



شبیه‌سازی جمعیتی گزینه‌های سیاستی مختلف مرتبط با شیوع بیماری کووید-۱۹ در ایران

حسن عینی‌زیناب

دکترای جامعه‌شناسی (جمعیت و سلامت)،
عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

Hassan.eini@gmail.com

بهار ۱۳۹۹

انواع شبیه سازی

• شبیه سازی شیوع بیماری کووید-۱۹:

- می تواند نحوه رفتار بیماری در جامعه را در طی روزهای آتی نشان دهد
- شبیه سازی به برنامه ریز اجازه می دهد، سناریوها و برنامه های مختلف را قبل از اجرا در یک داده تست کرده و بهترین گزینه را انتخاب نمایند.

• روش های مختلفی برای شبیه سازی وجود دارد:

– شبیه سازی با داده های کلان

- رقم مشخصی از افراد از یک چارچوب مفهومی و مکانیزم عبور داده می شود و در هر یک از بازه های زمانی، وقایع مورد انتظار شمارش می شوند.
- فرض همگنی افراد (همه افراد در معرض احتمالات برابر قرار دارند)

– شبیه سازی با داده های خرد

- تک تک افراد از این چارچوب مفهومی و تونل رد می شوند و در معرض احتمالات مختلف قرار می گیرند
- اتوماتای سلولی (Cellular Automata): فرض همگنی افراد (همه افراد در معرض احتمالات برابر قرار دارند)
- شبیه سازی مبتنی بر جمعیت و داده های واقعی: افراد از نظر متغیرهای جغرافیایی، جمعیتی، اجتماعی، و اقتصادی نا همگن هستند.

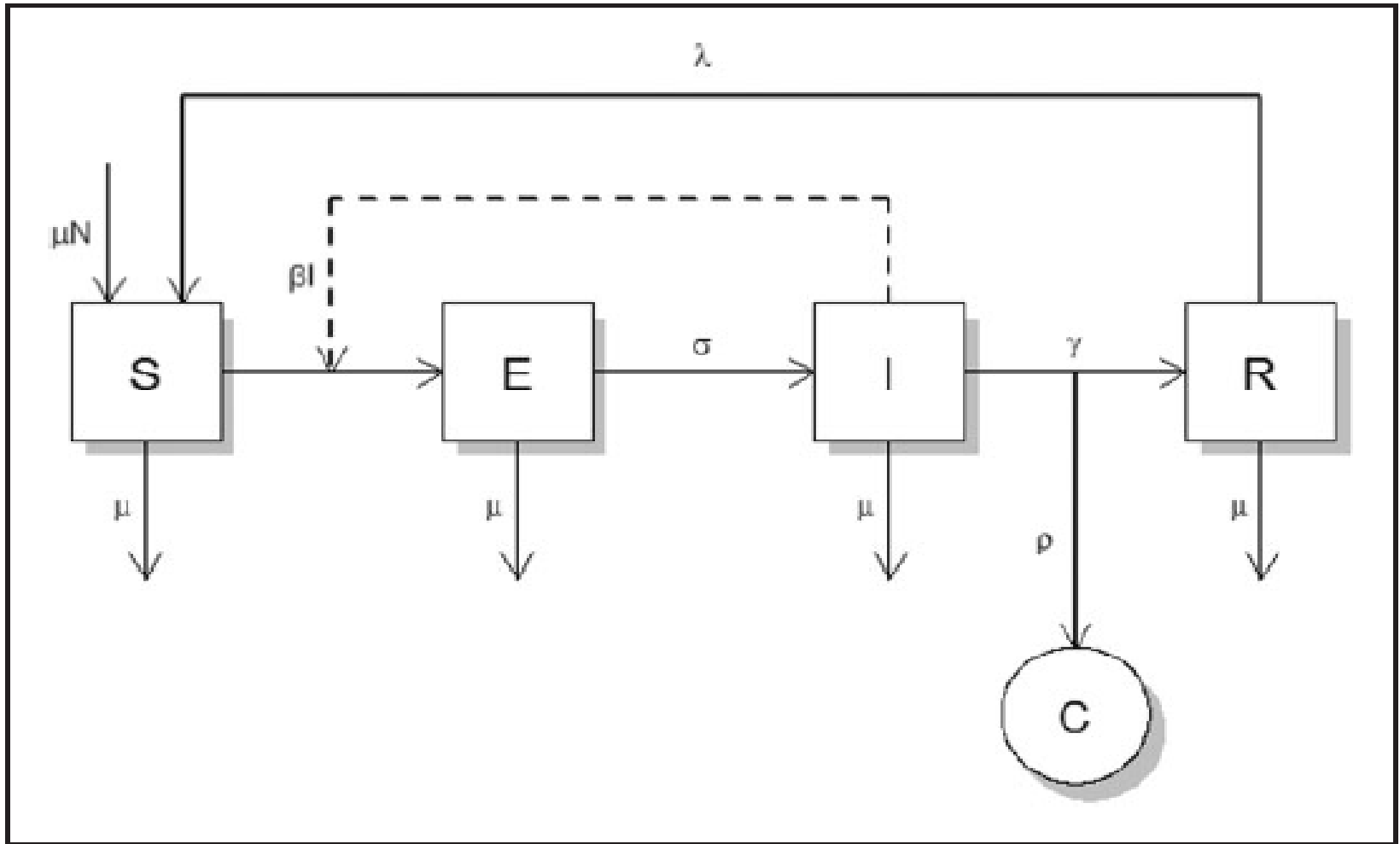
نکته مهم: شبیه سازی باید عدم قطعیت (Uncertainty) و تصادفی بودن (Stochastic) اتفاقات را لحاظ نماید.

اهمیت موضوع

• لحاظ نمودن متغیرهای جغرافیایی، جمعیتی، اقتصادی، و اجتماعی علاوه از اینکه تصویر نزدیک به واقعیتی از نحوه شیوع بیماری کووید-۱۹ در ایران ارائه می دهد، بلکه ما را قادر می سازد به سوالات برنامه ریزی و سیاستی از نوع زیر (و سوالات مشابه) نیز پاسخ داشته باشیم:

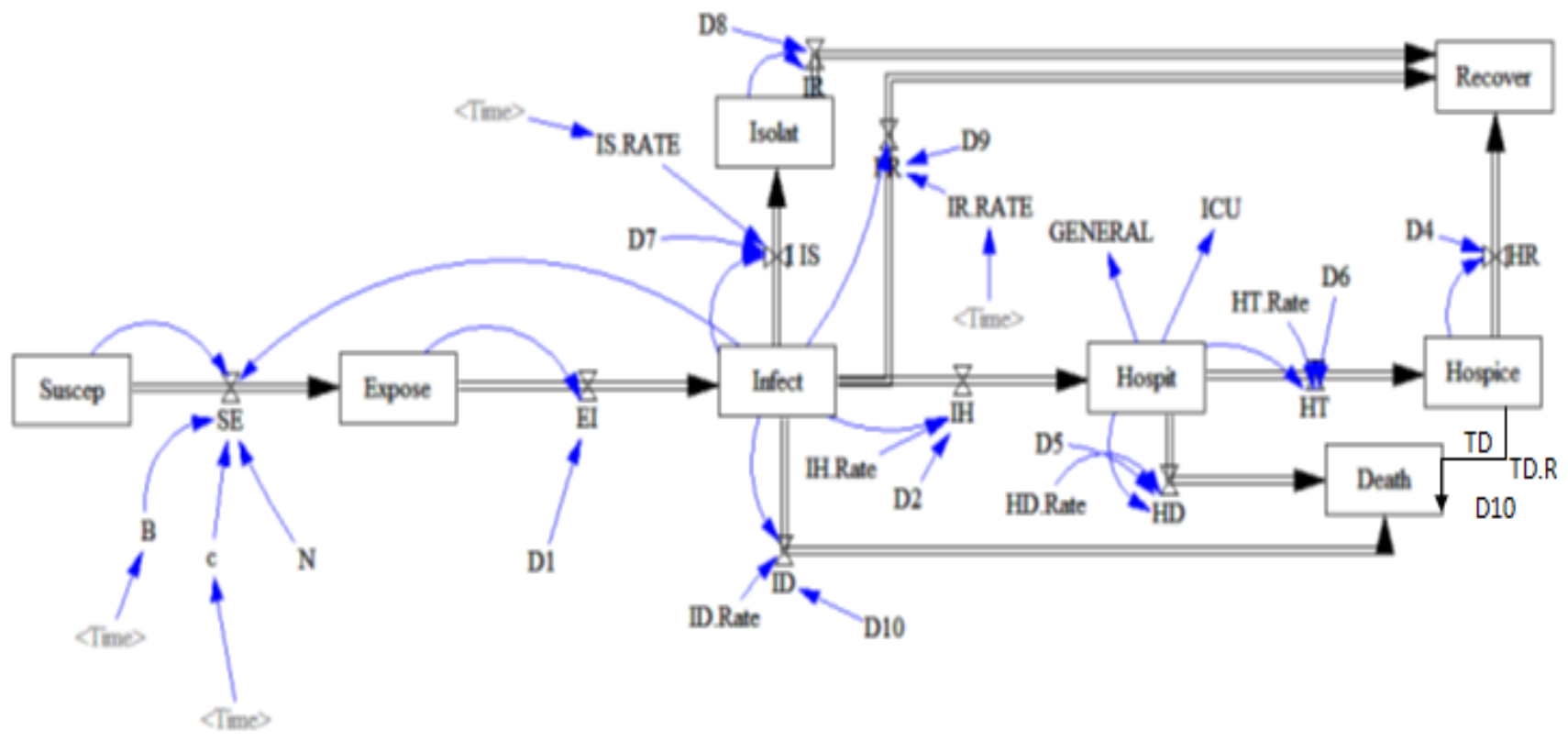
- ممنوعیت جابجایی جمعیت بین استانی / شهرستانی چه تاثیری بر گسترش و شیوع بیماری در ایران دارد.
- اگر فقط افراد شاغل اجازه تردد داشته باشند، شروع بیماری در مقایسه با نبود چنین سیاستی چگونه خواهد بود.
- اگر دانش آموزان و دانشجویان به مدرسه و دانشگاه برگردند، سرعت شیوع در مقایسه با شرایط تعطیلی چگونه خواهد بود.
- اگر افراد با وضعیت رفاهی پایین بدلیل نیاز به ادامه کار برای تامین مخارج زندگی مجبور به عدم رعایت توصیه های مبتنی بر فاصله گذاری فیزیکی باشند، شیوع بیماری چگونه خواهد بود و اثر طبقه و دهک درآمدی بر شیوع بیماری چقدر خواهد بود
- اگر افراد با تحصیلات بالا سیاست فاصله گذاری فیزیکی را بیشتر از دیگران رعایت کنند، اثر تحصیلات بر شیوع بیماری چگونه خواهد بود.
- اگر روستاها در اولویت قرنطینه و پاک سازی قرار گیرند، میزان تولیدات محصولات کشاورزی و نهایتا امنیت غذایی جامعه ایران در مقایسه با نبود چنین سیاستی چگونه خواهد بود.

چارچوب مفهومی: SEIRS



چارچوب مفهومی پیشنهادی کارگروه اپیدمیولوژی وزارت بهداشت برای شیوع بیماری کووید-۱۹

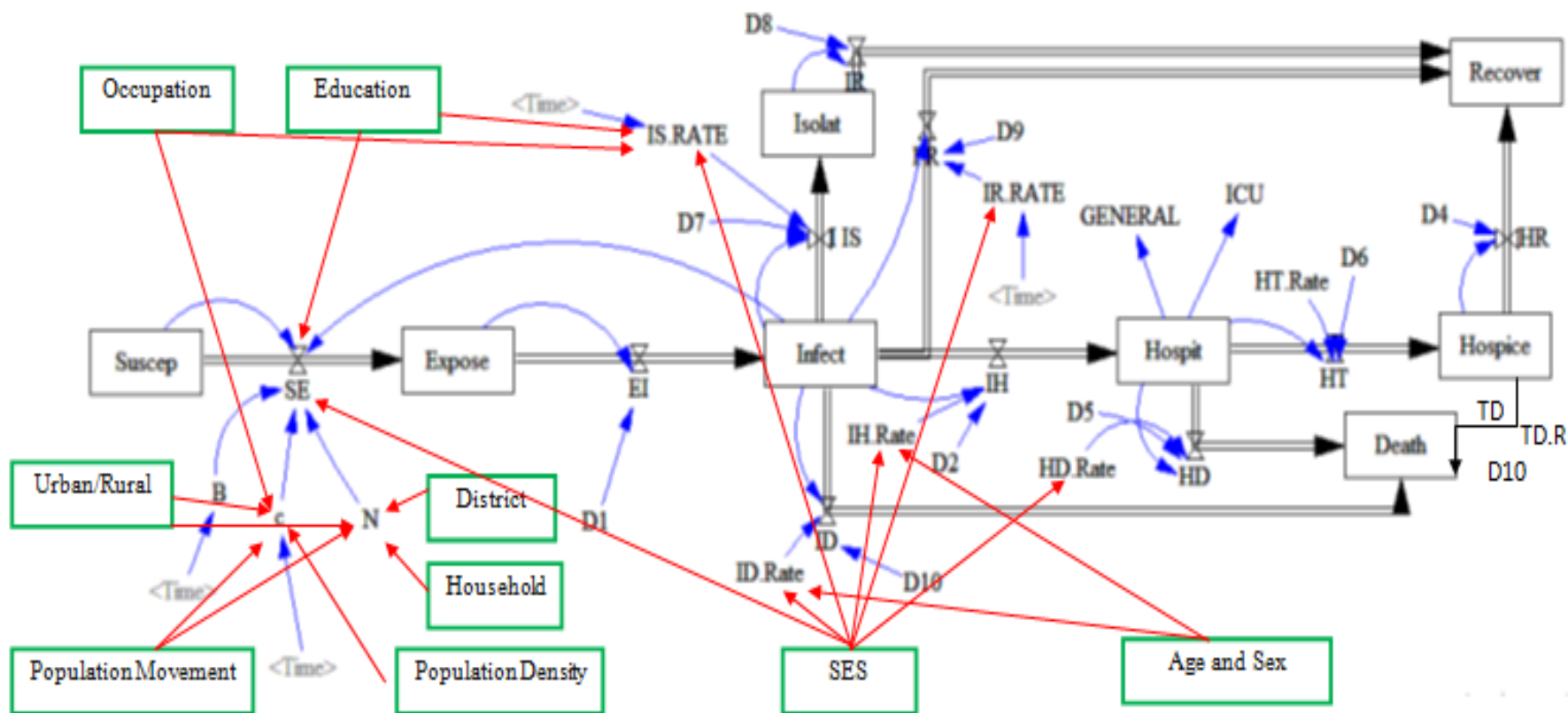
$B \times c \times (\text{Infect} / N) \times \text{Suscep}$



منبع: گزارش اول مدلسازی اپیدمی کووید-۱۹ در ایران، کارگروه تحلیل اپیدمیولوژی کووید-۱۹ وزارت بهداشت، ۲۵ اسفند ۱۳۹۸ (بروزرسانی شده)

چارچوب مفهومی بسط یافته پیشنهادی مطالعه حاضر برای گسترش و شیوع بیماری کووید-۱۹

$B \times c(\text{Infect}/N)$



روش شناسی

- روش شبیه سازی با استفاده از داده های خرد و واقعی جمعیتی برای ۲۰۰ روز
- افراد در شهرستانهای مختلف ایران و در هر شهرستان در داخل خانوار ها قرار دارند.
- جمعیت شهرستانها بسته نبوده و روزانه تعدادی از افراد در بین شهرستانهای مختلف جابجا میشوند.
- در روز صفر مطالعه کل جمعیت در وضعیت حساس به بیماری قرار دارند.
- در روز اول (اول بهمن ۱۳۹۸)، در سه شهرستان تهران، قم، و رشت بطور تقریبی ۱۱۵۰ نفر (با احتمال ۱۰۵ نفر در هر یک میلیون نفر) در مواجهه با بیماری قرار میگیرند.
- بدلیل جابجایی جمعیت، این افراد و یا بیماران جدیدی که در تماس با افراد اولیه قرار داشتند ممکن است به شهرستانهای دیگر مسافرت کرده و افراد این شهرستان را نیز در معرض بیماری قرار دهند
- افراد داخل خانوار تا زمانی که بیماری در خانوار نباشد از احتمال مواجهه شهرستان (تعداد افراد مبتلا در شهرستان تقسیم بر جمعیت شهرستان) خود پیروی میکنند

روش شناسی

- در صورت ابتلای یکی از اعضای خانوار و در صورتی که احتمال مواجهه در داخل خانوار (تعداد افراد مبتلا تقسیم بر بعد خانوار) بیشتر از احتمال مواجهه در سطح شهرستان باشد، از احتمال خانوار پیروی میکنند.
- تراکم جمعیتی شهرستانها نیز در تعداد تماسهای روزانه فرد تاثیر دارد. (در این مطالعه ضریب همبستگی بین تراکم جمعیتی شهرستان و تعداد تماسهای روزانه افراد بطور متوسط ۰,۴ در نظر گرفته شده است)
- برای تعیین جابجایی جمعیتی در بین شهرستانها از اطلاعات ماتریس مهاجرت^۱ سرشماری سال ۱۳۹۵ استفاده شده است
- از توزیع سنی و جنسی بیماران بستری و نیز فوت شدگان گزارش شده برای دانشگاه ع پ تهران^۲ برای تعیین احتمال بستری و فوت به تفکیک سن و جنس استفاده شده است.

1) https://amar.org.ir/Portals/0/PropertyAgent/461/Files/9304/CN95Migration_Matris.xlsx

۲) گزارش اپیدمیولوژیک بیماران کووید-۱۹ در بیمارستانهای تحت پوشش دانشگاه ع پ تهران (۱۶ فروردین ۱۳۹۹)

روش شناسی

- ماهیت تصادفی (Stochastic) و عدم قطعیت (Uncertainty) مدل:

— همه پارامترها با یک توزیع مشخص برای افراد بصورت رندوم تعیین می شود. به عنوان مثال، اگر بطور متوسط ۵.۳۳ روز طول می کشد تا یک فرد در مواجهه قرار گرفته بیمار شود، این عدد برای افراد جامعه بصورت تصادفی طوری تعیین می گردد که میانگین ۵.۳۳، و انحراف معیار ۰.۵ داشته باشد. این عدد دارای توزیع نرمال می باشد منتهی هیچ فردی نمی تواند عددی کمتر از ۲ داشته باشد.

— برای در نظر گرفتن ماهیت تصادفی پدیده، کل پروسه برای چند صد بار (اگر نه چند هزار بار) باید تکرار (Iteration) شود. این امر باعث می شود علاوه از اینکه میانگین / میانه تکرارها به عنوان بهترین برآورد محاسبه و گزارش شود بلکه فاصله اطمینان برآوردها (با احتمالات ۹۵ و ۸۰ درصد به عنوان مثال) نیز قابل محاسبه باشد.

روش شناسی

- جامعه آماری مطالعه شامل ۷۸۹۲۱۸۹۳ نفر جمعیت ایران بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵
- نمونه مطالعه نیز ۲ درصد این سرشماری است.
- تعداد حجم نمونه برابر با ۱۵۷۹۴۳۵ نفر
- بدلیل وجود متغیر وزن در داده ها، استفاده از این متغیر در محاسبات آماری، شاخصها را برای کل جامعه آماری نشان می دهد.
- با توجه به رشد ۵.۶۷ درصدی جمعیت کشور از زمان سرشماری ۱۳۹۵، تمام شاخص های مرتبط با تعداد وقایع باید در عدد ۱.۰۵۶۷ ضرب شوند تا مقدار شاخص برای زمان کنونی محاسبه شود.
- نرم افزار مورد استفاده در شبیه سازی برنامه R میباشد و برنامه های مختلفی برای اجرا نوشته شده است.
- بدلیل حجم بالای داده، زمان لازم برای هر تکرار شامل چندین ساعت می شود.

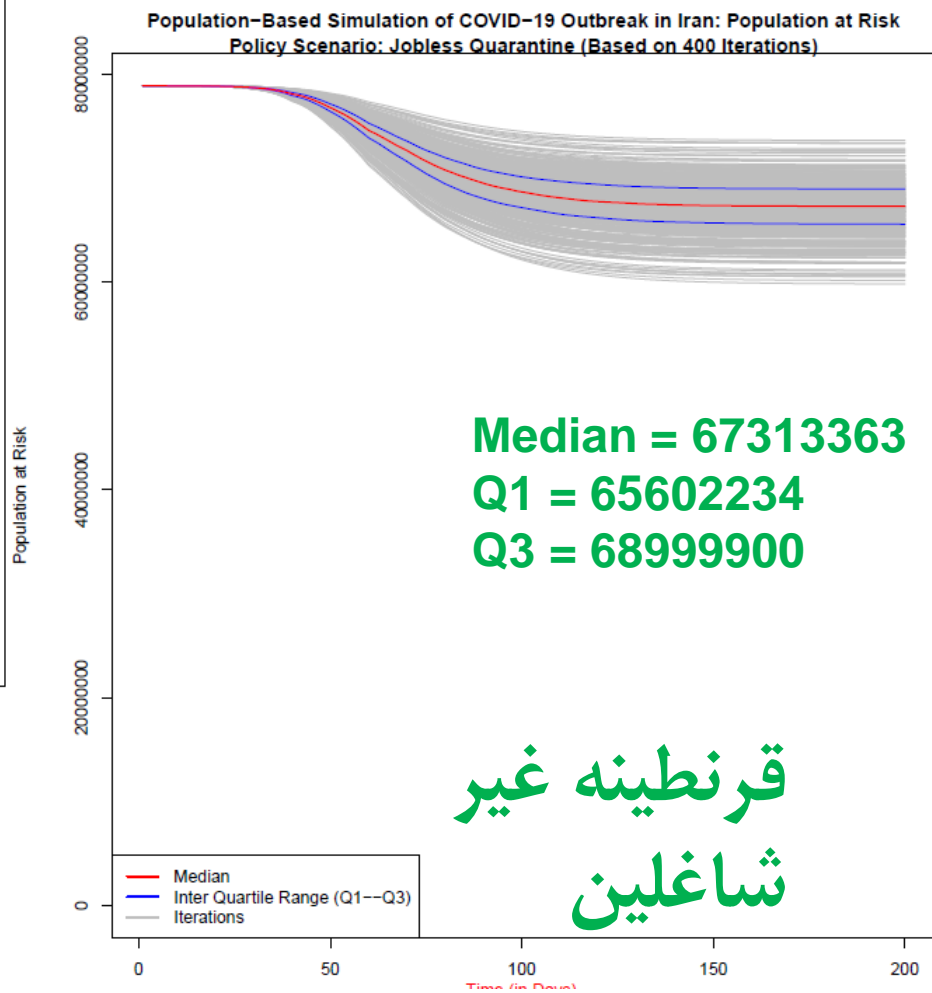
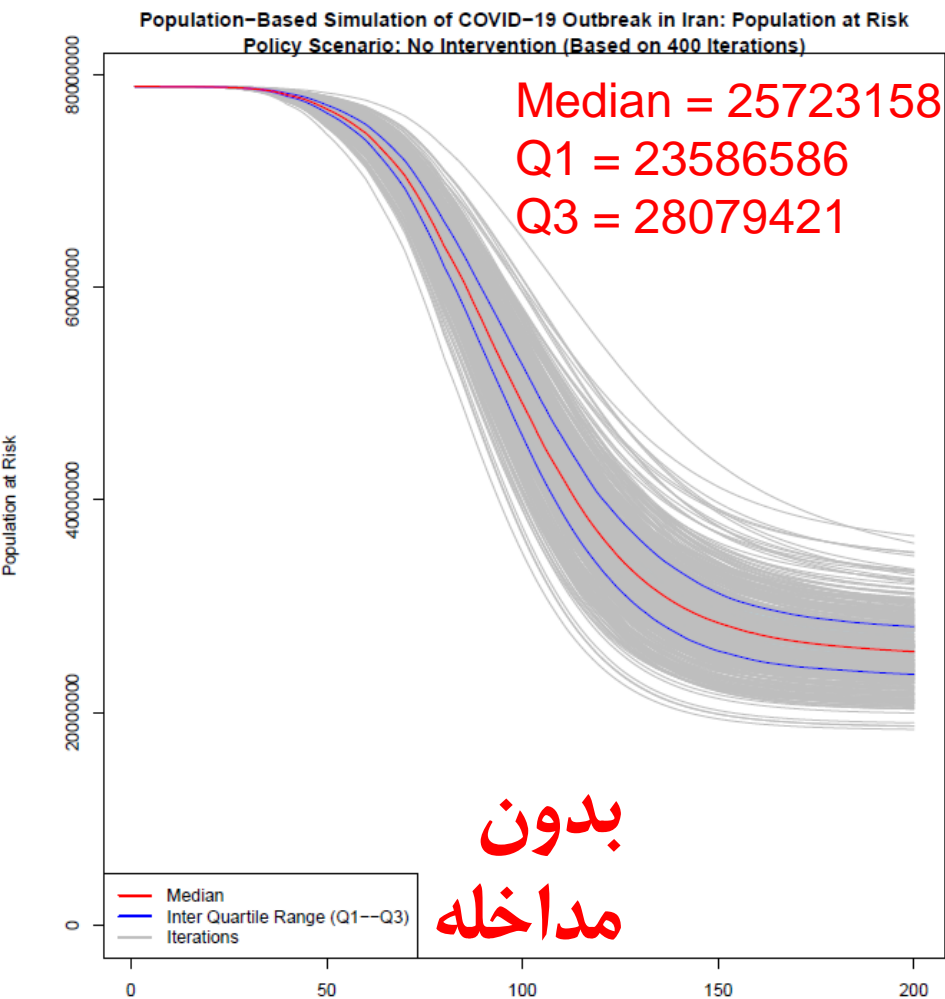
سناریوهای مختلف سیاستی در رابطه با شیوع بیماری کووید-۱۹

- سناریو اول (No Intervention): در این سناریو، هیچ مداخله‌ای صورت نمی‌پذیرد. این سناریو شبیه سیاست بدون اقدام عملی در برابر شیوع بیماری یا همان "ایمنی جمعی" (Herd Immunity) می‌باشد
- سناریو دوم (Student Quarantine): مدارس و دانشگاه‌ها از روز ۶۱ام تعطیل و دانش‌آموزان و دانشجویان در خانه قرنطینه می‌شوند
- سناریو سوم (Weekend Lockdown): از روز ۶۱ام شبیه‌سازی، روزهای کاری هفته تردد همه افراد آزاد و روزهای آخر هفته؛ پنج‌شنبه و جمعه؛ ممنوعیت تردد همگانی اعمال می‌شود
- سناریو چهارم (Inter-Province Travel Ban): ممنوعیت تردد بین استانی از روز ۶۱ مطالعه اعمال می‌شود
- سناریو پنجم (Jobless Quarantine): از روز ۶۱ مطالعه فقط افراد دارای شغل اجازه تردد دارند و سایر افراد در قرنطینه خانگی هستند

سناریوهای مختلف سیاستی در رابطه با شیوع بیماری کووید-۱۹

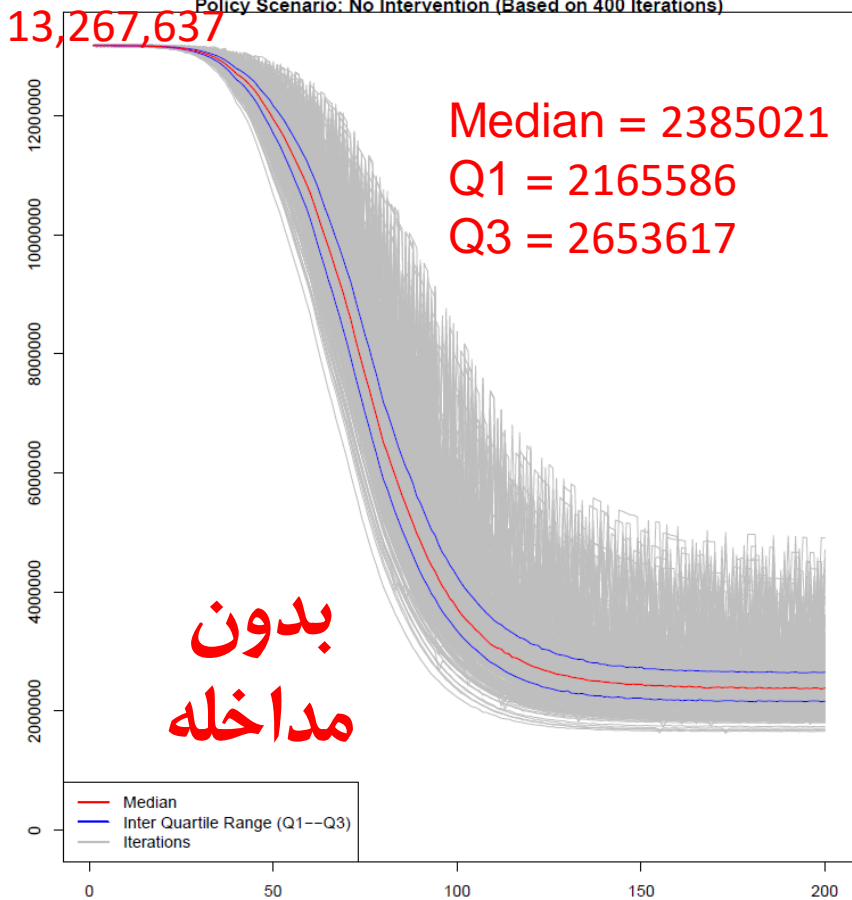
- سناریو ششم (Elderly Quarantine): از روز ۶۱ مطالعه به بعد، سالمندان یعنی افراد بالای ۶۰ سال را در داخل خانوار قرنطینه می‌نماید
- سناریو هفتم (Inter-District Travel Ban)، ممنوعیت تردد بین شهرستانی از روز ۶۱ به بعد اعمال می‌شود
- سناریو هشتم (Iran School Policy)، با سناریوهای قبلی دو تفاوت دارد.
 - این سناریو بجای شروع از روز ۶۱م از روز ۳۱م به بعد شروع می‌شود
 - این سیاست فقط برای ۳ ماه اجرا می‌شود. بر اساس این سیاست که شبیه سیاست مدارس ایران می‌باشد، مدارس و دانشگاه‌ها در روز ۳۱ مطالعه (معادل اول اسفند ۱۳۹۸) بسته می‌شوند و ۳ ماه بعد به مدت دو ماه باز و بعداً دوباره تعطیل می‌شوند

تعداد جمعیت سالم در دو سناریو شبیه سازی بدون مداخله و قرنطینه شاغلین بر اساس ۴۰۰ تکرار

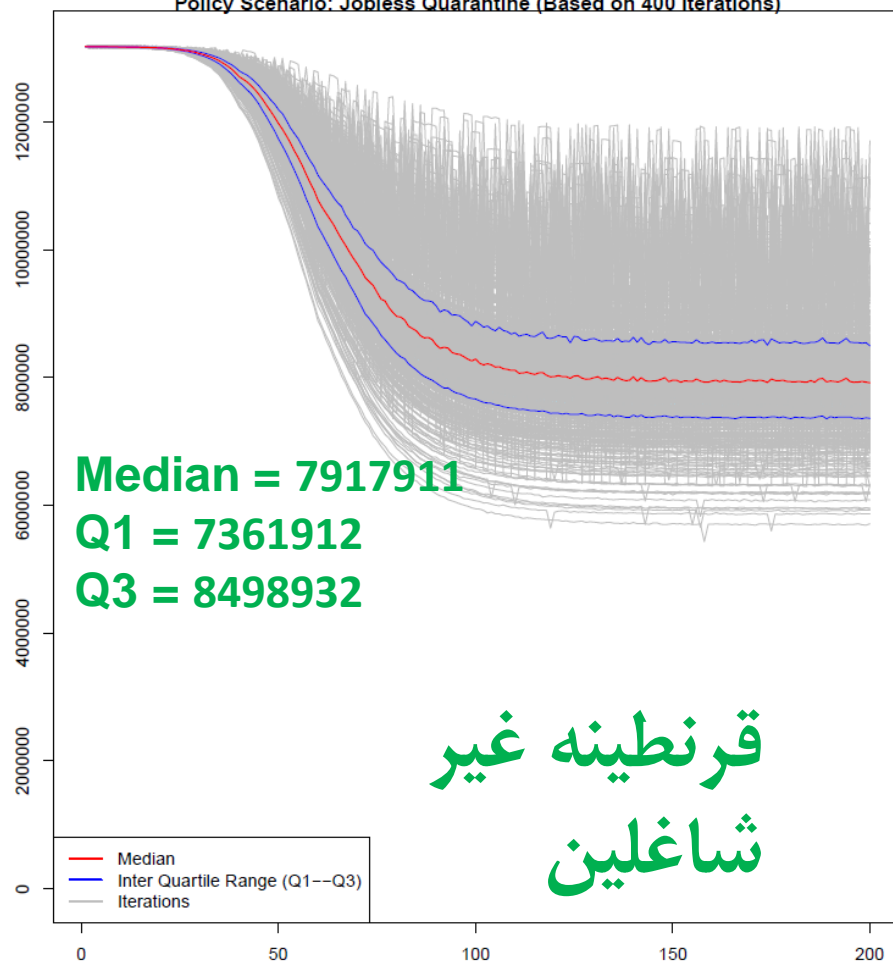


تعداد جمعیت سالم در دو سناریو شبیه سازی بدون مداخله و قرنطینه شاغلین بر اساس ۴۰۰ تکرار (استان تهران)

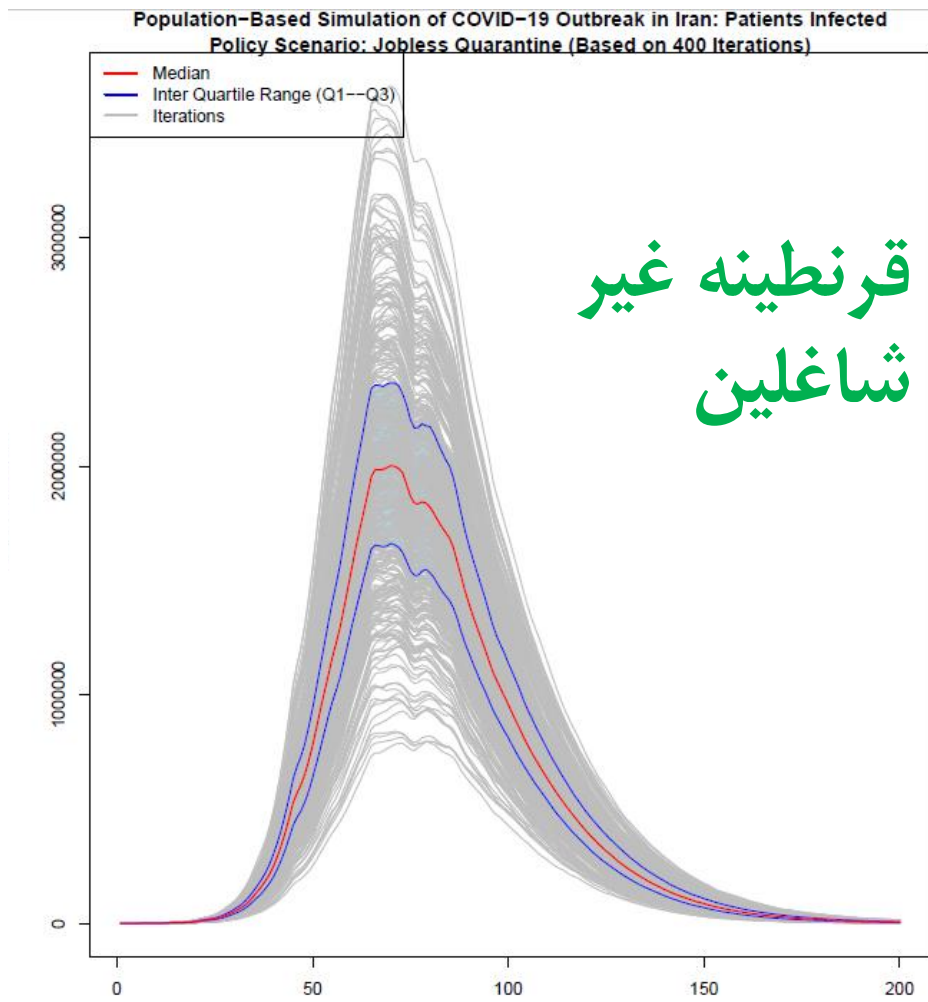
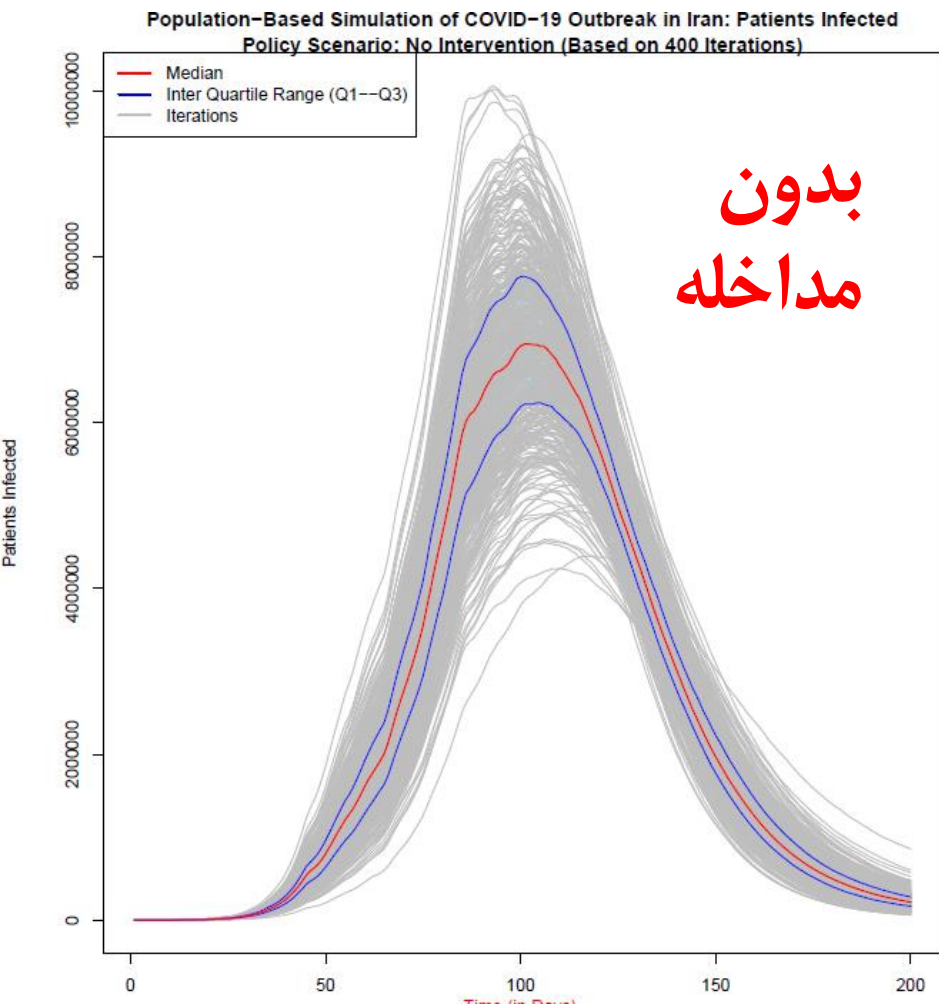
Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Population at Risk
Policy Scenario: No Intervention (Based on 400 Iterations)



Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Population at Risk
Policy Scenario: Jobless Quarantine (Based on 400 Iterations)

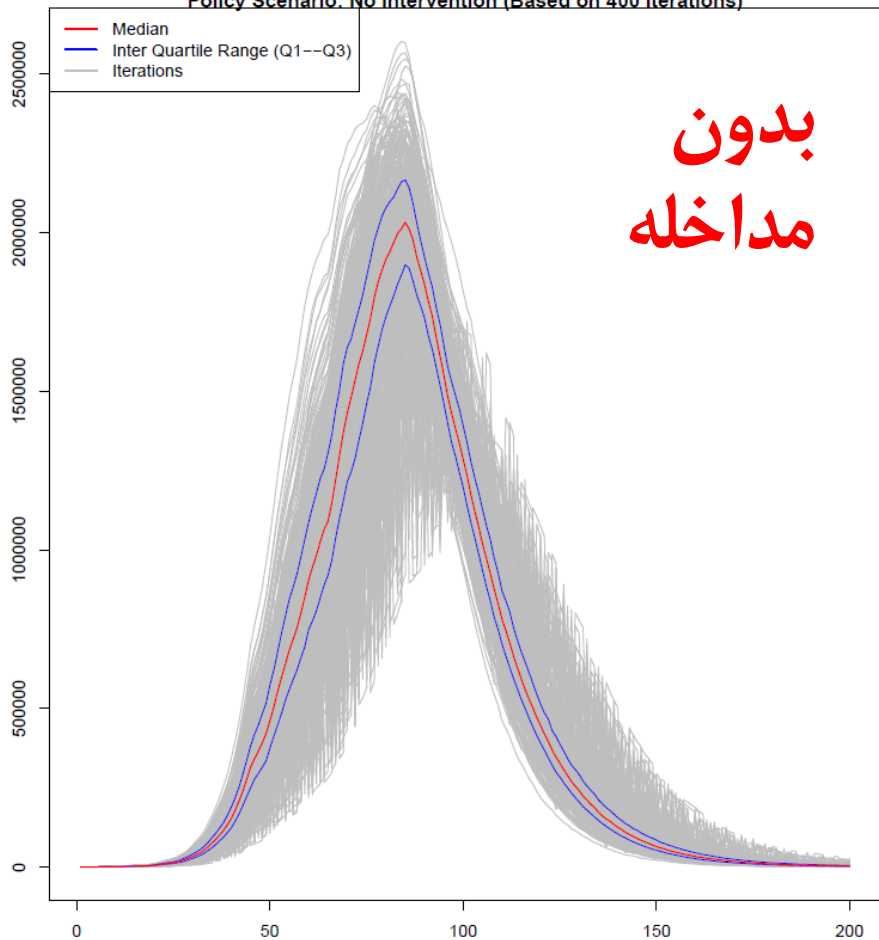


تعداد جمعیت مبتلا در دو سناریو شبیه سازی بدون مداخله و قرنطینه شاغلین بر اساس ۴۰۰ تکرار

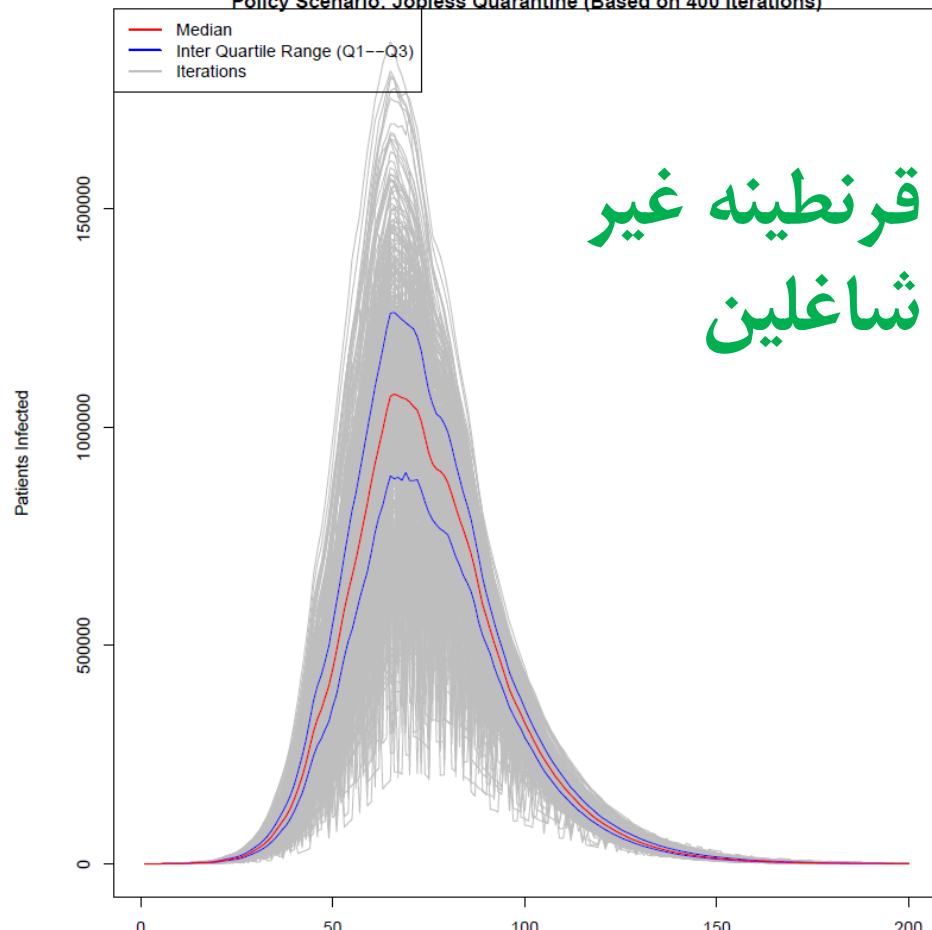


تعداد جمعیت مبتلا در دو سناریو شبیه سازی بدون مداخله و قرنطینه شاغلین بر اساس ۴۰۰ تکرار (استان تهران)

Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Patients Infected
Policy Scenario: No Intervention (Based on 400 Iterations)

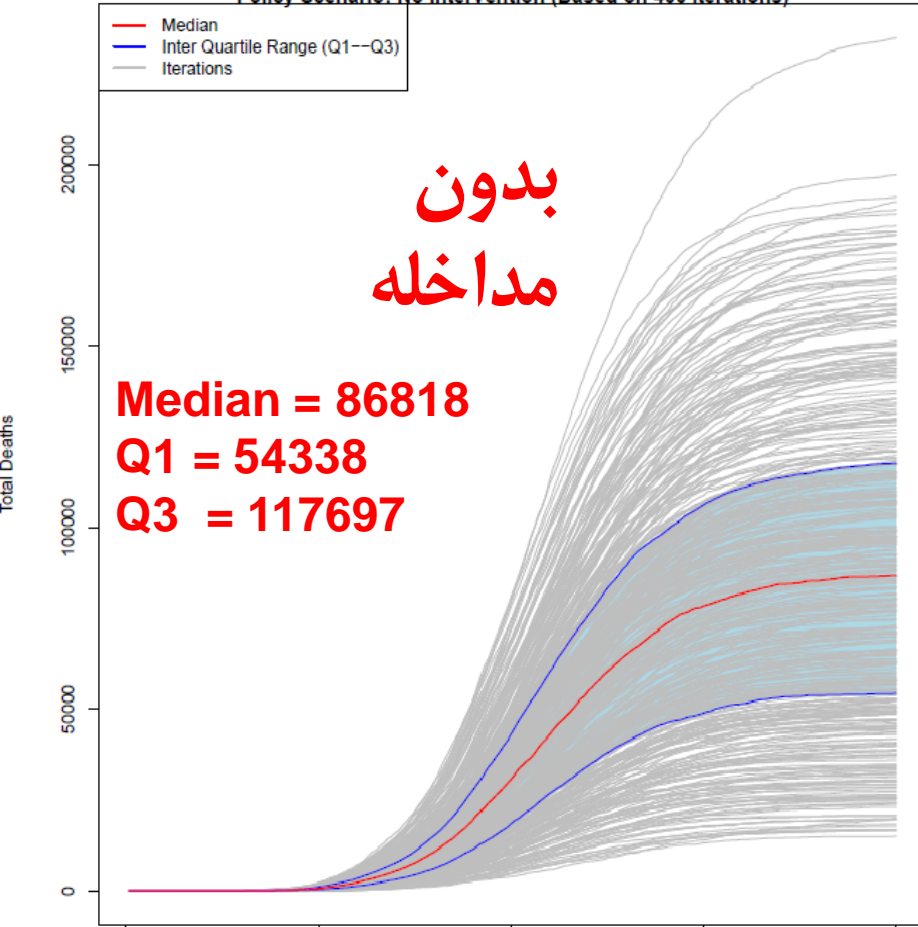


Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Patients Infected
Policy Scenario: Jobless Quarantine (Based on 400 Iterations)

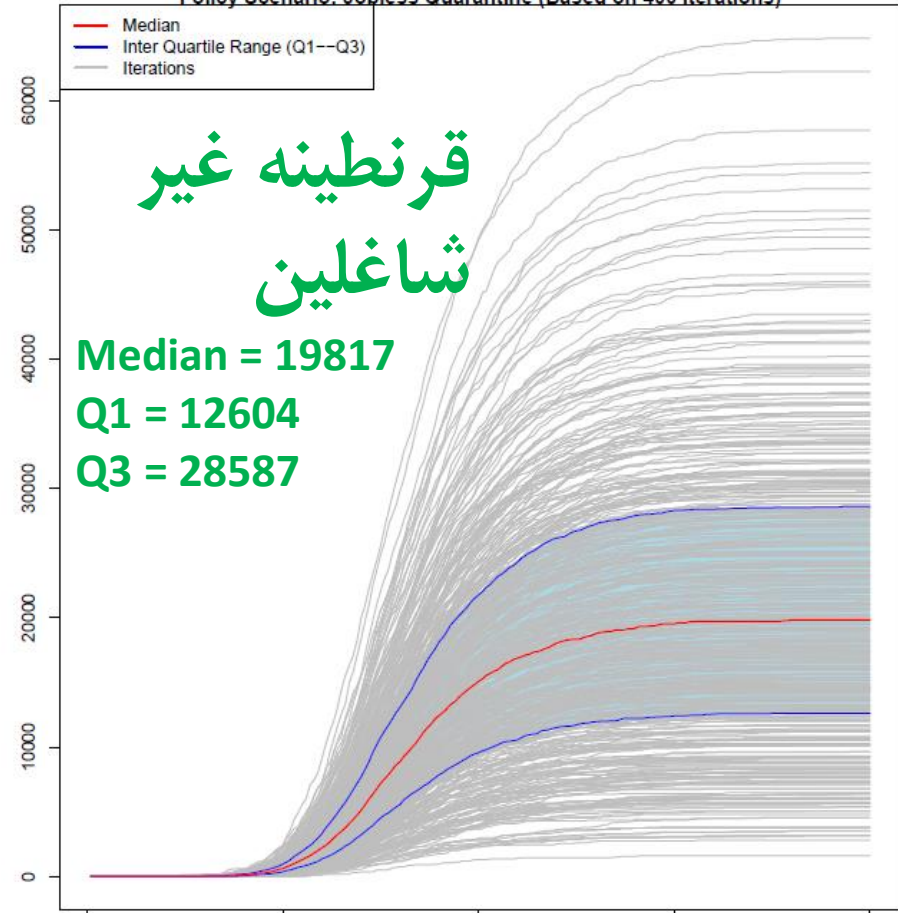


تعداد کل فوت شدگان در دو سناریو شبیه سازی بدون مداخله و قرنطینه شاغلین بر اساس ۴۰۰ تکرار

Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Total Deaths
Policy Scenario: No Intervention (Based on 400 Iterations)

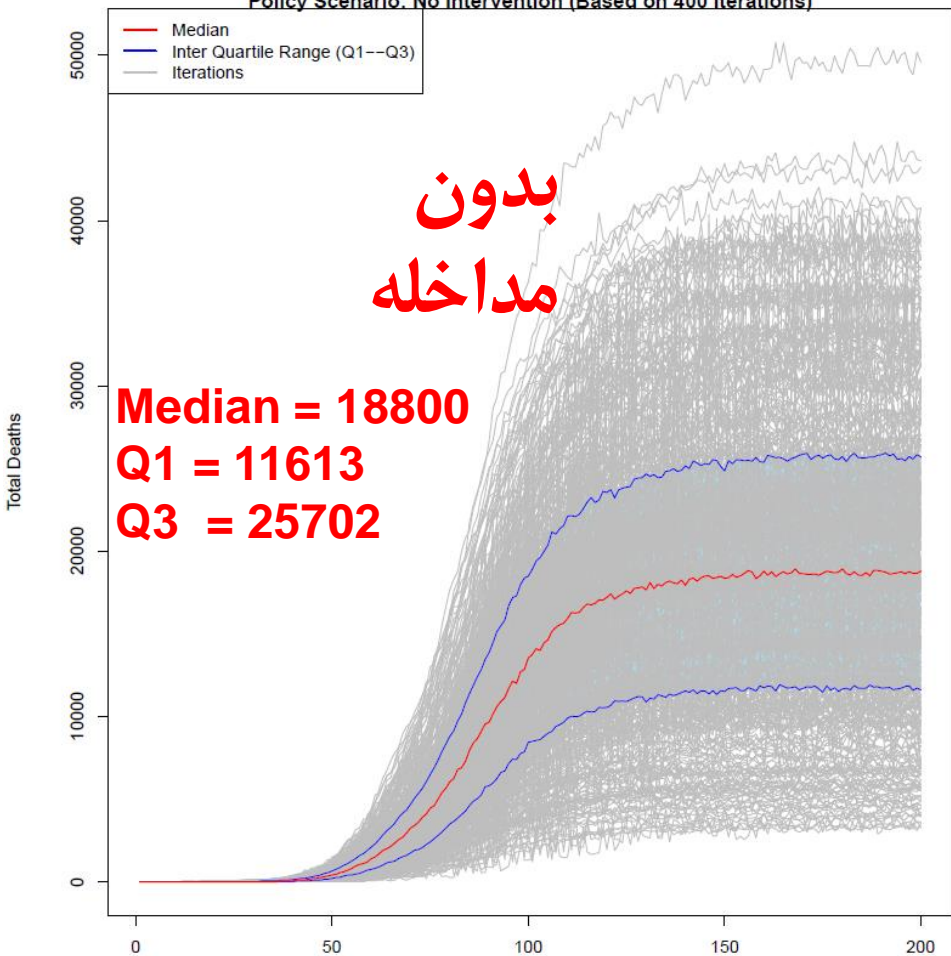


Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Total Deaths
Policy Scenario: Jobless Quarantine (Based on 400 Iterations)

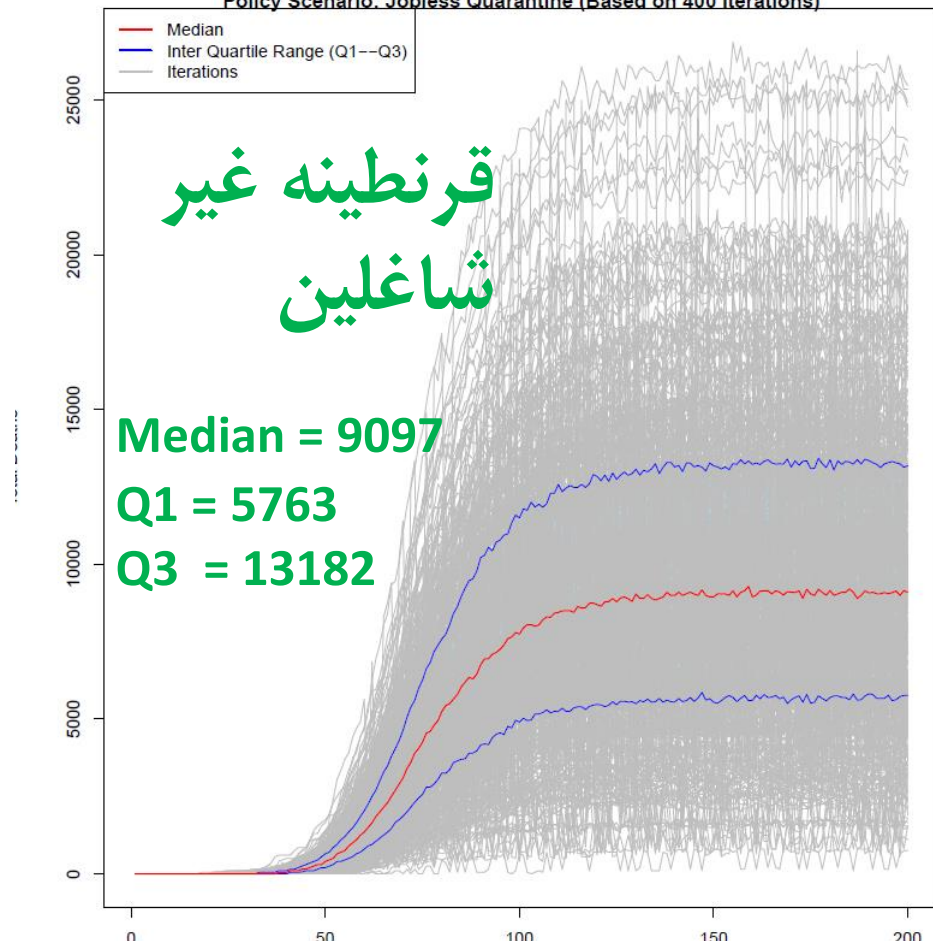


تعداد کل فوت شدگان در دو سناریو شبیه سازی بدون مداخله و قرنطینه شاغلین بر اساس ۴۰۰ تکرار (استان تهران)

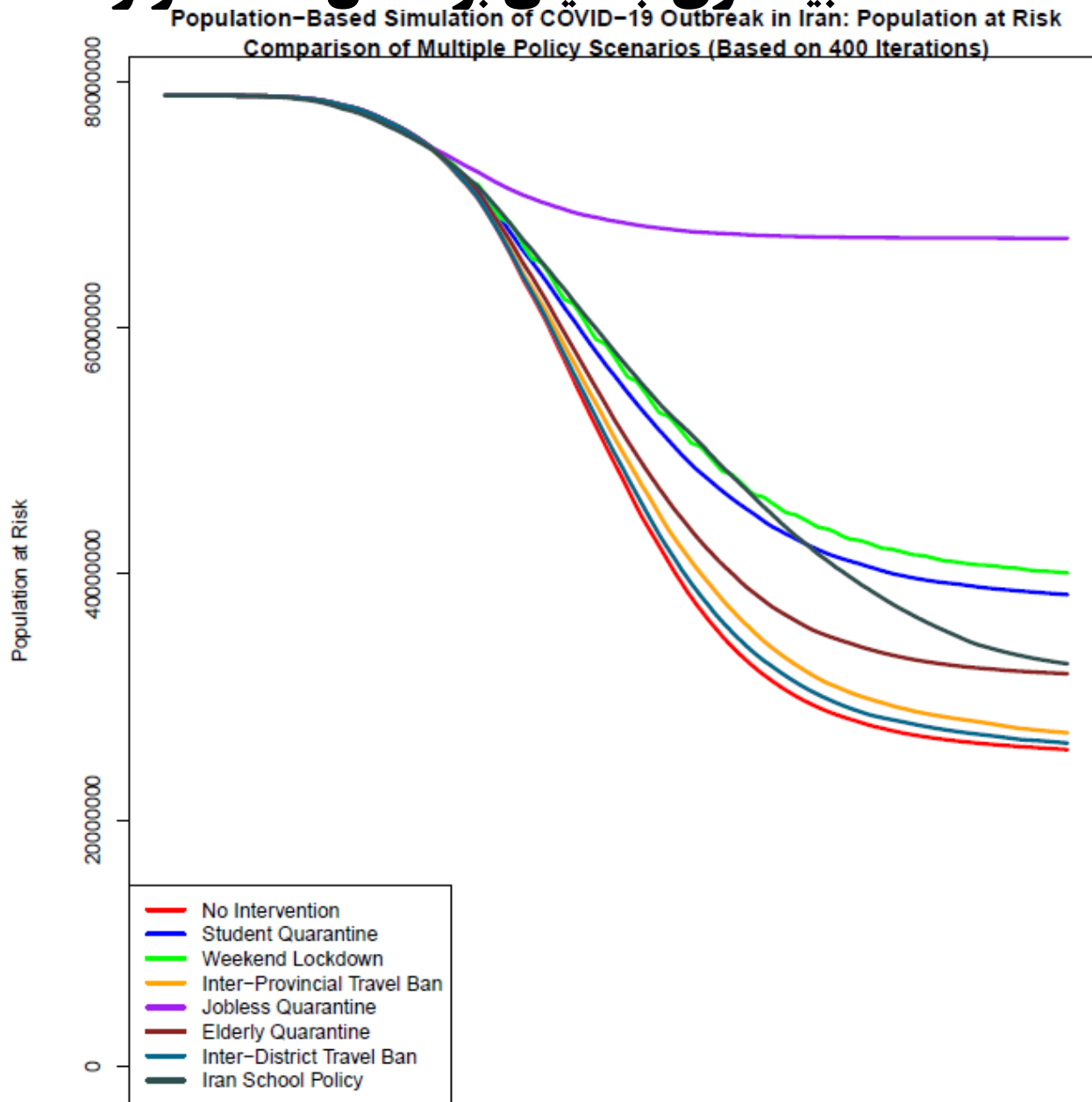
Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Total Deaths
Policy Scenario: No Intervention (Based on 400 Iterations)



Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Total Deaths
Policy Scenario: Jobless Quarantine (Based on 400 Iterations)

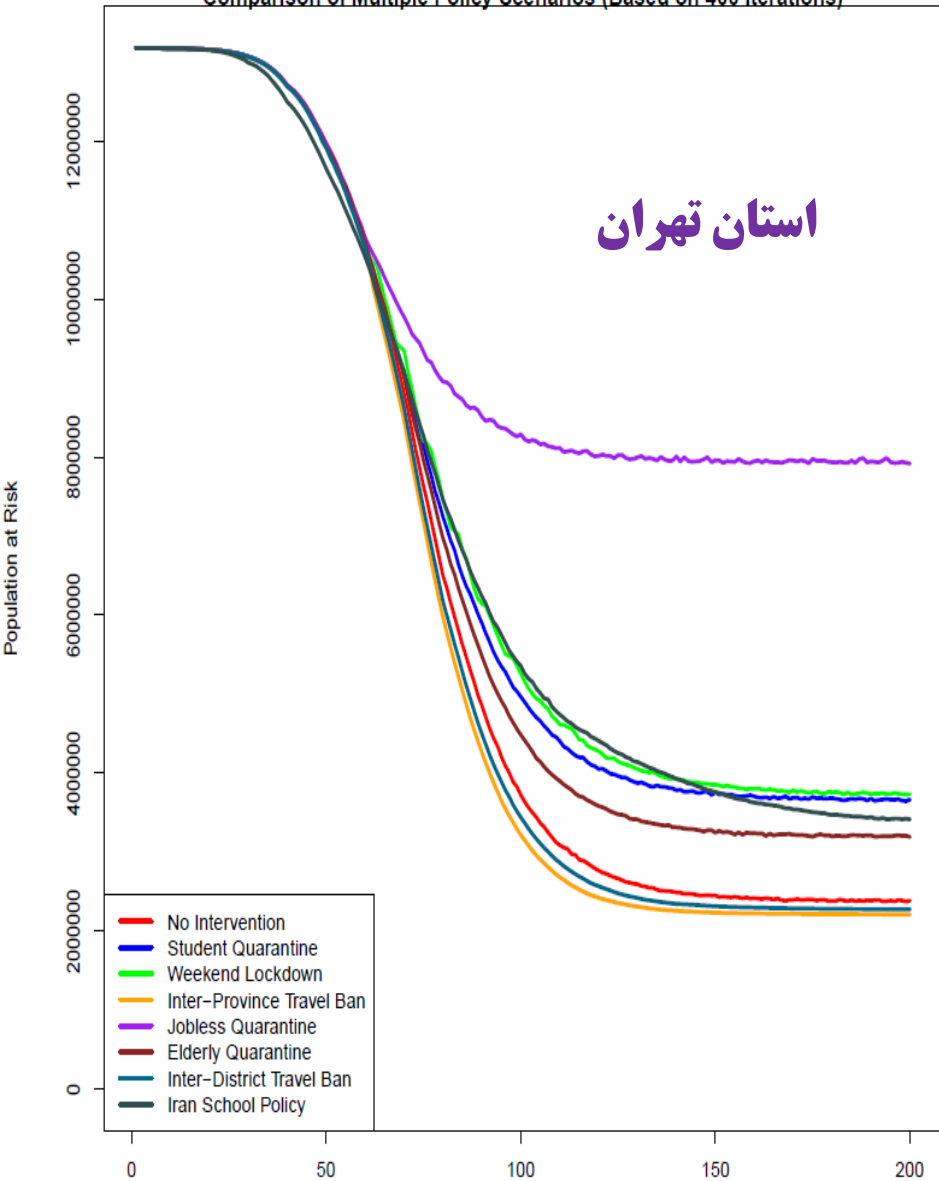


مقایسه تعداد جمعیت در معرض بیماری (ساله) سناریوهای مختلف سیاستی: شبیه‌سازی جمعیتی بر اساس ۴۰۰ تکرار

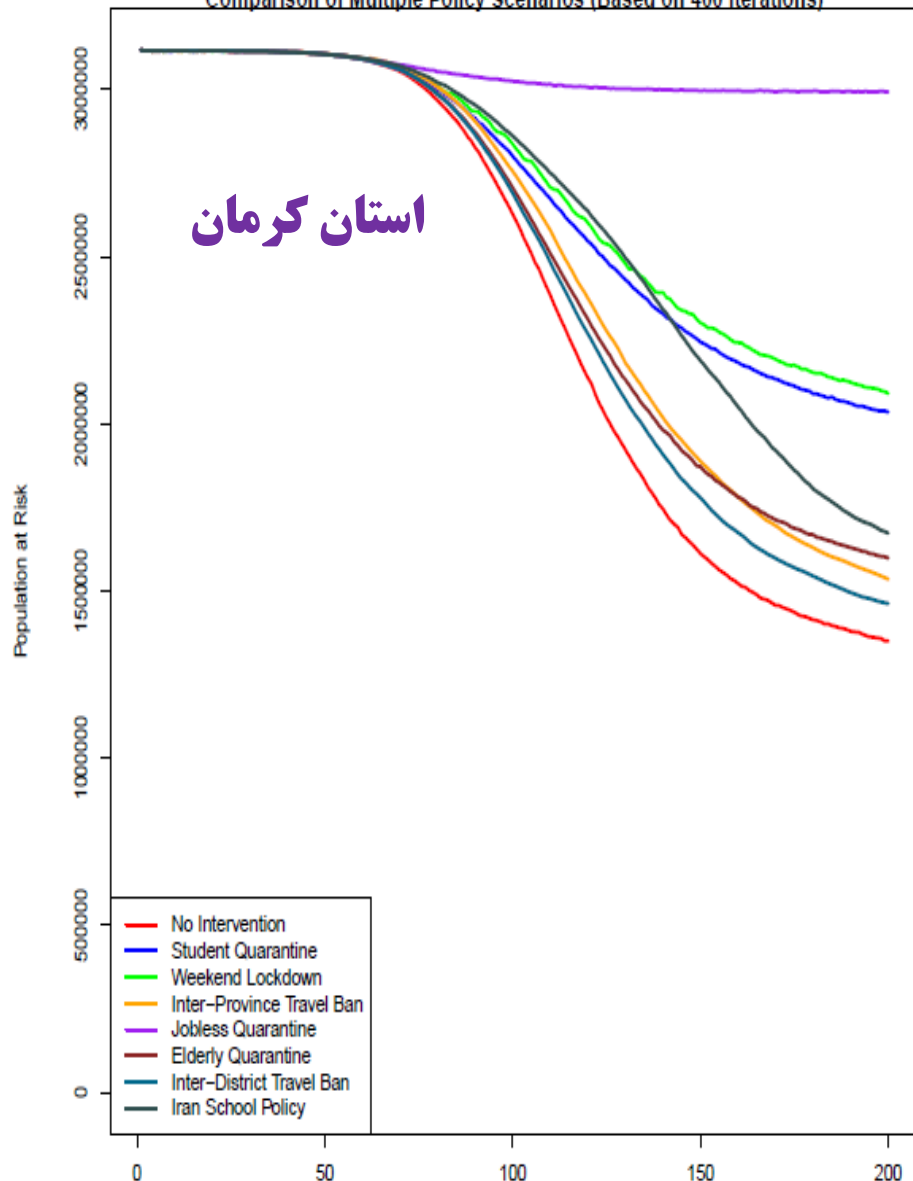


مقایسه تعداد جمعیت در معرض بیماری (ساله) سناریوهای مختلف سیاستی: شبیه‌سازی جمعیتی بر اساس ۴۰۰ تکرار

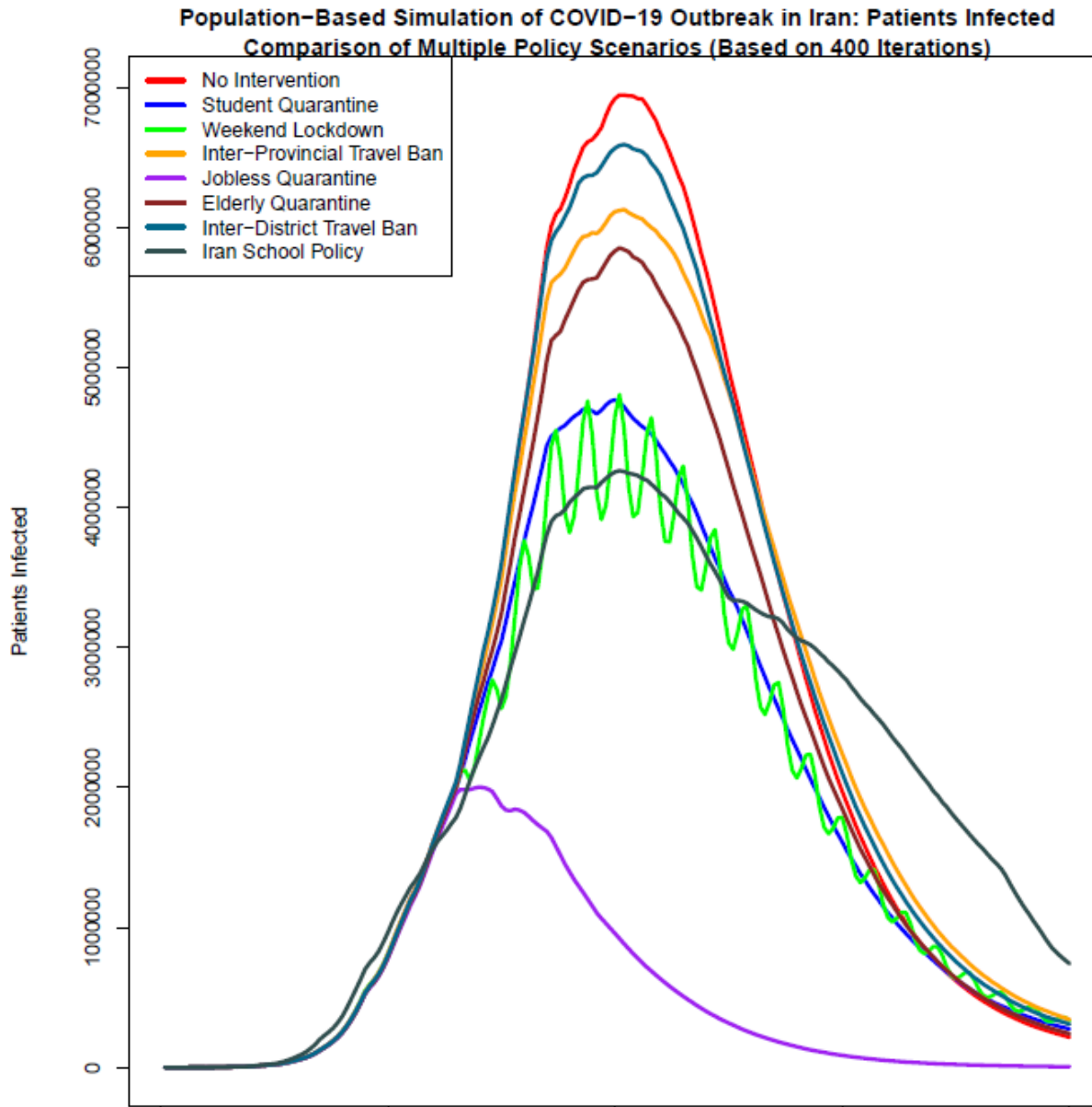
Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Population at Risk
Comparison of Multiple Policy Scenarios (Based on 400 Iterations)



Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Population at Risk
Comparison of Multiple Policy Scenarios (Based on 400 Iterations)

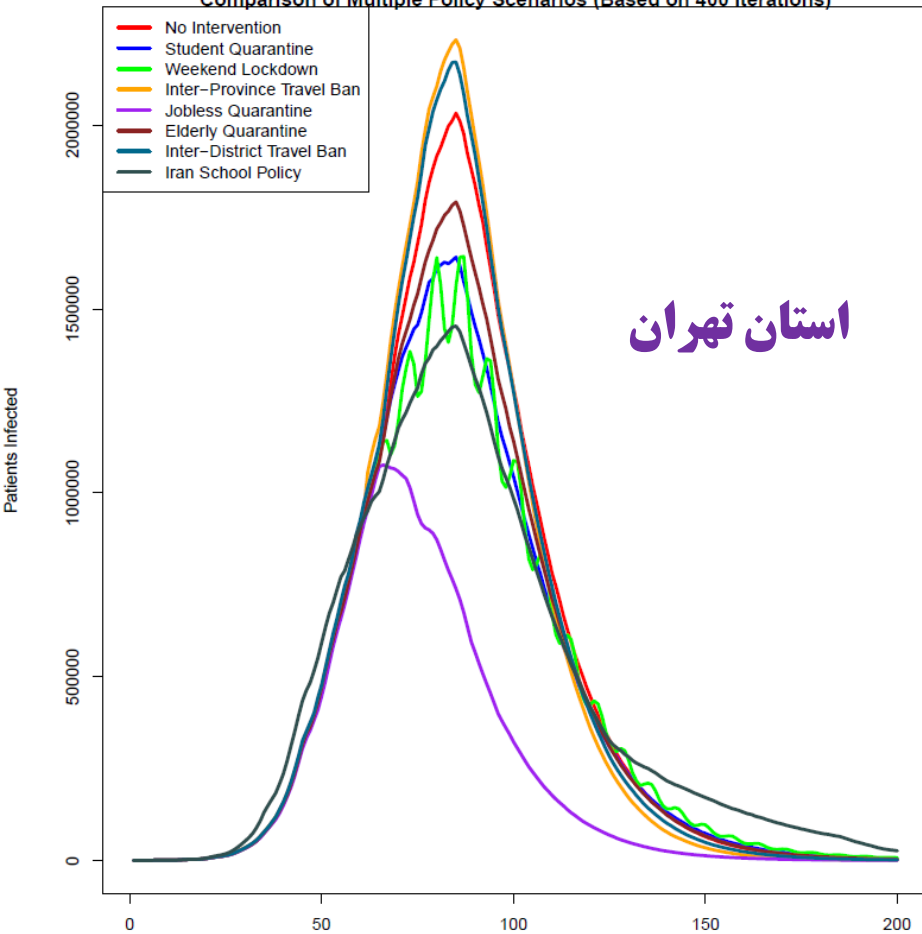


مقایسه تعداد مبتلایان به بیماری کووید-۱۹ در سناریوهای مختلف سیاستی: شبیه‌سازی جمعیتی بر اساس ۴۰۰ تکرار

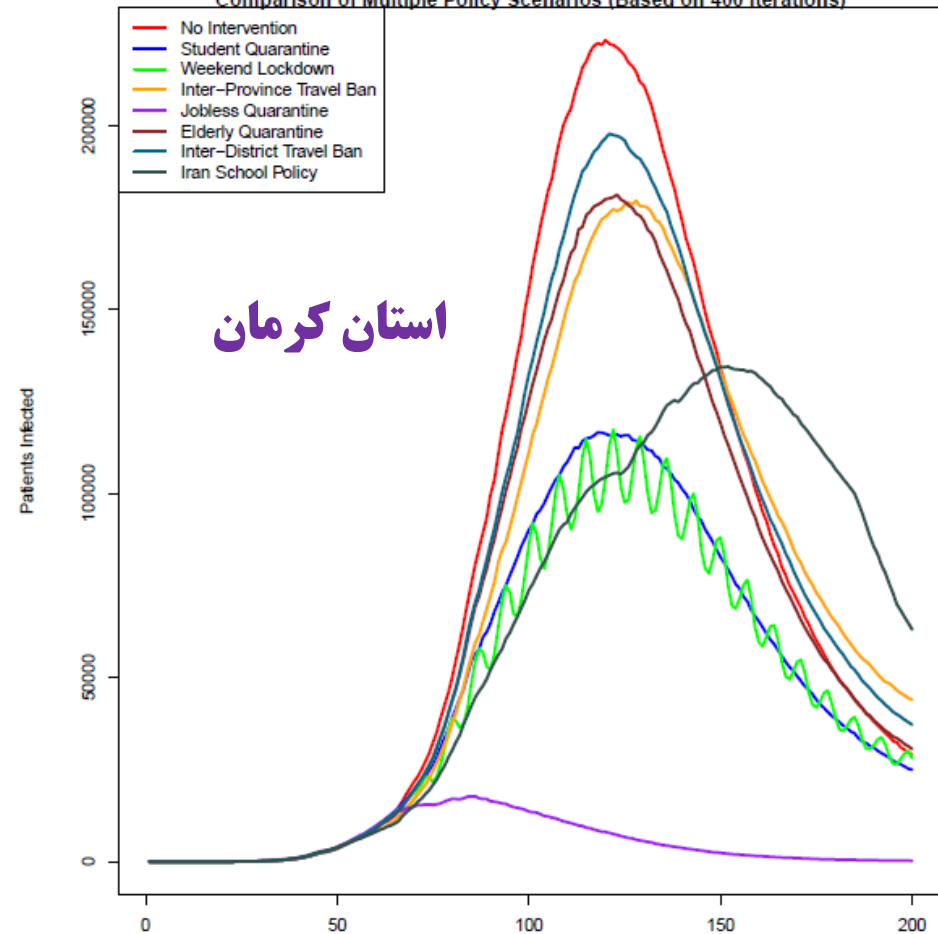


مقایسه تعداد مبتلایان به بیماری کووید-۱۹ در سناریوهای مختلف سیاستی: شبیه‌سازی جمعیتی بر اساس ۴۰۰ تکرار

Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Patients Infected
Comparison of Multiple Policy Scenarios (Based on 400 Iterations)

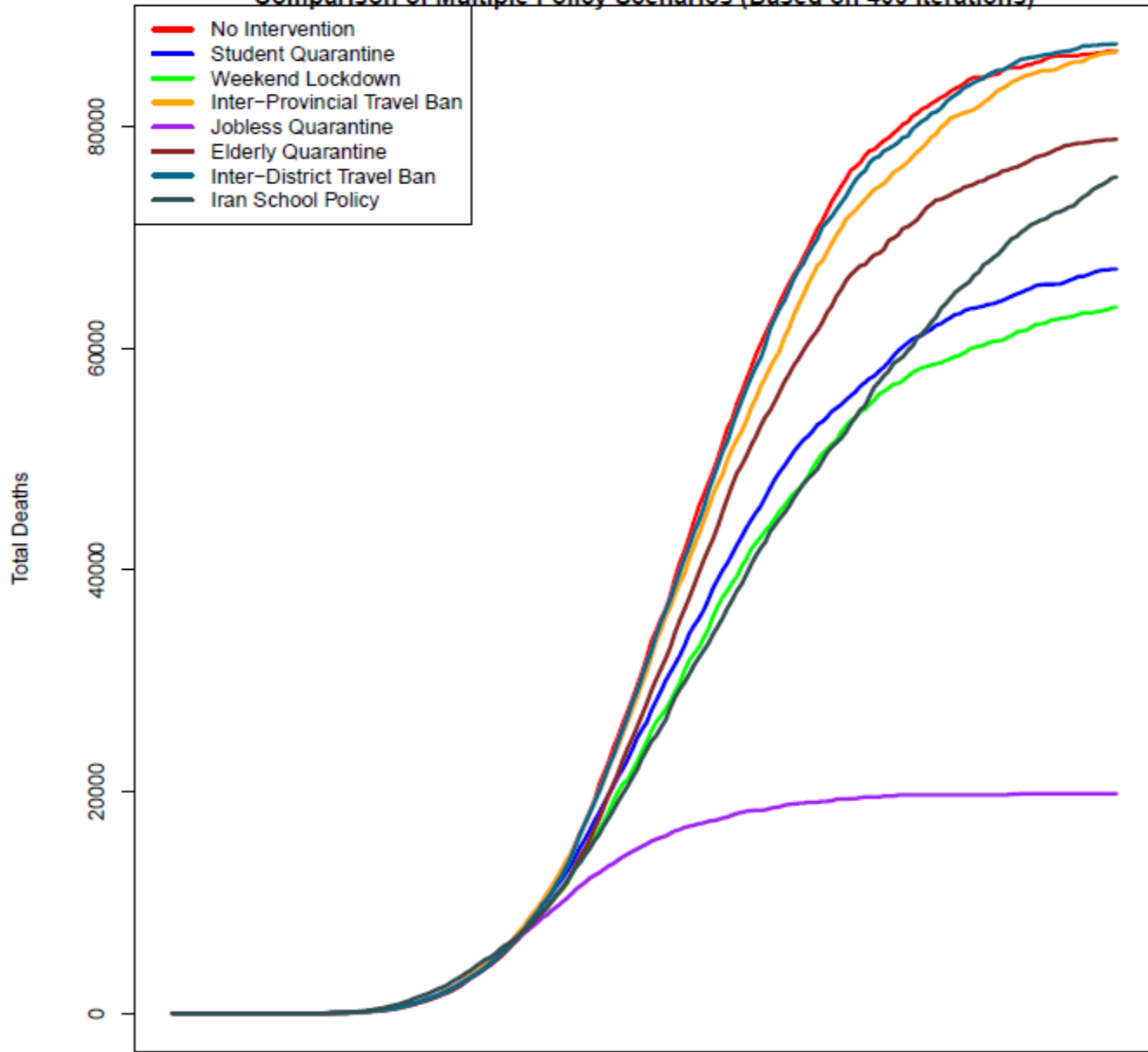


Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Patients Infected
Comparison of Multiple Policy Scenarios (Based on 400 Iterations)

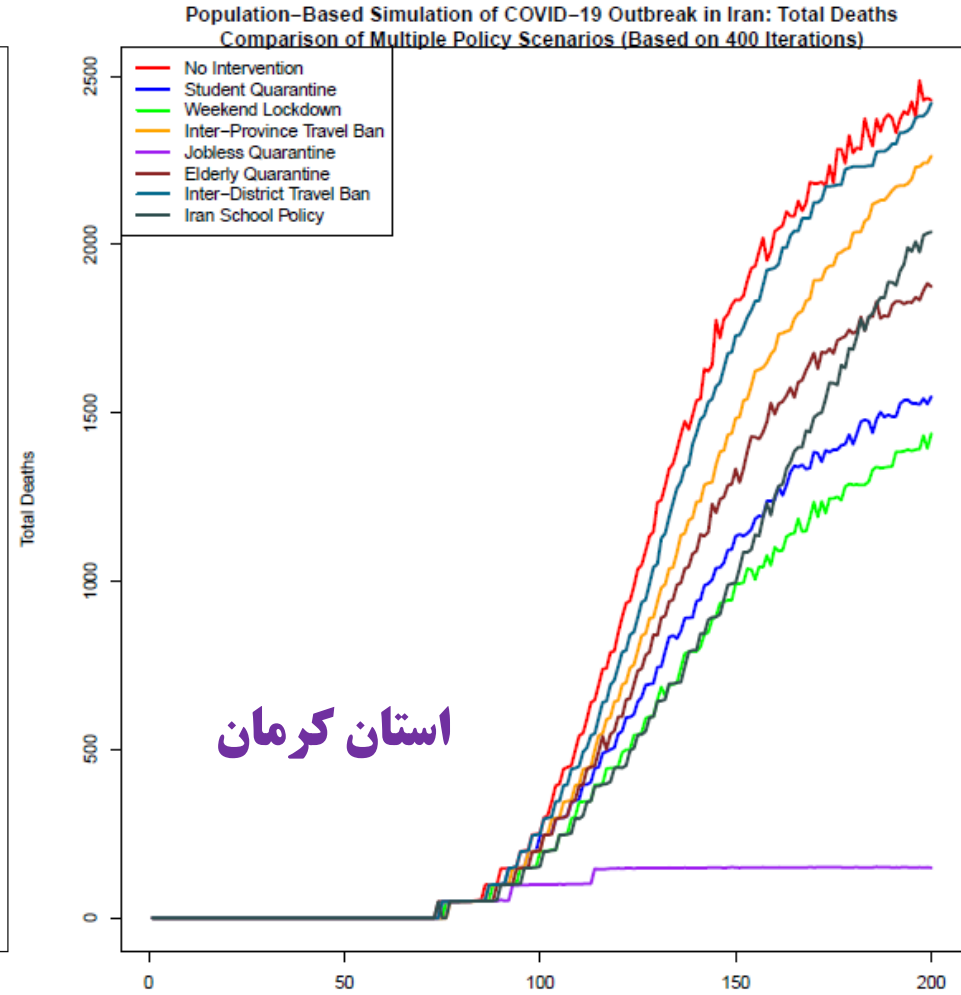
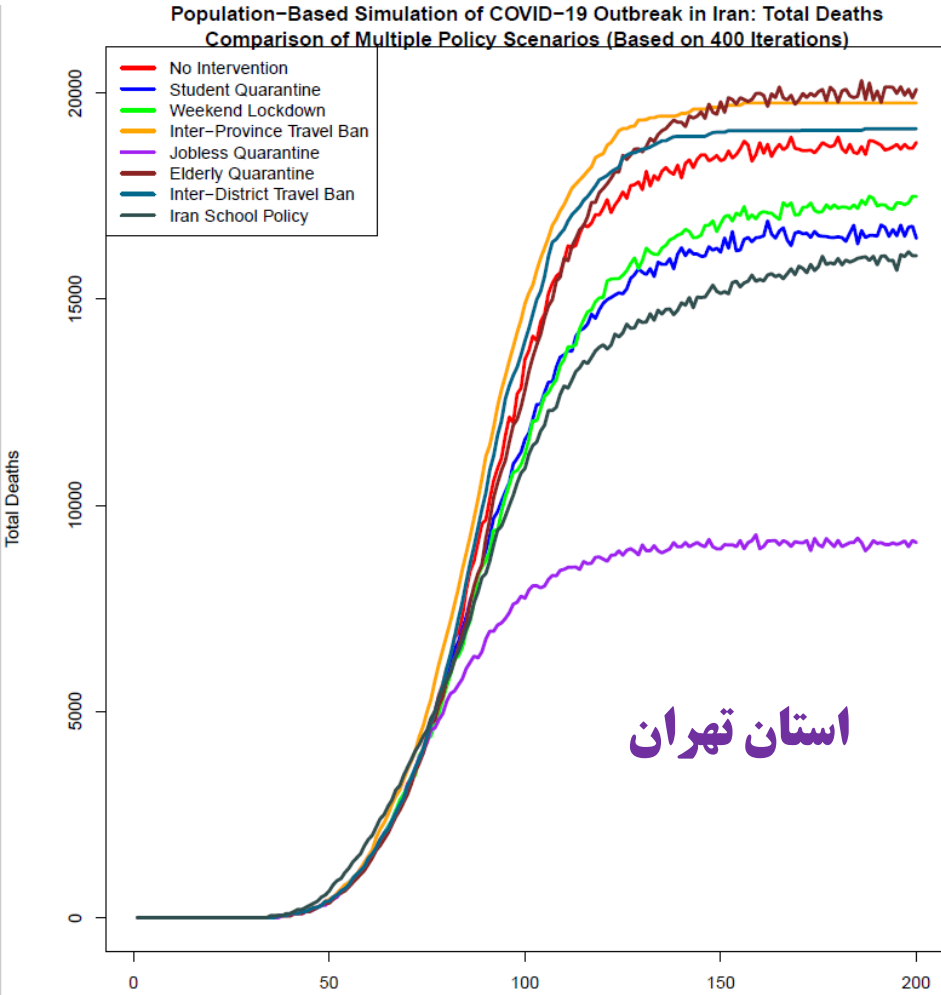


مقایسه تعداد کل فوت‌شدگان ناشی از بیماری کووید-۱۹ در سناریوهای مختلف سیاستی: شبیه‌سازی جمعیتی بر اساس ۴۰۰ تکرار

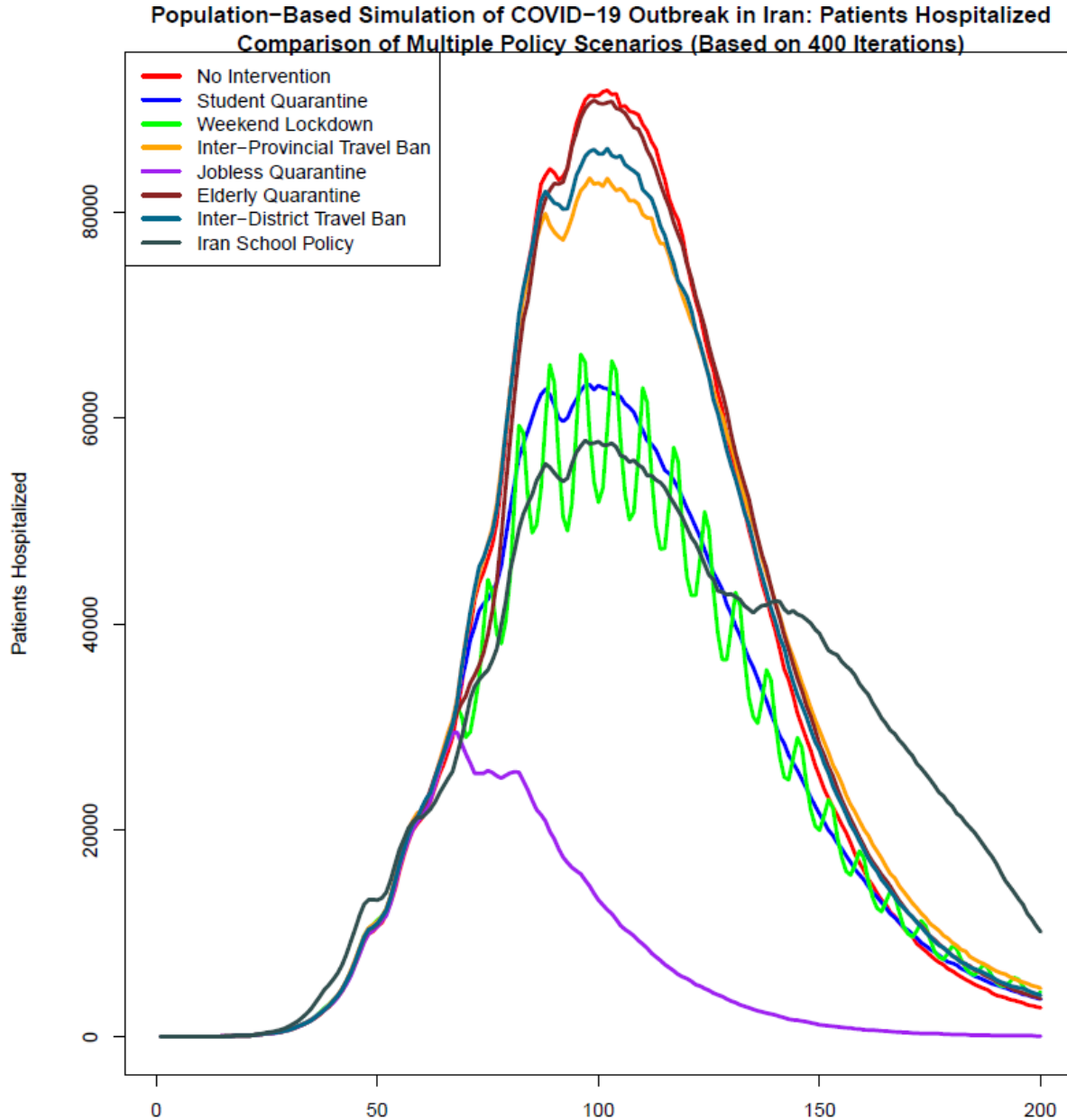
Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Total Deaths
Comparison of Multiple Policy Scenarios (Based on 400 Iterations)



مقایسه تعداد کل فوت‌شدگان ناشی از بیماری کووید-۱۹ در سناریوهای مختلف سیاستی: شبیه‌سازی جمعیتی بر اساس ۴۰۰ تکرار

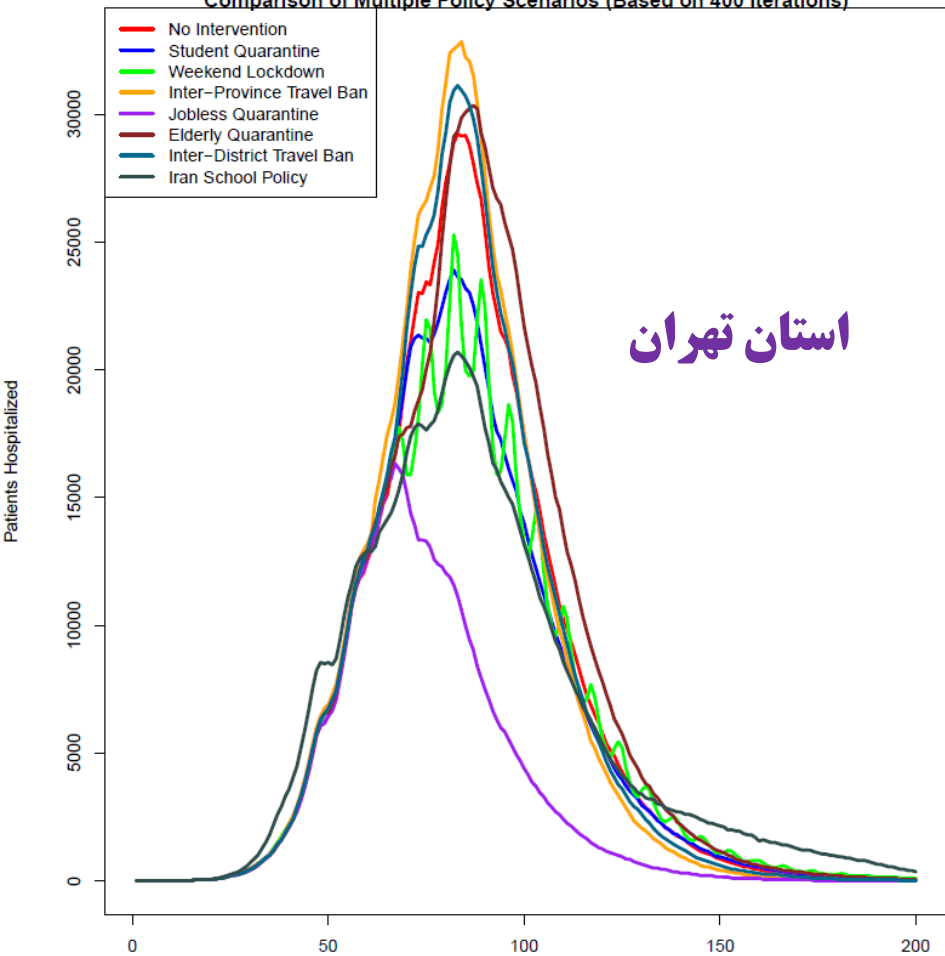


مقایسه تعداد بیماران کووید-۱۹ بستری در سناریوهای مختلف سیاستی: شبیه‌سازی جمعیتی بر اساس ۴۰۰ تکرار

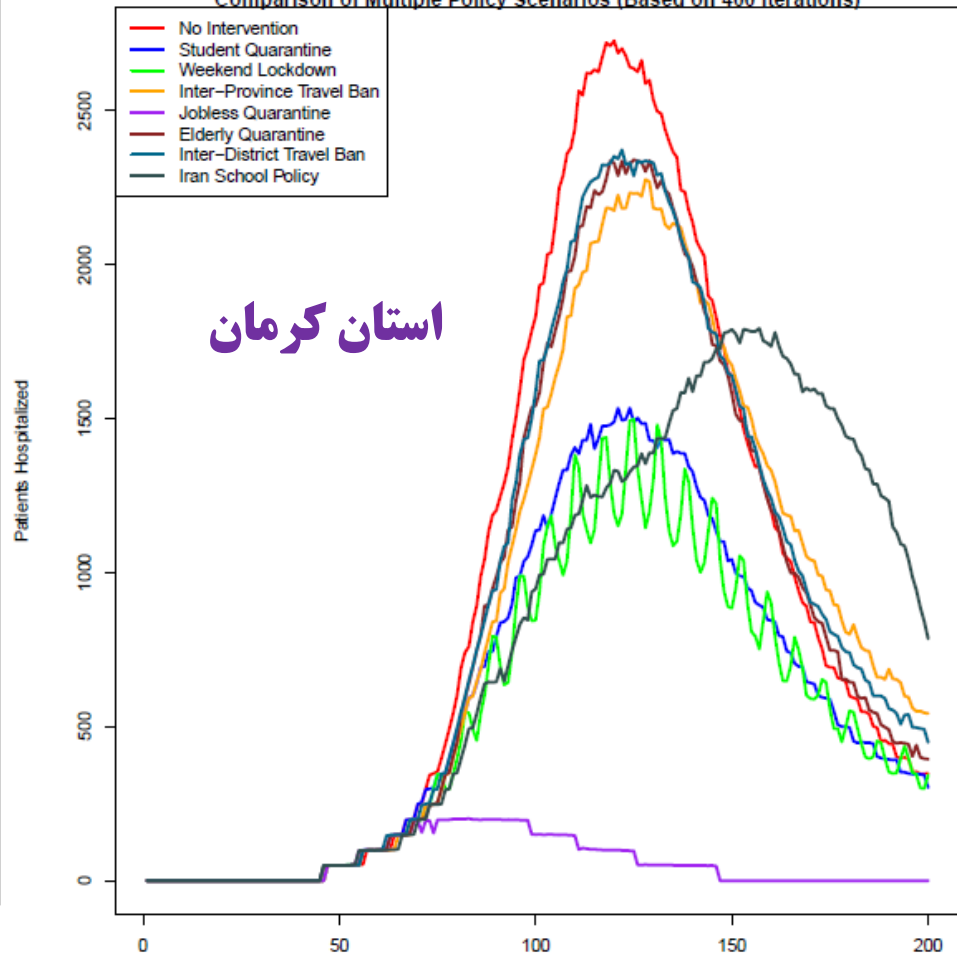


مقایسه تعداد بیماران کووید-۱۹ بستری در سناریوهای مختلف سیاستی: شبیه‌سازی جمعیتی بر اساس ۴۰۰ تکرار

Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Patients Hospitalized
Comparison of Multiple Policy Scenarios (Based on 400 Iterations)



Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Patients Hospitalized
Comparison of Multiple Policy Scenarios (Based on 400 Iterations)



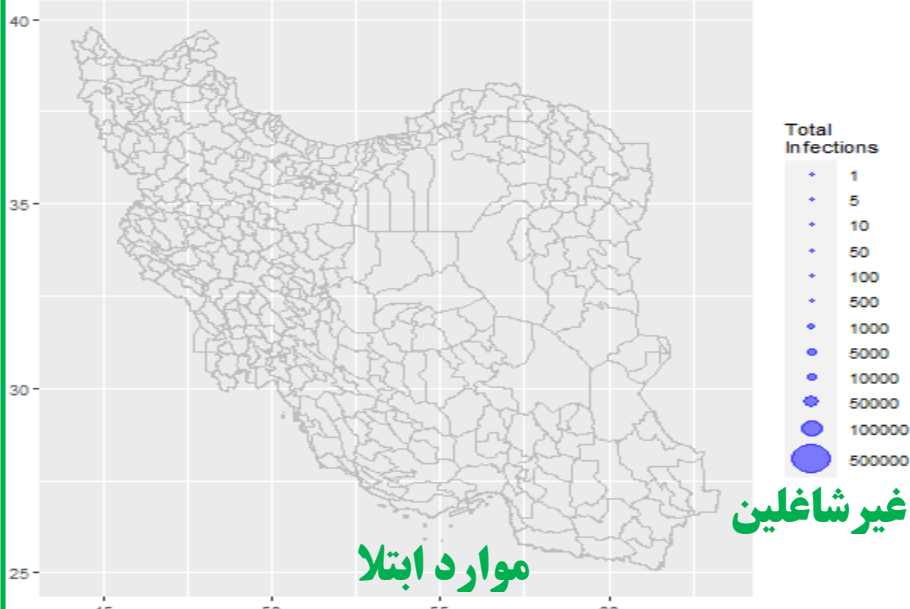
Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Total Infections (Based on 400 Iterations) Day: 0



Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Total Deaths (Based on 400 Iterations) Day: 0



Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Total Infections (Based on 400 Iterations) Day: 0



Population-Based Simulation of COVID-19 Outbreak in Iran: Total Deaths (Based on 400 Iterations) Day: 0



قرنطینه غیر شاغلین

با تشکر از حسن توجه شما