

ORIGINAL ARTICLE

Examining the Role of Monetary and Fiscal Policies in Improving Environmental Quality and Comparing It with Environmental Policies: An Application of the E-DSGE Model

Fatemeh Mehrabi¹ , Somayeh Azami²

1. Ph.D. Candidate in Economics,
Faculty of Economics and
Accounting, Razi University,
Kermanshah, Iran.

2. Associate Professor, Department
of Economics, Faculty of
Economics and Accounting, Razi
University, Kermanshah, Iran.

Corresponding Author:
Somayeh Azami
Email: s.azami@razi.ac.ir

Received: 19 Nov 2024
Accepted: 11 Feb 2025

How to cite

Mehrabi, F. & Azami, S. (2024).
Examining the Role of Monetary and
Fiscal Policies in Improving
Environmental Quality and Comparing
It with Environmental Policies: An
Application of the E-DSGE Model.
Industrial Economics Researches,
8(28), 49-68.
(DOI: [10.30473/jier.2025.72791.1475](https://doi.org/10.30473/jier.2025.72791.1475))

ABSTRACT

Nowadays, achieving a balance between economic development goals and environmental protection has become one of the main priorities for policymakers. Using the E-DSGE model, this study introduces a new rule for fiscal and monetary policies and carbon taxation, aiming to regulate and stabilize carbon emission levels along with ensuring economic growth. It analyzes the interactions between fiscal and monetary policies and environmental policies. The findings indicate that while all the mentioned policies can bring carbon emissions close to the target level, their underlying mechanisms differ. Fiscal and monetary policies impact emissions by changing production levels, while environmental policies affect emissions by altering firms' spending on pollution reduction. In the presence of positive productivity shocks, fiscal policy is more effective in adjusting tax revenues, monetary policy in regulating prices, and environmental policy in modifying carbon emission intensity

KEYWORDS

Carbon Tax, Fiscal Policy, Monetary Policies, Climate Change, E-DSGE.

Jel Classification: Q58, E52, E62, E32



«مقاله پژوهشی»

بررسی نقش سیاست‌های پولی و مالی در بهبود کیفیت محیط‌زیست و مقایسه آن با سیاست‌های زیست‌محیطی: کاربردی از الگوی E-DSGE^۱

فاطمه مهرابی^۱، سمیه اعظمی^{۲*}

چکیده

امروزه، دستیابی به توازن میان اهداف توسعه اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست به یکی از اولویت‌های اصلی سیاست‌گذاران تبدیل شده است. مقاله حاضر با بهره‌گیری از مدل E-DSGE، یک قاعده جدید برای سیاست‌های مالی، پولی و مالیات کربن ارائه می‌دهد که هدف آن تنظیم و تثبیت سطح انتشار کربن در کنار تأمین رشد اقتصادی است و به تحلیل تعاملات میان سیاست‌های مالی و پولی و سیاست‌های زیست‌محیطی می‌پردازد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که در حالی که همه سیاست‌های ذکر شده می‌توانند انتشار کربن را به سطح هدف نزدیک کنند، مکانیسم‌های اساسی آنها متفاوت است. سیاست‌های مالی و پولی از طریق تغییر تولید و سیاست‌های زیست‌محیطی از طریق تغییر مخارج بنگاه‌ها برای کاهش آلاینده‌ها منجر به تغییر انتشار می‌شوند. با وجود شوک‌های بهره‌وری مثبت، سیاست مالی در تعدیل درآمدهای مالیاتی، سیاست پولی در تعدیل قیمت‌ها و سیاست زیست‌محیطی در تعدیل شدت انتشار کربن مؤثرتر است.

واژه‌های کلیدی

مالیات کربن، سیاست مالی، سیاست‌های پولی، تغییرات اقلیمی، E-DSGE.

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده اقتصاد و حسابداری، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲. دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و حسابداری، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

نویسنده مسئول:

سمیه اعظمی

رایانامه: s.azami@razi.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۳

استناد به این مقاله:

مهرابی، فاطمه و اعظمی، سمیه (۱۴۰۳). بررسی نقش سیاست‌های پولی و مالی در بهبود کیفیت محیط‌زیست و مقایسه آن با سیاست‌های زیست‌محیطی: کاربردی از الگوی E-DSGE. پژوهش‌های اقتصاد صنعتی، ۸(۲۸)، ۴۹-۶۸. (DOI:10.30473/jier.2025.72791.1475)

^۱ - این مقاله برگرفته شده از رساله دکتری، خانم فاطمه مهرابی به راهنمایی خانم سمیه اعظمی است.

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. ۱۴۰۳ ©. ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.



۱- مقدمه

براساس فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس، در مراحل اولیه رشد اقتصادی کشورها، آلودگی هوا محصول اجتناب‌ناپذیر رشد اقتصادی می‌باشد (گروسمن و کروگر، ۱۹۹۵؛ دیندا^۲، ۲۰۰۴؛ استرن، ۲۰۰۴). تحقیقات گسترده‌ای به ارزیابی تأثیر سیاست‌های زیست‌محیطی پرداخته‌اند. این سیاست‌ها با ایجاد انگیزه در بنگاه‌ها، آنها را به سمت کاهش آلودگی از طریق تلاش بیشتر یا سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های کاهش‌دهنده آلودگی سوق می‌دهند. اما معمولاً این سیاست‌ها به کاهش سوددهی بنگاه‌ها، کندی فعالیت‌های اقتصادی و اثرات منفی بر متغیرهای کلان اقتصادی نظیر تولید، مصرف و سرمایه‌گذاری منجر می‌شوند (آنی چپاریکو و دی دیو^۳، ۲۰۱۵؛ فیشر و اسپرینگبورن^۴، ۲۰۱۱؛ هیوتل^۵، ۲۰۱۲). به علاوه، سطح انتشار کربن در اقتصاد به میزان تولید وابسته است، بنابراین انتظار بر آن است که سیاست‌های اقتصاد کلان مانند سیاست‌های پولی و مالی اثرات قابل توجهی بر انتشار کربن داشته باشند. به عبارت دیگر، انتشار کربن با متغیرهای کلان اقتصادی همچون تولید، هزینه‌های دولت (در چارچوب سیاست‌های مالی) و نرخ رشد حجم پول از طریق نرخ بهره (در چارچوب سیاست‌های پولی) ارتباط تنگاتنگی دارد.

بنابراین یک رشته طولانی از ادبیات، اثربخشی سیاست‌های مختلف کربن را در مهار مشکل آلودگی ارزیابی کرده است. نتایج نشان می‌دهد درحالی‌که ایده اصلی این سیاست‌ها ایجاد انگیزه در تولیدکننده‌ها برای سرمایه‌گذاری بیشتر در جهت کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی است، این سیاست‌ها معمولاً فعالیت‌های اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و متغیرهای اقتصاد کلان، مانند تولید کل، مصرف و سرمایه‌گذاری و... را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر با توجه به اینکه شاخص میزان انتشار کل کربن در یک اقتصاد معمولاً توسط تولید کل ارزیابی می‌شود و ارتباط قوی میان انتشار کل کربن با تولید و سایر متغیرهای اقتصاد کلان، از جمله هزینه‌های دولت (سیاست مالی) و نرخ بهره (سیاست پولی)، وجود دارد. بر همین اساس انتظار بر این است که محرک‌های پولی و مالی، تأثیر قابل توجهی بر انتشار کل کربن داشته باشند. بنابراین از منظر سیاست‌گذاری، سیاست‌های کربن با تأثیر بر فضای اقتصاد کلان، بر رفاه (از نظر درآمد خانوار، مصرف و نیروی کار) تأثیر می‌گذارند،

درحالی‌که از سوی دیگر، محرک‌های اقتصاد کلان (مالی و پولی) می‌توانند تأثیر جانبی در سطح انتشار ایجاد کنند (چان^۶، ۲۰۲۰). در این راستا، با توجه به اینکه مطالعات گذشته در مورد تجزیه و تحلیل سیاست‌های کربن به ندرت اثرات اقتصاد کلان سیاست‌ها را در نظر می‌گیرد و این درحالی است که پیامدهای زیست‌محیطی سیاست‌های مالی و پولی هم معمولاً در تحقیقات اقتصاد کلان فعلی به ندرت دیده می‌شود، موضوع اصلی مورد بحث در این پژوهش تعامل میان سیاست‌های زیست‌محیطی و کلان اقتصادی می‌باشد و بررسی می‌شود که سیاست‌های زیست‌محیطی در کاهش انتشار کربن بهتر عمل می‌کنند یا سیاست‌های اقتصاد کلان.

لذا در این پژوهش، اقتصاد با یک مدل کینزین جدید استاندارد با قیمت‌های اسمی غیرانعطاف‌پذیر در نظر گرفته می‌شود و به منظور بررسی اثر سیاست‌های پولی و مالی بر کیفیت محیط‌زیست و مقایسه آن با سیاست‌های زیست‌محیطی و ارزیابی تأثیرات کلان اقتصادی مالیات بر کربن و اثرات زیست‌محیطی سیاست‌های مالی و پولی تحت شوک‌های مختلف کلان اقتصادی، بسط داده می‌شود.

سازماندهی مقاله به این صورت است که در ادامه، ادبیات موضوع و مطالعات پیشین بررسی می‌شود. در بخش‌های بعدی مدل تحقیق و روش‌شناسی مورد استفاده توضیح داده می‌شود و به تحلیل نتایج شبیه‌سازی و بررسی اثرات سیاست‌های مختلف می‌پردازد. و در پایان، به نتیجه‌گیری و ارائه توصیه‌های سیاستی برای سیاست‌گذاران اختصاص دارد.

۲- ادبیات موضوع

درحال حاضر، اقتصادهای درحال توسعه با دو مسئله کلیدی، یعنی تحقق رشد اقتصادی و بهبود کیفیت محیط‌زیست، دست به گریبان هستند. رشد اقتصادی غالباً باعث تخریب محیط‌زیست می‌شود، بنابراین دستیابی به پایداری زیست‌محیطی نیازمند هماهنگی سیاست‌های پولی و مالی است. بانک‌های مرکزی و سیاست‌های مالی نقش مهمی در تعادل بین رشد اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست دارند. سیاست‌های پولی و مالی، ابزارهای کلیدی در مدیریت اقتصاد کلان هستند که تأثیرات قابل توجهی بر کیفیت محیط‌زیست دارند. این سیاست‌ها می‌توانند از طریق تنظیم فعالیت‌های اقتصادی، مصرف انرژی، و انتشار آلاینده‌ها بر

محیط‌زیست اثر بگذارند. در ادامه، نقش این سیاست‌ها در بهبود کیفیت محیط‌زیست و مقایسه آن با سیاست‌های زیست‌محیطی بررسی می‌شود.

تأثیر سیاست‌های پولی بر محیط‌زیست

سیاست‌های پولی می‌توانند از طریق تغییرات در نرخ بهره و حجم پول، تأثیرات قابل توجهی بر محیط‌زیست داشته باشند. به‌طور خاص، نرخ بهره بالاتر یا کاهش رشد حجم پول می‌تواند با کاهش تقاضا برای کالاها و خدمات، به کاهش انتشار کربن کمک کند. سیاست‌های پولی انبساطی که با افزایش نقدینگی و کاهش نرخ بهره همراه هستند، ممکن است سرمایه‌گذاری در بخش تولید را افزایش دهند. این امر می‌تواند به افزایش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها منجر شود، مگر اینکه این سرمایه‌گذاری‌ها به سمت فناوری‌های پاک هدایت شوند. به‌عنوان مثال، در ایران، شوک‌های سیاست پولی ابتدا منجر به افزایش آلودگی هوا شدند، اما با اعمال مالیات کربن در طول زمان، اثرات منفی این سیاست‌ها کاهش یافت. از سوی دیگر، سیاست‌های پولی انقباضی که با کاهش نقدینگی و کنترل تقاضای کل همراه هستند، می‌توانند مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند (وهاب‌زاده مقدم و همکاران، ۱۴۰۱).

تأثیر سیاست‌های مالی بر محیط‌زیست

سیاست‌های مالی مانند مخارج دولت و مالیات‌ها نیز تأثیر مستقیم و غیرمستقیمی بر مصرف انرژی و انتشار کربن دارند. مالیات بر کربن و مشوق‌های مالیاتی می‌توانند به بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش آلودگی کمک کنند. از نظر تئوری، مخارج دولت تأثیرات مستقیم و غیرمستقیمی بر کیفیت محیط‌زیست دارد. اثر غیرمستقیم آن از طریق تأثیر بر رشد اقتصادی و ارتباط میان درآمد سرانه و انتشار CO_2 به‌صورت منحنی زیست‌محیطی کوزنتس نمود پیدا می‌کند (حکمتی فرید و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین هزینه‌های دولتی در پروژه‌های زیربنایی می‌توانند منجر به تخریب محیط‌زیست شوند، مگر اینکه این هزینه‌ها در بخش‌هایی مانند انرژی‌های تجدیدپذیر سرمایه‌گذاری شوند (خلیلیان و همکاران، ۱۴۰۳).

مقایسه سیاست‌های پولی و مالی با سیاست‌های زیست‌محیطی

سیاست‌های زیست‌محیطی مستقیم شامل مقررات زیست‌محیطی، استانداردهای آلاینده‌گی، و مشوق‌هایی برای استفاده از فناوری‌های

سبز هستند. نتایج نشان داده‌اند که این سیاست‌ها معمولاً تأثیر فوری‌تر و قوی‌تری بر کاهش آلودگی دارند. برای مثال، مالیات کربن توانسته است در کوتاه‌مدت آلودگی هوا را به شدت کاهش دهد (وهاب‌زاده مقدم و همکاران، ۱۴۰۱). با این حال، ترکیب سیاست‌های اقتصادی (پولی و مالی) با سیاست‌های زیست‌محیطی می‌تواند اثربخشی بیشتری داشته باشد (لسانی و همکاران، ۱۳۹۹). در این راستا سوال اصلی که مطرح می‌شود این است که آیا سیاست‌های پولی و مالی می‌توانند به‌طور موثرتری نسبت به سیاست‌های زیست‌محیطی توأم با اهداف اصلی اقتصادی، در کاهش آلودگی هوا و بهبود کیفیت محیط‌زیست عمل کنند یا سیاست‌های زیست‌محیطی، مانند مالیات کربن که مستقیماً با هدف اصلی بهبود کیفیت محیط‌زیست طراحی می‌شوند، نقش برجسته‌تری در این حوزه دارند؟ (کیم^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). مطالعات پیشین در زمینه تحلیل سیاست‌های کربن، به ندرت به تأثیرات اقتصاد کلان سیاست‌های زیست‌محیطی پرداخته‌اند، همچنین پیامدهای زیست‌محیطی سیاست‌های کلان اقتصادی نیز معمولاً در تحقیقات اقتصادی کلان کمتر مورد توجه بوده است. این مقاله با هدف پرکردن این خلأ به بررسی این موضوع می‌پردازد. به‌طور خاص این پژوهش، تأثیرات اقتصاد کلان مالیات کربن و پیامدهای زیست‌محیطی سیاست‌های مالی و پولی را در مواجهه با انواع مختلف شوک‌های اقتصادی بررسی می‌کند. همچنین این سوال مطرح می‌شود که اگر تصمیم‌گیران هنگام تعیین سیاست‌ها، کاهش انتشار کربن را به‌عنوان یکی از اهداف خود مدنظر قرار دهند، چگونه سیاست‌های مالی و پولی متفاوت خواهد بود. در این پژوهش، از مدل تعادل عمومی پویای تصادفی زیست‌محیطی (E-DSGE) که عناصر زیست‌محیطی را با یک مدل DSGE استاندارد ترکیب می‌کند استفاده می‌شود و با معرفی سیاست‌های مالی، پولی وابسته به کربن و مالیات کربن به بررسی سناریوهایی مختلفی که سیاست‌گذار هنگام تنظیم سیاست‌های کنترل میزان انتشار در نظر می‌گیرد، می‌پردازد. به‌طور خاص، در این پژوهش فرض می‌شود که سیاست‌گذار هنگام انتخاب نرخ مالیات کربن، هزینه دولت و نرخ رشد حجم پول، میزان انتشار کربن را در سطح هدف حفظ کند. از آنجا که حساسیت سیاست‌ها به میزان انتشار در مدل قابل کنترل است، می‌توان استنباط کرد که سه سیاست در حضور شوک‌های مختلف اقتصاد کلان چگونه باید پاسخ دهند و تأثیرات اقتصاد کلان مربوطه چیست. علاوه بر این، مالیات کربن با سیاست‌های مالی و

تحلیل مشابهی توسط کاتیرچی‌اوغلو و کاتیرچی‌اوغلو^۳ (۲۰۱۸) با استفاده از داده‌های ترکیه در بازه زمانی ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۳ صورت گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در بلندمدت رابطه‌ای منفی میان مخارج دولت و انتشار CO_2 وجود دارد، درحالی‌که این رابطه در کوتاه‌مدت نامشخص است.

لوپز و پالاسیوس^۴ (۲۰۱۰) نشان می‌دهند که علاوه بر کاهش انتشار CO_2 ، غلظت‌های SO_2 و O_3 نیز به‌طور قابل‌توجهی با افزایش سهم دولت از تولید ناخالص داخلی برای ۱۲ کشور اروپایی بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۸ کاهش می‌یابد. آن‌ها توضیح می‌دهند که این رابطه منفی می‌تواند ناشی از جانشینی کالاهای عمومی با کالاهای خصوصی باشد که آلودگی کمتری دارند. به‌عنوان مثال، هزینه‌های دولت در توسعه سیستم حمل‌ونقل عمومی می‌تواند استفاده از حمل‌ونقل خصوصی را کاهش دهد و در نتیجه، مصرف انرژی و آلودگی هوا را کمتر کند. برای تأیید این فرضیه، لوپز و همکاران (۲۰۱۱) مخارج دولت را به هزینه‌های مرتبط با کالاهای عمومی و مصرف عمومی تقسیم می‌کنند و نتایج نشان می‌دهد که تنها افزایش هزینه‌های کالاهای عمومی تأثیر منفی و معناداری بر آلودگی هوا (SO_2) و آب (BOD) دارد.

به هر حال، تمامی تحقیقات به یک رابطه منفی بین هزینه‌های دولت و انتشار CO_2 منتهی نشده‌اند. یوشیانگ و چن^۵ (۲۰۱۰) با تجزیه و تحلیل داده‌های پانل ۲۹ استان چین در بازه زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۶، نشان دادند که رابطه‌ای مثبت میان هزینه‌های دولت و انتشار وجود دارد. که در پژوهش حاضرهم این نتیجه تأیید می‌شود. برناتور و کوبی^۶ (۲۰۱۳) با تحلیل داده‌های ۴۲ کشور در بازه زمانی ۱۹۷۱ تا ۱۹۹۶، نشان دادند که هزینه‌های دولت ارتباط مثبت با سطح غلظت SO_2 دارند.

در زمینه سیاست‌های پولی، تحقیقات نشان می‌دهند که این سیاست‌ها به‌طور غیرمستقیم و از طریق مصرف سوخت‌های فسیلی بر کیفیت محیط‌زیست تأثیر می‌گذارند (جلیل و فریدون، ۲۰۱۱). با اجرای سیاست پولی انقباضی، تقاضای کل کاهش یافته و در نتیجه مصرف انرژی نیز کاهش می‌یابد که این موضوع به نوبه خود منجر به کاهش آلودگی محیط‌زیست می‌شود. چان^۸ (۲۰۲۰) نشان داد که نرخ تنزیل بالاتر تعیین‌شده توسط بانک مرکزی، مصرف‌کنندگان را به پس‌انداز بیشتر و مصرف کمتر ترغیب می‌کند و در عین حال،

پولی مقایسه می‌شود تا بررسی شود کدام سیاست برای حفظ محیط‌زیست بهتر عمل می‌کند. همچنین این پژوهش مکانیسم‌های اساسی و پیامدهای اقتصاد کلان استفاده از سیاست‌های پولی و مالی وابسته به کربن را نشان می‌دهد.

از نظر تئوری، در مراحل اولیه صنعتی‌شدن، به دلیل اولویت‌بخشی به تولید و اشتغال نسبت به حفاظت از محیط‌زیست، مصرف منابع طبیعی و انرژی برای دستیابی به رشد اقتصادی افزایش یافته و در نتیجه، آلودگی نیز بیشتر می‌شود. در این مرحله، به دلیل پایین بودن درآمد سرانه، بنگاه‌ها توان مالی برای کاهش آلودگی ندارند و آثار زیست‌محیطی رشد اقتصادی نادیده گرفته می‌شود. اما با پیشرفت فرآیند صنعتی‌شدن و رسیدن به سطح معینی از درآمد ملی سرانه، توجه به محیط‌زیست افزایش می‌یابد (برقی اسکویی، ۱۳۸۷). همچنین، دولت با اجرای هزینه‌هایی در سیاست‌گذاری‌ها، مثل تدوین قوانین حفاظت از محیط‌زیست و اقداماتی مانند بهبود ناوگان حمل‌ونقل، ارتقای امکانات عمومی، افزایش آگاهی مردم و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، می‌تواند بر کاهش آلودگی تأثیرگذار باشد (مداح و رثوفی، ۱۳۹۴).

از بعد تجربی، هالکوس و پائیزانوس^۱ (۲۰۱۳) به تحلیل تأثیرات کوتاه‌مدت سیاست‌های مالی پرداخته و اثرات مستقیم و غیرمستقیم (از طریق تولید) مخارج دولت بر میزان انتشار SO_2 و CO_2 را در ۷۷ کشور در بازه زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مخارج دولت به‌طور مستقیم و غیرمستقیم منجر به کاهش SO_2 می‌شود، درحالی‌که تأثیر آن بر CO_2 بی‌تأثیر است.

آدوی^۲ (۲۰۱۶) در تحقیق خود به تمایز میان تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم پرداخته، اما تمرکز او صرفاً بر تأثیرات مرتبط با انتشار CO_2 است. وی با استفاده از داده‌های پنل در سطح کشورها از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ به این نتیجه می‌رسد که افزایش ۱ درصدی در هزینه‌های دولت می‌تواند منجر به کاهش ۱٫۱۵ درصدی در انتشار کربن شود.

هالکوس و پائیزانوس (۲۰۱۶) با تجزیه و تحلیل داده‌های ایالات متحده در بازه زمانی ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۳ نشان می‌دهند که افزایش مخارج دولت منجر به کاهش انتشار CO_2 ناشی از مصرف و تولید می‌شود.

5Lopez
6Yushiang and Chen
7Bernauer and Koubi
8Chan

1Halkos and Paizanos
2Adui
3Katircioğlu and Katircioğlu
4López and Palacios

۳- روش‌شناسی

در این پژوهش، یک مدل استاندارد کینزین جدید با فرض قیمت‌های اسمی غیرانعطاف‌پذیر مورد بررسی قرار می‌گیرد. از ویژگی‌های برجسته این مدل، معرفی سیاست‌های مالی و پولی وابسته به انتشار کربن است که به آنها اجازه می‌دهد علاوه بر اهداف اصلی اقتصاد، به کیفیت محیط‌زیست نیز توجه داشته باشند. این قاعده سیاستی امکان تحلیل سیاست‌های مالی و پولی معمول در اقتصاد در شرایط وابستگی به سطح انتشار کربن را فراهم می‌کند، این مدل شامل: (۱) بخش خانوار است که از مصرف کالا و نگهداری مانده حقیقی پول مطلوبیت به دست می‌آورد و با کار کردن در بخش تولید کالاهای واسطه‌ای، از مطلوبیت آنها کاسته می‌شود. (۲) بنگاه تولیدکننده کالای نهایی که در فضایی کاملاً رقابتی فعالیت می‌کند، و با ترکیب محصولات واسطه‌ای، کالای نهایی خود را به فروش می‌رساند. (۳) یک زنجیره از بنگاه‌های رقابت انحصاری، که هرکدام تولید یک کالای واسطه‌ای متفاوت را با استفاده از نهاده‌های کار و سرمایه فیزیکی برعهده دارند. (۴) دولت، در نقش سیاست‌گذار مالی و زیست‌محیطی (۵) سیاست‌گذار پولی (دولت و بانک مرکزی).

خانوار

در این مدل فرض بر این است که خانوار عمر نامحدود دارد و مطلوبیت حاصل از طول عمر خود را حداکثر می‌کند (آیکیاریکو و دی دیو، ۲۰۱۴). در هر دوره خانوار با عمر نامحدود، صاحب نیروی کار است، و عوامل تولید مانند نیروی کار و سرمایه، خود را به بنگاه‌های تولیدکننده کالاهای واسطه‌ای عرضه می‌کند و از طریق درآمد به دست آمده، به دولت مالیات پرداخت می‌کند و سپس بخشی از درآمد خود را صرف خرید کالا و خدمات نهایی کرده و به مصرف می‌رساند و مابقی را سرمایه‌گذاری می‌کند.

از آنجاکه یک خانوار نوعی با مصرف کالا و نگهداری مانده حقیقی پول مطلوبیت کسب می‌کند و با کار کردن از مطلوبیت آن کاسته می‌شود، و زمان به صورت گسسته و به شکل $t=0,1,2,\dots$ نشان داده می‌شود، تابع مطلوبیت خانوار در افق زمانی بلندمدت به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$U = E_t \sum_{i=0}^{\infty} \beta^t (\log C_t + \frac{v}{1-\varepsilon} (\frac{M_t}{P_t})^{1-\varepsilon} - \mu_L \frac{L_t^{1+\phi}}{1+\phi})$$

$$, \phi > 0, \mu_L > 0 \quad (1)$$

تولیدکنندگان نیز در دوره کنونی سرمایه‌گذاری کمتری خواهند داشت. این کاهش در مصرف و سرمایه‌گذاری، به کاهش تقاضای کل و در پی آن، کاهش انتشار کربن منجر می‌شود.

تحقیقات دیگری نیز تأثیر سیاست‌های پولی بر مصرف انرژی را مورد بررسی قرار داده‌اند. گلاسور و لی^۱ (۱۹۹۶) در مطالعه‌ای بر داده‌های ایالات متحده در دوره زمانی ۱۹۷۳ تا ۱۹۹۱، به این نتیجه رسیدند که ترکیب اثرات عرضه پول و هزینه‌های عمومی، بخش قابل توجهی از تغییرات مصرف انرژی را توضیح می‌دهد. همچنین، گلاسه^۲ (۲۰۰۲) نشان داد که سیاست پولی تقریباً ۱,۷ درصد از واریانس مصرف انرژی در کره جنوبی را تبیین می‌کند. در ادامه، کامارو^۳ و همکاران (۲۰۱۵) با بهره‌گیری از مدل احتمالی مقاوم، تأکید کردند که عرضه پول واقعی یکی از متغیرهای کلیدی در توضیح مصرف انرژی کل و بخش‌های مختلف آن است.

برخی از پژوهش‌ها به بررسی تأثیر سیاست‌های پولی بر اثربخشی سیاست‌های کربن و مزایای هم‌افزایی طراحی این دو نوع سیاست پرداخته‌اند. به عنوان مثال، دافرموس^۴ و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند که افزایش نگهداری اوراق قرضه سبز توسط بانک مرکزی می‌تواند اثرات منفی تغییرات آب و هوایی بر ثبات مالی را کاهش دهد.

همچنین فورنی و کیارسی^۵ (۲۰۲۳) در مقاله خود نشان دادند که در مواجهه با شوک‌های اقلیمی، سیاست‌های مالی و پولی به تنهایی به نتایج بهینه نمی‌رسند و مالیات کربن می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش آسیب‌های اقتصادی ناشی از تغییرات اقلیمی داشته باشد. آنها بر اهمیت ادغام سیاست‌های زیست‌محیطی با سیاست‌های مالی و پولی تأکید می‌کنند تا از افت شدید تولید، مصرف و رفاه جلوگیری شود.

با وجود تحقیقات متعدد در زمینه تأثیر سیاست‌های زیست‌محیطی و مالی بر انتشار کربن، همچنان نیاز به بررسی‌های بیشتری در خصوص تأثیرات سیاست‌های پولی و مالی بر محیط‌زیست وجود دارد. این مقاله با تحلیل نتایج به دست آمده به بررسی دقیق‌تر رابطه میان سیاست‌های کلان اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی، سیاست‌های محیط‌زیستی و اثرات متقابل آنها پرداخته و تلاش دارد تا به بینش‌های جدیدی در زمینه راه‌های بهبود کیفیت محیط‌زیست در کنار اهداف اصلی کلان اقتصادی دست یابد.

4Dafermos

5Forni & Kiarsi

1 Glasure and Lee.

2 Glasse

3 Camarero

را در این مورد می‌گیرد در این حالت I_t ، با هزینه‌های تعدیل سرمایه محذب مواجه می‌شود. $\Gamma_K(I_t, K_t)$ معرفی شده به‌وسیله‌ی رابطه‌ی $\gamma_I/2((I_t/K_t) - \delta_K)^2 I_t$ با $\gamma_I > 0$ می‌باشد (آنیکیاریکو و دی ۲۰۱۴).

با حداکثرسازی مطلوبیت خانوار نسبت به قید بودجه و حل تابع لاگرانژ، معادلات شرط مرتبه اول به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{شرط مرتبه اول نسبت به نیروی کار: (عرضه نیروی کار)} \\ \mu_L L_t \Phi = \frac{1}{C_t} \quad (۴)$$

شرط مرتبه اول نسبت به مانده حقیقی پول: (تقاضای مانده حقیقی پول)

$$v\left(\frac{M_t}{P_t}\right)^{-\varepsilon} - C_t^{-1} + \beta E \frac{C_{t+1}^{-1}}{\pi_{t+1}} = 0 \quad (۵)$$

شرط مرتبه اول نسبت به موجودی سرمایه:

$$\beta E_t \frac{1}{C_{t+1}} \gamma_I ((I_{t+1}/K_{t+1}) - \delta_K) \left(\frac{I_{t+1}}{K_{t+1}}\right)^2 - \frac{q_t}{C_t} + \beta(1 - \delta_K) E_t \frac{q_{t+1}}{C_{t+1}} + \beta E_t \frac{1}{C_{t+2}} (r_{t+2}) = 0 \quad (۶)$$

شرط مرتبه اول نسبت به I_t :

$$q_t - 1 - \gamma_I ((I_t/K_t) - \delta_K) \frac{I_t}{K_t} - \frac{\gamma_I}{2} ((I_t/K_t) - \delta_K)^2 = 0 \quad (۷)$$

بنگاه تولیدکننده کالای نهایی

فرض می‌شود که بنگاه تولیدکننده کالاهای نهایی متقارن بوده و تحت شرایط رقابت کامل عمل می‌کنند. فرض بر این است که تولیدکننده کالای نهایی با ترکیب تعداد زیادی از کالاهای واسطه، یک سبد کالای نهایی را مانند یک کالای مرکب در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهد. بر همین اساس در هر دوره بنگاه تولیدکننده کالای نهایی، کالای نهایی را از ترکیب یک دسته کالای واسطه‌ای متمایز $Y_{j,t}$ ، که $j \in [0,1]$ ، با توجه به کشش جانشینی ثابت θ بین کالاهای واسطه متمایز به‌دست می‌آورد. بر همین اساس تابع تولید بنگاه تولیدکننده کالای نهایی، براساس شاخص دیگزیت-استیگلitz^۴ به‌صورت $Y_t =$

$$\left[\int_0^1 Y_t(j)^{\frac{\theta-1}{\theta}} dj \right]^{\frac{\theta}{\theta-1}} \quad \theta > 1$$

تعریف می‌شود.

در اینجا E_t عملگر انتظارات، $\beta \in (0,1)$ عامل تنزیل ثابت، ε عکس کشش تقاضا برای مانده حقیقی پول و ϕ معکوس کشش عرضه نیروی کار (معکوس کشش فریش^۱ است)، C_t مصرف خانوار، M_t مانده اسمی پول، P_t سطح عمومی قیمت‌ها، v وزن مانده حقیقی پول و L_t ساعت کار عرضه شده خانوار μ_L وزن عدم مطلوبیت کار است.

خانوار، دوره t را با مانده اسمی پول دوره قبل (M_{t-1}) شروع می‌کند و K_t واحد سرمایه دارد. در دوره t ، خانوار اقدام به عرضه عوامل تولید (کار و سرمایه) به بنگاه‌های تولیدکننده کالای واسطه‌ای می‌کند. با توجه به اینکه اقتصاد شامل مجموعه‌ای از تولیدکنندگان رقابت انحصاری به صورت $j \in [0,1]$ می‌باشد، عرضه عوامل تولید کار و سرمایه به این بنگاه‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که در تمام دوره‌ها $L_t = \int_0^1 L_{j,t} dj$ و $K_t = \int_0^1 K_{j,t} dj$ این برابری‌ها برقرار شوند. خانوار از محل عرضه نیروی کار و سرمایه، درآمد به‌دست می‌آورد که به اندازه T به دولت مالیات پرداخت می‌کند. از سوی دیگر، خانوار مالک سهام بنگاه است، بنابراین در هر دوره سود سهام نیز دریافت می‌کند. جمع سود سهام دریافتی از بنگاه‌ها به‌صورت $D_{j,t} = \int_0^1 D_{j,t} dj$ تعریف می‌شود. خانوار بخشی از منابع خود را پس از کسر مالیات، صرف خرید محصول تولیدی بنگاه تولیدکننده کالای نهایی و بخشی از آن را سرمایه‌گذاری می‌کند. در هر دوره با توجه به سرمایه‌گذاری انجام شده توسط خانوار و وجود استهلاک، موجودی سرمایه اقتصاد به‌صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود.

$$K_{t+1} = I_t + (1 - \delta_K) K_t \quad (۲)$$

با توجه به نکات فوق، قید بودجه خانوار در حالت حقیقی به‌صورت رابطه (۴) بیان می‌شود:

$$C_t + I_t + \frac{M_t}{P_t} \leq w_t L_t + r_t K_t + \frac{M_{t-1}}{P_t} - \frac{T_t}{P_t} + D_t - \Gamma_K(I_t, K_t) \quad (۳)$$

در رابطه (۳) w_t ، r_t به‌ترتیب نرخ اجاره حقیقی سرمایه و دستمزد حقیقی نیروی کار هستند، T_t مالیات پرداختی اسمی خانوار به دولت است. همچنین در هر دوره خانوار K_t واحد سرمایه فیزیکی دوره قبل را با خود به دوره جاری می‌آورد و تصمیمات سرمایه‌گذاری

۳ کشش جانشینی ثابت (CES) به تابعی اشاره دارد که در آن جایگزینی بین عوامل تولید یا کالاها به‌طور ثابت باقی می‌ماند و کشش جانشینی آنها تغییر نمی‌کند.

۴ شاخص دیگزیت-استیگلitz (Diewert-Stiglitz index) ابزاری برای اندازه‌گیری تغییرات در سطح قیمت‌ها و رفاه مصرف‌کنندگان است که به دلیل دقت در نظر گرفتن تأثیر تغییرات قیمت بر الگوهای مصرف، کاربرد زیادی در تحلیل هزینه زندگی و رفاه اقتصادی دارد.

۱ معکوس کشش فریش نشان‌دهنده میزان تغییر عرضه نیروی کار در پاسخ به تغییرات دستمزد است. هرچه معکوس کشش فریش بالاتر باشد، افراد کمتر به تغییرات دستمزد واکنش نشان می‌دهند و تمایل کمتری به تغییر در ساعات کاری خود دارند.

۲ هزینه‌های تعدیل محذب به این معنی است که سرمایه‌گذاری‌ها هنگامی که در یک فاصله زمانی بزرگ گسترش می‌یابد نسبت به زمانی که در یک دوره زمانی محدود گسترش می‌یابد هزینه کمتری دارند.

این رابطه در صورت عدم تلاش برای کاهش، (φ) میزان انتشار در واحد تولید را اندازه‌گیری می‌کند. هزینه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای C_A نیز تابع تلاش و تولید بنگاه می‌باشد و رابطه آن به صورت رابطه (۱۰) تعریف می‌شود.

$$C_A(U_{j,t}, Y_{j,t}) = \phi_1 U_{j,t}^{\phi_2} Y_{j,t}, \quad \phi_1 > 0, \phi_2 > 1 \quad (10)$$

در اینجا ϕ_1 و ϕ_2 پارامترهای تکنولوژیکی هزینه کاهش هستند.

انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولیدکنندگان هزینه‌بر است و هزینه واحد انتشار P_Z به رژیم محیط‌زیستی حاکم وابسته است. در این زمینه، هزینه نهایی تولید یک واحد اضافی شامل دو بخش می‌شود: نخست، هزینه سرمایه و نیروی کار اضافی موردنیاز که به فناوری تولید و قیمت نهاده‌ها وابسته است؛ و دوم، هزینه‌های مرتبط با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای که به فناوری‌های موجود برای کاهش آلودگی و هزینه هر واحد انتشار بستگی دارد.

از راه‌حل به حداقل رساندن هزینه بنگاه Z ، با در نظر گرفتن نرخ دستمزد اسمی W_t ، هزینه اجاره سرمایه R_t^K و هزینه واحد انتشار P_Z به عنوان مقادیر داده شده، شرایط بهینه برای تقاضای نیروی کار، سرمایه و تلاش برای کاهش با توجه به شرایط تابع لاگرانژ به صورت زیر به دست می‌آید.

$$(1 - \alpha)(1 - \Gamma(m_t))A_t K_{j,t}^\alpha L_{j,t}^{1-\alpha} \Psi_{j,t} = \frac{W_t}{P_t} \quad (11)$$

$$\alpha(1 - \Gamma(m_t))A_t K_{j,t}^\alpha L_{j,t}^{1-\alpha} \Psi_{j,t} = \frac{R_{K,t}}{P_t} \quad (12)$$

$$\varphi \frac{P_{Z,t}}{P_t} = \phi_1 \phi_2 U_{j,t}^{(\phi_2-1)} \quad (13)$$

در اینجا $\Psi_{j,t}$ جزء هزینه نهایی مربوط به واحدهای اضافی سرمایه و نیروی کار موردنیاز برای تولید واحد اضافی است. شرایط فوق نشان می‌دهد که همه بنگاه‌ها میزان سرمایه و نیروی کار یکسانی را انتخاب می‌کنند، به طوری که جزء هزینه نهایی Ψ ، برای همه بنگاه‌ها مشترک است.

همچنین قیمت‌ها براساس کالو (۱۹۸۳) مدل‌سازی شده است. در هر دوره یک احتمال ثابت $1 - \xi$ وجود دارد که یک بنگاه در بخش واسطه مجاز است قیمت خود را بهینه تعیین کند، در غیر این

بنگاه تولیدکننده کالای نهایی، مقدار تقاضای خود از کالا و خدمات واسطه‌ای را با توجه به قیمت این کالاها طوری تعیین می‌کند که سودش حداکثر شود و با حل مسئله بهینه‌یابی، تابع تقاضا برای محصول متمایز تولیدی هریک از بنگاه‌های واسطه به شکل $Y_t(j) = \left(\frac{P_t(j)}{P_t}\right)^{-\theta} Y_t$ به دست می‌آید. بنابراین، تقاضا برای کالای j ، تابعی از نسبت قیمت آن کالا به قیمت کالای نهایی است. با جایگزینی تابع تقاضای کالای j در معادله Y_t شاخص قیمت کالای نهایی به صورت $P_t = \left(\int_0^1 P_t(j)^{1-\theta} dj\right)^{\frac{1}{1-\theta}}$ به دست می‌آید. بنابراین از شرایط سود صفر به دست می‌آوریم: $P_t = \left(\int_0^1 P_{j,t}^{1-\theta} dj\right)^{1/(1-\theta)}$ که شاخص قیمت کل اقتصاد را مشخص می‌کند.

بنگاه تولیدکننده کالای واسطه

اقتصاد شامل زنجیره‌ای از تولیدکنندگان رقابت انحصاری به صورت $j \in [0, 1]$ نشان داده می‌شود. هر بنگاه به طور معمول نهاده‌های نیروی کار $L_{j,t}$ و سرمایه $K_{j,t}$ را در بازارهای کاملاً رقابتی برای تولید کالای واسطه‌ای $Y_{j,t}$ و با توجه به فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس استخدام می‌کند. با الهام از الگوی هیوتل (۲۰۱۲) در زمینه مدل‌سازی انتشار آلاینده‌ها و کاهش آلودگی، و با فرض اینکه میزان آلاینده‌ها بر بهره‌وری تأثیر می‌گذارد. با در نظر داشتن اثرات جانبی^۱ منفی مربوط به آلودگی محیط‌زیست، می‌توان نتیجه گرفت که این عامل ظرفیت تولید بنگاه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد.^۲

بر همین اساس به طور خاص، تابع تولید به صورت رابطه (۸) تعریف می‌شود:

$$Y_{j,t} = (1 - \Gamma(m_t))A_t K_{j,t}^\alpha L_{j,t}^{1-\alpha} \quad (8)$$

که در این رابطه Γ یک تابع فزاینده و محدب از m_t میزان آلودگی در دوره t است. α کشش تولید نسبت به سرمایه و A_t نشان‌دهنده سطح فناوری (بهره‌وری کل عوامل) است، که براساس یک فرآیند $AR(1)$ تعریف می‌شود.

انتشار آلاینده در سطح بنگاه، $Z_{j,t}$ متناسب با تولید فرض می‌شود، اما این رابطه تحت تأثیر تلاش برای کاهش $U_{j,t}$ است. بر همین اساس فرض می‌شود:

$$Z_{j,t} = (1 - U_{j,t})\varphi Y_{j,t}, \quad \varphi > 0 \quad (9)$$

۲. برای سادگی، مدل برخی از جنبه‌های تغییرات آب و هوایی، مانند تاخیرهای طولانی بین تغییرات موجودی آلودگی و تغییرات دما را که در نهایت بر بهره‌وری کل عوامل تأثیر می‌گذارد در بر نمی‌گیرد.

1Externality

که در آن P_Z مقدار نرخ مالیات کربن پایدار است K_Z پارامتری است که قابلیت انعطاف‌پذیری نرخ مالیات کربن را با توجه به انتشار کربن کنترل می‌کند. فرض می‌شود که پارامترها مثبت باشند زیرا اگر سطح انتشار بیش از انتشار هدف باشد ($Z_t > \bar{Z}$)، مالیات کربن باید افزایش یابد تا مقدار انتشار به سطح هدف برگردد. مقدار بالای K_Z به این معنی است که دولت نگرانی بیشتری در مورد حفظ سطح انتشار کربن دارد. در این حالت، افزایش ناچیزی در Z_t می‌تواند منجر به افزایش زیادی در میزان مالیات کربن $P_{Z,t}$ شود، در یک وضعیت انتشار شدید، $K_Z \rightarrow \infty$ ، انتظار می‌رود پیامدهای اقتصاد کلان با سیاستی که در ادبیات مطالعه می‌شود، منطبق شود (به‌عنوان مثال فیشر و اسپرینگبورن، ۲۰۱۱)، علاوه بر این، اگر $K_Z = 0$ ، دولت به‌راحتی سیاست خود را براساس نرخ مالیات ثابت با انحراف $\eta_{pz,t}$ تنظیم می‌کند در رابطه ۲۲، یک شوک مربوط به روند مالیات کربن است که انحراف کوتاه‌مدت مالیات کربن را از مقدار قانونی انتشار کربن را اندازه می‌گیرد. فرض می‌شود که لگاریتم شوک سیاست مالیات کربن از یک فرایند $AR(1)$ با میانگین صفر و انحراف معیار $\sigma_{pz} > 0$ پیروی می‌کند (چان، ۲۰۲۰).

تداوم بالاتر نرخ مالیات کربن نشان می‌دهد که دولت به آهستگی به انحراف از مقدار قانونی انتشار کربن پاسخ می‌دهد. این پاسخ می‌تواند علاوه بر استفاده مستقیم از سیاست سنتی کربن برای حفظ سطح انتشار کربن، سیاست‌گذاران نیز می‌توانند با اجرای سیاست‌های پولی و مالی، کیفیت هوا را بهبود بخشند.

یکی از بخش‌های اصلی مدل در این پژوهش، مدل‌سازی دولت و بانک مرکزی در اقتصاد ایران است. به‌دلیل عدم استقلال بانک مرکزی در این اقتصاد، لازم است که دولت و بانک مرکزی در یک چارچوب واحد مدل‌سازی شوند. لذا فرض می‌شود هدف دولت متوازن نگه داشتن بودجه خود است و بانک مرکزی در کنار اهداف حفظ ثبات قیمت‌ها، افزایش رشد اقتصادی و کنترل سطح انتشار، به دولت در رسیدن به هدف خود کمک می‌کند.

دولت از طرق مختلف تامین مالی می‌کند و بودجه خود را متوازن می‌سازد. در این مدل فرض بر آن است که مخارج دولت از محل اخذ مالیات، درآمد حاصل از فروش نفت و خلق پول تامین می‌گردد و متوازن می‌شود. بر همین اساس قید بودجه (حقیقی) دولت به‌صورت رابطه (۱۵) تعریف می‌شود.

$$T_t + p_{Z,t}Z_t + \left(m_t - \frac{m_{t-1}}{\pi_t}\right) + or_t = G_t \quad (15)$$

صورت قیمت آن بدون تغییر باقی می‌ماند در این رابطه ξ ، پارامتر قیمت کالو برای چسبندگی‌های اسمی می‌باشد. فرض بر این است که احتمال تغییر قیمت $\xi - 1$ مستقل از زمان سپری شده از آخرین تعدیل است. این مکانیزم تعیین قیمت دلالت بر این دارد که مدت‌زمان متوسط تعیین قیمت توسط $1 - (\xi - 1)$ داده می‌شود.

در حال حاضر مسئله تعیین قیمت بهینه یک بنگاه معمولی Z را در نظر بگیرید که در دوره t قادر به بهینه‌سازی مجدد قیمت خود است. به‌طور دقیق، این بنگاه قیمت $P_{j,t}^*$ را با حداکثر کردن ارزش تنزیل شده سودهای فعلی تعیین می‌کند تا زمانی که بتواند مجدداً قیمت خود را مطابق محدودیت‌های تقاضا $Y_{j,t+i} = (P_{j,t}^*/P_{t+i})^{-\theta} Y_{t+i}$ برای $i=0,1,2,3,\dots$ و فناوری موجود برای تولید و تلاش برای کاهش انتشار تنظیم مجدد کند. به بیان دیگر، یک بنگاه که بتواند در دوره t قیمت خود را دوباره تنظیم کند، تلاش خواهد کرد تا درآمد نهایی و هزینه نهایی خود را با ارزش تنزیلی مورد انتظار برابر کند. از آنجا که در هر دوره کسری $(1 - \xi)$ از بنگاه‌ها قیمت پولی

مطلوب P_t^* خود را در سطح قیمت $P_t = \left(\int_0^1 P_{j,t}^{1-\theta} dj\right)^{1/1-\theta}$ (یعنی قیمت کالای نهایی) انتخاب می‌کنند با توجه به رابطه $P_t = P_t^* [\xi P_{t-1}^{1-\theta} + (1 - \xi) P_t^{*1-\theta}]^{1/1-\theta}$ بیان می‌شود که سطح قیمت فقط یک میانگین وزنی از سطح قیمت دوره گذشته و قیمت تعیین‌شده توسط بنگاه‌ها در دوره جاری است. این معادله را می‌توان به صورت $1 = \xi \Pi_t^{\theta-1} + (1 - \xi) (P_t^*/P_t)^{1-\theta}$ بازنویسی کرد، در اینجا $\Pi_t = P_t/P_{t-1}$ نرخ تورم ناخالص است، که افزایش سطح قیمت کل بین دوره‌ی t و $t-1$ را اندازه‌گیری می‌کند و P_t^*/P_t (آنیکیاریکو و دی، ۲۰۱۴).

بخش دولت و سیاست‌های مالی و زیست‌محیطی

در این مطالعه، فرض می‌شود، آلودگی محصولی فرعی تولید می‌باشد، لذا با فرض اینکه هر واحد از تولید، سبب بروز θ واحد از آلودگی می‌شود، بایستی بر آلودگی ناشی از تولیدات بنگاه‌ها مالیاتی با نرخ $P_{Z,t} > 0$ وضع گردد. فرض کنید دولت می‌خواهد با استفاده از ابزار مالیات کربن و سیاست‌های پولی و مالی، میزان انتشار کربن Z_t را در سطح $\bar{Z}$ حفظ کند، بر همین اساس طبق قانون جدید مالیات کربن که به هدف تعیین‌شده توسط دولت بستگی دارد نرخ مالیات کربن در زمان t به شرح زیر است و به‌صورت مقابل تعریف می‌شود.

$$P_{Z,t} = P_Z \left(\frac{Z_t}{\bar{Z}}\right)^{K_Z} \eta_{pz,t} \quad (14)$$

بر همین اساس فرض می‌شود که بانک مرکزی، از قاعده تیلور^۲ (۱۹۹۳) با هدف بهبود کیفیت محیط‌زیست در کنار اهداف دوگانه رشد اقتصادی و ثبات قیمت‌ها به صورت صلاححیدی استفاده می‌کند.

$$\frac{\mu_t}{\mu} = \left(\frac{\mu_{t-1}}{\mu}\right)^{\tau_\mu} \left(\frac{y_t}{y}\right)^{\tau_y} \left(\frac{\pi_t}{\pi}\right)^{\tau_\pi} \left(\frac{z_t}{z}\right)^{\tau_z} \eta_{\mu,t} \quad (۱۸)$$

که در اینجا μ ، π و y به ترتیب مقادیر حالت پایدار نرخ رشد حجم پول و نرخ تورم ناخالص و تولید هستند. ایده پشت سیاست پولی این است که نرخ تورم ناخالص، سطح تولید و سطح انتشار را با دستکاری نرخ رشد حجم پول به سطح هدف برسانیم. پیش‌بینی می‌شود با افزایش نرخ رشد حجم پول، نرخ تورم، سطح تولید و هم میزان انتشار کربن افزایش یابد زیرا موجب تشویق خانوار به مصرف می‌شود. مصرف بیشتر خانوار تقاضای کالاها را افزایش می‌دهد، که به نوبه خود باعث افزایش قیمت و سطح کل تولید می‌شود. در نتیجه، سطح انتشار به دلیل ارتباط خطی آن با تولید افزایش می‌یابد. در این رابطه، ما داریم $\tau_y > 0$ ، $\tau_\pi > 0$ و $\tau_z > 0$. بزرگی τ_y ، τ_π و τ_z حساسیت نرخ رشد حجم پول را به انحراف تورم ناخالص، تولید و سطح انتشار از مقدار هدف آن را کنترل می‌کند. به همین ترتیب $\eta_{\mu,t}$ نشان‌دهنده یک شوک سیاست پولی است که انحراف کوتاه‌مدت نرخ رشد حجم پول از مقادیر پایدار بلندمدت را محاسبه می‌کند. فرض بر این است که از فرایند $AR(۱)$ با میانگین ۰ و انحراف می‌باشد $\sigma_\mu > 0$ توزیع می‌شود (چان، ۲۰۲۰).

شرایط تعادل و تسویه بازارها

با توجه به الگوی به کار رفته توسط چان (۲۰۲۰)، در شرایط تعادل شرایط زیر برآورده می‌شود $t: K_t = \int_0^1 L_{j,t} dj$ ، $t: L_t = \int_0^1 L_{j,t} dj$ که دلالت بر این دارد که مجموع تولید کالاهای واسطه را می‌توان به صورت $\int_0^1 K_{j,t} dj = (1 - \Gamma(m_t)) A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$ بیان کرد. با استفاده از این واقعیت که تقاضا برای هر نوع کالای واسطه‌ای j به وسیله $Y_{j,t} = (P_{j,t}/P_t)^{-\theta} Y_t$ ارائه می‌شود، در مجموع داریم $\int_0^1 Y_{j,t} dj = \int_0^1 (P_{j,t}/P_t)^{-\theta} Y_t dj = Y_t D_{P,t}$ که در اینجا $D_{P,t} = \int_0^1 (P_{j,t}/P_t)^{-\theta} dj$ معیاری برای پراکندگی قیمت (و بنابراین تولید) است که با توجه به محدودیت در تعدیل قیمت، براساس معادله تفاضل غیرخطی مرتبه اول تکامل می‌یابد $D_{P,t} = (1 - \xi) p_t^{*-\theta} + \xi \Pi_t^\theta D_{P,t-1}$. به این

در این رابطه G_t مخارج حقیقی دولت، T_t درآمدهای مالیاتی دولت به جز درآمدهای ناشی از مالیات‌های محیط‌زیست می‌باشد، $p_{z,t} Z_t$ درآمدهای ناشی از سیاست مالیات زیست‌محیطی or_t ، درآمدهای حاصل از صادرات نفت و $m_t - \frac{m_{t-1}}{\pi_t}$ درآمدی است که از محل خلق پول حاصل می‌شود.

در زمینه سیاست مالی، با توجه به فعالیت‌های عمومی برای جلوگیری از آلودگی (در قالب صندوق ملی محیط‌زیست) که توسط دولت در جهت حفاظت از محیط‌زیست به کار می‌رود و بودجه سازمان حفاظت محیط‌زیست که به منظور مقابله با انتشار آلودگی و اثرات ناشی از آن صرف می‌گردد (آهنگری و همکاران، ۱۳۹۵)، مخارج دولت از طریق معادله زیر با سطح انتشار کربن مرتبط می‌شود.

$$G_t = \left(\frac{G_{t-1}}{G}\right)^{\tau_G} \left(\frac{y_t}{y}\right)^{\tau_y} \left(\frac{z_t}{z}\right)^{\tau_z} \eta_{G,t} \quad (۱۶)$$

که در اینجا τ_z کشش مخارج زیست‌محیطی دولت نسبت به سطح انتشار است. و $\eta_{G,t}$ تصادفی است و لگاریتم آن از فرایند $AR(1)$ با میانگین ۰ و انحراف معیار $\sigma_G > 0$ می‌باشد پیروی می‌کند (چان، ۲۰۲۰).

همچنین با توجه به بسیاری از مطالعات انجام‌شده برای کشورهای نفتی، درآمدهای حاصل از صادرات نفت به صورت یک فرایند $AR(۱)$ با میانگین ۰ و انحراف معیار $\sigma_{or} > 0$ می‌باشد پیروی می‌کند.

سیاست‌گذاری پولی

در ادبیات مربوط به مدل‌های متعارف DSGE برای سیاست‌گذاری پولی از قاعده تیلور نرخ بهره استفاده می‌شود اما در اقتصاد ایران به دلیل قانون بانکداری بدون ربا، این امکان وجود نخواهد داشت. به همین دلیل، قاعده سیاست‌گذاری روی نرخ رشد حجم پول لحاظ می‌شود. بنابراین به منظور مدل‌سازی نحوه کنترل نرخ رشد حجم نقدینگی، مطابق با روش کولی و هانسن^۱ (۱۹۸۹)، فرض می‌شود مقام پولی عرضه حقیقی پول $\left(\frac{M_t}{P_t}\right)$ در هر دوره را با نرخ رشد μ مدیریت می‌کند.

$$\mu_t = \frac{M_t/P_t}{M_{t-1}/P_t} = \frac{M_t/P_t}{M_{t-1}/P_{t-1}} \cdot \frac{P_t}{P_{t-1}} = \frac{m_t}{m_{t-1}} \pi_t \quad (۱۷)$$

تشکیل معادلات وضعیت پایدار

در این مرحله، معادلات مربوط به وضعیت پایدار مدل، که نمایانگر شرایطی است که در آن متغیرهای کلیدی مدل در وضعیت ثابت و بدون تغییر باقی می‌مانند، استخراج و تحلیل شدند. این معادلات به منزله پایه‌ای برای ارزیابی رفتار مدل تحت شرایط پایدار عمل می‌کنند. دستگاه معادلات وضعیت پایدار که شامل تمامی معادلاتی است که وضعیت تعادل اقتصادی را توصیف می‌کند، به صورت منسجم جمع‌آوری و تدوین شد.

محاسبه و تعیین پارامترها و متغیرهای کلیدی

فرآیند کالیبراسیون به منظور اطمینان از دقت و صحت مدل اقتصادی و تضمین تطابق آن با داده‌های واقعی انجام می‌شود و پایه‌گذار تحلیل‌های معتبر و قابل اعتماد در مطالعات آینده است (امیرعلی و همکاران، ۱۴۰۲)، بنابراین در این پژوهش پس از تشکیل دستگاه معادلات، برخی از پارامترها و متغیرهای کلیدی که نقش مهمی در مدل ایفا می‌کنند، بر مبنای داده‌های اقتصادی موجود از ایران محاسبه شدند. این داده‌ها شامل اطلاعات اقتصادی جمع‌آوری شده از منابع معتبر مانند بانک مرکزی و مرکز آمار ایران است. میانگین‌های هندسی این داده‌ها برای به دست آوردن مقادیر پایدار و معتبر استفاده شدند. همچنین، برای برخی پارامترهای دیگر، مقادیر مربوطه از نتایج مطالعات و تحقیقات پیشین که به بررسی مشابه مسائل پرداخته بودند، استخراج و به کار گرفته شد و سایر پارامترها و متغیرهای مدل از حل دستگاه معادلات وضعیت پایدار از طریق نرم‌افزار MAPLE استخراج شده است. تمامی نتایج به دست آمده از فرآیند کالیبراسیون، شامل مقادیر نهایی پارامترها و متغیرها، در جدول ۱ گزارش شده است.

ترتیب مجموع تولید کالای نهایی برابر است با $Y_t = (1 - \Gamma(m_t))A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} (D_{p,t})^{-1}$ لازم به ذکر است که دوره پراکندگی قیمت $D_{p,t}$ توسط تناوب قیمت کالو ایجاد می‌شود و حد پایینی آن برابر با یک است (گالی، ۲۰۰۷). هرچه درجه انعطاف‌ناپذیری قیمت بیشتر باشد، پراکندگی قیمت اقتصاد در پاسخ به شوک‌ها بیشتر می‌شود. این دوره پراکندگی قیمت باعث ایجاد گسستگی بین ستاده کل و نهاده‌های واسطه‌ای می‌شود و باعث می‌شود تولید کل از کارایی کمتری برخوردار شود.

محدودیت منابع اقتصاد به شرح زیر است:

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + C_{A,t} + \frac{\gamma_I}{2} \left(\frac{I_t}{K_t} - \delta_K \right)^2 I_t \quad (19)$$

که بخشی از تولید به هزینه‌های تعدیل سرمایه و هزینه‌های کاهش $C_{A,t}$ اختصاص می‌یابد که به سیاست‌های زیست‌محیطی اعمال شده وابسته است.

در نهایت، فرض می‌شود انتشارات در محیط تجمع می‌یابد و S_t موجودی آلودگی را در پایان دوره t نشان دهد، در این صورت معادله تجمیعی زیر صادق است.

$$S_t = (1 - \delta_E) S_{t-1} + \frac{Z_t}{Z_t} \quad (20)$$

در اینجا δ_E کسری از آلودگی را که به‌طور طبیعی در هر دوره زمانی جذب محیط می‌شود و مجموع انتشارات را اندازه‌گیری می‌کند.

۴- یافته‌های تجربی و بحث

کالیبراسیون

برای کالیبراسیون مدل، فرآیندهای تشکیل معادلات وضعیت پایدار و محاسبه و تعیین پارامترها و متغیرهای کلیدی به ترتیب انجام شده است.

جدول ۱. مقادیر پارامترهای مورد نیاز برای تجزیه تحلیل عددی

پارامتر	نماد	مقدار	منبع
نرخ تنزیل زمانی	β	۰٫۹۸	ابراهیمی و شاهمرادی (۱۳۸۸)
معکوس کشش فریش	ϕ	۱	چان (۲۰۲۰)
پارامتر عدم تمایل به کار	μ_L	۷٫۸۷	محاسبه براساس وضعیت پایدار با نرم افزار Maple
نرخ استهلاک سرمایه	δ_K	۰٫۰۶۵	محاسبه براساس وضعیت پایدار با نرم افزار Maple
پارامتر هزینه تعدیل سرمایه	γ_I	۰٫۵۸۸۲	چان (۲۰۲۰)

پارامتر	نماد	مقدار	منبع
کاهش جانشینی ثابت در بخش‌های کالاهای آلوده کننده و غیر آلوده کننده	θ	۶,۰۱	محاسبه براساس وضعیت پایدار با نرم افزار Maple
پارامتر تنظیم قیمت کالوو	ξ	۰,۷۵	چان (۲۰۲۰)
سهم سرمایه در تولید	α	۰,۴۵۳	محاسبه براساس وضعیت پایدار با نرم افزار Maple
پارامتر هزینه کاهش آلاینده‌گی	ϕ_1	۰,۱۸۵	آنیچاریکو و دی دیو، (۲۰۱۵)
پارامتر هزینه کاهش آلاینده‌گی	ϕ_2	۲,۸	آنیچاریکو و دی دیو، (۲۰۱۵)
نرخ استهلاک ذخیره آلاینده‌گی	δ_E	۰,۰۰۲۱	چان (۲۰۲۰)
انتشارنهایی تولید	φ	۰,۴۵	آنیچاریکو و دی دیو (۲۰۱۵)
پارامتر تابع زیان	γ_0	$1,395 \times e^{-3}$	چان و پونزی (۲۰۲۳)
پارامتر تابع زیان	γ_1	$-6/6722 \times e^{-6}$	چان و پونزی (۲۰۲۳)
پارامتر تابع زیان	γ_2	$1,4647 \times e^{-8}$	چان و پونزی (۲۰۲۳)
پارامتر شکاف تورمی	τ_π	-۳	محاسبات پژوهش
پارامتر شکاف تورمی	τ_Y	-۰,۲	محاسبات پژوهش
سطح هدف انتشار کربن	Z	۰,۴۰۹۰	محاسبه براساس وضعیت پایدار با نرم افزار Maple
مقدار تعادل پایدار سطح فناوری	A	۱	محاسبه براساس وضعیت پایدار با نرم افزار Maple
مقدار تعادل پایدار شوک سیاست پولی	η_R	۱	محاسبه براساس وضعیت پایدار با نرم افزار Maple
مقدار تعادل پایدار شوک هزینه دولت	η_G	۱	محاسبه براساس وضعیت پایدار با نرم افزار Maple
مقدار تعادل پایدار شوک مالیات کربن	η_{P_Z}	۱	محاسبه براساس وضعیت پایدار با نرم افزار Maple
نرخ تعادل پایدار مالیات کربن	P_Z	۰,۰۵۲۰۸	محاسبه براساس وضعیت پایدار با نرم افزار Maple
مقدار تعادل پایدار هزینه‌های دولتی	G	۰,۲۲	محاسبه براساس وضعیت پایدار با نرم افزار Maple
ضریب خود رگرسیون شوک بهره وری	ρ_A	۰,۷۲	امیرعلی و همکاران (۱۴۰۲)
ضریب خود رگرسیون شوک مخارج دولت	ρ_G	۰,۸۵	محاسبات پژوهش
ضریب خود رگرسیون شوک پولی	ρ_R	۰,۸۵	محاسبات پژوهش
ضریب خود رگرسیون شوک مالیات کربن	ρ_{P_Z}	۰,۸۵	محاسبات پژوهش

مأخذ: یافته‌های پژوهش

ارزیابی برازش مدل

در ادامه پس از تعیین پارامترهای مدل، با استفاده از نرم‌افزار MATLAB مدل برآورد می‌شود و دقت مدل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

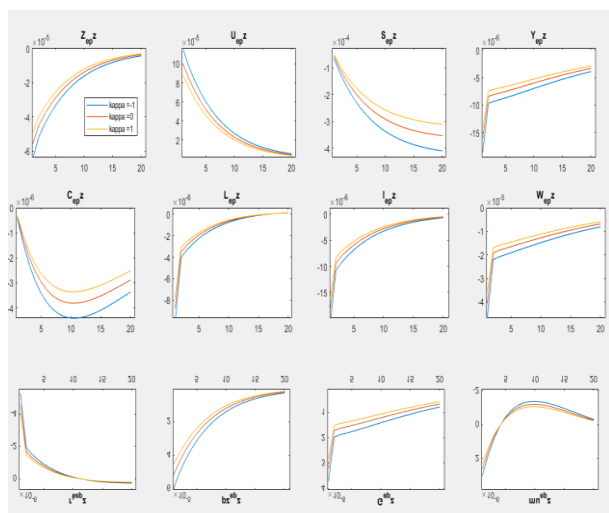
در روش اول ارزیابی دقت مدل که روش مقایسه گشتاورها است، گشتاورهای متغیرهای کلیدی مدل با گشتاورهای واقعی سری‌های زمانی مقایسه می‌شود. نزدیک بودن گشتاورهای مدل به گشتاورهای واقعی به معنای برازش مناسب و دقت بالا در مقداردهی پارامترهاست. نتایج این روش در جدول (۲) گزارش شده است.

جدول ۲. مقایسه گشتاورهای حاصل از الگو با گشتاورهای داده‌های دنیای واقعی

نام متغیر	میانگین		انحراف معیار	
	داده‌ها	الگو	داده‌ها	الگو
تولید غیر نفتی	۱	۱/۱۰۷۱۸۱	۰/۰۳۲	۰/۰۱۷۸۳
مصرف کل	۰/۶۲	۰/۵۷۴۰۴۹	۰/۰۳۶	۰/۰۰۰۵۳۷
تورم	۱/۰۴	۰/۹۹۹۹۳۹	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰۵۶۷
سرمایه‌گذاری	۰/۳۰۹۶۴	۰/۳۰۹۹۷۵	۰/۰۳۲۶۱۹	۰/۰۰۱۵۶۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل (۱) توابع واکنش آنی IRF، تاثیر شوک مثبت زیست‌محیطی را برای سه مقدار مختلف $K_Z = (-1, 0, 1)$ نشان می‌دهد.



مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۱. توابع واکنش آنی (IRF) با یک انحراف معیار شوک سیاست مالیات کربن. خطوط آبی، قرمز و زرد، IRFهایی هستند که به ترتیب K_Z برابر $(-1, 0, 1)$ هستند. و هر دو L_Z و T_Z روی ۰ تنظیم شده‌اند. مقادیر توابع واکنش آنی برحسب درصد هستند.

در پاسخ به شوک مالیات کربن، تولید و انتشار CO_2 کاهش می‌یابد و سود بنگاه‌ها کاهش می‌یابد. خانوارها که مالک بنگاه‌ها نیز هستند، با کاهش درآمد مواجه شده و برای حفظ مصرف خود به‌طور موقت پس‌اندازهایشان را کاهش می‌دهند. این کاهش پس‌انداز باعث کاهش سرمایه‌گذاری و در نتیجه کاهش تولید می‌شود. طبق معادله اوایلر، خانوارها تمایل دارند مصرف خود را ثابت نگه دارند، حتی اگر این به کاهش پس‌انداز منجر شود، بنابراین کاهش مصرف در کوتاه‌مدت کمتر از کاهش آن در آینده است.

روش دوم که روش بررسی توابع واکنش آنی است شامل تحلیل واکنش متغیرها به شوک‌های مختلف تعریف‌شده در مدل است تا تأثیرات آن‌ها به درستی شبیه‌سازی شود که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

۵- تحلیل نتایج

در این بخش، توابع واکنش آنی IRF متغیرهای کلان اقتصادی و زیست‌محیطی با سه شوک (پولی، مالی و زیست‌محیطی) ارائه می‌شود. IRFها در سه فاز مقداری $(-1, 0, 1)$ برای پارامترهای (K_Z, L_Z, T_Z) که به ترتیب بیانگر کشش مالیات کربن نسبت به سطح انتشار آلاینده، L_Z بیانگر کشش مخارج دولت نسبت به سطح انتشار آلاینده و T_Z کشش رشد حجم پول نسبت به سطح انتشار آلاینده می‌باشد، ارائه می‌شود. پارامترها در حالت عدم وجود قوانین سیاستی، مقدار صفر و در حالت وجود بسته به اینکه انتشار کمتر از سطح انتشار هدف است و یا بیشتر به ترتیب مقادیر $+1$ و -1 را در روابط (۱۴)، (۱۶) و (۱۸) به‌منظور نشان دادن مکانیسم چگونگی تأثیر سیاست‌های کلان اقتصادی و زیست‌محیطی بر کیفیت محیط‌زیست اتخاذ می‌کنند.

شوک‌های سیاستی

شکل‌های ۱-۴، توابع واکنش آنی متغیرهای مختلف را با سه شوک سیاستی با مقادیر متفاوت پارامترهای K_Z ، L_Z و T_Z نشان می‌دهد. در هر شکل، مقادیر هریک از پارامترهای کششی در سه فاز $(-1, 0, 1)$ تغییر داده می‌شود تا بررسی شود که متغیرهای کلان اقتصادی چگونه به شوک‌ها تحت مقادیر پارامترهای مختلف پاسخ می‌دهند.

افزایش تقاضای کل در اقتصاد می‌شود. این افزایش تقاضا بنگاه‌ها را مجبور به افزایش تولید می‌کند، که در نتیجه مصرف انرژی بیشتر و افزایش انتشار CO_2 را به همراه دارد. همچنین، فشار تقاضا بر عرضه موجب بالا رفتن سطح عمومی قیمت‌ها و افزایش تورم می‌شود.

افزایش تورم اثرات مختلفی بر متغیرهای اقتصادی دارد. از یک‌سو، افزایش قیمت‌ها باعث کاهش قدرت خرید خانوارها و کاهش مصرف می‌شود. از سوی دیگر، تورم بالاتر منجر به کاهش عرضه حقیقی پول می‌شود زیرا حجم اسمی پول ثابت می‌ماند درحالی‌که قیمت‌ها افزایش می‌یابد. این کاهش عرضه حقیقی پول به نوبه خود نرخ رشد حجم پول را کاهش می‌دهد.

افزایش تورم همچنین باعث افزایش نرخ بهره اسمی می‌شود که هزینه‌های سرمایه‌گذاری را بالا می‌برد. این امر خانوارها را تشویق می‌کند که سرمایه‌گذاری‌های خود را کاهش دهند. در عین حال، بنگاه‌ها برای پاسخ به تقاضای بیشتر به نیروی کار و سرمایه اضافی نیاز دارند که باعث افزایش دستمزدها و بازده واقعی سرمایه می‌شود. این افزایش تقاضا برای نیروی کار و سرمایه نهایتاً به افزایش هزینه‌های تولید منجر می‌شود.

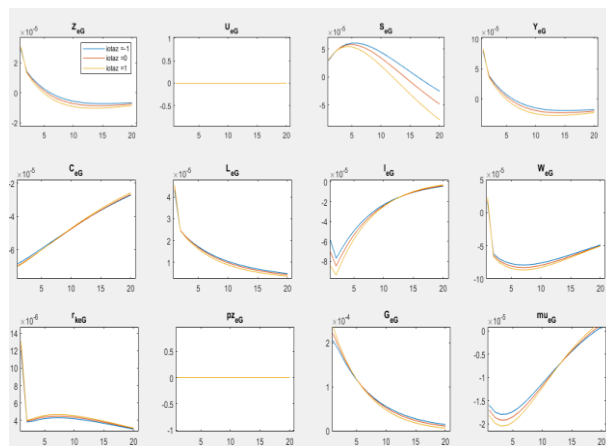
با توجه به اینکه سطح انتشار به‌طور مستقیم با مخارج دولت ارتباط دارد، هرگونه تغییر در ι_Z می‌تواند تأثیر بسزایی بر روند افزایش مخارج و انتشار CO_2 داشته باشد. در شرایط $\iota_Z < 0$ در مقایسه با $\iota_Z = 0$ و $\iota_Z > 0$ ، واکنش انتشار CO_2 نسبت به شوک مخارج دولت کمتر می‌شود به این معنا که در واکنش به شوک‌های وارده، دولت نیازی به افزایش قابل توجه در مخارج خود ندارد. به عبارت دیگر، ι_Z منفی به دولت اجازه می‌دهد تا با مخارج کمتری به اهداف اقتصادی خود دست یابد و در این شرایط واکنش انتشار CO_2 نسبت به شوک مخارج دولت کمتر می‌شود. یعنی با ι_Z پایین‌تر، سطح انتشار CO_2 به میزان کمتری نسبت به شوک مخارج افزایش می‌یابد. این امر به دولت کمک می‌کند تا کنترل بهتری بر اهداف کاهش انتشار داشته باشد و دستیابی به این اهداف را آسان‌تر کند.

شکل ۳. توابع واکنش آنی IRF تاثیر شوک سیاست پولی را برای سه مقدار مختلف $\iota_Z = (-1, 0, 1)$ نشان می‌دهد.

افزایش مالیات کربن منجر به کاهش تولید در بنگاه‌ها و کاهش تقاضا برای نیروی کار و سرمایه می‌شود که به نوبه خود باعث کاهش دستمزدها و بازده سرمایه می‌گردد. گرچه بنگاه‌ها و خانوارها ممکن است برای سازگاری با تغییرات مالیاتی تولید خود را موقتاً افزایش دهند، این افزایش نمی‌تواند کاهش سرمایه‌گذاری را جبران کند و تولید در نهایت کاهش می‌یابد. این شرایط باعث افزایش هزینه‌های دولتی می‌شود زیرا دولت مجبور به افزایش مخارج برای جبران کاهش تولید و اشتغال است. همچنین، کاهش تولید و تقاضا موجب کاهش سطح عمومی قیمت‌ها و در پی آن افزایش عرضه حقیقی پول و رشد حجم پول می‌شود.

در شرایطی که $\kappa_Z > 0$ در مقایسه با حالت $\kappa_Z = 0$ و $\kappa_Z < 0$ ، کاهش کمتر انتشار CO_2 به این معناست که فشار کمتری بر افزایش نرخ مالیات کربن وجود دارد. کاهش فشار بر افزایش مالیات به نوبه خود انگیزه بنگاه‌ها برای کاهش انتشار را کاهش می‌دهد و در نتیجه، میزان کاهش انتشار CO_2 کمتر خواهد بود. این وضعیت به دولت کمک می‌کند تا با هزینه کمتری به اهداف کاهش انتشار خود دست یابد و فرآیند کاهش انتشار را با سهولت بیشتری دنبال کند.

شکل ۲. توابع واکنش آنی IRF تاثیر شوک سیاست مالی را برای سه مقدار مختلف $\iota_Z = (-1, 0, 1)$ نشان می‌دهد.



مأخذ: یافته‌های پژوهش

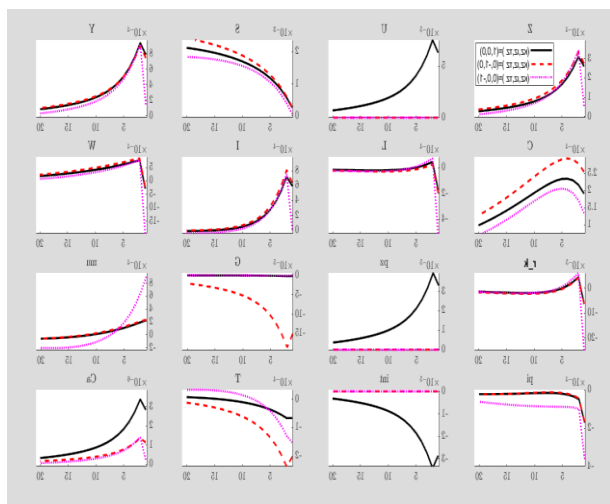
نمودار ۲. توابع واکنش آنی (IRF) با یک انحراف معیار شوک مخارج دولت. خطوط آبی، قرمز و زرد، IRF هایی هستند که به ترتیب ι_Z برابر $(-1, 0, 1)$ هستند. و هر دو κ_Z و τ_Z روی ۰ تنظیم شده‌اند. مقادیر توابع واکنش آنی برحسب درصد هستند

در این مدل، نرخ مالیات ثابت باقی می‌ماند و سیاست‌های مالیاتی تغییر نمی‌کند، اما افزایش ناگهانی مخارج دولت موجب

کمک کند. کاهش نرخ رشد حجم پول در مواجهه با افزایش تولید و انتشار CO_2 تأثیرات منفی شوک مثبت را تعدیل کرده و به کاهش انتشار کمک می‌کند. در نتیجه، شوک مثبت سیاست پولی ممکن است موجب افزایش تولید و انتشار CO_2 شود، درحالی‌که شوک منفی می‌تواند به بهبود کیفیت هوا و تحقق اهداف کاهش انتشار کمک کند. این تأثیرات متقابل نشان می‌دهد که سیاست‌های پولی باید به دقت طراحی شوند تا تعادلی مناسب بین اهداف اقتصادی و محیط‌زیستی برقرار شود.

شوک بهره‌وری

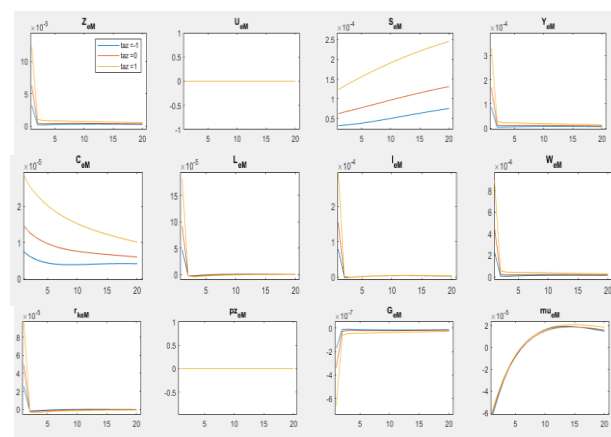
شکل ۴ واکنش متغیرها را به شوک بهره‌وری مثبت با اجرای سیاست‌های مالی، پولی و زیست‌محیطی و با تنظیم پارامترهای کشش K_Z ، d_Z ، τ_Z و $(0, -1, 0)$ و $(0, 0, -1)$ به ترتیب مقایسه می‌شود. در تمام موارد، سطح TFP بالا به‌طور طبیعی با افزایش سطح تولید و سطح انتشار همراه است.



مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۴. توابع واکنش آنی (IRF) به یک انحراف معیار شوک TFP خطوط توپر، چین‌دار و نقطه‌چین، IRF‌هایی هستند که به ترتیب $(0, -1, 0)$ ، $(0, 0, -1)$ و $(K_Z, d_Z, \tau_Z) = (0, 0, -1)$ مقادیر توابع واکنش آنی برحسب درصد هستند.

شوک تکنولوژی با کارآمدتر کردن نهاده‌ها، بهره‌وری را بهبود می‌بخشد و بنگاه‌ها را به استفاده از عوامل ورودی یکسان برای تولید خروجی بیشتر سوق می‌دهد در نتیجه این شوک بهره‌وری مثبت که به دوره رونق اقتصادی اشاره دارد. همان‌طور که توسط فیشر^۱



مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۳. توابع واکنش آنی (IRF) با یک انحراف معیار شوک سیاست پولی. خطوط آبی، قرمز و زرد، IRF‌هایی هستند که به ترتیب τ_Z برابر $(-1, 0, 1)$ هستند. و هر دو K_Z و L_Z روی ۰ تنظیم شده‌اند. مقادیر توابع واکنش آنی برحسب درصد هستند.

طبق نظریات اقتصادی، وقتی شوک مثبتی به حجم پول وارد می‌شود، مازاد عرضه پول در اقتصاد ایجاد می‌شود که منجر به کاهش نرخ بهره حقیقی می‌شود. این کاهش نرخ بهره، تقاضا برای سرمایه‌گذاری و مصرف را افزایش می‌دهد، که به نوبه خود باعث افزایش تولید، تقاضا برای نیروی کار و سرمایه، و در نتیجه افزایش دستمزدها و بازده واقعی سرمایه می‌شود. همچنین، افزایش تقاضا باعث بالا رفتن سطح عمومی قیمت‌ها و نرخ تورم می‌شود. این افزایش تورم نیز به کاهش عرضه حقیقی پول منجر می‌شود، زیرا افزایش قیمت‌ها باعث کاهش قدرت خرید پول می‌شود درحالی‌که حجم اسمی پول ثابت باقی می‌ماند.

علی‌رغم این تأثیرات مثبت در افزایش تولید، در کوتاه‌مدت ممکن است نرخ رشد حجم پول کاهش یابد. این پدیده به دلیل فشارهای نزولی بر نرخ رشد حجم پول است که از افزایش تولید و تورم مطابق قانون تیلور اصلاح‌شده ناشی می‌شود. به عبارت دیگر، شوک مثبت به سیاست پولی ممکن است به افزایش اولیه تولید و انتشار CO_2 منجر شود، اما افزایش تولید و تورم فشارهایی را بر نرخ رشد حجم پول وارد می‌کند که می‌تواند آن را در کوتاه‌مدت کاهش دهد. در مقابل، شوک منفی سیاست پولی، یعنی کاهش حجم پول، می‌تواند اثرات مثبتی بر کیفیت هوا و کاهش انتشار CO_2 داشته باشد.

در شرایط $\tau_Z < 0$ در مقایسه با حالت $\tau_Z = 0$ و $\tau_Z > 0$ این کشش منفی می‌تواند به پایدار نگه داشتن سطح انتشار CO_2

۶- نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی

این پژوهش با هدف ارزیابی و مقایسه اثربخشی سیاست‌های پولی، مالی و زیست‌محیطی در کاهش انتشار کربن و تأثیر آن‌ها بر متغیرهای کلان اقتصادی، با بهره‌گیری از مدل تعادل عمومی پویا تصادفی (E-DSGE) انجام شده است. این مدل به دلیل ساختار پویا و چندوجهی خود، امکان تحلیل دقیق تعاملات بین متغیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی را فراهم می‌آورد. پژوهش حاضر به بررسی اثرات مختلف این سیاست‌ها در مواجهه با انواع شوک‌های اقتصادی پرداخته است. جامعه آماری این مطالعه شامل داده‌های اقتصادی کشور ایران است که با چالش‌های زیست‌محیطی روبه‌روست و سیاست‌گذاران آن در تلاش برای دستیابی به توازن میان رشد اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست می‌باشند.

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که هریک از سیاست‌های مورد بررسی از مسیرهای متفاوتی بر متغیرهای کلان اقتصادی و زیست‌محیطی تأثیرگذارند. سیاست مالی، از طریق تنظیم مخارج دولت، بر تولید و مصرف اثرگذار است و می‌تواند با کنترل تقاضای کل و ایجاد تغییرات در تولید، میزان انتشار کربن را تعدیل کند. سیاست پولی با کنترل نرخ رشد حجم پول، از طریق تأثیر بر مصرف و سرمایه‌گذاری، به کنترل تورم و تغییر سطح تولید کمک می‌کند؛ این تغییرات به نوبه خود باعث کاهش مصرف انرژی در نتیجه کاهش در تولید و در نتیجه کاهش آلودگی هوا می‌شوند. در مقابل، سیاست‌های زیست‌محیطی مانند مالیات کربن، با اعمال هزینه مستقیم بر فعالیت‌های آلاینده، انگیزه شرکت‌ها برای کاهش آلودگی و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک را افزایش می‌دهد، که به کاهش انتشار و ایجاد اثرات مثبت زیست‌محیطی منجر می‌شود.

براساس نتایج این پژوهش و با در نظر گرفتن شرایط اقتصاد ایران، سیاست مالی می‌تواند از طریق هدفمند کردن یارانه‌های انرژی، کاهش معافیت‌های مالیاتی برای صنایع آلاینده و افزایش سرمایه‌گذاری دولت در انرژی‌های تجدیدپذیر به کاهش انتشار کربن کمک کند.

در حوزه سیاست پولی، مدیریت نرخ بهره و تخصیص تسهیلات اعتباری ارزان به صنایع پاک و کسب‌وکارهای کم‌کربن می‌تواند به کاهش انتشار کمک کند، درحالی‌که اجرای سیاست‌های انقباضی شدید ممکن است به رکود اقتصادی منجر شود. بنابراین، سیاست‌های پولی باید به گونه‌ای تنظیم شوند که نقدینگی به سمت سرمایه‌گذاری در حوزه‌های پایدار هدایت شود، مثلاً از طریق ایجاد خطوط اعتباری ویژه برای پروژه‌های بهینه‌سازی انرژی.

(۲۰۰۶)، کانوا و همکاران^۱ (۲۰۱۰)، دیو و درسلر^۲ (۲۰۱۰) و آنیکیاریکو و دی دیو (۲۰۱۷) پیشنهاد شده است، با توجه به چسبندگی قیمت، تعدیل قیمت‌ها پرهزینه است و بنگاه‌ها تمایل دارند کاهش قیمت‌ها را با کاهش برخی نهاده‌ها کاهش دهند، و به دلیل آن که نوآوری‌ها در TFP باعث کاهش در محصول نهایی نیروی کار می‌شود، تقاضا و دستمزد نیروی کار را کاهش می‌دهد. خانوار هم به عنوان مالک بنگاه‌ها با توجه به افزایش در سرمایه و درآمد ناشی از بهبود بهره‌وری مصرف خود را افزایش می‌دهد و سرمایه بیشتری را سرمایه‌گذاری خواهد کرد.

درحالی‌که هر سه سیاست قادر به کاهش افزایش انتشار کربن هستند، مکانیسم آنها بسیار متفاوت است. زمانی که K_Z مثبت باشد، با افزایش سطح انتشار، نرخ مالیات کربن افزایش می‌یابد. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد سیاست نرخ مالیات کربن، هزینه‌های کاهش انتشار فزاینده و متغیر با زمان است، که همچنین مکانیسم اصلی برای چگونگی کاهش میزان انتشار توسط سیاست مالیات کربن است.

از آنجایی که تلاش‌های کاهش تحت هر دو سیاست مالی و پولی ثابت است، مکانیسم اولیه برای کاهش سطح انتشار کاهش تولید است. به‌ویژه، زمانی که با شوک مثبت TFP مواجه می‌شود، دولت باید هزینه‌های خود را کاهش دهد تا تقاضای کالای نهایی را کاهش دهد. در حالی که شوک سیاست پولی با کاهش حجم پول، افزایش سطح انتشار را کاهش می‌دهد، هرچه کمتر باشد عرضه حقیقی پول کمتر است و مصرف جاری و سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد، که در نهایت تولید را نیز کاهش می‌دهد.

با توجه به نمودارها تنها سیاست مالیات بر کربن قادر به کاهش شدت کربن است، اما هزینه کاهش بالاتری را به همراه دارد.

در حالت شوک TFP ، کاهش درآمدهای مالیاتی تنها همراه با سیاست مالی امکان‌پذیر است زیرا از آنجایی که مالیات به گونه‌ای جمع‌آوری می‌شود که محدودیت بودجه در هر دوره متعادل باشد، درآمد مالیاتی کمتری برای حمایت از سطح پایین‌تری از مخارج دولت مورد نیاز است.

در نهایت، کاهش شدید تورم تنها توسط سیاست پولی متحمل می‌شود. توجه داشته باشید که اگر K_Z ، d_Z و τ_Z به بی‌نهایت متمایل شوند، IRF های هر سه مورد منطبق خواهند شد.

دقیق سیاست‌ها را به‌طور کامل منعطف نکند. علاوه بر این، محدودیت‌های داده‌ای نیز شامل نبود داده‌های کامل و دقیق در زمینه آلاینده‌ها و شاخص‌های اقتصادی خاص است که می‌تواند تحلیل دقیق‌تر و تعمیم‌پذیری نتایج را به سایر کشورها یا شرایط خاص اقتصادی تحت تأثیر قرار دهد.

این محدودیت‌ها می‌تواند در تحقیقات آتی با استفاده از داده‌های دقیق‌تر و مدل‌های پیشرفته‌تر برای تحلیل سیاست‌های اقتصادی و زیست‌محیطی مورد توجه قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده، اثرات اقتصادی و اجتماعی سیاست‌های پولی، مالی و زیست‌محیطی، به‌ویژه در زمینه نابرابری و فقر، مورد بررسی دقیق‌تری قرار گیرد. همچنین، مقایسه جامع‌تری از هزینه‌های اجرایی و پایداری این سیاست‌ها می‌تواند به درک بهتر کارایی آن‌ها کمک کند. علاوه بر این، بررسی تأثیرات کوتاه‌مدت و بلندمدت مالیات کربن بر بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی می‌تواند دیدگاه جامع‌تری در زمینه سیاست‌گذاری زیست‌محیطی ارائه دهد.

الف- تعارض منافع:

نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی در ارتباط با این پژوهش ندارند.

ب- در دسترس بودن داده‌ها:

تمامی داده‌های مورد استفاده در این پژوهش در صورت درخواست نشریه، در اختیار آن قرار خواهد گرفت.

ج- تعامل نویسندگان:

فاطمه مهرابی: انجام تحلیل‌های اقتصادی، جمع‌آوری داده‌ها، و تدوین مدل پژوهش

سمیه اعظمی: هدایت علمی پژوهش، بررسی مبانی نظری، و نظارت بر فرآیند نگارش مقاله

د- ارتباط با طرح پژوهشی یا رساله:

این مقاله مستخرج از [رساله دکتری دانشگاه رازی کرمانشاه] بوده و در راستای فعالیت‌های تحقیقاتی نویسندگان تنظیم شده است.

ه- شفاف‌سازی:

در تدوین این مقاله از هوش مصنوعی یا تکنولوژی خاصی برای تولید محتوا استفاده نشده است. تمامی بخش‌ها حاصل تحلیل‌های علمی نویسندگان است.

در مورد مالیات کربن، اجرای آن در ایران نیازمند یک ساختار تدریجی و هدفمند است تا اثرات منفی آن بر تولید و اشتغال کاهش یابد.

در مواجهه با شوک مثبت بهره‌وری، سیاست‌های مختلف اقتصادی به طرق گوناگون بر اهداف کلان اقتصادی و زیست‌محیطی تأثیر می‌گذارند. سیاست مالی در کاهش درآمدهای مالیاتی، سیاست پولی در کنترل و کاهش تورم، و سیاست‌های زیست‌محیطی در کاهش شدت انتشار - به‌عنوان یکی از اهداف کلیدی حفاظت از محیط زیست - عملکرد مؤثرتری دارند. در نهایت، ترکیب هوشمندانه این سیاست‌ها، متناسب با اهداف و شرایط اقتصادی، می‌تواند به دستیابی به تعادل مطلوب میان کاهش انتشار گازهای آلاینده و حفظ رشد اقتصادی کمک کند.

مقایسه یافته‌های این تحقیق با مطالعات پیشین نشان می‌دهد که نتایج ما با برخی از تحقیقات مشابه هم‌راستا است. به‌طور خاص، همان‌طور که هالکوس و پائیزانوس (۲۰۱۳) و آدویی (۲۰۱۶) در پژوهش‌های خود نشان دادند، افزایش مخارج دولت می‌تواند به کاهش انتشار CO_2 منجر شود. این یافته‌ها در تحقیق ما نیز تأیید می‌شود، به‌ویژه در شرایطی که دولت با هدف سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش یارانه‌های انرژی برای صنایع آلاینده، سعی در کاهش آلودگی دارد. همچنین، نتایج تحقیق ما در زمینه سیاست‌های پولی با پژوهش‌های پیشین، از جمله چان (۲۰۲۰)، که نشان می‌دهد سیاست‌های پولی انقباضی منجر به کاهش تقاضای کل و مصرف انرژی می‌شود، هم‌راستا است.

با این حال، تفاوت‌هایی نیز در نتایج مشاهده می‌شود. درحالی‌که برخی از پژوهش‌ها مانند یوشیانگ و چن (۲۰۱۰) و برناتور و کوبی (۲۰۱۳) رابطه مثبتی بین هزینه‌های دولت و انتشار کربن گزارش کرده‌اند، نتایج تحقیق ما در ایران نشان‌دهنده رابطه منفی بین این دو است. این تفاوت‌ها ممکن است به ویژگی‌های خاص اقتصادی ایران، از جمله وابستگی به سوخت‌های فسیلی و چالش‌های ساختاری در سیاست‌گذاری‌های مالی و زیست‌محیطی، بازگردد. در مجموع، یافته‌های تحقیق ما به‌ویژه در بخش سیاست‌های مالی و پولی، تأثیرات مشابهی با برخی از مطالعات پیشین دارد، اما تفاوت‌هایی نیز براساس شرایط خاص ایران مشاهده می‌شود.

این پژوهش محدودیت‌هایی نیز داشته است که باید به آن‌ها اشاره شود. یکی از محدودیت‌های اصلی، مدل‌سازی اقتصادی است که به دلیل پیچیدگی‌های درونی مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی (E-DSGE)، برخی فروض ساده‌سازی شده برای سهولت تحلیل به‌کار گرفته شده است. این موضوع ممکن است تأثیرات

References

- Adewuyi, A. O. (2016). Effects of public and private expenditures on environmental pollution: A dynamic heterogeneous panel data analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 489-506.
- Ahangari, A., Farazmand, H., Montazer Hojjat, A. H., & Haft Lang, R. (2018). "The effects of green tax on economic growth and welfare in Iran: A dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) approach". *Quantitative Economics Research Quarterly*, 15(1), 27-61. (in Persian).
- Ahmad, M., Khan, Z., Ur Rahman, Z., Khan, S., 2018. Does financial development asymmetrically affect CO2 emissions in China? An application of the nonlinear autoregressive distributed lag (NARDL) model. *Carbon Manag.* 9 (6), 631e644. <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1529998>
- Ahmad, M., Khattak, S.I., 2020. Is aggregate domestic consumption spending (adcs) per capita determining CO2 emissions in South Africa? A new perspective. *Environ. Resour. Econ.* 1e24. <https://doi.org/10.1007/s10640-019-00398-9>.
- Aldy, J.E., Viscusi, W.K., 2014. Environmental risk and uncertainty. In: *Handbook of the Economics of Risk and Uncertainty*, Vol. 1. Elsevier, pp. 601–649. *the Economics of Risk and Uncertainty*, Vol. 1. Elsevier, pp. 601–649.
- Amirali, M., bakhshi dastjerdi, R. & vaez barzani, M. (2023). "The Real Effects of the Bank's Function as a Creator of Liquidity Through Lending and Factitious Rollover of Non-Performing Loans Channels (DSGE Approach)". *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 57(4), 583-628. doi:10.22059/jte.2023.92422. (in Persian).
- Anderson, P., Johnson, E., & Morris, B. (2018). The impact of fiscal and monetary policies on environmental quality and economic growth. *Macroeconomic and Environmental Journal*, 11(3), 150-170.
- Annicchiarico, B., & Di Dio, F. (2015). Environmental policy and macroeconomic dynamics in a new Keynesian model. *Journal of Environmental Economics and Management*, 69, 1-21.
- Asghoui, & Mohammad Mehdi Barqi. (2008). "The Impact of Trade Liberalization on the Greenhouse Gases (CO2 Emission) in EKC". *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 43(1). (in Persian).
- Bayat, N., Bahrami, J., & Mohammadi, M. (2017). "Inflation and output targeting in two monetary policy rules: Money growth rate and Taylor rule for the Iranian economy". *Applied Economic Theories*, 4(1), 29-58 (in Persian).
- Beck, T., Demirgüç-Kunt, A., & Levine, R. (1999). *A new database on financial development and structure*. The World Bank.
- Bernauer, T., & Koubi, V. (2013). Are bigger governments better providers of public goods? Evidence from air pollution. *Public Choice*, 156(3-4), 593-609.
- Calvo, G. A. (1983). Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of monetary Economics*, 12(3), 383-398.
- Canova, F., D. Lopez-Salido, and C. Michelacci (2010). The effects of technology shocks on hours and output: A robustness analysis. *Journal of applied Econometrics* 25 (5), 755–773.
- Camarero, M., Forte, A., Garcia-Donato, G., Mendoza, Y., & Ordoñez, J. (2015). Variable selection in the analysis of energy consumption–growth nexus. *Energy Economics*, 52, 207-216.
- Campiglio, E., 2016. Beyond carbon pricing: The role of banking and monetary policy in financing the transition to a low-carbon economy. *Ecol. Econom.* 121, 220–230.
- Campiglio, E., Dafermos, Y., Monin, P., Ryan-Collins, J., Schotten, G., Tanaka, M., 2017. Finance and climate change: What role for central banks and financial regulators. In: CEP-DNB workshop on "Central Banking and Green Finance", November. pp. 28–29.
- Chan, Y. T. (2020). Are macroeconomic policies better in curbing air pollution than environmental policies? A DSGE approach with carbon-dependent fiscal and monetary policies. *Energy Policy*, 141, 111454.
- Chan, Y. T., & Punzi, M. T. (2023). E-DSGE model with endogenous capital utilization rate. *Journal of Cleaner Production*, 414, 137640.
- Dafermos, Y., Nikolaidi, M., Galanis, G., 2018. Climate change, financial stability and monetary policy. *Ecol. Econom.* 152, 219–234.
- Dave, C. and S. J. Dressler (2010). Technology shocks, capital utilization and sticky prices. *Journal of Economic Dynamics and Control* 34 (10), 2179–2191.
- Dinda, S., 2004. Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecol. Econom.* 49(4), 431–455.
- Fischer, C., Springborn, M., 2011. Emissions targets and the real business cycle: Intensity targets versus caps or taxes. *J. Environ. Econ. Manag.* 62 (3), 352–366.

- Fisher, J. D. (2006). The dynamic effects of neutral and investment-specific technology shocks. *Journal of political Economy* 114 (3), 413-451
- Forni, L., & Kiarisi, M. (2024). *Optimal Climate and Monetary-Fiscal Policy in a Climate-DSGE Framework. Social Science Research*.
- Glasure, Y.U., Lee, A.-R., 1996. The macroeconomic effects of relative prices, money, and federal spending on the relationship between US energy consumption and employment. *J. Energy Dev.* 22 (1), 81-91. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>.
- Grossman, G.M., Krueger, A.B., 1995. Economic growth and the environment. *Q. J. Econ.* 110 (2), 353-377.
- Halkos, G. E., & Paizanos, E. A. (2013). The effect of government expenditure on the environment: An empirical investigation. *Ecological Economics*, 91, 48-56.
- Halkos, G. E., & Paizanos, E. A. (2016). Environmental macroeconomics: economic growth, fiscal spending and environmental quality. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 9(3-4), 321-362.
- Halkos, G. E., & Paizanos, E. A. (2016). The effects of fiscal policy on CO2 emissions: evidence from the USA. *Energy Policy*, 88, 317-328.
- Hekmati Farid, S., Rezazadeh, A., & Fattahi, F. (2018). "The indirect effect of fiscal policy on environmental quality in developing countries: A PSTR approach". *Environmental Research*, 8(16), 115-126. (in Persian).
- Heutel, G., 2012. How should environmental policy respond to business cycles? Optimal policy under persistent productivity shocks. *Rev. Econ. Dyn.* 15 (2), 244-264.
- Katircioglu, S., & Katircioglu, S. (2018). Testing the role of fiscal policy in the environmental degradation: the case of Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(6), 5616-5630.
- Katircioglu, S., & Katircioglu, S. (2018). Testing the role of urban development in the conventional environmental Kuznets curve: evidence from Turkey. *Applied Economics Letters*, 25(11), 741-746.
- Khalilian, A., Haqiqat, J., Asgarpour, H., & Behboudi, D. (2025). The effects of monetary and fiscal policies on environmental pollutants in Iran: A nonlinear approach. *Civilica*. <https://civilica.com/doc/2028583> (In Persian).
- Kim, S., Patel, R., & Gupta, A. (2022). Comparing the effectiveness of financial and environmental policies in reducing air pollution. *Economic Analysis Journal*, 16(1), 73-90.
- Lacunza, H., 2008. Monetary policy and climate change: is there a role for the central bank. In: Bank Indonesia International Seminar on "Macroeconomic Impact of Climate Change: Opportunities and Challenges", Held in Bali. pp. 1-2.
- Lasani, S.B., Mashhadi, A., Habibnejad, S. A., & Habibi Mojandeh, M. (2020). Strategies for environmental protection in economic activities in Iran. *Journal of Public Law Studies*, 50(3), 899-920. <https://doi.org/10.22059/jplsq.2019.262830.1801> (In Persian).
- López, R., Galinato, G. I., & Islam, A. (2011). Fiscal spending and the environment: theory and empirics. *Journal of Environmental Economics and Management*, 62(2), 180-198.
- Lopez, R. E., & Palacios, A. (2010). Have government spending and energy tax policies contributed to make Europe environmentally cleaner? (No. 1667-2016-136345).
- Madah, M., & Raoufi, F. (2017). Direct and indirect effects of government expenditures on pollution: A simultaneous equations approach. *Journal of Environmental Science and Technology*, 19(Special Issue No. 4), 155-166. <https://doi.org/10.22034/jest.2017.10719.1-17> (In Persian).
- Matikainen, S., Campiglio, E., Zenghelis, D., 2017. The climate impact of quantitative easing. Policy Paper, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, London School of Economics and Political Science.
- McKibbin, W.J., Morris, A.C., Panton, A., Wilcoxon, P., 2017. Climate change and monetary policy: Dealing with disruption. CAMA Working Paper.
- Olleh, J., Hart, D., & Veer, L. (2020). Environmental sustainability and economic development in developing countries. *Sustainable Development Journal*, 7(2), 88-105
- Osman, R., Ali-Zadeh, M., & Zarei, N. (2020). Climate change reports and greenhouse gas emissions. *Environmental and Sustainable Development Journal*, 12(3), 55-70.
- Romer, D., (2006). *Advanced Macroeconomics*, McGraw-Hill.
- Rozenberg, J., Hallegatte, S., Perrissin-Fabert, B., Hourcade, J.-C., 2013. Funding low-carbon investments in the absence of a carbon tax. *Clim. Policy* 13 (1), 134-141.

- Saravanan, A.P., Mathimani, T., Deviram, G., Rajendran, K., Pugazhendhi, A., 2018. Biofuel policy in India: a review of policy
- Shahmoradi, A., & Ebrahimi, E. (2010). Evaluating the effects of monetary policies in Iran's economy using a dynamic stochastic New Keynesian model. *Quarterly Journal of Monetary and Banking Research. (In Persian)*.
- Stern, D.I., 2004. The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Dev.* 32(8), 1419–1439.
- Taylor, J. B. (1993). Monetary policy and inflation: The Taylor rule. *Journal of Macroeconomics*, 15(2), 5-22.
- Vahabzadeh Moghadam, M. S., Emami Jaza, K., & Haji Hasani, F. (2022). The role of economic and environmental policies in preventing air pollution. *Economic Modeling*, 16(59). <https://doi.org/10.30495/eo.2023.1976456.2719> (in Persian)