مقاله پژوهشی

سیاستگذاری دولت در کنترل ویروس کووید-۱۹ بر اساس رویکرد تئوری بازی: تعطیلی مشاغل یا خرید واکسن

رامین صادقیان [۱*]

[۱] دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه پیام نور، ایران

* **نویسنده مسؤول:** رامین صادقیان
sadeghian@pnu.ac.ir

ارجاع: صادقیان رامین. سیاستگذاری دولت در کنترل ویروس کووید-۱۹ بر اساس رویکرد تئوری بازی: تعطیلی مشاغل یا خرید واکسن. راهبردهای مدیریت در نظام سلامت ۱۴۰۰؛ ۶(۲): ۴۴-۱۳۳.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۰
تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۰/۰۶/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۷

چکیده

زمینه و هدف: ابزارهای کنترل ویروس کووید-در سطح جامعه رعایت اصول بهداشتی ازقبیل رعایت فاصله اجتماعی، زدن ماسک، شستن دست‌ها، رعایت نظافت، رعایت لوازم شخصی و غیره نمونه‌هایی از این دست هستند. در سطح کلان، دولت‌ها برای مقابله با این ویروس اقداماتی از جمله تعطیلی شهرها، خرید واکسن، آموزش‌های رعایت اصول بهداشتی و غیره را مدنظر قرار داده‌اند. با توجه به هزینه‌های کلانی که تعطیلی شهرها در سطوح مختلف و خرید واکسن برای دولت‌ها دارد و دولت‌ها شاید تمایل داشته باشند جهت کنترل مرحله‌ای این ویروس ادغامی از این‌ها را انتخاب و استفاده نمایند، این مقاله با در نظر گرفتن این ۲ عامل به عنوان ۲ رقیب در اثربخشی کنترل ویروس کووید-۱۹ به دنبال یافتن نقطه تعادلی جهت کنترل این ویروس بود.

روش پژوهش: با درنظر گرفتن میزان تعطیلی شهرها بر حسب نفر-روز و میزان خرید واکسن بر حسب نفر که هر ۲ دارای فضای پیوسته و نامحدود هستند، یک بازی ۲ نفره نامحدود تعریف شد. از طرفی معیار اساسی قابل توجه برای دولت‌ها می‌تواند هزینه و تعداد مبتلایان به بیماری باشد. از اینرو بازی موردنظر به صورت ۲ معیاره تعریف شد. جهت شفافیت موضوع یک مطالعه موردی نیز مورد حل قرار گرفت.

یافته‌ها: دولت می‌بایست برای اینکه به اهداف مدنظر از بابت هزینه و کاهش ابتلا به بیماری برسد، حداقل ۱۲روز ادارات را تعطیل نموده و به حدود ۲۸ میلیون نفر ۲ دوز واکسن تزریق نماید.

نتیجه گیری: با حل مدل ارائه شده مشخص گردید که جهت کنترل اولیه بیماری، خرید و تزریق واکسن می‌تواند مؤثرتر باشد ولیکن درجهت کاهش و کنترل بیشتر بیماری بهتر است از ابزار تعطیلی مشاغل نیز استفاده گردد. همچنین تحلیل‌ها نشان داد دولت‌هایی که تمایل کمتری به هزینه‌کرد در مورد کنترل بیماری دارند، می‌توانند به تعطیلی مشاغل روی آورند.

واژه‌های کلیدی: ویروس کووید-۱۹، بازی ۲ نفره، بازی ۲ معیاره، تعطیلی مشاغل، خرید واکسن

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24766879.1400.6.2.6.6]
[DOI: 10.18502/mshsj.v6i2.7179]

مقدمه

با همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ تحقیقات علمی گسترده‌ای جهت بررسی ابعاد مختلف این ویروس در زمینه کلی، پزشکی، کنترل و پیشگیری، آثار روانشناختی، آثار اقتصادی، مدل‌سازی‌های ریاضی و پیش‌بینی صورت گرفت.

تحقیقات در حوزه‌های پزشکی، کنترل و پیشگیری و آثار روانشناختی این ویروس احتمالاً بیش از سایر حوزه‌ها گسترش یافت. ازآن‌جمله: ژانگ و همکاران (۲۰۲۱) به تجزیه و تحلیل خطرات ژنتیکی و قرار گرفتن در معرض کووید-۱۹ در افراد بزرگسال، میانسال و مسن پرداختند (۱). ژو و همکاران (۲۰۲۱) روی کنترل و مهار عفونت ویروس کرونا در سیستم راه هوایی انسان تحقیق انجام دادند (۲). سانتوس (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر تنوع ژنتیکی ویروس و مصونیت میزبان برای موفقیت واکسن‌های کووید-۱۹ پرداخت (۳). هو و همکاران (۲۰۲۱) بر روی فرسودگی شغلی در پزشکان و پرستاران بخش مراقبت‌های ویژه در چین مطالعاتی را انجام دادند (۴). شکوفه (۲۰۲۱) در تحقیق خود چندین عوامل درمانی بالقوه برای پیشگیری و درمان SARS-CoV-2 معرفی کرد (۵) و سهرابی و همکاران (۲۰۲۱) یک تحقیق مروری بر روی تأثیر ویروس کووید-۱۹(کرونا) بر تحقیقات علمی و پیامدهای آن در آموزش آکادمیک بالینی ارائه دادند (۶).

در حوزه‌های اقتصادی و تاثیرات این ویروس بر مسائل مالی و اقتصادی در سطوح خرد و کلان نیز تحقیقاتی صورت گرفته است. ازآن‌جمله: سالیسو و همکاران (۲۰۲۱) به ارزیابی املاک امن بازار طلا در طی بیماری همه گیر کووید-۱۹ پرداختند (۷). سامپسون و همکاران (۲۰۲۱) در مورد مشکلات مالی و رفتارهای خطرناک سلامتی زنان در طی کووید-۱۹ در ایالات متحده مطالعه کردند (۸). فرانینی و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی سیاست صنعتی برای توسعه پایدار انسانی در دوران پس از کووید-۱۹ پرداختند (۹). ورما و همکاران (۲۰۲۱) نیز یک آنالیز آماری از تأثیر کووید-۱۹ بر اقتصاد جهانی و بازده شاخص سهام ارائه دادند (۱۰).

در زمینه کووید-۱۹ مدل‌سازی‌های ریاضی نیز در حیطه پیش‌بینی ابعاد مختلف این ویروس با استفاده از سری‌های زمانی، رگرسیون، یادگیری ماشین و غیره صورت گرفته است. ازآن‌جمله: راینیش و همکاران (۲۰۲۰) یک ابزار مدل‌سازی پویا برای برآورد تقاضای مراقبت‌های بهداشتی از اپیدمی کووید-۱۹ و ارزیابی مداخلات در کل جمعیت معرفی کردند (۱۱). هرناندز ماتامورز و همکاران (۲۰۲۰) به پیش بینی کووید-۱۹ در هر منطقه با استفاده از مدل‌های Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) و توابع چند جمله‌ای پرداختند (۱۲). الماتر و همکاران (۲۰۲۱) به پیش بینی گسترش کووید-۱۹ با استفاده از یادگیری ماشین پرداختند (۱۳). کولاوول و همکاران (۲۰۲۱) ضمن بررسی سیستماتیک و انتقادی از روش‌های مدل‌سازی به قابلیت اطمینان پیش‌بینی‌ها بر روی پویایی کووید-۱۹ پرداختند (۱۴). پربات و چاکرابورتی (۲۰۲۰) یک مدل رگرسیون مبتنی بر نرم افزار پیتون برای پیش بینی موارد کووید-۱۹ در هند ارائه دادند (۱۵).

از بین رویکردهای مدل‌سازی ریاضی، یکی از رویکردهایی که در زمینه کووید-۱۹ مورد توجه محققین قرار گرفت، استفاده از رویکرد تئوری بازی در این زمینه بود، گرچه تحقیقات اندکی نسبت به سایر حوزه‌ها در این زمینه صورت گرفت. کاپاروس و فیروس (۲۰۲۰) در مورد هجوم کرونا به چشم انداز نظریه بازی در حاکمیت منطقه‌ای و جهانی پرداختند (۱۶). کبیر و تانیموتو (۲۰۲۰) یک مدل نظریه بازی تکاملی برای نشان دادن پویایی رفتاری خاموش شدن اقتصادی و مصونیت سپر در بیماری همه گیر کووید-۱۹ ارائه دادند (۱۷). رلوگا (۲۰۱۰) از نظریه بازی فاصله اجتماعی در پاسخ به اپیدمی‌ها استفاده کرد (۱۸). وانگ (۲۰۲۰) نیز از تئوری بازی برای مطالعه استراتژی‌های بهینه برای مبارزه با بیماری همه گیر کووید-۱۹ استفاده کرد (۱۹). بیراگی و همکاران (۲۰۲۰) نیز به تجزیه و تحلیل بازی بدون همکاری برای کنترل شیوع کووید-۱۹ پرداختند (۲۰).

با توجه به توضیحات فوق، در این مطالعه سعی بر آن شد با استفاده از ۲ ابزار تعطیلی مشاغل و تزریق واکسن، نیز یک مدل ریاضی با استفاده از رویکرد تئوری بازی ۲ نفره نامحدود و ۲ معیاره برای کنترل ویروس کووید-۱۹ پیشنهاد شود.

روش پژوهش

مطالعه حاضر، مطالعه‌ای میدانی بوده و جمع آوری داده‌ها به روش کتابخانه‌ای حدود ۳ ماه انجام شد. این مطالعه در سال ۱۳۹۹ انجام گردیده‌است.

Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences www.mshsj.ssu.ac.ir

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1400.6.2.6.6]
[DOI: 10.18502/mshsj.v6i2.7179]

با توجه به اینکه ایجاد تعادل بین هزینه کرد برای خرید واکسن از یک طرف و جلوگیری از ابتلا و گسترش بیماری از طرف دیگر می‌تواند برای دولت‌ها حائز اهمیت باشد، در این مطالعه با اعمال این ۲ عامل به عنوان ۲ بازیکن این مدل، استراتژی‌هایی اعم از تعداد روزهایی که نیاز به تعطیلی مشاغل توسط دولت وجود دارد برای بازیکن اول و تعداد دوز واکسن قابل خرید برای بازیکن دوم مدنظر قرار گرفت. همچنین ۲ معیار تصمیم گیری بازیکنان، هزینه کرد و تعداد مبتلایان به این ویروس بود. با درنظر گرفتن میزان تعطیلی شهرها بر حسب نفر - روز و میزان خرید واکسن بر حسب نفر که هر ۲ دارای فضای پیوسته و نامحدود هستند، یک بازی ۲ نفره نامحدود تعریف شد. از طرفی معیار اساسی قابل توجه برای دولت‌ها می‌تواند هزینه و تعداد مبتلایان به بیماری باشد. از اینرو بازی مورد نظر به صورت ۲ معیاره تعریف شد.

برای انجام پژوهش یک بازی نرمال ۲ نفره، نامحدود و ۲ معیاره برای مدل بازی پیشنهادی تعریف شد. ۲ بازیکن H و V به ترتیب به عنوان بازیکن اول و دوم تعریف شدند، به‌طوریکه H تعطیلی مشاغل و V واکسن قابل خرید است. استراتژی‌های ۲ بازیکن نامحدود، گسسته و عدد صحیح تعریف شدند. ۲ معیار برای این بازی درنظر گرفته شد. معیار اول هزینه و معیار دوم تعداد کاهش مبتلایان به بیماری. استراتژی‌ها و سایر پارامترها به صورت ذیل تعریف شدند:

اندیس‌ها

i: نشان‌دهنده شماره بازیکن (i = 1 بازیکن اول تعطیلی مشاغل، i = 2 بازیکن دوم دوز واکسن قابل خرید)

j: نشان‌دهنده شماره معیار (j = 1 معیار اول هزینه، j = 2 معیار دوم تعداد کاهش مبتلایان)

متغیرهای تصمیم

x'_1: استراتژی بازیکن اول که عبارت بود از تعداد نفر - روزهای تعطیل شده مشاغل

x_1: استراتژی بازیکن اول که عبارت بود از تعداد روزهای تعطیل شده مشاغل

x_2: استراتژی بازیکن دوم که عبارت بود از تعداد نفراتی که حداقل یک دوز واکسن دریافت کردند

پارامترها

CF_{i1}: تابع هزینه هر روز تعطیلی مشاغل برای بازیکن i ام

CF_{i2}: تابع هزینه هر دوز واکسن خریداری شده برای بازیکن i ام

PF_{i1}: تابع تعداد کاهش مبتلایان به ازای هر روز تعطیلی مشاغل برای بازیکن i ام

PF_{i2}: تابع تعداد کاهش مبتلایان به ازای هر دوز واکسن خریداری شده برای بازیکن i ام

π_{ij}: تابع بهره وری مربوط به بازیکن i ام و معیار j ام

π^{ij}_{min}: حد پایین مورد قبول بازیکن i ام به ازای معیار j ام

c_1: هزینه هر روز تعطیلی مشاغل

c_2: هزینه هر دوز واکسن خریداری شده

p_1: تعداد کاهش مبتلایان به ازای هر روز تعطیلی مشاغل برای بازیکن i ام

p_2 تعداد کاهش مبتلایان به ازای هر دوز واکسن خریداری شده برای بازیکن i ام

با توجه به متغیرها و پارامترهای فوق، توابع بهره وری مربوط به بازیکنان اول ودوم و معیارهای اول و دوم را می‌توان به صورت ذیل و برحسب متغیرهای تصمیم و پارامترها نوشت:

$$\pi_{11}(x_1, x_2) = C\Pi_{11}(x_1,x_2) \quad (۱)$$

$$\pi_{21}(x_1, x_2) = C\Pi_{21}(x_1,x_2) \quad (۲)$$

$$\pi_{12}(x_1, x_2) = P\Pi_{12}(x_1,x_2) \quad (۳)$$

$$\pi_{22}(x_1, x_2) = P\Pi_{22}(x_1,x_2) \quad (۴)$$

در حالت خاص می‌توان توابع $C\Pi_{ij}$, $P\Pi_{ij}$ را به صورت خطی نیز درنظر گرفت که در این صورت می‌توان روابط (۱) تا (۴) را به صورت ذیل نوشت:

$$\pi_{11}(x_1, x_2) = c_1.x_1 \quad (۵)$$

$$\pi_{21}(x_1, x_2) = c_2.x_2 \quad (۶)$$

$$\pi_{12}(x_1, x_2) = p_1.x_1 \quad (۷)$$

$$\pi_{22}(x_1, x_2) = p_2.x_2 \quad (۸)$$

با توجه به ۲ معیاره بودن بازی، نیاز است با یکی از روش‌های مرسوم بازی ۲ معیاره به یک بازی تک معیاره تبدیل شود (۲۱). ۲ روش مرسوم برای این منظور روش هرسانی – نش (Harsanyi-Nash) و روش سازشکارانه یو (Yu) است. در روش هرسانی – نش نیاز است هر بازیکن حدود پایین و بالا یا حداقل یکی از آن‌ها را که مطلوب اوست، ارائه دهد. در روش یو

Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences
www.mshsj.ssu.ac.ir
[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1400.6.2.6.6]
[DOI: 10.18502/mshsj.v6i2.7179]

نیز تعیین راه حل مؤثر قوی از دید هر بازیکن برای این منظور مورد نیاز است. در این مطالعه روش هرسانی – نش را جهت تبدیل چند معیار به یک معیار استفاده گردید؛ ولیکن روش یو نیز به صورت گفته شده فوق، قابل استفاده است.

تبدیل بازی چند معیاره به یک بازی یک معیاره با استفاده از روش هرسانی – نش

برای تبدیل بازی چندمعیاره به یک بازی تک معیاره از برنامه غیرخطی زیر استفاده شد:

$$Max \quad \prod_{i=1}^{2}\prod_{j=1}^{2}(\pi_{ij}-\pi_{ij}^{\min}) \qquad (۹)$$
$$s.t: \quad \pi_{ij} \geq \pi_{ij}^{\min} \qquad \forall i=1,2\ ,\ j=1,2$$

با توجه به ماهیت غیرخطی بودن رابطه (۹)، می‌توان از جایگزین لگاریتمی آن به صورت رابطه (۱۰) نیز استفاده کرد:

$$Max \quad \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\ln(\pi_{ij}-\pi_{ij}^{\min}) \qquad (۱۰)$$
$$s.t: \quad \pi_{ij} \geq \pi_{ij}^{\min} \qquad \forall i=1,2\ ,\ j=1,2$$

همچنین در صورتیکه بازیکنان مایل به ارائه حدود بالا هم باشند، استفاده از حدود بالا در روابط (۹) و (۱۰) در کنار حدود پایین امکان پذیر است.

با حل رابطه (۱۰) نقاط تعادل تعیین شده می‌توانند به عنوان نقاط تعادل هرسانی - نش بازی پیشنهادی استفاده شود.

ارائه مثال عددی

در دوره همه گیری ویروس کرونا، دولت تدابیری همچون تعطیلی مدارس، دانشگاه، مراکز آموزشی در پیش گرفته تا جلوی انتقال بیشتر این ویروس گرفته شود. برخی نیز معتقدند دولت باید ادارات، سازمان‌ها و مراکز دولتی را نیز برای مدتی تعطیل می‌کرد تا بتوان شیوع این بیماری را کنترل کرد. این در حالی است که فعالان اقتصادی معتقدند نیازی به تعطیلی ادارات کشور نیست و با تدابیری همچون کاهش تعداد کارمندان در بازه‌های زمانی مختلف یا شیفت‌بندی امور، می‌توان با شیوع کرونا مقابله کرد. زیرا هر روز تعطیلی در کل کشور زیان هنگفتی برای اقتصاد کشور به دنبال خواهد داشت.

آخرین آمارها نشان می‌دهد که میزان محصول ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ در ۹ ماهه اول سال ۱۳۹۸ به حدود ۵۰۰ هزار میلیارد تومان (با نفت) و ۴۳۰ هزار میلیارد میلیارد تومان (بدون نفت) رسیده است. با توجه به این آمار و با توجه به اینکه در ۲۷۶ روز اول سال ۱۳۹۸، تقریباً ۶۰ روز تعطیل بوده است، بنابراین اگر تولید ناخالص داخلی را که حدود ۵۰۰ هزار میلیارد تومان با نفت است را در ۲۱۶ روز کاری تقسیم کنیم، حدود ۲ هزار و ۳۱۴ میلیارد تومان می‌شود که به ازای هر روز تعطیلی، این میزان آسیب متوجه کشور خواهد شد. براساس گزارش مرکز آمار ایران، محصول ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ در سال ۱۳۹۷ به رقم ۷۱۳ هزار میلیارد تومان با نفت و ۵۷۳ هزار میلیارد تومان بدون احتساب نفت رسیده بود. با توجه به این آمار و تعداد روزهای کاری سال ۱۳۹۷، به نظر می‌رسد هر روز تعطیلی حدود ۲ هزار و ۴۵۸ میلیارد تومان هزینه برای اقتصاد کشور خواهد داشت (۲۲).

در مورد قیمت هر دوز واکسن، البته قیمت نهایی هر دوز به‌اندازه سفارش بستگی دارد. به عنوان مثال، شرکت مدرنا قصد داشت تا پایان سال ۲۰۲۰ حدود ۲۰ میلیون دوز واکسن تولید کند و برخی از آن‌ها قرار است امسال در اروپا توزیع شود. هزینه این واکسن تقریباً مشابه واکسن آنفلوآنزا بوده و بین ۱۰ تا ۵۰ دلار است. قیمت واکسن مدرنا از ماه آگوست، زمانی که شرکت مستقر در ماساچوست اعلام کرد که دوز واکسن کرونا بین ۳۲ تا ۳۷ دلار است تغییر زیادی نکرده است. این شرکت گفت که این مقدار کمتر از ارزش واقعی واکسن است اما هدف این است که قیمت کنترل همه‌گیری ارزان‌تر از شیوع غیرکنترل ویروس باشد. بااین‌حال، قیمت واکسن مدرنا تقریباً ۲ برابر گران‌تر از نامزد واکسن کووید-۱۹ داروساز آمریکایی فایزر (Pfizer) و شرکت بیوتکنولوژی بیو اند تک (BioNTech) آلمان است. گفته می‌شود این شرکت‌ها در نظر دارند برای هر دوز ۲۰ دلار دریافت کنند. با توجه به توضیحات فوق، دولت‌ها مجبورند بین ۲۵ تا ۳۷ دلار به ازای هر دوز واکسن ویروس کرونا هزینه کنند (۲۳). در این مطالعه متوسط این مقدار یعنی ۳۱ دلار بابت هزینه هر دوز واکسن در نظر گرفته می‌شود. این داده‌ها و مقادیر متناسب با بازه زمانی آذر ۱۳۹۹ درج گردیده‌اند.

یک بررسی اولیه نشان داد درصد کاهش ابتلا به ازای ۲ هفته تعطیلی از ۴۸۰ نفر به ۲۵۰ نفر یعنی حدود ۵۲ درصد و از اینرو به ازای هر روز از یک تعطیلی ۱۴ روزه (۲ هفته‌ای) ۳/۷ درصد بود. (۲۴).

Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences www.mshsj.ssu.ac.ir

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1400.6.2.6.6]
[DOI: 10.18502/mshsj.v6i2.7179]

با توجه به اینکه واکسن‌های مختلف دارای اثرپذیری‌های مختلف در درمان هستند، متوسط آن‌ها به عنوان درصد کلی کاهش به ابتلا در نظر گرفته شدند. با توجه به تکمیل نشدن تحقیقات در مورد اثرپذیری واکسن‌های کرونا، طبق منابع مختلف (۲۹-۲۵) برخی اثرپذیری واکسن‌ها را ۵۰ تا ۶۰ درصد (با میانگین ۵۵ درصد)، برخی ۵۰/۴ تا ۷۸ درصد (با میانگین ۶۴/۲ درصد)، برخی ۹۱ تا ۹۵ درصد (با میانگین ۹۳ درصد) و برخی نیز ۷۰، ۹۵ و ۷۹ درصد عنوان کرده‌اند، که در مجموع به میانگین ۷۶ درصد به ازای ۲ دوز خواهد رسید. بنابراین هر فرد به ۲ دوز واکسن جهت پیشگیری نیازمند است، که به طور متوسط به ازای واکسن‌های مختلف، دریافت ۲ دوز واکسن حدود ۷۶ درصد کاهش به ابتلا را در برخواهد داشت.

جمعیت ایران (۳۰) حدود ۸۳ میلیون نفر است و جمعیت شاغل بالای ۱۵ سال ۲۳/۴ میلیون نفر است (۳۱). از اینرو در صورت تعطیلی مشاغل، هزینه هر روز تعطیلی، به ازای این تعداد محاسبه می شود.

با توجه به توضیحات و مقادیر ارائه شده فوق، می‌توان توابع بازی ۲ نفره پیوسته را به صورت ذیل در نظر گرفت:

$$\pi_{11} = \frac{2458\times10^{9}}{23400\times10^{6}\times25000}x_1' = 4.2x_1' \qquad (۱۱)$$

در رابطه (۱۱) از هزینه ۲۴۵۸ میلیارد تومان هزینه تعطیلی هر روز کشور و جمعیت ۲۳/۴ میلیون نفری شاغلین و قیمت دلار به ازای حدود ۲۵۰۰۰ تومان استفاده شده است. این رابطه هزینه هر روز تعطیلی به ازای هر نفر شاغل را محاسبه می‌کند.

$$\pi_{21} = 2\times31x_2 = 62x_2 \qquad (۱۲)$$

در رابطه (۱۲) از هزینه هر دوز واکسن معادل ۳۱ دلار استفاده شده است که چون نیازمند تزریق ۲ دوز واکسن است در ضریب ۲ نیز ضرب شده است. این رابطه هزینه خرید واکسن بابت هر نفر را نشان می‌دهد.

$$\pi_{12} = \frac{3.7}{23,400,000}x_1' \qquad (۱۳)$$

نظر به اینکه ۲۳/۴ میلیون نفر شاغل بالای ۱۵ سال و مابقی غیر شاغل یا زیر ۱۵ سال هستند و تعطیلات افراد شاغل روی کاهش بیماری اثرگذار است و فرض می‌شود افراد غیرشاغل ماندگاری در منزل را رعایت می‌کنند، از اینرو با توجه به جمعیت شاغل که می‌توانند در منزل بمانند و اینکه هر روز تعطیلی حدود ۳/۷ درصد از کل مبتلایان کم می‌کند، رابطه (۱۳) به ازای هر نفر-روز تعطیلات قابل استنتاج است.

$$\pi_{22} = \frac{76}{83,000,000}x_2 \qquad (۱۴)$$

چون به ازای دریافت ۲ دوز واکسن حدود ۷۶ درصد از کل مبتلایان کاسته می‌شود، رابطه (۱۴) قابل اعمال است.

همچنین محدودیت‌هایی به صورت ذیل مفروض بود:

$$\pi_{11} \le \pi_{11}^{max} \qquad (\pi_{11}^{max} = 4300,000,000\ \$ = 4.3e^{9}\ \$) \qquad (۱۵)$$

$$\pi_{21} \le \pi_{21}^{max} \qquad (\pi_{21}^{max} = 37\times2\times0.7\times83,000,000\ \$ = 4.3e^{9}\ \$) \qquad (۱۶)$$

$$\pi_{12} \ge \pi_{12}^{min} \qquad (\pi_{12}^{min} = 60\ \%) \qquad (۱۷)$$

$$\pi_{22} \ge \pi_{22}^{min} \qquad (\pi_{22}^{min} = 60\ \%) \qquad (۱۸)$$

با توجه به رابطه (۹) و استفاده از مدل هرسانی – نش مدل نهایی بازی پیوسته ۲ نفره به صورت زیر درآورده شد:

$$Max \quad (-4.2x_1'+4.3e^{9})\times(-62x_2+4.3e^{9})\times(\frac{3.7}{23,400,000}x_1'-70)\times(\frac{76}{83,000,000}x_2-70) =$$
$$(-4.2x_1'+4.3e^{9})\times(-62x_2+4.3e^{9})\times(1.58e^{-7}x_1'-70)\times(9.16e^{-7}x_2-70) \qquad (۱۹)$$

$$4.2x_1' + 62x_2 \le 4.3e^{9} \qquad (۲۰)$$

$$1.58e^{-7}x_1' + 9.16e^{-7}x_2 \ge 70 \qquad (۲۱)$$

$$1.58e^{-7}x_1 + 9.16e^{-7}x_2 \le 100 \qquad (۲۲)$$

$$x_1 = \frac{x_1'}{23,400,000} \qquad (۲۳)$$

$$x_1, x_2 \quad integer \qquad (۲۴)$$

یافته‌ها

در مورد کران‌های بالا و پایین در نظر گرفته شده لازم است اشاره شود که میزان مجموع هزینه‌ای که دولت نیاز است بابت تعطیلی ادارات و خرید واکسن هزینه کند معادل ۴/۳ میلیارد دلار درنظر گرفته شده است که این عدد از هزینه دریافت ۲ دوز واکسن برای حداقل ۷۰ درصد جمعیت ۸۳ میلیون نفری

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1400.6.2.6.6]
[DOI: 10.18502/mshsj.v6i2.7179]

به دست آمده است. همچنین در مورد میزان کاهش ابتلا نیز کاهش ۷۰ درصدی منظور شد تا میزان ایمنی جمعی جامعه را ایجاد نماید. البته در بخش تحلیل حساسیت مقادیر مختلف پارامترها مورد ارزیابی قرار گرفت.

با حل معادلات فوق، جواب مؤثر به صورت زیر به‌دست آمد:

تعداد نفر – روز تعطیلات $xp_1 = 280,800,000$

تعداد روز تعطیلات $x_1 = 12$

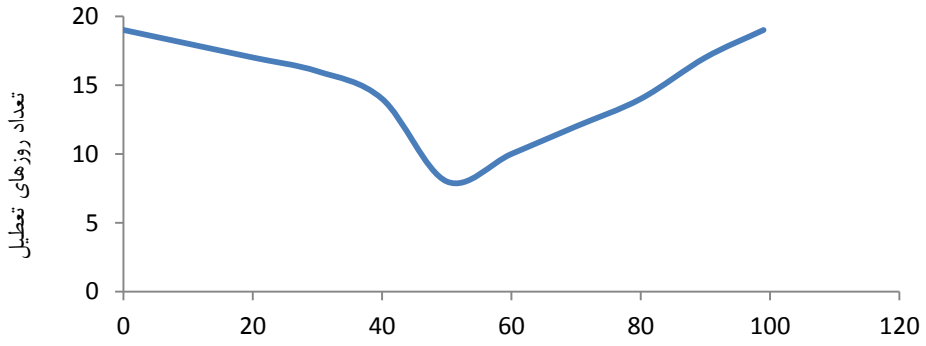
تعداد نفرات دریافت کننده واکسن $x_2 = 27,984,280$

پاسخ‌های به دست آمده بدین معنی است که دولت می‌بایست برای اینکه به اهداف مدنظر از بابت هزینه و کاهش ابتلا به بیماری برسد، حداقل ۱۲ روز ادارات را تعطیل نموده و به حدود ۲۸ میلیون نفر ۲ دوز واکسن تزریق نماید، که در این صورت حدود ۲/۹۱۴ میلیارد دلار بابت مجموع تعطیلی مشاغل و تزریق واکسن برای دولت هزینه دربرخواهد داشت که از این میان ۱/۱۷۹ میلیارد دلار مربوط به تعطیلی مشاغل و ۱/۷۳۵ میلیارد دلار مربوط به خرید واکسن است. همچنین با این سیاست میزان ابتلا به ویروس کرونا حدود ۷۰ درصد کاهش خواهد یافت که ۴۴/۴ درصد مربوط به تعطیلی مشاغل و ۲۵/۶ درصد مربوط به خرید و تزریق واکسن است.

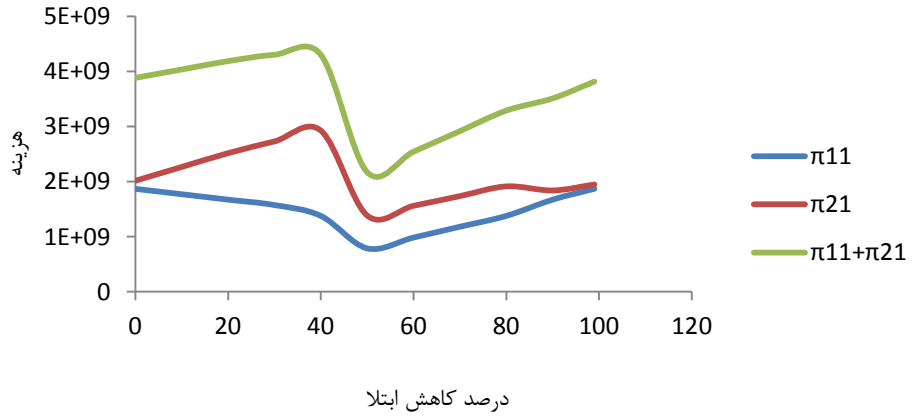
تحلیل حساسیت

با توجه به مدل ارائه شده ۲ پارامتر میزان هزینه‌ای که دولت مایل است بابت کنترل بیماری بپردازد و میزان کاهش ابتلا به بیماری مورد تحلیل حساسیت قرار گرفت که تغییرات آن‌ها چه اثراتی روی سایر متغیرها و سیاست‌های دولت خواهد گذاشت.

سناریو ۱: در این سناریو هزینه‌ای که دولت مایل است بابت کنترل بیماری پرداخت نماید ۴/۳ میلیارد دلار است و حساسیت مدل و نتایج نسبت به درصد کاهش بیماری ارزیابی شد.



شکل ۱: تغییرات تعداد روزهای تعطیل بر حسب درصد کاهش ابتلا در سناریوی اول

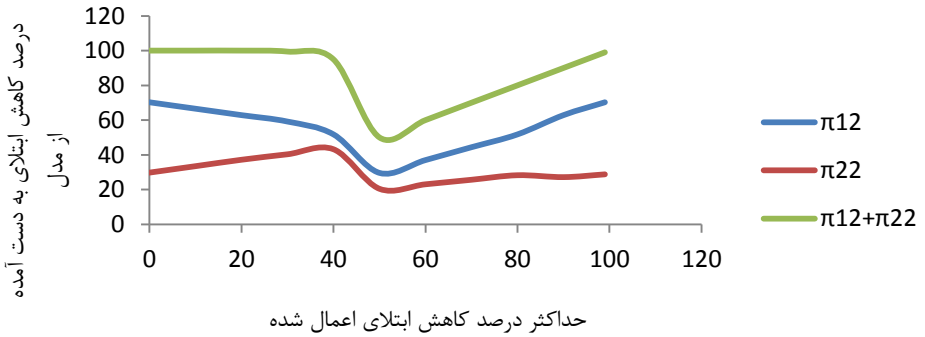


شکل ۲: تغییرات هزینه بر حسب درصد کاهش ابتلا در سناریوی اول

Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences www.mshsj.ssu.ac.ir

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1400.6.2.6.6]
[DOI: 10.18502/mshsj.v6i2.7179]

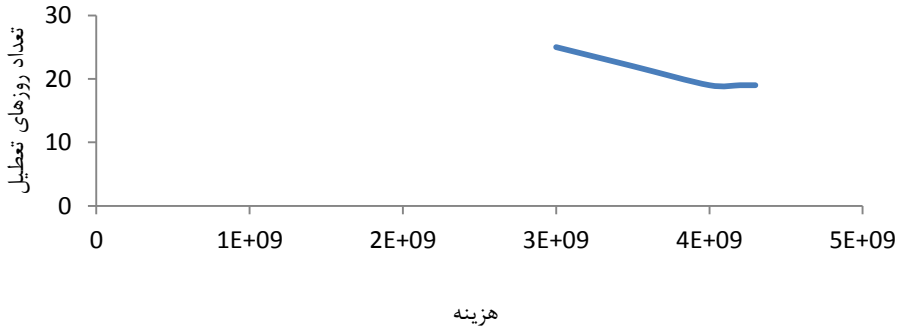
شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهند که هرچه درصد کاهش ابتلا از ۰ تا حدود ۵۰ درصد افزایش می‌یابد، تعداد روزهای قابل تعطیل‌شدن کاهش می‌یابد که می‌تواند به این معنی باشد که صرفاً تعطیلی پاسخگو نیست و بهتر است بیشتر از تزریق واکسن جهت کنترل استفاده کرد و شکل ۲ نیز این موضوع را تأیید می‌کند. همچنین به ازای بازه ۵۰ تا ۱۰۰ چون تزریق واکسن نیز به تنهایی کفایت نمی‌کند، هر ۲ عامل تعطیلی و تزریق واکسن افزایش می‌یابند.



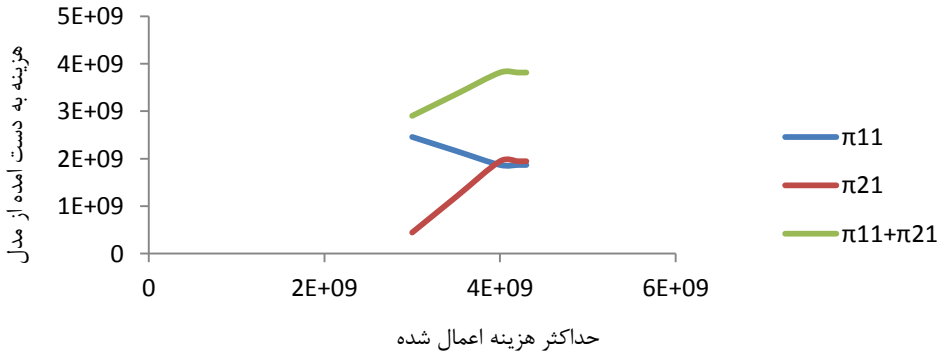
شکل ۳: تغییرات درصد کاهش ابتلا حاصل از حل مدل بر حسب حداکثر درصد کاهش ابتلای اعمال شده در سناریوی اول

شکل ۳ نشان می‌دهد برای کنترل‌های اولیه و کاهش‌های ابتلا تا ۵۰ درصد اولویت با تزریق واکسن است و پس از آن هر ۲ عامل تعطیلی و واکسن با اولویت بر تعطیلی کارگشا است.

سناریو ۲: در این سناریو درصد کاهش بیماری ۹۹ درصد درنظر گرفته شده و حساسیت مدل و نتایج نسبت به هزینه‌ای که دولت مایل است بابت کنترل بیماری پرداخت نماید ارزیابی شد.



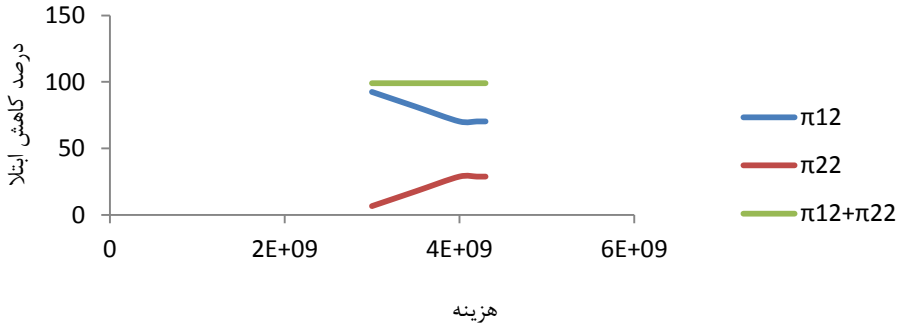
شکل ۴: تغییرات تعداد روزهای تعطیل بر حسب هزینه در سناریوی دوم



شکل ۵: تغییرات هزینه به‌دست‌آمده از مدل بر حسب حداکثر هزینه اعمال شده در سناریوی دوم

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1400.6.2.6.6]
[DOI: 10.18502/mshsj.v6i2.7179]

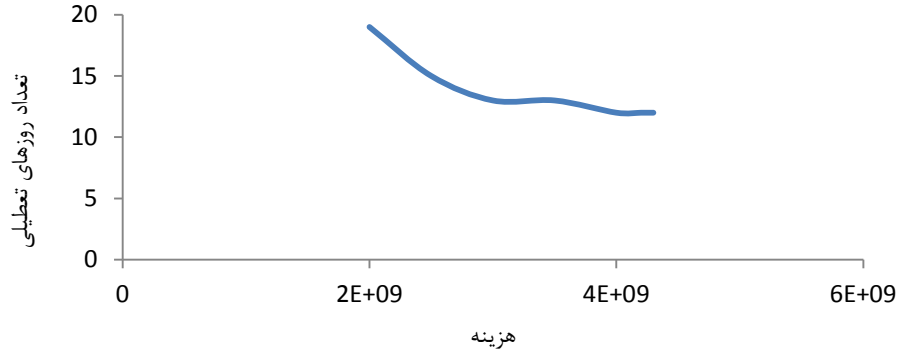
شکل‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهند که هر چه‌قدر هزینه قابل اعمال جهت کنترل بیماری توسط دولت بیشتر باشد و دولت مایل باشد در این زمینه مبلغ بیشتری هزینه کند، میزان خرید واکسن افزایش یافته و میزان تعطیلی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر دولت‌هایی که مایل به هزینه نسبت به خرید واکسن نیستند بیشتر روی تعطیلی مشاغل تمرکز می‌کنند.



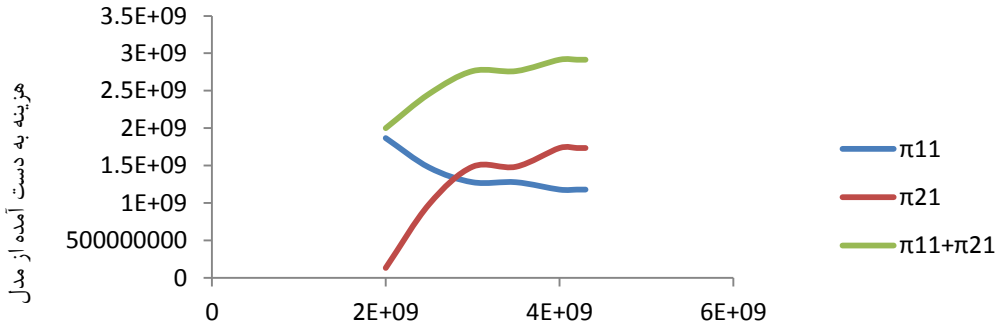
شکل ۶: تغییرات درصد کاهش ابتلا بر حسب هزینه در سناریوی دوم

شکل ۶ هم نشان می‌دهد، هر چه‌قدر هزینه دولتی جهت کنترل بیماری بیشتر باشد، ضمن اینکه تمرکز روی تعطیلی‌ها کاهش می‌یابد، درصد کاهش بیماری توسط تعطیلی‌ها نیز متناسب با آن کاهش و درصد کاهش بیماری توسط تزریق واکسن افزایش می‌یابد. نکته جالب‌تر اینکه از یک هزینه‌ای به بعد میزان کاهش ابتلا توسط تعطیلی و تزریق واکسن ثابت باقی می‌ماند.

سناریو ۳: در این سناریو درصد کاهش بیماری ۷۰ درصد درنظر گرفته‌شده و حساسیت مدل و نتایج نسبت به هزینه‌ای که دولت مایل است بابت کنترل بیماری پرداخت نماید ارزیابی گردید.

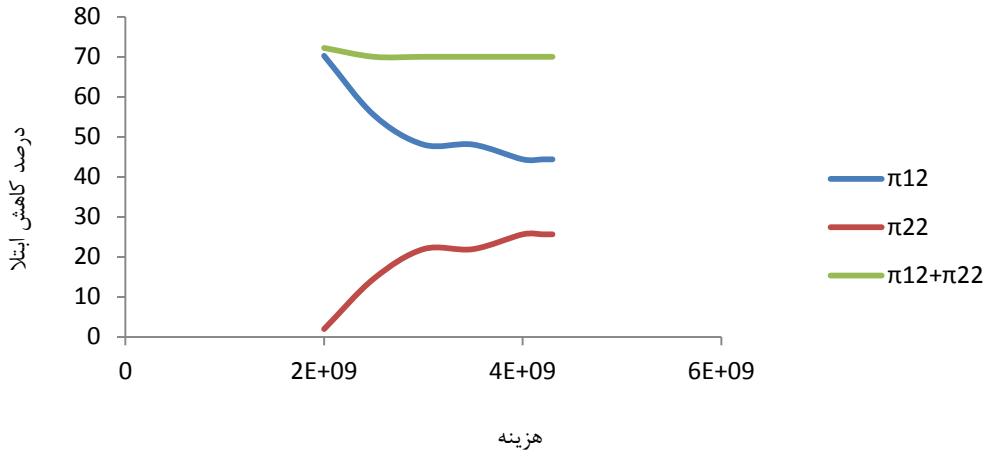


شکل ۷: تغییرات تعداد روزهای تعطیلی بر حسب هزینه در سناریوی سوم



شکل ۸: تغییرات هزینه به‌دست‌آمده از مدل بر حسب حداکثر هزینه اعمال شده در سناریوی سوم

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1400.6.2.6.6]
[DOI: 10.18502/mshsj.v6i2.7179]



شکل ۹: تغییرات درصد کاهش ابتلا بر حسب هزینه در سناریوی سوم

شکل‌های ۷ و ۸ و ۹ نشان می‌دهند، تمام تفاسیر مربوط به سناریوی دوم تقریباً در مورد سناریوی سوم نیز برقرار است، با این تفاوت که در سناریوی دوم قسمت اعظم نمودارها به صورت تقریباً خطی بودند در حالیکه در سناریوی سوم غیرخطی هستند.

بحث

موضوع استفاده از تئوری بازی و درنظرگرفتن ۲ بازیکن (تزریق واکسن و تعطیلی مشاغل) جدید بوده و با توجه به اهمیت موضوع در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج عددی به دست آمده نشان داد جهت جلوگیری از اوج گرفتن بیماری، تزریق واکسن می‌تواند مفیدتر از تعطیلی مشاغل باشد و عملاً تعطیلی مشاغل ابزاری جهت کنترل بیشتر بیماری بهتر است مورد استفاده قرار گیرد که تقریباً در ایران برعکس عمل می‌شود. همچنین با توجه به تحریم‌های موجود و محدودیت‌های مالی دولت، می‌توان از استراتژی‌های ترکیبی مشابه آنچه در تحلیل حساسیت‌ها ذکر شد استفاده نمود. بدین‌معنی‌که میزان کنترل بیماری و درصد کاهش ابتلا می‌تواند وابسته به هزینه‌ای که دولت تمایل دارد بابت کنترل بیماری هزینه کند بین ۲ مورد تزریق واکسن و تعطیلی مشاغل تقسیم شود.

از جمله محدودیت‌های این تحقیق که تقریبا در اوایل تزریق واکسن در سطح دنیا انجام شد، عدم وجود اطلاعات شفاف و عدم اطلاعات مناسب در مورد اثربخشی واکسن‌ها بود که بر اساس برخی منابع معتبر مورد استناد قرار گرفت. همچنین از نقاط قوت این تحقیق تعمیم پذیری آن بر روی سایر بازیکنان از جمله دورکاری کارکنان و غیره است که در صورت تمایل می‌تواند به عنوان تحقیقات آتی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین درنظر گرفتن توابع سود و هزینه مورد نظر محققین، معیارهای مورد نظر محققین و تعریف بازی طبق نیاز یک جامعه هدف از جمله مزایا و نقاط قوت این تحقیق محسوب می‌شود.

نتیجه گیری

با توجه به وجود ابزارها و راه‌های کنترل بیماری کرونا، در این مطالعه تعطیلی مشاغل و خرید واکسن به عنوان ۲ ابزاری که معمولاً دولت‌ها جهت کنترل این نوع بیماری در پیش گرفته‌اند، بررسی شدند. با استفاده از رویکرد تئوری بازی ۲ نفره و ۲ معیاره پیوسته و استفاده از روش نش – هرسانی، مدلی طراحی گردید که تعطیلی مشاغل و خرید واکسن ۲ بازیکن این بازی و میزان تعطیلی و میزان خرید واکسن نیز استراتژی‌های بازیکنان درنظر گرفته شد. با حل مدل ارائه شده مشخص گردید که جهت کنترل اولیه بیماری، خرید و تزریق واکسن می‌تواند موثرتر باشد؛ ولیکن در جهت کاهش و کنترل بیشتر بیماری بهتر است از ابزار تعطیلی مشاغل نیز استفاده گردد. همچنین تحلیل‌ها نشان داد دولت‌هایی که تمایل کمتری به هزینه‌کرد در مورد کنترل بیماری دارند، می‌توانند به تعطیلی مشاغل روی آورند.

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1400.6.2.6.6]
[DOI: 10.18502/mshsj.v6i2.7179]

سازمان حمایت کننده

این مطالعه از سوی هیچ سازمانی مورد حمایت مالی قرار نگرفته است.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافعی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

References

1) Zhang Y, Yang H, Li S, Li W, Wang J, Wang Y. Association analysis framework of genetic and exposure risks for covid-19 in middle-aged and elderly adults. Mechanisms of Ageing and Development 2021; 194: 111433. doi: 10.1016/j.mad. 2021.111433.
2) Zhu Q, Zhang Y, Wang L, Yao X, Wu D, Cheng J, et al. Inhibition of coronavirus infection by a synthetic sting agonist in primary human airway system. Antiviral Research 2021; 187: 105015. doi: 10.1016/j.antiviral.2021.105015.
3) Santos WG. Impact of virus genetic variability and host immunity for the success of covid-19 vaccines. Biomedicine & Pharmacotherapy 2021; 136: 111272. doi:10.1016/j.biopha.2021.111272.
4) Hu Z, Wang H, Xie J, Zhang J, Li H, Liu S, et al. Burnout in ICU doctors and nurses in mainland China–a national cross-sectional study. Journal of Critical Care 2021; 62: 256-70. doi:10.1016/j.jcrc. 2020.12.029.
5) Shagufta AI. The race to treat covid-19: potential therapeutic agents for the prevention and treatment of SARS-CoV-2. Eur J Med Chem 2021; 213: 113157. doi:10.1016/j.ejmech.2021.113157.
6) Sohrabi C, Mathew G, Franchi T, Kerwan A, Griffin M, Soleil J, et al. Impact of the coronavirus (Covid-19) pandemic on scientific research and implications for clinical academic training – a review. Int J Surg 2021; 86: 57-63. doi:10.1016/j.ijsu.2020.12.008.
7) Salisu AA, Raheem I D, Vinh XV. Assessing the safe haven property of the gold market during covid-19 pandemic. International Review of Financial Analysis 2021; 74: 101666. doi: 10.1016/j.irfa.2021. 101666.
8) Sampson L, Ettman CK, Abdalla SM, Colyer E, Dukes K, Lane KJ, et al. Financial hardship and health risk behavior during covid-19 in a large US national sample of women. SSM-Population Health 2021; 13: 100734. doi: 10.1016/j.ssmph.2021.100734.
9) Ferrannini A, Barbieri E, Biggeri M, Tommaso MRD. Industrial policy for sustainable human development in the post- covid-19 era. World Development 2021; 137: 105215. doi: 10.1016/j.worlddev.2020.105215.
10) Verma P, Dumka A, Bhardwaj A, Ashok A, Kestwal MC, Kumar P. A statistical analysis of impact of covid-19 on the global economy and stock index returns. SN Computer Science 2021; 2(1): 1-13.
11) Rainisch G, Undurraga E. A, Chowell G. A dynamic modeling tool for estimating healthcare demand from the Covid-19 epidemic and evaluating population-wide interventions. International Journal of Infectious Diseases 2020; 96: 376-83. doi: 10.1016/j.ijid.2020.05.043.
12) Hernandez-Matamoros A, Fujita H, Hayashi T, Perez-Meana H. Forecasting of covid-19 per regions using ARIMA models and polynomial functions. Applied Soft Computing 2020; 96: 106610. doi: 10.1016/j.asoc.2020.106610.
13) Lmater MA, Eddabbah M, Elmoussaoui T, Boussaa S. Modelization of covid-19 pandemic spreading: a machine learning forecasting with relaxation scenarios of countermeasures. Journal of Infection and Public Health 2021; 14(4): 468-73. doi: 10.1016/j.jiph.2021.01.004.
14) Kolawolé JG, Brezesky VS, Romain K, Kakaï G. On the reliability of predictions on covid-19 dynamics: a systematic and critical review of modelling techniques. Infectious Disease Modelling 2021; 6: 258-72. doi: 10.1016/j.idm.2020.12.008.
15) Parbat D, Chakraborty M. A python based support vector regression model for prediction of Covid-19 cases in India chaos. Solitons & Fractals 2020; 138: 109942. doi:10.1016/j.chaos.2020.109942.
16) Caparrós A, Finus M. The Corona-pandemic: a game-theoretic perspective on regional and global governance. Environmental and Resource Economics 2020; 76(4): 913–27.
17) Kabir KMA, Tanimoto J. Evolutionary game theory modelling to represent the behavioural dynamics of economic shutdowns and shield immunity in the Covid-19 pandemic. Royal Society Open Science 2020; 7(9): 201095. doi:10.1098/rsos.201095.
18) Reluga TC. Game theory of social distancing in response to an epidemic. PLoS Computational Biology 2010; 6(5): e1000793.
19) Wang JJ. The president's dilemma: open-up versus lock-down amid covid-19 using game theory to study the optimal strategies to combat the pandemic. Journal of Game Theory 2020; 9(1): 8-12. doi:10.5923/ j.jgt.20200901.02.
20) Bairagi AK, Masud M, Kim DH, Munir S, Nahid AA, Abedin SF, et al. A noncooperative game analysis for controlling covid-19 outbreak. MedRxiv 2020. doi: 10.1101/2020.05.22.20110783.
21) Asgharpour MJ. Group decision making and game thory: an approach on operations research. Tehran: Tehran university; 2003: 1-418. [Persian]

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1400.6.2.6.6]
[DOI: 10.18502/mshsj.v6i2.7179]

22) Fekri M. The cost of each holiday for the country's economy is 2458 billion tomans. Available from URL: https://www.khabaronline.ir. Last access: 27 Feb 2020.
23) Donya-e-Eghtesad. The price of the corona vaccine has been announced. Available from URL: https://donya-e-eqtesad.com. Last access: 22 Nov 2020.
24) Jamaran. The latest corona statistics. Available from URL: https://www.jamaran.news. Last access: 30 Aug 2021.
25) Tasnim. How effective is the corona vaccine?. Available from URL: https:// www.alef.ir/news/ 3990521041.html. Last access: 11 Aug 2020.
26) World Health Organization. Corona vaccine; everything you need to know. Available from URL: https://www.bbc.com/persian/science-54930060. Last access: 18 Nov 2020.
27) Tan Y, Birtath A. What do we know about China's Sinovac Corona vaccine?. Available from URL: https://www.bbc.com/persian/science-55676526. Last access: 18 Jan 2021.
28) Deutsche W. "95 % Effectiveness" of the moderna corona vaccine. Available from URL: https://www.dw.com/fa-ir. Last access: 16 Nov 2020.
29) Ashvandi F. With "Minoo Mohraz" about the Iranian Corona vaccine. Available from URL: https://www.khabaronline.ir. Last access: 7 Dec 2020.
30) Tasnim. The latest statistics of the country's population in 2019. Available from URL: https:// www.alef.ir/news/3980516027.html. Last access: 7 Aug 2019.
31) IRNA. The employed population over the age of 15 is 23.4 million. Available from URL: https://www. irna.ir/. Last access: 11 April 2020.

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1400.6.2.6.6]
[DOI: 10.18502/mshsj.v6i2.7179]

Research Article

Government's Policy on Controlling the Covid-19 Virus Based on the Game Theory Approach: Closing Jobs or Purchasing Vaccines

Ramin Sadeghian [1*]

[1] Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

* **Corresponding Author** Ramin Sadeghian
sadeghian@Pnu.ac.ir

Citation: Sadeghian R. Government's Policy on Controlling the Covid-19 Virus Based on the Game Theory Approach: Closing Jobs or Purchasing Vaccines. Manage Strat Health Syst 2021; 6(2): 133-44.

Received: May 31, 2021
Revised: August 24, 2021
Accepted: September 08, 2021

Funding: The authors have no support or funding to report.

Competing Interests: The authors have declared that no competing interest exist.

A B S T R A C T

Background: The tools to control COVID-19 virus and this epidemic have been tested in all countries and at different levels. At the community level, they include observing hygienic principles, such as observing social distance, wearing masks, washing hands, observing cleanliness, observing personal belongings, and etc. Also at the macro level, governments have taken measures to combat the virus, such as closing cities, purchasing vaccines hygiene training. Given the high costs of closing cities and purchasing vaccines for governments, they may be willing to select and use a combination of them to control the virus. Considering these 2 factors as 2 competitors in the effectiveness of COVID-19 control, this study sought to find an equilibrium point to control the virus.

Methods: An infinite 2-player game was defined by considering the number of cities closed per person-day and the number of vaccine purchased per person, both of which have continuous and infinite space. On the other hand, a significant basic criterion for governments can be the cost and number of patients with the disease. Hence, the game was defined based on 2 criteria. A case study was also solved for the sake of clarity.

Results: The government must close offices for at least 12 days and inject 2 doses of the vaccine to about 28 million people in order to achieve its goal of reducing costs and reducing the incidence of the disease.

Conclusion: By solving the proposed model, it was found that for the initial control of the disease, the purchase and injection of vaccines can be more effective, but in order to further reduce and control the disease, it is better to close jobs. Analyses also showed that governments that are less willing to spend money on disease control could close jobs.

Key words: Covid-19 virus, 2-player game, Bi-criteria game, Jobs closing, Vaccine purchasing

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.24766879.1400.6.2.6.6]
[DOI: 10.18502/mshsj.v6i2.7179]