

# بررسی نتایج مدلسازی اپیدمی کووید-19 در ایران و تهران

## در سناریوهای مختلف تا پایان خردادماه 1399

مرکز تحقیقات مدلسازی در سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان  
به سفارش کمیته تحلیل اپیدمیولوژیک کووید-19 وزارت بهداشت

در این گزارش به صورت بسیار فشرده در 5 سناریو، روند پیشرفت این اپیدمی مدلسازی شده و نقش و تاثیر مداخلات انجام شده بر شدت اپیدمی بررسی می‌گردد. پیش از ورود به بحث لازم به ذکر است در حال حاضر با توجه به عدم وجود واکسن (که میزان ایمنی افراد را بالا ببرد) و درمان موثر (که با کمک به بهبود سریع بیماران میزان مسری بودن را کاهش دهد)، تنها مداخلات موجود برای کاهش میزان انتقال ( $R_0$ ) بر پایه دو اصل استوار است:

1) **کاهش تماس موثر بین افراد جامعه:** به عبارتی باید تلاش گردد که افراد با یکدیگر کمتر برخورد داشته باشند. البته این تماس‌ها نیز سطح‌بندی می‌شوند. برخورد افراد بیمار با افراد سالم که با ایزوله نمودن ایشان محقق می‌گردد، و برخورد افراد به ظاهر سالم با یکدیگر که با فاصله‌گذاری فیزیکی (اجتماعی) صورت می‌گیرد چراکه درصدی از افراد مبتلا بی‌علامت و یا کم‌علامت هستند در حدی که امکان شناسایی و کنترل آنها ممکن نیست

2) **کاهش احتمال انتقال و ویروس در تماس‌ها:** با توصیه و تشویق افراد به رعایت اصول بهداشت فردی و گروهی مانند حفظ فاصله یک و نیم متر، شستن دست‌ها، استفاده صحیح از مواد ضدعفونی، استفاده صحیح از ماسک و سایر توصیه‌های بهداشتی مشابه، که باعث می‌گردد احتمال انتقال در هر تماس به حداقل ممکن برسد

بر اساس این توضیحات مداخلات مختلفی در سطح کشور از ابتدا تا زمان حاضر طراحی و اجرا شده که اهم این موارد در ادامه خواهد آمد و سپس بر اساس مدل‌های طراحی شده سعی می‌گردد اثرات این مداخلات تبیین شود.

### مداخلات انجام شده

با همراهی مردم، دولت و تمامی ساختارهای حاکمیتی در راستای شکستن زنجیره انتقال بیماری، به تدریج میزان سخت‌گیری‌های لازم برای کاهش چرخه انتقال در کشور افزایش یافت. به شکل مشخص در چند مرحله این محدودیت‌ها اعمال شده که اهم این موارد به شرح زیر است:

1. آگاهی‌سازی مردم به شکل وسیع برای تغییر رفتار زندگی روزمره از جمله اصلاح عادات دست‌دادن و روبوسی کردن و با فاصله حداقل یک و نیم متری قرار گرفتن
2. تعطیلی مدارس و دانشگاه‌ها
3. اعمال محدودیت‌هایی برای رفت و آمدهای بین‌المللی

4. ممانعت از برگزاری اجتماعات مانند حضور در ورزشگاه‌ها و مسابقات ورزشی، مراسم عروسی و ختم و موارد مشابه، کنفرانس‌ها و سمینارها، حرم‌های مطهر و زیارتگاه‌ها، تشکیل جلسات عمومی مجلس شورای اسلامی و حتی برگزاری نمازجماعت در مساجد
5. ارایه دستورالعمل‌های بهداشتی برای کاهش خطر انتقال و نظارت بر اجرای آن برای اصناف، مکان‌ها و فعالیت‌های مختلف حتی در منزل و اماکن خصوصی
6. بالا بردن حساسیت مردم در رعایت بهداشت فردی و اجتماعی در رفتارها روزانه و کاهش تماس‌های فردی ایشان به شکلی که استفاده از دستکش و ماسک در جامعه رایج و به صورت وسیع استفاده از مواد ضدعفونی کننده دست‌ها و یا امکان عمومی مرسوم شده‌است
7. کاهش ساعات کار ادارات و سازمان‌های دولتی و وابسته
8. تعطیلی تمامی مغازه‌ها و پاساژها، رستوران‌ها و سایر اصناف به جز موارد ضروری
9. افزایش زمان تعطیلات ایام نوروز برای ادارات و سازمان‌های دولتی و شرکت‌ها و کارخانجات به جز موارد ضروری
10. ترغیب مردم به کاهش مسافرت‌های سال نو و ایجاد محدودیت‌هایی بر ارایه خدمات به مسافری از جمله بسته شدن هتل‌ها، رستوران‌ها، تفرجگاه‌ها و نهایتاً ممنوعیت ورود و خروج خودروهایی که قصد مسافرت دارند. بدین شکل مسافرت‌های زیارتی و سیاحتی به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت و مسافرت به دلایل دیگر مانند دید و بازدید نیز کاهش یافت
11. و نهایتاً تقویت جدی بنیه بیمارستان‌ها برای ارایه خدمات برتر به بیماران مبتلا و همچنین تجهیز نفاختگاه‌ها برای پذیرایی از افراد مثبت با رعایت اصول ایزولاسیون

بر پایه این مداخلات به نظر می‌رسد دو شاخص (1) تعداد متوسط تماس‌های موثر افراد با یکدیگر در جامعه و (2) احتمال انتقال عفونت در هر تماس موثر به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش و البته احتمالاً تغییرات حاصل از عبور از فصل سرما و آغاز فصل بهار تا حدودی کمک نموده تا سیر گسترش این بیماری کند شود. اما پرواضح است که خطر بالقوه هنوز ادامه داشته و کاهش بار انتقال به دلیل این مداخلات است؛ لذا لازم است درک مناسبی از میزان اثربخشی مداخلات بر چرخه انتقال فراهم گردد تا برای ادامه کار نیز مناسب‌ترین تصمیم اخذ گردد. این مهم تنها با مدلسازی آماری ممکن است که در ادامه به صورت بسیار خلاصه اهم یافته‌های این مدلسازی تقدیم می‌گردد.

## توصیف مداخلات در سناریوهای مد نظر

در این مدلسازی، 5 سناریو تصویر شده و پیشرفت اپیدمی تا آخر خرداد ماه بررسی شده‌است؛ سناریو 1 به عنوان سناریو پایه و بدون مداخله و سناریو 5 به عنوان سناریو مداخلات بسیار سخت‌گیرانه و حداکثری در نظر گرفته شده که جزئیات آنها به شرح زیر است:

- سناریو ۱- حالت پایه (بدون مداخله):** فرض بر عدم انجام هر گونه مداخله از سوی دولت و مردم برای ایزولاسیون بوده و درصد ایزولاسیون برای کنترل عفونت کووید-19، صفر است.
- سناریو ۲- بدون مداخله دولت:** در این سناریو، فرض بر ایزولاسیون 10٪ در کل بازه زمانی تعریف شده و صرفاً به دلیل ترس گروهی از مردم و تغییر عادت‌های روزمره توسط مردم است.

**سناریو ۳- مداخله در حد پایین:** فرض بر اعمال مداخلات حداقلی توسط دولت (آموزش و توصیه به بیماران) است که از ابتدا تا انتهای بهمن، موجب ۱۰٪ درصد ایزولاسیون، از ابتدا تا ۲۰ اسفند، موجب ۱۵٪ ایزولاسیون و از ۲۰ اسفند به بعد موجب ۲۰٪ درصد ایزولاسیون شده باشد. در این سناریو مردم و مبتلایان تغییر رفتار مختصری دارند.

**سناریو ۴- مداخله در سطح متوسط:** فرض بر جدی‌تر شدن مداخلات دولت است. مداخلات دولت شامل مدیریت اجتماعات، تعطیلی مراسم ورزشی، فرهنگی و مذهبی، تعطیلی تمامی مراکز پر ازدحام نظیر دانشگاه‌ها و مدارس و محدود کردن تردهاست. مداخلات مثل سناریو قبلی اما از ۲۰ اسفند تا پایان خردادماه، موجب ۳۰٪ ایزولاسیون می‌شود. به نظر می‌رسد تاکنون تقریباً نزدیک و یا کمی ضعیف‌تر به این سناریو حرکت شده است و اگر با قدرت مدیریت انجام شود احتمالاً محتملترین سناریو برای کشور می‌تواند باشد.

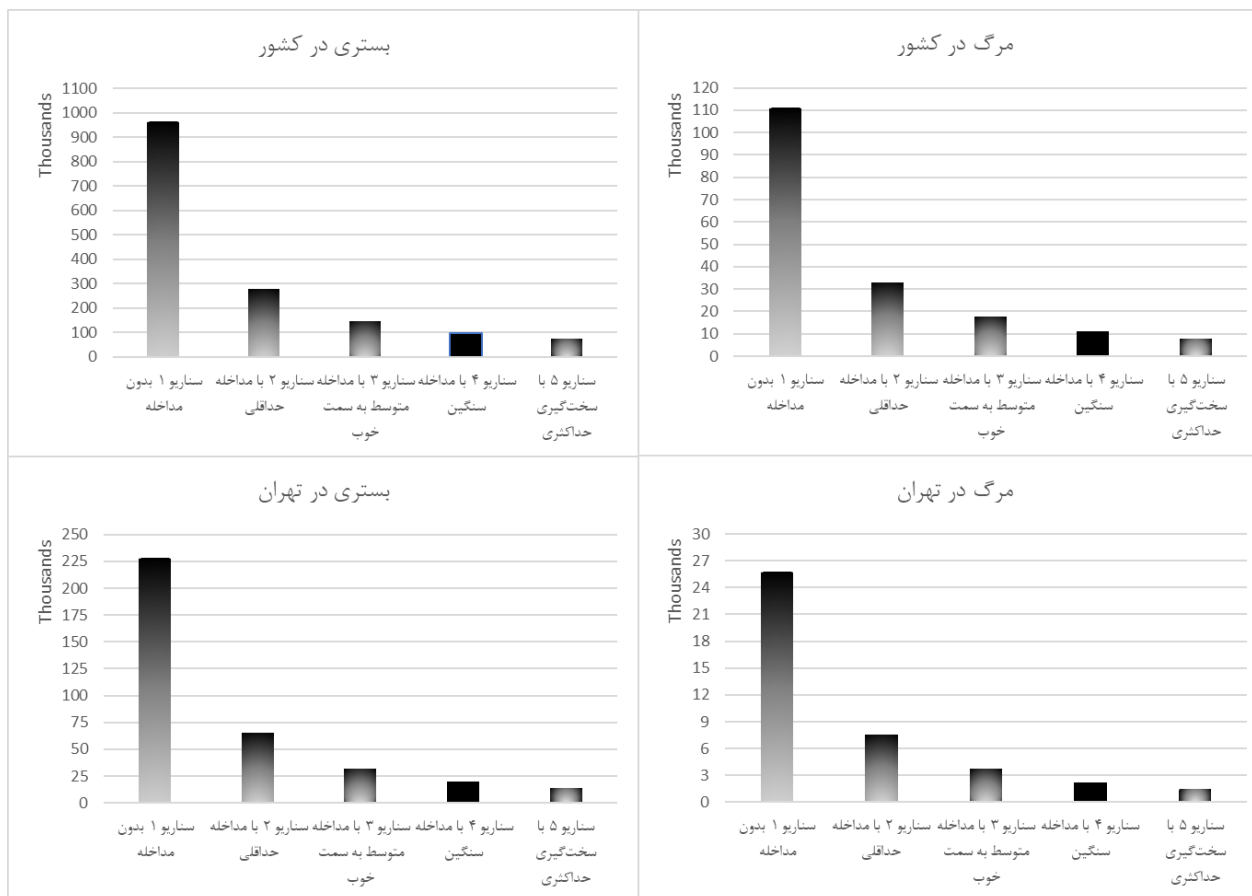
**سناریو ۵- مداخله در سطح شدید:** در این سناریو، مداخله دولت گسترده‌تر و جدی‌تر از سناریوی ۴ با حداکثر توان همه دستگاه‌ها به جز استفاده از ساز و کار نظامی و اجبارهای سنگین است. مداخلات از اول تا آخر بهمن منجر به ۱۰٪ درصد ایزولاسیون، از اول تا ۲۰ اسفند، منجر به ۱۵٪ ایزولاسیون و از ۲۰ اسفند به بعد تا پایان بازه زمانی منجر به ۴۰٪ ایزولاسیون موثر، خواهد شد. دولت عبور و مرور و مسافرت‌های درون و برون شهری با محدود می‌کند و مبادی ورودی و خروجی شهرها را کنترل نموده، افراد مشکوک، ایزوله، و افرادی که با ایشان در تماس بوده‌اند ردیابی می‌گردند و البته مردم نیز از تدابیر ایزولاسیون به خوبی تبعیت می‌کنند.

لازم به ذکر است که در سه سناریو آخر، شروع افزایش حداکثری ایزولاسیون از ۲۰ اسفند با راه‌اندازی مفهوم فاصله‌گذاری فیزیکی (اجتماعی) و تقویت شناسایی افراد آلوده و جدا نمودن ایشان از افراد سالم است. اما چنین تدبیر شده که در عمل جامعه بیش از چند هفته تحمل فاصله‌گذاری فیزیکی شدید را ندارد و لذا بایست به سرعت مفهوم شناسایی فعال افراد مثبت و کسانی که با ایشان در تماس است تقویت شود که بعد از تعطیلات عید و با کاهش هوشمندانه فاصله‌گذاری فیزیکی، ایزولاسیون واقعی افراد مثبت به شدت و با تمام قوت ادامه یابد و خلا کم شدن فاصله‌گذاری فیزیکی را پر نماید.

## نتایج

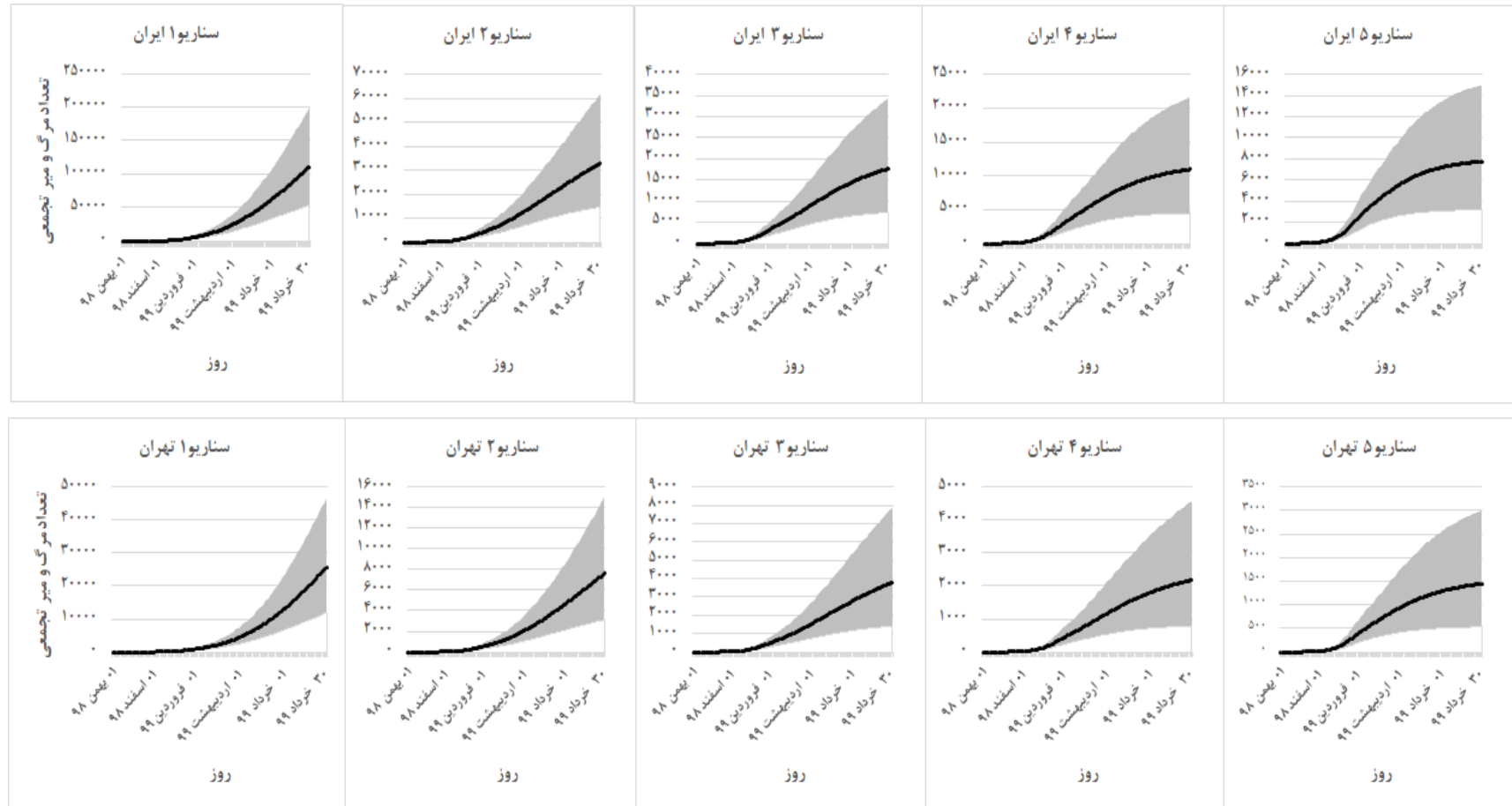
در سناریو 1 نسبت به سناریو 5 تعداد مرگ‌ها و بستری‌ها در کشور 14 و 13 برابر خواهد بود و این نسبت‌ها در شهر تهران 18 و 16 برابر پیش‌بینی می‌گردد. اگر سناریو 1 را نسبت به سناریو 4 که سناریو محتمل و قابل دستیابی (البته با اعمال مدیریت

خوب است) مقایسه گردد این نسبت‌ها در کشور برای مرگ و بستری برابر 10 و برای تهران در مرگ 12 و در بستری 11 است.

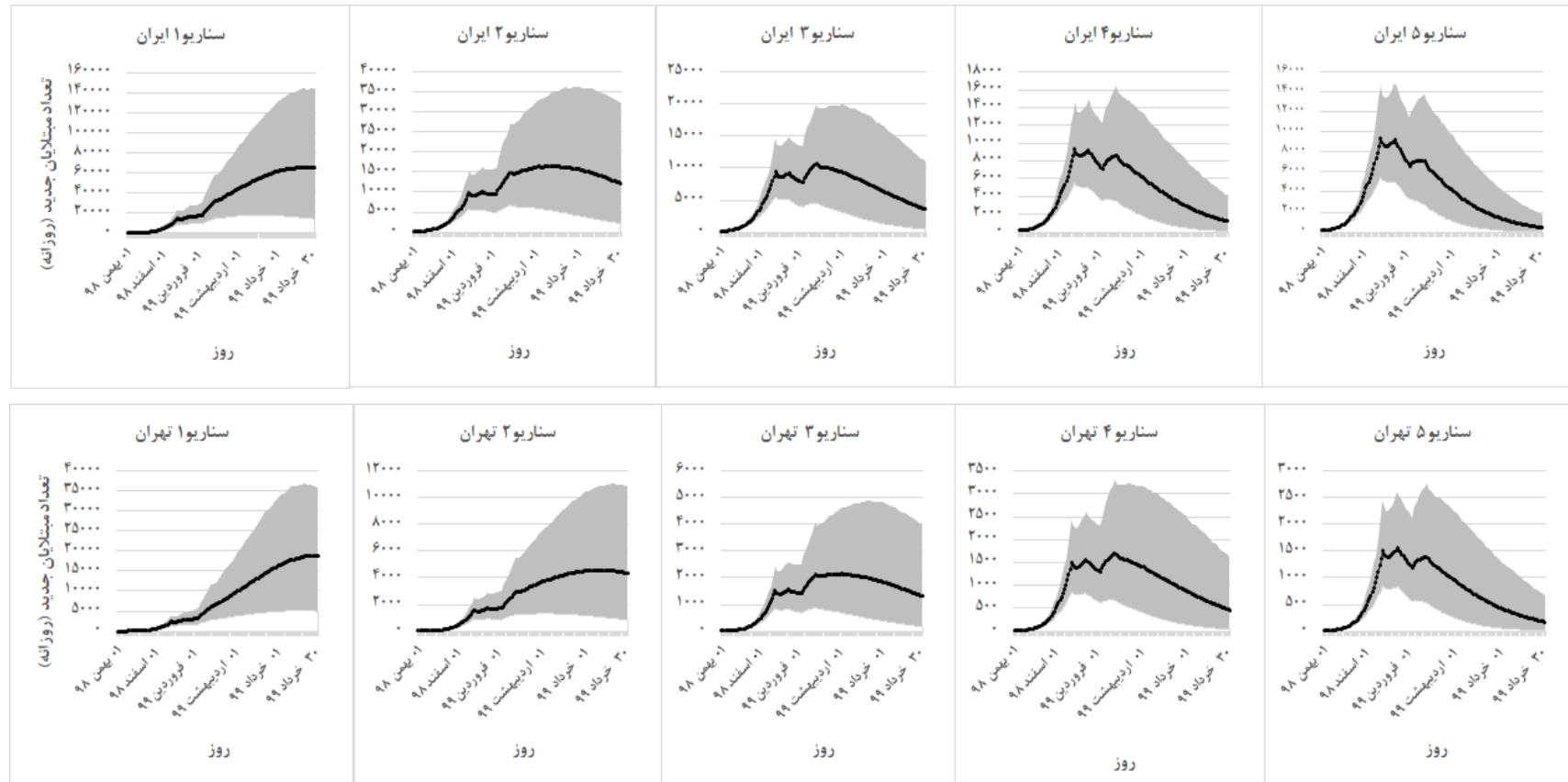


نمودار 1: برآورد تعداد افراد فوت شده و بستری شده تجمعی تا پایان خرداد ماه 1399 در سناریوهای مختلف در کل کشور و در تهران

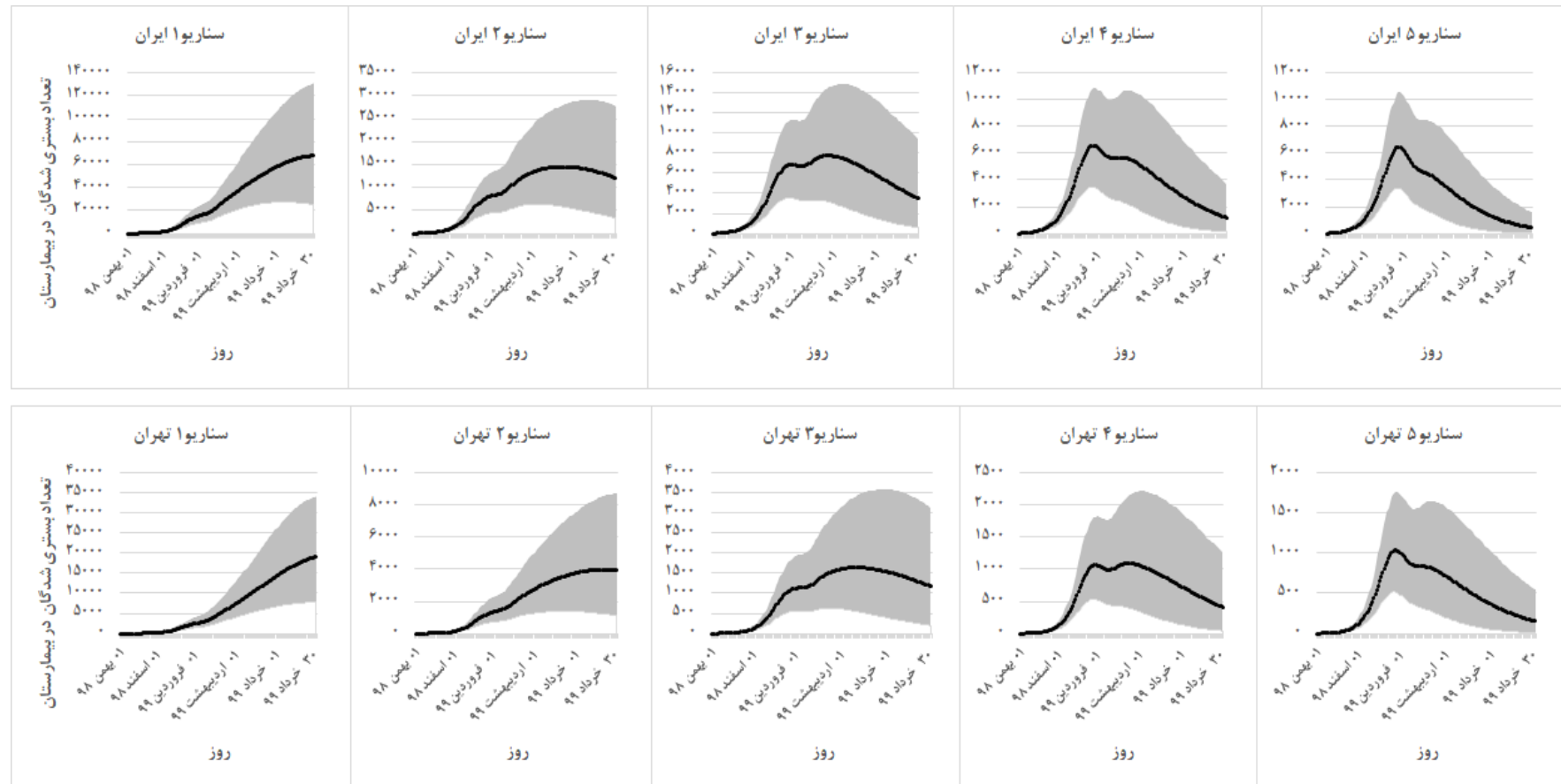
روند گسترش اپیدمی در سناریوهای 5 گانه در نمودارهای بعدی به تصویر کشیده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود با تقویت مداخلات نه تنها میزان بستری و مرگ تجمعی کاهش می‌یابد بلکه این نمودارها زودتر به سطح افقی (پلاتو) می‌رسد و نشان می‌دهد که اپیدمی زودتر به سطح کنترل نزدیک می‌شود؛ به شکلی که در کشور در سناریو 4 که می‌تواند سناریو محتمل در نظر گرفته شود از اوایل اردیبهشت ماه به این سطح می‌رسد و اثرات کاهش بروز در نیمه دوم فروردین ماه (ورود به شاخه نزولی اپیدمی) در اردیبهشت به ثبات می‌یابد. البته رسیدن به این سطح و کنترل اپیدمی در شهر تهران با تاخیر احتمالا یک تا دو هفته بعد بارز می‌گردد. در ادامه نمودارهای مربوط به مرگ تجمعی، بستری تجمعی و تعداد موارد جدید (منحنی اپیدمی) ارائه خواهد شد.



نمودار 2: روند مرگ تجمعی در کشور و در تهران از ابتدای اپیدمی یعنی اول بهمن ماه تا انتهای خرداد ماه



نمودار 3: روند تعداد موارد جدید (منحنی اپیدمی) در کشور و در تهران از ابتدای اپیدمی یعنی اول بهمن ماه تا انتهای خرداد ماه



نمودار 4: روند بستری تجمعی در کشور و در تهران از ابتدای اپیدمی یعنی اول بهمن ماه تا انتهای خرداد ماه

## بحث و نتیجه گیری

مدل‌ها نشان می‌دهند که مداخلات در راستای ایزوله کردن مبتلایان و فاصله‌گذاری فیزیکی به منظور کاهش تماس‌های افراد در جامعه به شدت بر روند تعداد موارد ابتلای جدید کووید-19 موثر است. مداخلات حداکثری نیاز به یک همکاری و هماهنگی قوی بین بخشی و مشارکت و همراهی عمومی مردم دارد. هر چه مداخلات سختگیرانه‌تر شود، شاهد روند کاهشی در بروز موارد جدید ابتلا به کووید-19 خواهیم بود و شیب کاهنده قسمت انتهایی نمودار زودتر اتفاق می‌افتد و شاهد کنترل بیماری در بازه زمانی کوتاه‌تری می‌باشیم.

با توجه به خصیصه سرایت پذیری بالا و انتشار گسترده این بیماری، پیشنهاد می‌شود به منظور جلوگیری از تعداد مرگ و میر بالا، سطح ایزولاسیون مبتلایان به بالاترین سطح خود، یعنی 40 درصد و حتی بیشتر افزایش یابد و با انجام اقداماتی برای کاهش قابل توجه تماس افراد با یکدیگر، زنجیره انتقال بیماری قطع شود تا بتوان بار وارده به سیستم بهداشتی درمانی را مهار و از این طریق ظرفیت پاسخگویی سیستم بهداشتی درمانی ارتقا و به تبع آن مرگ و میر کاهش یابد.

در این مدلسازی، در سناریوهای 3 تا 5 از 20 اسفند ماه 98 باید سطح ایزولاسیون افزایش قابل ملاحظه یابد. چنین تصور می‌شود که در فاز اول با تشدید تمامی تدابیر برای افزایش فاصله‌گذاری فیزیکی برای رسیدن به این سطح اقدام گردد و در ادامه باید به شدت بحث شناسایی افراد مثبت و ایزوله کردن ایشان در نقاط گاهها و یا در منزل و پیگیری فعال در شبکه ارتباطی ایشان برای شناسایی موارد آلوده در کوتاه‌ترین زمان ممکن تقویت شود تا بعد از کاهش هوشمندانه و تدریجی فاصله‌گذاری فیزیکی، امکان رشد مجدد اپیدمی فراهم نگردد.

نکته بعد دقت در دامنه اطمینان محاسبات و پیش‌بینی‌ها است؛ با توجه به ابهام در برآورد دقیق پارامترهای ورودی این مدل‌ها، میزان عدم قطعیت محاسبات باید در نظر گرفته شده و به محدودیت‌های مدل نیز توجه شود.

و نکته آخر، بحث پیش‌بینی بلندمدت برای فصل بعدی انتقال احتمالا در پاییز و زمستان می‌باشد، لازم است با استفاده از تجارب جهانی و در نظر گرفتن سناریوهای مختلف، کشور خود را مهیا یک موج جدید بنماید. در حال حاضر خیلی دقیق نمی‌تواند در مورد شدت این موج صحبت کرد و امید است با تولید دارو و واکسن موثر شرایط مدیریت در آن زمان ساده‌تر باشد اما توصیه جدی به مدیران ارشد کشور، تدبیر کافی در این زمینه است چراکه این احتمال وجود دارد که موج بعدی شدیدتر از این موج هم باشد.