Quarterly Journal of
Applied Theories of Economics

Comparison of the Effects of Exogenous Impulses on Iran's Business Cycle under Environmental Policies

Mahtab Mehrjoo Irani[1], Mohammad Ali Falahi[2], Narges Salehnia[3]

1. Ph.D. Student in Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, mehr.ir.mahtab@gmail.com
2. Corresponding Author, Professor in Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, falahi@um.ac.ir
3. Associate Professor in Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, n.salehnia@um.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: August 2024
Accepted: November 2024

JEL: C61, E32, Q54.

Keywords:
Environmental policies, productivity momentum, energy price momentum, DSGE model.

ABSTRACT

Environmental protection, as one of the Millennium development goals, requires the intervention of policymakers and the implementation of environmental policies to limit the emission of greenhouse gases. This research investigates the consequences of implementing environmental policies on economic variables (including consumption, production, and investment) in Iran's economy from 1978 to 2017. For this purpose, the Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) method was used to analyze a closed economy model with the approach of real business cycles. The source of fluctuations in the economy is the momentum of the total productivity of production factors and the momentum of energy prices. Also, the capital is not fully used in the production process. The simulation results show: 1. During the positive momentum of productivity, the emission cap policy has the best performance in reducing the fluctuations of economic variables and greenhouse gas emissions. 2. During the positive momentum of energy prices, the emission cap policy and the emission intensity target policy show the best performance regarding the level and fluctuation of economic variables and pollution emissions.

Cite this article: Mehrjoo Irani, M.,, Falahi, M. A., & Salehinia, N. (2025). Comparison of the Effects of Exogenous Impulses on Iran's Business Cycle under Environmental Policies. *Applied Theories of Economic*, 12(1), 49-70. http//doi.org/ 10.22034/ecoj.2025.62752.3334

© The Author(s).
Publisher: University of Tabriz
DOI: 10.22034/ecoj.2025.62752.3334

Introduction

Environmental protection, as one of the millennium development goals, requires intervention from policymakers and the implementation of environmental policies to limit the emission of greenhouse gases. Since environmental policies can have counterproductive effects, they must be designed correctly to be effective.
Given that the environment is a public good and greenhouse gas emissions from production have negative consequences, the best way to reduce carbon emissions is to internalize these consequences using appropriate environmental policies in a way that achieves both the goals of economic growth and welfare and preventing environmental degradation, simultaneously and optimally. This study examines the effects of exogenous impulses (total factor productivity and energy prices) on Iran's business cycle under different environmental policies (carbon tax, emissions cap, and emission intensity target) from 1978 to 2017. The real business cycle approach is usually used when the purpose of the research is not to examine monetary and fiscal policies and price trends but rather when the researcher seeks to examine specific conditions in the economic environment. For example, this method is common in energy and environmental economics.
In this paper, based on Finn (1991), Kim and Longani (1992), and Fischer and Springborn (2011), in addition to the impulse of productivity of the total production factors, another uncertainty under the title of energy price impulse was considered. Also, the effects of impulses were spread to the whole economy through the capital utilization rate (which is one of the model's endogenous variables). Norouzi (2011) and Hafezi et al. (2021) indicate that in Iran's economy, not all capital stock was used in production, and the capital utilization rate varies over time. Therefore, this study attempts to answer the questions of the effects of productivity and energy price impulses on Iran's business cycle under different environmental policies, including basic policy, carbon tax, carbon emission ceiling, and emission intensity target.

Methodology

The present study used the Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) model based on real business cycles. The source of fluctuations in the economy is the momentum of the total productivity of production factors and energy prices. Also, the capital is not fully used in the production process. The equilibrium was obtained by solving the optimization equations of economic agents. However, by the occurrence of random impulses, the study variables deviated from the steady state and, over time, with the disappearance of the effect of the impulses, were returned to the initial equilibrium

Results and discussion

The simulation results in Dynare - MATLAB shows that due to the positive impulse of productivity, the baseline policy, carbon tax, and emission intensity target have similar effects on the level and volatility of economic variables, including consumption, production, and investment. While the emissions cap policy significantly limits the changes in the level of variables and their volatility by increasing the carbon price. These results are consistent with the results of previous studies. By the positive impulse of energy prices, the emissions cap policy and the emission intensity target policy show the best performance regarding the level and fluctuation of economic variables and pollution emissions.
In fact, with the occurrence of a positive impulse in total factor productivity on the supply side of the economy, production and demand for factors of production (i.e., labor, intensity of capital stock utilization, and amount of energy consumption) and depreciation rate increase. As a result, payments to factors of production will also increase. On the demand side of the economy, income, consumption, and investment will also increase. Meanwhile, implementing a carbon tax policy only increases the cost of production and leads to a decrease in production, consumption, and investment compared to the baseline. Conducting an emission intensity target policy also has a similar result to a carbon tax because, at the same time, as energy consumption increases, production also increases. As a result, the demand for emission permits does not change much. But, with the imposition of an emissions cap, the price of carbon rises due to the increased demand for emission permits, leaving energy consumption and other economic variables unchanged.
In addition, with the occurrence of a positive energy price shock, the implementation of the emissions cap policy and the emission intensity target (due to the reduction of carbon price resulting from the reduction of demand for emission permits) limits the fluctuations of economic variables. Therefore, the type of policy instrument used can be challenging for policymakers. For example, using an instrument such as a carbon tax in the event of a positive energy price impulse can have significant counterproductive effects in the long run, in addition to reducing pollution emissions. In contrast, an emissions cap policy is a tool that acts as a buffer against energy price impulse,

thereby enabling the achievement of the emissions target set by the regulator while limiting the negative impact on the economic variables. In effect, creating a market for pollution permits (emissions cap policy) or an intensity target for emissions (emission limit per unit of production) causes the price of pollution to be adjusted in line with the price of energy. In other words, if the number of emission permits is well-determined, the price emerging in the pollution permit market can compensate for changes in energy prices and send an appropriate price signal to firms that take into account both the final energy price and the final cost of pollution.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نظریه‌های کاربردی اقتصاد

مقایسه اثرات تکانه‌های برون‌زا بر چرخه تجاری ایران تحت سیاست‌های زیست‌محیطی[1]

مهتاب مهرجو ایرانی[1]، محمدعلی فلاحی[2]، نرگس صالح نیا

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: mehr.ir.mahtab@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: falahi@um.ac.ir
۳. دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: n.salehnia@um.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۳۰
تاریخ پذیرش :۱۴۰۳/۰۹/۰۶

JEL: C61 ،E32 ،Q54.

واژه‌های کلیدی:
سیاستهای زیست محیطی،
تکانه بهره وری،
تکانه قیمت انرژی،
مدل DSGE

چکیده

حفاظت محیط زیست به عنوان یکی از اهداف توسعه هزاره نیازمند مداخله سیاستگذاران و اجرای سیاست های زیست محیطی به منظور محدود کردن انتشار گازهای گلخانه ای است. در این پژوهش، پیامدهای اجرای سیاست های زیست محیطی بر متغیرهای اقتصادی (از جمله مصرف، تولید و سرمایه گذاری) در اقتصاد ایران برای دوره زمانی ۱۳۵۷-۱۳۹۶ مورد بررسی قرار می گیرد. برای این منظور از روش تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE) جهت تجزیه و تحلیل یک مدل اقتصاد بسته و با رویکرد ادوار تجاری حقیقی استفاده می شود. منبع نوسانات در اقتصاد، تکانه بهره وری کل عوامل تولید و تکانه قیمت انرژی است. همچنین سرمایه به طور کامل در فرایند تولید استفاده نمی شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهد: ۱. در تکانه مثبت بهره وری، سیاست سقف انتشار بهترین عملکرد را از لحاظ کاهش نوسانات متغیرهای اقتصادی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای دارد. ۲. در تکانه مثبت قیمت انرژی، سیاست سقف انتشار و هدف شدت انتشار، بهترین عملکرد را از لحاظ سطح و نوسان متغیرهای اقتصادی و انتشار آلودگی نشان می دهد.

استناد: مهرجو ایرانی، مهتاب، فلاحی، محمدعلی، صلاح منش و صالح‌نیا، نرگس (۱۴۰۴). مقایسه اثرات آستانه‌ای تکانه‌های برونزا بر چرخه تجاری ایران تحت سیاست‌های زیست‌محیطی. *نظریه های کاربردی اقتصاد*، ۱(۱۲)، ۷۰-۴۹.

DOI: 10.22034/ecoj.2025.62752.3334.

ناشر: دانشگاه تبریز

حق‌مؤلف © نویسندگان.

[1] این مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول در دانشگاه فردوسی مشهد است.

۱- مقدمه

از زمان انقلاب صنعتی، فعالیت‌های انسانی با بکارگیری سوخت‌های فسیلی، پیامدهای منفی از جمله افزایش غلظت دی اکسید کربن در جو و دمای کره زمین را به همراه داشته است. در حال حاضر، پیامدهای این افزایش دما از جمله جنگل‌سوزی‌ها، خشکسالی‌ها، سیل‌ها و طوفان‌ها، در بسیاری از نقاط جهان احساس می‌شود. از این‌رو یافتن راهکاری جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (به‌ویژه CO_2)، یکی از چالش‌های اصلی تحقیقات اخیر به شمار می‌رود (فرناندز و همکاران[1]،۲۰۲۴). به عبارت دیگر دسترسی گسترده به منابع انرژی کربن محور مانند نفت، گاز و زغال سنگ با هزینه‌های بهره‌برداری نسبتاً پایین به این معنی است که بدون اقدامات سیاستی، احتمال ادامه انتشار CO_2 و پیامدهای منفی آن بر رفاه افزایش می‌یابد. به علاوه انتظار می‌رود فراوانی و شدت این پیامدها با افزایش دمای کره زمین، بیشتر شود (مسون و همکاران[2]، ۲۰۲۱، روسو و دومایسن[3]، ۲۰۲۳).

از این رو در سال۱۹۷۲ در کنفرانس سازمان ملل متحد با محوریت محیط زیست، گرمایش جهانی به طور رسمی و بین‌المللی به عنوان یک موضوع جهانی شناخته شد. پس از تصویب پروتکل کیوتو (دسامبر۱۹۹۷)، هدف "محدود کردن افزایش دمای جهانی به ۲ درجه سانتیگراد نسبت به قبل از صنعتی‌شدن" مطرح شد (اجلاس کپنهاگ،۲۰۰۹). در سال ۲۰۱۵، ۱۷۵ کشور توافقنامه پاریس را امضاء کردند (وایزمن[4]، ۲۰۱۶). دولت ایران به عنوان یکی از اعضاء این برنامه، اعلام کرد ضمن مشارکت ملی تمایل دارد تا سال ۲۰۳۰، انتشار گاز گلخانه‌ای را به میزان قابل توجهی کاهش دهد (میراسکندری، ۱۳۹۹).

با این‌حال مسأله آلودگی محیط زیست هنوز در دنیا حل نشده و اعمال یک سیاست مؤثر آسان نیست (کلمبیر و ریبرا[5]، ۲۰۱۵). از آنجا که سیاست‌های زیست‌محیطی می‌توانند آثار معکوس هم به دنبال داشته باشند، ضروریست برای کارا بودن به درستی طراحی شوند (سین[6]، ۲۰۰۸، ۲۰۱۲). با توجه به اینکه محیط زیست یک کالای عمومی است و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید، پیامدهای منفی بر محیط زیست به همراه دارد (یویی تو[7]، ۲۰۱۶) به نظر می‌رسد بهترین راه کاهش انتشار کربن، درونی‌سازی این پیامدها با استفاده از سیاست‌های زیست‌محیطی مناسب است (اشترن[8]، ۲۰۰۷)؛ به گونه‌ای که هر دو هدف دستیابی به رشد و رفاه اقتصادی و جلوگیری از تخریب محیط زیست را به طور همزمان و بهینه محقق سازد. در این پژوهش ابزارهای زیست‌محیطی به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند: ۱. ابزار قیمتی (مالیات کربنی (Emissions tax)): این ابزار نظیر مالیات پیگویی، قیمت یا هزینه انتشار کربن را متأثر می‌سازد. ۲. ابزارهای مقداری مستقیماً بر مقدار انتشار کربن تأثیرگذار است؛ مانند هدف شدت انتشار کربن (Intensity target): سقف انتشار کربن به ازاء هر واحد تولید یا سقف انتشار کربن (Emissions cap): مجوز یا محدودیت برای کل انتشار کربن. هدف این تحقیق ارزیابی عملکرد سیاست‌های زیست‌محیطی در چارچوب ادوار تجاری حقیقی است. به همین منظور سعی شده است به این سؤال پاسخ داده شود که اثر تکانه بهره‌وری کل عوامل تولید و تکانه قیمت انرژی (به عنوان عوامل چرخه تجاری)، بر تولید، مصرف و سرمایه‌گذاری، تحت سیاست‌های زیست‌محیطی مختلف، چگونه است؟ روش تحقیق، مدل تعادل عمومی پویای

[1] Fernandez et al.
[2] Masson et al.
[3] Russo & Domeisen
[4] Waisman
[5] Colombier & Ribera
[6] Sinn
[7] Uitto
[8] Stern

تصادفی[1](DSGE) با رویکرد ادوار تجاری حقیقی است که در این روش از معیار بهینه‌یابی رفتار عاملان اقتصادی، جهت ارزیابی آثار سیاست‌ها بر متغیرهای اقتصادی استفاده می‌شود (آهنگری و همکاران، ۱۳۹۵).

نوآوری تحقیق این است که برای اولین بار، عملکرد سیاست‌های زیست‌محیطی در مدل EDSGE-RBC در اقتصاد ایران، با در نظر گرفتن دو عامل مهم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد: ۱. تکانه قیمت انرژی علاوه بر تکانه TFP است. ۲. نرخ به کارگیری سرمایه ثابت نیست و یک متغیر درون‌زاست. زیرا سرمایه بدون انرژی غیرقابل استفاده است و رابطه مکمل بین این دو نهاده وجود دارد. سرمایه همیشه به طور کامل در فرایند تولید استفاده نمی‌شود.

در بخش بعد، ادبیات موضوع شامل مبانی نظری و مطالعات تجربی صورت گرفته در این زمینه، ارائه می‌گردد. سپس در بخش طراحی مدل، به معرفی خصوصیات مدل و چارچوب روش شناسی پرداخته می‌شود. در نهایت تحلیل‌های تجربی و نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

۲-ادبیات موضوع

امروزه مبارزه با گرمایش جهانی (به عنوان یکی از پیامدهای اصلی آلودگی محیط زیست) از اولویت‌های جامعه بین الملل است. با این حال، توجه به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و رابطه آن با رشد اقتصادی، مدت‌ها است در محافل علمی مورد توجه بوده است. نظریه اقتصاد محیط زیست طیفی از مفاهیم را در بر می‌گیرد و به بررسی تعامل بین فعالیت‌های اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی می‌پردازد. این نظریه بر اهمیت پیامدهای خارجی (Externalities)، شکست‌های بازار (Market Failures)، ارزش کل اقتصادی (Total Economic Value) و توسعه پایدار (Sustainable Development) تأکید دارد و چارچوبی را برای تجزیه و تحلیل چگونگی تأثیرگذاری تصمیمات اقتصادی بر محیط زیست و تأثیر سیاست‌های زیست محیطی بر تصمیمات اقتصادی ارائه می دهد. در این نظریه، توسعه سیاست‌هایی پیشنهاد می شود که حفاظت از محیط زیست را همزمان با رشد اقتصادی در نظر می‌گیرند. این مبانی نظری را می توان در ۴ دسته، طبقه‌بندی کرد:

۱. نظریه پیامدهای خارجی: اقتصاد محیط زیست، بر هزینه‌ها یا پیامدهای خارجی آلودگی تأکید دارد به این معنی که آلوده‌کننده باید کل هزینه یا خسارت حاصل از فعالیت آلایندگی خود را که بر جامعه تحمیل می کند، بپردازد (فا و ما[2]، ۲۰۲۴).

۲. نظریه شکست های بازار: این نظریه موقعیت‌هایی را شناسایی می کند که در آن بازارها در تخصیص کارامد منابع شکست می‌خورند و نیاز به مداخله سیاستگذار برای اصلاح این شکست‌ها وجود دارد .۳. نظریه ارزش کل اقتصادی: این مفهوم شامل ارزش‌های بازاری و غیر بازاری خدمات اکوسیستمی است که به ارزش‌گذاری منابع زیست‌محیطی کمک می‌کند. ۴. نظریه توسعه پایدار و مدیریت منابع: این نظریه بر نیاز به هماهنگی بین استفاده از منابع و حفاظت از محیط زیست جهت اطمینان از پایداری منابع در بلندمدت تأکید دارد. در همین راستا اجرای سیاست‌های مؤثر جهت مدیریت منابع و حفاظت از محیط زیست (به ویژه برای ایجاد تعادل در رشد اقتصادی با پایداری زیست محیطی) ضروری است (شی[3]، ۲۰۲۴). ۵. نظریه کوز: برخلاف نظریه تخصیص نئوکلاسیک که بر کارایی بازار در تخصیص منابع تأکید دارد، این نظریه بر نقش حقوق مالکیت در مدیریت منابع زیست‌محیطی متمرکز می‌شود (شیائو[4]، ۲۰۰۸).

[1] Dynamic Stochastic General Equilibrium
[2] Fa & Ma
[3] Shi
[4] Shiao

از این‌رو اقدامات سیاستی نظیر قیمت‌گذاری بهینه و ایجاد بازار برای آلودگی نقش مهمی در برقراری توازن بین کیفیت محیط زیست و اقتصاد ایفاء می‌کنند که این توازن اغلب براساس بهینه‌یابی تعریف می‌شود (آنیکیاریکو[1] و همکاران، ۲۰۲۱، هان[2]، ۱۹۸۹؛ فرکید[3] و همکاران، ۲۰۱۵). از آنجا که پیامد هر سیاست زیست‌محیطی بر اقتصاد متفاوت از سیاست دیگر است (دودا[4]، ۲۰۱۴)، بررسی اثرات بالقوه سیاست‌های زیست‌محیطی بر اقتصاد در چارچوب ادوار تجاری صورت می‌گیرد. به طور کلی با وارد کردن جنبه های زیست محیطی در مدل تعادل عمومی پویای تصادفی، می‌توان سیاست زیست‌محیطی بهینه را تعیین کرد(خان[5]، ۲۰۱۹) و مدلRBC ارائه شده در مقاله کیدلند و پرسکات[6] (۱۹۸۸)، پایه‌ای برای توسعه مدل‌های DSGE بوده است.

فیشر و اسپرینگبورن[7](۲۰۱۱)، هیوتل[8](۲۰۱۲)، آنجلوپولوس و همکاران[9](۲۰۱۰ ، ۲۰۱۳) اولین مطالعاتی هستند که عملکرد سیاست‌های زیست‌محیطی را در مدل EDSGE ارزیابی می‌کنند. در این مدل‌ها، خانوار به دنبال حداکثرسازی تابع مطلوبیت انتظاری و بنگاه به دنبال حداکثرسازی سود است و عوامل اقتصادی عقلایی، با توجه به انعطاف‌پذیری کامل قیمت‌ها، نسبت به تکانه‌های تصادفی (به ویژه بهره‌وری) واکنش نشان می‌دهند. با این‌حال کیم و لونگانی[10] (۱۹۹۲) و روتمبرگ و وودفورد[11](۱۹۹۶) بر این باورند که چرخه تجاری را نمی‌توان صرفاً با تکانه بهره‌وری توضیح داد و باید نقش تکانه قیمت انرژی در اقتصاد را نیز در نظر گرفت. مک کالم[12](۱۹۸۹) ، منکیو[13] (۱۹۸۹) و سامرز[14] (۱۹۸۶) ، در مورد تکانه قیمت انرژی در مدلRBC استدلال می‌کنند که این تکانه، یک اختلال طرف عرضه است و تأثیر زیادی بر عملکرد طیف وسیعی از صنایع دارد. این در حالی است که در مدل‌های کیدلند و پرسکات، پسماندهای سولو به عنوان معیاری از تغییرات تکنولوژی در نظرگرفته شده و تمام تغییرات به جز نیروی کار و سرمایه در قالب تغییرات TFP منعکس می‌شود. از این‌رو یکپارچه‌کردن این آثار، نادیده گرفتن یک تمایز مهم (بین اثر انواع تکانه‌ها بر تولید) است و موجب می‌شود اثر تغییرات TFP بر ادوار تجاری بیش از حد ارزیابی شود. همچنین در این تحقیق مشابه با مطالعات فین[15] (۱۹۹۱،۲۰۰۰)، تکانه TFP و تکانه قیمت انرژی از طریق ایجاد نوسانات درون‌زا در نرخ کاربری سرمایه، به اقتصاد منتقل می‌شود و چرخه تجاری را متأثر می‌سازد. از این‌رو تولید تابعی از عرضه نیروی کار و موجودی سرمایه به کارگرفته شده در فرایند تولید و نه کل موجودی سرمایه است. پس نرخ استهلاک سرمایه ثابت نیست و تابع فزاینده از نرخ کاربری سرمایه است.

تحقیقات خارجی در حوزه ارزیابی سیاست‌های زیست محیطی با الگوی EDSGE RBC در ۳ دسته قرار می‌گیرد: ۱. مطالعاتی که عملکرد این سیاست‌ها را در الگوی بازارهای رقابت کامل و قیمت‌های انعطاف‌پذیر بررسی می‌کنند و در این مدل‌ها تکانه‌های عرضه منبع اصلی نوسانات اقتصادی هستند (آنجلوپولوس و همکاران (۲۰۱۰)، فیشر و اسپرینگبورن (۲۰۱۱)، هیوتل (۲۰۱۲)، دیسو

[1] Annicchiarico
[2] Hahn
[3] Fourcade
[4] Doda
[5] Khan
[6] Kydland & Prescott
[7] Fischer & Springborn
[8] Heutel
[9] Angelopoulos
[10] Kim, I.-M. & Loungani
[11] Rotemberg & Woodford
[12] McCallum
[13] Mankiw
[14] Summers
[15] Finn

و کارنیزوا[1] (۲۰۱۶) و خان و همکاران (۲۰۱۹)). ۲. مطالعاتی که عملکرد این سیاست‌ها را در چارچوب مدل‌های کینزی جدید مورد ارزیابی قرار می‌دهند (آنیکاریکو و دی‌دیو (۲۰۱۵ و ۲۰۱۷)، ساهوک[2] و همکاران(۲۰۲۳)، ناکوف و توماس[3](۲۰۲۳)) ۳. مطالعاتی که عملکرد سیاست‌های زیست‌محیطی را در شرایط اقتصاد باز و برخی دیگر در شرایط وجود نواقص بازار اعتبار مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند (جیمز[4](۲۰۲۰)، پانزی و چان[5] (۲۰۲۳)، آنیکاریکو و دایلوئیزو[6](۲۰۱۹)، اکونومیدیز و زیپاپادز[7](۲۰۱۹)، هولدی و همکاران[8] (۲۰۱۹)، ون دن بیگارت و اسمالدرز[9] (۲۰۱۸)، دایلوئیزو و همکاران (۲۰۲۰)، کارتینی و همکاران[10] (۲۰۲۱)). موضوع این مقاله بیشتر در راستای مطالعات دسته ۱ قرار دارد.

آنجلوپلوس و همکاران (۲۰۱۰)، اقتصاد امریکا را برای دوره ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵ با در نظرگرفتن تکانه برون‌زا (TFP و تکنولوژی کاهش آلودگی) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد: ۱. سیاست سقف انتشار بدترین عملکرد را دارد (نوسانات متغیرهای اقتصادی، افزایش و رفاه کاهش می‌یابد). ۲. وقتی نوسانات ناشی از تکانه بهره‌وری باشد، وضع مالیات بهترین ابزار است، اما وقتی نوسانات ناشی از تکانه فناوری زیست‌محیطی باشد، وضع سیاست هدف شدت انتشار مناسب‌تر است.

فیشر و اسپرینگبورن (۲۰۱۱) عملکرد انواع سیاست‌های زیست‌محیطی را با توجه به تکانه بهره‌وری برای اقتصاد امریکا طی دوره ۱۹۴۸ تا ۲۰۰۱، با هم مقایسه کردند. در این مطالعه، انرژی به عنوان نهاده تولید آلاینده در نظر گرفته شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد: ۱. تحت سیاست هدف شدت، پایین‌ترین سطح هزینه رفاهی و بالاترین سطح مورد انتظار برای متغیرهای نیروی کار، سرمایه و تولید اتفاق می‌افتد؛ ۲. تحت سیاست سقف انتشار، برخلاف مالیات کربنی، پایین‌ترین سطح نوسانات متغیرهای اقتصادی بدست می‌آید.

با این حال در مطالعه هیوتل (۲۰۱۲) که برای اقتصاد امریکا طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۸ انجام شده است، ایده اصلی این است که هیچ سیاستی طی ادوار تجاری ایستا نیست و استدلال می‌کند سیاستی که طی ادوار تجاری ایستا است، نمی‌تواند یک سیاست بهینه اول باشد. او نتیجه می‌گیرد که نرخ مالیات و مجوز انتشار، رفتار موافق دوره‌ای دارند.

دیسو و کارنیزوا (۲۰۱۶) به ارزیابی سیاست‌های زیست‌محیطی در اقتصاد چندبخشی (اقتصاد امریکا برای دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۰) پرداختند. در این تحقیق اقتصاد به ۶ بخش: ۳ بخش انرژی، ۱ بخش تولید خدمات و ۲ بخش تولید کالاهای انرژی‌بر و کالاهای غیر انرژی‌بر تقسیم می‌شود و از ۳ کانال به تکانه واکنش نشان می‌دهد: (۱) تغییر کاربری از سوخت فسیلی به انرژی پاک (۲) کاهش استفاده از انرژی در تولید (۳) جایگزینی نهاده‌های انرژی با سایر نهاده‌های تولید. یافته‌ها بیانگر این مطلب است که: ۱. تأثیر سیاست‌ها بر اقتصاد در مدل چندبخشی، کمتر از مدل یک بخشی است. ۲. با وقوع تکانه TFP در بخش انرژی، سقف انتشار، نوسانات اقتصاد را کاهش می‌دهد اما مالیات کربنی، هزینه رفاهی کمتری به همراه دارد.

مطالعات داخلی کمی، سیاست‌های زیست‌محیطی را در چارچوب مدل EDSGE RBC بررسی کرده‌اند (وهاب زاده و همکاران، ۱۴۰۱). در برخی مطالعات نیز تکانه قیمت انرژی در مدل‌های DSGE RBC و بدون در نظرگرفتن محیط زیست تبیین شده است

[1] Dissou & Karnizova
[2] Sahuc
[3] Nakov & Thomas
[4] Jaimes
[5] Punzi & Chan
[6] Diluiso
[7] Economides & Xepapadeas
[8] Holladay
[9] Van den Bijgaart & Smulders
[10] Carattini

نتایج نشان می‌دهد تکانه مثبت قیمت انرژی آثار رکودی به همراه دارد و حسیاست سرمایه‌گذاری نسبت به تکانه قیمت انرژی قابل توجه است (رجایی و ابونوری(۱۳۹۱) ، ابونوری و همکاران (۱۳۹۲) ، فرازمند و همکاران (۱۳۹۵) و محمدی‌پور و همکاران(۱۳۹۹)). صمدی و همکاران (۱۳۹۸) به تعیین سیاست زیست‌محیطی بهینه با توجه به کیفیت نهادی در اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۸۲تا ۱۳۹۶ پرداختند. تغییر در فناوری تولید به عنوان نااطمینانی اقتصادی و تغییر در فناوری کاهش آلودگی، به عنوان نااطمینانی زیست‌محیطی در نظر گرفته شده است. در مطالعه مزبور، کارایی نسبی سیاست‌ها به کیفیت نهادی بستگی دارد. نتایج نشان می‌دهد: ۱. با بهبود کیفیت نهادی، سیاست سقف انتشار نسبت به مالیات کربنی برتری دارد. ۲. اگر نا اطمینانی زیست‌محیطی بر نااطمینانی اقتصادی غالب شود و درجات پایین کیفیت نهادی برقرار باشد، سیاست مالیات کربن، بهینه است. ۳. اگر نااطمینانی اقتصادی غالب باشد، سیاست مجوز انتشار، بهینه است.

در مطالعه فدایی و آذری (۱۳۹۹)، مدل سازی به گونه‌ای است که دو کشور تولیدکننده کالای همگن که تولید آنها با آلودگی همراه است، در یک رقابت کورنو به بازار کشور سوم صادر می‌کنند. تعادل بازی نشان می‌دهد: ۱. سیاست‌های مالیات کربنی و مجوز انتشار، آلودگی را کاهش و رفاه را افزایش می‌دهد. ۲. سیاست مالیات کربنی نسبت به مجوز انتشار، اثرات رفاهی و زیست‌محیطی کمتری به همراه دارد. ۳. با افزایش عدم تقارن انتشار آلودگی، وضع مجوز انتشار آلودگی نسبت به سیاست مالیات بر انتشار برتری می‌یابد.

میراسنکدری (۱۳۹۹) با درنظرگرفتن اقتصاد بسته دو بخشی، برای اقتصاد ایران در دوره ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ نقش قواعد زیست‌محیطی را در چارچوب RBC مورد بررس

ی قرار داده و دریافته است: ۱. با درنظرگرفتن تکانه بهره‌وری، اجرای سیاست مالیات کربنی، بالاترین رفاه جامعه را نشان می‌دهد. ۲. انتخاب سیاست زیست‌محیطی بهینه، بستگی به اهداف ثانویه سیاست‌گذار (توجه به مصرف، سرمایه‌گذاری، اشتغال، تولید و ...) نیز دارد.

۳-طراحی الگوی مدل

هدف تحقیق حاضر، بررسی پیامدهای اقتصادی ناشی از وقوع تکانه بهره‌وری کل عوامل تولید و تکانه قیمت انرژی، تحت سیاست‌های زیست‌محیطی مختلف است. برای این منظور انرژی به عنوان نهاده تولید و منبع نا اطمینانی، تکانه TFP و تکانه قیمت انرژی، به طور برون‌زا در نظر گرفته می‌شود.

۳-۱- مسأله بهینه یابی خانوار

فرض می‌شود خانوارها رفتار مشابهی دارند. از این‌رو تابع مطلوبیت خانوار نماینده با طول عمر نامحدود و ریسک‌گریزی نسبی ثابت (CRRA[1]) به صورت زیر نشان داده شده است:

$$U_t(c_t, l_t) = \frac{\left(c_t^{\varphi}(1-l_t)^{1-\varphi}\right)^{1-\alpha}-1}{1-\alpha} \qquad \alpha > 1\,, \quad \varphi \in [0,1] \qquad (۱)$$

[1] Constant Relative Risk Aversion

در رابطه (۱)، c_t مصرف کالای نهایی و l_t عرضه نیروی کار در دوره t را نشان می‌دهد. φ و α پارامترهای ترجیحات هستند. تعداد کل ساعات نیروی کار در هر دوره به یک نرمال سازی می‌شود. $1 - l_t$ تعداد ساعات فراغت را نشان می‌دهد. در نهایت خانوار تابع مطلوبیت بین دوره‌ای خود را با توجه به قید بودجه زیر حداکثر می کند:

$$c_t + i_t = w_t l_t + r_t k_t u_t + T_t \qquad (۲)$$

در رابطه (۲)، $(c_t + i_t)$ ، نمایانگر مخارج خانوار و سمت راست، بیانگر درآمد خانوار حاصل از عرضه نیروی کار $(w_t l_t)$ ، ارائه خدمات سرمایه به بنگاه $(r_t k_t u_t)$ و دریافت یارانه یکجا از نهاد ناظر، حاصل از اجرای سیاست زیست‌محیطی (T_t) است. u_t نرخ کاربری سرمایه و $k_t u_t$ خدمات حاصل از به‌کارگیری سرمایه است. در این اقتصاد فضای غیرمتمرکز حاکم است و دولت به عنوان نهاد ناظر بر بازار عمل می کند. خانوار در هر دوره، بخشی از درآمد را به سرمایه‌گذاری و بخشی را به مصرف کالای نهایی تخصیص می‌دهد. قانون تحرک سرمایه و نرخ استهلاک در روابط (۳) و (۴) مشاهده می‌شود.

$$i_t = k_{t+1} - \big(1 - \delta(u_t)\big)k_t + \frac{B}{2}\left(\frac{k_{t+1} - k_t}{k_t}\right)^2 \qquad B > 0 \qquad (۳)$$

$$\delta(u_t) = \frac{\omega_0}{\omega_1} u_t^{\omega_1} \qquad \omega_0 > 0\,,\ \omega_1 > 1 \qquad \delta(.) \in]0,1[\qquad (۴)$$

آخرین عبارت در رابطه (۳) هزینه تعدیل سرمایه را نشان می‌دهد. نرخ استهلاک سرمایه یک تابع فزاینده از (u_t) است (فین، ۲۰۰۰): $\frac{\partial \delta(u_t)}{\partial u_t} > 0$ و $\frac{\partial^2 \delta(u_t)}{\partial u_t^2} > 0$. از این‌رو مسأله حداکثرسازی مطلوبیت خانوار و تابع لاگرانژ به صورت زیر است ($T_t = P_{e,t} e_t$):

$$\max U_t(c_t, l_t)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} c_t + i_t = w_t l_t + r_t k_t u_t + T_t \\ i_t = k_{t+1} - (1 - \delta(u_t)k_t + \frac{B}{2}\left(\frac{k_{t+1} - k_t}{k_t}\right)^2 \\ \delta(u_t) = \frac{\omega_0}{\omega_1} u_t^{\omega_1} \end{cases}$$

$$\mathcal{L} = \mathbb{E}\sum_{j=0}^{\infty} \beta^{t+j} \left\{ \frac{\left(c_{t+j}^{\varphi}(1 - l_{t+j})^{1-\varphi}\right)^{1-\alpha} - 1}{1-\alpha} + \lambda_{1,t+j}(w_{t+j} l_{t+j} + r_{t+j} k_{t+j} u_{t+j} + T_{t+j} - c_{t+j} - k_{t+j+1} + \Big(1 - \delta\big(u_{t+j}\big)\Big) k_{t+j} - \frac{B}{2}\left(\frac{k_{t+j+1} - k_{t+j}}{k_{t+j}}\right)^2) \right\}$$

در رابطه فوق، منظور از T_{t+j} ، درآمد حاصل از اجرای سیاست زیست‌محیطی $(p_{e,t} e_t)$ است که هزینه آلودگی ناشی از مصرف انرژی را نیز در بر می‌گیرد. $P_{e,t}$ بیانگر قیمت انرژی پس از اعمال سیاست زیست‌محیطی بر قیمت برون‌زای انرژی $(p_{e,t})$ است.

۳-۲- مسأله بهینه یابی بنگاه

در بخش تولید کالای نهایی، بنگاه از نهاده نیروی کار (l_t) ، سرمایه $(k_t u_t)$ و انرژی (e_t) برای تولید استفاده می کند. عبارت z_t در تابع تولید کاب - داگلاس، فرایند بهره‌وری کل عوامل تولید را نشان می‌دهد:

$$y_t = (z_t l_t)^{\theta} (k_t u_t)^{\gamma} e_t^{1-\theta-\gamma} \qquad (۵)$$

طبق فیشر و اسپرینگبورن (۲۰۱۱) فرض می‌شود هر واحد مصرف انرژی (e_t) منجر به انتشار μ واحد گاز گلخانه‌ای می‌شود. بنابراین زمانی که نهاد ناظر تصمیم به اجرای سیاست زیست‌محیطی می گیرد، بنگاه در مسئله بهینه‌یابی خود با هزینه مضاعفی (هزینه آلودگی)

ناشی از مصرف انرژی ($p_t^c \overline{e_t}$) مواجه است. با فرض این که مقدار $\overline{e_t}$ (کل محدودیت انتشار) توسط نهاد ناظر تعیین شود، مسأله بهینه‌یابی بنگاه به شکل زیر است:

$$\max \quad (z_t l_t)^{\theta}(k_t u_t)^{\gamma} e_t^{1-\theta-\gamma} - w_t l_t - r_t k_t u_t - p_{e,t} e_t - p_t^c \, \overline{e_t} \qquad (۶)$$

در رابطه (۶)، p_t^c قیمت کربن، $p_{e,t}e_t$ هزینه مصرف انرژی و $p_{e,t}$ قیمت انرژی است و قیمت آلودگی را شامل نمی‌شود، اما $P_{e,t}$ قیمت نهایی انرژی با در نظر گرفتن قیمت آلودگی است. مسئله بهینه‌یابی بنگاه را می‌توان به صورت بیان کرد ($P_{e,t} = p_{e,t} + \lambda_{2,t}$):

$$\min \quad w_t l_t + r_t k_t u_t + (p_{e,t} + \lambda_{2,t}) e_t$$
$$s.t. \quad y_t = (z_t l_t)^{\theta}(k_t u_t)^{\gamma} e_t^{1-\theta-\gamma}$$

۳-۳- سیاست زیست محیطی و محدودیت منابع اقتصاد

در این تحقیق ۴ نوع سیاست فرض شده است: ۱. وضعیت پایه (عدم اعمال سیاست)، ۲. سقف انتشار ۳. مالیات کربنی ۴. هدف شدت انتشار. در سیاست سقف انتشار، عبارت q_t^e تعداد مجوزهای عرضه شده در بازار جهت دستیابی به هدف انتشار کربن را نشان می‌دهد:

$$\overline{e_t} \equiv q_t^e \geq \mu e_t \qquad (۷)$$

هدف نهاد ناظر این است که کل انتشار کربن (μe_t) از میزان مجوز انتشار (q_t^e)، فراتر نرود. بنگاه نیز به ازاء انتشار حداقل μe_t گاز گلخانه‌ای باید مجوز دریافت کند و در صورت انتشار کمتر، محدودیت سقف انتشار الزام‌آور نخواهد بود. برای اجرای سیاست مالیات کربنی، قیمت کربن به ازاء هر واحد انتشار، توسط نهاد ناظر تعیین می‌شود (τ_t^c و $p_{e,t}$ برون‌زا است): $p_t^c = p_{e,t}\tau_t^c$. با اجرای سیاست هدف شدت، انتشار به ازاء هر واحد تولید نباید از حد آستانه (A_t) فراتر رود. محدودیت هدف شدت در رابطه (۸) تعریف می‌شود:

$$\overline{e_t} \equiv A_t = \mu \, {e_t}/{y_t} \qquad (۸)$$

قیمت بهینه کربن (p_t^c)، در سیاست مجوز و هدف شدت انتشار، برآمده از بازار است و با فرض ثبات عرضه مجوز، تغییر در تقاضای آن، قیمت آن را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین قید منابع کل اقتصاد بدست می‌آید:

$$y_t = c_t + i_t + P_{e,t} e_t \qquad (۹)$$

۳-۴-تعادل رقابتی با در نظرگرفتن سیاست سقف انتشار

با فرض اجرای سیاست سقف انتشار، معادلات تعیین کننده تعادل، به شرح زیر است:

(۱۰) شرط بهینه‌یابی عرضه نیروی کار $\varphi w_t(1-l_t) = (1-\varphi)c_t$

(۱۱) شرط بهینه‌یابی نرخ به‌کارگیری سرمایه $r_t k_t = \omega_0 u_t^{\omega_1 - 1} k_t$

(۱۲) معادله اولر سرمایه

$$\frac{(c_t^{\varphi}(1-l_t)^{1-\varphi})^{1-\alpha}}{c_t}\left(1 + \frac{B}{k_t}\left(\frac{k_{t+1}-k_t}{k_t}\right)\right)$$
$$= \beta \mathbb{E}_t \frac{(c_{t+1}^{\varphi}(1-l_{t+1})^{1-\varphi})^{1-\alpha}}{c_t}\left(r_{t+1}u_{t+1} + (1-\delta(u_{t+1})) - B\left(\frac{k_{t+2}-k_{t+1}}{k_{t+1}}\right)\frac{k_{t+2}}{(k_{t+1})^2}\right)$$

(۱۳) بهره‌وری نهایی نیروی کار $w_t = \theta \frac{y_t}{l_t}$

(۱۴) بهره‌وری نهایی سرمایه $r_t = \gamma \, {y_t}/{k_t u_t}$

(۱۵) بهره‌وری نهایی انرژی ${y_t}/{e_t} = p_{e,t} + \lambda_2$

در رابطه (۱۵) عبارت λ_2 برابر p_t^c است. با فرض اجرای سیاست مالیات کربنی، این رابطه به صورت $\kappa^{y_t}/_{e_t} = p_{e,t}(1+\tau_e)$ بازنویسی می‌شود. حال با فرض $\tau_e = 0$، تعادل رقابتی بدون اعمال سیاست حاصل می‌شود و در مورد سیاست هدف شدت انتشار نیز رابطه $\kappa^{y_t}/_{e_t} = p_{e,t} + p_t^c \overline{e_t}$ در نظر گرفته می‌شود.

در این مدل‌سازی، ذکر دو نکته اهمیت دارد : ۱. درآمدهای نفتی در تابع تولید وارد نشده است. زیرا در اقتصاد ایران، اولاً، جریان تولید نفت بیشتر وابسته به ذخایر نفتی کشور بوده و چندان با افزایش سرمایه و نیروی کار مرتبط نیست (در اکثر کشورهای نفت خیز تولید نفت براساس حداکثرسازی سود صورت نمی گیرد). ثانیاً، در اکثر مطالعات، درآمدهای نفتی منبع تأمین مالی مخارج دولت بوده یا منجر به نوسانات حجم پول شده است که واکنش دولت و بانک مرکزی را به صورت اجرای سیاست های پولی و مالی به همراه دارد. با توجه به این که در این مقاله نقش دولت، بانک مرکزی، روند تغییر قیمت و سیاست‌های پولی و مالی هدف مطالعه نیست، انرژی صرفاً به عنوان یک نهاده آلاینده و مکمل سرمایه در تابع تولید مطرح می‌شود (همانند مطالعه توکلیان و صارم، ۱۳۹۸). ۲. اگرچه در نظرگرفتن شکست‌های ساختاری در مدل DSGE می‌تواند درک نوسانات چرخه تجاری را بهبود دهد اما اولاً، ممکن است منجر به برازش بیش از حد و پیچیده‌تر شدن تفسیر مدل شود زیرا این شکست‌ها در پارامترها منعکس می‌شود. ثانیاً، لحاظ نمودن این شکست‌ها عمدتاً در الگوهای اقتصادسنجی و به ویژه از نوع الگوهای سری زمانی متعارف است که با توجه به ماهیت داده‌های سری زمانی و نیز ویژگی‌های این مدل‌ها طراحی شده‌اند.

۳-۵-مقدار دهی پارامترها (کالیبراسیون)

از آن جا که معادلات تعادلی بر حسب پارامترها بدست آمده است، برای حل مدل با روش مقداردهی پارامترها، دو راه در نظر گرفته شده است: ۱. استفاده از مقادیر پارامترها در مطالعات پیشین ۲. استفاده از مقدار لحظه‌ای متغیرها در وضعیت ایستا. براین اساس مقادیر پارامترها در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول (۱): مقادیر کالیبراسیون پارامترها و برخی متغیرها

پارامتر	مقدار	دوره زمانی	منبع
نرخ ترجیح زمانی (β)	۰/۹۸		مطالعات اقتصادی مختلف
ضریب ریسک گریزی نسبی (α)	۱/۵		فخر حسینی (۱۳۹۵)
سهم مصرف در تابع مطلوبیت (φ)	۰/۵		فخر حسینی (۱۳۹۵)
سهم نیروی کار از GDP (θ)	۰/۲۲۱	۱۳۵۷-۸۹	اسلاملوئیان (۱۳۹۳)
سهم نهاده آلاینده انرژی از GDP ($1-\theta-\gamma$)	۰/۳۵۳	۱۳۵۷-۸۹	اسلاملوئیان (۱۳۹۳)
سهم نهاده سرمایه از GDP (γ)	۰/۴۲۶	۱۳۵۷-۸۹	اسلاملوئیان(۱۳۹۳) مهرگان(۱۳۹۵) (γ=۰.۴۷)
نرخ به کارگیری سرمایه (u)	۰/۵۰	۱۳۸۱-۹۶	حافظی و همکاران(۱۴۰۰)
نرخ استهلاک سرمایه (δ)	۰/۰۴۲		متوسلی و دیگران (۱۳۸۹)
انتشار کربن به ازاء هر واحد مصرف انرژی (μ)	۱		
پارامتر هزینه تعدیل سرمایه (B)	۱		
متوسط سهم ساعات هفتگی کار(عرضه کار)(l)	۰/۲۶		محاسبات تحقیق
پارامتر تابع اتلاف انرژی(σ)	۰/۲۳	۱۳۷۳-۹۱	کفایی و آقائیان‌وش (۱۳۹۵)

پارامتر ω_0 در تابع نرخ استهلاک سرمایه	۰/۱۷		محاسبات تحقیق
پارامتر ω_1 در تابع نرخ استهلاک سرمایه	۱/۴۷		محاسبات تحقیق
نرخ بهره تعادلی	۰/۱۲۴		محاسبات تحقیق

منبع : یافته‌های تحقیق

برای کالیبراسیون سیاست زیست‌محیطی، فرض می‌شود هدف از اجرای هر سیاست، کاهش ۲۰ درصدی در انتشار کربن نسبت به مقدار آن در وضعیت ایستا است. مقادیر کالیبراسیون مربوط به سیاست‌های زیست‌محیطی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول (۲) : مقادیر مربوط به سیاست‌های زیست محیطی در وضعیت ایستا

بدون سیاست	سقف انتشار کربن	هدف شدت انتشار	مالیات کربنی
q^e = ۰/۱۴۴ ، e=۰/۱۸	q^e = ۰/۱۴۴	A = ۰/۳۲	τ^c = ۰/۱۰۳

منبع : یافته‌های تحقیق

با توجه به مقادیر کالیبره شده پارامترهای مدل و روابط تعادلی ایستا، نسبت‌های متغیرها در وضعیت ایستا تحت سیاست‌های زیست-محیطی مختلف قابل محاسبه است. همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نرخ سرمایه‌گذاری و سهم درآمد مصرفی، تقریباً در انواع سیاست‌های زیست‌محیطی، مشابه و سهم درآمد اختصاص یافته به انرژی (e/y) در سیاست سقف انتشار نسبت به سایر سیاست‌ها کمتر است. سهم انباشت سرمایه (k/y)، در سیاست سقف انتشار در مقایسه با سایر سیاست‌ها بیشتر است.

جدول (۳) : نسبت متغیرها در وضعیت ایستا

نسبت‌ها	c/y	i/y	k/y	e/y
حالت پایه	۰/۳۵۷۲۰۵	۰/۲۸۹۷۹۵	۶/۶۷۳۹۹۴	۰/۳۵۳
سیاست سقف انتشار	۰/۳۵۷۲۰۴	۰/۲۸۹۷۹۶	۶/۶۷۴	۰/۲۷۵۲۵۲
سیاست مالیات کربنی	۰/۳۵۷۲۰۵	۰/۲۸۹۷۹۶	۶/۶۷۳۹۹۴	۰/۳۲۰۰۳۶
سیاست هدف شدت انتشار	۰/۳۵۷۲۰۴	۰/۲۸۹۷۹۶	۶/۶۷۳۹۹۵	۰/۳۲

منبع : یافته‌های تحقیق

همچنین تکانه‌های بهره‌وری و قیمت انرژی از یک فرایند خودبازگشت مانای مرتبه اول AR(1) پیروی می‌کنند (رابطه ۱۶). پارامتر مربوط به هر تکانه در جدول ۴ ارائه شده است:

جدول(۴): کالیبراسیون پارامترهای مربوط به تکانه‌ها

	پارامترها	
ρ_{pe}	ضریب خودهمبستگی تکانه قیمت انرژی	۰/۸
σ_{pe}	انحراف معیار پسماند رگرسیون قیمت انرژی	۰/۰۷
ρ_z	ضریب خودهمبستگی تکانه بهره‌وری کل عوامل تولید غیر نفتی (تکنولوژی)	۰/۶۶
σ_z	انحراف معیار پسماند رگرسیون بهره‌وری کل عوامل تولید غیر نفتی (تکنولوژی)	۰/۰۱۵

منبع : یافته‌های تحقیق

$$\begin{cases} z_t = \rho_z z_{t-1} + \varepsilon_{z,t} \\ \varepsilon_{z,t} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_z^2) \end{cases} \qquad \begin{cases} p_{e,t} = \rho_{pe} p_{e,t-1} + \varepsilon_{pe,t} \\ \varepsilon_{pe,t} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_{pe}^2) \end{cases} \tag{۱۶}$$

۴-تحلیل‌های تجربی

حل و شبیه‌سازی مدل، از طریق نرم افزار داینر- متلب[1] انجام شده است. میانگین و انحراف معیار بلندمدت متغیرها برای هر سیاست در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول (۵) : میانگین و انحراف متغیرها برای هر سیاست زیست محیطی

سیاست‌ها	آماره ها	c	i	y	k	l	e	u
پایه	میانگین	۰/۲۹۱۶	۰/۲۳۶۷	۰/۸۱۶۶	۵/۵۳۷۹	۰/۳۷۳۷	۰/۲۹۳۱	۰/۵۰۶۵
	پراکندگی	۰/۰۳۲۹	۰/۱۴۴	۰/۲۵۰۳	۰/۸۹۹۲	۰/۰۶۲۶	۰/۱۰۲۳	۰/۱۰۹۷
سقف انتشار	میانگین	۰/۱۸۸	۰/۱۵۲۶	۰/۵۲۶۵	۳/۵۲۰۱	۰/۳۸۱۱	۰/۱۴۴	۰/۵۱۲۷
	پراکندگی	۰/۰۰۶۴	۰/۰۳۵	۰/۰۵۹۵	۰/۱۸۳۳	۰/۰۲۲۹	۰	۰/۰۰۴۹
هدف	میانگین	۰/۲۴۶۹	۰/۲۰۰۴	۰/۶۹۱۴	۴/۶۷۰۵	۰/۳۷۵۳	۰/۲۲۱۲	۰/۵۰۷۹
شدت انتشار	پراکندگی	۰/۰۲۳۷	۰/۱۱۱	۰/۱۹۱۴	۰/۶۴۹۵	۰/۰۵۶۷	۰/۰۶۱۲	۰/۰۹۸۷
مالیات	میانگین	۰/۲۴۹۱	۰/۲۰۲۵	۰/۶۹۸۷	۴/۷۳۵۵	۰/۳۷۴۱	۰/۲۲۷۴	۰/۵۰۶۶
کربنی	پراکندگی	۰/۰۲۷۷	۰/۱۲۲۴	۰/۲۱۴	۰/۷۵۵۸	۰/۰۶۲۷	۰/۰۷۹۳	۰/۱۰۹۶

منبع : یافته‌های تحقیق

با توجه به جدول ۵، میانگین متغیرهای اقتصادی از جمله مصرف، سرمایه‌گذاری، تولید، انباشت سرمایه و مصرف انرژی، با اعمال سیاست زیست‌محیطی به ویژه سیاست سقف انتشار، نسبت به وضعیت پایه کاهش می‌یابد. اما این نتیجه در مورد متغیرهایی نظیر نیروی کار و نرخ به کارگیری سرمایه، برعکس است.

همچنین انحراف معیار همه متغیرها در سیاست سقف انتشار، نسبت به سایر سیاست‌ها کمتر است، به ویژه انحراف معیار متغیر مصرف انرژی در سیاست سقف انتشار، صفر بوده و میانگین آن نیز در این حالت نسبت به سایر سیاست‌ها حداقل است.

۴-۱- شبیه سازی مدل با وقوع تکانه مثبت بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP)

برای حل شبیه‌سازی مدل، ابتدا فرض می‌شود که تکانه TFP اتفاق افتاده است. نمودارهای ۱ و ۲ مسیر بهینه واکنش متغیرها را در پاسخ به تکانه مثبت TFP تحت سیاست‌های زیست‌محیطی مختلف نشان می‌دهند.

[1] Dynare - MATLAB

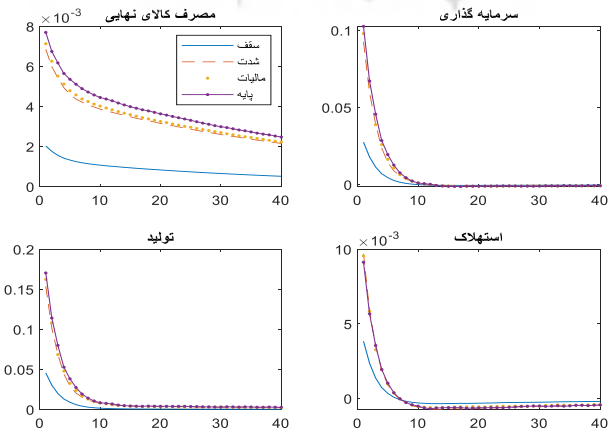
با وقوع تکانه مثبت TFP، عرضه و تقاضای کالای نهایی و در نتیجه تقاضا برای عوامل تولید، صرف‌نظر از نوع سیاست زیست‌محیطی، افزایش می‌یابد. از این‌رو تولیدکننده کالای نهایی، به منظور افزایش تولید، با شدت بیشتری از موجودی سرمایه خود استفاده می‌کند. همین امر موجب می‌شود که موجودی سرمایه با سرعت بیشتری نیز مستهلک شود.

همچنین با افزایش بهره‌وری نهایی عوامل تولید، پرداخت به عوامل تولید به جز انرژی افزایش می‌یابد (به دلیل فرض برون‌زا بودن قیمت انرژی) افزایش می‌یابد. بنابراین در پی افزایش درآمد خانوار، نه تنها تقاضا برای کالای نهایی، بلکه مخارج سرمایه‌گذاری نیز افزایش می‌یابد. از این‌رو هر چقدر سرمایه‌گذاری بیشتر از استهلاک سرمایه باشد، موجودی سرمایه تمایل به افزایش خواهد داشت. با از بین رفتن اثر تکانه بهره‌وری، کاهش تقاضا برای عوامل تولید و کاهش در پرداخت به عوامل تولید در تقاضای خانوار برای کالای نهایی منعکس می‌شود و به تعادل ایستا باز می‌گردد. سرمایه‌گذاری نیز به آرامی کاهش می‌یابد، تا جایی که سهم سرمایه مستهلک شده از موجودی سرمایه بیش از سرمایه‌گذاری می‌شود و در نتیجه موجودی سرمایه نیز به سمت تعادل ایستا کاهش می‌یابد. حال با درنظرگرفتن سیاست‌های زیست‌محیطی در مدل، سطح متغیرهای مدل به ویژه سطح مصرف انرژی در مقایسه با مدل پایه رو به کاهش می‌گذارد. با این حال با وقوع تکانه مثبت TFP ، نوسان متغیرها از وضعیت ایستا، تفاوت چندانی را بین سیاست‌های زیست‌محیطی و سیاست پایه (به جز در مورد سیاست سقف انتشار) نشان نمی‌دهد.

این نتیجه با نتایج مطالعات پیشین سازگار است. به عبارت دیگر، پیامد سیاست مالیات کربنی و هدف شدت انتشار بر چرخه تجاری، مشابه با سیاست پایه است. زیرا در سیاست مالیات کربنی، به ازاء هر واحد انتشار کربن، هزینه ثابتی بر قیمت برون‌زای انرژی اعمال می‌شود و در سیاست هدف شدت انتشار نیز تکانه مثبت TFP، تولید و مصرف انرژی را به گونه‌ای افزایش می‌دهد که حد آستانه (A_t) محقق گردد.

از این‌رو تقاضای بنگاه برای حق آلایندگی و قیمت کربن تغییری نخواهد کرد یعنی شدت انرژی مصرف شده در تولید ثابت باقی می‌ماند. اما از آن جا که تولید در اقتصاد افزایش یافته است، سطح مصرف انرژی و طبیعتاً انتشار GHG افزایش می‌یابد.

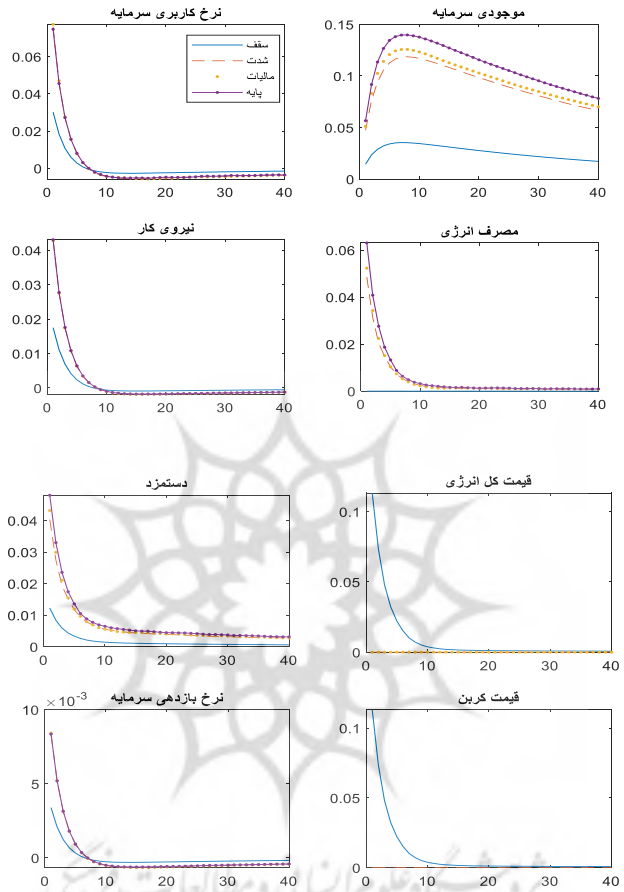
با این‌حال همانطورکه در جدول ۵ نیز مشاهده شد، در سیاست سقف انتشار، انحراف معیار مصرف انرژی تقریباً صفر است . دلیل این امر آن است که در پی تکانه مثبت بهره‌وری، تقاضا برای انرژی و مجوز آلایندگی و در نتیجه قیمت مجوز افزایش می‌یابد (با توجه به ثابت ماندن عرضه مجوز) و اثر انبساطی تکانه بر اقتصاد را خنثی می‌کند.



منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار(۱) : اثرات تکانه مثبت TFP بر چرخه تجاری تحت سیاست های زیست محیطی

منبع: یافته‌های تحقیق



نمودار (۲): اثرات تکانه مثبت TFP بر چرخه تجاری تحت سیاست‌های زیست‌محیطی

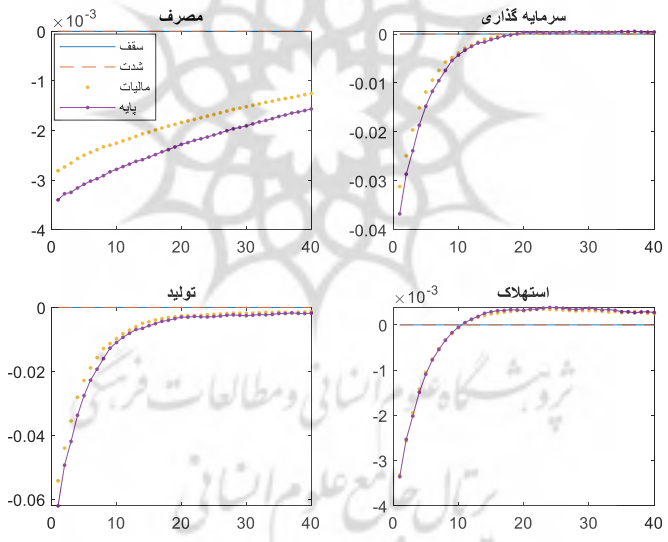
منبع : یافته های تحقیق

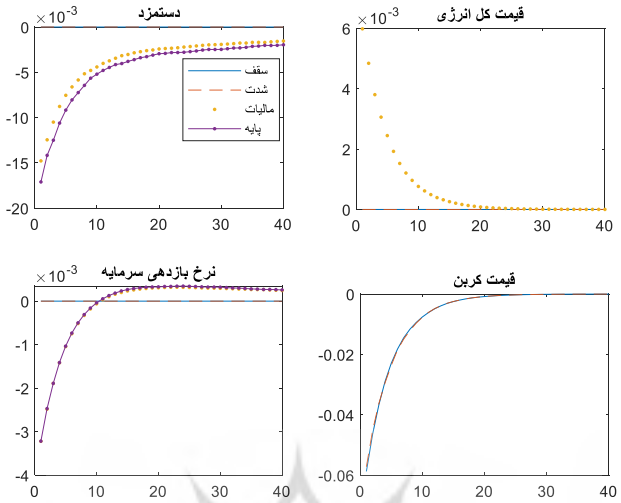
۴-۲-شبیه سازی مدل با وقوع تکانه مثبت قیمت انرژی

در این تحقیق فرض شده است که اقتصاد، پذیرنده قیمت انرژی است. نمودارهای ۳ و ۴ توابع واکنش به ضربه متغیرهای مدل در زمان وقوع تکانه مثبت قیمت انرژی را نشان می‌دهد. به طور کلی صرفنظر از نوع سیاست زیست‌محیطی، تکانه مثبت قیمت انرژی منجر به کاهش تقاضای انرژی می‌شود. با فرض ثبات سایر شرایط، افزایش هزینه تولید در کاهش تقاضای کالای نهایی و در نتیجه کاهش تقاضا برای سایر عوامل تولید (نیروی کار و سرمایه) منعکس می‌شود. بنابراین اقتصاد منقبض شده و پرداخت به عوامل تولید نیز کاهش می‌یابد. از این‌رو موجودی سرمایه با شدت کمتری نسبت به تعادل ایستا به کار می‌رود و با شدت کمتری نیز مستهلک می‌شود. با این حال کاهش سرعت استهلاک سرمایه، کاهش سرمایه‌گذاری را جبران نمی‌کند و موجودی سرمایه کاهش می‌یابد. با از بین رفتن تدریجی اثر تکانه، تقاضا برای عوامل تولید افزایش یافته و مصرف خانوار را که با افزایش درآمد خانوار تأمین مالی می‌شود، افزایش می‌دهد. سرمایه‌گذاری نیز افزایش یافته اما کاهش موجودی سرمایه را جبران نمی‌کند و فقط موجودی سرمایه با

سرعت کمتری کاهش می‌یابد و قبل از افزایش مجدد، با گذشت ۱۰ دوره به حداقل خود می‌رسد. بنابراین بنگاه برای اینکه بتواند سطح تولید نهایی را برآورده سازد، سرمایه را با شدت بیشتری به کار می‌گیرد که منجر به افزایش نرخ استهلاک می‌شود. این موضوع تا جایی ادامه دارد که موجودی سرمایه به سطح اولیه خود باز نگشته است.

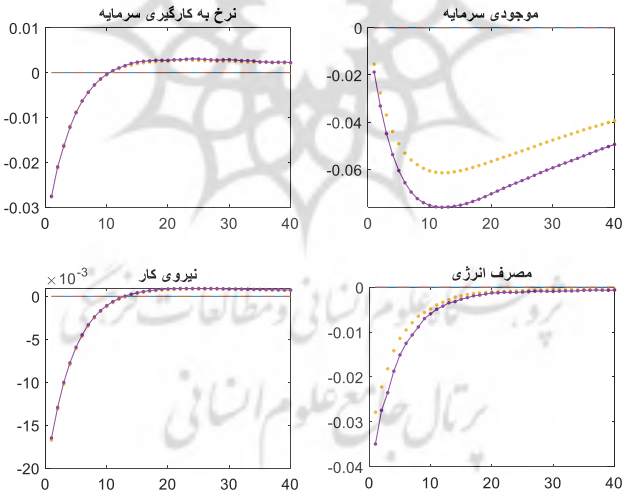
مقایسه عملکرد سیاست‌های زیست‌محیطی نشان می‌دهد که با اجرای مالیات کربنی، واکنش متغیرها نسبت به تکانه، مشابه با سیاست پایه است. مالیات کربنی در قالب هزینه نهایی ثابت بر قیمت انرژی اعمال می‌شود. اما از آن جا که قیمت آلودگی ثابت است، متغیرها به همان شیوه سیاست پایه، واکنش نشان می‌دهند. با این حال در سیاست سقف انتشار، واکنش متغیرها نسبت به تکانه، هیچ انحرافی از مقدار ایستا را نشان نمی‌دهد. زیرا با تکانه مثبت قیمت انرژی، تقاضای مجوز آلایندگی کاهش می‌یابد، تا جایی که کاهش قیمت مجوز افزایش قیمت انرژی را جبران کند و در نتیجه تقاضای انرژی با توجه به ثبات قیمت نهایی انرژی (قیمت برون‌زای انرژی + قیمت آلودگی) ثابت می‌ماند. پس سایر متغیرها نیز تحت تأثیر تکانه قرار نمی‌گیرند. این مکانیسم برای سیاست هدف شدت انتشار نیز تکرار می‌شود.





نمودار (۳): اثرات تکانه مثبت قیمت انرژی بر چرخه تجاری تحت سیاست‌های زیست‌محیطی

منبع: یافته‌های تحقیق



نمودار (۴): اثرات تکانه مثبت قیمت انرژی بر چرخه تجاری تحت سیاست های زیست محیطی

منبع: یافته‌های تحقیق

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق از یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی برای مقایسه اثرات تکانه‌های برون‌زا (قیمت انرژی و TFP) بر چرخه تجاری، تحت سیاست‌های زیست‌محیطی مختلف استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی مدل در نرم افزار داینر- متلب نشان می‌دهد که اقتصاد به طور معنی داری تحت تأثیر تکانه بهره‌وری و تکانه قیمت انرژی قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر نتایج مدل نشان می‌دهد که: ۱. با وقوع تکانه مثبت TFP، سیاست پایه، مالیات کربنی و هدف شدت انتشار اثر مشابهی بر سطح و نوسانات متغیرهای اقتصادی (مصرف، تولید و سرمایه‌گذاری) دارند. در حالی که سیاست سقف انتشار به واسطه افزایش قیمت کربن، تغییرات در سطح متغیرها و نوسانات

آن‌ها را به طور قابل توجهی محدود می‌سازد. این نتایج با نتایج مطالعات پیشین سازگار است.

۲. با وقوع تکانه مثبت قیمت انرژی، واکنش متغیرها در سیاست پایه و سیاست مالیات کربنی مشابه است. همچنین واکنش متغیرها تحت سیاست سقف انتشار و سیاست هدف شدت انتشار تقریباً صفر است. بنابراین نوع ابزار سیاستی به کارگرفته شده می‌تواند چالش‌برانگیز باشد. به عنوان مثال، استفاده از ابزاری مانند مالیات کربنی، در شرایط وقوع تکانه مثبت قیمت انرژی می‌تواند علاوه بر کاهش سطح انتشار آلودگی، اثرات ضد مولد قابل توجهی در بلندمدت به همراه داشته باشد. در مقابل ایجاد یک بازار برای مجوز آلودگی یا یک هدف شدت برای انتشار باعث می‌شود که قیمت آلودگی مطابق با قیمت انرژی تنظیم شود. به عبارت دیگر، اگر تعداد مجوز انتشار به درستی تعیین شده باشد، قیمت پدید آمده در بازار مجوز آلودگی می‌تواند تغییرات قیمت انرژی را جبران و علامت قیمتی مناسبی را به بنگاه‌ها ارسال کند که هم قیمت نهایی انرژی و هم هزینه نهایی آلودگی را در نظر بگیرند. بنابراین اتخاذ سیاست‌های هماهنگ و برجسته کردن نقش مسئولیت اجتماعی بنگاه‌ها در حفظ محیط زیست نیازمند این است که بپذیریم با کمک اقتصاد بازار و ساز و کارهای آن می‌توان منابع آلاینده را وادار کرد هزینه واقعی یا خسارتی را که بر محیط زیست تحمیل می‌کنند بپردازند (نوردهاوس[1]، ۲۰۲۱).

تضاد منافع

نویسندگان نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

فعالیت‌های دارای تکنولوژی بالاتر در جهت رقابت‌پذیری و افزایش سهم کالاهای دارای فراگیری کم‌تر در سبد صادراتی کشور.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1] Nordhous

فهرست منابع

1. Angelopoulos, K., Economides, G., & Philippopoulos, A. (2010). What is the best environmental policy? Taxes, permits and rules under economic and environmental uncertainty. *CESifo Working Paper series 2980, CESifo Group Munich*.

2. Annicchiarico, B., Carattini, S., Fischer, C., & Heutel, G. (2021). Business cycles and environmental policy: Literature review and policy implications, *NBER Working Paper*, No. 29032.

3. 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.

4. Annicchiarico, B., & Di Dio, F. (2017). GHG emissions control and monetary policy. *Environmental and Resource Economics*, 67(4), 23–851.

5. Annicchiarico, B., & Diluiso, F. (2019). International transmission of the business cycle and environmental policy. *Resource and Energy Economics,* 58, 101-112.

6. Bovenberg, L., & Goulder, H. (2002). Environmental taxation and regulation. *Handbook of Public Economics,* 1471-1545.

7. Calvia, M. (2024). Fossi energy use and carbon emissions: An easy-to-implement technical policy experiment. *Green Finance*, 6(3), 407-429.

8. Carattini, S., Heutel, H., & Melkadze, G. (2021). Climate policy, financial frictions, and transition risk. *National Bureau of Economic Research Working Paper*, No. 28525.

9. Diluiso, F., Annicchiarico, B., Kalkuhl, M., & Minx, J.C. (2020). Climate actions and stranded assets: The role of financial regulation and monetary policy. *CESifo WP*, No. 8486.

10. Dissouu, Y., & Karnizova, L. (2016). Emissions cap or emissions tax? A multi-sector business cycle analysis. *Working Paper, University of Ottawa.*

11. Doda, B. (2014). Evidence on business cycles and CO_2 emissions. *Journal of Macroeconomics,* 40 214-227.

12. Economides, G., & Xepapadeas, A. (2019). The effects of climate change on a small open economy. *Bank of Greece Working Paper,* No. 267.

13. Fa, L., & Ma, M. (2024). The enlightenment of the General Average Storage and Waste theory to environmental economics. Springer Nature. 454-461.

14. Fernandez-Villaverde, J., Hurtado, S., & Nuno, G. (2023). *Financial frictions and the wealth distribution, Econometrica*, 91, 869–901.

15. Finn, M.G. (1991). Energy price shocks, capacity utilization and business cycle fluctuations. *Technical Report, Federal Reserve Bank of Minneapolis.*

16. Finn, M.G. (2000). Perfect competition and the effects of energy price increases on economic activity. *Journal of Money, Credit and Banking,* 32(3), 400-416.

17. Fischer, C., & Springborn, M. (2011). Emissions targets and the real business cycle: Intensity targets versus caps or taxes. *Journal of Environmental Economics and Management,* 62(3),352–366.

18. Fourcade, M., Etienne, O., & Yann A. (2015). The superiority of economists. *Journal of Economic Perspectives*, 29(1), 89–114.

19. Gibson, J., & Garth, H. (2020). Pollution and labor market search externalities over the business cycle. *National Bureau of Economic Research. No*, w27445.

20. Hahn, R.W. (1989). Economic prescriptions for environmental problems: How the patient followed the doctor's orders. *Journal of Economic Perspectives*, 3(2), 95–114.

21. Heutel, G. (2012). How should environmental policy respond to business cycles? Optimal policy under persistent productivity shocks. *Review of Economic Dynamics*, 15(2), 244– 264.

22. Jaimes, R. (2020). The dynamic effects of environmental and fiscal policy shocks. *University of Tilburg, mimeo.*

23. Kaya, Y., & Yokobori, K. (1997). Environment, energy, and economy: strategies for sustainability. *United Nations University Press Tokyo.*

24. Khan, H., Metaxoglou, K., Knittel, C. R., & Papineau, M. (2019). Carbon emissions and business cycles. *Journal of Macroeconomics*, 60, 1-19.

25. Kim, I.-M., & Loungani, P. (1992). The role of energy in real business cycle models. *Journal of Monetary Economics*, 29(2),173–189.

26. Kydland, F.E., & Prescott, E. C. (1982). Time to build and aggregate fluctuations. Econometrics: *Journal of the Econometric Society*, 1345–1370.

27. Lintunen, J., & Lauri, V. (2013). On optimal emission control–Taxes, substitution and business cycles. *Bank of Finland Research Discussion Paper*, No. 24.

28. Mankiw, G. (1989). Real business cycles: A new keynesian perspective, *Journal of Economic Perspectives, Summer*, 79-90.

29. Masson-Delmotte, V., et al. (2021). Climate change 2021: The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2, 23-91.

30. McCallum, B. (1989). Real business cycles, In Robert Barro, ed., Modern Business Cycle Theory, *Harvard University Press, Cambridge MA.*

31. Pachauri, R.K., et al. (2014). Climate change 2014: Synthesis Report. *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC.*

32. Pizer, W.A., & Prest, B.C. (2020). Prices versus quantities with policy updating. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 7 (3), 483–518.

33. Punzi, M.T. (2019). Role of bank lending in financing green projects: A dynamic stochastic general equilibrium approach. In Sachs, J., Woo, W. T., Yoshino, N., & Taghizadeh-Hesary, F., ed., Handbook of Green Finance: Energy Security and Sustainable Development, *Sustainable Development. Springer.*

34. Rotemberg, J.J., & Woodford, M. (1996). Imperfect competition and the effects of energy price increases on economic activity. *Technical Report, National Bureau of Economic Research.*

35. Russo, E., & Domeisen, D.I.V. (2023). Increasing intensity of extreme heatwaves: The crucial role of metrics, *Geophysical Research Letters*, 50, e2023GL103540.

36. Sinn, H.-W. (2012). The green paradox: A supply-side approach to global warming. *MIT press.*

37. Stern, N. (2007). The economics of climate change: The Stern Review. *Cambridge University press.*

38. Summers, L. (1986) Some skeptical observations on real business cycle theory. *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review, Papers and Proceedings,* 80, 134-138.

39. Uitto, J.l. (2016). Evaluating the environment as a global public good. *The journal Evaluation. Committee on Publication Ethics (COPE).*

40. van den Bijgaart, Inge, M., & Smulders, S. (2018). Does a recession call for less stringent environmental policy? A partial-equilibrium second-best analysis. *Environmental and Resource Economics,*70(4), 807-834.

41. Weitzman, M.L. (1974). Prices vs. quantities. *Rev.Econ. Stud,* 41, 477–491.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی