

# شیوع بیماری کرونا در ایران ویرایش ۲

علینقی مشایخی  
دستیار: مرضیه آقائی

دانشکده مدیریت و اقتصاد  
دانشگاه صنعتی شریف  
۳ فروردین ماه ۱۳۹۹

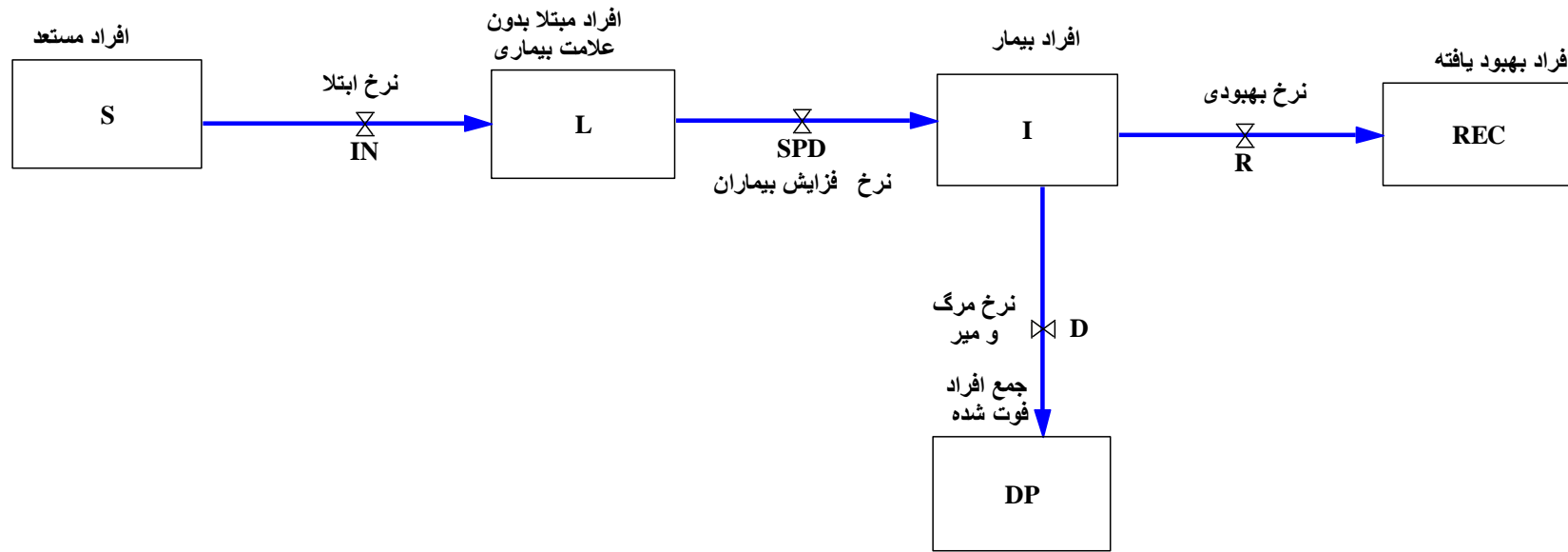
## مقدمه ویرایش دوم

- بعد از انتشار ویرایش اول این ارائه در فضای مجازی، بازخوردهای مختلفی به اینجانب رسید.
- برخی از بازخوردها بیشتر به تعداد موارد فوت در بدترین سناریو توجه کرده بودند.
- در ویرایش قبلی بر اساس نظر برخی متخصصین فرض شد که تنها ۲۰٪ از بیماران کرونائی نیاز به بستری شدن در بیمارستان دارند.
- در بدترین سناریو به علت عدم توجه به کاهش تعاملات اجتماعی و عدم توجه به رعایت بهداشت در ملاقات بین افراد تعداد مبتلایان به بیماری تا حدود ۳۰ میلیون نفر می‌رسید و کشور با کمبود شدید تخت بیمارستانی (تا ۱۰٪ تعداد لازم) برای بستری شدن ۲۰٪ بیماران مواجه می‌شد و در نتیجه تعداد افراد فوت شده به حدود ۳.۶ میلیون نفر می‌رسید.
- در ویرایش قبلی فرض شده بود که کمبود تخت بیمارستانی برای بیمارانی که به بستری شدن احتیاج دارند نرخ مرگ و میر و نرخ بهبود تمام بیماران (اعم از آن‌هایی که نیاز به بستری شدن دارند یا ندارند) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر اساس فرض مزبور تعداد موارد فوت در بدترین سناریو به حدود ۳.۶ میلیون نفر می‌رسید.
- بازخورد برخی از متخصصین در مورد ویرایش اول آن بود که کمبود ظرفیت بیمارستانی روی مرگ و میر و بهبود فقط ۲۰٪ بیمارانی که به بستری شدن احتیاج دارند اثر می‌گذارد.
- بر اساس بازخورد مزبور معادله نرخ مرگ و میر و نرخ بهبود اصلاح شد به طوری که دسترسی به بیمارستان روی مرگ و میر و بهبود بخشی از بیماران اثر می‌گذارد که نیاز به بستری شدن دارند.
- این تغییرات در نتایج حاصل از سناریوهای ۱ و ۲ تأثیر چندانی نداشت ولی در بدترین سناریو (سناریو ۳) سبب شد تعداد موارد فوت به ۱.۴ میلیون نفر و تعداد کل افرادی که به بیماری مبتلا می‌شوند به ۲۷.۸ میلیون نفر و تعداد بیماران در اوج خود به جای ۴ میلیون به ۳ میلیون نفر برسد که همچنان اعداد بزرگ و قابل توجهی هستند.

## مقدمه

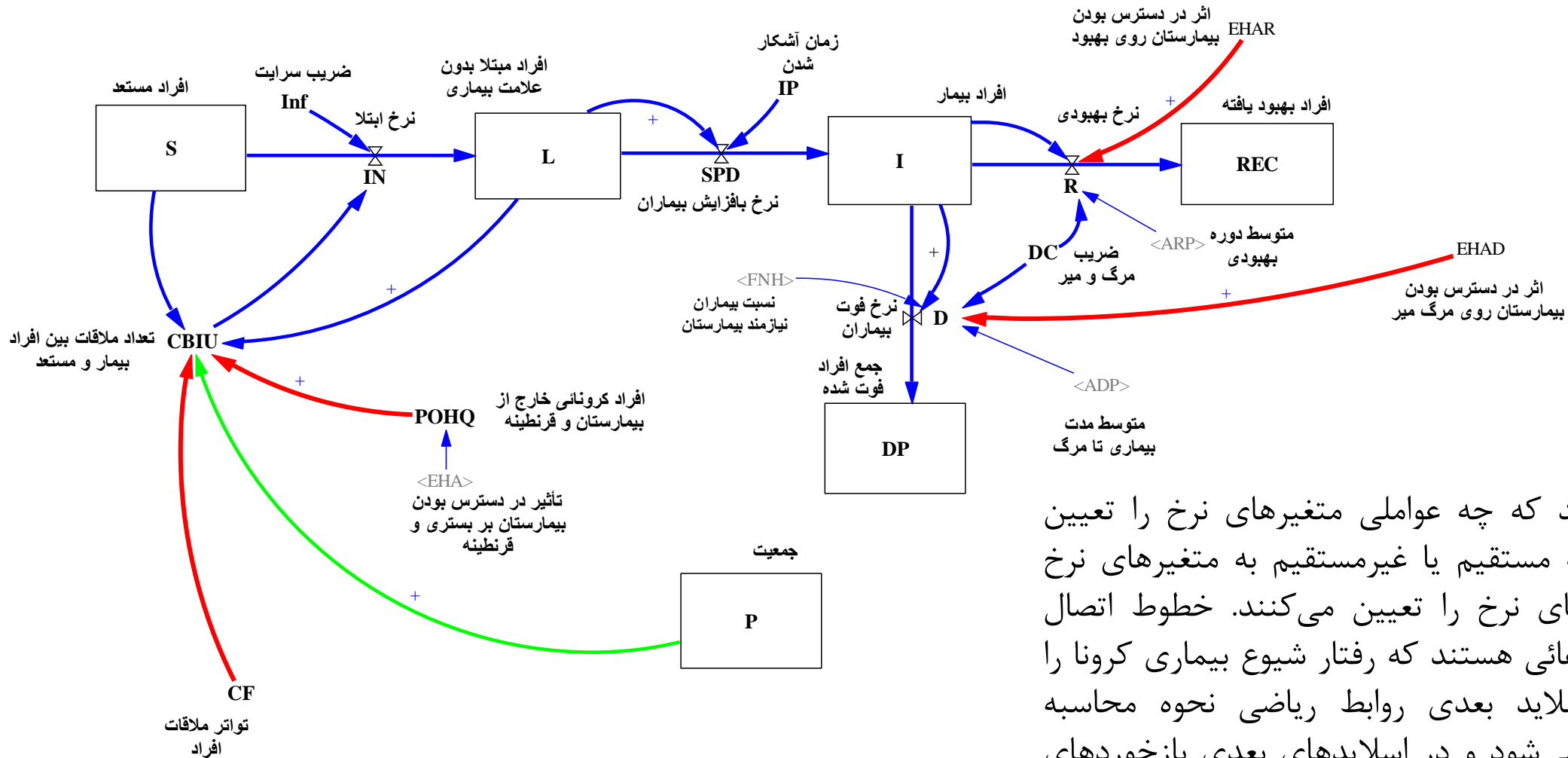
- پیش‌تر نسخه‌ای از این ارائه که در حال تکمیل بود پس از ارسال آن برای برخی دوستان جهت اظهار نظر در فضای مجازی پخش شد.
- در ایمیلی که برای دوستان مزبور ارسال کردم، تذکر دادم که درصدد بررسی پارامترهای مدل با نیروهای متخصص پزشکی و تکمیل مدل هستم. ولی فایل ارائه بدون توجه به تذکر مزبور در فضای مجازی پخش شد.
- هنوز نتوانسته‌ام در مورد پارامترهای مدل با متخصصین پزشکی و اجتماعی همفکری کامل انجام دهم.
- در این ارائه با اضافه کردن یک بازخورد جدید از نرخ مرگ و میر ناشی از کرونا به ضریب انتقال بیماری که توضیح آن در اسلایدهای بعدی می‌آید مدل را برای سناریوهای مختلف شبیه‌سازی کردم.
- این شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که ابعاد فاجعه کرونا می‌تواند بسیار بزرگ شود مگر آن که مردم با اجبار و یا از روی فهم با افزایش تعداد بیماران ارتباطات خود را کم کنند و در تماس‌های اجباری خود با دیگران اصول پیشگیری را به طور جدی رعایت کنند تا احتمال سرایت ناشی از ارتباط کاهش پیدا کند.
- امیدوارم این مدل مورد توجه عموم و مقامات سیاست‌گذاری برای اقداماتی که می‌تواند کرونا را بهتر و جدی‌تر کنترل کند قرار بگیرد.
- آنچه در این ارائه می‌آید جای تکمیل و تدقیق دارد ولی انتشار این نسخه در فضای مجازی را برای ایفای مسئولیت اجتماعی خود لازم می‌دانم.

# زیرساخت مفهومی مدل: متغیرهای حالت (انباره) و نرخ اصلی



در این شکل مستطیل‌ها معرف انباره و متغیرهای درون مستطیل‌ها متغییر حالت هستند. علامت‌های  $\lambda$  معرف جریان بین انباره‌ها است. این شکل نشان می‌دهد که افراد سالم و مستعد (که شامل اکثر مردم می‌شود) ابتدا مبتلا می‌شوند و به جمع کسانی که مبتلا هستند ولی علامت بیماری در آنها هنوز ظاهر نشده است، ملحق می‌شوند. بیماری افراد مبتلا بعد از مدتی آشکار می‌شود و فرد از مبتلایان بدون علامت بیماری به جمع افراد بیمار با علامت بیماری می‌پیوندد. افراد بیمار بعد از مدتی بهبود می‌یابند و به جمع افراد بهبود یافته می‌پیوندند و یا فوت می‌کنند و به جمع افراد فوت شده می‌پیوندند.

# عوامل تعیین کننده متغیرهای نرخ



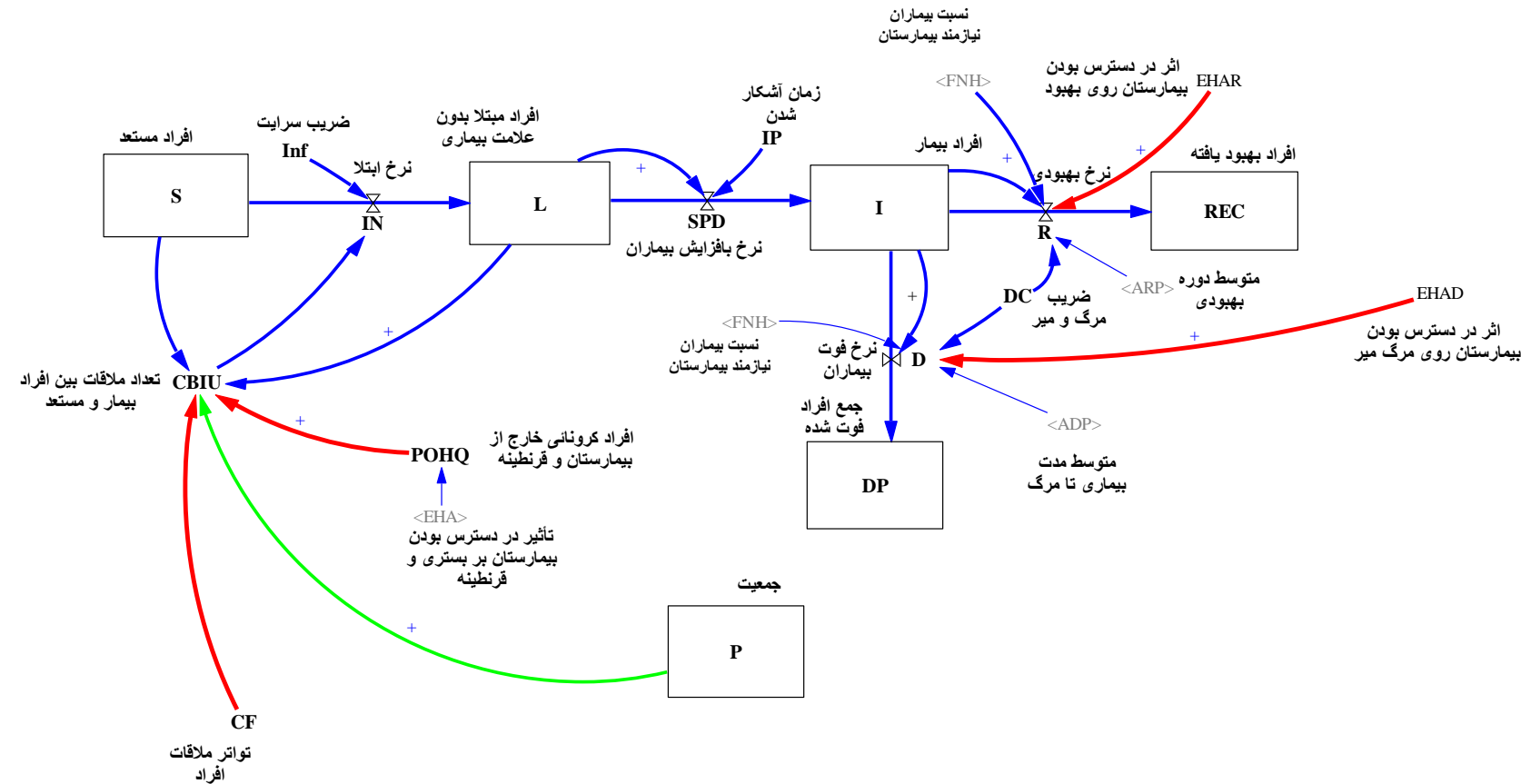
این شکل نشان می‌دهد که چه عواملی متغیرهای نرخ را تعیین می‌کنند. متغیرهایی که مستقیم یا غیرمستقیم به متغیرهای نرخ وصل می‌شوند، متغیرهای نرخ را تعیین می‌کنند. خطوط اتصال قرمز بخشی از بازخوردهائی هستند که رفتار شیوع بیماری کرونا را کنترل می‌کند. در اسلاید بعدی روابط ریاضی نحوه محاسبه متغیرهای نرخ معرفی می‌شود و در اسلایدهای بعدی بازخوردهای تعیین کننده نحوه شیوع بیماری معرفی می‌شوند.

## روابط متغیرهای نرخ

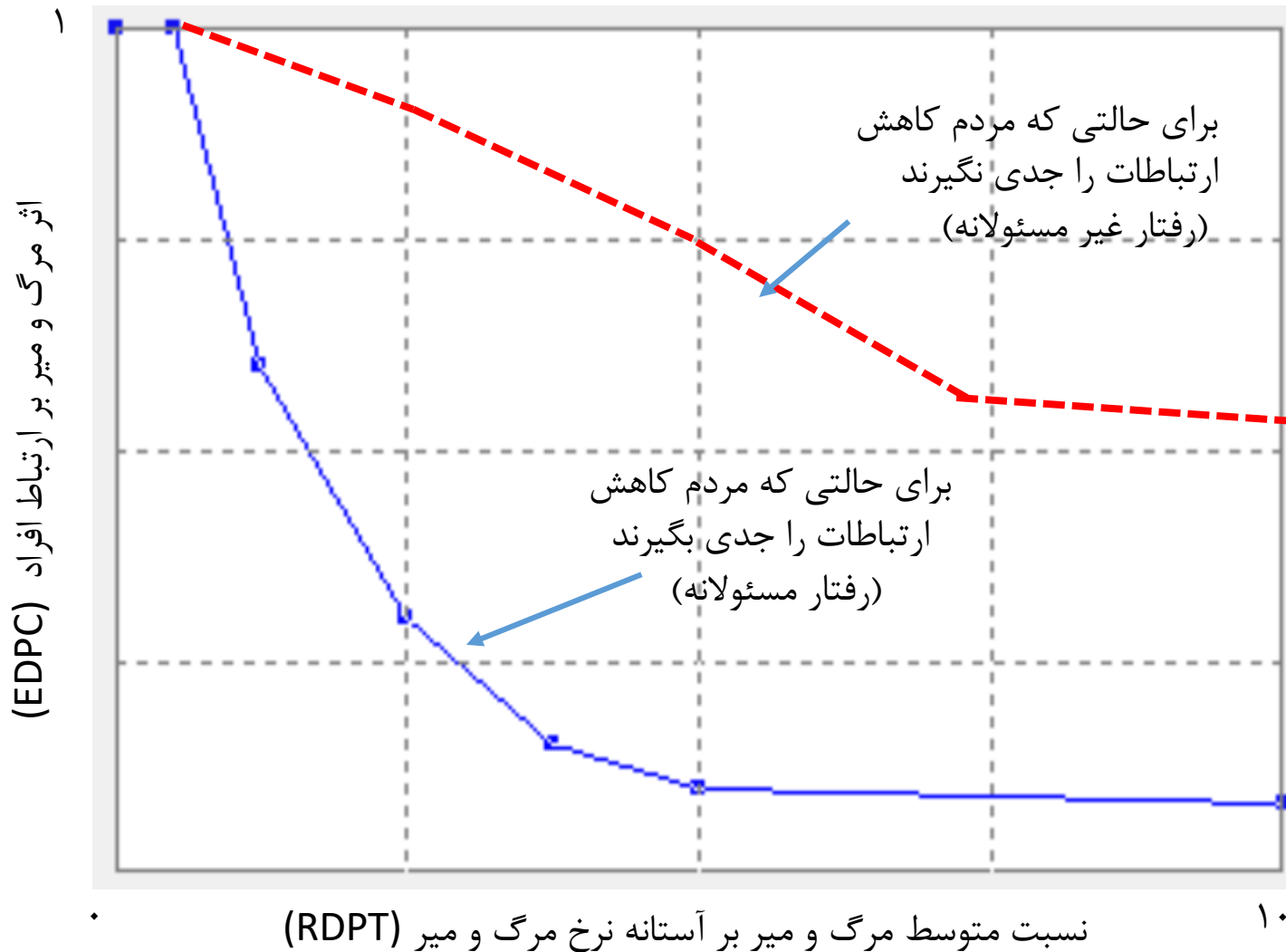
$IN=Inf*CBIU$	نرخ ابتلا
Inf=0.05	احتمال انتقال بیماری در ملاقات
CBIU	تعداد ملاقات بیماران با افراد مستعد در روز
$SPD=L/IP$	نرخ آشکار شدن بیماری
L	افراد بیمار بدون علامت
IP	مدت زمان آشکار شدن بیماری
$R=(EHAR*FNH*I*(1-DC)+(1-FNH)*I*(1-DC))/ARP$	نرخ بهبود
EHAR	اثر دسترسی به بیمارستان روی بهبودی
FNH	نسبت بیماران نیازمند بیمارستان
DC	درصد مرگ و میر بیماران در شرایط عادی
I	تعداد بیماران
ARP	متوسط زمان بهبود
$D=(FNH*I*DC*EHAD+(1-FNH)*I*DC)/ADP$	نرخ فوت بیماران
EHAD	اثر دسترسی به بیمارستان روی مرگ و میر
ADP	متوسط مدت بروز علائم بیماری تا مرگ

# بازخورد از تعداد موارد فوت بر روی تعداد ملاقات‌های مردم با یکدیگر

این شکل بازخورد از تعداد موارد فوت بر روی تعداد ملاقات‌ها را نشان می‌دهد. با افزایش تعداد ملاقات‌ها نرخ ابتلا زیاد می‌شود. با افزایش تعداد افراد مبتلا بدون علامت بیماری نرخ ابتلا می‌یابد که به نوبه خود سبب زیاد شدن نرخ افزایش بیماران می‌شود. نرخ افزایش بیماران تعداد افراد بیمار را افزایش می‌دهد. با افزایش افراد بیمار نرخ بهبود و نرخ مرگ و میر موجب افزایش نسبت متوسط مرگ و میر به آستانه نرخ مرگ و میر ناشی از کرونا بیشتر از آن شود، حساسیت مسئولان و مردم را برمی‌انگیزد. وقتی نسبت مزبور زیاد می‌شود، ارتباطات افراد کاهش می‌یابد. در نتیجه تواتر ملاقات افراد که مرگ و میر ناشی از ابتلا را فهمیده‌اند و نگران شده‌اند، کم می‌شود. با کاهش تواتر ملاقات‌ها، تعداد ملاقات بین افراد کم شده و نرخ ابتلا کاهش می‌یابد.

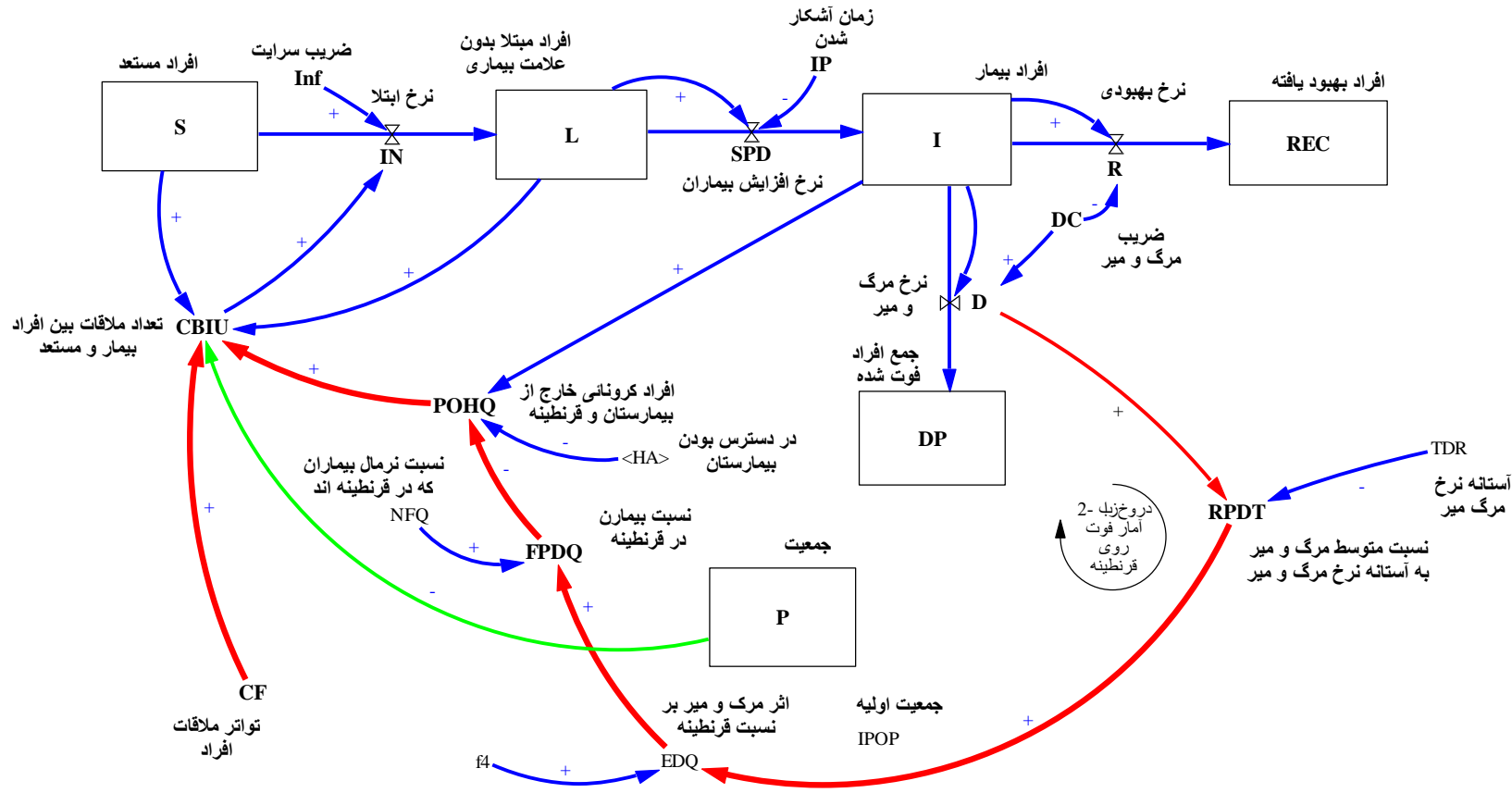


این شکل رابطه ارتباط افراد را با نسبت متوسط مرگ و میر بر آستانه نرخ مرگ و میر نشان می‌دهد. هر چه مرگ و میر بالاتر رود انتظار می‌رود که ارتباطات افراد با یکدیگر کمتر شود. در یک حالت که برای رفتار مسئولانه و ایده‌آل در نظر گرفته شده است، اگر مرگ و میر ده برابر آستانه نرخ مرگ و میر شود، ارتباطات به حدود ۱۰ درصد کاهش می‌یابد (منحنی آبی). در حالت دیگر که مرگ و میر اثر کمتری روی کاهش ارتباطات دارد و رفتار غیر مسئولانه نامیده شده است، با ۱۰ برابر شدن مرگ و میر میزان ارتباطات تا ۶۰ درصد حالت عادی کم می‌شود. قطعاً اطلاعات مربوط به این رفتار اجتماعی در دست نیست، اگر چه شواهد نشان می‌دهد افزایش مرگ و میر سبب کاهش ارتباطات می‌شود. از یک طرف این رابطه باید بر اساس جمع‌بندی نظرات خبرگان تنظیم شود و حساسیت متغیرها نسبت به تفاوت رفتار به دست آید. از طرف دیگر وقتی چگونگی این رفتار اجتماعی برای شیوع کرونا مهم باشد، سیاست‌گذاران و اطلاع‌رسانی‌ها باید درصدد ایجاد رفتار مسئولانه باشند، با تشویق و توصیه و یا حتی اجبار نظیر چین.

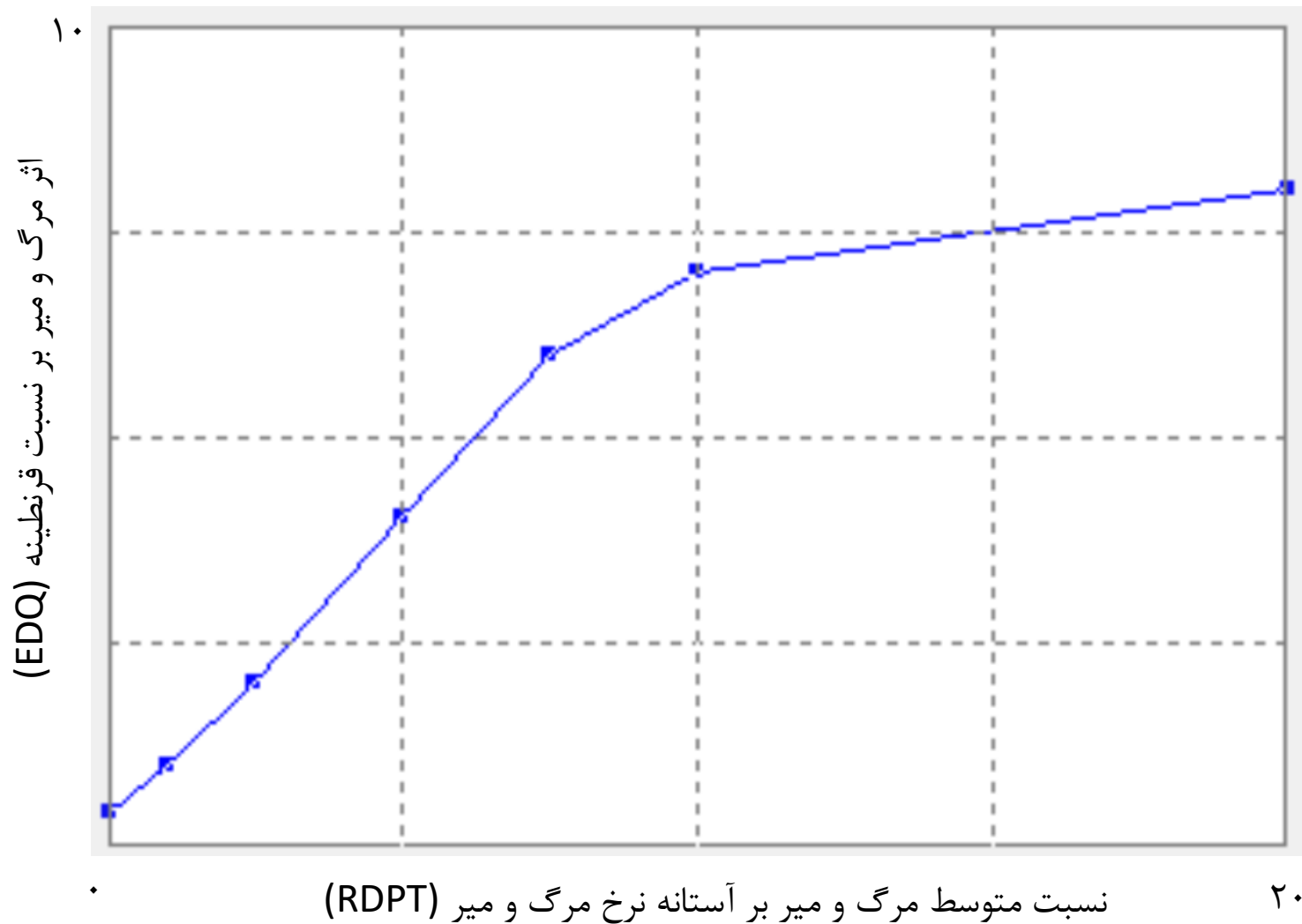




# بازخورد از تعداد موارد فوت روی قرنطینه شدن بیماران

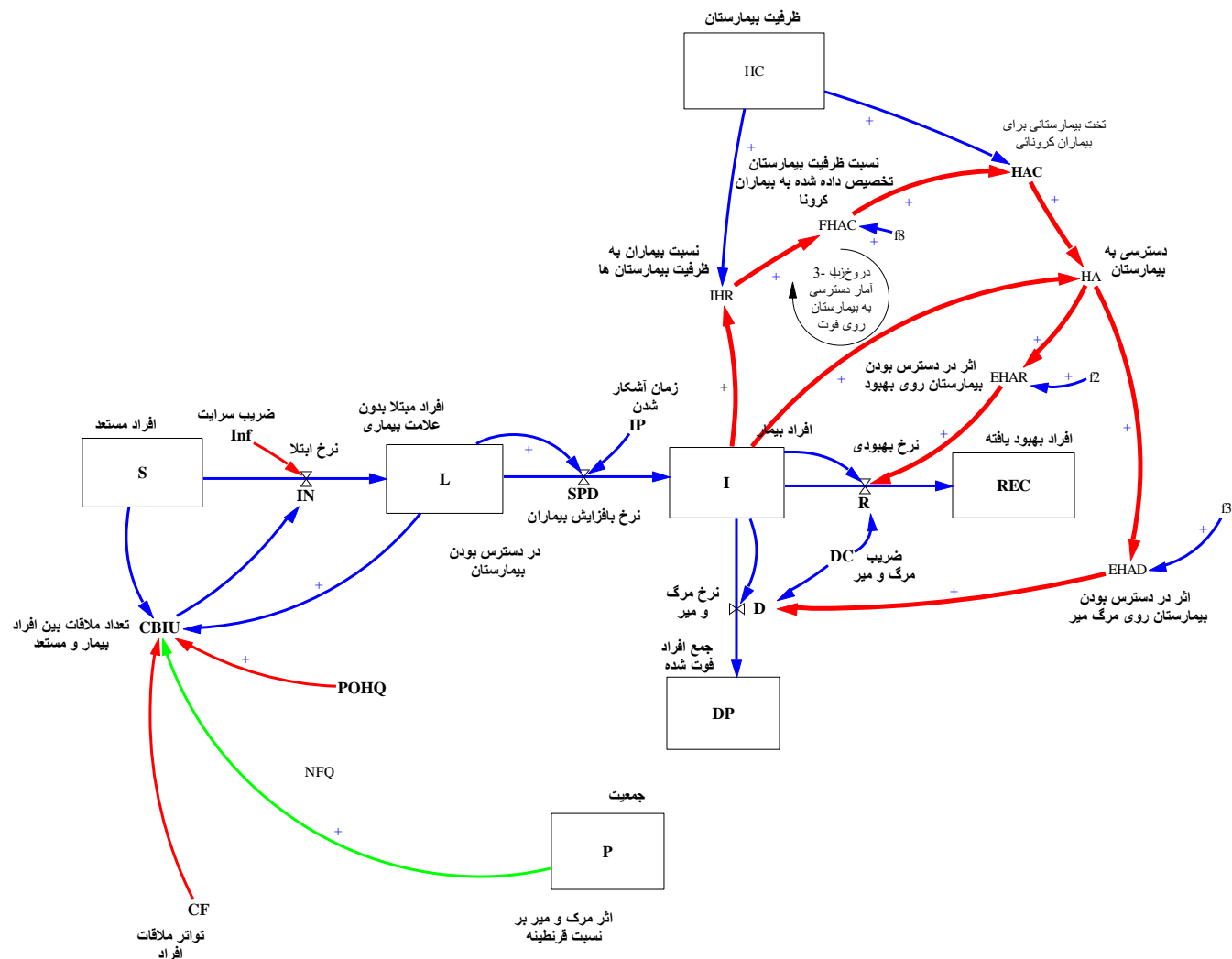


این شکل بازخورد را از تعداد موارد فوت روی تعداد قرنطینه شده نشان می‌دهد. افزایش نرخ مرگ و میر موجب افزایش نسبت متوسط مرگ و میر به آستانه نرخ مرگ و میر می‌شود. وقتی نسبت مزبور زیاد می‌شود، اثر مرگ و میر بر نسبت قرنطینه زیاد می‌شود بدین معنی که نسبت بیشتری از افراد بیماری که خارج از بیمارستان هستند قرنطینه شده و از تماس با سایرین منع می‌شوند. با افزایش نسبت بیماران در قرنطینه، افراد بیمار خارج از بیمارستان و قرنطینه کاهش یافته و تعداد ملاقات بین افراد بیمار و مستعد را کاهش می‌دهد. کاهش تعداد ملاقات‌ها نرخ ابتلا را کم می‌کند.

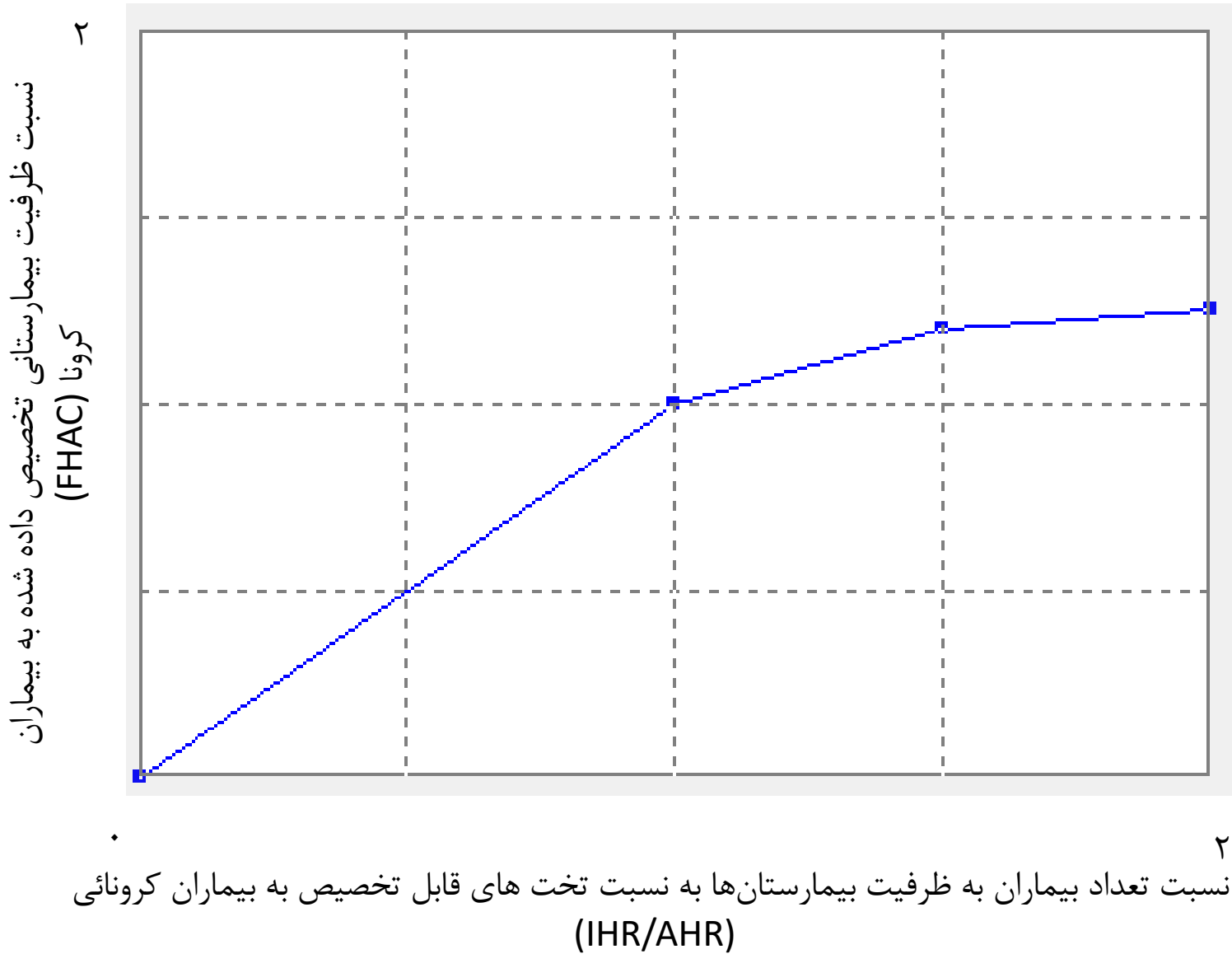


این شکل رابطه بین اثر مرگ و میر (نسبت متوسط مرگ و میر بر آستانه نرخ مرگ و میر) را بر نسبت قرنطینه نشان می‌دهد. هر چه مرگ و میر بالاتر رود انتظار می‌رود بیماران که خارج از بیمارستان‌ها هستند با شدت بیشتری قرنطینه شوند. در این شکل فرض شده است که وقتی مرگ و میر ده برابر آستانه نرخ مرگ و میر می‌شود، شدت قرنطینه تا ۷ برابر افزایش یابد. این رابطه نیز می‌تواند بر اساس نظر خبرگان مقادیر دیگر به خود بگیرد. ولی از آن جا که قرنطینه شدن بیماران شامل قرنطینه شدن افراد مبتلا که علامت بیماری ندارند نمی‌شود، و به هر حال ملاقات بین افراد مبتلا بدون علامت بیماری و افراد مستعد سبب انتقال بیماری می‌شود، رفتار مدل نسبت به این رابطه به حساسیت رابطه بین مرگ و میر و ارتباط افراد با یکدیگر نیست.

# بازخورد از تعداد بیماران روی در دسترس بودن خدمات درمانی

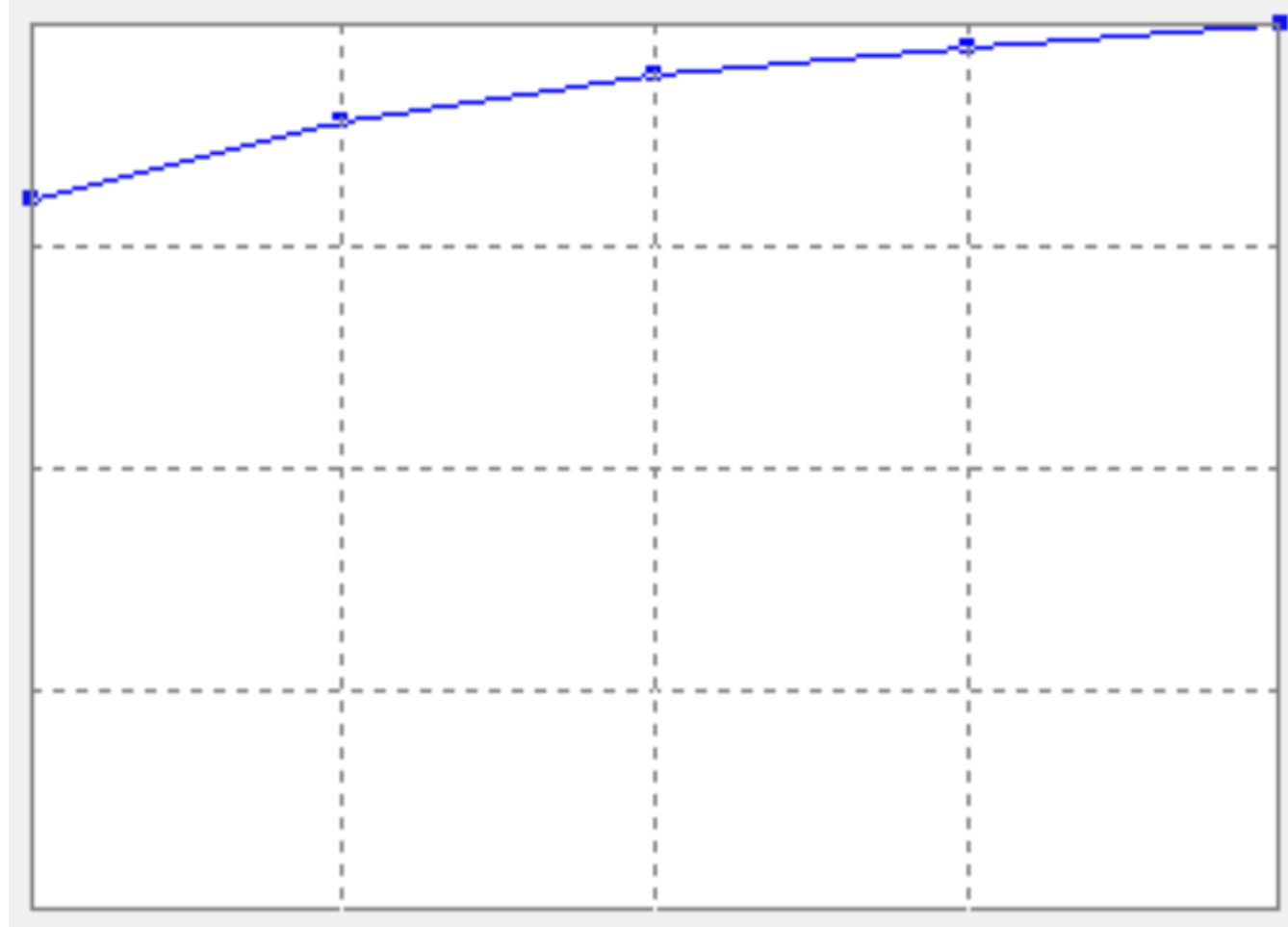


این شکل بازخورد تعداد بیماران روی تعداد تخت بیمارستانی تخصیص یافته به بیماران مبتلا به کرونا را نشان می‌دهد. افزایش تعداد بیماران مبتلا به کرونا سبب افزایش نسبت تعداد نسبت آنان به ظرفیت بیمارستان‌ها می‌شود. افزایش نسبت مزبور سبب می‌شود نسبت ظرفیت بیمارستانی تخصیص داده شده به بیماران کرونائی افزایش داده شود و تخت بیمارستانی برای آنان زیاد شود. افزایش تخت بیمارستانی سبب افزایش دسترسی بیماران به خدمات بیمارستانی می‌شود که افزایش نرخ بهبودی و کاهش مرگ و میر را نتیجه می‌دهد و بازخورد ۳ بسته می‌شود.



این شکل رابطه بین «نسبت ظرفیت بیمارستانی تخصیص داده شده به بیماران کرونائی» و «نسبت تعداد این بیماران به ظرفیت بیمارستان‌ها به نسبت تخت‌های قابل تخصیص به بیماران کرونائی» را نشان می‌دهد. هر چه نسبت بیماران به ظرفیت بیمارستان‌ها افزایش یابد انتظار می‌رود بیمارستان‌های بیشتری به بیماران کرونائی تخصیص داده شود. در این شکل فرض شده است که اگر «نسبت تعداد این بیماران به ظرفیت بیمارستان‌ها به نسبت تخت‌های قابل تخصیص به بیماران کرونائی» برابر ۲ شود تنها ۱.۲۵ برابر تخت‌های بیمارستانی قابل تخصیص به بیماران کرونائی به آن‌ها تخصیص می‌یابد چون بیماران دیگری نیز در بیمارستان‌ها بستری هستند و یا برخی بیمارستان‌ها در برابر ورود بیماران کرونائی به بیمارستانشان مقاومت می‌کنند.

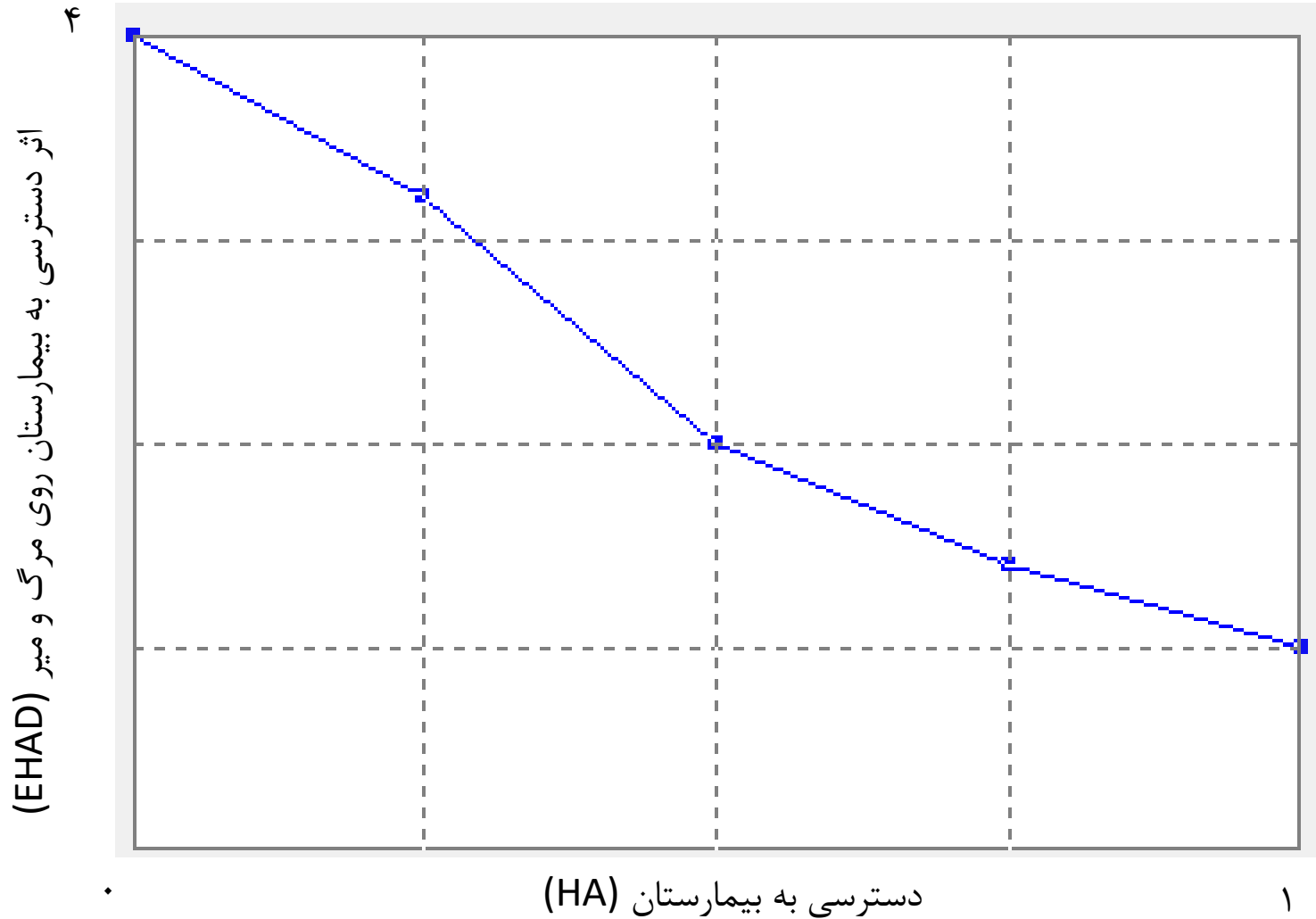
اثر دسترسی به بیمارستان روی بهبود بیماران (EHAR)



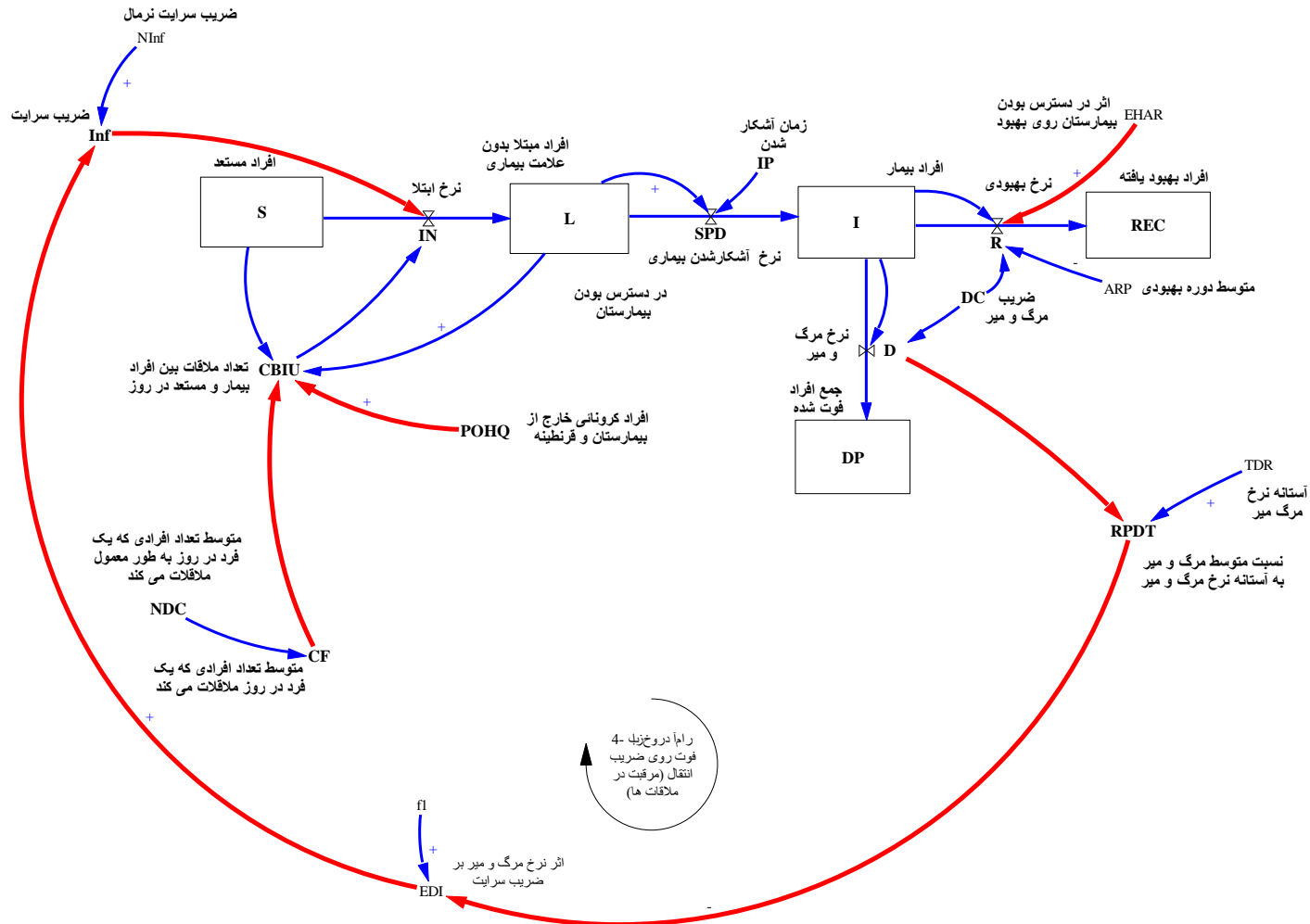
دسترسی به بیمارستان (HA)

این شکل اثر دسترسی به بیمارستان را روی بهبودی بیماران نشان می‌دهد. اگر دسترسی کامل و مساوی ۱ یا ۱۰۰ درصد باشد، نرخ بهبودی همان می‌شود که از بیماری کرونا در شرایط مراقبت انتظار می‌رود. ولی اگر دسترسی به بیمارستان کاهش یابد بهبودی افرادی که برای درمان به امکانات بیمارستانی نیازمنداند (۲۰ درصد بیماران) را کاهش می‌دهد. در این شکل فرض شده است اگر دسترسی به بیمارستان صفر شود اثر دسترسی به بیمارستان روی بهبود این دسته از بیماران ۰.۸ می‌شود و یا به عبارت دیگر نرخ بهبودی نسبت به وقتی دسترسی کامل است ۸۰ درصد می‌شود. ممکن است متخصصین پزشکی نظر متفاوتی در مورد فقدان دسترسی به بیمارستان روی نرخ بهبود داشته باشند و برای مثال برآورد کنند که عدم دسترسی بیمار به بیمارستان تا ۴۰ درصد بهبودی را کاهش می‌دهد. مدل آماده لحاظ کردن نظر متخصصان وزارت بهداشت و آموزش پزشکی می‌باشد.

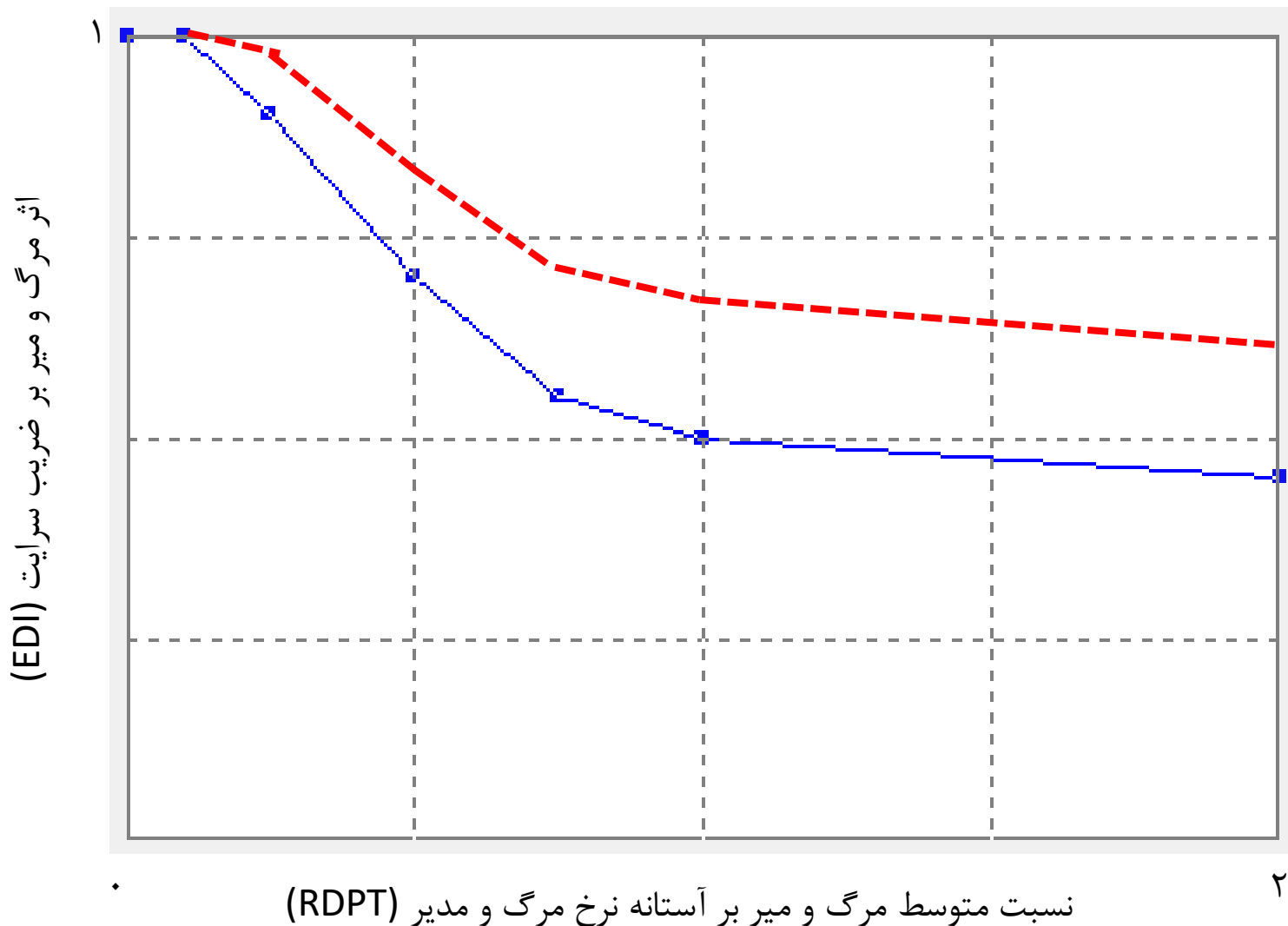
این شکل رابطه بین نرخ مرگ و میر را با میزان دسترسی به بیمارستان نشان می‌دهد. اگر دسترسی کامل و مساوی ۱ یا ۱۰۰ درصد باشد، نرخ مرگ و میر همان می‌شود که از بیماری کرونا در شرایط مراقبت انتظار می‌رود. ولی اگر دسترسی به بیمارستان کاهش یابد مرگ و میر را افزایش می‌دهد. در این شکل فرض شده است اگر دسترسی به بیمارستان صفر شود اثر دسترسی به بیمارستان روی مرگ و میر آن دسته از بیمارانی که برای درمان به امکانات بیمارستانی نیازمنداند (۲۰ درصد بیماران) برابر می‌شود و یا به عبارت دیگر نرخ مرگ و میر نسبت به وقتی که دسترسی کامل است ۴ برابر می‌شود. نرخ مرگ و میر در شرایط دسترسی به بیمارستان ۲.۴ درصد فرض شده است و در صورت عدم دسترسی درصد مرگ و میر به حدود ده درصد می‌رسد. ممکن است متخصصین پزشکی نظر متفاوتی در مورد فقدان دسترسی به بیمارستان روی نرخ مرگ و میر داشته باشند و مدل آماده اعمال نظر متخصصان وزارت بهداشت و آموزش پزشکی می‌باشد.



# بازخورد از نرخ مرگ و میر بیماران روی میزان سرایت بیماری



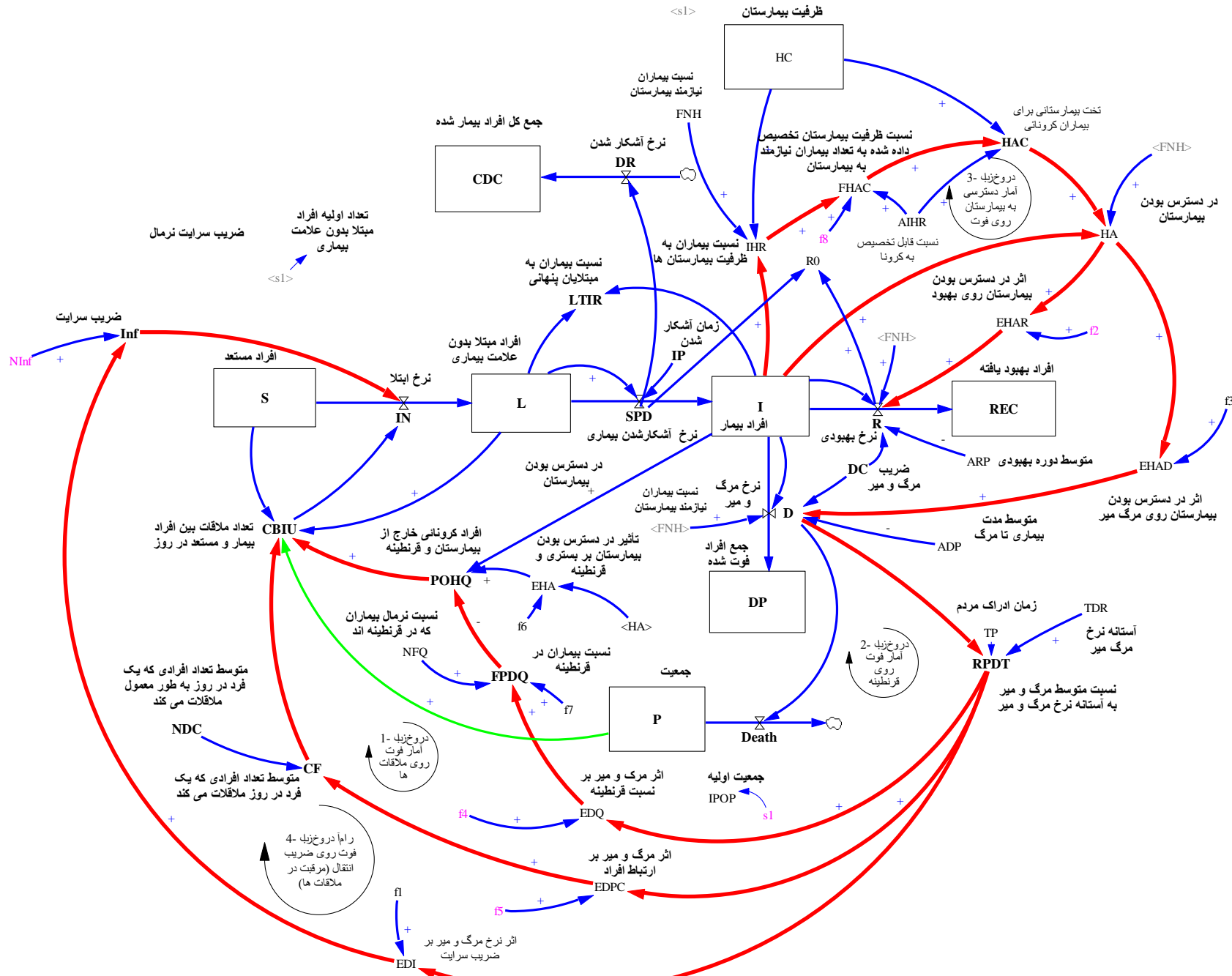
این شکل آخرین بازخورد مهمی است که توضیح داده می شود. در این شکل مرگ بیماران از طریق افزایش نسبت متوسط مرگ و میر به آستانه نرخ مرگ و میر بر ضریب سرایت اثر می گذارد. وقتی نسبت مرگ و میر افزایش می یابد افراد در طی ملاقات با یکدیگر مراقبت بیشتری به عمل می آورند، مثلاً از دست دادن خودداری می کنند یا فاصله بیشتری از هم می گیرند یا بیشتر از ماسک و دستکش استفاده می کنند. در نتیجه این مراقبت ها ضریب سرایت کاهش می یابد.



این شکل رابطه بین نسبت متوسط مرگ و میر بر آستانه نرخ مرگ و میر و ضریب سرایت را نشان می‌دهد. وقتی نسبت مرگ و میر کمتر از ۱ است و مردم در تماس‌های خود عادی رفتار می‌کنند و مراقبت خاصی به عمل نمی‌آورند، اثر مرگ و میر بر ضریب سرایت ۱ است و سرایت بیماری به صورت عادی و مطابق نظر کارشناسان در ۵٪ موارد صورت می‌پذیرد. وقتی نسبت «مرگ و میر» به «آستانه مرگ و میر» ۲۰ برابر می‌شود، به خاطر افزایش مراقبت‌های مردم در تماس با یکدیگر و همچنین افزایش هشدارهای بهداشتی اثر مزبور کاهش می‌یابد و موجب می‌شود ضریب سرایت در حالت ایده آل به ۴۵٪ حالت عادی خود برسد. در حالت کم‌توجهی مردم به رعایت ضوابط بهداشتی در ارتباط با یکدیگر ممکن است ضریب سرایت وقتی مرگ و میر به ۲۰ برابر آستانه می‌رسد فقط به ۶۰٪ کاهش یابد. ممکن است خبرگان ارتباطات اجتماعی نظر دیگری داشته باشند و یا آماری از رفتار مردم با افزایش نرخ مرگ و میر جمع‌آوری شود، مدل آمادگی دارد نظرات و آمار جمع‌آوری شده را در خود ملحوظ کند.



# تصویر همه بازخوردها



# شبیه‌سازی مدل

- در این قسمت مدل برای سناریوهای مختلف شبیه‌سازی می‌شود.
- برخی فرضیات مهم مدل که ممکن است تغییر داده شوند:
  - ۶۰ درصد از جمعیت ۸۰ میلیونی مستعد ابتلا به بیماری کرونا هستند. ۴۰٪ بقیه به علت سن کم، پراکنده بودن جمعیت و شرایط خوب سیستم دفاعی یا بیمار نمی‌شوند و یا بیماری را به طور خفیف می‌گیرند و بهبود می‌یابند.
  - در حالت معمول ۵ درصد احتمال انتقال ویروس در ملاقات بین فرد مبتلا و فرد سالم وجود دارد.
  - در شرایط معمول متوسط تعداد افرادی که یک فرد در روز ملاقات می‌کند ۱۵ نفر فرض شده است.
  - در شرایطی که خدمات درمان مناسب در اختیار بیمار قرار گیرد، احتمال مرگ ۲.۴ درصد است.
  - ۲۰ درصد از موارد بیماری حاد بوده و نیازمند امکانات ویژه درمانی در بیمارستان‌ها هستند.
  - به طور متوسط دوره بیماری از زمان ابتلا حدود ۱۷ روز است که در این دوره بیماران می‌توانند بیماری را انتقال دهند. در ۷ روز ابتدایی این دوره بیماری نهان بوده و علائم بیماری آشکار نمی‌شود.
  - کمبود بیمارستان روی نرخ مرگ و میر و نرخ بهبود ۲۰ درصد بیماران اثر می‌گذارد که نیاز به بستری شدن در بیمارستان دارند.

## شبیه‌سازی مدل با سناریوهای مختلف

- برای تنظیم یا کالیبره کردن مدل برای شرایط ایران نیاز به اطلاعات واقعی تعداد بیماران، تعداد فوتی‌ها و تعداد افراد در بیمارستان و سایر اطلاعات است.
- از آن‌جا که اطلاعات موثقی در دست نیست، مدل برای سناریوهای مختلف شبیه‌سازی می‌شود تا اثر سیاست‌های حکومت و رفتار مردم در رابطه با کرونا را بتوان بررسی کرد.
- انجام سناریوهای مختلف درک مردم و سیاستگذاران را از حالت‌های مختلف برخورد با بیماری افزایش خواهد داد.

# سناریو ۱: حالت ایده‌آل

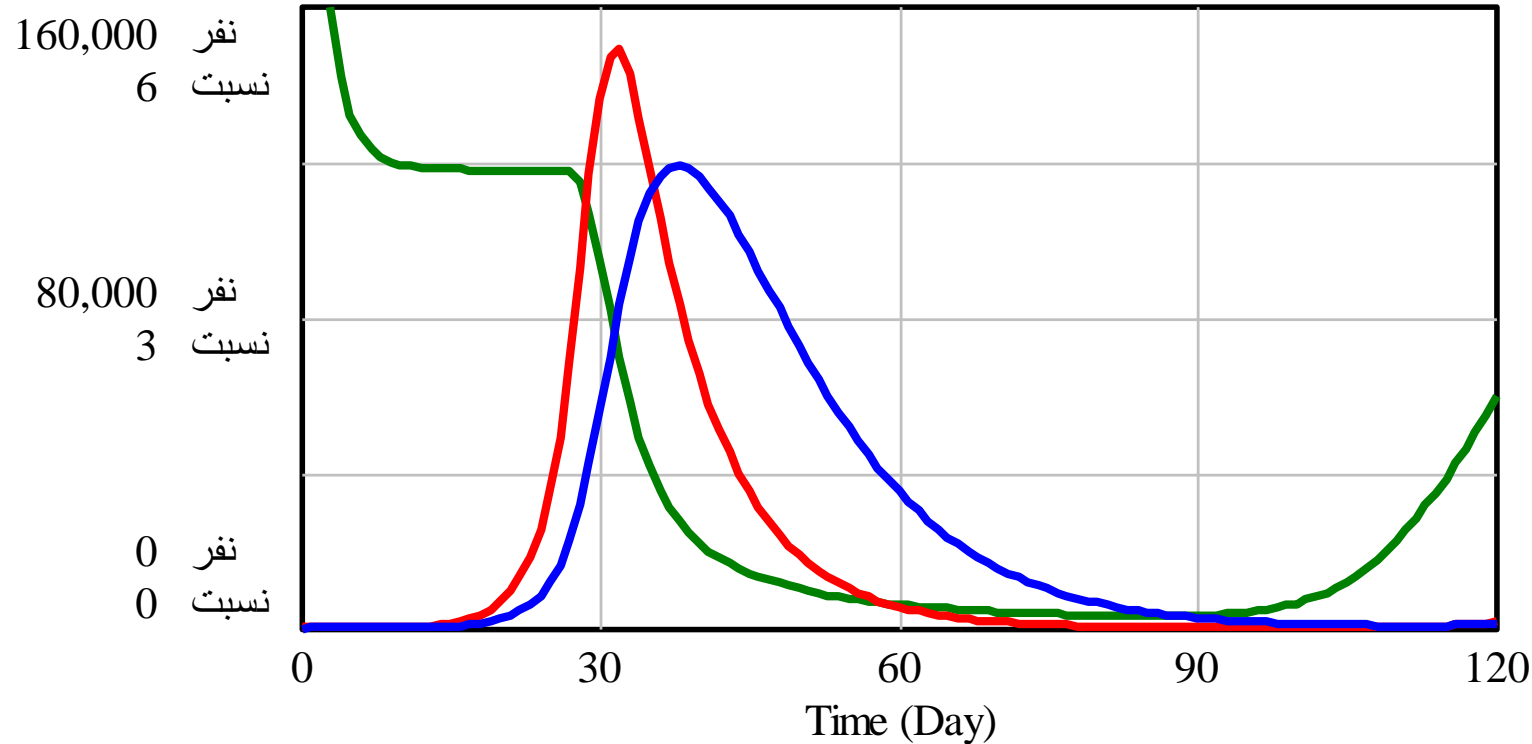
در سناریو ۱ فرض می‌شود:

- با افزایش تعداد بیماران و نرخ مرگ و میر افراد به اختیار یا با اجبار حکومت ارتباطات خود را تا حدود ۱۰ درصد حالت معمولی کاهش می‌دهند.
- همچنین با افزایش تعداد بیماران و نرخ مرگ و میر افراد در ارتباطات خود اصول بهداشتی را برای کاهش سرایت بیماری به شدت رعایت می‌کنند تا ضریب سرایت به میزان ۶۵ درصد کاهش یابد.

در اسلایدهای بعدی نتایج شبیه‌سازی مدل برای مدت ۱۲۰ روز نشان داده شده است.

# نتیجه سناریو ۱: حالت ایده‌آل

تعداد بیماران در حالتی که کاهش ارتباطات جدی گرفته شود



نفر افراد بیمار با علائم بیماری  
نفر افراد مبتلا بدون علامت بیماری  
نسبت نرخ آشکار شدن بیماری به نرخ بهبودی نسبت

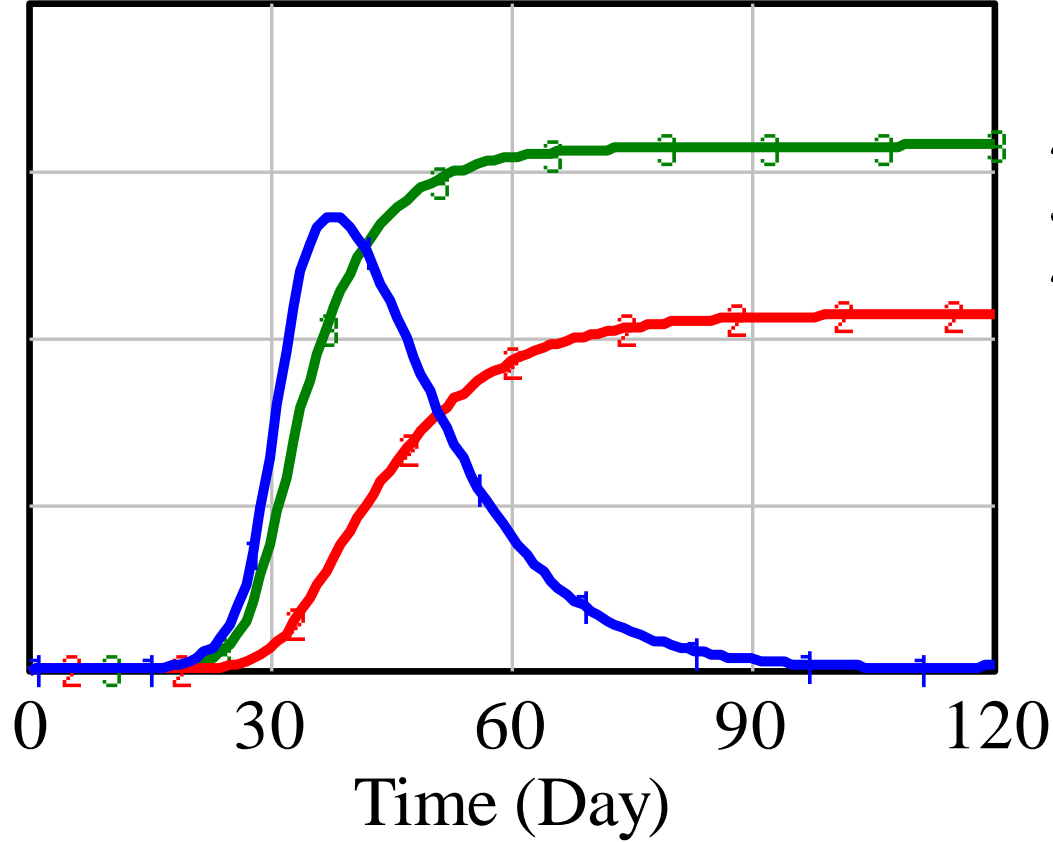
توضیح:

در این سناریو افراد با علامت بیماری در حدود روز ۴۰ به ماکزیمم خود در عدد ۱۲۰۰۰۰ بیمار می‌رسد. نسبت نرخ آشکار شدن بیماری (بیماران جدید) به نرخ بهبود در حدود روز ۴۰ کمتر از یک می‌شود و در حدود روز نود مجدداً از ۱ بیشتر می‌شود که می‌تواند باعث ظهور موج جدید بیماری شود. تعداد افراد مبتلا که هنوز علامت بیماری آنها ظاهر نشده است در روز ۳۴ به ماکزیمم خود در حدود ۱۵۰ هزار نفر می‌رسد. در این سناریو حدود ۳ ماه طول می‌کشد تا موج اول بیماری به طور کلی مهار شود.

## مرگ و میر در حالتی که کاهش ارتباطات جدی گرفته شود

600 نفر در روز (فوتی)  
 20,000 نفر (فوت شده)  
 400,000 نفر (مبتلا شده)

0 نفر در روز (فوتی)  
 0 نفر (فوت شده)  
 0 نفر (مبتلا شده)

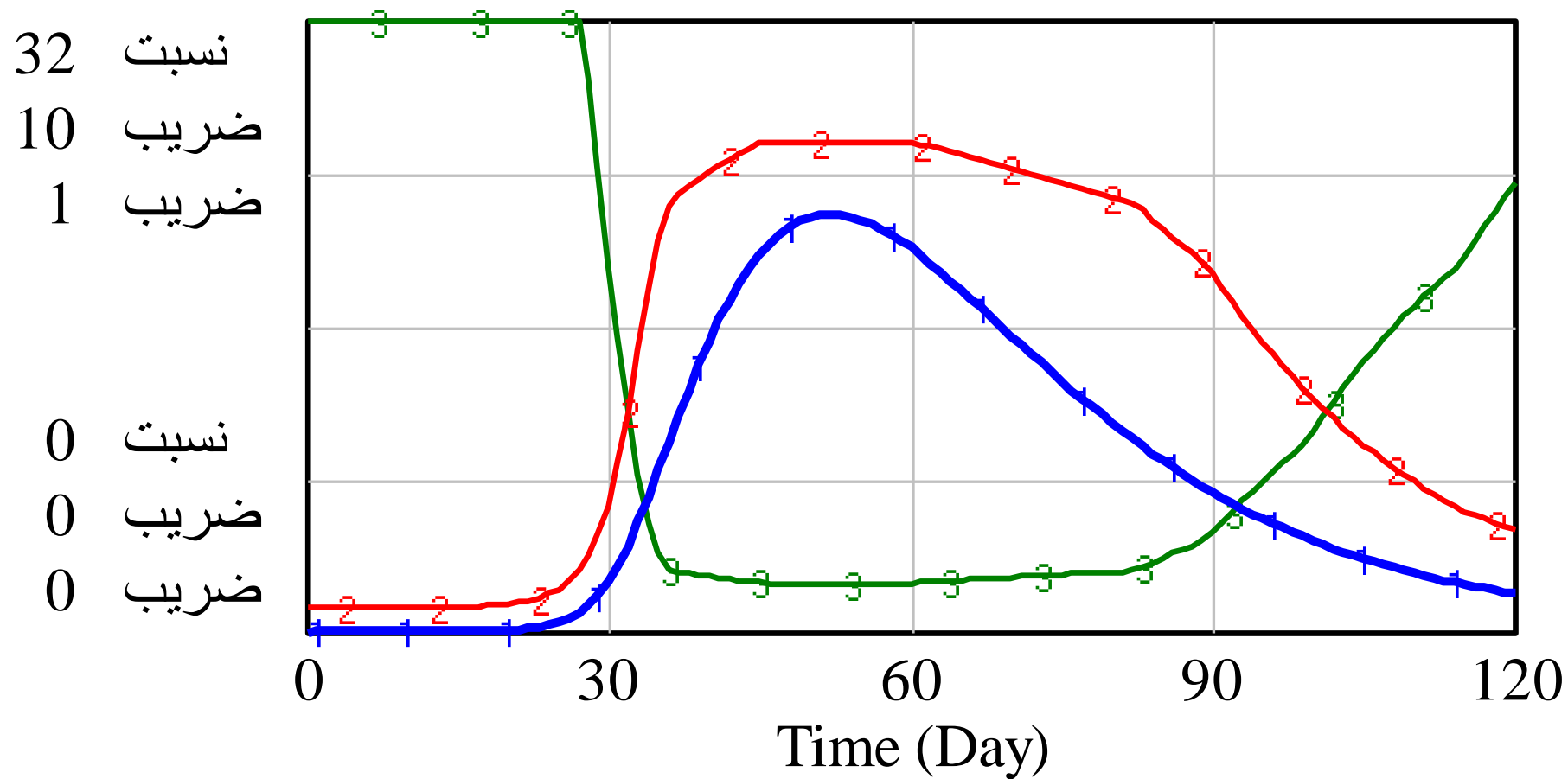


توضیح:

در این سناریو کل افراد فوت شده به حدود ۱۰۶۰۰ نفر می‌رسد و کل افراد مبتلا که بعضی از آنها فوت می‌کنند به ۳۱۴ هزار نفر می‌رسد.

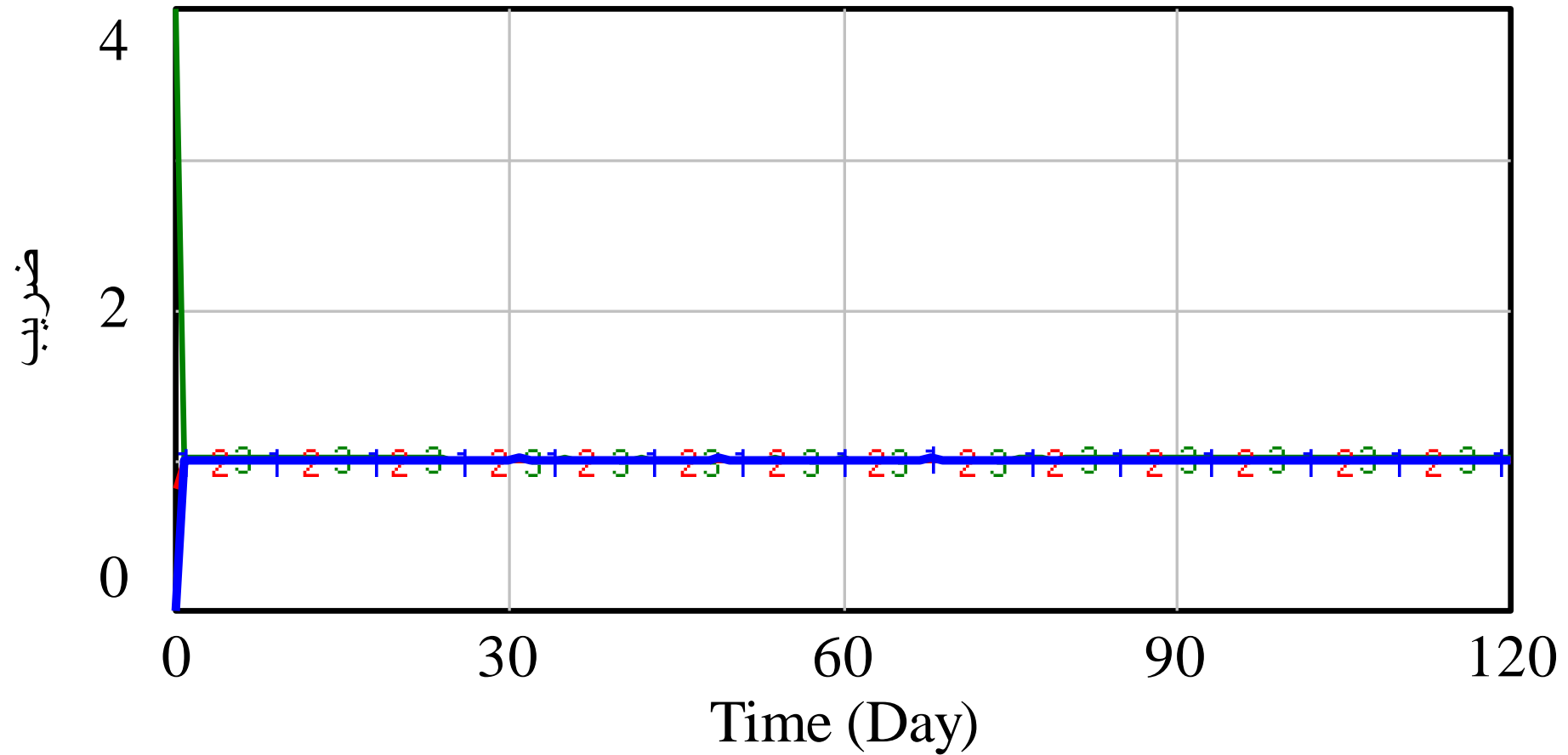
نفر در روز (فوتی) — نرخ مرگ و میر  
 نفر (فوت شده) — کل افراد فوت شده  
 نفر (مبتلا شده) — کل افراد مبتلا شده

اثرات مرگ و میر بر رفتار مردم در حالتی که کاهش ارتباطات جدی گرفته شود



نسبت متوسط مرگ و میر به آستانه نرخ مرگ و میر ————— نسبت  
 اثر مرگ و میر بر نسبت قرنطینه ————— ضریب  
 اثر مرگ و میر بر ارتباط افراد ————— ضریب

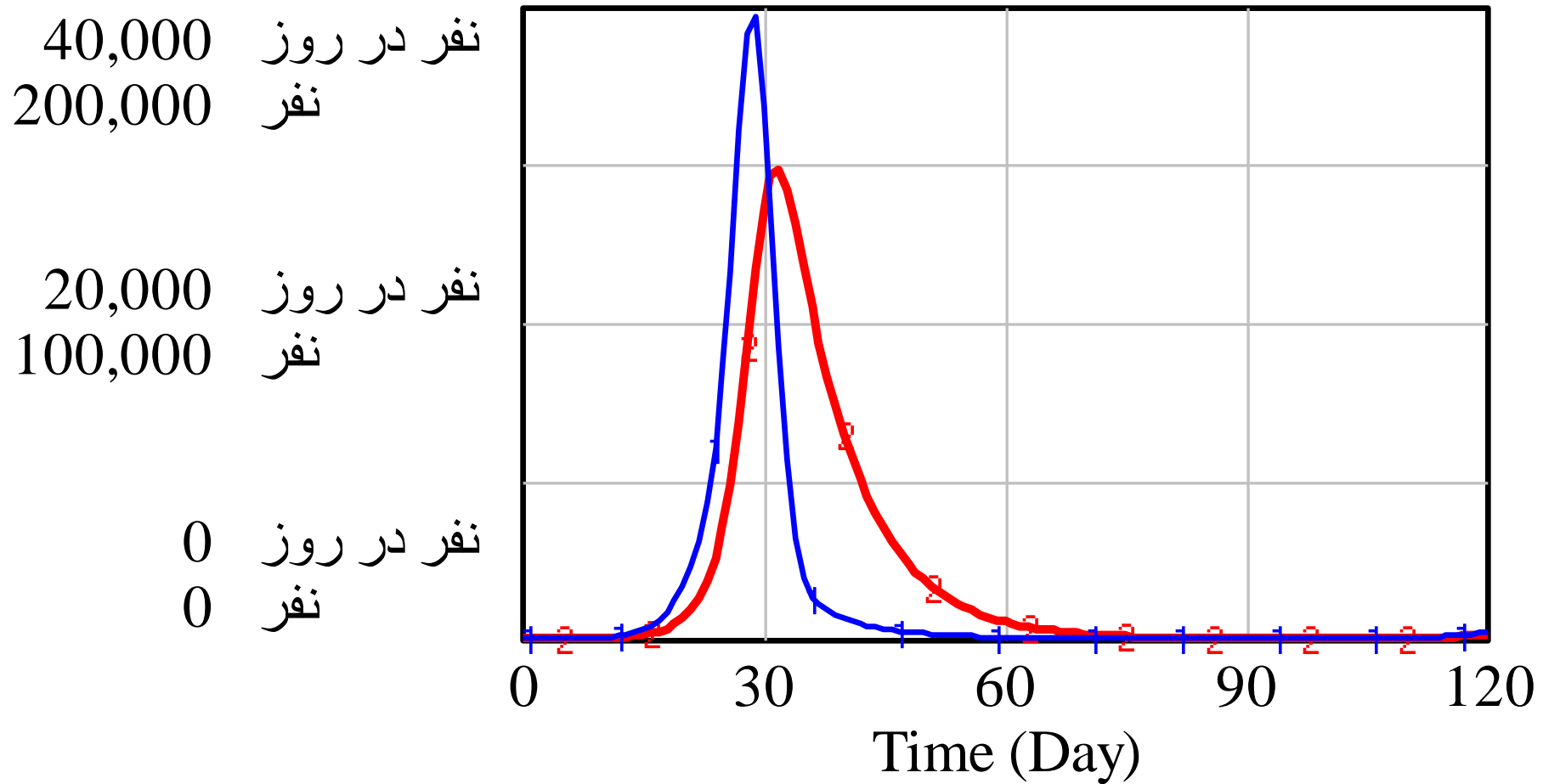
در دسترس بودن بیمارستان در حالی که کاهش ارتباطات جدی گرفته شود



در دسترس بودن بیمارستان 1  
اثر در دسترس بودن بیمارستان روی بهبود 2  
اثر در دسترس بودن بیمارستان روی مرگ و میر 3



نرخ ابتلا و افراد مبتلا بدون علامت در حالتی که کاهش ارتباطات جدی گرفته شود



نرخ ابتلا ————— نفر در روز  
 افراد مبتلا بدون علامت ————— نفر

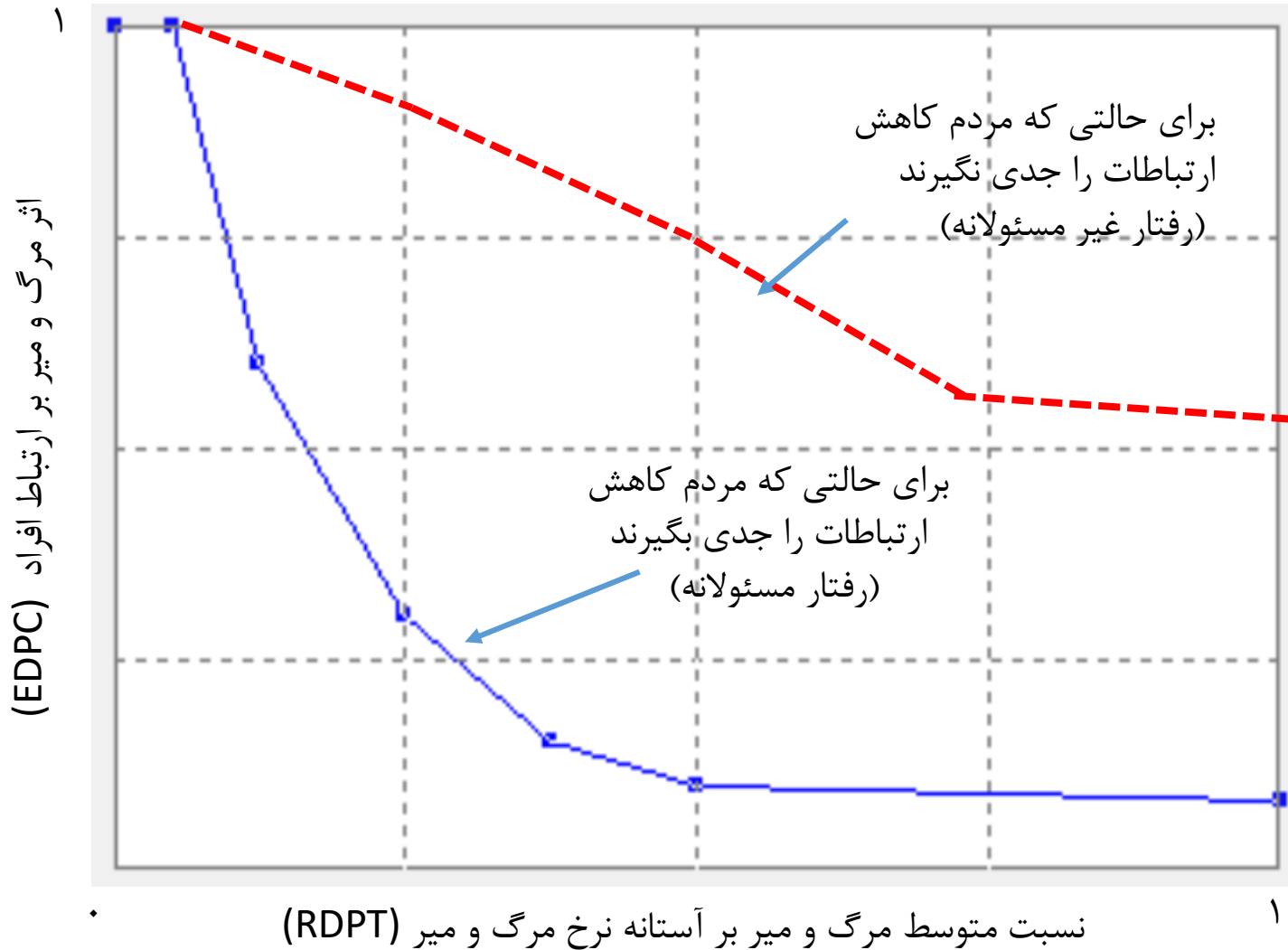
## سناریو ۲: عدم توجه به کاهش ارتباطات

در سناریو ۲ فرض می‌شود:

- با افزایش تعداد بیماران و نرخ مرگ و میر افراد به توصیه‌های نظام سلامت گوش نمی‌دهند و به اختیار ارتباطات خود را فقط تا ۶۰٪ حالت معمولی کاهش می‌دهند.
- بقیه شرایط شبیه سناریو ۱ است.

در اسلایدهای بعدی نتایج شبیه‌سازی مدل برای مدت ۳۶۰ روز نشان داده شده است.

## تأثیر رفتار اجتماعی بر تعداد ارتباطات افراد:

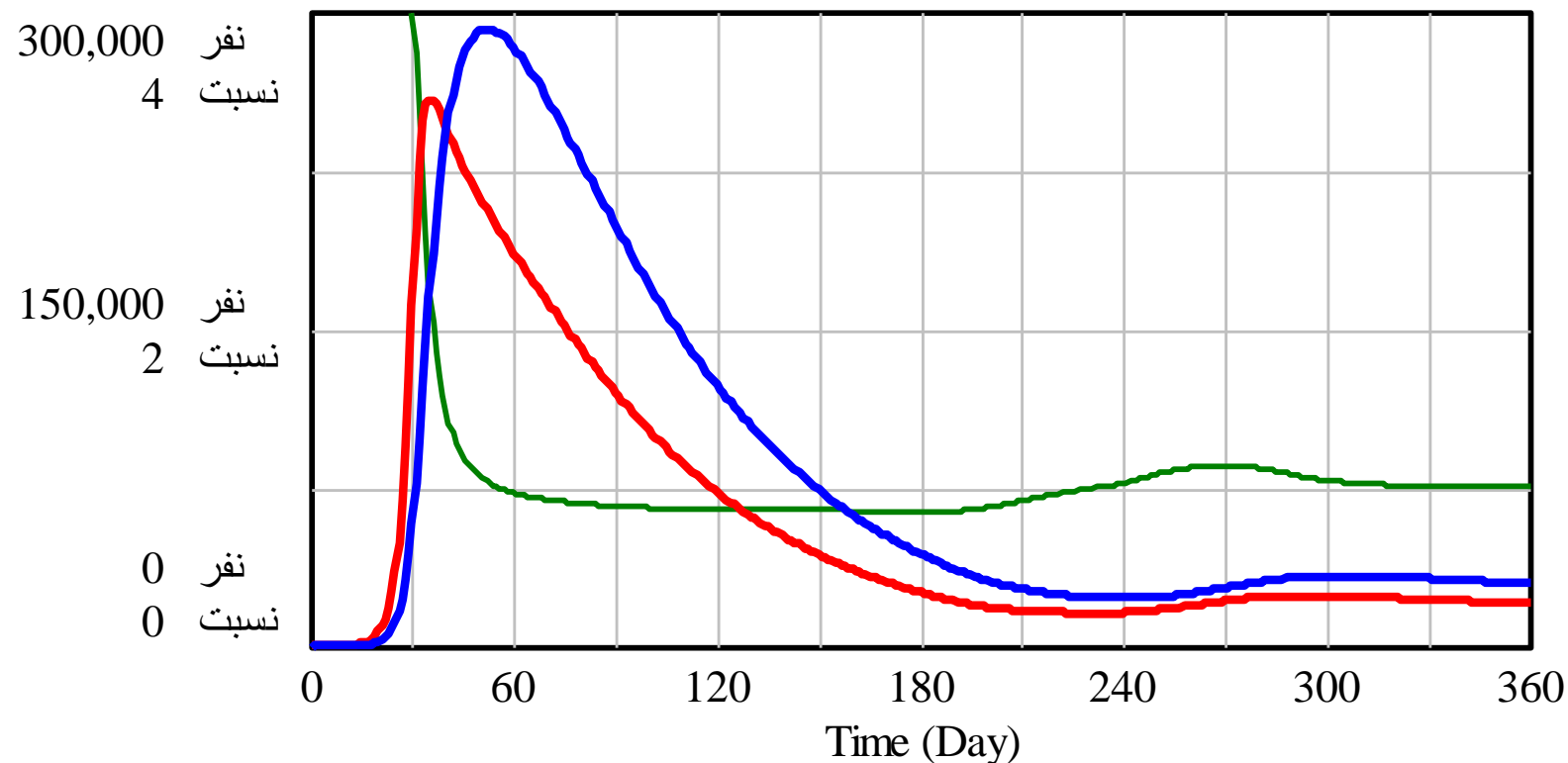


چنان که پیش‌تر گفته شد هر چه افراد رفتار مسئولانه‌تری داشته باشند، توجه و حساسیت بیشتری در رابطه با متغیر نسبت متوسط مرگ و میر بر آستانه نرخ مرگ داشته و با مشاهده افزایش این متغیر تلاش بیشتری برای کاهش ارتباطات خود می‌کنند که باعث کاهش نرخ ابتلا به بیماری می‌شود. در این مدل فرض شده در صورتی که نسبت متوسط مرگ و میر بر نرخ آستانه مرگ برابر ۱۰ شود، افراد در حالت مسئولانه تعداد ارتباطات خود را به ۱۰ درصد حالت عادی و در حالت غیرمسئولانه به ۶۰ درصد حالت عادی می‌رسانند.

این رابطه لازم است بر اساس آمار و جمع‌بندی نظرات خبرگان تنظیم شود. در صورتی که چگونگی این رفتار اجتماعی بر شیوع کرونا تأثیرگذار باشد، سیاستگذاران و اطلاع‌رسانی‌ها باید با تشویق، توصیه و یا حتی اجبار نظیر چین درصدد ایجاد رفتار مسئولانه برآیند.

در اسلایدهای بعدی تأثیر رفتار غیرمسئولانه بر رفتار مدل و متغیرها مورد بررسی نشان داده می‌شود.

## تعداد بیماران در حالتی که کاهش ارتباطات جدی گرفته نشود



————— نفر افراد بیمار با علائم بیماری  
————— نفر افراد مبتلا بدون علامت بیماری  
————— نسبت نرخ آشکار شدن بیماری به نرخ بهبودی

## توضیح:

در این سناریو افراد با علامت بیماری در حدود روز ۵۰ به ماکزیمم خود در عدد ۳۰۰۰۰۰ بیمار می‌رسد. نسبت نرخ آشکار شدن بیماری (بیماران جدید) به نرخ بهبود در حدود روز ۶۰ کمتر از یک می‌شود و در روز حدود ۲۱۰ مجدداً از ۱ بیشتر می‌شود که می‌تواند باعث ظهور موج جدید بیماری شود. تعداد افراد مبتلا که هنوز علامت بیمار آن‌ها ظاهر نشده است در روز حدود ۳۲ به ماکزیمم خود در حدود ۲۵۰ هزار نفر می‌رسد. در این سناریو حدود ۸ ماه طول می‌کشد تا موج اول بیماری به حداقل خود برسد.

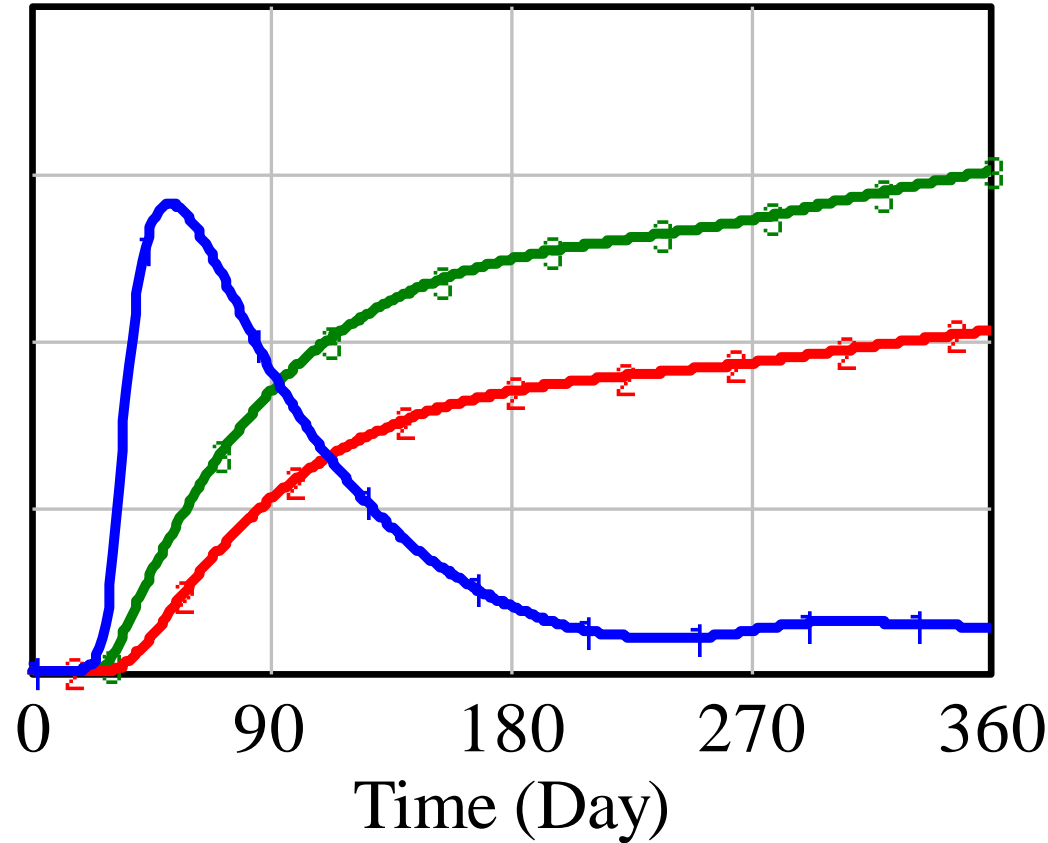
## مرگ و میر در حالتی که کاهش ارتباطات جدی گرفته نشود

1,500 فرد در روز (فوتی)  
 200,000 هش تنف (دوف)  
 4 M فرد (مبتلا شده)

توضیح:

در این سناریو کل افراد فوت شده به حدود ۱۰۶۰۰۰ نفر می‌رسد و کل افراد مبتلا که بعضی از آنها فوت می‌کنند به حدود ۳ میلیون نفر می‌رسد.

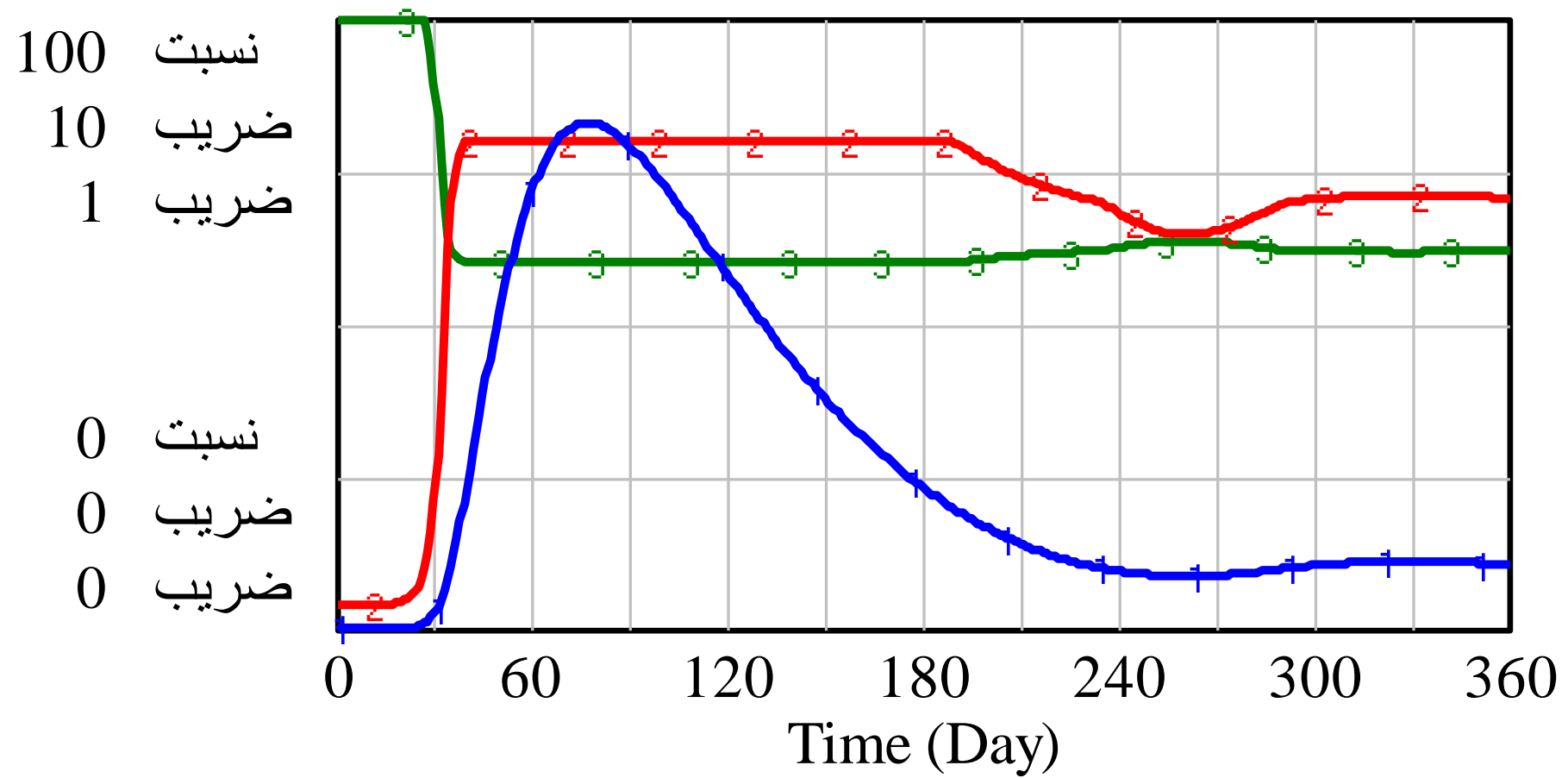
0 فرد در روز (فوتی)  
 0 هش تنف (دوف)  
 0 فرد (مبتلا شده)



فرد در روز (فوتی) ————— |  
 هش تنف (دوف) ————— |  
 فرد (مبتلا شده) ————— |

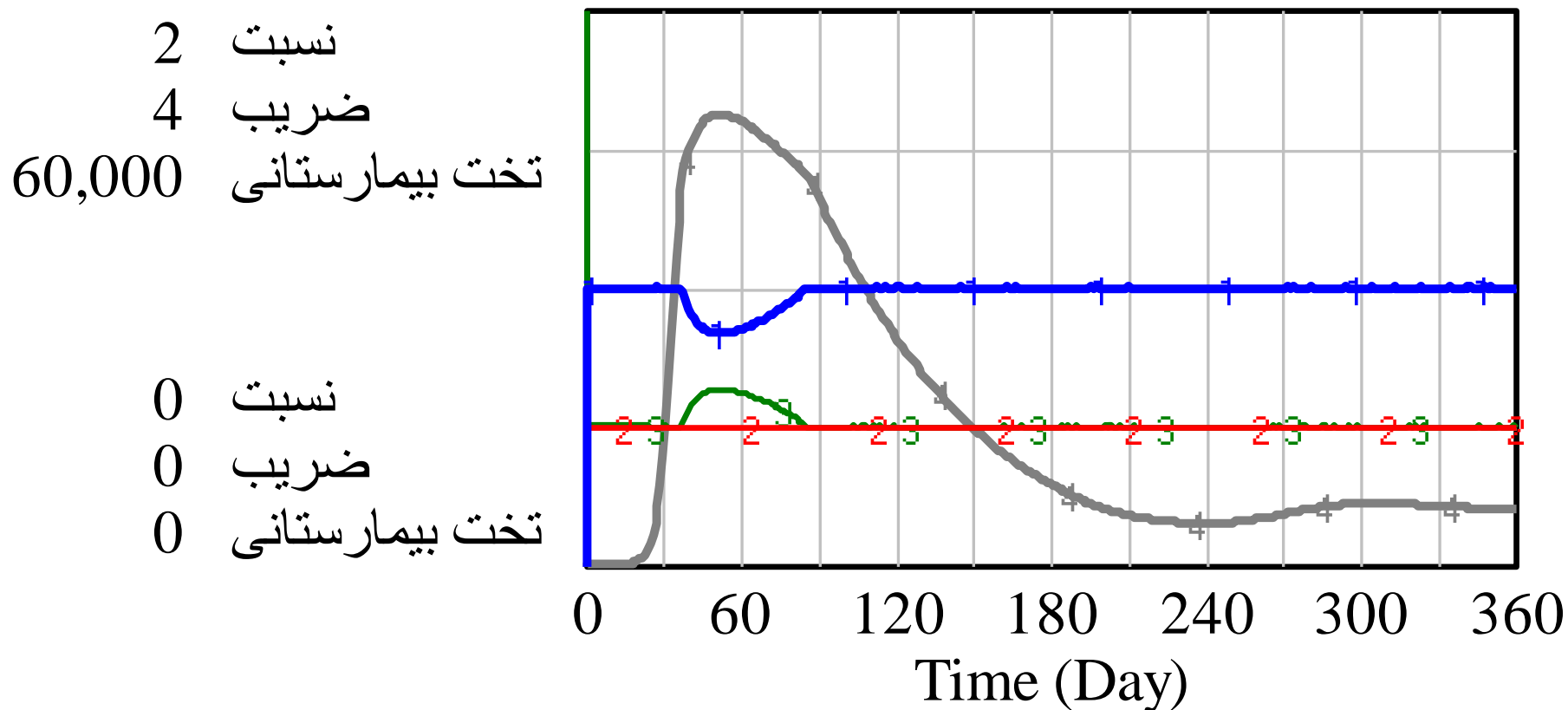
نرخ مرگ و میر  
 کل افراد فوت شده  
 کل افراد مبتلا شده

اثرات مرگ و میر بر رفتار مردم در حالتی که کاهش ارتباطات جدی گرفته نشود



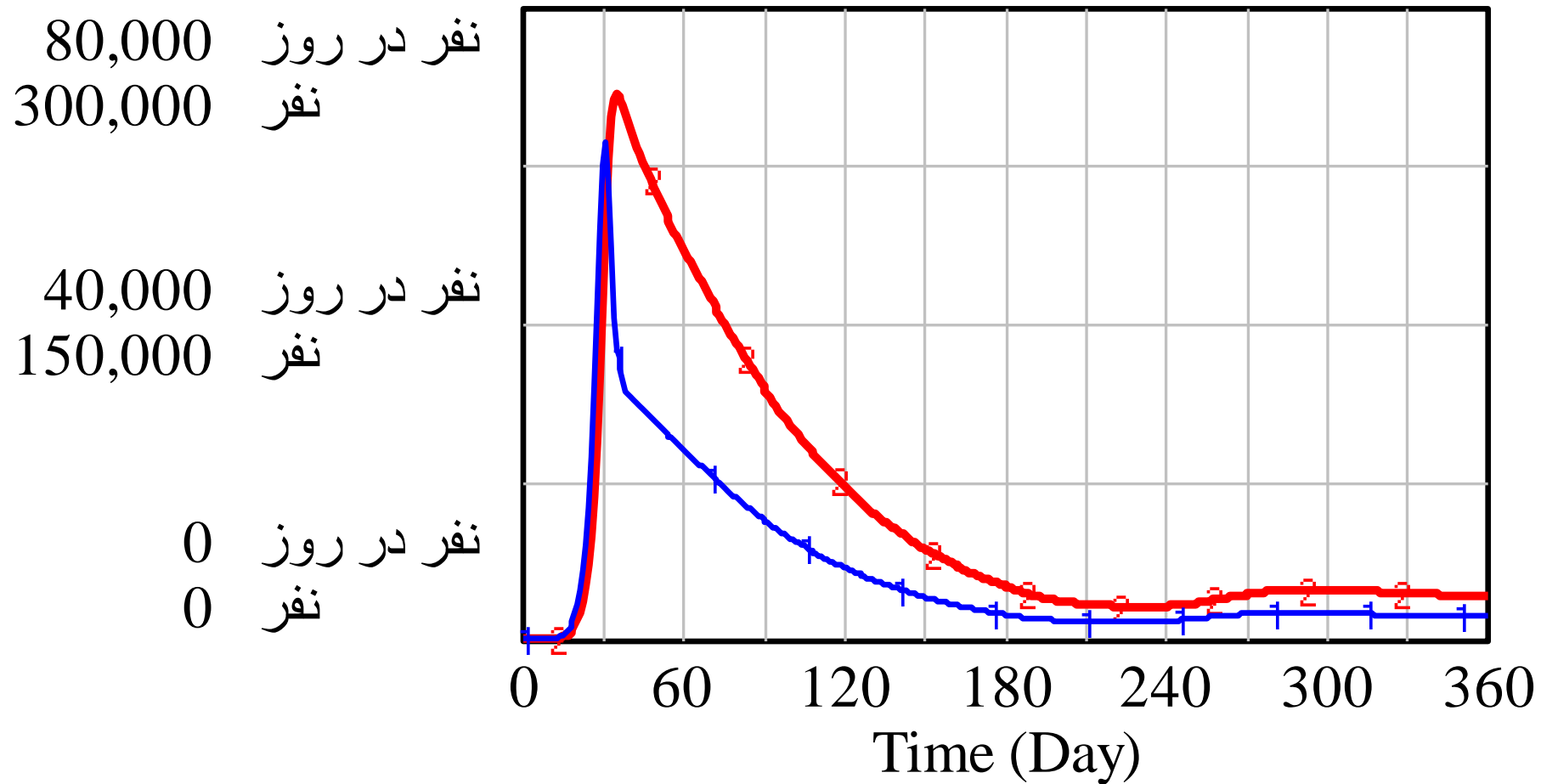
نسبت متوسط مرگ و میر به آستانه نرخ مرگ و میر  
 اثر مرگ و میر بر نسبت قرنطینه  
 اثر مرگ و میر بر ارتباطات افراد

در دسترس بودن بیمارستان در حالی که کاهش ارتباطات جدی گرفته نشود



نسبت در دسترس بودن بیمارستان  
ضریب اثر در دسترس بودن بیمارستان روی بهبود  
ضریب اثر در دسترس بودن بیمارستان روی مرگ و میر  
تخت بیمارستانی تخت بیمارستانی برای بیمار ان کرونائی

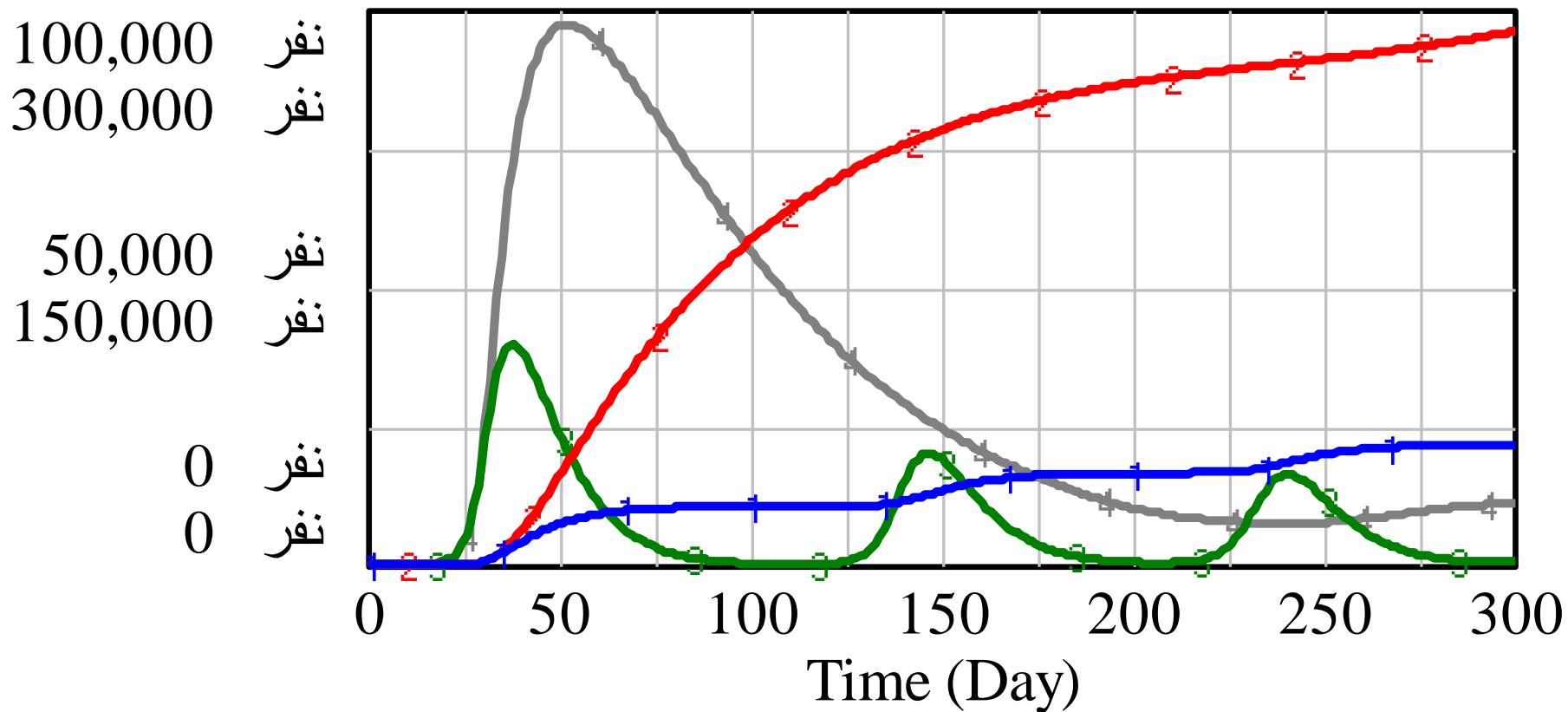
نرخ ابتلا و افراد مبتلا بدون علامت در حالتی که کاهش ارتباطات جدی گرفته نشود



نرخ ابتلا ————— نفر در روز  
 افراد مبتلا بدون علامت ————— نفر



## تعداد بیماران و میزان مرگ و میر در دو سناریو رفتار مسئولانه و رفتار غیر مسئولانه

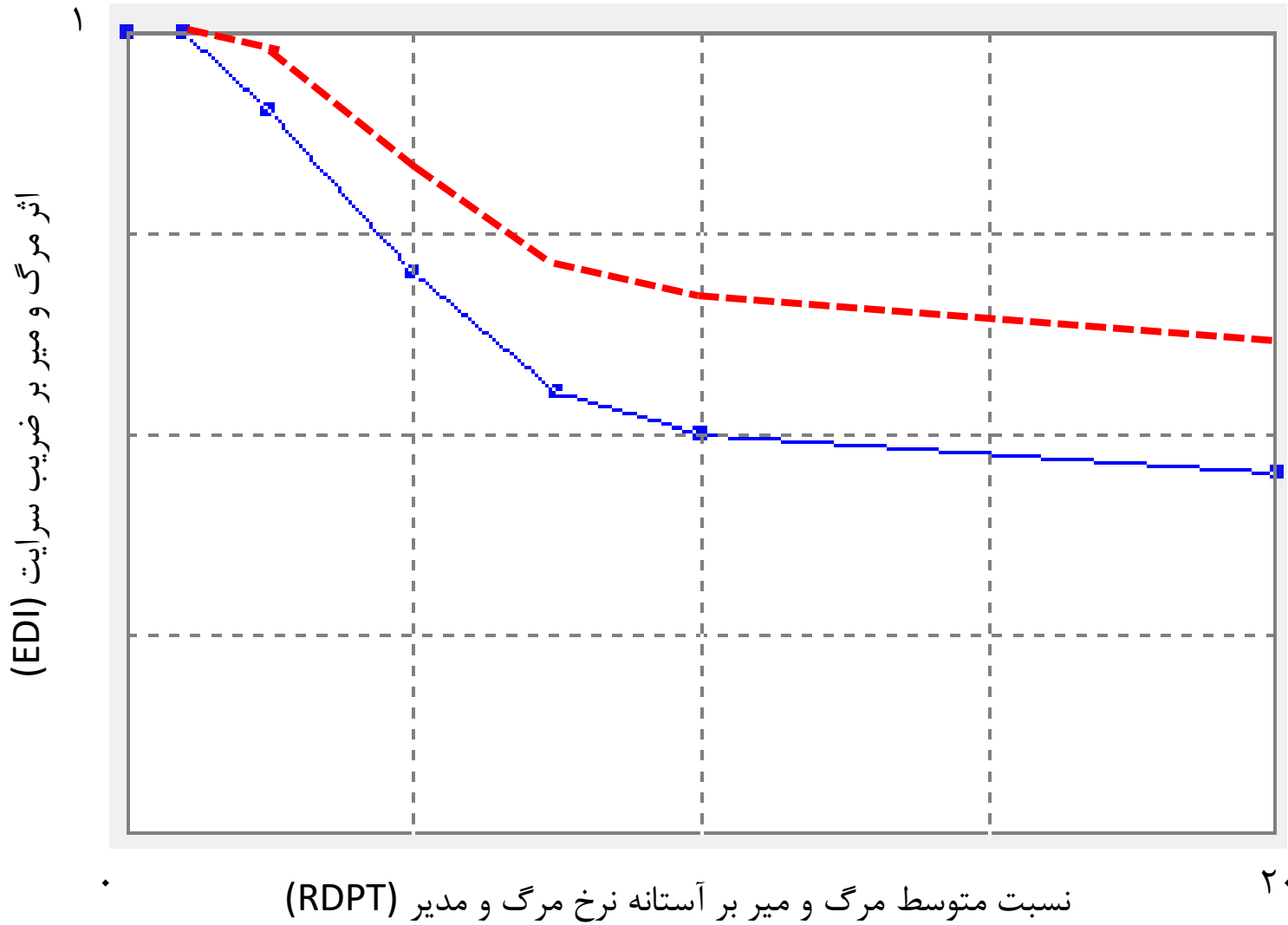


—+ نفر افراد فوت شده در حالی که کاهش ارتباطات جدی باشد  
—2 نفر افراد فوت شده در حالی که کاهش ارتباطات جدی نباشد  
—3 نفر تعداد بیماران در حالی که کاهش ارتباطات جدی باشد  
—4 نفر تعداد بیماران در حالی که کاهش ارتباطات جدی نباشد

## سناریو ۳: بدترین حالت

در سناریو ۳ فرض می‌شود:

- با افزایش تعداد بیماران و نرخ مرگ و میر افراد به توصیه‌های نظام سلامت گوش نمی‌دهند و به اختیار ارتباطات خود را فقط تا ۵۰٪ حالت معمولی کاهش می‌دهند. (مانند سناریو ۲)
  - به علاوه فرض می‌شود با افزایش تعداد بیماران و نرخ مرگ و میر افراد در ارتباطات خود اصول بهداشتی را نیز برای کاهش سرایت بیماری آن طور که توصیه می‌شود رعایت نمی‌کنند و ضریب سرایت به جای ۵۵٪ فقط ۴۰٪ کاهش می‌یابد و ۶۰٪ مردم اصول مزبور را رعایت نمی‌کنند.
  - در بدترین سناریو هر دو بازخوردهای ۱ و ۴ که در کنترل شیوع بیماری مؤثرند، ضعیف می‌شوند.
- در اسلایدهای بعدی نتایج شبیه‌سازی مدل برای مدت ۳۶۰ روز نشان داده شده است.

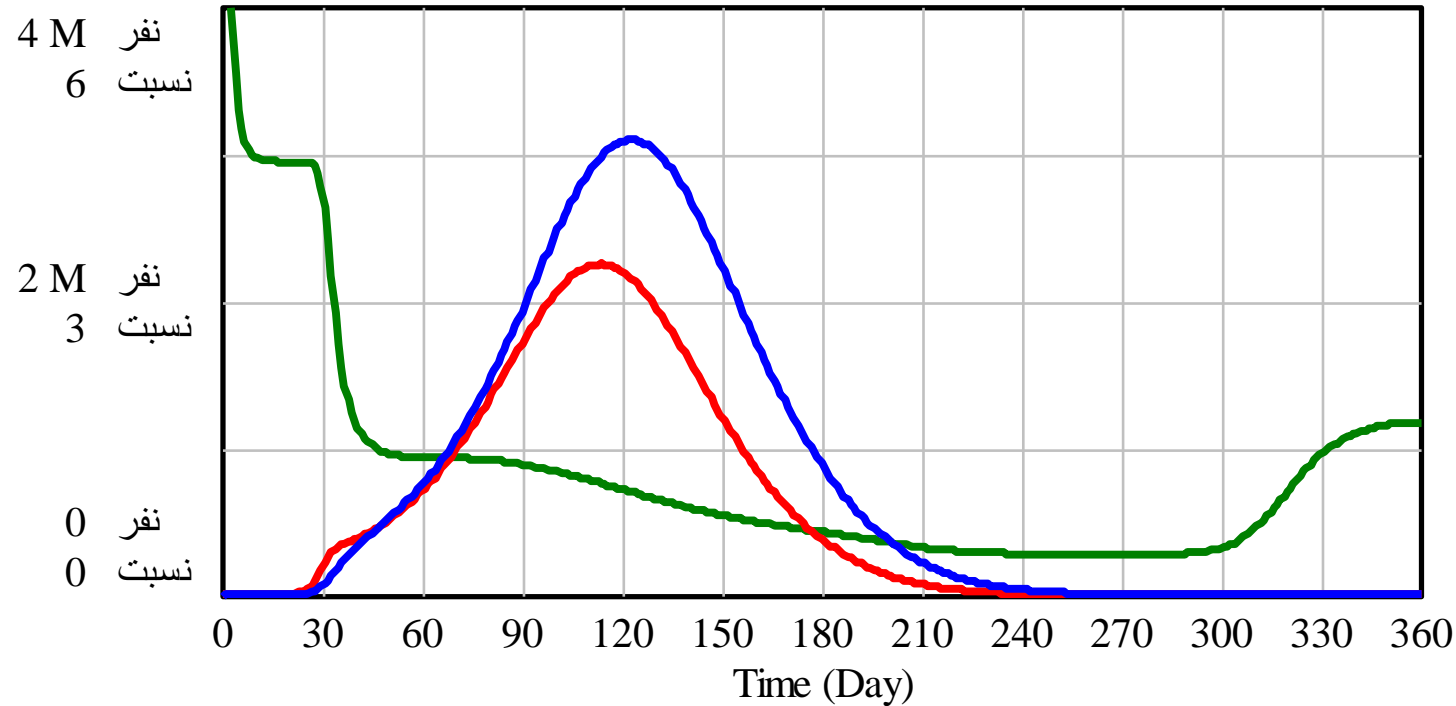


این شکل رابطه بین نسبت متوسط مرگ و میر بر آستانه نرخ مرگ و میر و ضریب سرایت را نشان می‌دهد. وقتی نسبت مرگ و میر کمتر از ۱ است و مردم در تماس‌های خود عادی رفتار می‌کنند و مراقبات خاصی به عمل نمی‌آورند، اثر مرگ و میر بر ضریب سرایت ۱ است و سرایت بیماری به صورت عادی صورت می‌پذیرد. وقتی نسبت «مرگ و میر» به «آستانه مرگ و میر» ۲۰ برابر می‌شود، به خاطر افزایش مراقبت‌های مردم در تماس با یکدیگر و همچنین افزایش هشدارهای بهداشتی اثر مزبور موجب می‌شود ضریب سرایت در حالت ایده‌آل به ۴۵ درصد حالت عادی خود برسد. در حالت کم‌توجهی مردم به رعایت ضوابط بهداشتی در ارتباط با یکدیگر ممکن است ضریب سرایت وقتی مرگ و میر به ۲۰ برابر آستانه می‌رسد فقط به ۶۰ درصد کاهش یابد. ممکن است خبرگان ارتباطات اجتماعی نظر دیگری داشته باشند و یا آماری از رفتار مردم با افزایش نرخ مرگ و میر جمع‌آوری شود، مدل آمادگی دارد نظرات و آمار جمع‌آوری شده را در خود ملحوظ کند.

### توضیح:

در این سناریو افراد با علامت بیماری در حدود روز ۱۲۱ به ماکزیمم خود در عدد ۳۰۸۶۰۰۰ بیمار می‌رسد. نسبت نرخ آشکار شدن بیماری (بیماران جدید) به نرخ بهبود در حدود روز ۱۲۱ کمتر از یک می‌شود. تعداد افراد مبتلا که هنوز علامت بیمار آنها ظاهر نشده است در روز حدود ۱۱۴ به ماکزیمم خود در حدود ۲۲۵۰۰۰۰ نفر می‌رسد. در این سناریو حدود ۸ ماه طول می‌کشد تا موج اول بیماری به حداقل خود برسد.

تعداد بیماران در حالی که کاهش ارتباطات و رعایت موارد بهداشتی جدی گرفته نشود



نفر — افراد بیمار با علائم بیماری  
نفر — افراد مبتلا بدون علامت بیماری  
نسبت — نسبت نرخ آشکار شدن بیماری به نرخ بهبودی

## مرگ و میر در بدترین سناریو

20,000 فرد در روز (فوتی)

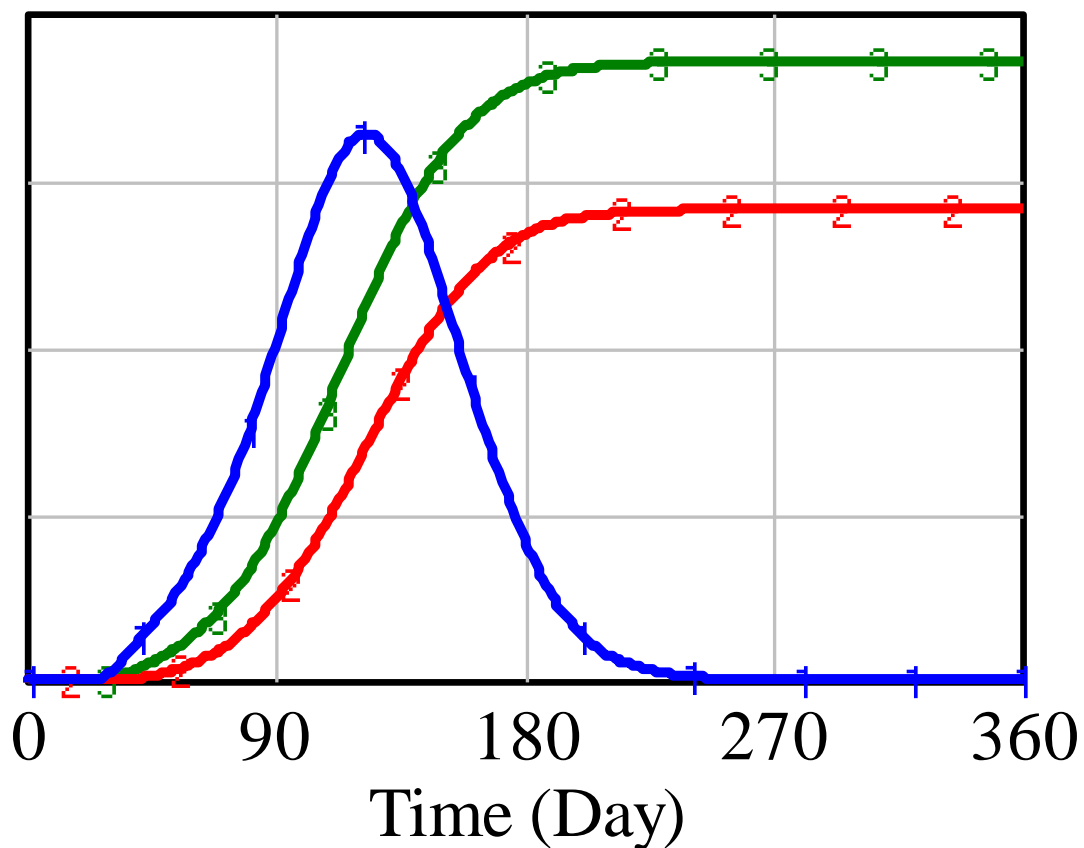
2 M هش تنف (دف)

30 M فرد (مبتلا شده)

0 فرد در روز (فوتی)

0 هش تنف (دف)

0 فرد (مبتلا شده)



### توضیح:

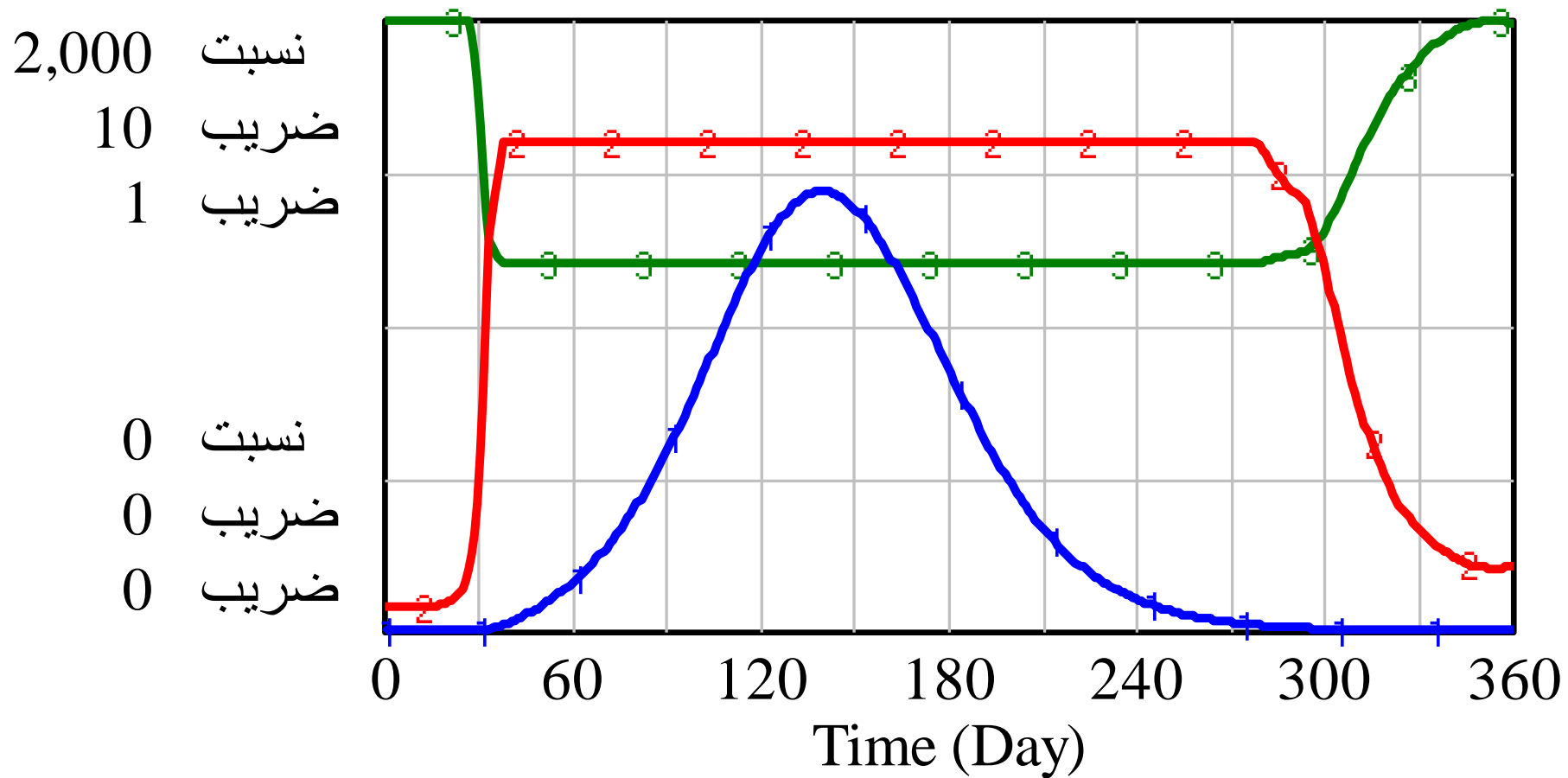
در بدترین سناریو کل افراد فوت شده به حدود ۱۴۰۰۰۰۰ نفر می‌رسد و کل افراد مبتلا که بعضی از آنها فوت می‌کنند به ۲۷۸۰۰۰۰۰ نفر می‌رسد. این اعداد فاجعه‌آمیز است. طبعاً رعایت توصیه‌های نظام پزشکی برای قرنطینه ماندن افراد و رعایت نکات ایمنی در زمان خروج از منزل موجب می‌شود که تعداد کل افرادی که بیمار می‌شوند و یا فوت می‌کنند کمتر از اعداد بالا بشود.

فرد در روز (فوتی) | نرخ مرگ و میر

هش تنف (دف) | کل افراد فوت شده

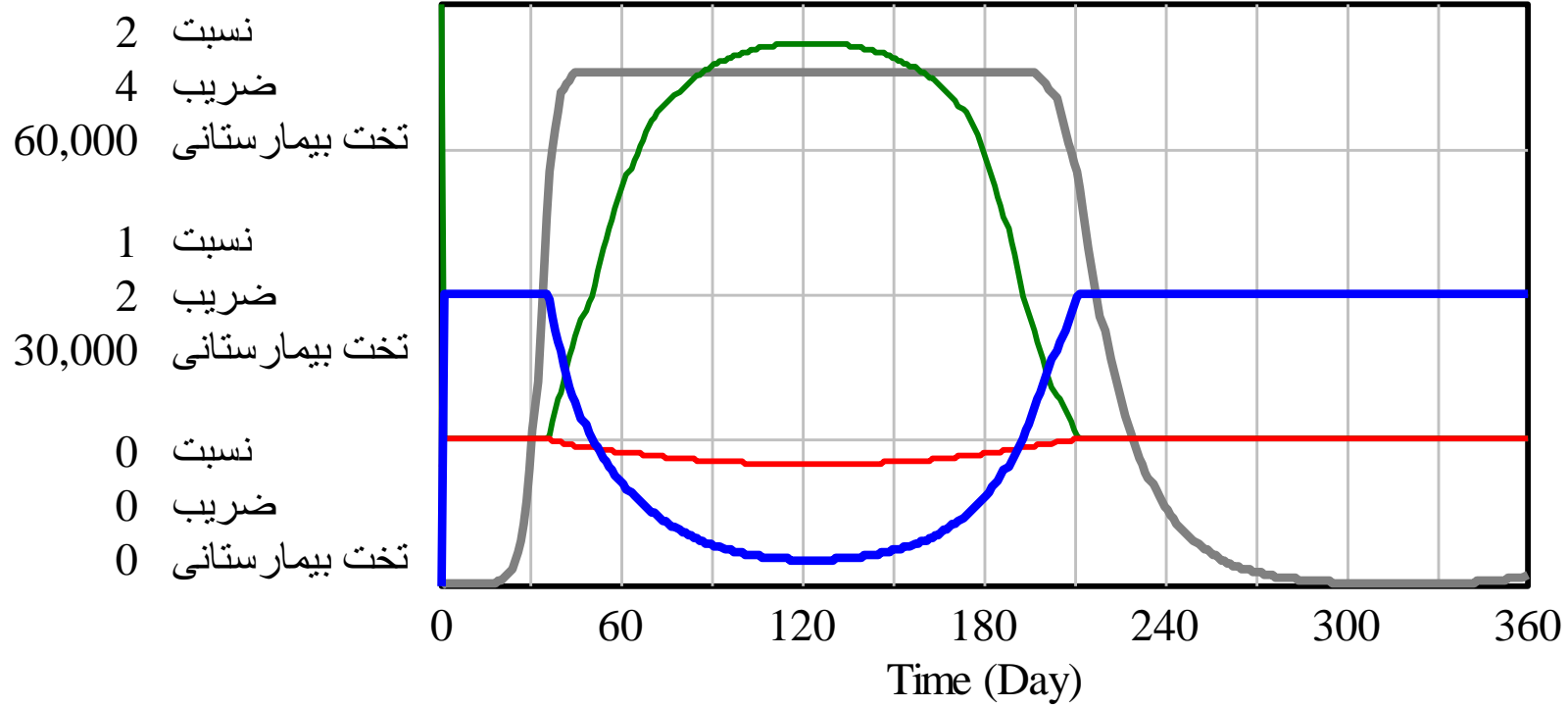
فرد (مبتلا شده) | کل افراد مبتلا شده

## اثرات مرگ و میر بر رفتار مردم در بدترین سناریو



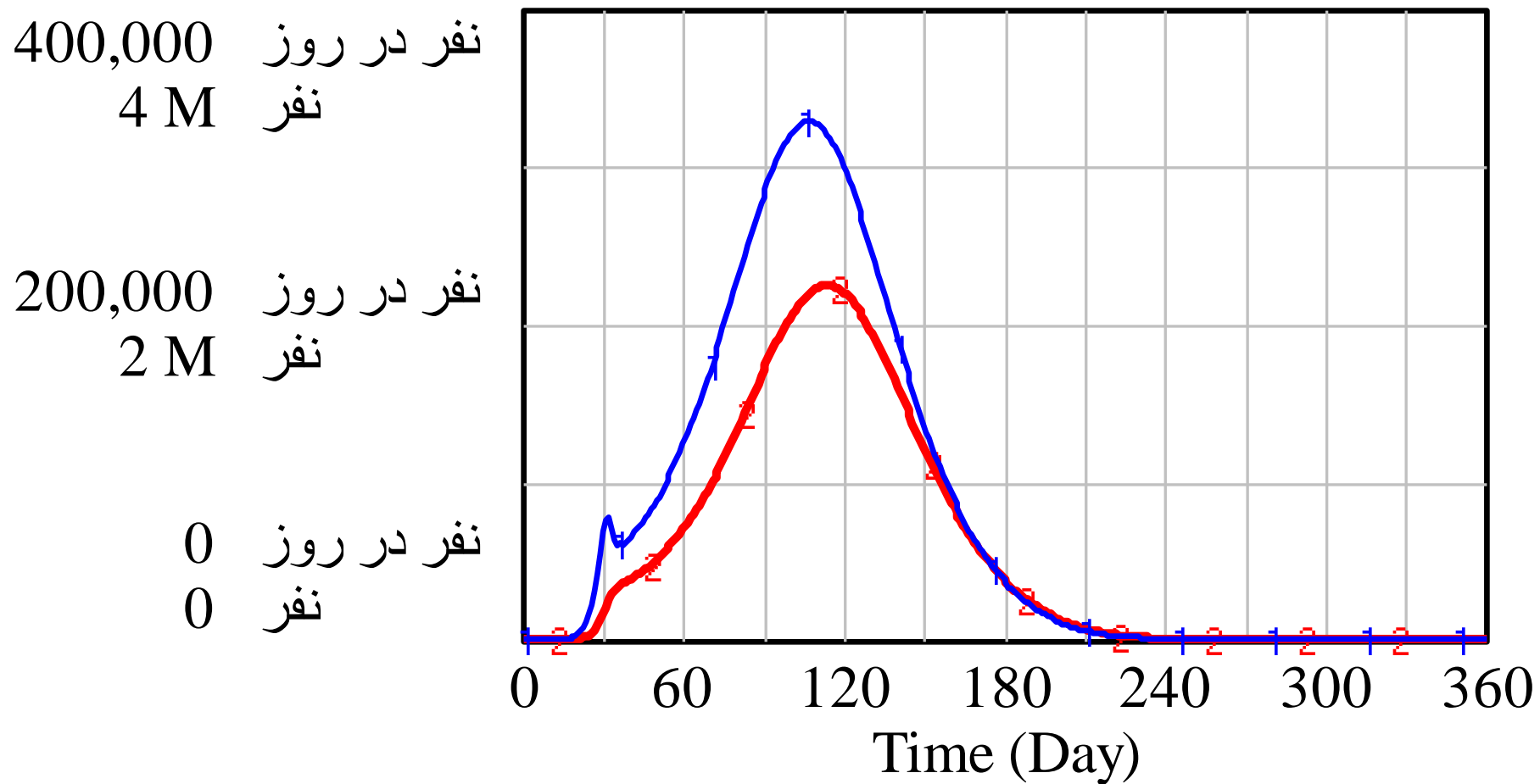
نسبت متوسط مرگ و میر به آستانه نرخ مرگ و میر  
 اثر مرگ و میر بر نسبت فصلی  
 اثر مرگ و میر بر ارتباط افراد

## در دسترس بودن بیمارستان در بدترین سناریو



نسبت در دسترس بودن بیمارستان  
 ضریب اثر در دسترس بودن بیمارستان روی بهبود  
 ضریب اثر در دسترس بودن بیمارستان روی مرگ و میر  
 تخت بیمارستانی تخت بیمارستانی برای بیماران کرونائی

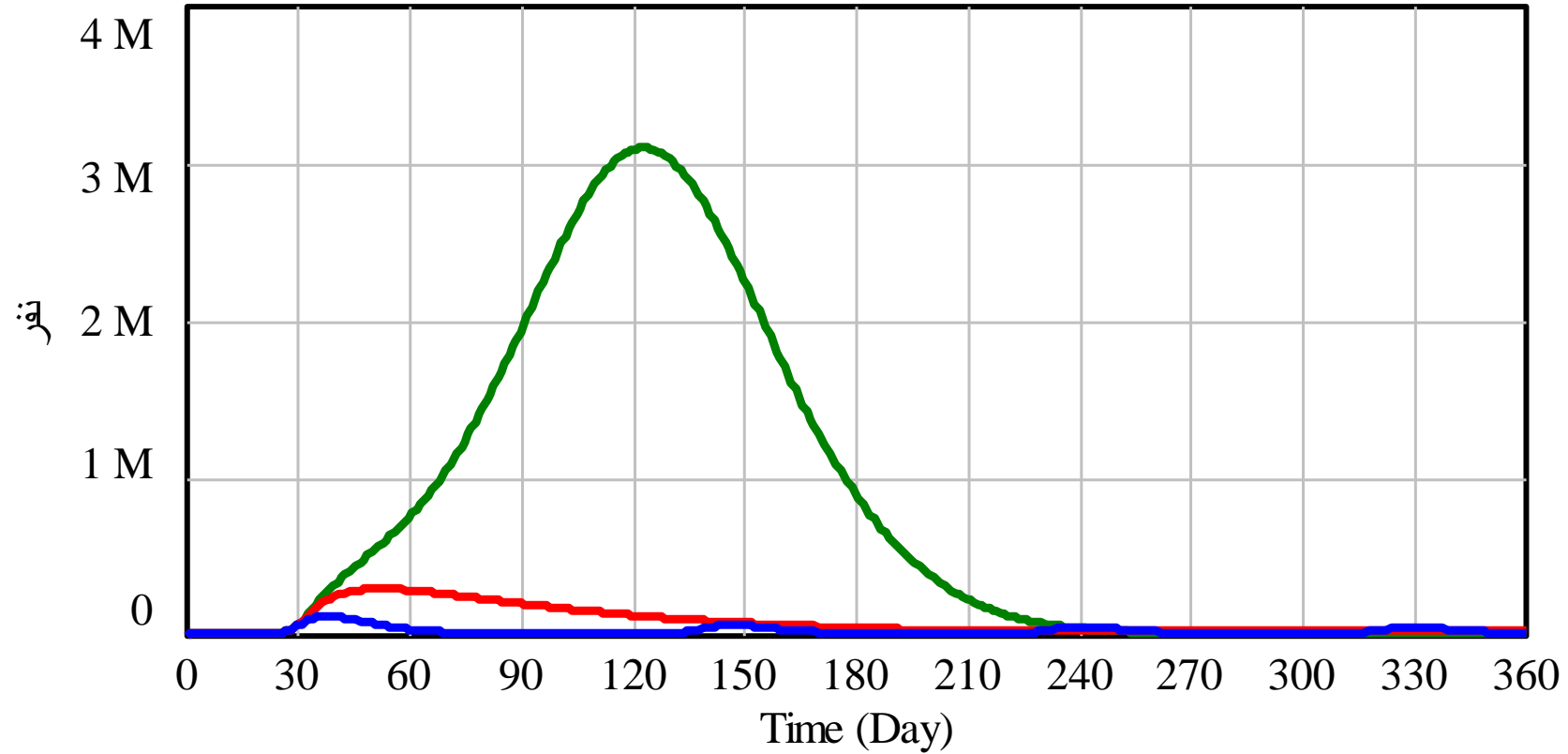
# نرخ ابتلا و افراد مبتلا بدون علامت در بدترین سناریو



نرخ ابتلا ————— نفر در روز  
افراد مبتلا بدون علامت ————— نفر

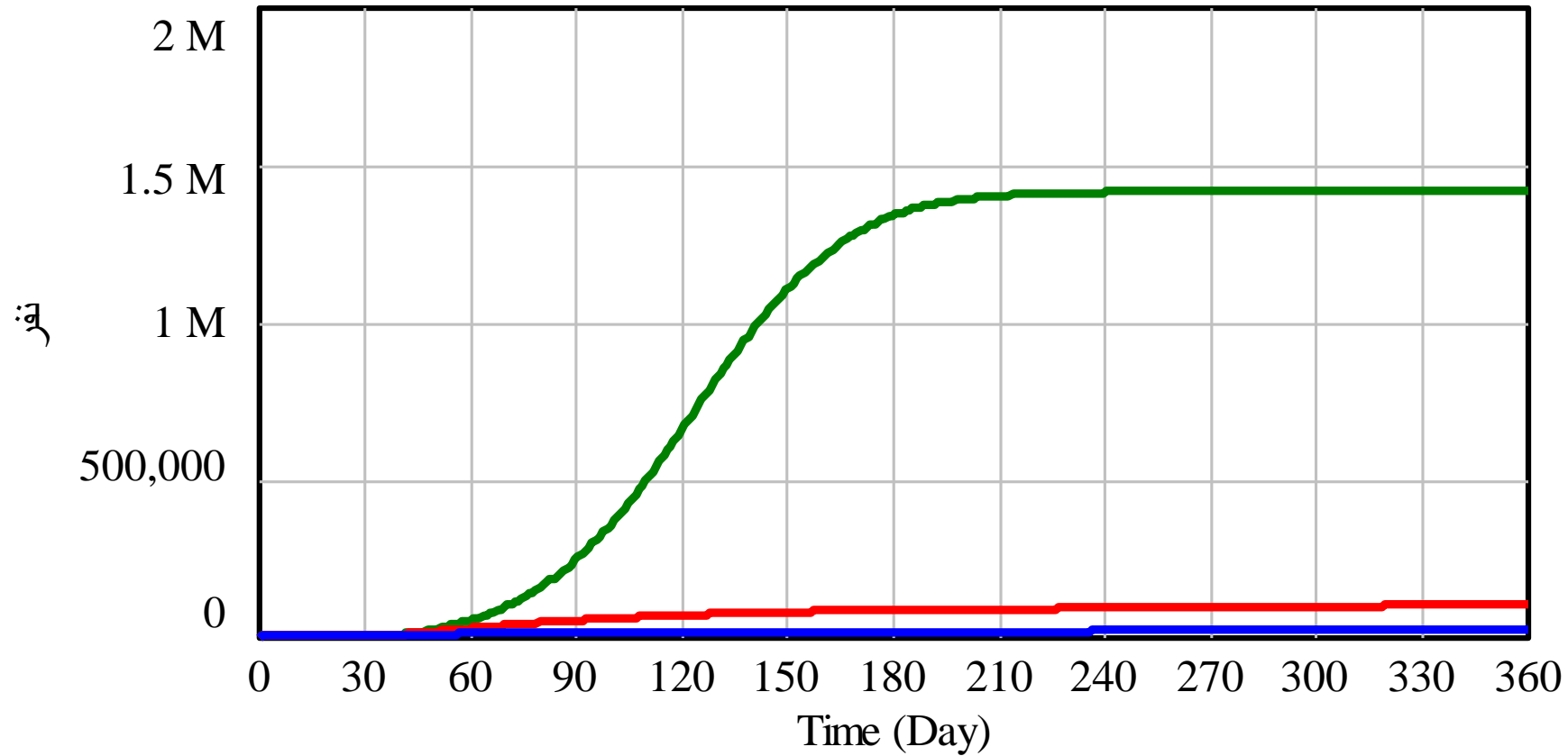


## مقایسه تعداد بیماران در سه سناریو



- تعداد بیمار حالت ایده آل (Blue line)
- تعداد بیمار حالت جدی نگرفتن کاهش ارتباطات (Red line)
- تعداد بیمار بدترین سناریو (Green line)

## مقایسه تعداد موارد فوت در سه سناریو



- تعداد موارد فوت حالت ایده آل (Blue line)
- تعداد موارد فوت حالت جدی نگرافتن کاهش ارتباطات (Red line)
- تعداد موارد فوت بدترین سناریو (Green line)

## جمع‌بندی

- کشور با چالش بزرگی در مهار کرونا مواجه شده است.
- بدون محدود کردن جدی مردم در ملاقات با هم و جلوگیری از اجتماعات و حتی تعاملات عادی بین افراد و عدم رعایت اصول بهداشتی در ملاقات‌ها کرونا می‌تواند لطمات جانی زیادی به بار آورد و پیامدهای اقتصادی و اجتماعی فاجعه‌باری برای کشور داشته باشد.
- باید هر چه سریع‌تر محدودیت‌های گسترده و جدی در ارتباطات و تعاملات بین افراد ایجاد کرد و حتی‌الامکان شرایط ماندن در خانه و کار از خانه را فراهم آورد.
- در واحدهای خدماتی و تولیدی که اجبار به حضور افراد است باید نهایت دقت در مصون کردن ارتباطات و رعایت بهداشت انجام پذیرد.
- انجام اقدامات لازم و مدیریت شرایط بالا نیاز به یک مدیریت و رهبری مقتدر دارد.
- فراهم‌سازی شرایط لازم برای اعمال محدودیت مزبور نیاز به برنامه‌ریزی و تمهیدات جدی دارد که فقط از یک مدیریت با قدرت فکری زیاد و همت بلند برمی‌آید.

با تشکر از توجه شما

مراقب باشید

سلامت باشید