



مدل سازی کووید-۱۹ و استفاده از مدل اکسفورد برای پیش بینی وضعیت اپیدمی در ایران

به سفارش و حمایت کمیته ساماندهی تحقیقات کووید-۱۹ معاونت تحقیقات و فناوری وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

تهیه کننده: دکتر علی احمدی^۱، مهران نخعی^۲

مرکز تحقیقات مدل سازی در سلامت شهرکرد^۱، مرکز تحقیقات مدل سازی در سلامت کرمان^۲

مقدمه: تعریف و معرفی مدل سازی

مدل سازی نمایش دادن بخشی از واقعیت است. وقتی آگاهانه ویژگی ها و خصوصیت های برخی متغیرهای مهم را برای نشان دادن یک ساختار یا یک فرایند در یک سیستم بکار می بریم در واقع نوعی مدل سازی است. مدل سازی یک مفهوم انتزاعی و انتخابی از واقعیت است. ممکن است ارایه همه واقعیت در مدل سازی مقدور نبوده یا امکان پذیر نباشد.

پدیده ها و پیامدهای مرتبط با سلامتی و بیماری ها در جامعه غالباً با ریسک فاکتورها و رخدادهای چندعلیتی و چندوجهی و از جمله با عوامل اجتماعی، فرهنگی، سیاسی و اقتصادی مرتبط می باشند، بنابراین مدل سازی این پدیده ها می تواند به درک بهتر چندعلیتی بودن آنها کمک نماید. برای آشکار نمودن و ساده سازی روابط بین اجزای تشکیل دهنده یک رخداد مرتبط با سلامتی و تعیین ساختار پدیده، از مدل سازی استفاده می شود. این مدل ها احتمالاً بیانگر همه واقعیت های مرتبط با آنها نباشند و البته ضمن ساده بودن، باید تا حد امکان مولفه های مهم تاثیرگذار در پدیده ها، هنگام مدل سازی ها در نظر گرفته شود.

در علوم غیرپزشکی نیز از مدل ها به وفور استفاده می شود. ماکت کره زمین (کره جغرافیایی) یا نقشه های راهنما، انواعی از مدل ها یا الگویی از واقعیت جغرافیایی جهان موجود هستند. این مدل ها تصور بهتر همه مناطق جغرافیایی جهان را ممکن و برای استفاده در آموزش جغرافیا و یا دسترسی به مناطق مختلف و تبیین مناطق همسایه کاربرد دارند. مدل سازی فقط جنبه های خاصی از واقعیت را به انتخاب و هنر مدل ساز ارایه می دهد. به عنوان مثال در علم اقتصاد یک مدل ساز برای نشان دادن تعادل "مقدار کالا" و "قیمت" از دو منحنی عرضه و تقاضا استفاده می کند. این مدل بسیاری از امور واقعی موثر بر تعادل بازار را در نظر نمی گیرد و فقط سه فاکتور قیمت، تقاضا و عرضه را در نظر دارد.

در مدل سازی درک جهان خارج، از طریق حواس پنجگانه، تعقل و تدبر انجام می شود. مدل ها نمایش مجددی از واقعیت ها هستند که می توانند گاهی به طور دقیق واقعیت ها را بیان دارند و یا به علل اشتباهات مدل ساز و یا ورودی های اشتباه و ناقص، پاسخ های غیردقیق یا دور از واقع ارایه نمایند. اعتبار یک مدل بستگی به میزان واقع گرایی آن دارد. مدل سازی دارای توالی و مستلزم برقراری ارتباط بین جهان واقعیت، مدل، مدل ساز و کار تیمی با تخصص های مورد نیاز است. سپس تفسیر واقعیت هستی بر اساس درک ما، مدل سازی میشود. به طور خلاصه در فرایند و تعریف مدل سازی سه نکته زیر مورد توافق متخصصین این فیلد است:

۱- واقعیتی از طریق عقل، تفکر و حواس به فرد یا افراد مدل ساز (تیم/گروه) منتقل می شود.

۲- مدل ساز بر اساس تفکرات و دانش خویش روابط بین متغیرها را برقرار و اطلاعات را تحلیل و تفسیر می کند.

۳- فرد، تفسیر (درک) خود را بعنوان واقعیت یا مدل ارایه می دهد.

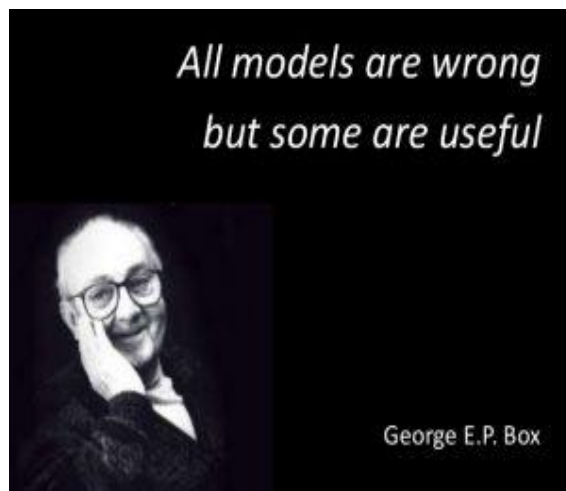
بنابراین می توان گفت "مدل سازی فرایندی است که در شبکه عصبی مغز با تفکر آغاز و با درک واقعیات، فرموله کردن تجربیات، پردازش و نمایش مجدد اطلاعات جهان خارج ادامه می یابد. نتیجه این فرایند مدل نامیده می شود".

از واژه مدل در سه نقش اسم، صفت و فعل استفاده می شود. در نقش اسم مدل بیانگر یک مفهوم ذهنی و یا شکل ذهنی است. مدلی که یک معمار از یک ساختمان بیمارستانی در مقیاس کوچکتر یا یک فیزیکدان از یک اتم یا یک ویروس شناس از یک ویروس کووید-۱۹، مدلی در اندازه بزرگتر می سازد مثالی از مدل ها در نقش اسم هستند. در نقش صفت، مدل به صفات عالی و مطلوب و نمونه ای شاخص و الگو اشاره دارد. خانه بهداشت مدل و یا دانشجوی مدل که بیانگر الگوی کامل و شاخصی برای ساختن یک خانه بهداشت ایده ال و یا آموزش و تربیت یک دانشجوی نمونه یا یک انسان سالم و یا یک بیمارنا واجد شاخصهای خاص مثالی از مدل ها در نقش صفت است. در نقش فعل، مدل نمایش دادن بخشی از واقعیت و فرایند ایجاد یک پدیده یا رخداد است. مدل آماری عوامل تعیین کننده سگته قلبی در ایران یا مدل ریاضی سیر پیشرفت سرطان در یک بیمار مبتلا به سرطان معده یا مدل عوامل تعیین کننده طغیان اسهال خونی در یک شهر یا مدل عوامل تعیین کننده و پیش بینی کننده کووید-۱۹ در ایران نمونه هایی از مدل ها در نقش فعل است.

مدل ها انواع مختلفی از جمله فیزیکی (شمایلی و قیاسی) و نمادین (کلامی، ریاضی و آماری) دارند و در علوم مختلف کاربرد متعددی دارند. یکی از انواع آنها که در علوم پزشکی و سلامت بسیار پر کاربرد و با اهمیت هستند مدل های ریاضی و آماری است. این مدل ها با استفاده از حروف، اعداد، شبیه سازی ها، توابع، عملگرها و روابط ریاضی، جهان واقعی و متغیرهای مرتبط و تعیین کننده یک حالت یا پیامد سلامتی و بیماری را در مراحل مختلف پیش آگهی، تشخیص، درمان و پیشگیری را به تصویر می کشند یا پیش بینی می کنند. این مدل ها بسیار انتزاعی و قابل انعطاف بوده و بیشترین میزان کاربرد را در سیاستگذاری و تصمیم گیری مبتنی بر شواهد در نظام سلامت دارند. اما در انتهای مقدمه و تعاریف مدل سازی باید جمله معروف و منتسب به آمار شناس انگلیسی (George E. P. Box) را نیز همواره در استفاده از مدل ها و ترجمان دانش آنها مورد نظر داشت. "همه مدل ها اشتباه هستند" یعنی هر مدل اشتباه است. زیرا این ساده سازی واقعیت است.

برخی از مدل ها، به ویژه در علوم "سخت" یا زمینه های خاصی از علوم طبیعی فقط کمی اشتباه دارند. آنها مواردی مانند اصطکاک یا اثر گرانشی اجسام کوچک را نادیده می گیرند. مدل های دیگر بسیار اشتباه هستند - آنها چیزهای بزرگتر را نادیده می گیرند.

در علوم اجتماعی، ما خیلی نادیده می گیریم. "اما برخی مفید هستند" - ساده سازی واقعیت می تواند بسیار مفید باشد. آنها می توانند در توضیح، پیش بینی و درک جهان و همه اجزای مختلف آن به ما کمک کنند. این فقط در آمار درست نیست! نقشه ها نوعی مدل هستند. آنها اشتباه می کنند اما نقشه های خوب بسیار مفید هستند.



ضرورت مدل سازی ها

۱) آشکار نمودن روابط بین اجزای سازنده مدل. ۲) درک بیشتر از اجزای مدل و متغیرها. ۳) امکان تجزیه و تحلیل ریاضی آن. ۴) امکان پذیر نمودن آزمایشات. ۵) قابلیت استفاده در آموزش و پیشگیری. ۶) قابلیت استفاده در تصمیم سازی ها و تصمیم گیری ها. ۷) مدل های بیماری نقش مهمی در درک و مدیریت پویایی انتقال عوامل مختلف بیماری را دارند. ما می توانیم از آنها برای توصیف الگوهای مکانی و زمانی شیوع بیماریها و همچنین کشف یا درک بهتر عواملی که بر بروز عفونت تأثیر می گذارند استفاده کنیم. در درک اینکه چه روشهای درمانی و مداخله ای می توانند موثرتر باشند یا این روشها چقدر مقرون به صرفه هستند و هنگام تلاش برای کنترل، حذف و ریشه کنی بیماری چه فاکتورهای خاصی باید در نظر گرفته شود استفاده از مدل ها ضروری است. از مدل سازی با حداقل هزینه های مورد نیاز می توان برای هدایت سیاست اجرای راه حل های عملی در دنیای واقعی استفاده کرد.

فرایند مدل سازی در سلامت و بیماری ها

مدل سازی در یک فرایند ۷ مرحله ای قابل انجام است:

۱- **تعریف مسئله یا مشکل مرتبط با سلامتی:** تعیین سوال پژوهش، درک، توضیح، تبیین، تعیین وضعیت موجود، تشریح و شناخت واقعی و درک مسئله، انجام یک بررسی متون و مرور سیستماتیک درباره مشکل مرتبط با سلامتی. در این نوشتار موضوع اپیدمی کووید-۱۹ در ایران مانند سایر کشورهای دنیا به عنوان یک مشکل اولویت دار نیازمند مدل سازی و پیش بینی است.

۲- **جمع آوری داده ها:** انجام یک پژوهش اولیه یا ثانویه و جمع اوری پارامترها و فاکتورهایی که بر مسئله مورد بررسی تأثیر گذار هستند. انجام مطالعات اپیدمیولوژیک و استفاده از مشاهده، مصاحبه، پرسشنامه، نمونه گیری و به طور کلی اجرای گام های یک پژوهش اکادمیک. در واقع نیاز به فراهمی درون دادهای مورد نیاز و معتبر برای مدل سازی از جمله ضرورت های مدل سازی کووید-۱۹ است. نادانسته های ما درباره این بیماری نوپدید نیز در مدل سازی اثرگذار بوده و به آن نیز باید توجه نمود.

۳- **ساخت و توسعه مدل:** نیاز به مهارت و فنون اپیدمیولوژی، آمار زیستی، ریاضی، فناوری اطلاعات و نرم افزارها و آمیخته نمودن آنها با تخیل، هنر، هنرمندی و تجربه، تعیین روابط متقابل بین متغیرها. دیدگاه ها و راههای مختلفی برای ساخت مدل ها وجود دارد. برای ساخت یک مدل، فرموله کردن مدل و در واقع تعیین اجزا متشکله یک مدل، ورودی ها و خروجی ها، متغیرهای تصمیم و قابل کنترل، متغیرهای غیرقابل کنترل و پارامتر، اندازه های عملکرد، متغیرهای نتیجه، متغیرهای مستقل و وابسته، مخدوش کننده ها، متغیرهای برهمکنش کننده، متغیرهای تولید و ترکیبی مرتبط با موضوع مدل سازی را باید شناخت و سپس به مدل سازی اقدام نمود. در جهان واقعی تنها یک راه صحیح برای ساخت یک مدل وجود ندارد. در یکسال گذشته از شروع پاندمی کووید-۱۹ تا کنون بیش از یکصد مدل ارائه شده و مقالات متعددی در این زمینه منتشر شده است. به عنوان مثال در [لینک این مقاله](#) حداقل ۳ مدل (Gompertz, Von Bertalanffy, and Least Squared Error (LSE)) در سال ۱۳۹۸ توسط نگارنده این متن برای پیش بینی کووید-۱۹ در ایران معرفی و استفاده شده است. یا مدل های دیگر را [در این لینک](#) و [این لینک](#) ببینید. **دو مدل** بیشتر از بقیه مدل ها به دلیل دینامیک بودن و در دسترس قرار داشتن پیش بینی ها و خروجی ها یا کار با مدل و مدل سازی کووید-۱۹ مورد علاقه بیشتر پژوهشگران و مدیران در نظام سلامت قرار گرفته است.

مدل اول مربوط به موسسه سنجش و ارزیابی سلامت در آمریکا (IHME) است که خروجی های آن برای همه کشورها در دسترس بوده و می توان پیش بینی ها را از وب سایت موسسه و [این لینک](#) مشاهده نمود. در گزارش سالیانه اپیدمی کووید-۱۹ در ایران که توسط تهیه کنندگان این متن تهیه شده بود، خروجی های این مدل قبلا گزارش و در [این لینک](#) در دسترس است.

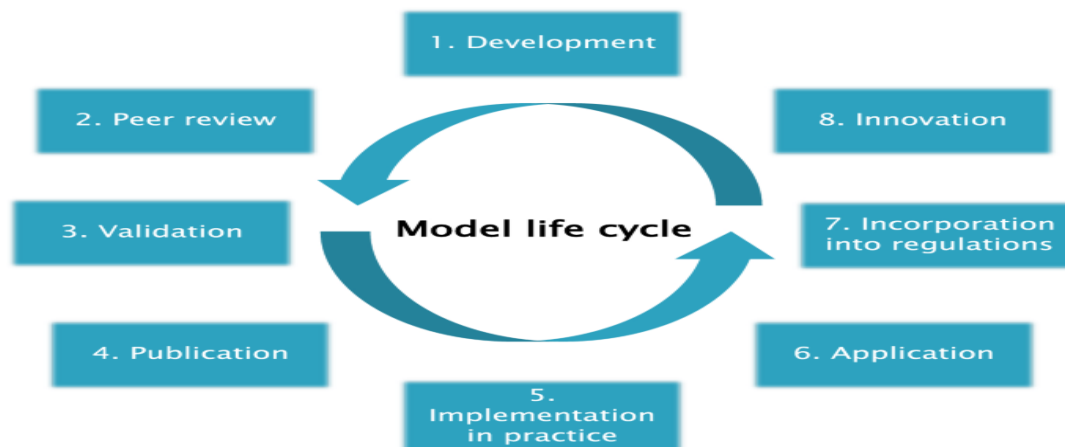
مدل دوم مربوط به دانشگاه آکسفورد و معروف به CommoModel است که از [این لینک](#) قابل استفاده است. در مدل دوم مدل ساز می تواند ورودی ها مورد نیاز مدل و از جمله متغیرهای ابتلا و مرگ و میر کووید-۱۹ به همراه مداخلات انجام گرفته را وارد اپلیکیشن یا نرم افزار R نموده و با کالیبره کردن و اعتبارسنجی به خروجی ها دست پیدا نماید. در واقع مدل آکسفورد از نظر آموزشی و سیاستگذاری کاربرد بیشتری از مدل اول دارد. در این متن به مدل دوم پرداخته و استفاده می شود.

۴-ارزیابی اعتبار و بررسی صحت عملکرد مدل: این مرحله از مدل سازی و به ویژه در بکارگیری در سلامتی و جهان واقعی بسیار مهم است. مشاوره با متخصصین علوم بالینی مرتبط با موضوع مدل سازی در سلامت و همچنین متخصصین علوم پایه مرتبط، احتمال پذیرش مدل ساخته شده را افزایش می دهد. بنابراین ارزیابی پیش فرض های مدل سازی و ممیزی و صحت عملکرد نیاز به تایید دارد. بازنگری داده ها، محاسبه شاخصهای ارزیابی مدل، صحت، دقت، روایی و پایایی، بازنگری پیچیدگی های مدل، ساده بودن مدل و تعداد کمتر متغیر، نیاز به زمان کمتر برای اجرا و استفاده دارد.

۵-حل مدل: پیاده سازی تصمیمات یا استراتژی های توصیه شده توسط مدل در این گام مورد توجه است. بهینه کردن مدل، استفاده از نرم افزارهای مورد نیاز و گزارش الگوریتم ها و دستورات بکار رفته، سناریوسازی، تحلیل حساسیت و تعیین پارامترهای حساس و در صورت نیاز اصلاح و تغییر در مدل و نهایی کردن مدل سازی.

۶-ارایه نتایج مطالعه: در اختیار قرار دادن نتایج مدل سازی برای کاربران و سفارش دهندگان. با توجه به اینکه کاربران با مفاهیم مدل سازی آشنایی دقیقی ندارند و ممکن است به سختی مدل را متوجه یا قبول کنند توصیه میشود از ابتدا درگیر مراحل مدل سازی گردند. ارایه نتایج بر اساس سطوح پیشگیری در نظام سلامت بسیار کمک کننده است. کدام یک از متغیرهای تعیین کننده مدل را می توان در آموزش به مردم، غربالگری، پیش آگهی، تشخیص، درمان و کنترل بیماری بکار بست؟

۷- اجرا و بکارگیری مدل: بکارگیری مدل در عمل با انجام شش مرحله گذشته بسیار مهم است و می توان با مدل سازی به نوآوری و خلاقیت های بیشتر دست پیدا نمود و مدل ها را توسعه و چرخه مدل سازی را گسترش داد. این چرخه را در زیر ببینید.



معرفی مدل اکسفورد برای کووید-۱۹

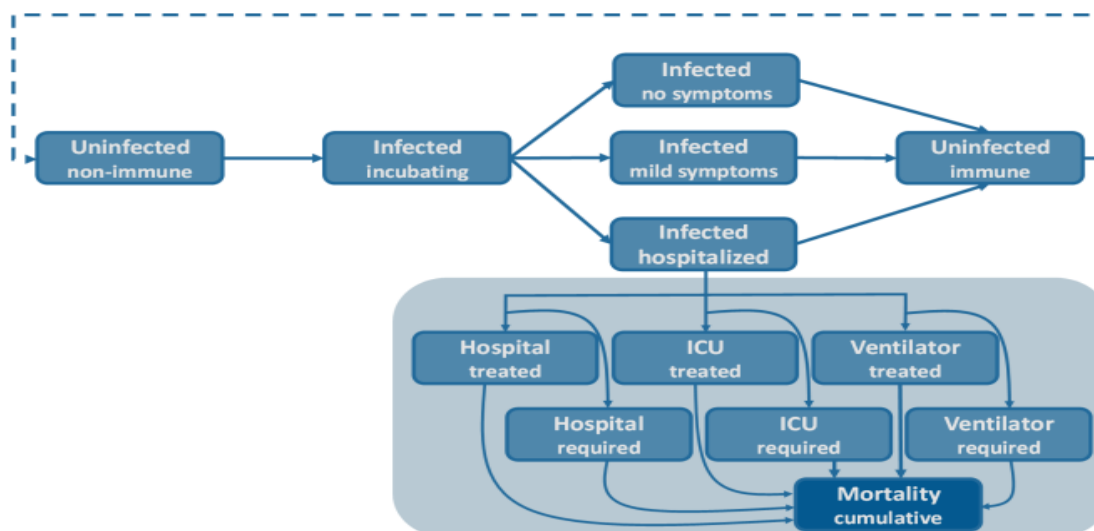
به برنامه کنسرسیوم CoMo خوش آمدید!

کنسرسیوم بین المللی مدل سازی COVID-19 (کنسرسیوم CoMo) توسط محققان دانشگاه آکسفورد به همراه همکاران دانشگاهی در دانشگاه کرنل ایجاد شده و با مدل سازان بیماری های عفونی و سایر کارشناسان بهداشت عمومی از بیش از ۴۰ کشور در آفریقا، آسیا و آمریکای جنوبی و شمالی این مدل را ارایه نمودند.

کنسرسیوم CoMo برای تخمین مسیر COVID-19 بر اساس سناریو های مختلف، یک مدل ساختاری سنی و بر پایه یکی از کامل ترین مدل های اپیدمیولوژی بیماری های واگیر و عفونی معروف به SEIRS که مخفف واژه های کلیدی زیر می باشد استفاده نموده است. برای اطلاع بیشتر درباره انواع مدل ها در بیماری ها این لینک را ملاحظه بفرمائید.

SEIRS: Susceptible-Exposed-Infectious-Recovered-Susceptible

این مدل در فارسی تخمین افراد حساس و مستعد ابتلا- مواجهه یافته- عفونی- بهبود یافته و مجددا حساس به بیماری است که در شکل زیر نمایش داده شده است. در ابتدا یک فرد مواجهه نیافته و غیرایمن با یک فرد مبتلا به عفونت در مرحله واگیری کووید-۱۹ تماس یا مواجهه پیدا می کند و ممکن است به عفونت بدون علامت، یا با علائم متوسط و یا شدید و نیازمند بستری در بیمارستان دچار گردد. این فرد ممکن است در برابر عفونت ایمن بشود یا مجددا به عنوان یک فرد مستعد و حساس برای ابتلا به عفونت و بیماری در جامعه تلقی گردد. در صورتیکه بیماری فرد شدید باشد نیازمند مراقبت های ویژه پزشکی، اکسیژن تراپی، ونتیلاتور و اقدامات ویژه درمان بیماران تنفسی است. پیامد این افراد ممکن است بهبودی و یا مرگ و یا ترخیص از بیمارستان همراه با عوارض و ادامه درمان و مراقبت در منزل و جامعه باشد.



در این مدل می توان به عنوان مثال کارایی درمان و واکسن در صورت وجود در جامعه یا هر نوع مداخله پیشگیری و ایجاد محدودیت (Lockdown) را می توان در سناریوهای مختلفی ارزیابی نمود. چارچوب مفهومی این مدل در شکل بالا قابل نمایش است.

در وب سایت <https://como.bmj.com> برنامه یا نرم افزار آنلاین رابط کار با این مدل که تا کنون به نسخه ۱۷ رسیده ارائه شده است. برای کار با آن به وب سایت معرفی شده مراجعه فرمائید. **ورودی های مهم این مدل عبارتند از:**

- Cases (تعداد موارد بیماری کووید-۱۹)
 - Severity-Mortality (توزیع کشندگی و مرگ و میر و شدت بیماری در گروه های سنی)
 - Population (جمعیت مخرج کسر شهرستان/ استان/ کشور برای مدل سازی)
 - Country Area Parameters (پارامترهای در سطح کشور مانند بعد خانوار و مهاجرت)
 - Virus Parameters (پارامترهای مربوط به ویروس کووید-۱۹)
 - Hospitalization Parameters (زیرساخت ها و پارامترهای بستری شدن بیماران و سیر بالینی بیماری)
 - Interventions (انواع مداخله های پیشگیری و کنترل بیماری در جامعه)
 - Social Contacts data (داده های مربوط به تماس افراد در جامعه)
- رابطه پارامترهای اصلی در مدل سازی در شکل صفحه قبل نمایش داده شد. در جدول زیر متغیرهای مهم این مدل تعریف شده است.

The model variables are defined in Table 1 below.

Symbol	Definition
S	Susceptible
E	Infected and incubating
I	Infectious and asymptomatic following incubation
C	Infectious and mildly symptomatic following incubation
R	Recovered and immune
H	Severe infection: hospitalized
H _c	Severe infection: not hospitalized due to lack of capacity
U	Severe infection: hospitalized in ICU
U _c	Severe infection: hospitalized and requiring ICU but placed in surge ward
U _{cv}	Severe infection: hospitalized and requiring ventilator but placed in surge ward
V	Severe infection: hospitalized in ICU and on a ventilator
V _c	Severe infection: hospitalized in ICU requiring a ventilator but not on one

Table 1: A list of model variables and their definitions.

برای کسب اطلاع بیشتر درباره فرمول های معادلات دیفرانسیلی مورد استفاده در مدل سازی آکسفورد به وب سایت معرفی شده و آدرس <https://como.bmj.com> مراجعه فرمائید.

آموزش کاربرد مدل اکسفورد برای مدل سازی کووید-۱۹ در ایران

برای کار با این مدل ابتدا از آدرس <https://comomodel.net> وارد صفحه زیر می شویم.

Welcome to the CoMo Consortium App!

The COVID-19 International Modelling Consortium (CoMo Consortium) was created by researchers at the University of Oxford together with academic colleagues at Cornell University and is partnering with infectious disease modellers and other public health experts from more than 40 countries across Africa, Asia, and South and North America.

The CoMo Consortium has developed an age-structured, compartmental SEIRS (susceptible-exposed-infectious-recovered-susceptible) model to estimate the trajectory of COVID-19 based on different scenarios, and assess the potential impact of the various behavioural change strategies as well as treatment and vaccines, when they become available. This App offers an interface to this model.

Learn more on the CoMo Consortium website: <https://como.bmj.com>

CoMo Consortium member countries' stages of engagement with policymakers

Important Disclaimer

Whilst every effort has been taken during the development of this tool/model for it to be as accurate and reliable as possible it is important that the user understands that the outputs are a prediction based on the assumptions chosen through the input parameter values. In view of the current uncertainty on the COVID-19 mechanisms of action, the output of the model should be used to explore multiple scenarios and in combination with a larger evidence base during decision-making.

The appropriate use of this tool/model and its output can contribute to effective policymaking, but misuse or misinterpretation of the output can mislead decision-making. Any decisions taken whilst using these tools are the responsibility of the user and no liability whatsoever will be taken by the developers/authors of the tool.

License

در صفحه بالا در این مدل دو منوی خوش آمدگویی (welcome) و کالیبراسیون چشمی (Visual Calibration) وجود دارد. برای شروع مدل سازی از منوی کالیبراسیون چشمی یا بصری (Visual Calibration) باید وارد شد. این منوها به صورت بزرگتر در شکل زیر قابل مشاهده است.

برای مدل سازی ابتدا باید ورودی های مورد نیاز به برنامه معرفی یا وارد گردد. دو مسیر برای این کار وجود دارد.

Global Simulations Parameters

Set Parameters with Template

Upload template Template_CoMc

Upload complete

Download the [version 17 of the template](#), edit the file and upload it.

Set Parameters On The Spot

Date range of simulation:

2019-12-01 to 2021-06-30

Country

Interventions

Selected in [Country]:

- Cases/Deaths: -- Own Value --
- Demographics: -- Own Value --
- Social contacts: Iran (Islamic Republic of)

Virus

Hospital

Prob. of infection given contact: 0.023 0.00

% of all asymptomatic infections reported: 2.5% 100%

% of all symptomatic infections reported: 10% 100%

یکی به صورت خودکار می توان نام کشور مورد نظر را انتخاب و پارامترهای مورد نیاز و از جمله بازه زمانی برای مدل سازی و پیش بینی را ثبت نمود و وارد صفحه مدل سازی شد. بازه زمانی برای مدل سازی در ایران از تاریخ ۱۰ آذرماه ۱۳۹۸ مطابق ۱ دسامبر ۲۰۱۹ (۲۰۱۹/۱۲/۱) تا ۹ تیرماه ۱۴۰۰ مطابق با ۳۰ ژوئن ۲۰۲۱ (۲۰۲۱/۶/۳۰) انتخاب شده است. به عنوان مثال برای انتخاب کشور ایران در شکل صفحه بعد (صفحه ۸) این مسیر نمایش داده شد.

Demographic Data:

UN 2019 Revision of World Population Prospects.

Social Contacts Data:

Prem K, Cook AR, Jit M (2017) Projecting social contact matrices in 152 countries using contact surveys and demographic data.

Cases/Deaths Data:

European Centre for Disease Prevention and Control. Accessed through OxCOVID19 Database via the R API. Last updated: 2020-12-17. ECDC daily updates have been discontinued from 14 December (<https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19/data>). Please use the template to input up-to-date cases data in the app.

Tests Data:

Demographic Data:

Iran (Islamic Republic of)

Haiti
Honduras
Hungary
Iceland
India
Indonesia
Iran (Islamic Republic of)
Iraq
Ireland

Social Contacts Data:

Iran (Islamic Republic of)

Mean household size:

1 indiv. 2.8 indiv. 10 indiv.

Mean number of infectious migrants per day:

0

پس از انتخاب نام کشور از گوشه راست این منو بسته و مجدداً وارد صفحه اصلی می شوید.

با دادن تاریخ های شروع و پایان پیش بینی کووید-۱۹ و سایر ورودی های مورد نیاز از جمله نوع مداخلات برای پیشگیری و کنترل اپیدمی، پارامترهای مربوط به ویروس و ماهیت بیماریزایی آن، زیرساخت های درمانی و بیمارستانی موجود و در دسترس، احتمال عفونت در هر تماس، درصد گزارش موارد بدون علامت کووید-۱۹ و درصد گزارش موارد علامت دار کووید-۱۹ می توان مدل سازی را شروع نمود. این متغیرها در شکل زیر قابل مشاهده هستند.

Global Simulations Parameters

Set Parameters with Template

Upload template

Template_CoMoCC

Upload complete

Download the [version 17 of the template](#), edit the file and upload it.

Set Parameters On The Spot

Date range of simulation:

2019-12-01 to 2021-06-30

Country

Selected in [Country]:

- Cases/Deaths: -- Own Value ---
- Demographics: -- Own Value ---
- Social contacts: Iran (Islamic Republic of)

Reporting

Interventions

Virus

Hospital

Interventions for Baseline

می توان مدل سازی را شروع و از کلیدهای Interventions، Virus، Hospital و Reporting استفاده نمود و پیش فرض ها را چک و یا تغییر داد و مدل سازی را شروع نمود. با روش دیگری نیز می توان مدل سازی را انجام و ورودی های مورد نیاز برنامه را در یک فایل اکسل فراهم و سپس آن فایل را در محیط برنامه آپلود یا بارگذاری و برای مدل سازی اقدام نمود. شایان ذکر است فرمت فایل اکسل نسخه ۱۷/۲ برنامه را میتوان در صفحه اول دانلود، تکمیل و برای بارگذاری فراهم نمود. بر اساس تجربه استفاده از این مدل، تکمیل فایل اکسل و بارگذاری در برنامه و انجام مدل سازی آنلاین مورد علاقه پژوهشگران می باشد. البته کدهای نرم افزار R برای استفاده از این مدل نیز از مسیر <https://github.com/ocelhay/como> در دسترس است.

آموزش و معرفی متغیرهای مورد نیاز برای ورودی های مدل سازی و تکمیل فایل اکسل

(۱) اولین کاربرگ فایل اکسل راهنمای فایل است. مقادیر متغیرها فقط در سلول های خالی یا سفید درج می شوند.

1	Template v17	v17.e
2	Instructions	
3	Enter values only in the white cells	
4	Do not alter the grey cells	
5	Note the units and ensure that the values are entered in the correct units	

(۲) دومین کاربرگ در فایل اکسل، کاربرگ Epidemiology است. در این صفحه ۴ ستون اصلی و مهم به ترتیب

تاریخ بر حسب روز برای موارد بیماری، مرگ ها و اگر عدد شیوع سرمی در دسترس است باید به عنوان ورودی های مدل باید تکمیل گردد. شکل زیر این متغیرها را نشان می دهد.

Day	Number of reported cases per day	Number of deaths per day	Seroprevalence (e.g. 12.3 for 12.3%)
12/31/2019	0	0	
1/1/2020	0	0	
1/2/2020	0	0	
1/3/2020	0	0	
1/4/2020	0	0	

(۳) در کاربرگ سوم توزیع موارد کشندگی و موارد بستری بیماران (Severity-Mortality) بر حسب گروه های

سنی تکمیل می گردند. این متغیرها در شکل زیر قابل مشاهده است.

Age Category	Age-based relative fatality rate in well-resourced scenario (%)	Age-stratum-specific hospitalization (proportion of all (asymptomatic + symptomatic) infections that lead to hospitalisation) (%)
0-5 y.o.	5.36	0
5-10 y.o.	5.45	0
10-15 y.o.	6.04	0.04
15-20 y.o.	5.37	0.04
20-25 y.o.	3.64	1.1
25-30 y.o.	3	1.1
30-35 y.o.	3.8	3.43
35-40 y.o.	4.56	3.43
40-45 y.o.	6.1	4.25

(۴) در کاربرگ بعدی (کاربرگ چهارم) که در زیر قابل مشاهده است باید توزیع تعداد جمعیت را بر حسب ساختار سنی، تعداد موالید و مرگ به ازای هر نفر بر حسب روز مربوط به منطقه مورد نظر را وارد نمود.

Age Category	Population	Number of births per person (ie 0.5* births per woman) per day	Deaths per person per day
0-5 y.o.	7,365,780	0	6.192E-05
5-10 y.o.	6,657,836	0	3.288E-06
10-15 y.o.	5,907,143	0	3.288E-06
15-20 y.o.	5,668,934	4.9863E-05	6.575E-06
20-25 y.o.	6,638,730	0.000138082	1.315E-05
25-30 y.o.	8,516,525	0.000161781	1.26E-05
30-35 y.o.	8,931,679	0.000133836	1.479E-05
35-40 y.o.	7,308,243	7.9726E-05	1.425E-05
40-45 y.o.	5,730,525	2.26027E-05	1.644E-05
45-50 y.o.	5,018,991	2.26027E-05	2.356E-05
50-55 y.o.	4,076,952	0	3.726E-05
55-60 y.o.	3,479,447	0	4.603E-05

(۵) در کاربرگ پنجم تاریخ شروع و پایان مدل سازی به میلادی ثبت می گردد. تعداد موارد مواجهه یافته با عفونت در ابتدای مدل سازی بر حسب تعداد گزارش می شوند. به عنوان مثال در شکل زیر مدل سازی با ۱۰ نفر فرد مواجهه یافته شروع شده است.

Label	Value	Date	Value	Unit
1 Date range of simulation - START	12/1/2019			
3 Date range of simulation - END	6/30/2021			
4 (changed in v17) Number of exposed people at start date	10			people
5 (v16.2) Proportion of population with partial immunity at the start date	0			%
6 Probability of infection given contact (0 to 0.2)	0.023			
7 Percentage of all asymptomatic infections that are reported	2.5			%
8 Percentage of all symptomatic infections that are reported	10			%
9 (v16.2) Percentage of denied hospitalisations that are reported	30			%
10 (v16.2) Percentage of <u>non-severe</u> hospitalisations that are appropriately treated	90			%
11 (v16.2) Percentage of <u>severe</u> hospitalisations that are appropriately treated	90			%
12 (v16.2) Percentage of all asymptomatic infections in previously <u>vaccinated</u> people that are reported	0			%
13 (v16.2) Percentage of all asymptomatic infections in previously <u>vaccinated and exposed</u> people that are reported	0			%
14 (v16.2) Percentage of all asymptomatic infections in previously <u>infected</u> people that are reported	0			%

سهم جمعیتی که ایمنی نسبی در برابر بیماری در آغاز مدل سازی دارند نیز ثبت می گردد. احتمال انتقال عفونت در هر تماس از صفر تا ۰/۲ نیز باید در جامعه مورد بررسی ثبت گردد. درصد گزارش موارد بدون علامت و علامت دار و

همچنین درصد موارد شدید و غیرشدید بیماری که نیازمند بستری در بیمارستان هستند و تحت درمان مناسب قرار می گیرند به همراه سایر متغیرهای مورد نیاز از جمله درصد کسانی که احتمالا در بیمارستان بستری شدند و گزارش نشدند نیز ثبت می گردند. موارد واکسینه شده در گروه های مختلف بالا نیز در صورتیکه واکسینه شده باشند نیز گزارش میشود. درصد مرگ های خارج بیمارستان از بین موارد علامتدار یا بدون علامت کووید-۱۹ نیز باید ثبت گردد. مقدار کنترل متغیرهای مزاحم و خطای پارامترها با دامنه ۰/۰۱ تا ۰/۲ و اطمینان ۵ تا ۲۵ در قسمت مربوطه ثبت میگردد.

(۶) در کاربرگ ششم میانگین بعد خانوار و میانگین تعداد افراد عفونت یافته مهاجر نیز ثبت میشود.

Iran (Islamic Republic of)					
A	B	C	D	E	F
Label	Value	Country	Value	Unit	Type
Social Contacts Data	Iran (Islamic Republic of)				picker
Mean Household size			3.3	individuals	slider
Mean number of infectious migrants per day			0.05	individuals	numeric

(۷) در کاربرگ بعدی پارامترهای مربوط به ویروس و بیماری کووید-۱۹ از جمله درصد واگیری در دوره کمون بیماری، متوسط دوره کمون به روز، متوسط دوره عفونت علامت دار، ماه پیک عفونتهایی ویروس و در نظر گرفتن تغییرات فصلی بیماری، تغییرات عفونتهایی ویروس در سال، متوسط دوره ایمنی زایی عفونت، احتمال تبدیل عفونت به علایم بالینی، احتمال نیاز بستری شدگان به مراقبتهای ویژه (ICU)، احتمال نیاز به ونتیلاتور، احتمال نیاز به اکسیژن و احتمال بروز علایم بیماری در افرادی که قبلا واکسینه شدند به شرح زیر باید گزارش شوند.

Relative infectiousness of incubation phase
Average incubation period (1 to 7 days)
Average duration of symptomatic infection period (1 to 7 days)
Month of peak infectivity of the virus (1, 2, ..., 12)
Annual variation in infectivity of the virus
Average duration of immunity (0.5 to 150)
Probability upon infection of developing clinical symptoms
Probability upon hospitalisation of requiring ICU admission
Probability upon admission to the ICU of requiring a ventilator
Proportion of hospitalised patients needing O2
(v16.2) Probability upon infection of developing clinical symptoms if previously vaccinated
(v16.2) Probability upon infection of developing clinical symptoms if previously vaccinated and exposed
(v16.2) Probability upon infection of developing clinical symptoms if previously infected
(v16.2) Probability upon hospitalisation of requiring ICU admission if previously vaccinated
(v16.2) Probability upon hospitalisation of requiring ICU admission if previously vaccinated and exposed
(v16.2) Probability upon hospitalisation of requiring ICU admission if previously infected
(v16.2) Probability upon admission to the ICU of requiring a ventilator if previously vaccinated
(v16.2) Probability upon admission to the ICU of requiring a ventilator if previously vaccinated and exposed
(v16.2) Probability upon admission to the ICU of requiring a ventilator if previously infected

VID-19App_v17-1400 - Excel					
Tell me what you want to do...					
1	2	3	4	5	6
5 %	6	7	8	9	10
150 year	15	16	17	18	19
45 %	46	47	48	49	50
13 %	14	15	16	17	18
28 %	29	30	31	32	33
50 %	51	52	53	54	55
20 %	21	22	23	24	25
20 %	26	27	28	29	30
20 %	31	32	33	34	35
20 %	36	37	38	39	40
20 %	41	42	43	44	45
20 %	46	47	48	49	50
20 %	51	52	53	54	55
20 %	56	57	58	59	60
20 %	61	62	63	64	65
20 %	66	67	68	69	70
20 %	71	72	73	74	75
20 %	76	77	78	79	80
20 %	81	82	83	84	85
20 %	86	87	88	89	90
20 %	91	92	93	94	95
20 %	96	97	98	99	100

۸) در کاربرگ هشتم پارامترهای بیمارستانی، سیر طبیعی بیماری و موارد بالینی و زیرساخت های موجود نیز تعداد تخت های بیمارستانی، تعداد تخت های مراقبت ویژه، تعداد ونتیلاتور، احتمال مرگ در بیماران با و بدون دریافت اکسیژن و احتمال مرگ در بیمارانی که نیازمند بستری در بیمارستان، بخش مراقبت ویژه و دریافت اکسیژن هستند اما دسترسی پیدا نمیکنند و همچنین طول مدت بستری نیز باید ثبت گردد.

1	Label	Value	Unit
2	Maximum number of hospital surge beds	110,437	beds
3	Maximum number of ICU beds without ventilators	6,500	beds
4	Maximum number of ICU beds with ventilators	5,500	beds
5	Relative percentage of regular daily contacts when hospitalised:	30	%
6	Scaling factor for infection hospitalisation rate: (0.1 to 5)	2	
7	Probability of dying when hospitalised (not req O2):	52	%
8	Probability of dying when hospitalised if req O2:	52	%
9	Probability of dying when denied hospitalisation (not req O2):	55	%
10	Probability of dying when denied hospitalisation if req O2:	55	%
11	Probability of dying when admitted to ICU (not req O2):	70	%
12	Probability of dying when admitted to ICU if req O2:	70	%
13	Probability of dying when admission to ICU denied (not req O2):	90	%
14	Probability of dying when admission to ICU denied if req O2:	90	%
15	Probability of dying when ventilated:	96	%
16	Probability of dying when ventilator denied:	96	%

۹) در کاربرگ نهم نیز مداخلات مربوطه به پیشگیری از ابتلا و میزان تمکین و رعایت آنها باید گزارش گردد. از جمله تبعیت از جداسازی یا ایزولاسیون در صورت علامتدار بودن و همچنین در غربالگری و میزان حساسیت تست، متوسط روزهای جداسازی در خانواده و احتمال افزایش یا کاهش تماس ها در زمان قرنطینه بودن و بقیه مداخلات غیردارویی از جمله رعایت فاصله گذاری اجتماعی، شستن دست ها، ماسک زدن، دورکاری و ماندن در خانه، مراقبت سالمندان، بسته بودن مدارس و دانشگاهها، واکسیناسیون، غربالگری و تست عمومی ثبت می شود. یکی از ورودی های مهم برای مدل سازی و ارزیابی تاثیر آنها و سناریوسازی تکمیل نزدیک به دقیق این متغیرهاست.

1	Label 1	Label 2	Value	Unit
2	Self-isolation if Symptomatic			
3		Adherence:	50	%
4	(*Self-isolation) Screening			
5		Overdispersion: (1, 2, 3, 4 or 5)	2	
6		Test Sensitivity:	80	%
7	(*Self-isolation) Household Isolation			
8		Days in isolation for average person:	14	days
9		Days to implement maximum quarantine coverage: (1 to 5)	2	days
10		Decrease in the number of other contacts when quarantined:	20	%
11		Increase in the number of contacts at home when quarantined:	100	%
12	Social Distancing			
13		Adherence:	100	%
14	Handwashing			
15		Efficacy: (0-25%)	1	%

۱۰) در کاربرگ دهم و آخر نیز میزان پوشش مداخلات با تاریخ های اجرا باید ثبت گردد. تاریخ های شروع و پایان هر مداخله نباید همپوشانی داشته باشند. در واقع در اینجا سناریوهایی که مد نظر است را میتوان در ورودی مدل وارد نمود و پیش بینی ها را با و بدون مداخلات مورد نظر مدل سازی و ملاحظه نمود.

1	Intervention	Date Start	Date End	Value	Unit	Age Groups	Apply to
2	Self-isolation if Symptomatic	12/22/2019	2/18/2020	0	%		Baseline (Calibration)
3	Self-isolation if Symptomatic	2/19/2020	3/25/2020	10	%		Baseline (Calibration)
4	Self-isolation if Symptomatic	3/26/2020	4/25/2020	55	%		Baseline (Calibration)
5	Self-isolation if Symptomatic	4/26/2020	9/10/2020	30	%		Baseline (Calibration)
6	Self-isolation if Symptomatic	9/11/2020	11/20/2020	20	%		Baseline (Calibration)
7	Self-isolation if Symptomatic	11/21/2020	4/30/2021	40	%		Baseline (Calibration)
8	(*Self-isolation) Screening	12/22/2019	2/24/2020	0	contacts		Baseline (Calibration)
9	(*Self-isolation) Screening	2/25/2020	4/30/2021	10	contacts		Baseline (Calibration)
10	(*Self-isolation) Household Isolation	12/22/2019	2/24/2020	0	%		Baseline (Calibration)
11	(*Self-isolation) Household Isolation	2/25/2020	4/30/2021	30	%		Baseline (Calibration)
12	Social Distancing	12/22/2019	2/18/2020	0	%		Baseline (Calibration)
13	Social Distancing	2/19/2020	3/25/2020	10	%		Baseline (Calibration)
14	Social Distancing	3/26/2020	4/25/2020	70	%		Baseline (Calibration)
15	Social Distancing	4/26/2020	9/10/2020	40	%		Baseline (Calibration)

مدل سازی و اجرای مدل آکسفورد برای کووید-۱۹

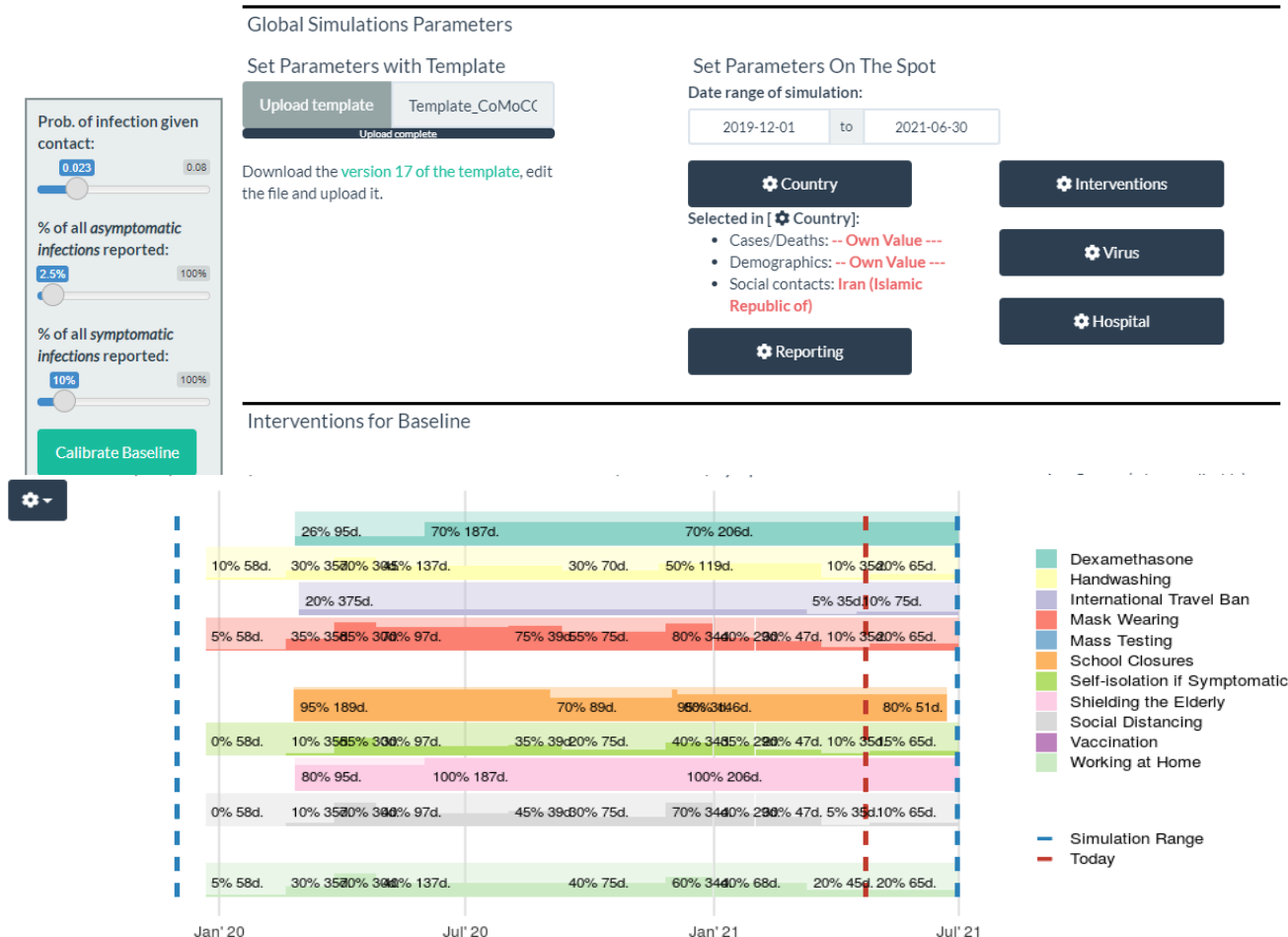
ابتدا منطقه، استان یا کشور مورد نظر برای مدل سازی انتخاب و فایل اکسل برای آن منطقه تکمیل می گردد. به عنوان مثال این فایل برای ایران تکمیل شده و در آدرس مورد اشاره بارگذاری می شود. صفحه زیر و پیام زیر نمایش داده می شود. در واقع تغییرات اعمال شده برای مدل سازی و آخرین نسخه فایل اکسل مورد نیاز مطابق نسخه ۱۷/۲ باید آپلود گردد و پیغام Okay بسته می گردد.

The following 'Global Simulations Parameters' were updated:

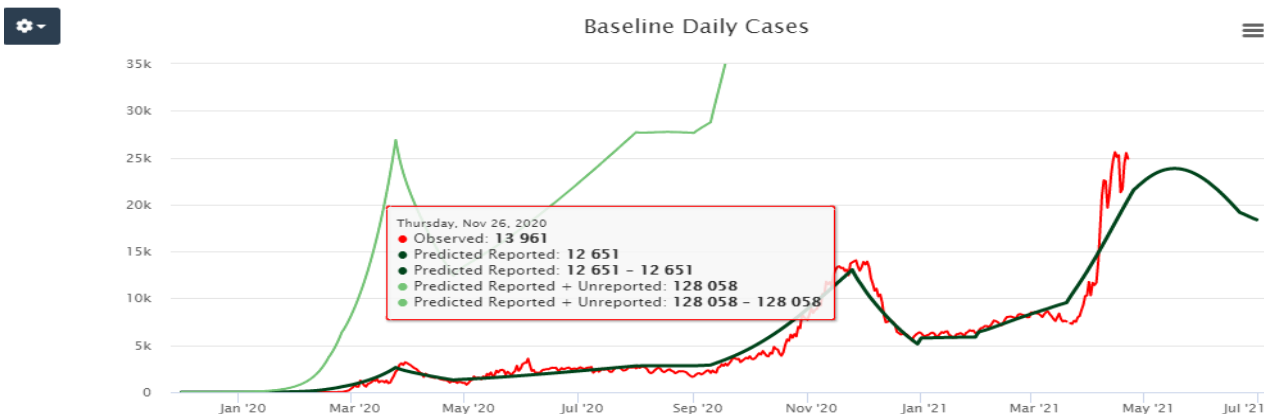
- p: from 0.049 to 0.023 ; reporth_g: from 90 to 30 ; household_size: from 2.8 to 3.3 ;
- rho: from 50 to 10 ; gamma: from 3.5 to 4 ; nu: from 4.5 to 5 ; pclin: from 15 to 45 ;
- prob_icu: from 25 to 13 ; prob_vent: from 40 to 28 ; pclin_vr: from 0 to 20 ; pclin_r: from 0 to 20 ; prob_icu_vr: from 0 to 20 ; prob_icu_r: from 0 to 20 ; prob_v_vr: from 0 to 20 ; prob_v_r: from 0 to 20 ; sigmaR: from 0 to 20 ; sigmaER: from 0 to 20 ;
- sigmaEVR: from 0 to 20 ; rhos: from 5 to 30 ; lhr_scaling: from 1 to 2 ; pdeath_h: from 15 to 52 ; pdeath_ho: from 20 to 52 ; pdeath_hc: from 50 to 55 ; pdeath_hco: from 50 to 55 ; pdeath_icu: from 30 to 70 ; pdeath_icuo: from 40 to 70 ; pdeath_icuc: from 75 to 90 ; pdeath_icuco: from 75 to 90 ; pdeath_vent: from 70 to 96 ; pdeath_venc: from 90 to 96 ; nus: from 5 to 4 ; nu_icu: from 7 to 5 ; nu_vent: from 7 to 3 ;
- screen_overdispersion: from 4 to 2 ; hand_eff: from 20 to 1 ; mask_eff: from 15 to 20 ; work_eff: from 85 to 40 ; cocoon_eff: from 95 to 82 ; age_cocoon: from 70 to 60 ; iterations: from 1 to 10 ; mean_imports: from 0 to 0.05 ; beds_available: from 160000 to 100437 ; icu_beds_available: from 8000 to 5790 ; ventilators_available: from 8000 to 4650 ; date_range_simul_start: from 2020-02-01 to 2019-12-01 ; date_range_simul_end: from 2021-06-30 to 2021-04-30 ; country_contact: from Pakistan to Iran (Islamic Republic of) ;

Okay

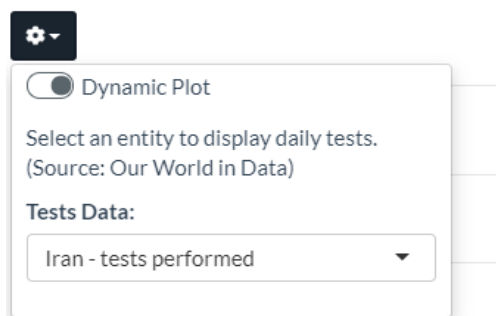
در واقع بعد از آپلود فایل ورودی مدل سازی، صفحه زیر نمایش داده می شود.



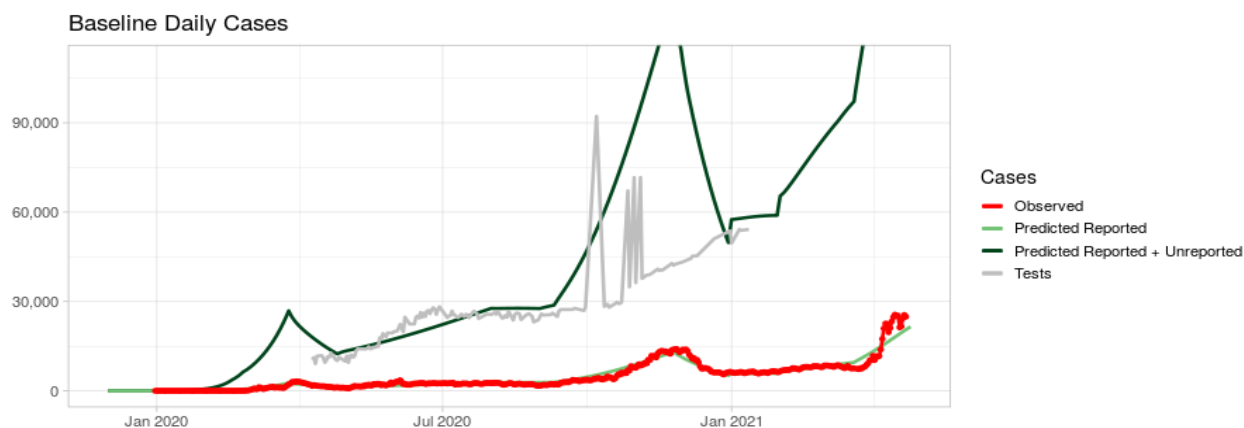
اکنون مدل سازی انجام شده آماده کالیبراسیون شده است. در واقع چنانچه از ورودی های مدل اطمینان به درستی پیدا نمودید گام بعدی کالیبره کردن مدل سازی و استفاده از دکمه Calibrate Baseline است. با انجام این اقدام صفحه زیر پس از چندثانیه ظاهر می شود. انطباق منحنی مشاهده شده و مورد انتظار نشان از کالیبره شدن مدل دارد.



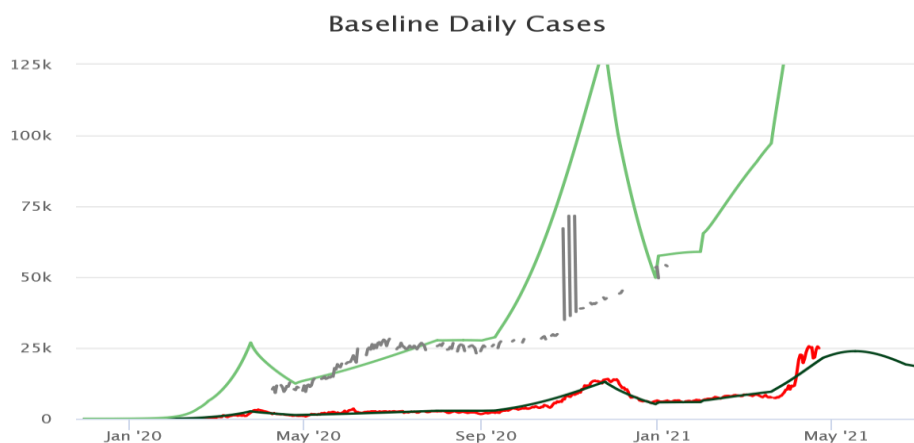
در خروجی مشاهده شده می توان تعداد تست انجام شده برای تشخیص کووید ۱۹ در کشور را به مدل اضافه نمود. مسیر اضافه نمودن تعداد تست ها و اضافه شدن روند تست ها به منحنی موارد مثبت و مرگ کووید-۱۹



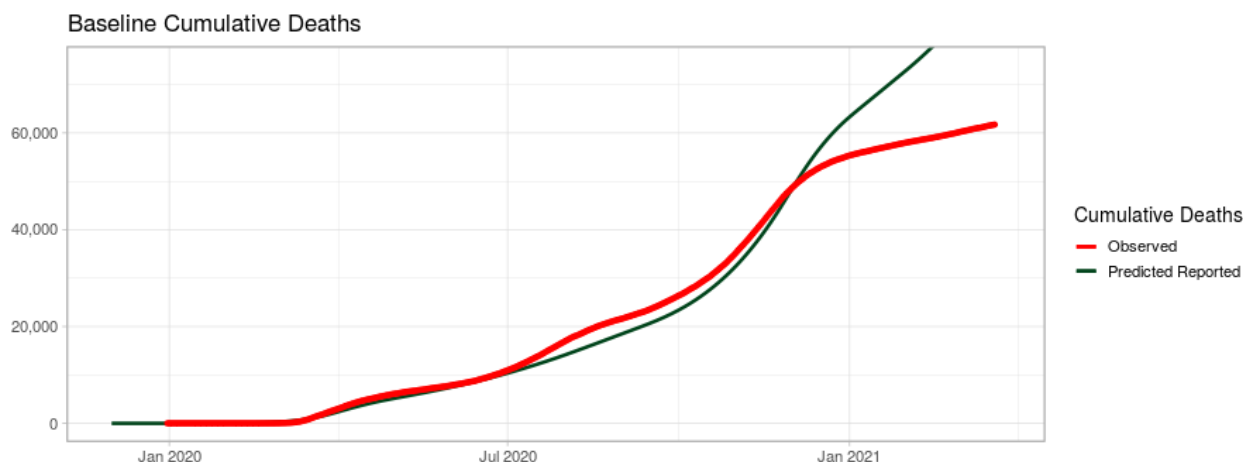
منحنی اپیدمی کووید-۱۹ با تست های انجام گرفته در ایران در شکل زیر آمده است.



منحنی بالا را می توان به صورت زیر و با انتخاب منحنی دینامیک نمایش داد.

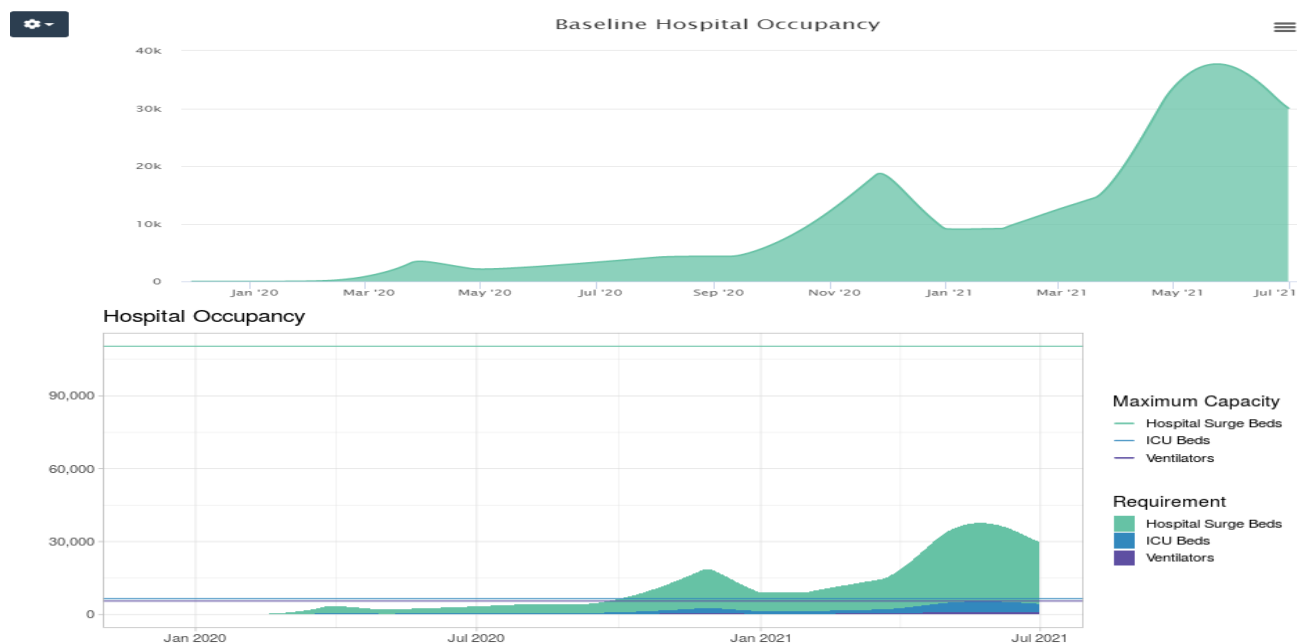


منحنی تجمعی مرگ های کووید-۱۹ نیز در ادامه به عنوان خروجی مدل سازی قابل مشاهده است.



در اینجا بایستی اقدامات مربوط به کالیبراسیون و فیت شدن مدل را انجام و اعتبارسنجی نمود. با بازی نمودن با ورودی های مدل و بخصوص پارامترهای بازه مدل سازی و درصدهای گزارش موارد و احتمال تماس و کشندگی مدل را باید کالیبره نمود. به عنوان مثال به صورت چشمی میتوان پیک های که تا الان رخ داده است و پیک های مورد انتظاری که مدل برای ما رسم می کند منطبق بر هم باشند. در صورتیکه این انطباق وجود داشته باشد میتوان به کالیبره شدن مدل اطمینان حاصل نمود. در غیراینصورت باید به ورودی ها و یا آنچه بعنوان واقعیت ترسیم شده است باید شک نمود تا به صحت و درستی و دقت یکی از آنها اطمینان حاصل کنید.

در شکل زیر نیز می توان ظرفیت تخت های بیمارستانی مورد نیاز و حداکثر ظرفیت را مشاهده نمود.

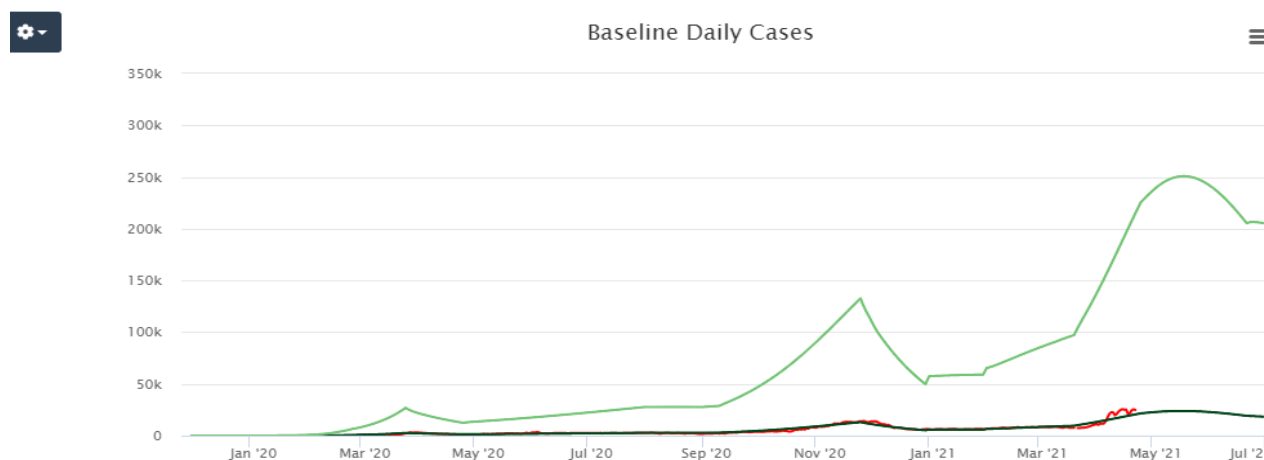


همانگونه که مشاهده می شود در پیک چهارم حداکثر ظرفیت تخت های مراقبت ویژه استفاده شده است.

در خروجی های دیگر مدل سازی می توان روند عدد سرایت پذیری یا قابلیت تکثیر بیماری (the reproduction (R) number) را مشاهده نمود. در دو بازه زمانی این عدد به زیر ۱ رسیده و در واقع اپیدمی به مرز کنترل رسیده بود.



یکی دیگر از خروجی های مدل سازی ترسیم منحنی مورد انتظار موارد عفونت کووید-۱۹ است. در منحنی زیر موارد مورد انتظار برای عفونت کووید-۱۹ با رنگ سبز نمایش داده شد. انتظار می رود بعد از پایان هفته اول اردیبهشت ماه ۱۴۰۰ و تا حداکثر ۱۱ اردیبهشت ماه اپیدمی سیر نزولی پیدا نماید. البته رخداد پیک های بعدی و حداقل پیک پنجم نیز دور از انتظار نیست. مگر اینکه با اقدامات مداخله ای و به ویژه واکسیناسیون بتوان اپیدمی پیشرونده کووید-۱۹ را کنترل و از ایجاد پیک های بعدی پیشگیری نمود.



بعد از اعتبارسنجی و کالیبره نمودن مدل سازی می توان با تکرار چندین بار مدل سازی، عدم قطعیت را نیز در مدل سازی لحاظ نمود.

Number of model runs (1 to 10,000):

100

Noise:

0.01

0.1

0.2

Confidence:

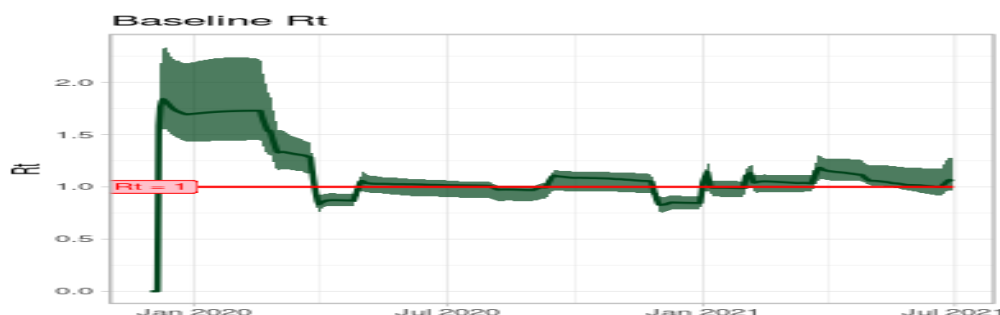
5%

25%

Run Baseline w/ Generated Uncertainty

در شکل زیر نمود و هشتمین بار تکرار مدل سازی از یکصدباری که انتخاب شده بود برای محاسبه عدم قطعیت در پارامترها را نمایش می دهد. هر چقدر تعداد بار بیشتری برای مدل سازی انتخاب گردد نتایج با خطای کمتری همراه است.

بعد از اتمام این مرحله، تمام محاسبات و منحنی ها را می توان با فاصله اطمینان مشاهده نمود. به عنوان مثال روند عدد سرایت پذیری با عدم قطعیت را در شکل زیر قابل مشاهده است. این منحنی در صفحه ۱۷ گزارش بدون عدم قطعیت نمایش داده شد. اگر عدد اطمینان ۵ را در فایل اکسل در قسمت مربوطه ثبت کنید فاصله اطمینان ۲/۵ تا ۹۷/۵ درصد محاسبه و نمایش داده می شود.

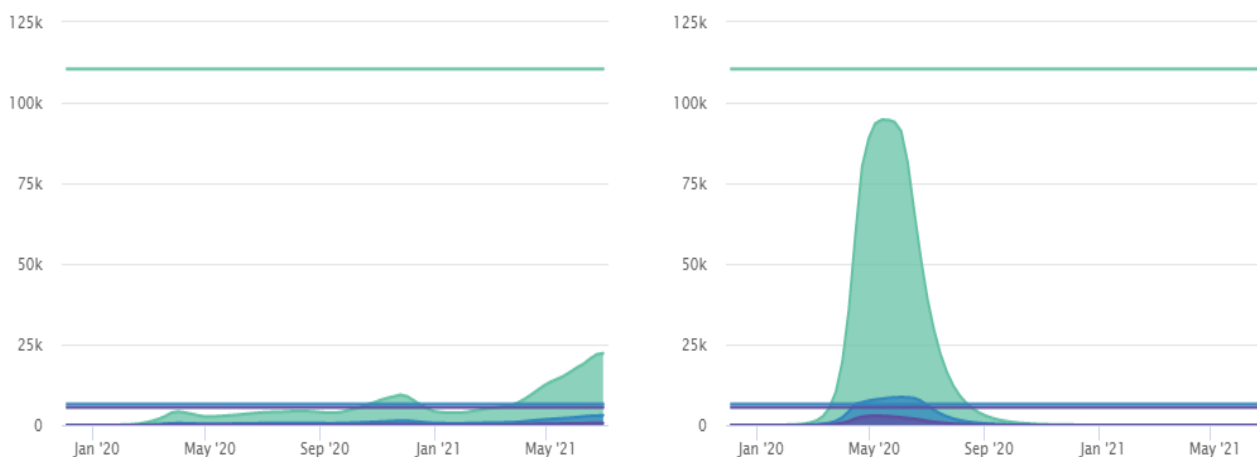


پس از آن میتوان سناریوهای مختلفی اجرا و مقادیر درصد عفونت، موارد گزارش شده و مرگ ها را ملاحظه نمائید. شما نیز می توانید برای شهرستان یا استان خویش و یا کلان مناطق آمایشی و یا کل کشور این مدل را با داده های جدید تر و معتبر تر اجرا و مدل سازی نمائید. نتایج این مدل سازی ها می تواند در اختیار سیاستگذاران و برنامه ریزان نظام سلامت قرار گیرد. اجرا کردن سناریوها از مسیر شکل زیر قابل مشاهده است و چند دقیقه این کار زمان می برد.

مهمترین یافته های مدل سازی کووید-۱۹ برای ایران

۱- بازه مدل سازی از تاریخ ۲۰۱۹/۱۲/۱ تا ۲۰۲۱/۶/۳۰ مطابق با ۹ تیرماه ۱۴۰۰ بوده است.

۲- با مجموعه اقدامات مداخله ای اجرا شده در ایران، شکل منحنی اپیدمی به شکل سمت چپ در دو شکل زیر برآورد و قابل مشاهده است. اگر مداخله ای صورت نمی گرفت، منحنی اشغال تخت های بیمارستانی به شکل سمت راست و با برآورد حدود ۲۱۴۵۴۱ **مورد مرگ** در فاصله زمانی محدود و با قله تیز اپیدمی مورد انتظار بود و میتوان گفت این منحنی به سیاست ایجاد ایمنی جمعی از مسیر ابتلای درصد زیادی از جامعه نزدیک بوده که در کشور ما خوشبختانه اتفاق نیفتاد.



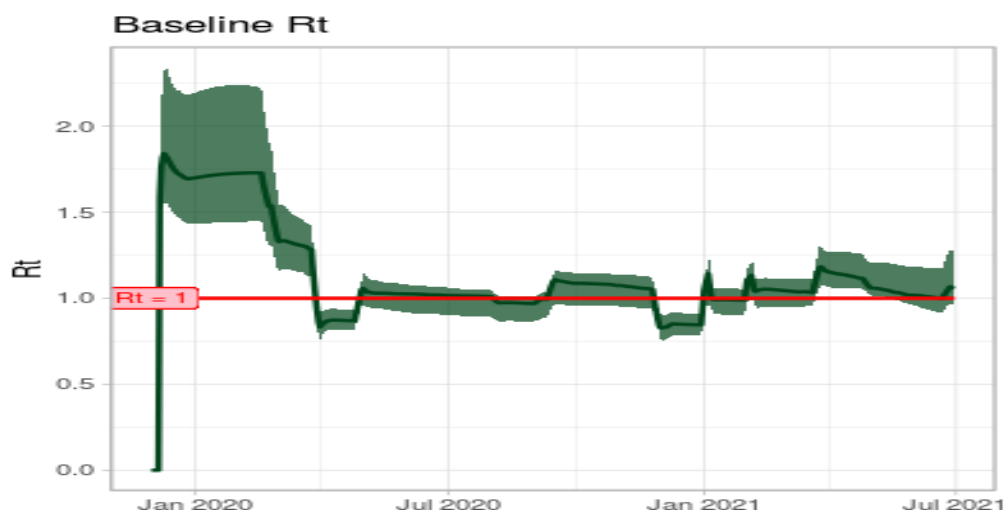
۳- پیش بینی مدل برای حداقل شیوع خام موارد عفونت کووید-۱۹ در ایران ۲۸/۳ درصد تا پایان سال ۱۳۹۹ و با محاسبه عدم قطعیت این عدد حداکثر ۴۵/۷ درصد در انتهای زمان مدل سازی در تیرماه ۱۴۰۰ خواهد بود. البته با پیش فرض روند جاری پوشش واکسیناسیون که در کشور زیر ۱٪ است. طبیعی است در صورت تغییر این مقدار به عنوان یک ورودی مهم، برآوردها تحت تاثیر قرار می گیرند و قابل تغییر هستند.

۴- با محاسبه عدم قطعیت حداقل مرگ های منتسب به کووید ۸۴۴۴۲ **نفر** و حداکثر تعداد مرگ های منتسب به کووید-۱۹ در ایران ۱۲۱۷۴۲ **نفر مرگ** در بازه ۲۰ ماهه مدل سازی پیش بینی شده است.

۵- بالا بردن پوشش واکسیناسیون تاثیر بسیاری زیادی بر کاهش ابتلا و مرگ و میر کووید-۱۹ دارد. به گونه ای که در یک سناریو با واکسیناسیون حداقل ۱۰ درصد جمعیت بالای ۴۰ سال از ابتدای بهمن ماه ۱۳۹۹ تا پایان فروردین ماه ۱۴۰۰، نشان داد برآورد کل مرگهای منتسب به کووید-۱۹ از ۱۱۷۸۹۹ مورد می تواند به ۷۹۳۶۰ مورد در طی بازه زمان مدل سازی کاهش داشته باشد. به عبارتی در بازه زمانی مذکور پوشش ۱۰٪ واکسیناسیون در افراد بالای ۴۰ سال می تواند از حدود یک سوم مرگ های منتسب به کووید-۱۹ پیشگیری نماید.

۶- در سناریوی دیگری نیز چنانچه از اول بهمن ماه ۱۳۹۹ تا تاریخ ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۰ حدوداً ۲۰ درصد جمعیت بالای ۳۰ سال در کشور واکسینه شده بودند، در تاریخ ۵ اردیبهشت ماه ۱۴۰۰، روزانه مبتلایان حدود ۲ هزار نفر برآورد شده بود و مرگ‌های روزانه کشور نیز به حدود ۲۰ نفر در روز کاهش می‌یافت. به عبارتی از سناریوهای بالا می‌توان برداشت نمود که بالابردن پوشش واکسیناسیون به عنوان راهکار اصلی کنترل اپیدمی و کاهش مرگ‌ها یکی از پیشنهادات قوی این مطالعه است.

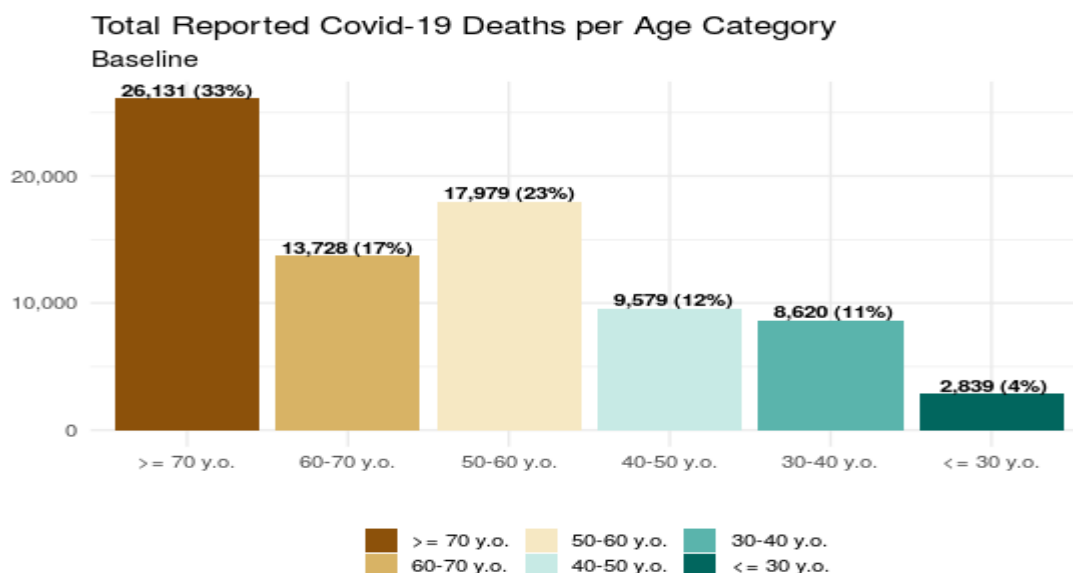
۷- روند مقدار سرایت پذیری یا عدد R در ابتدای اپیدمی حدود $1/8$ با حدود اطمینان ۹۵٪ از $1/6$ تا $2/6$ بود که در دو نوبت به زیر ۱ رسیده بود و از بهمن ماه ۱۳۹۹ به بالای ۱ و تا اواخر فروردین ماه ۱۴۰۰ ادامه داشته که پس از آن به زیر ۱ کاهش یافته است. روند مقدار R و حدود اطمینان ۹۵٪ در ایران در نمودار زیر قابل مشاهده است. مدل پیش بین‌نموده است از حدود ۸ تا ۱۱ اردیبهشت ماه ۱۴۰۰ پیک چهارم روند نزولی در سطح کشور دارد.



۸- بر اساس یکی از سناریوهای مدل سازی انجام شده، در صورتیکه امتحانات دانش آموزان و دانشجویان بصورت حضوری در بازه زمانی ۱۰ اردیبهشت ماه تا خردادماه ۱۴۰۰ انجام و مدارس و دانشگاه‌ها بازگشایی شوند، پیش‌بینی گردید تعداد ۳۳۰۰۰ به موارد ابتلا با روند جاری و ۲۱۰۲ مورد مرگ به مرگ و میر کووید-۱۹ در ایران اضافه گردد.

۹- در شرایط فعلی که پوشش واکسیناسیون کووید-۱۹ در کشور پایین است، اعمال محدودیت ها و رعایت رفتارهای بهداشتی و پیشگیری کننده از کووید-۱۹ از جمله ماسک زدن و فاصله گذاری اجتماعی نیز نقش مهم و تاثیر گذاری در پیشگیری از ابتلا و کاهش مرگ و میر دارند. چنانچه از ابتدای اپیدمی تا انتهای بازه مدل سازی اقدامات مداخله ای پیشگیری کننده از کرونا و اقدامات مراقبتی و درمانی برای بیماران انجام نمی گرفت، که در مدل سازی جاری نقش آنها به صورت دینامیک و با حدود ۷۳ مداخله منقطع در فواصل زمانی مورد نظر با پوشش برآورد شده وارد مدل شدند، اجرا نمی شدند برآورد مرگهای منتسب به کووید-۱۹ در ایران از ۳۹۶۴۸۰ تا ۷۲۳۱۷۵ مورد مرگ احتمالی بوده و احتمالاً این مرگ ها به وقوع می پیوستند.

۱۰- بر اساس نتایج مدل کالبره، بیشترین مرگها برای گروه سنی بالای ۷۰ سال با ۳۷ هزار مرگ (۳۳ درصد کل مرگهای کرونا) و کمترین مرگ برای گروه سنی زیر ۳۰ سال ۴ هزار ۶۰۰ مرگ (۴ درصد مرگها) تخمین زده شد. در شکل زیر برآورد وضعیت توزیع مرگ های کووید-۱۹ در ایران قابل مشاهده است.



۱۱- از جمله اقدامات مداخله ای که برای کنترل اپیدمی در ایران استفاده شد و در این مدل نیز از آنها بهره گیری شد و به سختی و با عدم قطعیت بالایی مقادیر آنها، میزان پوشش و تمکین جامعه از آنها از راه های مختلف جمع آوری و نهایتاً با توافق مدل سازان وارد مدل گردید می توان به موارد زیر اشاره نمود. این مطالعه پیشنهاد می کند با توجه به وزن بالای تاثیر گذاری این متغیرها در پیشگیری از ابتلا و مرگ و میر، با یک روش یکسان و تعاریف استاندارد و به صورت الکترونیک داده های مربوط به آنها در مقیاس شهرستانی در یک پایگاه اطلاعاتی جمع آوری و چنانچه دسترسی به این متغیرها فراهم باشد طبیعتاً ورودی های مدل سازی دقیق تر خواهد بود.

۱۲- یکی از درس آموخته های این اپیدمی و فراهم نمودن شواهد برای مدل سازی مناسب و کاربرد در تصمیم گیری های دقیق در نظام سلامت که باید مد نظر قرار گیرد تهیه بانک اطلاعاتی برای پوشش و رصد اقدامات اساسی و مداخلات مورد نیاز است که در باکس زیر نشان داده شدند. این اقدامات برای کنترل اپیدمی در شرایط حاضر و شرایط مشابه ای که ممکن است در آینده رخ دهد به عنوان یک زیرساخت باید مد نظر سیاستگذاران و تصمیم گیران کلان در نظام سلامت باشند. طبیعتاً هر چقدر ارقام این ورودی ها دقیق باشند خروجی های مدل سازی نیز دقیق خواهند بود و به تصمیم گیری مبتنی بر شواهد توسط مدیران کمک شایانی می کند.

Self-isolation if Symptomatic	Handwashing
(*Self-isolation) Household Isolation	International Travel Ban
(*Self-isolation) Screening	Mask Wearing
Shielding the Elderly	Mass Testing
Social Distancing	School Closures
Vaccination	Self-isolation if Symptomatic
	Working at Home

۱۳- در مدل سازی باید به عبارت معروف GIGO توجه و در نظر داشت اگر محاسبات و سایر زمینه های مدل سازی، ورودی نادرست یا بی کیفیت باشند، خروجی ها نیز معیوب و بی کیفیت خواهند بود. در شکل زیر اهمیت این نکته نشان داده شد و انتظار می رود دسترسی به داده های با کیفیت مرتبط با هر موضوع که نیاز به مدل سازی دارد و به ویژه داده هایی که با بودجه عمومی کشور جمع آوری می گردند، برای اپیدمیولوژیست ها و پژوهشگران مدل سازی در سلامت مهیا و فراهم گردد. زیرا منفعت آن به جامعه و تصمیم گیری مبتنی بر شواهد برای ارتقای سلامت مردم با حداقل هزینه را به دنبال دارد.

garbage in, garbage out (GIGO)



۱۴- متغیرهایی نظیر هتروژن بودن یا ناهمگنی سیر منحنی اپیدمی بر حسب مناطق جغرافیایی مختلف در ایران و بر حسب استان و حتی شهرستان ها، بروز سویه های جدید و جهش یافته کووید-۱۹، عدم تست همه نمونه ها برای کشف یا تعیین سویه های دیگر و ویروس جهش یافته، محدودیت در تست های تشخیصی در اوایل اپیدمی و افزایش ظرفیت تست های تشخیصی کووید-۱۹ در کشور از نیمه دوم ۱۳۹۹ و بویژه زمستان ۱۳۹۹ و ابتدای سال ۱۴۰۰، فقدان مستند دقیق و کافی برای تعیین پوشش مداخلات غیردارویی و شاخص های ابتلا و میرایی از محدودیت های مطالعه بود.

۱۵- پیام دیگر این مدل سازی این است که با توجه به سختی فراهم نمودن پیش فرض ها و وجود عدم قطعیت های متعدد و ناهمگنی های موجود، مدل سازی بایستی در سطح کلان مناطق، استان های کشور و حتی مقیاس های کوچکتر مشابه و همجوار انجام گردد. این پیام یک پیام ثانویه و البته مهم برای سیاستگذاران و تصمیم گیران و برنامه ریزان کلان نیز دارد. اینکه مدیریت اپیدمی و به طور خاص اعمال مداخله ها برای پیشگیری و کنترل اپیدمی باید به صورت استانی و مناطق همجوار و بر اساس آمایش سرزمینی توجیه پذیر انجام گردد.

۱۶- این مطالعه پیشنهاد می کند مطالعات مشابه ای در دانشگاه های علوم پزشکی کشور و بر حسب مناطق مختلف انجام و با دسترسی به ورودی های دقیق تر در یک منطقه جغرافیایی همگن مانند شهرستان یا استان مدل سازی انجام و سیر منحنی اپیدمی و شاخص های ابتلا و میرایی با سناریوهای مختلف تعیین و یافته ها در اختیار مدیران نظام سلامت قرار گیرد.

۱۷- این فک شیت با اهداف آموزشی و پژوهشی و در راستای توانمندسازی همکاران در فیلد مدل سازی و ترجمان دانش مدل سازی برای کمک به تصمیم گیران نظام سلامت نگاشته شده است. طبیعی است با گذشت زمان و مداخلات جدیدتر مانند بالارفتن پوشش واکسیناسیون و یا تغییر رفتار مردم در پیشگیری از ابتلا به کووید-۱۹ خروجی های مدل سازی قابل تغییر و نیازمند بروزرسانی است.

سپاسگزاری

این مطالعه با کد اخلاق در پژوهش شماره IR.SKUMS.REC.1398.254 انجام شده است. بدینوسیله از معاونت تحقیقات و فناوری وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، کمیته کشوری ساماندهی تحقیقات کووید-۱۹، کمیته کشوری اپیدمیولوژی کووید-۱۹، معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد بخاطر حمایت مالی و معنوی این گزارش تقدیر و تشکر می شود. همچنین از اساتید ارجمند جناب آقایان دکتر فرید نجفی، دکتر سلیمان خیری، دکتر مهربان صادقی، دکتر حمید شریفی، دکتر علی میرزازاده، دکتر یونس جهانی، دکتر کورش اعتماد، دکتر قباد مرادی، دکتر منوچهر کرمی، دکتر مجتبی صحت، دکتر حمیدرضا توحیدی نیک، دکتر ابراهیم قادری، دکتر محسن اعرابی و گروه همفکری اپیدمیولوژیک [شبکه پیشگام کووید-۱۹](#) و همکاران در مرکز تحقیقات مدل سازی در سلامت شهرکرد و مرکز تحقیقات مدل سازی در سلامت کرمان و همچنین از پژوهشگران University of Oxford بخاطر در اختیار قراردادن COVID-19 International Modelling Consortium (CoMo Consortium) و استفاده از مدل سپاسگزاری می گردد.



References

1. World Health Organization. Novel coronavirus (2019-nCoV) situation report – 1. <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200121-sitrep-1-2019-ncov.pdf?sfvrsn=20a99c10>. Accessed 20 April 2021
2. World Health Organization. WHO director-general's remarks at the media briefing on 2019-nCoV on 11 February 2020. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-at-the-media-briefing-on-2019-ncov-on-11-february-2020>. Accessed 20 April 2021.
3. Johns Hopkins University. COVID-19 data repository by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University. <https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>. Accessed 21 April 2021
4. Anderson RM, Heesterbeek H, Klinkenberg D, Hollingsworth TD. How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic? *Lancet*. 2020;395:931–4
5. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). COVID-19 mortality, infection, testing, hospital resource use, and social distancing projections. Seattle: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), University of Washington. <http://www.healthdata.org/covid/>. Accessed 21 April 2021.
6. MRC Centre for Global Infectious Disease Analysis (MRC GIDA). Future scenarios of the healthcare burden of COVID-19 in low- or middle-income countries. London: MRC Centre for Global Infectious Disease Analysis, Imperial College London. <https://mrc-ide.github.io/global-lmic-reports/>. Accessed 1 April 2021
7. Ahmadi A, Fadaei Y, Shirani M, Rahmani F. Modeling and forecasting trend of COVID-19 epidemic in Iran until May 13, 2020. *Med J Islam Repub Iran*. 2020;34:27
8. European Centre for Disease Prevention and Control.. Accessed through OxCOVID19 Database via the R API. Last updated: 2020-12-17. ECDC daily updates have been discontinued from 14 December (<https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19/data>).
9. Our world in data <https://ourworldindata.org/coronavirus-testing> Accessed 1 April 2021
10. Prem K, Cook AR, Jit M (2017) Projecting social contact matrices in 152 countries using contact surveys and demographic data.
11. International Modelling Consortium (CoMo Consortium) at <https://comomodel.net/> Accessed 26 April 2021