

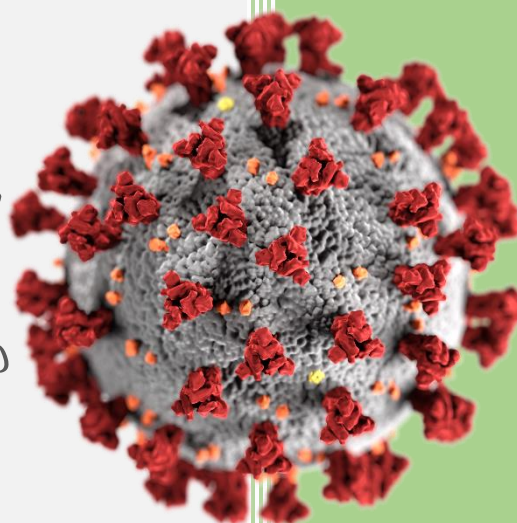
دانشگاه تربیت مدرس



دیدهبانی علمی بیماری کووید ۱۹

گزارش علمی

Scientific Report



استراتژی دولت در مقابله با کرونا به چه می‌انجامد؟

شکوفه اکبری^۱، سعید انصاریفرد^۲، محمد جمالی^۳، طاهره جمالی^۴، یوسف جمالی^۱، مرتضی خطیری^۳، نوشین شاهرخی^۱، اصغر صابری^{۵،۳}، حمید فغانپور عزیزی^۶، سکینه کاظمی^۴، مطهره هیبت‌الهی^۷

^۱گروه ریاضیات زیستی، دانشکده ریاضی، دانشگاه تربیت مدرس، ^۲دانشکده فیزیک دانشگاه شهید بهشتی، ^۳گروه فیزیک بنیادی، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، ^۴مرکز تحقیقات بیوفیزیک و بیوشیمی، دانشگاه تهران، ^۵دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف، ^۶گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، ^۷دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه شهید بهشتی

y.jamali@modares.ac.ir

برای دسترسی به آرشیو گزارش‌ها به لینک زیر مراجعه فرمایید:

<https://modares.ac.ir/~covid>

فضای مجازی آمیخته از اطلاعات علمی و شبه علمی است که ممکن است باعث سردرگمی استفاده‌کنندگان شود. هدف از این سلسله مباحث علمی، ارائه اطلاعات معتبر، دارای شناسنامه و تهیه شده توسط اساتید درباره کووید ۱۹ می‌باشد.

۲۷ خرداد ۱۳۹۹

گروه مطالعات علم و فناوری - ۴۵

بعد از گذشت بیش از ۱۷۰ روز^۱ از شناسایی میهمان ناخوانده کرونا که امروزه تقریباً تمامی اهالی خانه زمین را درگیر خود کرده‌است و گویا به این زودی‌ها قصد رفتن ندارد؛ متأسفانه می‌بینیم که دولت‌ها برای مواجهه با آن به استراتژی واحدی نرسیده‌اند. این عدم توافق بی‌دلیل نیست؛ ناشناخته بودن ویروس از یک طرف و پیچیدگی شرایط اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی جوامع بشری از طرف دیگر موجب شده‌است پیش‌بینی زمان و نحوه انتشار بیماری، میزان مرگ‌ومیر مبتلایان و... در سیاست‌های مختلفی که دولت‌ها با توجه به شرایط کشورشان در نظر دارند، بسیار دشوار و در برخی موارد غیرممکن به نظر برسد. در چنین شرایطی چه باید کرد؟ آیا می‌توان نتایج استراتژی‌های مختلف را قبل از اعمال آن‌ها دید و با هم مقایسه کرد؟!

شبیه‌سازی رایانه‌ای یکی از بهترین روش‌های علمی برای پیش‌بینی اتفاقات آینده از جمله بررسی اثر سیاست‌های مختلف در روند کنترل یا شیوع بیماری در جامعه است. برای شبیه‌سازی شیوع بیماری سه روش مهم وجود دارد.

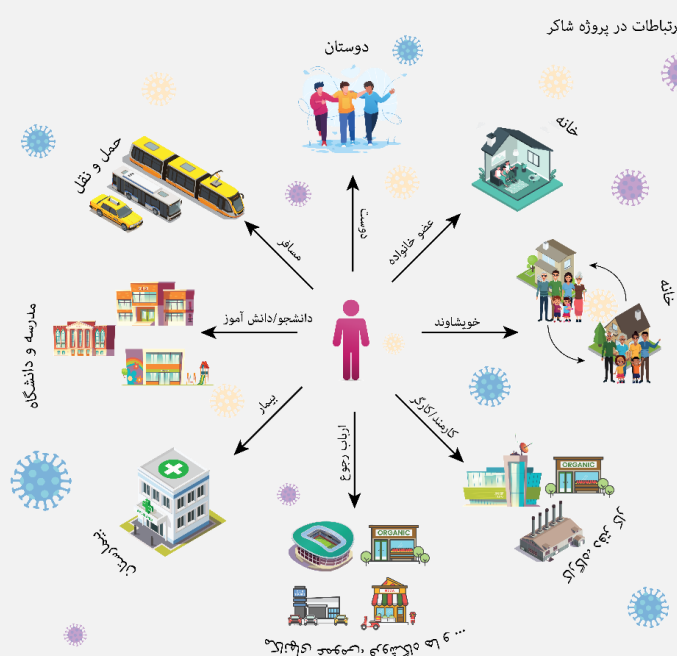
۱. روش پیوسته سیستم دینامیک؛ ۲. روش فرآیندهای تصادفی؛ ۳. روش مبتنی بر عامل

بدلیل سادگی و در دسترس بودن نرم‌افزارهای از قبل آماده‌شده، معمولاً دو روش نخست به کار گرفته می‌شوند. مدل‌های دسته اول، مدل‌های مرسوم بررسی اپیدمی در جامعه است که معمولاً بر مبنای حل معادلات حاکم ماکروسکوپی است که سیستم را بطور پیوسته نگاه کرده و با تقریب‌های میدان میانگین با ساده کردن مسأله به حل و بررسی آن می‌پردازد. برخی دیگر نیز با استفاده از ابزارهای فرآیندهای تصادفی سعی در بررسی این فرآیند می‌کنند. این دو ابزار در عین کارآمدی و استفاده فراوان، امروزه به عنوان بازوهای اصلی اپیدمیولوژی در تشریح فرآیندها و بررسی آن‌ها استفاده می‌شود؛ اما متأسفانه این مدل‌ها بدلیل ساده‌سازی‌های زیاد معمولاً قادر به تشریح بسیاری از جزئیات و بررسی مستقیم آن‌ها نمی‌باشند. برخلاف این رویکرد ماکروسکوپی و تقریبی، مدل‌های مبتنی بر عامل، تمرکز خود را بر روی تک‌تک واحدهای ساختاری سیستم گذارده و با تعریف قوانین تعاملی ساده سعی در ساخت دنیایی مشابه در سلیکون می‌کند تا بتواند با نگاهی از پایین به بالا، اتفاقات کلی جامعه را بر اساس رفتارهای تک‌تک عامل‌ها بررسی کند. این ابزار، هر چند چالش‌هایی دارد اما می‌تواند با جزئیات بیشتری فرآیندها را بررسی و توضیح دهد. این روش به خاطر وجود پارامترها و متغیرهای فراوانی که باید در آن تعریف نمود، کار بسیار دشوار و زمان‌بر و البته به همان اندازه دقیق است که می‌تواند توصیف واقعی‌تری از جامعه ارائه دهد. در ایران، شبیه‌سازی‌های انجام‌شده -بلاخص شبیه‌سازی بخش اپیدمیولوژی ستاد مقابله با کرونای وزارت بهداشت- با روش نخست بوده‌اند و بسیاری از آمارها و پیش‌بینی‌هایی که از مسئولین می‌شنویم

^۱ نتایج و پیش‌بینی‌های مدل، قبل از تاریخ ۱۶ اردیبهشت‌ماه تهیه شده و در همان تاریخ در خبرگزاری ایسنا به چاپ رسیده‌است.

بر اساس همان مدل‌سازی است. در سطح بین‌المللی برخی از نتیجه‌گیری‌ها و گزارش‌ها با استفاده از «روش مبتنی بر عامل» به شبیه‌سازی نحوه انتشار بیماری در استراتژی‌های مختلف پرداخته‌اند؛ البته معمولاً بدلیل پیچیدگی مسأله، از فرض‌های بسیار ساده‌ای استفاده کرده‌اند که موجب می‌شود نتایج کارشان الزاماً قابل اعتماد نباشند. بعنوان مثال در آن شبیه‌سازی‌ها، افراد همچون ذراتی با حرکت‌های آزاد فرض شده‌اند که طی برخورد با هم می‌توانند با درصدی از احتمال، بیماری را به یکدیگر منتقل کنند. این ساده‌سازی باعث می‌شود که نتایج، بیشتر جنبه کیفی داشته باشند و پیچیدگی‌های جامعه انسانی همچون خانواده، روابط دوستی، روابط شغلی، اثرات غیرموضعی جامعه و ... در نظر گرفته نشوند.

با عنایت الهی، گروهی از جوانان و محققین ایرانی از دانشگاه‌های تربیت مدرس، علوم پزشکی بقیه‌الله الاعظم، شهید بهشتی، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی (IPM)، صنعتی شریف و مازندران از رشته‌های مختلف علوم پایه و پزشکی توانستند در اقدامی کم‌نظیر، نحوه انتشار بیماری کووید ۱۹ در ایران را با بهره‌گیری از روش مبتنی بر عامل (Agent-based Modelling) شبیه‌سازی کنند. پروژه شاکر (شبیه‌ساز ایرانی کرونا) نامی است که این محققان جوان بر این دستاورد و افتخار علمی نهاده‌اند. در این شبیه‌سازی که بر اساس بوم فرهنگی، اجتماعی و جغرافیایی ایران انجام شده‌است، افراد جامعه به عنوان واحدهای سازنده جامعه بصورت صریح در نظر گرفته شده‌اند. به عبارت دیگر در این شبیه‌سازی، ما با یک جامعه مجازی درون کامپیوتر مواجه هستیم که هر فرد به عنوان یک عامل دارای خصوصیات و دینامیک مشخصی می‌باشد. هر فرد مجازی دارای ارتباطاتی در سطوح مختلف نظیر خانوادگی، آشنایان، دوستان، همکلاسی‌ها، همکاران، اجتماع و غیره با افراد دیگر جامعه می‌باشد. همچنین هر فرد متعلق به یک خانواده است که بسته به سن و نقش خود با



مکان‌های دیگر اجتماع ارتباط و تعامل دارد. مکان‌هایی نظیر محل کار، مدرسه، دانشگاه، سامانه‌های حمل و نقل، بیمارستان، مغازه‌ها، ادارات، مکان‌های عمومی و غیره از جمله مکان‌هایی هستند که در این مدل‌سازی و جامعه مجازی وجود دارند. فرد مجازی دارای یک سطحی از سلامت، ایمنی فردی، و احیاناً بیماری زمینه‌ای منحصر به فرد است که بر مبنای توزیع مشخصی بین افراد توزیع شده‌است.

در این دنیای مجازی، روند بیماری کووید ۱۹ در هر فرد دارای دینامیکی وابسته به خصوصیات ذاتی

بیماری و همچنین خصوصیات فرد بیمار است. بطور کلی بیماری دارای یک دوره نهفتگی، دوره آشکاری و دوره نقاهت است که شدت بیماری در هر دوره و همچنین داخل هر دوره متغیر است. انتقال بیماری وابسته به ارتباطات بین افراد در جامعه است که در سطوح مختلف رخ می‌دهد. در هر ارتباط در صورتی که یک طرف دارای بیماری باشد، یک احتمال انتقال بیماری به فرد سالم وجود دارد. این احتمال بصورت تابعی از پارامترهای مختلف مثل زمان و قدرت تعامل، شدت بیماری در طرف مقابل، میزان محافظت (استفاده از ماسک و میزان رعایت فاصله فیزیکی) و غیره بصورت دینامیک برای هر ارتباط محاسبه می‌گردد. البته در این مدل احتمال انتقال بیماری از محیط‌های فیزیکی آلوده نیز در نظر گرفته شده است. آلوده شدن محیط هم توسط افراد بیماری که با در آن محیط در رفت‌وآمد هستند رخ می‌دهد. لازم به ذکر است که اطلاعات استفاده شده در این شبیه‌سازی مانند دینامیک بیماری، توزیع سنی افراد، توزیع و نوع مکان‌ها و بسیاری دیگر از اطلاعات مربوطه، بر اساس داده‌ها و واقعیات موجود در مقالات معتبر در مورد بیماری کووید ۱۹ و آمارهای ملی و بین‌المللی و همچنین مشاوره با پزشکان و افراد متخصص و با توجه به اصل خرد جمعی بدست آمده و در نظر گرفته شده‌اند.

ویژگی‌ها و امتیازات پروژه شاکر

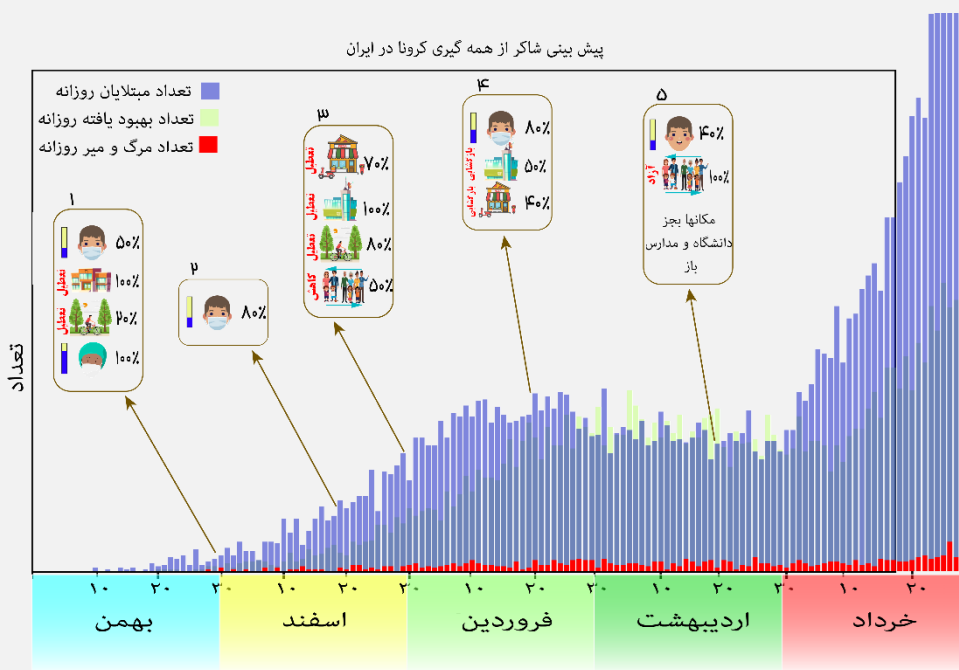
به طور خلاصه، اصلی‌ترین ویژگی این شبیه‌سازی که آن را در سطح ملی و بین‌المللی کم‌نظیر نموده است عبارتند از:

- قابلیت محاسبه برای جمعیت‌های بالا و نزدیک به واقعیت. این برنامه قابلیت اجرای شبیه‌سازی برای چند میلیون نفر را روی سیستم‌های مناسب دارد. شبیه‌سازی‌های انجام شده با رایانه‌های شخصی تا جمعیت دو میلیون نفر بوده است که بسیار عدد بالایی است. این شبیه‌سازی‌ها در زمان‌های محدود و نه طولانی انجام می‌شود و قابلیت بررسی شرایط متعدد را به کاربر می‌دهد.
- قابلیت اجرا کردن سیاست‌ها و محدودیت‌های مختلف مثل انواع قرنطینه، رعایت انواع فاصله‌گذاری اجتماعی و فیزیکی، تعطیلی درصدی دلخواه و گزینشی و مدیریت شده در مراکز مختلف از جمله کارگاه‌ها، دانشگاه‌ها، مدارس، ادارات، مراکز عمومی و غیره را داراست.
- امکان دسترسی و کنترل تک‌تک افراد جامعه را دارا می‌باشد؛ به نحوی که بر اساس پارامترهای مختلف می‌توان قیود دلخواه را بر افراد جامعه اعمال کرد.

- قابلیت اضافه کردن پارامترهای میکروسکوپی جدید و افزایش دقت بررسی در صورت نیاز. به عنوان مثال براحتی می‌توان مستقیماً تعطیلی‌ها را وارد برنامه کرد، تعطیلی‌های دوره‌ای مثل جمعه یا تعطیلات دیگر، و یا اثر مسافرت بین شهری.
- بومی بودن نرم‌افزار. یعنی نرم‌افزار یک مدل عمومی نمی‌باشد؛ بلکه پارامترهای مختلف آن نظیر توزیع جمعیت، سن افراد، توزیع خانوار و نحوه روابط آن‌ها، توزیع مشاغل، حمل و نقل و حتی ضرایب بیماری و غیره بر مبنای اطلاعات و آمار مربوط به ایران تنظیم گردیده‌است. همچنین با تغییر و تنظیم این پارامترها و ضرایب، امکان خدمات‌رسانی به کشورهای دیگر درگیر این بیماری وجود دارد.

برخی از نتایج پروژه شاکر

همانطور که گفته شد پروژه شاکر یک شبیه‌ساز نسبتاً جامع است که قادر است شرایط و پارامترهای مختلف را بررسی و با هم مقایسه کند. ما به عنوان یک سناریو، سیاست‌های اعمال شده در ایران مثل تعطیلی مراکز عمومی، دانشگاه‌ها و مدارس، ادارات، سخت‌گیری‌های قانونی اعمال شده بر رفت‌وآمد، آگاه‌سازی مردم و رفتار آن‌ها در مورد بیماری، کمتر شدن روابط در عید، قرنطینه خانگی برخی از مبتلایان و غیره که در ایران تاکنون رخ داده‌است را تحت ۴ مرحله در زمان‌های ۱ اسفند، ۲۰ اسفند، ۱ فروردین، ۲۰ فروردین در شبیه‌سازی اعمال نمودیم.



به‌عنوان نمونه، در ۲۰ فروردین ۸۰٪ درصد افراد از ماسک استفاده و اصول حداقلی بهداشتی را رعایت می‌کنند. همچنین ۵۰ درصد ادارات و ۴۰ درصد اشتغالات کوچک پس از دوره تعطیلی ایام عید بازگشایی شده‌اند. نتایج بدست‌آمده از آمار مبتلایان و آمار مرگ‌ومیر تا امروز همخوانی مناسبی با واقعیت ایران دارد، ولی در آینده چه رخ

خواهد داد و شبیه‌سازی چه پیش‌بینی‌ای برای آینده دارد؟ آیا روند گسترش بیماری مهار می‌شود؟

پاسخ این سؤال کاملاً وابسته به سیاست‌های اعمالی دولت و رفتار مردم است. اگر سیاست فعلی دولت و رفتار کنونی جامعه را در نظر بگیریم؛ یعنی به جز مدارس و دانشگاه‌ها سایر اماکن نظیر مغازه‌ها، ادارات، مترو و غیره کم‌کم بازگشایی شوند و مردم با تصور تمام شدن کرونا به وضعیت عادی زندگی بازگردند و اکثراً حفاظت‌های مناسب و همچنین فاصله اجتماعی را رها کنند، همانند سناریو آخری که در تاریخ ۲۰ اردیبهشت اعمال کرده‌ایم، باید بگوییم که علی‌رغم تمایل ما و دولتمردان، شبیه‌سازی واقعیت بسیار متفاوتی را پیش‌بینی می‌کند. همانطور که در نمودار بالا مشاهده می‌فرمایید، پس از کاهش جزئی در آمار مبتلایان (که ناشی از رعایت‌های انجام‌گرفته قبلی است)، متأسفانه در آینده‌ای نزدیک شاهد افزایش بسیار زیاد مبتلایان خواهیم بود که می‌تواند بیشتر از آنچه تصور می‌کنیم، جان بسیاری از ما و عزیزانمان را به خطر بیندازد و کشور را با چالشی بزرگ روبرو کند!

این شوخی یا خیال‌پردازی نیست؛ بلکه هشدار است به مسئولین! همان شبیه‌سازی‌ای که روند گسترش بیماری در ایران را تا وضعیت فعلی بخوبی بدست آورده‌است، با احتمال بالایی آینده را نیز بخوبی توصیف می‌کند. باید بدانیم که در بدترین تخمین همه‌گیری، متأسفانه ۵۰ میلیون نفر به کرونا مبتلا و ۵۰۰ هزار نفر کشته خواهند شد. اینکه می‌بینیم آمار فعلی بسیار با این اعداد و ارقام فاصله دارد (آمار کشته‌شدگان تا امروز حدود ۶ هزار نفر است) تنها و تنها بدلیل برخی سخت‌گیری‌ها، تعطیلی‌ها و بالاخص رعایت کردن مردم است. اینکه در آینده چه رقم خواهد خورد فقط و فقط به سیاست‌های دولت و رفتار ما در قبال کرونا وابسته است. همانطور که عرض شد، شبیه‌ساز شاکر قابلیت بررسی سناریوهای مختلف را دارد که مسئولین می‌توانند ایده‌های خود را به وسیله آن بررسی کنند و نتایج را ببینند. اما در ادامه نتایج برخی از سناریوهایی که بیشتر به مردم مربوط می‌شوند را در جدول زیر خدمتان ارائه می‌کنیم.

سؤال	سناریو	نتیجه
۱ رعایت منطقه‌ای: آیا رعایت یک محله یا منطقه جغرافیایی علی‌رغم عدم رعایت بقیه نواحی فایده‌ای دارد؟	افراد یک ناحیه جغرافیایی خاص تلاش داشته‌اند با زدن ماسک و رعایت فاصله فیزیکی، بطور حداقلی خود را از بیماری محافظت نمایند. ولی ناحیه‌های دیگر کاملاً آزاد بوده‌اند. (علت انتخاب نکردن حفاظت کامل اینست که معمولاً افراد بدلیل سهل‌انگاری، فراموشکاری و یا نبود تجهیزات خیلی ایمن (مثل ماسک‌های کاملاً حفاظت‌کننده) نمی‌توانند در جامعه رعایت کاملی داشته باشند).	افرادی که در منطقه دیگر زندگی می‌کردند و اصول بهداشتی را رعایت نکرده‌اند به میزان ۱۰۰٪ بیشتر از منطقه اول دچار بیماری و مرگ ناشی از آن شده‌اند.
۲ رعایت خانوادگی: آیا اگر خانواده‌ای رعایت کند اما همسایگان و دیگران رعایت نکنند، تأثیری دارد؟	۵۰ درصد خانواده‌هایی از سراسر شهر تصمیم به رعایت حداقلی دارند اما بقیه خانواده‌ها از ماسک و بقیه نکات بهداشتی استفاده نکنند.	خانواده‌هایی که رعایت کرده‌اند به میزان ۵۰٪ کمتر از سایرین به بیماری دچار شده‌اند و ۳۰ درصد کمتر مرگ‌ومیر داشته‌اند.

<p>نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که فرزندان این خانواده‌ها به میزان حداقل ۳۰٪ نسبت به سایر خانواده‌ها کمتر به کرونا مبتلا می‌شوند.</p>	<p>در این سناریو برخی از خانواده‌ها انتخاب شده‌اند و تنها قید موجود این است که فقط سرپرست خانوار که دارای تعاملات شغلی و رفت‌وآمد بیشتری نسبت به سایر اعضا است، با رعایت اصول بهداشتی و ماسک در برابر کرونا از خود محافظت حداقلی نماید.</p>	<p>۳ رعایت سرپرست خانوار: آیا رعایت والدین اثری بر فرزندان دارد.</p>
--	---	--

*** این شبیه‌سازی‌ها که با فرض باز بودن مدارس، دانشگاه‌ها و ادارات انجام شده‌اند، بدون شک با فرض تعطیلی آن‌ها نتایج بهتری بدست خواهند داد.

پیام نهایی

این شبیه‌سازی علاوه بر هشدارهایی که به دولتمردان می‌دهد، به ما مردم گوشزد می‌کند که رعایت اصول بهداشتی به منظور حفظ خودمان و عزیزانمان تا چه اندازه اهمیت دارد. بدون شک اگر بدانیم رعایت کردن ما تا چه اندازه مانع از بیماری خانواده‌مان خواهد شد، به خاطر حفظ جان عزیزانمان سختی آن را تحمل خواهیم کرد؛ تا این بیماری مهار شود.

