دو مدل ریاضی که رسانه‌ها را آشفته کرده است، مدل‌های کاملاً متفاوتی هستند. مدل فرگوسن و همکارانش [۱] یک مدل مبتنی بر انتخاب فرد تصادفی (IBM) است که میزان سرایت‌بخشی هر فرد در بین جمعیت را به عنوان تابعی از تعداد تماس‌هایش در جمع خانواده، محل کار یا تحصیل و تماس‌های تصادفی در نظر می‌گیرد. در مقابل، مدل گوتیا و همکارانش [۵] یک مدل قطعی کلاسیک (SIR) است که میانگین تعداد افراد مبتلا به کووید ۱۹ را به دست می‌دهد، که میزان میانگین سرایت‌بخشی را در بین جمعیت می‌گیرد. به صورت تاریخی هر دوی این مدل‌ها برای بیماری‌های مسری گوناگونی مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۶] و هر دوی آنها مزایا و اشکالاتی دارند. این روش‌های مدل‌سازی اغلب اوقات بر اساس اولویت مدل‌ساز انتخاب شده است. تحت شرایط کاملاً یکسان یعنی مجموعه داده‌ها، پارامترها و استفاده از نرم‌افزارهای عددی یکسان برای شبیه‌سازی، نتیجه آنها باید به یکدیگر همگرا شود. زمانی که از داده‌های متفاوت استفاده می‌کنند

^۳ Case Fatality Rate (CFR) «میزان کشندگی موردی». نسبت مرگ و میر ناشی از یک بیماری خاص در مقایسه با تعداد کل افراد مبتلا با آن بیماری برای یک دوره خاص است. سی‌اف‌آر به‌طور متعارف به عنوان یک درصد بیان می‌شود و اندازه‌گیری شدت بیماری را نشان می‌دهد. میزان مرگ‌ومیر - که اغلب با سی‌اف‌آر اشتباه گرفته می‌شود - اندازه‌گیری تعداد نسبی مرگ‌ومیرها (به‌طور کلی، یا یک علت خاص) در کل جمعیت در واحد زمان است. در مقابل، سی‌اف‌آر تنها تعداد موارد فوت‌شده در میان موارد تشخیص داده شده است.

^۴ Infection Fatality Rate (IFR) «میزان مرگ‌ومیر ناشی از عفونت». نشان دهنده‌ی نسبت مرگ و میر در بین افراد آلوده، از جمله تمام افراد بدون علامت و تشخیص داده نشده است. تفاوت (IFR) با CFR در این است که هدف IFR تخمین میزان مرگ و میر در هر دو وضعیت شخص آلوده و بیمار است: بیماری تشخیص داده شده (موارد) و کسانی که بیماری غیرقابل شناسایی دارند (گروه بدون علامت و آزمایش نشده).

- [2] Epidemiologist Behind Highly-Cited Coronavirus Model Drastically Downgrades Projection, Daily Wire, 26th March 2020. Accessed 26th March 2020.
- [3] UK has enough intensive care units for coronavirus, expert predicts. New Scientist, 25th March 2020.
- [4] Coronavirus exposes the problems and pitfalls of modelling, The Guardian, 25th March 2020.
- [5] Lourenço J, Paton R, Ghafari M, et al. Gupta S. Fundamental principles of epidemic spread highlight the immediate need for large-scale serological surveys to assess the stage of the SARS-CoV-2 epidemic.
- [6] Chowell G, Sattenspiel L, Bansal S, Viboud C. Mathematical models to characterize early epidemic growth: a review. Phys Life Rev.
- [7] Panovska-Griffiths J, et al. Are we prepared for the next influenza pandemic? Lessons from modelling different preparedness policies against four pandemic scenarios. J Theor Biol.
- [8] Can mathematical modelling solve the current Covid-19 crisis?, Jasmina Panovska - Griddiths, BMC Public Health.

این مقاله ترجمه‌ای است از:

https://www.researchgate.net/publication/340907051_Can_mathematical_modelling_solve_the_current_Covid-19_crisis

* دانشجوی دکتری ریاضی دانشگاه ملایر

انجام تفسیر و توضیح بیشتر از آنها، ممکن است بگوییم مدل کالج سلطنتی این گونه پیشنهاد می‌کند که مداخلات توأم با سرکوب و فرونشانی شیوع کووید-۱۹ برای صاف کردن منحنی اپیدمی، کلیدی و مهم محسوب می‌شود. از سوی دیگر، مدل آکسفورد پیشنهاد می‌کند که، از آنجاییکه بخش اعظمی از جمعیت ممکن است تاکنون به بیماری کووید-۱۹ مبتلا شده باشند، پس در اسرع وقت، انجام تست آنتی بادی در مقیاس بزرگ از کل جمعیت، حائز اهمیت فراوان است. اما آیا هردوی این نتایج مرتبط نیستند؟ آیا ممکن است این گونه باشد که تست فراگیر آنتی بادی در استراتژی تعدیلی فعلی، راهی باشد که در پیش رو داریم؟ مسأله حیاتی که وجود دارد این است که تعداد بیماران مبتلا به کووید ۱۹ را صرفاً موارد گزارش شده افراد با علامت بیماری تشکیل می‌دهند یا موارد بیشتری شامل افراد مبتلای بدون علامت نیز وجود دارد؟ در موارد پیشین بیماری‌های عالم‌گیر مانند سارس، تعداد افراد بدون علامت یا آنهایی که علامت‌های خفیف داشتند، پس از شیوع سارس، بسیار کم بود و باعث شد تا به راحتی بتوان بیماران مبتلا شده را ردیابی و قرنطینه کرد. اما اکنون هنوز اطلاعات کافی در مورد اینکه بیماری کووید-۱۹ نیز همینطور است یا خیر، نداریم. بنابراین، وقتی از قرنطینه‌ای که در سراسر دنیا اتخاذ شده خارج شویم، آیا بار دیگر منحنی صاف شده اپیدمی، سیر صعودی پیدا خواهد کرد؟

نتیجه‌گیری:

مدل‌سازی ریاضی یک ابزار قوی برای درک نحوه‌ی انتقال کووید-۱۹ و کشف سناریوهای مختلف محسوب می‌شود. اما به جای تمرکز روی درستی مدل‌ها، ما باید این را بپذیریم که «یک مدل قادر نخواهد بود به تمامی این پرسش‌ها پاسخ دهد» و ما به مدل‌های بیشتری نیاز داریم که بتوانند سؤالات تکمیلی را جواب دهند و قادر باشند قطعات پازل را کنار هم بگذارند و شیوع کووید-۱۹ را متوقف نمایند.

منابع:

- [1] Ferguson NM, Laydon D, Nedjati-Gilani D, et al. Impact of nonpharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID- 19 mortality and healthcare demand.