



اثر ویروس کرونا بر بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات در چارچوب مدل DSGE

اعظم احمدیان^۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳

چکیده

ارزیابی اثر ویروس کرونا بر بخش‌های مختلف اقتصادی با نا اطمینانی همراه است. به طوری که برای سیاست‌گذاران اقتصادی اتخاذ سیاست مناسب اقتصاد کلان مشکل است. آنچه اهمیت دارد، پیش‌بینی شدت و عمق این اثرات است تا بتوان سیاست مناسب را برای ممانعت از ایجاد بحران اتخاذ نمود. در این مقاله با بکارگیری مدل SIR در چارچوب DSGE اثر بیماری کرونا بر بخش‌های مختلف اقتصادی اعم از کشاورزی، صنعت و خدمات بررسی شده است. به همین منظور ۵ بخش خانوار، بنگاه، دولت، بانک مرکزی و بخش نفت در نظر گرفته شده است. در بخش خانوار عرضه نیروی کار به سه قسمت، افراد بیمار، افراد ناقل و افراد تعیین تکلیف شده (فوت‌شده، بهبودیافته و سالم) تقسیم شده‌اند. بنگاه‌ها نیز به سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات تقسیم شده‌اند. نتایج بررسی، حاکی از کاهش تولید، سرمایه‌گذاری، مصرف و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصادی است. علاوه بر آن تولید در بخش صنعت بیش از سایر بخش‌ها کاهش خواهد یافت. همچنین اثرات مثبت شوک مثبت در آمد نفتی به دلیل همراهی با شوک ویروس کرونا، کاهش خواهد یافت.

واژگان کلیدی: ویروس کرونا، بخش‌های اقتصادی، مدل DSGE.

Keywords: Corona Virus, Economic Sectors, DSGE Model.

JEL Classification: C15, C68, D21.

۱- مقدمه

بیماری کرونا ابتدا از چین آغاز و سپس به سایر کشورها انتقال یافت. برای جلوگیری از شیوع ویروس جدید، بسیاری از دولت‌ها اقدامات چشمگیر مانند محدود کردن مسافرت، ایجاد فاصله اجتماعی و تعطیلی مدارس، کافه‌ها، رستوران‌ها و سایر مشاغل را ارائه داده‌اند (تودا، ۲۰۲۰). در این میان علاوه بر این که کشورها در حال کنترل این بیماری هستند، سازمان بهداشت جهانی نیز دستورالعمل‌های بهداشتی را صادر کرده است (مک کیبین و فرناندو، ۲۰۲۰).

با توجه به ارتباط کشورها، اثرات نامناسب این بیماری بیش از پیش نمایان می‌شود. مهمتر از همه، به دلیل ترسی که در بین مصرف‌کنندگان و بنگاه‌ها بوجود آمده است، الگوهای مصرف تغییر کرده و ناهنجاری‌های بازار ایجاد شده است (مک کیبین و فرناندو، ۲۰۲۰). از طرف دیگر افراد باید تصمیمات روزمره از جمله نحوه مدیریت موجودی انبار و سرمایه‌گذاری، میزان مصرف و پس‌انداز، خرید یا فروش سهام و غیره را اتخاذ کنند و این تصمیمات بستگی به انتظاری دارد که اپیدمی چه مدت و با چه شدتی طول می‌کشد. دولت‌ها همچنین باید تصمیماتی اتخاذ کنند که تا چه اندازه محدودیت‌های مسافرتی، فاصله اجتماعی، تعطیلی مدارس و مشاغل و غیره را تحمیل کنند و تا چه مدت این سیاست‌ها ادامه داشته باشند (اندرسون و همکاران، ۲۰۲۰).

مطالعات اندکی در مورد بررسی اثرات ویروس کرونا بر رفتار بنگاه‌ها وجود دارد. در مطالعات مختلف از مدل‌های مختلف نظیر SIR، GSW، و DSGE استفاده شده است. هر یک از این مدل‌ها از جنبه‌های مختلف اثرات کووید ۱۹ را بررسی کرده‌اند. مدل‌های DSGE به دلیل امکان بررسی اثرات انتشار این بیماری به صورت گسترده بر بخش‌های مختلف اقتصادی نظیر خانوارها، بنگاه‌ها، از سوی سیاست‌گذاران اقتصادی بیش از سایرین مورد استقبال قرار گرفته‌اند. از جمله این مطالعات می‌توان به گاریر و همکاران (۲۰۲۰)، تودا (۲۰۲۰) و دینگل و نیمان (۲۰۲۰) اشاره نمود.

در ایران، ویروس کرونا از زمستان سال ۱۳۹۸ آشکار شد و از همان زمان تصمیماتی نظیر ایجاد

1. Toda (2020)

2. McKibbin and Fernando (2020)

3. Anderson (2020)

4. Suseptible-Infected-Recovered (SIR)

5. Gali – Smets – Wouters (GSW)

6. Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE)

7. Guerrieri (2020)

8. Dingel and Neiman (2020)

فاصله اجتماعی، کاهش تردد، تعطیلی مدارس، کاهش ساعات کار ادارات و تعطیلی مشاغل نظیر رستوران‌ها، ورزشگاه‌ها و سایر مشاغل پرخطر مد نظر قرار گرفت. همه این موارد کشور را با کاهش تولید و اشتغال مواجه ساخته است. اما این اثر در بخش‌های مختلف اقتصادی متفاوت خواهد بود. بخش صنعت تحت تأثیر ویروس کرونا، با تشدید دیون عقب‌افتاده واحدهای تولیدی (نظیر دیون بانکی، بیمه تأمین اجتماعی و مالیات)، مشکلات قراردادی شرکت‌های پروژه محور در شرایط اپیدمی، کاهش دسترسی به بازارهای صادراتی، و کاهش تولید ناشی از کاهش واردات واسطه‌ای مورد نیاز این بخش مواجه خواهد بود. کرونا در بخش کشاورزی با تأثیر بر زنجیره تأمین، تقاضا و نقدینگی، بر بنگاه‌ها و با تأثیر بر عرضه نیروی کار، مصرف کالاها و خدمات و به ویژه با کاهش درآمد مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در کوتاه‌مدت و بلندمدت بر اقتصاد خانوارها و اقتصاد بخش کشاورزی تأثیرگذار است. در بخش خدمات نیز بخش‌هایی که بیشترین احتمال شیوع بیماری را دارند نظیر حمل و نقل، رستوران و هتلداری، پوشاک و ... با کاهش اشتغال و درآمد مواجه می‌شوند. بنابراین آنچه اهمیت دارد اندازه‌گیری شدت و میزان اثر کرونا بر بخش‌های مختلف اقتصادی به تفکیک است. این مقاله گامی در جهت پر کردن این شکاف در مطالعات انجام شده است.

با توجه به اهمیت موضوع این مقاله نکاتی را مد نظر قرار داده است که آن را از سایر مطالعات خارجی و داخلی متمایز می‌سازد. در سطح بین‌الملل، مطالعات مرتبط با بکارگیری داده‌های سری زمانی در بخش‌های مختلف فعال در اقتصاد انجام شده است، اما تعامل همزمان این اثرات بر نهادهای فعال در اقتصاد نظیر خانوارها، دولت و بانک مرکزی نادیده گرفته شده است. این مقاله با وارد کردن مدل SIR در چارچوب DSGE، امکان بررسی همزمان اثرات را فراهم نموده است. در مطالعات داخلی اثرات بخشی ویروس کرونا نادیده گرفته شده است. در این مقاله با تقسیم خانوارها به سه گروه افراد بیمار، ناقل و تعیین تکلیف شده (فوت شده، بهبود یافته و سالم) و تقسیم بنگاه‌ها به سه گروه تولیدکنندگان کالاهای کشاورزی، صنعت و خدمات این شکاف پر شده است. علاوه بر آن در مطالعات داخلی و خارجی اثر ویروس کرونا بر هزینه تولید اندازه‌گیری نشده است و این مقاله امکان اندازه‌گیری میزان افزایش هزینه تولید را فراهم می‌کند.

چارچوب مقاله در ادامه به این شرح است. در بخش دوم، پس از مقدمه، چارچوب نظری مدل SIR بیان شده است. در بخش سوم مطالعات مرتبط با اثرات ویروس کرونا بر بنگاه‌ها و خانوارها بررسی شده است و در بخش چهارم نیز مدل مورد نظر مقاله تصریح شده است. در بخش پنجم و

ششم نیز نتایج بیان شده است.

۲- چارچوب نظری مدل SIR

در این قسمت برگرفته از مقاله کرماک و مکندریک (۱۹۲۷)^۱، چارچوب نظری مدل اپیدمی SIR بیان می‌شود. جامعه متشکل از افراد N است که در میان آن‌ها S فرد مستعد ابتلا به یک بیماری عفونی است (آن‌ها آلوده نیستند اما ایمنی ندارند) و I بیان‌گر افراد آلوده است (رشد جمعیت نادیده گرفته می‌شود زیرا اپیدمی در فاصله نسبتاً کوتاهی رخ می‌دهد). فرض کنید $R=N-S-I$ تعداد افرادی است که مصون هستند (احتمالاً واکسینه شده‌اند، یا آلوده شده‌اند و یا بهبود یافته‌اند یا مرده‌اند). فرض کنید افراد به طور تصادفی با یکدیگر ملاقات می‌کنند و به شرط این که فرد آلوده با یک فرد مستعد ملاقات کند، این بیماری با احتمال کمی منتقل می‌شود. فرض کنید $\beta > 0$ نرخ باشد که فرد آلوده با یک فرد سالم ملاقات کند و در صورتی که فرد حساس باشد بیماری را منتقل کند. فرض کنید $\gamma > 0$ نرخ باشد که فرد آلوده بهبود می‌یابد، می‌میرد یا سالم است. سپس معادلات دیفرانسیل زیر به دست می‌آید:

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI/N, \quad (1)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta SI}{N} - \gamma I, \quad (2)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I \quad (3)$$

برای این که مشخص شود چرا رابطه ۱ ساخته می‌شود، دقت کنید که یک فرد مبتلا می‌تواند با نرخ β در هر واحد از زمان، بیماری را به همه افراد حساس انتقال دهد. اما احتمال ملاقات یک فرد حساس S/N است. بنابراین I فرد مبتلا می‌تواند با سرعت $\frac{\beta SI}{N}$ در هر واحد زمان بیماری را انتقال دهد. رابطه ۲ ساخته می‌شود زیرا تغییر در تعداد افراد مبتلا برابر است با تفاضل افراد جدیدی که مبتلا شده‌اند با افراد تعیین تکلیف شده (بهبود یافته‌اند یا فوت کرده‌اند یا سالم بوده‌اند). با فرض $\alpha = S/N$ ، $\gamma = I/N$ ، $z = R/N$ نسبتی از افراد حساس به بیماری، مبتلا و تعیین تکلیف شده در جامعه هستند که با تقسیم همه معادلات بالا به N روابط زیر به دست می‌آید.

$$\dot{x} = -\beta xy, \quad (4)$$

$$\dot{y} = \beta xy - \gamma y, \quad (5)$$

$$\dot{z} = \gamma y, \quad (6)$$

که $\dot{x} = dx/dt$ است. اگر چه سیستم معادلات تفاضلی ۴ و ۵ و ۶ غیر خطی هستند. اما هارکو و همکاران (۲۰۱۴) تحلیل دقیقی پارامتری از آن ها دارند. این مدل بر دو قضیه بنا شده است. در قضیه اول، فرض شده است که $x(0) = x_0 > 0$, $y(0) = y_0 > 0$, $z(0) = z_0 \geq 0$ که در آن $x_0 + y_0 + z_0 = 1$ با این فروض، معادلات ۴، ۵ و ۶ به صورت زیر قابل بازنویسی است:

$$x(t) = x_0 v, \quad (7)$$

$$y(t) = \frac{\gamma}{\beta} \log v - x_0 v + x_0 + y_0, \quad (8)$$

$$z(t) = -\frac{\gamma}{\beta} \log v + z_0 \quad (9)$$

که

$$t = \int_v^1 \frac{d\xi}{\xi(\beta x_0(1-\xi) + \beta y_0 + \gamma \log \xi)} \quad (10)$$

با استفاده از این قضیه، خواص کیفی بیماری اپیدمی قابل مطالعه است. در قضیه دوم فرض کنید قضیه اول صادق باشد، آن گاه فروض زیر درست است.

در بلندمدت $v^* \in (0,1)$ نسبتی از افراد مستعد است که بیمار نیستند و $1 - v^*$ نسبتی از افراد مستعد است که بیمار هستند. v^* جواب منحصر به فرد حاصل از معادله ۱۱ است:

$$x_0(1 - v) + y_0 + \frac{\gamma}{\beta} \log v = 0 \quad (11)$$

اگر $\beta x_0 \leq \gamma$ آن گاه $\frac{dy}{dt} \leq 0$ و بیماری اپیدمی وجود ندارد. علاوه بر این، $v^* \rightarrow 1$ و $y_0 \rightarrow 0$.

اگر $\beta x_0 > \gamma$ آن گاه بیماری اپیدمی وجود دارد. تعداد افراد مبتلا به حداکثر می رسد زمانی که $\beta x(t_{max}) = \gamma$ که در آن

$$y_{max} = y(t_{max}) = \frac{\gamma}{\beta} \log \frac{\gamma}{\beta x_0} - \frac{\gamma}{\beta} + x_0 + y_0 \quad (12)$$

جمعیتی است که بیمار شده‌اند. حداکثر نرخ بیماری γ_{max} با x_0, γ_0 افزایش یافته و با $\frac{\gamma}{\beta}$ کاهش می‌یابد.

قضیه دوم چند کاربرد سیاستی دارد. اول این که ممکن است سیاست گذار بخواهد مانع گسترش بیماری اپیدمی شود. در صورتی به این هدف دست می‌یابد که $\beta x_0 \leq \gamma$. از آنجا که قبل از اپیدمی شدن، تعداد افراد آلوده γ_0 ناچیز است، وضعیت غیر اپیدمی به صورت $\beta(1 - z_0) \leq \gamma$ قابل بازنویسی است. بر خلاف عفونت‌های باکتریایی، که انواع زیادی از آنتی‌بیوتیک‌ها در دسترس هستند، به طور کلی هیچ مراقبت درمانی برای عفونت‌های ویروسی وجود ندارد. بنابراین میزان بهبودی / مرگ و میر عموماً از کنترل خارج است. بنابراین تنها راه برای این که بیماری همه‌گیر نشود و $\beta(1 - z_0) \leq \gamma$ این است که: (۱) کنترل انتقال یا کاهش β صورت گیرد به عنوان مثال، شستن دست‌ها، پوشیدن وسایل محافظ، کاهش مسافرت یا ایجاد فاصله اجتماعی. (۲) ایمن‌سازی (افزایش z_0). نرخ حداقلی ایمن‌سازی برای ممانعت از همه‌گیر شدن عبارت است از:

$$z_0 = 1 - \frac{\gamma}{\beta}$$

دوم ممکن است سیاست گذار بخواهد اثرات کلان بیماری همه‌گیر را کنترل کند. از آنجا که عرضه خدمات بهداشتی در کوتاه‌مدت کاهش ناپذیر است، مهم است که نرخ حداکثری ابتلا به بیماری γ_{max} متناسب با ظرفیت سیستم بهداشتی باشد. این موضوع فقط با کاهش نرخ انتقال β ممکن است.

۳- ادبیات تجربی

گاریر و همکاران (۲۰۲۰) تئوری شوک عرضه کینزین را بیان کردند. شوک عرضه، نسبت به شوک‌های خاص طرف تقاضا، باعث ایجاد تغییرات بزرگ‌تری در طرف تقاضا می‌شود. آن‌ها بحث می‌کنند که شوک‌های مرتبط با ویروس کرونا منجر به تعطیلی موقت یا دائم بنگاه‌ها می‌شود. در یک مدل دو بخشی با بازارهای ناقص آن‌ها یافتند که شوک ۵۰ درصدی که کل اقتصاد را درگیر می‌کند، همانند اثرات شوک صد درصدی که نصف اقتصاد را درگیر می‌کند، نیست. بازارهای ناقص شرایط اثرگذاری را برای شوک‌های عرضه نیوکینزی بیشتر می‌کند. تعطیلی بنگاه‌ها و کاهش اشتغال اثرات اولیه را تشدید نموده و رکود ایجاد می‌کند. سیاست بهینه به مفهوم تعطیلی بخش‌های آسیب‌دیده و حمایت کامل از نیروی کار است. آیچن بام و همکاران^۲

1. Guerrieri (2020)

2. Eichenbaum (2020)

(۲۰۲۰) با بکارگیری مدل SIR^۱ به پیروی از کرماک و مک کندی (۱۹۲۷) به مطالعه رابطه بین بیماری همه‌گیر و تصمیمات اقتصادی کشور آمریکا پرداخته‌اند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که با شیوع بیماری، مصرف کاهش یافته و مالیات بر مصرف نیز کاهش خواهد یافت و اشتغال نیز کاهش خواهد یافت. رکود نیز تشدید می‌شود. تعادل رقابتی از نظر اجتماعی مطلوب نیست زیرا تأثیر تصمیمات اقتصادی افراد آلوده به جامعه منتقل می‌شود. در معیار آن‌ها بهترین سیاست مهار نیز، شدت رکود را افزایش می‌دهد. اما تقریباً نیمی از میلیون‌ها نفر را در ایالات متحده نجات می‌دهد.

تودا^۲ (۲۰۲۰) مدل SIR را برای ویروس کرونا بکار برده است. یافته‌های مقاله نشان می‌دهد که نرخ انتقال در سراسر کشور ناهمگن است اما چون نرخ آن از نرخ بهبودی بیشتر است، در نتیجه سریع‌گسترش می‌یابد. در این مدل ۲۴/۴ درصد افراد ممکن است در اوج قرار بگیرند. در معیار وی، ۲۴/۴٪ از جمعیت ممکن است همزمان در اوج آلوده باشند، و هم در مسیر مراقبت و بکارگیری سیستم بهداشت و درمان، اما با این وجود سیاست کاهش بهینه که کنترل زمان و شدت فاصله اجتماعی را دارد می‌تواند اوج را به ۵/۶٪ کاهش دهد.

بارو و همکاران^۳ (۲۰۲۰) ضمن بررسی مجدد اثرات اقتصادی بیماری همه‌گیر آنفولانزا در دوره ۱۹۱۸-۱۹۲۰، حد بالای نرخ مرگ و میر ناشی از کووید ۱۹ بر اساس داده‌های ۴۳ کشور برآورد کرده‌اند و نشان دادند که نرخ مرگ و میر ناشی از این بیماری ۲٪ از کل جمعیت جهان خواهد بود. همچنین کاهش رشد اقتصادی در کشورها ۶ تا ۸ درصد خواهد بود. کاریا و همکاران^۴ (۲۰۲۰) با بکارگیری مدل آنفولانزای اسپانیایی، برآورد کردند که در صورت شیوع ویروس کرونا اشتغال ۶ درصد کاهش خواهد داشت و فاصله اجتماعی، فعالیت اقتصادی را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد و همچنین از نظر آماری و از نظر اقتصادی نیز تأثیر قابل توجهی نخواهد داشت. بوچیم و همکاران^۵ (۲۰۲۰) به بررسی عوامل مؤثر در چشم‌انداز مشاغل بنگاه‌ها و استراتژی‌های

۱. مدل SIR مدلی است که بر اساس آن تعداد افراد عفونی مدل‌سازی شده است به طوری که در معادله، تعداد افراد مستعد بیماری با $S(t)$ ، تعداد افراد عفونی با $I(t)$ ، و تعداد افراد بهبود یافته با $R(t)$ نشان داده شده است.

۲. Toda (2020)

۳. Suseptible-Infected-Recovered (SIR)

۴. Barro (2020)

۵. Great Influenza Pandemic

۶. Carreia (2020)

۷. Bucheim (2020)

مدیریت در بحران ویروس کرونا، با استفاده از داده‌های شرکت‌های آلمانی می‌پردازند. در این مطالعه ابتدا نشان داده شده است، که این بحران ضعف‌های پیش از بحران را تقویت می‌کند. شرکت‌هایی که قبل از بحران نسبتاً ضعیف به نظر می‌رسند، در ابتدا سخت‌تر برخورد می‌کنند، و بیشتر از تأثیرات اولیه، انتظار دارند که مشکلات بیشتری برای پیشبرد کسب و کارشان پیش رود. در نتیجه، چنین بنگاه‌هایی برای اولین بار در حال کاهش اشتغال و سرمایه‌گذاری هستند. دوم، نتایج این مطالعه تأکید می‌کند که انتظارات مربوط به مدت زمان تعطیلی بنگاه - که در این مرحله از بحران، تغییرات تصادفی رخ می‌دهد - یک عامل مهم تعیین‌کننده راهکارهای منتخب بنگاه‌ها است. شرکت‌هایی که انتظار دارند این تعطیلی طولانی‌تر شود، با احتمال بیشتری به اخراج کارگران و لغو یا به تعویق انداختن پروژه‌های سرمایه‌گذاری می‌پردازند.

بارتیک و همکاران^(۲۰۲۰) در صدد تهیه یک تصویر جامع، عمدتاً توصیفی در مورد میزان تأثیر شرکت‌های آمریکایی در بحران و چگونگی برنامه‌ریزی برای مقابله با اختلالات ایجاد شده توسط بیماری کرونا در مقاله خود بوده‌اند. از طرف دیگر، این مطالعه به این نکته اشاره می‌کند که چگونه وضعیت پیش از بحران شرکت‌ها انتظارات آن‌ها درباره مدت تعطیلی کسب و کارها و راهکارهایشان برای مقابله با بحران را شکل می‌دهد. بیکر و همکاران^(۲۰۲۰) نشان می‌دهند که عدم اطمینان در انتظارات شرکت‌ها در ایالات متحده و انگلیس به طور قابل توجهی افزایش یافته است. بلوم و همکاران^(۲۰۲۰) با بکارگیری مدل بیکر و همکاران^(۲۰۲۰) برای کشور انگلستان نشان می‌دهند بسیاری از شرکت‌ها - به ویژه صنعت گردشگری و رستوران‌ها - انتظار دارند ویروس کرونا تأثیر قابل توجهی در فروش آن‌ها داشته باشد. حسن و همکاران^(۲۰۲۰) دریافتند که نگرانی‌های اصلی بنگاه‌ها در مرحله اولیه همه‌گیری ویروس کرونا به نظر می‌رسد عدم تقاضا، اختلال در زنجیره‌های تأمین و افزایش عدم قطعیت باشد.

در ایران مطالعه‌ای در خصوص اثر کرونا بر بخش‌های مختلف اقتصادی انجام نشده است. در این بخش مطالعات مرتبط با بخش‌های مختلف اقتصادی بیان می‌شود. زارع^(۱۳۹۹) اثر بلند مدت کاهش تعرفه‌ها را بر ارزش افزوده بخش‌های مختلف اقتصادی کشور نظیر کشاورزی، صنعت و خدمات با بکارگیری مدل تعادل عمومی پویای تصادفی بررسی نموده است. به همین منظور از

1. Bartik (2020)

2. Baker (2020)

3. Bloom (2020)

4. Hassan (2020)

روش کالیبراسیون استفاده شده است. نتایج بررسی بیان‌گر این است که به دنبال الحاق به سازمان جهانی تجارت هر چند ارزش افزوده بخش کشاورزی پس از حدود یک دهه کاهش ملایم، رشد آرام خود را آغاز می‌کند اما ارزش افزوده در دو بخش صنعت و خدمات، با کاهش قابل توجهی همراه خواهد بود. نجاتی (۱۳۹۶) نقش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را بر اقتصاد ایران با بکارگیری مدل تعادل عمومی پویای تصادفی بررسی کرده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌تواند تولید بخش‌های مختلف اقتصادی اعم از صنعت، خدمات و کشاورزی را بهبود بخشیده و روند قیمتی آن‌ها را کاهش دهد.

۴- تصریح مدل

در این مقاله برای بررسی اثر بحران ویروس کرونا بر بخش‌های مختلف اقتصادی کشور از یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی استفاده شده است. یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی این امکان را به سیاست‌گذار می‌دهد که بتواند اثر تغییرات در هر نوع متغیر را با وجود نهادهای مختلف خانوارها، بنگاه‌ها و سیاست‌گذاران بانک مرکزی و دولت مورد بررسی قرار دهد. چارچوب اصلی مدل در این مقاله بر پایه مدل استاندارد نیوکینزی پایه‌ریزی شده و با توجه به مطالعات تودا (۲۰۲۰)، پوچیم و همکاران (۲۰۲۰)، بارتیک و همکاران (۲۰۲۰)، آتا منسا و دیب^۱ (۲۰۰۸) و آگنور و همکاران^۲ (۲۰۱۲) تعدیل و با در نظر گرفتن شوک کرونا بسط داده شده است. مدل از پنج بخش خانوارها، بنگاه‌ها، دولت، نفت و مقام پولی تشکیل شده است. با توجه به هدف مقاله که آسیب‌پذیری بخش‌های مختلف اقتصادی را از شیوع ویروس کرونا بررسی می‌کند، سه بخش اقتصادی کشاورزی، صنعت و خدمات در نظر گرفته شده است. مدل مورد نظر این مقاله نکاتی را مد نظر قرار داده است که آن را از سایر مطالعات متمایز ساخته است که عبارت هستند از:

در این مقاله برای طراحی بخش خانوار سعی شده است از مدل استاندارد نیوکینزی بهره گرفته شود، سپس با بکارگیری مدل SIR همچون مطالعه تودا (۲۰۲۰)، عرضه نیروی کار به سه قسمت افراد در معرض بیماری، افراد بیمار و افراد تعیین تکلیف شده تقسیم شده‌اند. افراد تعیین تکلیف شده به سه گروه افراد سالم، افراد بهبودیافته و فوت کرده تقسیم شده‌اند. برای ویروس کرونا یک شوک در نظر گرفته شده است.

1. Atta Mensa and Dib (2008)

2. Agenor (2012)

بخش‌های مختلف اقتصادی به سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات تقسیم شده است. اثر شوک کرونا بر هزینه تولید بررسی شده است. در ادامه به طور مشروح مدل مورد نظر این مقاله بیان می‌شود.

۱-۴- خانوار

فرض بر این است که اقتصاد از تعداد زیادی خانوارهای مشابه تشکیل شده است که از سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات کالا و خدمات دریافت و مصرف می‌کنند و به این سه بخش نیروی کار عرضه می‌کنند. بخش‌های مختلف اقتصادی با اندیس i نشان داده شده‌اند. این خانوارها مصرف کالاها و خدمات C_t^i ، نگهداری مانده‌های حقیقی پول m_t^i ، عرضه نیروی کار N_t^i و نگهداری اوراق مشارکت B_t^i را به نحوی انتخاب می‌کنند که تابع مطلوبیت رابطه (۱۳) حداکثر شود. این خانوارها در مقابل خرید اوراق مشارکت $R_t^b = 1 + r_t^b$ دریافت می‌کنند. خانوار نماینده دارای ترجیحاتی به شکل ذیل است:

$$E_t \sum_{t=0}^{\infty} U^i(C_t^i, M_t^i, N_t^i) \quad (13)$$

که با توجه به شکل تبعی تابع مطلوبیت، ارزش حال مطلوبیت‌هایی که خانوار کسب می‌کند به شکل ذیل خواهد بود.

$$\sum_{s=0}^{\infty} (\beta^{ih})^s E_t \left[\frac{C_t^{i1-\sigma_c}}{1-\sigma_c} - cov_t \frac{N_t^{i1+\sigma_n}}{1+\sigma_n} + \frac{1}{1-\vartheta} \frac{M_t^{i1-\vartheta}}{P_t} \right] \quad (14)$$

که E_t عملگر انتظارات، $0 < \beta < 1$ عامل تنزیل، C_t^i مصرف حقیقی خانوار از سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات، N_t^i عرضه نیروی کار برای استفاده در فرآیند تولید کالای واسطه در سه بخش اقتصادی، σ_c معکوس کشش جانشینی بین زمانی مصرف، σ_n معکوس کشش جانشینی بین زمانی کار، M_t^i نقدینگی در دست خانوار و ϑ کشش بهره‌ای پول است. خانوار نماینده، دوره t را با M_{t-1}^i واحد پول که از دوره قبل به جا مانده است، شروع می‌کند و N_t^i نیروی کار در اختیار دارد که آن را به بنگاه‌های تولیدکننده کالاهای واسطه عرضه می‌کند. خانوار از محل عرضه نیروی کار، w_t^i دستمزد (درآمد) کسب می‌کند و به اندازه T_t^i به دولت مالیات

1. Inverse of the Elasticity of Intertemporal Substitution of Consumption

2. Inverse of the Elasticity of Intertemporal Substitution of Labor

پرداخت می‌کند. خانوار بخشی از درآمد خود را صرف خرید کالاهای نهایی می‌کند، بخشی را سرمایه‌گذاری می‌کند که i_t^I سرمایه‌گذاری واقعی است و بخشی دیگر را به صورت پول نقد نگهداری می‌کند. همچنین فرض شده که خانوار مالک بنگاه است و در نتیجه سود بنگاه π_t^f به وی تعلق می‌گیرد.

در معادله (۱۵) فرض شده است، مصرف کالاها به قیمت حقیقی c_t^I ، ترکیبی از مصرف کالای کشاورزی c_t^A ، صنعت c_t^M و خدمات c_t^S است که توسط بنگاه‌های تولیدی تأمین می‌شود. این کالاها از طریق جمع‌گر دیکسیتز با هم ترکیب می‌شوند (عطار و همکاران، ۱۳۹۸).

$$c_t^I = \left[\chi_A^{\frac{1}{\eta_c}} (c_t^A)^{\frac{\eta_c-1}{\eta_c}} + \chi_M^{\frac{1}{\eta_c}} (c_t^M)^{\frac{\eta_c-1}{\eta_c}} + \chi_S^{\frac{1}{\eta_c}} (c_t^S)^{\frac{\eta_c-1}{\eta_c}} \right]^{\frac{\eta_c}{\eta_c-1}} \quad (15)$$

که در آن χ_S ، χ_M ، χ_A به ترتیب سهم کالاهای کشاورزی، صنعتی و خدمات در کل سبد مصرفی خانوارها و $\chi_A + \chi_M + \chi_S = 1$ و η_c کشش جانشینی بین کالاهای کشاورزی، صنعت و خدمات را نشان می‌دهد. با توجه به شیوع ویروس کرونا، نیروی کار تحت تأثیر این بیماری بوده و کل عرضه نیروی کار با توجه به این بیماری به صورت رابطه ۱۶ قابل بازنویسی است.

$$N_t = S_t^{\omega S} I_{cov_t}^{\omega I} R_t^{wr} \quad (16)$$

که در آن S_t^I ، $I_{cov_t}^I$ ، R_t^I به ترتیب افراد مستعد بیماری، افراد بیمار و افراد تعیین تکلیف شده (سالم، بهبود یافته یا فوت کرده) می‌باشند. ωS ، ωI ، ωR به ترتیب نرخ انتقال بیماری، نرخ ابتلا به بیماری و نرخ تعیین تکلیف شده هستند، به طوری که $\omega S > 0$ ، $\omega I > 0$ و $\omega R > 0$ بوده و $\omega S + \omega I + \omega R = 1$ است. wr سهم هر یک از افراد مستعد بیماری، افراد بیمار و افراد تعیین تکلیف شده در کل عرضه نیروی کار است. cov_t شوک بیماری کرونا است که از فرآیند ۱۷ تبعیت می‌کند.

$$cov_t = \rho_{cov} cov_{t-1} + (1 - \rho_{cov}) \bar{cov} + \varepsilon_{covt} \quad \rho_{cov} \in (0, 1) \quad (17)$$

$$\varepsilon_{covt} \sim N(0, \sigma_{cov})$$

سرمایه‌گذاری i_t^i به موجودی سرمایه ابتدای دوره K_t^i اضافه می‌شود و موجودی سرمایه دوره بعد K_{t+1}^i را ایجاد می‌کند. موجودی سرمایه در ابتدای دوره $t+1$ بصورت رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$K_{t+1}^i = (1 - \delta^i)K_t^i + i_t^i \quad (۱۸)$$

با توجه به روابط ۱۳ تا ۱۸، قید بودجه خانوار نماینده عبارت است از:

$$m_t^i + c_t^i + i_t^i = w_t^i N_t^i + r_t^{ki} k_t^i + \frac{m_{t-1}^i}{\pi_t} + \frac{\pi_t^f}{p_t} \quad (۱۹)$$

w_t دستمزد حقیقی، $m_t = \frac{M_t}{P_t}$ مقدار حقیقی پول و $\pi_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_t}$ تورم است.

مسئله تصمیم‌گیری خانوار در سه مرحله بررسی می‌شود. در مرحله اول، خانوار تصمیم می‌گیرد که چه ترکیبی از کالاهای مصرفی را انتخاب نماید تا این که هزینه به‌دست آوردن سطح معینی از مصرف کالای ترکیبی حداقل شود. در مرحله دوم با توجه به هزینه دسترسی در هر سطح معینی از مصرف c_t^i ، خانوار مقادیر بهینه‌ای از $m_t^i, k_t^i, N_t^i, c_t^i$ به گونه‌ای تعیین می‌کند که مطلوبیتش حداکثر شود. در مرحله سوم خانوار تلاش می‌کند تا تابع مطلوبیت خود را با توجه به قید بودجه حداکثر نماید. پس از بهینه‌یابی مقید توسط خانوار شرایط مرتبه اول مسأله بهینه‌یابی خانوار نسبت به $m_t^i, k_t^i, N_t^i, c_t^i$ بدست می‌آید.

۲-۴- تولیدکننده کالای نهایی

بنگاه نماینده‌ای وجود دارد که کالاهای واسطه‌ای Z را از سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات خریداری می‌کند و با استفاده از جمع‌گر دیکسیت استیگلیتزر کالای نهایی را تولید می‌کند.

$$Y_t = \left(\int_0^1 Y_{jt}^i \left(\frac{\theta-1}{\theta} \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}} \right)^{\frac{\theta-1}{\theta}} \quad (۲۰)$$

Y_{jt}^i بیان‌گر کالای واسطه‌ای Z در بخش i است. کالاهای واسطه، متمایز و جانشین ناقص یکدیگر بوده و کشش جانشینی ثابت θ بین آن‌ها برقرار بوده و $\theta > 1$ است. بنگاه تولیدکننده کالای نهایی سعی می‌کند خرید خود را از کالاهای واسطه با توجه به قیمت کالاهای متمایز واسطه طوری تعیین کند که سودش حداکثر شود و در نتیجه تابع تقاضا برای محصول متمایز تولید شده

توسط هر یک از بنگاه‌های واسطه به صورت ذیل است:

$$Y_{jt}^i = \left(\frac{P_{jt}^i}{P_t} \right)^{-\theta} Y_t \quad (21)$$

که تقاضا برای کالای i زدر بخش i تابعی از قیمت نسبی $\frac{P_{jt}^i}{P_t}$ (نسبت قیمت آن به قیمت کالای نهایی) و تولید کالای نهایی است و با تحمیل شرط سود صفر برای تولیدکننده کالای نهایی، قیمت کالای نهایی به صورت ذیل خواهد بود:

$$P_t = \left(\int_0^1 P_{jt}^{1-\theta} d_j \right)^{\frac{1}{1-\theta}} \quad (22)$$

۳-۴- تولیدکننده کالای واسطه

هر تولیدکننده کالای واسطه‌ای i در بخش i با ترکیب سرمایه و نیروی کار، کالای واسطه‌ای تولید می‌کند که آن را در شرایط رقابت ناقص می‌فروشد. برای لحاظ هزینه تعدیل قیمت از قاعده روتمبرگ (۱۹۸۲) استفاده می‌شود.

$$Y_{jt}^i = A_t^i (N_{jt}^i)^{1-\alpha_i} (K_{jt}^i)^{\alpha_i} \quad (23)$$

که N_{jt}^i عرضه نیروی کار در هر بخش i و $\alpha_i \in (0,1)$ و A_t^i بیان‌گر شوک تکنولوژی در هر بخش است که از فرآیند زیر تبعیت می‌کند:

$$A_t^i = \rho_A^i A_{t-1}^i + (1 - \rho_A^i) \bar{A} + \varepsilon_A^i \quad \rho_A^i \in (-1,1) \quad (24)$$

$$\varepsilon_A^i \sim N(0, \sigma_A)$$

همانند روتمبرگ (۱۹۸۲) بنگاه تولیدکننده کالای واسطه‌ای i زدر بخش i با هزینه تعدیل زیر مواجه است:

$$PAC_{jt}^i = \frac{\varphi_f^i}{2} \left(\frac{P_{jt}^i}{\pi P_{jt-1}^i} - 1 \right)^2 Y_t \quad (25)$$

که $\varphi_f^i > 0$ پارامتر هزینه تعدیل یا درجه چسبندگی قیمت، φ_f^i نرخ تورم در وضعیت تعادل پایدار و Y_t کل تولید است. بنگاه بخش i به دنبال حداکثرسازی مجموع سود حقیقی جاری و آتی است:

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} \beta^s \frac{\pi_{t+s}^{fi}}{P_{t+s}^i} \quad (26)$$

که در آن تابع سود اسمی بنگاه i عبارت است از:

$$\pi_{jt}^{fi} = P_{jt}^i Y_{jt}^i - P_t mc_t^i Y_{jt}^i - PAC_{jt}^i \quad (27)$$

بنگاه بخش i سود انتظاری را با توجه به روابط (۲۰) تا (۲۵) و نسبت به سرمایه K_{jt}^i ، نیروی کار N_{jt}^i و حداکثر می‌سازد. mc_t^i هزینه نهایی است که به صورت رابطه زیر قابل استخراج است.

$$MC_t^i = \frac{W_t^i \times N_t^i}{P_t^i (1 - \alpha_i) Y_t^i} \quad (28)$$

در این مقاله با توجه به واقعیات اقتصادی، فرض شده است قیمت بخش خدمات و کشاورزی تابعی از هزینه نهایی و قیمت دوره قبل بخش مربوط به خود هستند.

۴-۴- بانک مرکزی، دولت و بخش نفت

بانک مرکزی مرجع پولی و یکی از سیاست‌گذاران اقتصادی است. بانک مرکزی ایران از ابزارهای مستقیم و غیر مستقیم برای اعمال سیاست پولی استفاده می‌کند. یکی از این ابزارها تعیین نرخ سود است. در این مقاله فرض می‌شود که ابزار سیاست‌گذار پولی در اختیار بانک مرکزی، نرخ سود اوراق مشارکت می‌باشد. همچنین فرض می‌شود که سیاست‌گذاری پولی به نحوی است که بر اساس آن، سیاست‌گذار نرخ سود اوراق مشارکت را به صورت کاملاً صلاح‌دیدگی در جهت رسیدن به دو هدف خود یعنی کاهش انحراف تولید از تولید بالقوه و انحراف تورم از تورم هدف و تثبیت نرخ رشد پول تعیین می‌کند. به علاوه، فرض می‌شود که بانک مرکزی هیچ‌گونه هدف‌گذاری صریحی برای تورم که برای عموم اعلام گردد، ندارد. با این حال به دلیل وجود هدف‌گذاری در برنامه‌های توسعه، سیاست‌گذاران همیشه سعی دارند تا یک هدف ضمنی را دنبال نمایند. با توجه به این نکات معادله ۲۹ نشان می‌دهد نرخ رشد پول بستگی به تفاوت نرخ رشد پول

دوره قبل از وضعیت پایدار، نرخ تورم دوره جاری و نرخ تورم پایدار، و تفاوت تولید ناخالص داخلی از وضعیت پایدار دارد.

$$1 + r_t^b = \left(\frac{1+r_{t-1}^b}{1+r_b} \right)^{\rho_{rr}} \left(\frac{1+\pi_t}{1+\bar{\pi}} \right)^{\rho_{\pi r}} \left(\frac{y_t}{\bar{y}} \right)^{\rho_{yr}} \left(\frac{1+m_t}{1+\bar{m}} \right)^{\rho_{mr}} \varepsilon_{tr} \quad (29)$$

که ρ_{mr} ، ρ_{yr} و $\rho_{\pi r}$ به ترتیب وزن نرخ سود اوراق مشارکت دوره قبل، تورم، تولید و وزن نرخ رشد پول است. \dot{m}_t نرخ رشد پول است که

$$\dot{m}_t = \frac{m_t}{m_{t-1}} \quad (30)$$

برای دولت یک رابطه تعادلی در نظر گرفته شده و فرض می‌شود که مخارج دولت از محل مالیات t_t ، درآمد نفتی or_t ، فروش اوراق قرضه b_t و سایر درآمدها تأمین مالی می‌شود. پس تابع مخارج حقیقی دولت عبارت است از:

$$g_t = t_t^{\phi_t^g} or_t^{\phi_{or}^g} b_t^{\phi_B^g} x_t^{\phi_x^g} \quad (31)$$

ϕ_t^g وزن مالیات، ϕ_{or}^g وزن درآمد نفتی، ϕ_B^g وزن اوراق قرضه دولتی و ϕ_x^g وزن سایر درآمدها در تابع مخارج دولت است. در این مقاله فرض شده است، درآمد مالیاتی دولت، اوراق قرضه دولتی و سایر درآمدها تابعی از تولید ناخالص داخلی هستند. بنابراین:

$$t_t = \varphi_t^y y_t \quad (32)$$

$$b_t = \varphi_b^y y_t \quad (33)$$

$$x_t = \varphi_x^y y_t \quad (34)$$

درآمدهای حاصل از صادرات نفت، با یک فرآیند AR(1) تعریف شده است. این درآمد با یک شوک همراه است که می‌تواند ناشی از تغییرات در صادرات نفت or_t ، تغییرات در قیمت نفت P_t^o و یا تغییر در نرخ ارز e_t ، باشد و همه این شوک‌ها در $\varepsilon_{or,t}$ خلاصه شده است. به این ترتیب جریان درآمد نفتی به شکل ذیل تعریف می‌شود:

$$or_t = \rho_{or} or_{t-1} + (1 - \rho_{or}) \bar{or} + \varepsilon_{or,t} \quad \varepsilon_{or,t} \sim N(0, \sigma_{\varepsilon_{or,t}}) \quad (۳۵)$$

که or_t ، جریان درآمد حقیقی نفت در دوره t و \bar{or} ، سطح با ثبات جریان درآمدهای نفتی است. در این مقاله فرض شده است، تمام نفت تولیدی صادر می‌شود و به قیمت‌هایی که در بازارهای جهانی نفت تعیین می‌شود به فروش می‌رسد و درآمد نفتی را تشکیل می‌دهد. این درآمد که معمولاً به دلار برای کشور حاصل می‌شود، بر اساس نرخ ارزی که معمولاً در کشور ما به صورت برون‌زا توسط بانک مرکزی تعیین می‌گردد، به ریال تبدیل می‌شود. برای ممانعت از پیچیدگی محاسبات در تبدیل درآمد ارزی نفت به ریال، سعی شده است درآمد نفتی به ریال در نظر گرفته شود، بنابراین فرآیند تبدیل درآمد ارزی نفت به ریال مدل‌سازی نشده است.

۵-۴- شرط تسویه بازار

شرط تسویه بازار کالای نهایی به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود. بازار کالای نهایی در تعادل است. به این مفهوم که تولید y_t توسط خانوار c_t و دولت g_t مصرف می‌شود و به میزان i_t توسط بنگاه سرمایه‌گذاری می‌شود. ac_t هزینه تعدیل قیمت است که در بخش تولید تعریف گردید.

$$y_t = c_t + g_t + i_t + ac_t \quad (۳۴)$$

۵- حل مدل

مدل معرفی شده در این مقاله با احتساب شرایط مرتبه اول خانوارها، بنگاه‌ها، شبکه بانکی و همچنین در نظر گرفتن توابع رفتاری دولت، بانک مرکزی و بخش نفت، شرایط تسویه بازار و شوک‌های مختلف در مجموع دارای ۲۷ معادله و ۲۷ متغیر مجهول است. سپس با اعمال فرض تقارن، متغیرهای P_{jt}^i ، y_{jt}^i ، N_{jt}^i ، k_{jt}^i به ترتیب برابر با P_t ، y_t ، N_t ، k_t در نظر گرفته می‌شوند. در ادامه معادلات استخراج شده از شرایط مرتبه اول بهینه‌یابی، با استفاده از روش اهلیگک اخطی می‌شوند. بدین ترتیب، سیستم معادلات معرفی شده در این مقاله، شامل معادلات خطی شده می‌باشد.

۵-۱- برآورد پارامترهای مدل و آزمون صحت مدل

قبل از برآورد پارامترها، ضروری است پارامترهایی که نیاز به برآورد ندارند، نظیر مقادیر پایدار

متغیرها، مشخص شده مقدار آن‌ها کالیبره شوند. برای محاسبه مقدار تعادل پایدار سری فرضی X_t به این صورت عمل شده که ابتدا معادله‌ای به شکل $\log(X_t) = C' + r'.trend$ طبق روش حداقل مربعات معمولی برای این سری تخمین زده شده است که در آن C' و r' به ترتیب برابر با عرض از مبدأ و ضریب جزء روند بوده و آنتی لوگ عرض از مبدأ تخمین زده شده، مقدار این سری در وضعیت تعادل پایدار را به دست می‌دهد.

پارامترهای مدل مشتمل بر ۲۷ پارامتر می‌باشد. مقدار پیشین پارامترها به نحوی کالیبره شده‌اند که ویژگی‌های اصلی اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۶۰-۱۳۹۸ را تصویر نمایند. سهم کالاهای کشاورزی، صنعت و خدمات در تولید بر اساس واقعیت اقتصادی ایران کالیبره شده است، به طوری که سهم بخش خدمات ۵۱ درصد، سهم بخش کشاورزی ۶ درصد و سهم بخش صنعت ۲۵ درصد در نظر گرفته شده است. عامل تنزیل و نرخ استهلاک با توجه به شرایط حل مدل انتخاب شده‌اند. برخی پارامترها نظیر هزینه تعدیل سرمایه و هزینه تعدیل قیمت، بر اساس مطالعات پیشین مقداردهی شده و برخی دیگر نظیر وزن متغیرهای سیاست پولی، با استفاده از نرم افزار Eviews و با توجه به تابع رفتاری تعریف شده برای آن‌ها محاسبه شده است. انتخاب پارامتر فرآیند برون‌زای شوک نفت با استفاده از داده روندزدایی شده برای متغیر یاد شده در اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۳۶۰-۱۳۹۸ و برآورد الگوی زیر صورت گرفته است:

$$\log(X_t) = c + \rho \log(X_{t-1}) + \varepsilon_{x_t}$$

مقدار ρ به عنوان ضریب خودرگرسیون و میزان انحراف معیار پسماند رگرسیون فوق، به عنوان مقدار انحراف معیار متغیر در مدل وارد شده است. پارامتر فرآیند برون‌زای شوک بهره‌وری و شوک بیماری کرونا به صورت انتخابی با توجه به ساختار مدل انتخاب شده است.

سپس پارامترها با استفاده از روش بیزین و الگوی متروپولیس - هستینگز^۱ برآورد شده‌اند. در ادامه برای تخمین سایر پارامترها باید توزیع، میانگین و انحراف معیار پیشین^۲ پارامترها، تعیین گردد. با در نظر گرفتن مقادیر اولیه برای میانگین و انحراف معیار پارامترها می‌توان با استفاده از روش بیزی پارامترها را برآورد نمود. لازم به ذکر است که توزیع پیشین برای هر پارامتر بر اساس

1. Bayesian

2. Metropolis-Hastings Algorithm

3. Prior Mean and Standard Deviation

ویژگی‌های آن پارامتر و ویژگی‌های توزیع مورد نظر انتخاب شده است. توزیع، میانگین و انحراف معیار پیشین و نتایج حاصل از برآورد بیزی پارامترها و انحراف معیار آنان (یعنی میانگین و انحراف معیار پسین) در جدول شماره (۱) ارائه شده است. برآورد مدل در فضای برنامه داینار تحت نرم افزار MATLAB صورت گرفته است.

جدول ۱: برآورد برخی از پارامترهای مدل

پارامتر	توضیحات	میانگین پیشین (انحراف معیار پیشین)	برگرفته از	میانگین پسین (انحراف معیار پسین)
η_c	کشش جانشینی مصرف	۰/۹۶۳ (۰/۰۱)	محاسبات تحقیق	۰/۹۹۸۷ (۰/۰۱)
$Scov$	نرخ انتقال بیماری	۰/۳۳ (۰/۰۱)	فرض شده است نرخ انتقال بیماری، نرخ	۰/۳۰۵۲ (۰/۰۱)
$icov$	نرخ ابتلا به بیماری	۰/۳۳ (۰/۰۱)	ابتلا به بیماری و نرخ تعیین تکلیف شده با هم برابر هستند.	۰/۳۰۴۶ (۰/۰۲)
$rcov$	نرخ تعیین تکلیف شده	۰/۳۳ (۰/۰۱)		۰/۳۰۶۱ (۰/۰۱)
α_A	کشش تولید نسبت به سرمایه در بخش کشاورزی	۰/۶۰۰ (۰/۰۱)	متناسب با ساختار مدل	۰/۶۲۶۰ (۰/۰۱)
α_M	کشش تولید نسبت به سرمایه در بخش صنعت	۰/۶۳ (۰/۰۱)	متناسب با ساختار مدل	۰/۵۷۰۴ (۰/۰۳)
α_S	کشش تولید نسبت به سرمایه در بخش خدمات	۰/۶۵ (۰/۰۱)	متناسب با ساختار مدل	۰/۵۸۳۸ (۰/۰۰۱)
γ_A	نرخ استهلاك در بخش کشاورزی	۰/۱۲۱ (۰/۰۱)	محاسبات تحقیق	۰/۰۶۷۵ (۰/۰۱)
γ_M	نرخ استهلاك در بخش صنعت	۰/۱۰ (۰/۰۱)	محاسبات تحقیق	۰/۱۶۶۵ (۰/۰۱)
γ_S	نرخ استهلاك در بخش خدمات	۰/۰۸۴ (۰/۰۱)	محاسبات تحقیق	۰/۱۶۰۷ (۰/۰۱)

مأخذ: محاسبات تحقیق

جهت بررسی صحت برآوردهای حاصل از روش بیزی از دو آزمون تشخیصی تک متغیره و چند متغیره بروکز و گلמן^۱ (۱۹۹۸) استفاده می‌شود. بر اساس آزمون تک متغیره واریانس درون نمونه‌ای و بین نمونه‌ای کلیه پارامترها به یکدیگر نزدیک شده و نهایتاً به مقدار ثابتی همگرا شده‌اند

^۱. Posterior Mean and Standard Deviation

^۲. Brooks and Gelman (1998)

و با توجه به اینکه آزمون چند متغیره واریانس درون نمونه‌ای و بین نمونه‌ای نیز به مقدار ثابتی همگرا می‌شوند، می‌توان گفت نتایج برآورد رویکردی بیزی با استفاده از روش بیزی از صحت خوبی برخوردار هستند. روش دیگر انطباق نمای محاسبه شده برای هر پارامتر با حداکثر لگاریتم چگالی پسین است. در این مدل نمای محاسبه شده با حداکثر لگاریتم چگالی پسین در مورد کلیه پارامترها منطبق بوده و بیان‌گر صحت برآوردها است. در این نمودار، چنانچه کرنل لگاریتم درستنمایی افقی باشد، به معنی آن است که داده‌های مورد استفاده حاوی اطلاعات در مورد پارامتر نمی‌باشد.

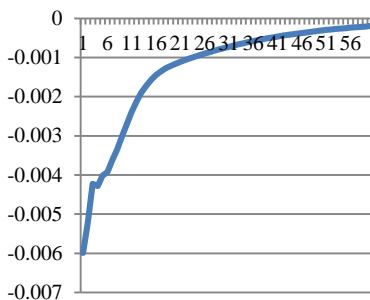
۲-۵- تجزیه و تحلیل توابع عکس‌العمل

پس از برآورد پارامترهای مدل، مرحله بعد استفاده از این پارامترها در مدل و شبیه‌سازی مدل برای اقتصاد ایران است. توابع عکس‌العمل آنی در برابر یک شوک ویروس کرونا به اندازه یک انحراف معیار در نمودار شماره (۱) نشان داده شده است. در این نمودار اثر شوک بیماری کرونا بر متغیرهای مصرف و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصادی نشان داده شده است. مقایسه اشتغال در سه بخش کشاورزی، صنعت و خدمات حاکی از این است که اشتغال در بخش کشاورزی افزایش می‌یابد. اما اشتغال در بخش صنعت و خدمات با کاهش مواجه می‌شود. ضمن آن که کاهش اشتغال در بخش خدمات بیش از کاهش اشتغال در بخش صنعت رخ می‌دهد. از طرف دیگر با وجود شوک کرونا، مصرف کالاهای کشاورزی کاهش می‌یابد اما مصرف کالاهای صنعت و خدمات افزایش می‌یابد، ضمن آن که افزایش مصرف کالای خدمات بیش از کالای صنعت رخ می‌دهد.

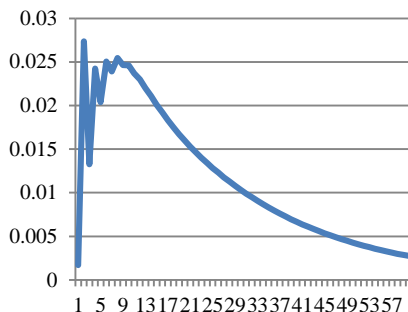
اثر شوک کرونا بر سرمایه‌گذاری و تولید در بخش‌های مختلف اقتصادی در نمودار ۲ بررسی شده است. مقایسه اثر ویروس کرونا بر سرمایه‌گذاری بخش‌های مختلف اقتصادی بیان‌گر این است که سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی افزایش می‌یابد، بخش کشاورزی از جمله بخش‌های استراتژیک است که در این دوره بیش از هر دوره دیگر نیازمند توجه خاص است. اما سرمایه‌گذاری در بخش صنعت و خدمات کاهش می‌یابد و میزان کاهش سرمایه‌گذاری در بخش صنعت بیش از میزان کاهش سرمایه‌گذاری در بخش خدمات است. همچنین اثر ویروس کرونا بر تولید بخش‌های مختلف اقتصادی نشان می‌دهد، تولید در بخش کشاورزی افزایش می‌یابد، اما تولید در بخش‌های صنعت و خدمات کاهش می‌یابد و کاهش تولید در بخش صنعت بیش از بخش خدمات است. تعطیلی بنگاه‌ها ناشی از ویروس کرونا و شرایط تحریم‌ها و همچنین کمبود

مواد اولیه و واسطه بخش صنعت را با رکود شدید مواجه خواهد ساخت. این امر مستلزم برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیمات در این حوزه است.

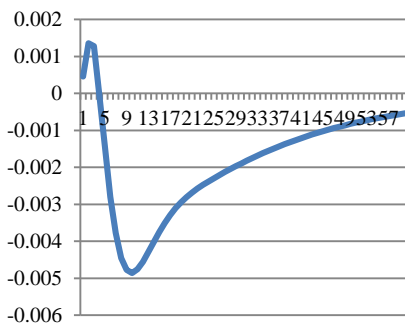
مصرف بخش کشاورزی



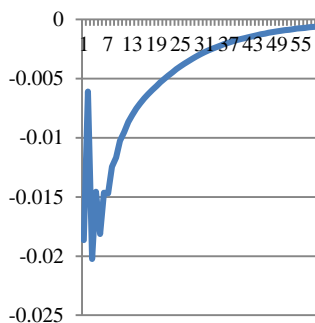
اشتغال بخش کشاورزی



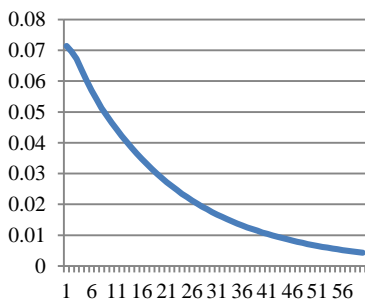
مصرف بخش صنعت



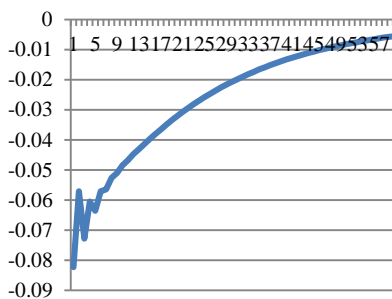
اشتغال بخش صنعت



مصرف بخش خدمات



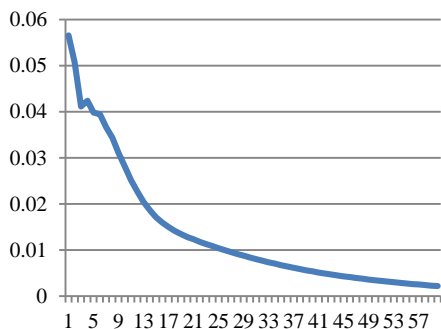
اشتغال بخش خدمات



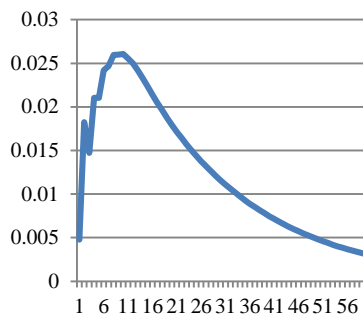
مأخذ: محاسبات تحقیق

نمودار ۱: اثر شوک کرونا بر بخش‌های مختلف اقتصادی با تأکید بر خانوارها

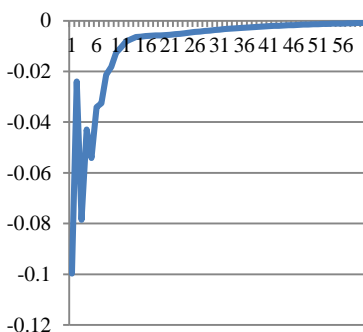
سرمایه گذاری بخش کشاورزی



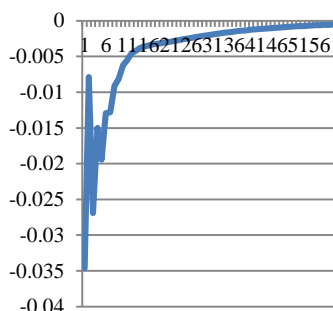
تولید بخش کشاورزی



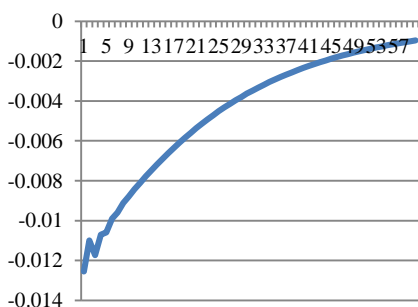
سرمایه گذاری بخش صنعت



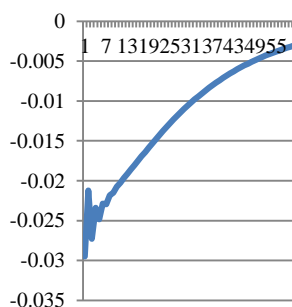
تولید بخش صنعت



سرمایه گذاری بخش خدمات

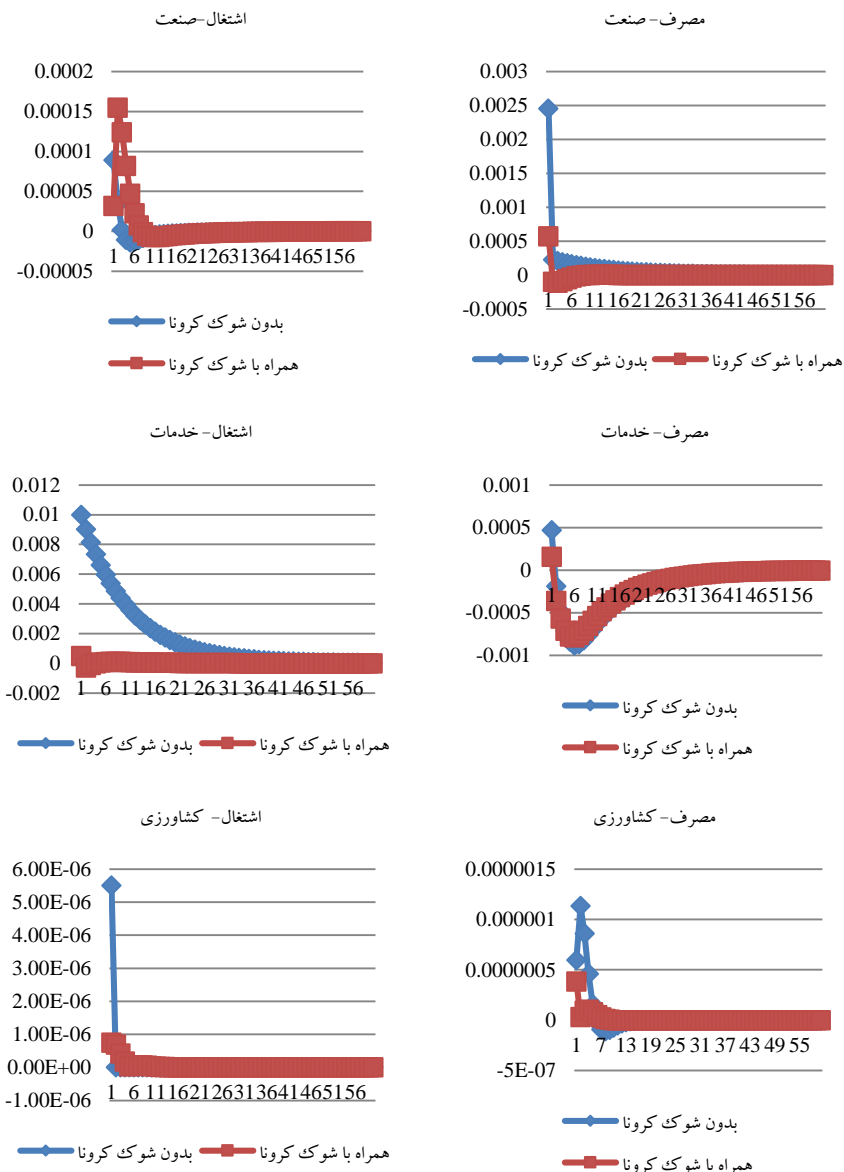


تولید بخش خدمات



مأخذ: محاسبات تحقیق

نمودار ۲: اثر شوک کرونا بر بخش‌های مختلف اقتصادی با تأکید بر نگاه‌ها



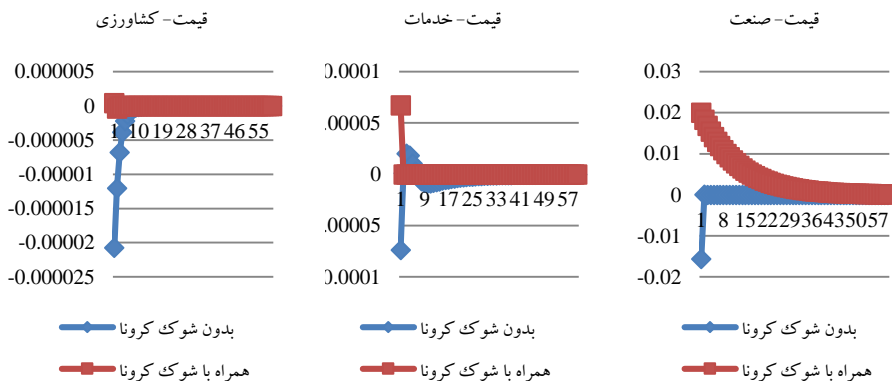
مأخذ: محاسبات تحقیق

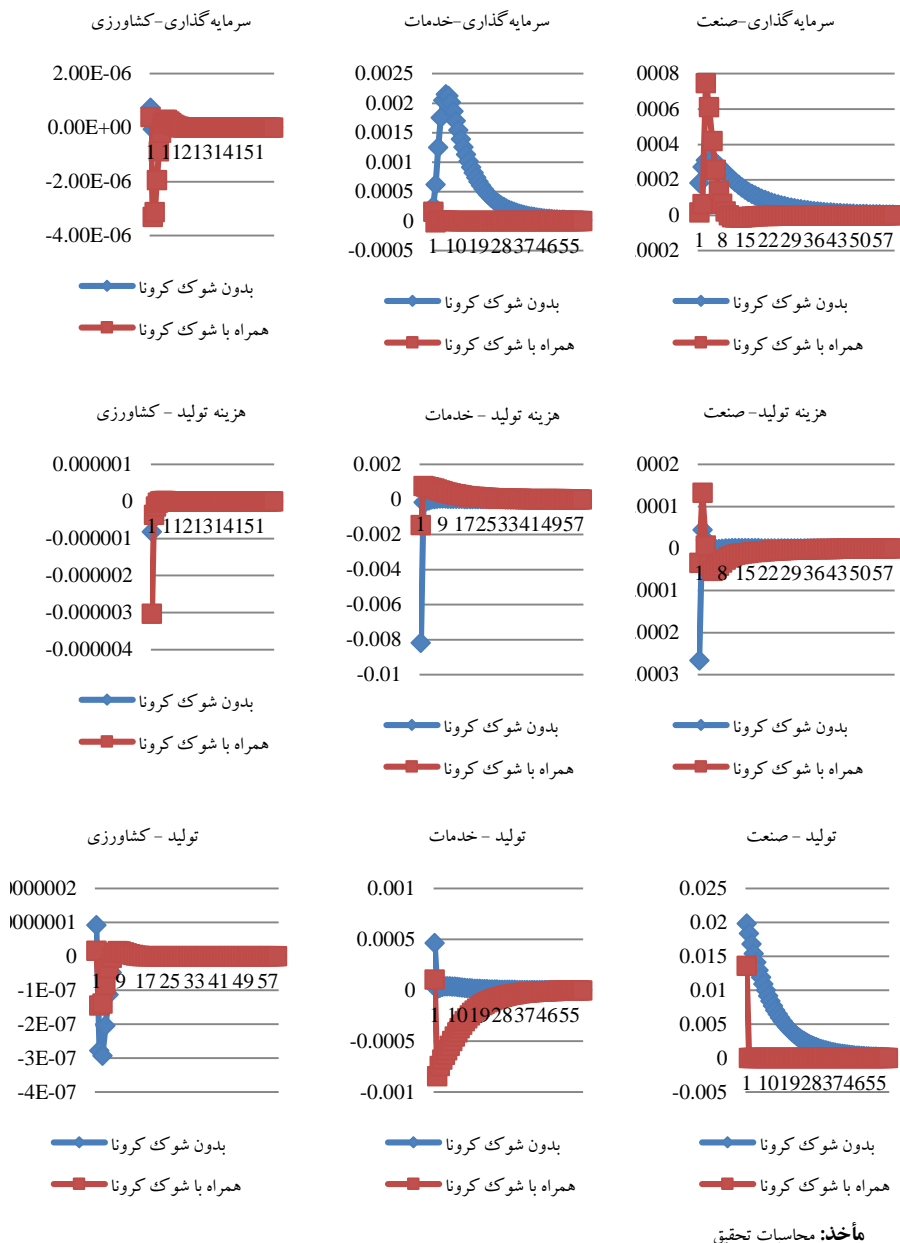
نمودار ۳: اثر شوک نفتی بر بخش های مختلف اقتصادی با تأکید بر خانوارها

توابع عکس العمل آنی در برابر یک شوک مثبت نفتی به اندازه یک انحراف معیار، بر دستمزد، مصرف و اشتغال در بخش های مختلف اقتصادی در نمودار ۳ نشان داده شده است. همان طور که

انتظار می‌رود، با شوک مثبت در آمد نفتی، در شرایط عدم وجود و وجود ویروس کرونا، مصرف و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصادی افزایش می‌یابد، اما در شرایط وجود ویروس کرونا این افزایش کمتر از شرایط عدم وجود ویروس کرونا است. همچنین مصرف در بخش صنعت بیش از دو بخش دیگر افزایش می‌یابد. اما اشتغال در بخش خدمات در شرایط بدون شوک کرونا، بیش از سایر بخش‌ها افزایش یافته و کاهش آن نیز بیش از سایر بخش‌ها است.

توابع عکس‌العمل آنی در برابر یک شوک مثبت نفتی به اندازه یک انحراف معیار، بر قیمت، سرمایه‌گذاری، هزینه تولید و تولید در بخش‌های مختلف اقتصادی در نمودار ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، شوک مثبت در آمد نفتی بدون شوک کرونا، منجر به کاهش قیمت‌ها در بخش‌های مختلف اقتصادی، بهبود سرمایه‌گذاری، کاهش هزینه تولید و بهبود تولید می‌شود، اما همراهی این شوک با شوک منفی ویروس کرونا، اثرات مثبت آن را کاهش داده است. به طوری که قیمت‌ها در بخش‌های مختلف اقتصادی افزایش یافته و سرمایه‌گذاری و تولید علی‌رغم مثبت بودن، کمتر از شرایط بدون شوک کرونا هستند. ضمن آن که هزینه تولید نیز در شرایط وجود شوک ویروس کرونا، در همه بخش‌های مختلف اقتصادی افزایش داشته است. مقایسه بخش‌های مختلف اقتصادی بیان‌گر این است که کاهش سرمایه‌گذاری و تولید در بخش صنعت بیش از سایر بخش‌های مختلف اقتصادی بوده است و هزینه تولید نیز در این بخش بیش از سایر بخش‌ها افزایش داشته است.





نمودار ۴: اثر شوک نفتی بر بخش‌های مختلف اقتصادی با تأکید بر بنگاه‌ها

زمستان سال ۱۳۹۸، شایع شد. متعاقب آن تعطیلی مدارس، فاصله اجتماعی، تعطیلی کسب و کارهای پر خطر و کاهش ساعات اداری و دورکاری آغاز شد. آن‌چه برای سیاست‌گذاران مهم است عمق و شدت اثرگذاری گسترش این ویروس بر اقتصاد کشور است. بخش‌های مختلف اقتصادی نظیر کشاورزی، صنعت و خدمات با اندازه‌های مختلف از این شوک متأثر شده‌اند. اندازه‌گیری و بررسی این اثرها می‌تواند در اتخاذ سیاست‌گذاری‌های اقتصادی راهنمای مناسب باشد. با توجه به اهمیت موضوع در این مقاله با بکارگیری مدل SIR، در چارچوب DSGE، اثر ویروس کرونا بر بخش‌های مختلف اقتصادی بررسی شده است. به همین منظور ۵ بخش خانوار، بنگاه، دولت، بانک مرکزی و نفت در نظر گرفته شده است. در بخش خانوار عرضه نیروی کار به سه گروه افراد بیمار، افراد ناقل و افراد تعیین تکلیف شده (فوت کرده، بهبودیافته و سالم) تقسیم شده است. ویروس کرونا با تأثیر بر اشتغال بر بخش‌های مختلف اقتصادی اثرگذار است. به همین دلیل این ویروس در این مقاله در بخش اشتغال مدل‌سازی شده است.

نتایج بررسی بیان‌گر افزایش قیمت‌ها و هزینه تولید و کاهش تولید، اشتغال، سرمایه‌گذاری و مصرف است. از طرف دیگر بررسی اثر شوک کرونا بر بخش‌های مختلف اقتصادی بیان‌گر این است که اگر چه تولید، سرمایه‌گذاری و مصرف در بخش‌های صنعت و خدمات کاهش می‌یابد، اما این متغیرها در بخش کشاورزی در حال افزایش است. از طرف دیگر میزان کاهش تولید، سرمایه‌گذاری و مصرف در بخش صنعت بیش از سایر بخش‌ها است. این نتایج با نتایج مطالعات تودا (۲۰۲۰)، پوچیم و همکاران (۲۰۲۰) و بارتریک و همکاران (۲۰۲۰) مشابه است.

همچنین بررسی اثر شوک مثبت درآمد نفتی بیان‌گر این است که در شرایط عدم وجود شوک ویروس کرونا، شوک مثبت درآمد نفتی منجر به کاهش قیمت‌ها و دستمزدها و همچنین هزینه تولید در بخش‌های مختلف اقتصادی شده و منجر به افزایش سرمایه‌گذاری و تولید در بخش‌های مختلف اقتصادی می‌شود. اما همراهی این شوک با شوک منفی ویروس کرونا، اثرات مثبت آن را کاهش داده و ضمن افزایش قیمت‌ها و هزینه‌های تولید در بخش‌های مختلف اقتصادی، سرمایه‌گذاری، تولید، مصرف و اشتغال را در بخش‌های مختلف اقتصادی کاهش می‌دهد. ضمن آن‌که این اثرات منفی در بخش صنعت بیش از دو بخش خدمات و کشاورزی خواهد بود.

با توجه به اثرات شوک کرونا بر بخش‌های مختلف اقتصادی که همزمانی آن با شرایط تحریم، رکود اقتصادی را تشدید نموده است، پیشنهاد می‌شود، به صورت دقیق و بر اساس رشته فعالیت در بخش‌های مختلف اقتصادی اثر میزان آسیب ناشی از ویروس کرونا اندازه‌گیری شود. سپس با

توجه به میزان آسیب وارد شده به بخش‌های مختلف اقتصادی و رشته فعالیت از بسته‌های حمایتی نظیر کاهش یا معافیت مالیات، و افزایش سوبسید استفاده شود. ضروری است سیاست‌های مناسب برای تقویت سرمایه‌گذاری در بخش‌های مختلف اقتصادی صورت پذیرد این موضوع مستلزم ثبات در سیاست‌های پولی و مالی است. بهتر است سیاست‌های حمایتی اعتباری نظیر عرضه تسهیلات ارزان قیمت یا با مدت بازپرداخت بلندمدت یا با تأخیر مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گیرد. بهتر است با توجه به شرایط پیش آمده، ارائه خدمات الکترونیکی تقویت شود.

References

- Agenor, P.R. Alper, K. and Pereira Da Silva, L. A. (2012). "Capital Requirements and Business Cycles with Credit Market Imperfections". Journal of Macroeconomics **34**(3): 687-705.
- Anderson, R. M. Heesterbeek, H. Klinkenberg, D. and Hollingsworth, T. D. (2020). "How will Country-Based Mitigation Measures Influence the Course of the COVID-19 Epidemic?". Lancet **395**(10228): 931-934.
- Atta-Mensa, J. & Dib, A. (2008). "Bank Lending, Credit Shocks, and the Transmission of Canadian Monetary Policy". International Review of Economics and Finance **17**(1): 159-176.
- Attar, K. Fatahi, S. and Sohaili, K. (2019). "Investigating the Impact of Total Factor Productivity Shocks of Agricultural, Industrial and Services Sectors on the Macro and Sectoral Variables of Iran's Economy: DSGE Approach". Applied Theories of Economics **6**(1(20)): 129-148. (In Persian)
- Baker, S. R. Bloom, N. Davis, S. J. and Terry, S. J. (2020). "COVID-Induced Economic Uncertainty". NBER Working Paper **26983**: 1-16.
- Barro, R. J. Ursua, J. F. and Weng, J. (2020). "The Coronavirus and the Great Influenza Pandemic: Lessons from the Spanish Flu for the Coronavirus's Potential Effects on Mortality and Economic Activity". NBER Working Paper No. **26866**: 1-26.
- Bartik, A. W. Bertrand, M. Cullen, Z. B. Glaeser, Edward L. Luca, M. and Stanton, C. T. (2020). "How Are Small Businesses Adjusting to COVID-19? Early Evidence from a Survey". NBER Working Paper **26989**: 1-35.
- Bloom, N. Bunn, P. Chen, S. Minzen, P. and Smietanka, P. (2020). "The Economic Impact of Coronavirus on UK Businesses: Early Evidence from the Decision Maker Panel". <https://voxeu.org/article/economic-impact-coronavirus-uk-businesses>, accessed: 4/28/2020.
- Brooks, S. P. and Gelman. A. (1998). "Alternative Methods for Monitoring Convergence of Iterative Simulations". Journal of Computational and Graphical Statistics **7**: 434-455.
- Buchheim, L. Doovern, J. Krolage, C. and Link, S. (2020). "Firm-Level Expectations and Behavior in Response to the COVID-19 Crisis". CESifo Working Paper No. **8304**: 1-28.
- Correia, S. Luck, S. and Verner, E. (2020). "Pandemics Depress the Economy, Public Health Interventions Do Not: Evidence from the 1918 Flu". SSRN Electronic Journal: 1-45.
- Dingel, J. I. and Neiman, B. (2020). "How Many Jobs Can be Done at Home?". NBER Working Paper No. **26948**: 1-19.
- Dixit, A. K. and Stiglitz, J. E. (1977). "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity". American Economic Review **67**(3): 297-308.
- Eichenbaum, M. S. Rebelo, S. and Trabandt, M. (2020). "The

- Macroeconomic of Epidemics". NBER Working Paper No. **26882**: 1-48.
- Gali, J. Smets, F. and Wouters, R. (2012). "Unemployment in an Estimated New Keynesian Model". NBER Working Paper No. **17084**: 1-53.
- Guerrieri, V. Lorenzoni, G. and Straub, Ludwig. W. I. (2020). "Macroeconomic Implications of Covid-19: Can Negative Supply Shocks Cause Demand Shortages?". NBER Working Paper No. **26918**: 1-37.
- Harko, T. Lobo, F. S. N. and Mak, M. K (2014). "Exact Analytical Solutions of the Susceptible-Infected-Recovered (SIR) Epidemic Model and of the SIR Model with Equal Death and Birth Rates". Applied Mathematics and Computation **236**: 184-194.
- Hassan, T. A. Hollander, S. Van Lent, L. and Tahoun, A. (2020). "Firm-Level Exposure to Epidemic Diseases: COVID-19 SARS, and H1N1". NBER Working Paper **26971**: 1-67, National Bureau of Economic Research.
- Kermack, W. O. and Mckendrick, A. G. (1927). "A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics". Proceedings of the Royal Society of London Series A **115**(722): 700-721.
- McKibbin, W. and Fernando, R. (2020). "The Global Macroeconomic Impacts of COVID-19: Seven Scenarios". Australia Research Council Centre of Excellence, CAMA Working Paper No.**19/2020**: 1-45.
- Nejati, M. (2017). "The Role of Foreign Direct Investment in Iran's Economy Using the Computable General Equilibrium Model". The Journal of Economic Policy **9**(18): 65-100. (In Persian)
- Rotemberg, J. J. (1982). "Monopolistic Price Adjustment and Aggregate Output". Review of Economic Studies **49**(4): 517-531.
- Toda, A. A. (2020). "Susceptible-Infected-Recovered (SIR) Dynamics of Covid-19 and Economic Impact". Covid Economics, Vetted and Real-Time Papers (CEPR) **1**: 1-15.
- Zare, M. H. (2020). "Dynamic Effects of Tariff Reduction on the Value Added in Iran's Main Economic Sectors". The Journal of Economic Policy **12**(23): 79-319. (In Persian)

Original Research Article

The effect of the corona virus on agriculture, industry and services in the DSGE model

Azam Ahmadyan^{1*}

Received: 02-01-2021

Accepted: 14-03-2021

Introduction: The corona virus was detected in Iran in the winter of 2019. Since then, certain decisions have been made such as keeping social distance, reducing traffic, closing schools, reducing office hours and locking jobs down such as restaurants, stadiums and other high-risk jobs. All these have led to a decrease in production and employment in Iran. But, this effect has been different in different economic sectors. The industry sector is affected by the corona virus, with the intensification of arrears of production units (such as bank debts, social security insurance and taxes), contract problems of project-oriented companies in epidemic conditions, reduced access to export markets, and reduced production due to reduced imports of required intermediaries. The agricultural sector is also affected in the supply chain, demand and liquidity, firms, supply of labor, consumption of goods and services, and especially income of consumers and producers of agricultural products. In the short and long terms, on the household economies are and will be affected. In the service sector, the jobs that are most likely to spread the disease, such as transportation, restaurants and hotels and clothing, face a decrease in employment and income. Therefore, it is important is to measure the intensity and extent of the corona effect on different economic sectors separately.

Methodology: The framework in this study is based on the New Keynesian standard model and according to the studies of Toda (2020), Pochum et al. (2020), Bartik et al. (2020), Mensa et al. (2008), and Agnor et al. (2012) adjusted to expand to the corona shock. The model consists of five sections: households, enterprises, government, oil and monetary affairs. According to the purpose of this article, which examines the vulnerability of different economic sectors versus the outbreak of coronavirus, three economic sectors including agriculture, industry and services are explored. In this article, to design a household sector, the standard DSGE model has been used. Then, using the SIR model such as Toda study (2020), labor force is divided into three groups including susceptible, infected and recovered people. A shock

¹. Assistant Professor, Faculty in Banking Department, Monetary and Banking Research Institute, Tehran, Iran
Email: azam_ahmadyan@yahoo.com

is considered for the corona virus, and its effect on production cost is investigated.

Results and Discussion: The analysis of corona disease shock on consumption and employment in different economic sectors indicates that employment in the agricultural sector is increasing, but it is declining in industry and services. At the same time, the decrease in employment in the service sector is more than that in the industrial sector. Despite the corona shock, the consumption of agricultural goods has decreased, but the consumption of industrial goods and services has risen, and the consumption of service goods has increased more than the goods of industry.

The study of corona shock on investment and production indicates that investment in the agricultural sector is increasing, but it is declining in industry and services. The decline of the investment in industry is greater than that in services. The study of these effects on the production of various economic sectors also shows that production has increased in the agricultural sector but has decreases in the industrial and service sectors. The decline of production in the industrial sector is more than that in the service sector.

With a positive oil revenue shock, consumption and employment in various sectors of the economy has increased, but it is less than before the corona virus spread. Consumption in the industrial sector is also increasing more than in the other two sectors. However, employment in the service sector has increased more than in the other sectors due to the corona shock, and its decrease is more than that in the other sectors.

A positive oil revenue shock without a corona shock will lead to lower prices in various sectors of the economy, improved investment, reduced production costs and improved production, but the combination of this shock with the negative shock of the corona virus reduces the positive effects.

Conclusion: The results of the study indicate an increase in prices and production costs and a decrease in production, employment, investment and consumption. The study of the effect of corona shock on various economic sectors shows that, although production, investment and consumption in the industrial and service sectors are declining, these variables are improving in the agricultural sector. In addition, the rate of decrease in production, investment and consumption in the industrial sector is more than that in the other sectors. The study of the effect of positive oil revenue shock shows that, in the absence of corona virus shock, positive oil revenue shock would lead to lower prices, wages and production costs in various economic sectors. It would also lead to increased investment and production in different economic sectors. However, a combination of this shock and the negative shock of the corona virus has reduced its positive effects. Prices and production costs have increased in various economic sectors due to the reduction of investment, production, consumption and employment. At the same time, these negative effects on the industrial sector will be even more

on the sectors of services and agriculture.

Corona shock on different sectors of the economy, which coincided with the conditions of sanctions, has intensified the economic recession. It is, thus, recommended to accurately measure the adverse effects based on the field of activity in different sectors of the economy. Then, according to the amount of damage inflicted on different sectors of the economy, support packages such as tax reduction or exemption and increase subsidies should be taken into account. Appropriate policies are also needed to strengthen investment in various sectors of the economy. This requires stability in monetary and fiscal policies. Credit protection policies such as offering low-cost facilities, either with long-term repayments or with delays, should be considered by policymakers. Given the current situation, it is better to reinforce electronic services.

Keywords: Corona virus, Economic sectors, DSGE model.