



بهترین خود باشید

گزارش آماری شماره 16- 24 آبان 1399

لیوژن فارمد

آدرس: تهران- خیابان ایتالیا، پلاک 41، آزمایشگاه جامع تحقیقات دانشگاه علوم

پزشکی تهران، طبقه چهارم، شرکت لیوژن فارمد

کدپستی: 1417755358

تلفن: 09901810584 -021-88996828

پست الکترونیکی: Info@livogen.co

تارنما:

www.Livogen.co

www.MassCenter.ir

ارائه از سروش ستاره، رامین فاضل و سایر اعضای تیم کرونا شرکت لیوژن فارمد

مقدمه

با دست به دست هم دادن عواملی که در گزارش های پیشتر ذکر شد، پیک شدید و تلخی به وقوع پیوست و اکنون در میانه این پیک هستیم. به این ترتیب سناریوی بدبینانه اتفاق افتاده است و نه تنها جامعه ایران، بلکه به طور کلی همه کشور هایی که در نیم کره شمالی هستند را پیش روی یک خیز بزرگ در آمار ها قرار داده است. در گزارش قبل به رشد زیاد آمار ناقلین اشاره شده بود و صراحتاً گفته شده بود که چنانچه سناریوی بدبینانه اتفاق بیافتد آمار مبتلایان جدید از 5 هزار مبتلا نیز بالاتر خواهد رفت که با توجه به بالا بودن رشد آمار ناقلین ممکن است آمار سناریوی بدبینانه از این اعداد نیز بالا تر برود. به علت پاره ای از دلایل و رشد زیاد آمار ها، در این گزارش و گزارش های بعدی از مدل های دیگری نیز استفاده می شود تا آمار ها با دید وسیع تری بررسی شوند.

آنچه گذشت

بیماری کووید-19 تا لحظه نگارش این گزارش 727 هزار بیمار را در ایران و تقریباً 52.7 میلیون بیمار را در جهان مبتلا کرده است که از این تعداد در ایران نزدیک به 40 هزار نفر و در جهان 1.29 میلیون نفر جان خود را از دست داده اند. در کشورمان، ایران، شیوع بیماری از یکم اسفند ماه رسماً اعلام شد و هم اکنون در میانه سومین و شدیدترین موج خود قرار دارد. موج های اصلی بیماری در گزارش های آماری لیوژن فارمد، بیشتر اطلاع داده شده بودند. درصد کشندگی دقیق در این روز ها حدود 6.5 درصد محاسبه شده است و بر این اساس از هر 16 بیماری که دوره بیماری آن ها تمام می شود، 15 نفر بهبود یافته و 1 نفر متاسفانه جان خود را از دست می دهد. طول دوره بیماری 14 روز است که میانه آن در 5-6 روز قرار دارد و بر این اساس بیش از نیمی از مبتلایان در یک بازه 6 روز از جامعه مبتلایان و بیماران با سرنوشت نامعلوم خارج می شوند.

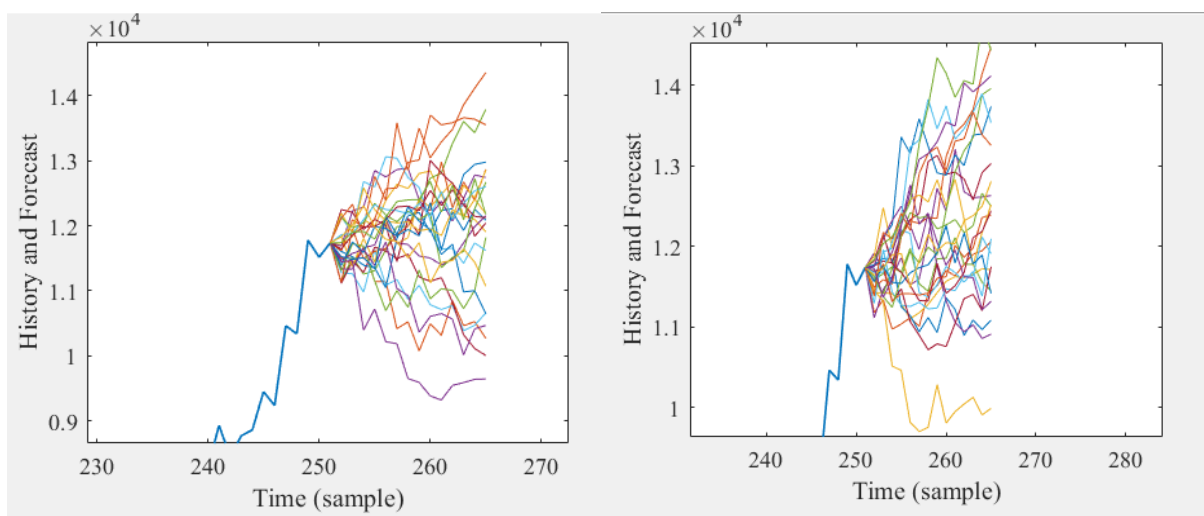
آنچه خواهیم دید

در ادامه نتایج مدل TSAF را برای پیشبینی کوتاه مدت دو هفته ای و پیشبینی بلند مدت 50 روزه خواهیم دید. سپس مدل DELPHI و جزئیات آن توضیح داده خواهد شد و نتایج مدل SEIR را با پارامتر های IHME خواهیم دید. به طور کلی پیشبینی می شود زمستان سختی در پیش روی خود داشته باشیم. ممکن است آمار مبتلایان جدید بر اساس دو سناریو افت پیدا کند. اما متاسفانه بر اساس هر سه سناریوی احتمالی، رشد آمار فوتی ها را شاهد خواهیم بود. زمستان پیش رو به علل مختلفی از جمله آغاز فصل آنفولانزا و به طور کلی بیماری های پنومونی (عفونت های ریوی)، سردتر شدن هوا و بروز Seasonality بیماری (به معنای فصل مناسب بیماری زایی کروناویروس نوپدید) و همچنین کاهش احتیاط مردم (خسته شدن از ماسک زدن، افزایش گردهمایی ها، از بین رفتن ترس و...) زمستانی سخت و به تعبیری سیاه خواهد بود. اما هیچ اپیدمی در تاریخ بدون دخالت حکومت ها به شیوع ادامه نداده است. تصمیمات امروز ما می توانند از بروز بسیاری از پیک ها جلوگیری کرده و جان افراد زیادی را نجات دهند. امروزه در ایران 50 درصد جمعیت ماسک می زنند که در واقعیت این عدد کمتر نیز می باشد. با بررسی های SEIR انجام شده توسط IHME با افزایش ماسک زدن به 95 درصد، از مرگ 13900 هم وطنمان جلوگیری خواهد شد.

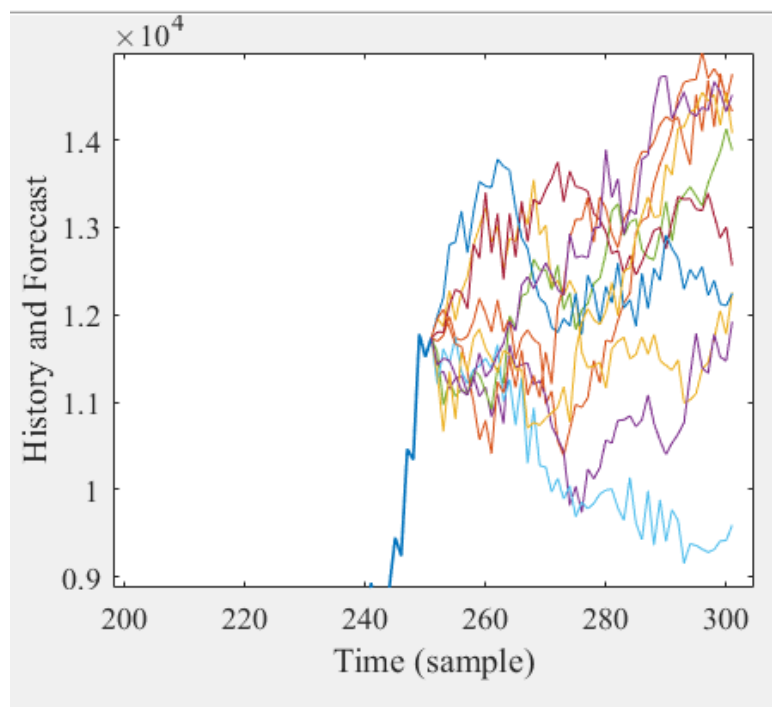
میزان موبیلیته یا میانگین تحرک مردم در آبان ماه 1399 تنها 6 درصد نسبت به دی ماه 1398 و قبل از شیوع کروناویروس کاهش یافته است. به این ترتیب عملاً هیچ کاهشی در تحرک مردم اتفاق نیفتاده است. همه ما در برابر این بیماری مسئول هستیم. شما چقدر مسئولیت خود را انجام داده اید؟

مدل TSAF

نتایج مدل های اتو رگرسیون AR و اتو رگرسیون با میانگین متحرک ARMA به طور کلی با احتمال کمتری افت آمار را پیشبینی می کنند. اما سرعت افزایش مبتلایان جدید کمتر خواهد شد. لذا احتمالاً آمار مبتلایان در بازه 10000 الی 12500 مبتلای جدید در هر روز باقی خواهد ماند. هر چند طبق سناریو های خوشبینانه و بد بینانه این آمار ممکن است به ترتیب تا 9750 افت یا تا 14750 رشد کند.



تصویر 1. نتایج مدل TSAF برای 14 روز آینده با تکنیک های MA (راست) و ARMA (چپ)



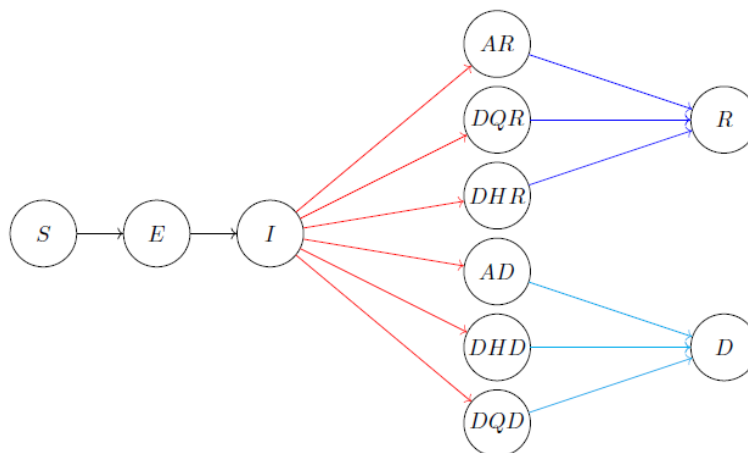
مدلسازی TSAF برای 50 روز آینده با تکنیک ARIMA

مدل DELPHI (Differential Equations Leading to Predictions of Hospitalizations)

مدل DELPHI مدلی بر پایه SEIR یا نوعی SIR تعمیم یافته است که در گزارش های ابتدایی به مدل SIR اشاره شده بود. امروزه سازمان های متریک داده های سلامت بسیاری از قبیل موسسه سلامت MIT، Institute of Health Metrics and Evaluation و سایر موسسات مدل سازی های آماری اپیدمی ها از مدل SEIR برای مدل کردن رشد و گسترش کووید-19 استفاده می کنند.

مدل SEIR یک مدل طبقه بندی شده (Compartmental) است. در این مدل ها جامعه به زیرمجموعه های کوچکتری افراز شده و در هر یک از این افراز ها جمعیت همگن فرض می شود. در مدل SEIR جامعه به زیر گروه های سالم (S) به نشانه Susceptible)، ناقل (E به نشانه Exposed)، مبتلا (I به نشانه Infected) و بهبود یافته/ فوت شده (R به نشانه Recovered) تقسیم بندی می شود.

مدل DELPHI اصلاحاتی را نسبت به SEIR دارد. افرادی که مبتلا شده اند ممکن است توسط معیار های تشخیص پزشکی شناسایی شده و در آمار محسوب شوند یا اینکه ممکن است شناسایی نشوند. افرادی که شناسایی شده اند ممکن است در بیمارستان، بستری یا در منزل، قرنطینه شوند و افرادی که شناسایی نشده اند نیز ممکن است در منزل استراحت کرده و در منزل خود را قرنطینه کنند. در نهایت افراد از هر گروهی که باشند ممکن است بهبود یابند یا اینکه فوت شوند. در شکل زیر شمای کلی مدل را می توانید مشاهده کنید:



که هر یک از گروه ها به شکل زیر تعریف می شوند:

S: جمعیت سالم و در خطر ابتلا

E: جمعیت ناقلین

I: جمعیت مبتلایان

R: بهبود یافته

D: فوت شده

AR & AD: افراد مبتلایی که در خانه خود را قرنطینه کرده اند و تشخیص داده نشده اند و در گروه AR بهبود یافته و در AD فوت می شوند.

DHD & DHR: افراد مبتلایی که تشخیص داده شده اند و در بیمارستان بستری می شوند و در گروه DHR بهبود یافته و پس از دوره بیماری از بیمارستان مرخص می شوند و در DHD در بیمارستان فوت می شوند.

DQR & DQD: افراد مبتلایی که تشخیص داده شده اند و در خانه قرنطینه می شوند و در گروه DQR پس از گذراندن دوره بیماری خود در منزل بهبود می یابند و در DQD در منزل فوت می شوند.

بین گروه های مختلف مطابق با گرافی که شمای مدل را نشان می دهد و بر اساس یال های جهت دار گراف، معادلات دیفرانسیلی زمانی زیر حاکم است:

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= -\alpha\gamma(t)S(t)I(t) \\ \frac{dE}{dt} &= \alpha\gamma(t)S(t)I(t) - r_i E(t) \\ \frac{dI}{dt} &= r_i E(t) - r_d I(t) \\ \frac{dAR}{dt} &= r_d(1 - p_{dth}(t))(1 - p_d)I(t) - r_{ri} AR(t) \\ \frac{dDHR}{dt} &= r_d(1 - p_{dth}(t))p_d p_h I(t) - r_{rh} DHR(t) \\ \frac{dDQR}{dt} &= r_d(1 - p_{dth}(t))p_d(1 - p_h)I(t) - r_{ri} DQR(t) \\ \frac{dAD}{dt} &= r_d p_{dth}(t)(1 - p_d)I(t) - r_{dth} AD(t) \\ \frac{dDHD}{dt} &= r_d p_{dth}(t)p_d p_h I(t) - r_{dth} DHD(t) \\ \frac{dDQD}{dt} &= r_d p_{dth}(t)p_d(1 - p_h)I(t) - r_{dth} DQD(t) \\ \frac{dTH}{dt} &= r_d p_d p_h I(t) \\ \frac{dDD}{dt} &= r_{dth}(DHD(t) + DQD(t)) \\ \frac{dDT}{dt} &= r_d p_d I(t) \\ \frac{dR}{dt} &= r_{ri}(AR(t) + DQR(t)) + r_{rh} DHR(t) \\ \frac{dD}{dt} &= r_{dth}(AD(t) + DQD(t) + DHD(t)) \end{aligned}$$

که در این معادلات پارامترها به شکل زیر تعریف می شوند (هر چند این پارامترها در ادامه مقاله برای ایران اصلاح خواهند شد):

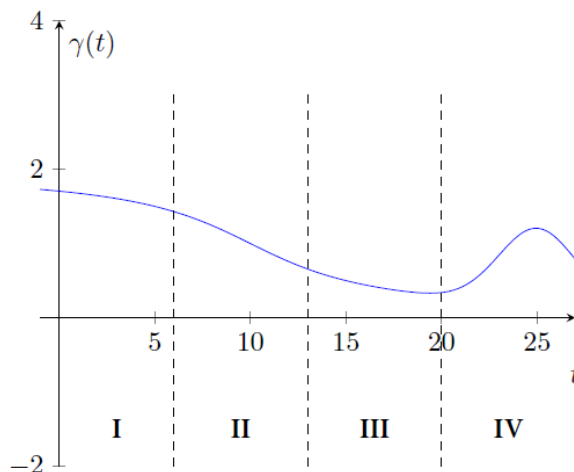
α : نرخ ابتلا که در هر کشور ثابت با کشور دیگر متفاوت است. البته اگر دقیق تر نگاه کنیم این نرخ در هر استان و شهر نیز با سایر مناطق متفاوت است. اما در اینجا مدل را در سطح کشوری حل می کنیم. هر چند امکان حل مدل در سطوح منطقه ای و استانی نیز وجود دارد.

γ : این پارامتر به شکل تابعی از زمان بوده و بیانگر سطح مداخلات دولت و محدودیت ها است. هیچ همه گیری بدون محدودیت ها فرصت گسترش پیدا نکرده است. موسسه سلامت MIT از تابع زیر برای تقریب زدن سطح مداخلات دولت استفاده کرده است، هر چند وضعیت مداخلات دولتی در ایران متفاوت است (رجوع کنید به بخش مدل IHME).

$$\gamma(t) = \frac{2}{\pi} \arctan\left(-\frac{4(t-10)}{20}\right) + 1 + \exp\left(-\frac{(t-25)^2}{8}\right)$$

در این تقریب، مقدار گاما بین 0 و 1 خواهد بود که 1 به معنای کمترین سطح محدودیت (بدون محدودیت) و 0 به معنای بیشترین سطح محدودیت (قرنطینه کامل به شکل Lockdown) می باشد.

نمودار گاما بر اساس زمان به شکل زیر خواهد بود:



r_d : به معنای نرخ تشخیص است که برابر است با $\frac{\log 2}{T_d}$ که در آن T_d میانه زمان تشخیص داده شدن بیماری افراد است. (که برابر با 2 روز در نظر گرفته می شود)

r_i : به معنای نرخ تشخیص است که برابر است با $\frac{\log 2}{T_i}$ که در آن T_i میانه زمان انکوباسیون یا زمان بروز علائم بیماری در فرد ناقل است. (که برابر با 5 روز در نظر گرفته می شود)

r_{ri}, r_{rh} : نرخ های بهبودی در منزل (r_{ri}) و در بیمارستان (r_{rh}) است که به ترتیب برابر با $\frac{\log 2}{T_{ri}}$ و $\frac{\log 2}{T_{rh}}$ هستند و T_{ri} و T_{rh} برابر با میانه زمان بهبودی کامل در شرایط منزل و در شرایط بیمارستان می باشند.

r_{ath}, p_{ath} : به معنای نرخ و درصد کشندگی هستند که این نرخ ها مخصوص هر کشور می باشند و برای کشورمان ایران این

$$p_{ath} = \frac{\text{Total Deaths (DD)}}{\text{Total Deaths (DD)} + \text{Total Recovered (R)}}$$

نرخ را به این شکل محاسبه می کنیم

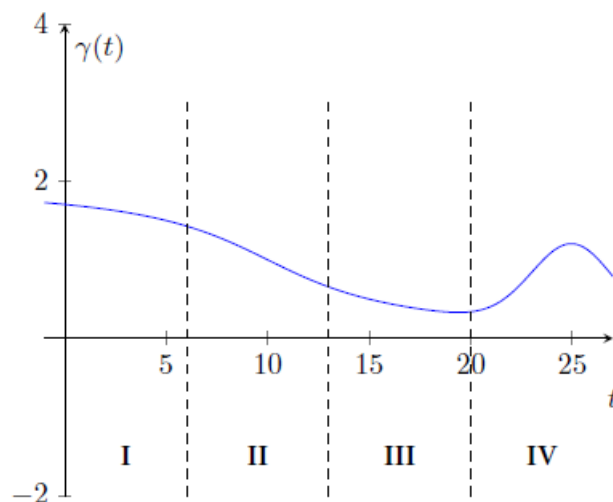
البته نرخ کشندگی را موسسه سلامت MIT به این شکل پیشنهاد کرده است:

$$p_{ath}(t) = (p_{ath0} - p_{ath}) \left(\frac{2}{\pi} \arctan\left(-\frac{t}{20} \cdot r_{ddec}\right) + 1 \right) + p_{ath}$$

مدل IHME

مدل DELPHI توضیح خوبی از وضعیت کشور های مختلف می دهد. اما پارامتر های این مدل در برخی از موارد ناهمخوانی هایی با پارامتر های واقعی جامعه ایران دارند. به عنوان مثال پارامتر های گاما (سطح محدودیت ها) و نرخ تشخیص τ_d را مورد بررسی قرار می دهیم.

مقدار تابع گاما با تقریب ارائه شده در DELPHI در طول زمان به شکل زیر خواهد بود.

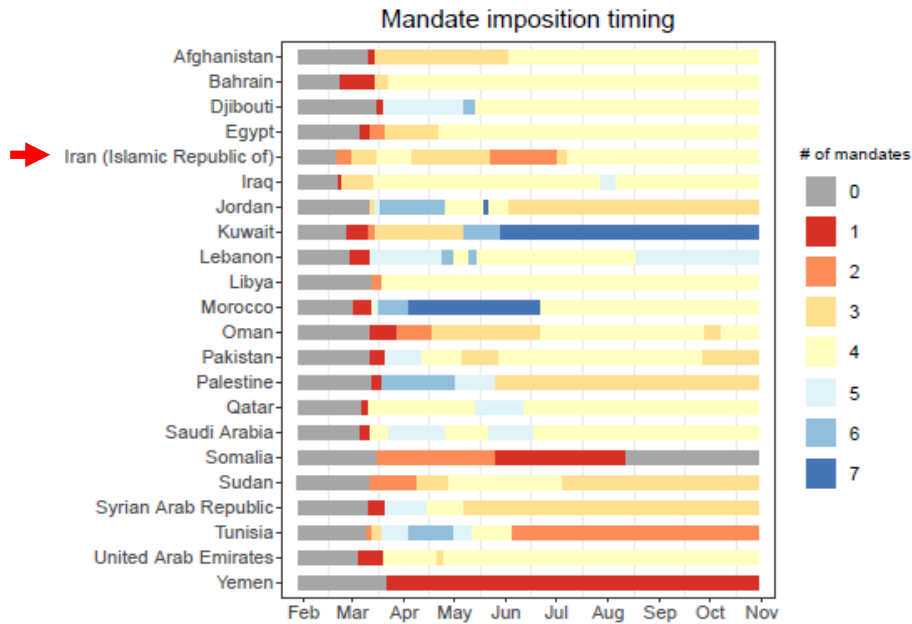


هرچند از سوی دیگر و با مراجعه به اطلاعات IHME می دانیم که وضعیت اعمال محدودیت ها در ایران به شکل زیر بوده است:



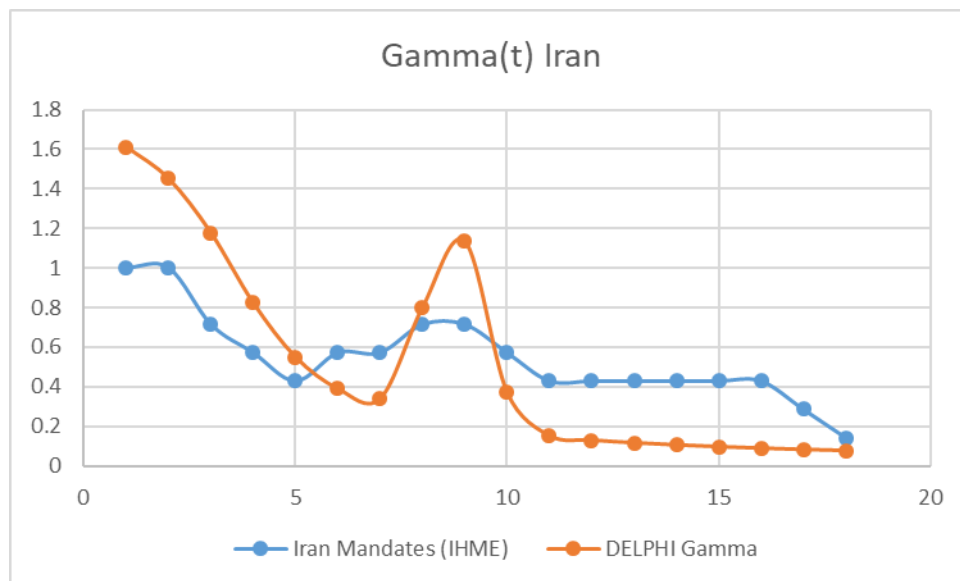
تصویر 2. تعداد محدودیت های اعلام شده از سوی دولت هر کشور (پیکان قرمز نشان دهنده ایران است)؛ منبع: IHME

و اگر تعداد محدودیت های اعمال شده در ایران در طول زمان را بررسی کنیم به این شکل خواهیم رسید:



تصویر 3. تعداد محدودیت های اعلام شده از سوی دولت هر کشور در طی زمان (پیکان قرمز نشان دهنده ایران است)؛ منبع: IHME

هر چند این عکس در 22 اکتبر یعنی سه هفته قبل از نگارش و انتشار این مقاله آپدیت شده است. اخیراً دو محدودیت دیگر با عناوین منع سفر های بین استانی صرفاً بر اساس پلاک خودرو و همچنین منع تردد شبانه بعد از ساعت 18 نیز وضع شده اند که تعداد محدودیت ها را به 6 عدد می رسانند. به این ترتیب نمودار گاما در ایران را به شکل زیر خواهیم داشت:

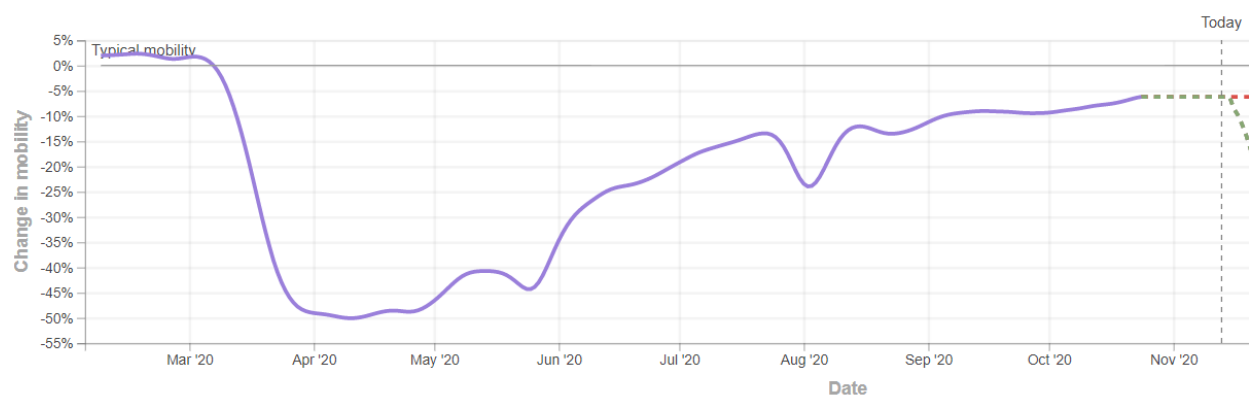


پارامتر Γ_d که بیانگر نرخ تشخیص افراد ناقل می باشد نیز در ایران وضعیت متفاوتی را دارد. نرخ تشخیص به توان تشخیصی و فاکتور های دیگری (نظیر نوع تست های انجام شده، اعتماد مردم به تست های تشخیصی، میزان در دسترس بودن تست و آزمایشگاه های

تشخیص و...) بستگی دارد که در هر کشور این پارامترها مختلف هستند. یکی از این پارامترها نوع تست های انجام شده است. در ایران از هر دو تست PCR و سرولوژی برای تشخیص کرونا استفاده می شود و بسیاری از افرادی که تست سرولوژی آن ها مثبت می شود تست PCR آن ها نیز مثبت خواهد بود.

تقریباً 3 الی 6 روز طول می کشد تا آنتی بادی های اولیه IgM و IgG علیه ویروس ساخته شوند که میانه بروز پاسخ ایمنی و ساخته شدن این آنتی بادی ها 4 روز است. از سوی دیگر میانه تشخیص به وسیله تست PCR 2 روز است. به این ترتیب میانه زمان تشخیص یا Td در ایران 3 روز است.

سایر پارامترها مثل پارامترهای نرخ ابتلا (α) نیز در ایران شرایط متفاوتی دارند. این پارامتر تحت تاثیر فاکتورهایی نظیر موبیلیته یا میانگین تحرک مردم است که در ایران کاهش بسیار کمتری نسبت به کشورهایی با شرایط مشابه (مثلاً تایلند با GBD و GDP مشابه ایران) داشته اند.

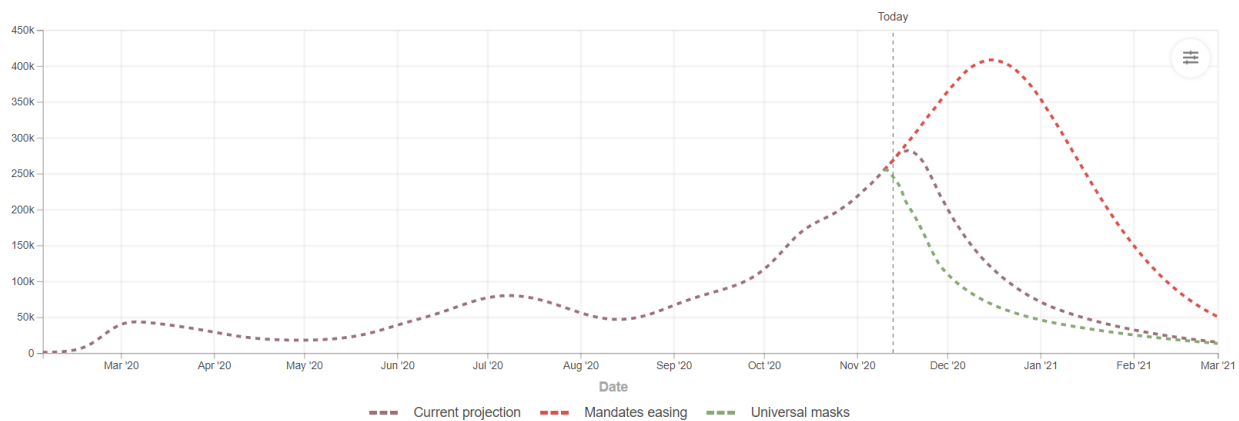


تصویر 4. شاخص موبیلیته مردم ایران (براساس داده های تلفن های همراه)؛ کشور تایلند 15 الی 20 درصد کاهش موبیلیته را در ماه گذشته داشته است.

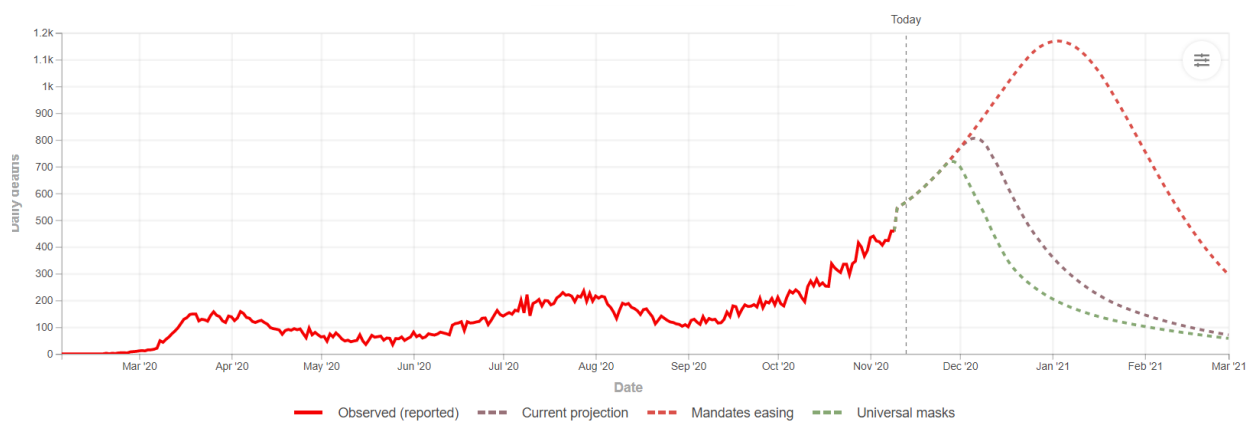
منبع IHME

سناریو ها

از این پس در گزارش های آماری کرونا لیوژن فارمد سعی خواهد شد تا تخمین پارامتر های مدل به صورت نزدیکتر به واقعیت جامعه ایران انجام شود. نتیجه حل مدل SEIR با پارامتر های IHME به شکل زیر خواهد بود.



تصویر 5. سناریو های مبتلایان جدید ایران. سناریوی خوشبینانه (سبز)، فعلی (بنفش) و بدبینانه (قرمز) منبع IHME



تصویر 6. سناریو های مختلف تعداد کشته های هر روز در ایران. سناریوی خوشبینانه (سبز)، واقعی (بنفش) و بدبینانه (قرمز). منبع IHME

سناریو های مختلف منتج از شبیه سازی ها و مدلسازی ها

بر اساس سناریوی خوشبینانه؛ در صورت افزایش ماسک زدن به 95 درصد و باقی ماندن محدودیت ها به صورت جدی، آمار مبتلایان به سرعت کاهش خواهد یافت و پیک فعلی مبتلایان در 12 هزار مبتلا به پایان خواهد رسید. آمار ها تا پایان بیماری کاهش خواهند بود و در دو هفته آتی 140 هزار مبتلای جدید به بیماران کووید-19 افزوده خواهند شد. در خصوص آمار فوتی ها نیز متاسفانه احتمالاً رشد آمار را تا 560 فوتی خواهیم داشت.

سناریوی واقع بینانه؛ بر اساس این سناریو چنانچه شرایط فعلی بدون تغییری ادامه پیدا کند، آمار مبتلایان کمی دیگر و تا 13500 مبتلای جدید افزایش خواهد یافت و سپس کاهش می یابد. لذا در دو هفته آتی 180 هزار مبتلای جدید خواهیم داشت. در خصوص آمار فوتی ها نیز متاسفانه احتمالاً رشد آمار را تا 560 فوتی خواهیم داشت.

سناریوی بدبینانه؛ چنانچه ماسک زدن تغییری نکند و محدودیت ها نیز کمتر شود سناریوی بدبینانه رخ خواهد داد. به این ترتیب آمار مبتلایان جدید بدون توقف رشد خواهد داشت و حتی ممکن است به سقف 20500 مبتلای جدید نیز برسد. آمار فوتی ها نیز بدون توقف افزایش خواهد یافت و ممکن است در دراز مدت (دی ماه- بهمن ماه) به 1190 فوتی در هر روز نیز برسیم.

همه گزارش ها، اعداد و آمار ها مستخرج از اطلاعات وزارت بهداشت ایران، سازمان بهداشت جهانی و CDC، IHME و انستیتو سلامت MIT می باشند. امید است این گزارش های مورد استقبال نهاد های تصمیم گیرنده ای نظیر سازمان بهداشت، سازمان مطالعات مجلس شورای اسلامی و شورای عالی امنیت ملی قرار بگیرند تا سایه این بیماری منحوس از سر کشورمان کم شود ان شاءالله.