New Economy and Trade,
Institute forHumanities and Cultural Studies (IHCS)
Quarterly Journal, Vol. 15, No. 4, Winter 2020, 135-167
Doi: 10.30465/jnet.2020.6518

The role of environmental rules on real business cycles:

Guidelines for environmental policy in Iran

Razie mireskandari*

Abstract

One of the controversial issues among economists is the selection of optimal environmental strategies to control and stabilize the level of greenhouse gas emissions. In this study, considering a two-part closed economy considering the Iranian economy, the effect of productivity shocks on key macroeconomic variables under three policies targeting emission intensity, emission tax and carbon emission ceiling, in the form of a The stochastic dynamic general equilibrium model is investigated. The results of simulation and analysis of the instantaneous reaction functions of the model demonstrate that under all policy scenarios, the transient momentum of productivity causes the variables to react in the direction of the momentum and what makes the difference between the policy scenarios. Slow is the intensity of the effect of productivity momentum on model variables. In emission tax policy, the sensitivity of model variables under the productivity impulse to the baseline scenario in which no policy has been applied Augments, and with the occurrence of the productivity impulse, the deviation of the model variables from equilibrium levels increases. In contrast, in the diffusion ceiling policy, the deviation of the model variables from equilibrium levels is reduced. Regarding the diffusion intensity policy, it can be concluded that the sensitivity of the model variables to the baseline scenario does not change significantly. Therefore, from the perspective of the sensitivity of the economy to the productivity shock, the preferred policy is the emission tax policy.

* MA, Deparment of Agricultural and Environmental Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, raziemirskandari@gmail.com.

Date received: 07/06/2020, Date of acceptance: 29/09/2020

Copyright © 2010, IHCS (Institute for Humanities and Cultural Studies). This is an Open Access article. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/ or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Keywords: Business Cycles, Stochastic Dynamic General Equilibrium Model, Environmental Policies, Productivity Shocks.

JEL Classification: E32,Q5,C5

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

اقتصاد و تجارت نوین، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
فصل‌نامهٔ علمی (مقالهٔ علمی ـ پژوهشی)، سال پانزدهم، شمارهٔ چهارم، زمستان ۱۳۹۹، ۱۳۷ – ۱۶۷

نقش قواعد محیط‌زیستی بر ادوار تجاری حقیقی:
رهنمودهایی برای سیاست‌گذاری محیط‌زیستی در اقتصاد ایران

راضیه میراسکندری*

چکیده

یکی از مباحث مورد مجادله میان اقتصاددانان، انتخاب سیاست‌های زیست‌محیطی بهینه جهت کنترل و تثبیت سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای است. در این پژوهش با در نظر گرفتن یک اقتصاد بسته دو بخشی برای اقتصاد ایران، اثرگذاری تکانه‌های بهره‌وری بر متغیرهای کلیدی کلان اقتصادی تحت سه سیاست هدف‌گذاری بر شدت انتشار، مالیات بر انتشار و تعیین سقف انتشار کربن، در قالب یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی بررسی می‌گردد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی و تحلیل توابع عکس‌العمل آنی مدل نشان می‌دهد که تحت همه سناریوهای سیاستی، تکانه موقت بهره‌وری موجب واکنش متغیرها در جهت تکانه می‌شود و آنچه که میان سناریوهای سیاستی تفاوت ایجاد می‌کند، شدت اثرگذاری تکانه بهره‌وری بر متغیرهای مدل می‌باشد. در سیاست مالیات بر انتشار، حساسیت متغیرهای مدل تحت تکانه بهره‌وری نسبت به سناریو پایه که هیچ سیاستی اعمال نشده‌است، افزایش می‌یابد و با وقوع تکانه بهره‌وری انحراف متغیرهای مدل از سطوح تعادلی افزایش می‌یابد. در نقطه مقابل، در سیاست سقف انتشار میزان انحراف متغیرهای مدل از سطوح تعادلی کاهش می‌یابد. در مورد سیاست شدت انتشار می‌توان نتیجه گرفت که حساسیت متغیرهای مدل نسبت به سناریو پایه به طور محسوسی تغییر نمی‌کند. بنابراین از منظر میزان حساسیت اقتصاد به تکانه بهره‌وری، سیاست مطلوب، سیاست مالیات بر انتشار می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: چرخه‌های تجاری، مدل تعادل عمومی پویای تصادفی، سیاست‌های زیست‌محیطی، تکانه‌های بهره‌وری

---

* کارشناس‌ارشد علوم اقتصادی، دانشگاه علامه طباطبایی، raziemirskandari@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸

Copyright © 2018, IHCS (Institute for Humanities and Cultural Studies). This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International, which permits others to download this work, share it with others and Adapt the material for any purpose

طبقه‌بندی JEL: E32,Q5,C5

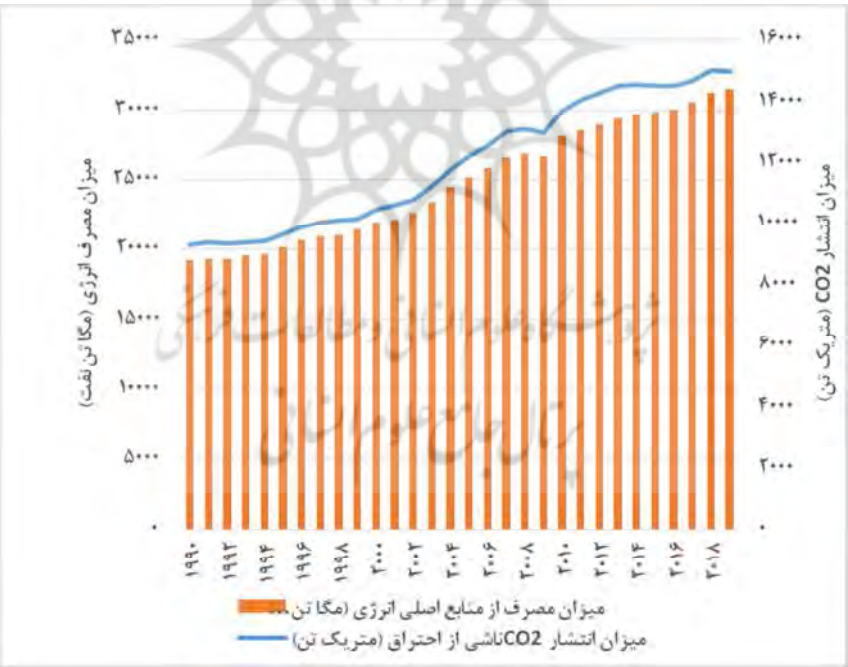
۱. مقدمه

توسعه صنعتی به همراه تخریب محیط‌زیست منجر به افزایش روزافزون گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی شده‌است که در چند دهه اخیر از سوی بسیاری از محافل علمی و همچنین سیاست‌گذاران مورد توجه قرار گرفته‌است. به طوری که از انقلاب صنعتی تا کنون غلظت گازهای گلخانه‌ای جو زمین خصوصاً کربن دی‌اکسید، متان و اکسید نیتروژن به دلایلی همچون استفاده از سوخت‌های فسیلی، جنگل‌زدایی و تغییر کاربری اراضی رشد سه برابری را نشان می‌دهد. از این رو در سال ۱۹۷۷ پیمان کیوتو (Kyoto protocol) پس از مذاکرات فشرده با هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای که عامل تغییرات آب و هوایی هستند، به امضا رسید. بر اساس این پیمان در طول دوره ۱۲-۲۰۰۸ سطح گازهای گلخانه‌ای می‌بایست به دست کم ۵٪ پایین تر از سطح این گازها در سال ۱۹۹۰ می‌رسید. توافق‌نامه پاریس نیز با فرض نقش گازهای گلخانه‌ای در گرمایش جهانی، در بیست و یکمین کنفرانس چارچوب اعضای سازمان ملل متحد در زمینه تغییرات آب و هوا در ۱۲ دسامبر ۲۰۱۵ تصویب و مورد توافق ۱۹۷ کشور جهان قرار گرفت. به موجب این توافق‌نامه کشورهای مختلف با انجام اقدامات لازم برای کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی، افزایش دمای کره زمین را تا ۱/۵درجه سلسیوس بیشتر از سطوح پیش از انقلاب صنعتی محدود نمایند. دولت ایران نیز به عنوان یکی از کشورهای عضو در برنامه مدنظر، مشارکت ملی خود اعلام کرده‌است که تمایل دارد برای رسیدن به اهداف موافقت‌نامه پاریس، انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را در سال ۲۰۳۰ به میزان ٤ درصد نسبت به سناریوی پایه کاهش دهد. همچنین در صورت رفع تحریم‌ها، کاهش انتشار را تا ۱۲ درصد افزایش خواهد داد.

نقش بخش‌های مختلف اقتصادی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و اثرگذاری آن در تغییرات اقلیم، در سطح جهانی و همچنین در سطح کشورهای مختلف، متفاوت است. بر اساس گزارش هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم در سال ۲۰۱٤ بخش‌های برق و گرمایش (۲۵ درصد)، تغییرات کاربری زمین، جنگل و کشاورزی(۲٤درصد)، حمل و نقل(۱٤درصد)، صنعت (۲۱درصد) و ساختمان (٦ درصد) به عنوان مهمترین منابع انتشار گازهای گلخانه ای در جهان به‌شمار می آیند.

با توجه به تفکیک بخش‌های مختلف اقتصادی در انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌توان اینگونه بیان کرد که اولاً اکثر کشورهایی که بیش‌ترین سهم را در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند، کشورهایی با صنایع عظیم، ظرفیت تولید و جمعیت بالا هستند. ثانیاً میزان استفاده از سوخت‌های فسیلی نسبت به سایر انرژی‌های تجدیدپذیر در تشدید انتشار نقش بسزایی دارد و لذا کشورهایی همچون ایران که دارای منابع انرژی تجدیدناپذیر و سوخت‌های فسیلی می‌باشند، عامل مهمی در انتشار گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌گردند.

ویژگی منابع محوری بودن اقتصاد ایران و ساختار تولید مبتنی بر مصرف انرژی موجب شده است که میزان مصرف انواع انرژی‌های فسیلی و غیر فسیلی در سطح بالایی قرارگرفته و روند رو به رشدی داشته باشد. از سوی دیگر، ارتباط تنگاتنگ بین مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، بویژه CO2 گویای آنست که آثار زیانبار مصرف انرژی، بویژه انرژی‌های فسیلی در صورت عدم توجه به این بخش، بالا خواهد بود. آمار و اطلاعات موجود نشان می‌دهد که سرانه انتشار CO2 در ایران از ۳/٦ تن در ۱۹۹۰ به ٦/۹ تن در ۲۰۰۸ افزایش یافته است.



نمودار ۱. میزان مصرف انرژی و انتشار CO2 در جهان

منبع: Global Energy Statical Year Book

همانگونه که نمودار ۱ نشان می‌دهد طی سی سال گذشته، از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ با افزایش مصرف انرژی در سطح جهان، انتشار گازهای گلخانه‌ای بخصوص انتشار گاز CO_2 افزایش یافته است. همچنین مشاهده این روند در کشور ایران نیز نشان دهنده افزایش انتشار CO_2 با افزایش مصرف انرژی می‌باشد[۱].

نمودار ۲. میزان مصرف انرژی و انتشار CO2 در ایران

منبع: Global Energy Statical Year Book

یکی از دغدغه‌های بشر یافتن راهی برای جلوگیری از تخریب محیط‌زیست ضمن دستیابی به رشد و رفاه اقتصادی است. از منظر علم اقتصاد، برای مقابله با آثار خارجی منفی ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌توان با استفاده از قواعد و سیاست‌های محیط‌زیستی مناسب، هزینه‌های وارده بر جامعه را بر ایجاد کننده آن تحمیل کرد. بدین ترتیب بهترین راهکار برای مقابله با آثار خارجی منفی ناشی از فعالیت‌های انسانی که منجر به انتشار آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود، درونی‌سازی این آثار با استفاده از سیاست‌های مناسب است. سیاست‌های زیست محیطی می‌توانند انواع مختلفی داشته باشند، که می‌توان در سه گروه عمده به شرح زیر طبقه بندی کرد.

۱. ابزارهای غیرمتمرکز نظیر قانون عرفی، وجه الضمان های عملکرد محیط زیستی، مشوق های اخلاقی، حقوق مالکیت، قانون مسئولیت.

۲. ابزارهای مبتنی بر بازار نظیر عوارض انتشار، عوارض محصول، مالیات های تفاضلی، یارانه ها، سیستم ودیعه-بازپرداخت، مجوزهای قابل مبادله.

۳. کنترل و فرمان (قانون و مقررات مستقیم) نظیر استانداردهای محیط، استاندارد انتشار یا استاندارد فناوری به موازات ضمانت اجرا.

در این مقاله به بررسی سه دسته از این سیاست‌ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌پردازیم: مالیات بر انتشار آلودگی (Emissions tax policy)، تعیین سقف میزان انتشار آلودگی (Emissions cap policy) و هدف گذاری بر شدت انتشار آلودگی (Intensity target policy) که مقدار حداکثر انتشار آلودگی را تعیین می‌کنند.

با توجه به اینکه هدف نهایی در این مطالعه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (که منجربه تغییرات آب و هوایی می‌شوند) و تثبیت غلظت جو می‌باشد، هریک از قواعد زیست محیطی پیش گفته باید در طول زمان مورد ارزیابی قرار گیرند. لذا در مواجهه با عدم اطمینان حاصل از رشد اقتصادی، سیاست‌های زیست محیطی متفاوت، کمیت وکیفیت متفاوتی از رشد اقتصادی را ارائه می‌دهند. بنابراین انتظار می‌رود با برقراری هر یک از سه قاعده مذکور، پاسخ متغیرهای کلان اقتصادی به شوک‌های بهره‌وری وارد بر اقتصاد متفاوت شود. در این مطالعه به بررسی نقش قواعد زیست محیطی محدود کننده انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک مدل چرخه تجاری حقیقی می‌پردازیم. در مورد ترکیب مدل‌های ادوار تجاری حقیقی و قوانین زیست محیطی بدین ترتیب بحث خواهیم کرد که چگونه ورود آلودگی به چارچوب یک مدل چرخه تجاری حقیقی به ما اجازه می‌دهد که به سوالات مربوط به رابطه بین قواعد زیست محیطی و نوسانات اقتصادی پاسخ دهیم.

در بسیاری از مطالعات اقتصاد محیط زیست برآوردها نشان می‌دهند که هزینه‌های اعمال قوانین زیست محیطی در داخل کشورها بسیار زیاد است. در مطالعه گرینستون و همکاران (Greenstone et al 2012) مشاهده می‌کنیم که مقررات مربوط به کیفیت آب و هوا هزینه‌ای معادل ۲۱ میلیارد دلار در سال یعنی حدود ۸/۸ درصد از سود صنایع تولیدی ایالات متحده امریکا را تشکیل می‌دهند. همچنین در این خصوص می‌توان به گزارش چشم اندازی که توسط آژانس حفاظت از محیط زیست امریکا انجام شده است، اشاره کرد. در این گزارش برآورد شد که مزایای مستقیم حاصل از اصلاحات قانون هوای پاک در

سال ۱۹۹۰ به اندازه ۲ تریلیون دلار برای سال ۲۰۲۰ یعنی معادل ۹٪ از تولید ناخالص داخلی امریکا می‌باشد (US EPA 2011). پس به نظر می‌رسد نادیده گرفتن اثرات متقابل سیاست‌های زیست محیطی و شاخص‌های اقتصاد کلان منجر به وقوع هزینه‌های جبران‌ناپذیری برای اقتصاد کشورها می‌شود. این در حالیست که مقالات مربوط به سیاست‌گذاری‌های زیست محیطی معمولاً رویکردی بر اساس اقتصاد خرد دارند. به طور کلی تجزیه و تحلیل تئوری و تجربی از منظر اقتصاد خرد در مورد سیاست گذاری‌ها برای پاسخ به سوالاتی در مورد آثار انتشار آلودگی بر سلامت، تأثیر سیاست‌های اقتصادی بر میزان انتشار آلودگی و یا طراحی یک سیاست برای استفاده بهینه از منابع است. با این حال اخیراً در تحقیقات مربوط به سیاست‌گذاری‌های اقتصاد محیط‌زیست روش‌های تحلیلی اقتصاد کلان بسیار پیشرفت داشته اند.

مدل استاندارد چرخه‌های تجاری حقیقی که در مقاله مهم کیدلند و پرسکات (Kydland& Prescott1980) ارائه شد، مبتنی بر یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی است که در طول زمان در الگوهای کاربردی گوناگونی مورد استفاده قرار گرفته است. در این مدل خانوارها به دنبال حداکثر کردن تابع مطلوبیت انتظاری خود مبتنی بر مصرف و فراغت هستند و بنگاه‌ها نیز به حداکثرسازی سود خود با استفاده از دو نهاده نیروی کار و سرمایه می‌پردازند. در این دسته از الگوها چرخه‌های تجاری نیز ناشی از شوک‌های برون‌زای بهره‌وری کل می‌باشند که با توجه به انعطاف‌پذیری کامل قیمت‌ها، عوامل اقتصادی عقلایی همواره به شوک‌های تصادفی حقیقی واکنش نشان می‌دهند. مدل استاندارد مذکور پایه‌ای برای توسعه بسیاری از مدل‌های اقتصادی بوده که یکی از موارد آن وارد کردن متغیر آلودگی به چارچوب اصلی مدل است.

در این مطالعه پس از تصریح یک الگوی خطی ساده با درونزایی متغیر آلودگی به صورت کالای واسطه‌ای آلوده کننده (polluting intermediate good)، مبتنی بر مدل چرخه‌های تجاری حقیقی، به بررسی آثار سیاست‌های زیست محیطی «مالیات بر انتشار آلودگی، تعیین سقف میزان انتشار آلودگی و هدف گذاری بر شدت انتشار آلودگی»، و رتبه‌بندی این قواعد بر اساس عملکردشان در زمان بروز شوک تصادفی عامل بهره‌وری کل (Total Factor Productivity) در اقتصاد می‌پردازیم.

۲. مروری بر پیشینهٔ پژوهش

مطالعات در حوزه عملکرد قواعد محیطزیستی با پژوهش ویتزمن (Bovenberg &Weitzman1974) آغاز شد. وی در مطالعه خود به این موضوع پرداخت که نااطمینانی‌های اقتصادی ناشی از قواعد و مقررات محیطزیستی مبتنی بر اعمال محدودیت‌های قیمتی و کمیتی، نتایج متفاوتی را به همراه دارد. همچنین بیان می‌کند که هرچند سیاست‌گذار اقتصادی در مورد هزینه‌ها و سود نهایی ناشی از انتشار آلودگی با عدم اطمینان مواجه است، با این وجود بر اساس قضیه اول رفاه این قواعد تصمیمات خصوصی را در دستیابی به کارایی بازار منحرف نمی‌کند؛ نتیجه‌ای که باونبرگ و گولدر (Golder 2002) در مطالعات خود بدان اشاره کردند .

پس از کار ویتزمن، مطالعات در مورد قیاس ابزارها و قواعد محیطزیستی با درنظرگرفتن نااطمینانی اقتصادی گسترش یافت. با این حال، بسیاری از این مطالعات، از رویکرد تعادل جزئی و یا بررسی‌های ایستا جهت مقایسه بین قواعد مالیاتی و یا سهمیه‌بندی‌ها استفاده کرده اند. پس از آن برای اولین بار پیزر (Pizzer ۱۹۹۹) برای مقایسه نرخ های کنترلی و مالیات از رویکرد تعادل عمومی پویای تصادفی استفاده کرد. همچنین یکی از مدل‌های مشهور محیط زیستی با رویکرد کلان، مدل مشهور DICE ویلیام نوردهاوس می‌باشد؛ این مدل یک مدل تعادل عمومی دینامیکی (یا به زبانی دیگر یک مدل کنترل بهینه) خیلی ساده است که در آن بخش فیزیکی مثل انباشت کربن و منابع انرژی و گرمایش زمین و هزینه گرمایش زمین هم در مدل تعادل عمومی اقتصادی (مصرف و تولید و سرمایه‌گذاری) وارد شده است. مدل دایس اجازه می‌دهد که محقق بده-بستان (Trade Off) بین تصمیمات امروز (مثلا تولید بیش‌تر کربن) و دینامیک بلندمدت (مثلا افت تولیدناخالص به خاطر گرمایش زمین) و نتیجه سیاست‌های مختلف را در مدل ببیند. این مدل توسط محققان مختلف مرتب توسعه پیدا کرده و جنبه‌های جدیدی به آن اضافه شده است ولی منطق مرکزی آن هم‌چنان برجا است. (حامد قدوسی، ۱۳۹۷)

آنگلیپولوس و همکاران (Angelopoulos et al. 2010) در چارچوب یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی، با فرض آلودگی به عنوان یک محصول جانبی تولید و همچنین درنظر گرفتن کیفیت محیطزیست به عنوان یک کالای عمومی، به رتبه‌بندی سه سیاست زیست‌محیطی مالیات بر انتشار آلودگی (pollution taxes)، مجوزهای انتشار آلودگی (pollution permits) و اعمال قواعد عددی کیوتو(Kyoto-like numerical rules)، از منظر

اثرگذاری بر رفاه، متغیرهای کلان اقتصادی (تولید، مصرف و ...) و کیفیت محیط‌زیست پرداخته‌است. منبع شوک برون‌زا در این مطالعه، نوسانات اقتصادی و نااطمینانی شوک‌های محیط‌زیستی می‌باشد. در راستای این هدف مقدار حداکثری رفاه با فرض اعمال هر یک از این سیاست‌های پیش گفته، محاسبه شده‌است. نتایج نشان می‌دهد سیاست مجوزهای انتشار آلودگی علی رغم محبوبیت در بین سیاست گذاران، بدترین گزینه است. اما در مقایسه میان مالیات بر انتشار آلودگی و اعمال قواعد عددی کیوتو مشاهده می‌شود که چنانچه منبع نااطمینانی، نوسانات اقتصادی باشد، مالیات‌ها از عملکرد بهتری برخوردارند و چنانچه منبع نااطمینانی شوک‌های محیط‌زیستی باشد، کارآیی قواعد محیط‌زیستی بهتر خواهد بود.

فیشر و اسپرینگبورن (Fischer & Springborn 2011) در مطالعه‌ای به بررسی عملکرد اقتصاد کلان در نتیجه اعمال سیاست‌های زیست‌محیطی مالیات بر انتشار گازهای گلخانه‌ای، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و روند شدت در یک مدل چرخه‌های تجاری حقیقی که در آن آلایندگی به عنوان یک نهاده تولید درنظرگرفته شده‌است، می‌پردازند. نتایج این مطالعه حاکی از این است که کاهش آلودگی ناشی از کاهش تولید، تحت خط مشی‌های سیاست‌های زیست‌محیطی متفاوت منجر به واکنش‌های متفاوت متغیرهای کلان اقتصادی نسبت به شوک‌ها می‌شود.

آنیکیاریکو و دی دیو (Annicchiarico, Di Dio ۲۰۱۵) در تحلیل و بررسی عملکرد قواعد زیست‌محیطی تحت وقوع شوک‌های اسمی و حقیقی از یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی نیوکینزی استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که اولاً سیاست‌های تبادل نشر محدود (cap-and-trade policy) به دلیل هم جهت بودن مجوزهای انتشار کربن و هزینه‌های آثار جانبی بنگاه‌ها، نوسانات اقتصادی را کاهش می‌دهند. ثانیاً چسبندگی قیمت‌ها در شکل‌گیری آثار قواعد اقتصادی نقش اساسی ایفا می‌کنند؛ به طوری که در رژیم سیاستی قاعده تعیین اهداف شدتی مشاهده می‌شود، زمانی که چسبندگی قیمت‌ها افزایش یابد، نوسانات اقتصادی نیز افزایش می‌یابد. ثالثاً پاسخ بهینه قواعد محیط‌زیستی به شوک‌های وارده بر اقتصاد به شدت تحت تأثیر درجه چسبندگی قیمت‌ها و واکنش سیاست‌های پولی قرار دارد.

خان و همکاران (Khan et al. ۲۰۱۹) در پژوهشی با استفاده از مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی با بررسی واکنش چرخه‌های انتشار کربن به شوک‌های ساختاری

قابل پیش‌بینی و غیرقابل پیش‌بینی، نحوه حرکت چرخه‌های انتشار کربن و تولید ناخالص داخلی پس از وقوع هر یک از انواع شوک‌ها را تشریح نمودند. سپس به بررسی واکنش شوک‌های تکنولوژی در یک مدل خود رگرسیون برداری ساختاری (Structural Vector AutoRegressive (SVAR)) پرداخته‌اند. نتایج حاکی از این است که پس از وقوع هرکدام از شوک‌ها، انتشار کربن به تدریج افزایش می‌یابد. بررسی توابع عکس العمل آنی ناشی از وقوع شوک‌ها نشان‌دهنده رابطه ضعیف انتشار کربن و تولید ناخالص داخلی می‌باشد؛ به‌گونه‌ای که آثار شوک‌های تکنولوژی کمتر از ۱۰٪ تغییرات از میزان انتشار و شوک‌های تکنولوژی سرمایه‌گذاری، ۲۵ ٪ از تغییرات را تشکیل می دهند. شوک‌های طرف تقاضا، هزینه‌های دولت و شوک‌های پولی کمتر از ۱٪ درصد تغییرات میزان انتشار را تشکیل می دهند.

در نقطه مقابل مطالعات انجام شده در زمینه قواعد محیط‌زیستی در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آثار آن بر متغیرهای کلان، در ایران بسیار محدود است. اغلب این مطالعات با اتخاذ رویکردهای خرد محور میزان کاهش انتشار را پس از اعمال قواعد کاهش انتشار (که در بیشتر موارد از قاعده مالیات‌های سبز) در برخی بنگاه‌های اقتصادی خاص بررسی می‌کنند.

آهنگری و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی به بررسی تأثیر وضع و اعمال مالیات سبز بر رشد اقتصادی و رفاه در اقتصاد ایران پرداخته‌اند. در این راستا با درنظر گرفتن آلودگی به‌عنوان یک محصول فرعی تولید و بهره‌گیری از مدل تعادل عمومی پویای تصادفی باز کوچک نئوکینزی، اقتصادی متشکل از خانوار، بنگاه‌ها، دولت و بخش خارجی را شبیه‌سازی و کالیبره کردند. نتایج پژوهش حاصل از شبیه‌سازی و تحلیل توابع عکس‌العمل آنی، نشان می‌دهد که از یکسو وضع مالیات سبز بر رشد اقتصادی، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت تأثیر منفی ناچیزی می‌گذارد و از سوی دیگر، اعمال مالیات سبز، تأثیر مثبت و اندکی بر رفاه می‌گذارد. با در نظر گرفتن نتایج همزمان اثرات مالیات سبز بر روی رشد اقتصادی و رفاه، پژوهشگران بیان می‌کنند که اگر رویکرد دولت توجه به افزایش کیفیت محیط‌زیست، کاهش آلاینده‌ها و در نتیجه توسعه پایدار و افزایش رفاه باشد، بایستی کاهش تولید اقتصادی را پذیرا باشد.

صمدی و همکاران (۱۳۹۸) با این استدلال که کیفیت نهادی عاملی اثرگذار در انتخاب سیاست بهینه زیست‌محیطی می‌باشد، به شناسایی سیاست بهینه زیست‌محیطی از بین

ابزارهای رایج دخالت دولت (اخذ مالیات بر انتشار آلودگی و سیاست مجوز انتشار آلودگی) در شرایط وجود نااطمینانی زیست‌محیطی و اقتصادی و در درجات مختلف کیفیت نهادی، پرداخته‌اند. در این پژوهش اقتصاد ایران بر مبنای الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی با رویکرد ادوار تجاری حقیقی مدلسازی شده‌است و هدف حداکثرسازی تابع رفاه اجتماعی می‌باشد. بر اساس نتایج بدست آمده پژوهشگران بیان می‌کنند که سیاست مجوز بر انتشار آلودگی در درجات مختلف کیفیت نهادی، سیاست بهینه می‌باشد و رفاه اجتماعی را حداکثر می‌سازد و تنها هنگامی سیاست مالیات بر آلودگی بر سیاست مجوز بر انتشار آلودگی ارجحیت می‌یابد که نااطمینانی اقتصای بسیار بالا و یا بسیار پایین باشد.

۳. چارچوب نظری الگو

چندی است به عنوان یکی از روش‌های پیش‌بینی نوسانات و همچنین ارزیابی سیاست‌های مالی و پولی، مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی مورد توجه قرار گرفته‌اند. مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی، مدل‌های تعادل عمومی هستند که مبتنی بر بهینه‌یابی بوده و ریشه در مبانی خرد اقتصادی دارند. همانطور که از اسم این مدل‌ها پیداست، پویا هستند؛ به این معنی که حرکت اقتصاد را در طول زمان زیر نظر می‌گیرند و تصمیمات اقتصادی در دنیای واقعی پویا هستند. همچنین تصادفی هستند؛ یعنی این واقعیت را مد نظر قرار می‌دهند که دنیای واقعی نامطمئن است و این نااطمینانی می‌تواند منبع نوسانات کلان اقتصادی باشد، اقتصاد می‌تواند تحت تأثیر شوک‌های تصادفی نظیر تغییرات تکنولوژیکی یا خطا در سیاست‌گذاری‌های کلان اقتصاد قرار گیرد. همینطور این مدل‌ها در فضای تعادل عمومی بررسی می‌شوند، چون نظریه تعادل عمومی نظم را بر سیستم تحمیل می‌کند. تصمیمات کارگزاران اقتصادی به هم مرتبط هستند؛ تصمیم خانواده به مصرف با تصمیم او به سرمایه‌گذاری در ارتباط است و با تصمیم او در مورد تعداد ساعاتی که کار می‌کند کاملاً مرتبط می‌باشد. همچنین میزان مصرف خانوارها و تصمیم بنگاه‌ها در مورد عرضه کالاهای مصرفی اثرگذار است و بر میزان بکارگیری و استخدام سرمایه و نیروی کار بنگاه برای تولید این کالاها نیز تأثیرگذار است. این ارتباط متقابل در چهارچوب بازارها صورت می‌گیرد و تحت رقابت کامل، قیمت‌هایی ایجاد می‌شود که به تسویه بازارها منجر می‌شود و با وجود برخی چسبندگی‌ها و رفتار قیمت‌گذاری بنگاه‌ها در بازارهای رقابت انحصاری

برخی بازارها تسویه نمی‌شوند. بخش مهمی از مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی به چگونگی واکنش اقتصاد به این چسبندگی‌ها اختصاص می‌یابد. این ویژگی‌های مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی، وجه تمایز این مدل‌ها با مدل‌های ایستای تحت مطالعه در تئوری تعادل عمومی والراسی و تعادل عمومی قابل محاسبه کاربردی است.

با توجه به تفاوت دو رویکرد ادوار تجاری حقیقی و کینزین‌های جدید در تعدیل قیمت‌ها، در صورتیکه نقشی برای دولت از نظر اجرای سیاست‌های پولی و مالی در نظر گرفته نشود، استفاده از رویکرد تجاری حقیقی رایج است، همچنین با توجه به اینکه در الگوهای محیط زیستی، نقش دولت برای بهبود کیفیت محیط زیست تنها اعمال سیاست‌ها و قوانینی مبتنی بر بازار می‌باشد، لذا در مقاله حاضر که برای ایران طراحی شده، الگوی تعادل عمومی پویای تصادفی با رویکرد ادوار تجاری حقیقی، در نظر گرفته شده‌است. در این پژوهش ابتدا با بهره‌گیری از مقاله اسپرینگ برن و فیشر (Fischer & Springborn ۲۰۱۱) یک اقتصاد پویای بسته (رابینسون کروزئه‌ای (Robinson Crusoe economy)) را تصریح می‌کنیم. در این پژوهش بهینه‌یابی از سوی خانوار و بنگاه‌ها بر مبنای متغیرهای مصرف، نیروی کار، سرمایه و H نهاده واسطه آلاینده در سناریوهای مختلف سیاستی زیست محیطی است. سپس با اتخاذ یک رویکرد تحلیلی، ضمن بررسی مقادیر تعادلی متغیرهای کلان اقتصادی در فضای قطعیت تحت سناریوهای سیاستی زیست محیطی، واکنش و اثرپذیری هریک از متغیرها با وقوع یک تکانه دائمی بهره‌وری را تحلیل می‌کنیم. سناریوهای سیاستی در این پژوهش از یکسو شامل سه سیاست زیست‌محیطی مالیات بر انتشار کربن، تعیین سقف میزان انتشار کربن و هدف گذاری بر شدت انتشار کربن می‌باشد و از سوی دیگر، شرایطی که هیچگونه سیاستی اعمال نگردد، می‌باشد.

۱.۳ خانوار

در این مدل فرض می‌کنیم تعداد زیادی خانوار با عمر نامحدود وجود دارد که با مصرف کالاها و خدمات و همچنین فراغت مطلوبیت کسب می‌کنند. با فرض یکسان بودن خانوارها، می‌توان مطلوبیت خانوار نمونه را به صورت رابطه (۱) در نظر گرفت:

$$U_t = (C_t, l_t) \qquad (۱)$$

در این رابطه مطوبیت هر دوره تابعی از مصرف (C_t) و فراغت (l_t) می‌باشد. با فرض اینکه کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف برابر با یک در نظر گرفته شود[۲]، تصریح تابع

مطلوبیت خانوار نمونه در هر نقطه از زمان همانند مطالعه هنسن (۱۹۸۵) بـه صـورتی اسـت که در رابطه **Error! Reference source not found.**(۲) بیان گردیده‌است:

$$U_t = ln(C_t) + \omega ln(l_t) \qquad (۲)$$

۲.۳ بنگاه‌ها

در این پژوهش فرض بر این است که تعداد زیادی بنگاه یکسان و قیمـت‌پـذیر وجـود دارد که با نهاده‌های نیروی کار، سـرمایه و کـالای واسـطه‌ای آلـوده‌کننـده بـه تولیـد محصـولات می‌پردازند. بنابراین می‌توان رابطه (۳) برای تولید بنگاه نمونه در اقتصاد در نظر گرفت:

$$Y_t = \theta F(K_t, M_t, L_t) \qquad (۳)$$

که در آن (L_t) نیروی کار، (K_t) موجودی سرمایه و (M_t) کالای واسطه آلاینـده[۳] و (θ) پارامتر بهره‌وری می‌باشد. در این پژوهش نهاده سرمایه در تولید به دو بخـش نهـاده انـرژی، M، به عنوان کـالای واسـطه‌ای آلاینـده و سـایر کالاهـای سـرمایه‌ای غیرانـرژی، K، تقسـیم شده‌است. با فرض کشش ثابت و همچنین بازدهی ثابت نسـبت بـه مقیـاس، تـابع تولیـد را براساس تابع تولید کاب داگاس در نظر می‌گیریم:

$$F(K_t, M_t, L_t) = {K_t}^{\alpha} {M_t}^{\gamma} {L_t}^{1-\alpha-\gamma} \qquad (٤)$$

۳.۳ سیاست‌های زیست‌محیطی

میزان انتشار آلودگی و به طور مشخص در این مطالعه انتشار کربن معادل با میزان اسـتفاده از نهاده واسطه‌ای آلوده‌کننده M قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه هـدف از اعمـال سیاسـت‌هـای زیست‌محیطی کاهش سطح انتشار و یا به بیان دیگر، کاهش سطح بکـارگیری نهـاده آلاینـده می‌باشد، برای وارد کردن قواعد زیست‌محیطی نیاز به اعمال محـدودیت‌هـایی بـرای انتشـار کربن خواهیم داشت لذا محدودیت انتشار را به صـورت رابطـه **Error! Reference source not found.**(۵) در نظر می‌گیریم:

$$M_t \leq A_t(Y) \qquad (۵)$$

که $A_t(Y)$ نشان‌دهنده تخصیص مجوزهای انتشار کربن است که می‌بایست سطح انتشار و یا استفاده از نهاده آلاینده حداکثر برابر با میزان مجوز انتشار باشد. بدیهی است سازوکار تخصیص مجوز بسته به سیاست مورد نظر متفاوت می‌باشد.

۴.۳ بهینه‌یابی و شرایط مرتبه اول

با توجه به اینکه خانوار نمونه با طول عمر نامحدود، سعی در بهینه کردن مطلوبیت طول عمر خود با توجه به قید تولید تحت سیاست‌های زیست‌محیطی مختلف را دارد، فرم لاگرانژ برابر با رابطه (٦) می‌گردد.

$$\begin{aligned}\mathcal{L} = \sum_{t=0}^{\infty} \{(\tfrac{1}{1+r})^t [lnC_t + \omega\, ln(1-L_t)] \\ +\lambda_t[\theta_t {K_t}^{\alpha} {M_t}^{\gamma} {L_t}^{1-\alpha-\gamma} - C_t - M_t - K_{t+1} + (1-\delta)K_t)] \\ +\phi_t[A_t(\theta_t {K_t}^{\alpha} {M_t}^{\gamma} {L_t}^{1-\alpha-\gamma}) - M_t]\}\end{aligned} \qquad (٦)$$

که در این رابطه (r) نرخ تنزیل، (λ_t) قیمت سایه‌ای درآمد ملی ، $(\emptyset_t)$ قیمت سایه‌ای محدودیت انتشار می‌باشد. سپس با محاسبه شرایط مرتبه اول بهینه‌یابی بر اساس حداکثرسازی تابع لاگرانژ نسبت به متغیرهای کلیدی کلان اقتصادی و وارد کردن سیاست‌های محیط‌زیستی مورد نظر به تحلیل تعادلی هریک از متغیرها می‌پردازیم.

۵.۳ سیاست‌های زیست‌محیطی در چارچوب تحلیل تعادلی

در حل مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی، پس از بهینه‌یابی رفتار عوامل اقتصادی و متغیرهای مدل بر اساس قیود در نظر گرفته‌شده(معادلات شرایط مرتبه اول)، می‌بایست به بررسی مقادیر متغیرها در وضعیت پایدار پرداخت. تحت چنین شرایطی است که می‌توان انحراف آن‌ها را در صورت بروز شوک‌های مختلف مورد ارزیابی قرار داد. بر این اساس با توجه به معادلات شرایط مرتبه اول، حالت پایدار[٤] هر یک از متغیرهای درونزای مدل براساس پارامترها بدست می‌آید. فرض اساسی در این مرحله، فرض تقارن می‌باشد؛ به بیان دیگر فرض می‌شود تمامی خانوارها و بنگاه‌ها همسان بوده و متغیرها مستقل از زمان درنظر گرفته می‌شود، لذا متغیرهای در زمان t، t-1 و t+1 برابر بوده و می‌توان اندیس زمان را حذف نمود.

با توجه به اینکه در سیاست‌های زیست‌محیطی مختلف، سازوکار مجوز انتشار آلودگی متفاوت است و به تبع آن فرم A_t و ϕ_t در هر سیاست متفاوت خواهد بود. بر همین اساس،

معادلات تعادلی در هر یک از سیاست‌ها مورد نظر با توجه به فرم A_t و ϕ_t محاسبه و تحلیل می‌گردد و با درنظر گرفتن این معادلات می‌توان به مقادیر تعادلی متغیرها دست یافت.

۱.۵.۳ عدم اعمال محدودیت بر انتشار

به عنوان حالت پایه فرض می‌کنیم هیچ محدودیتی برای استفاده از نهاده آلاینده و انتشار وجود نداشته‌باشد؛ در این صورت می‌توان بیان کرد که ارزش سایه‌ای آلودگی و یا همان قیمت انتشار برابر صفر است. لذا در معادله لاگرانژ $\phi = 0$ در نظر می‌گیریم.

۲.۵.۳ هدف‌گذاری بر شدت انتشار آلودگی

در سیاست هدف‌گذاری بر شدت انتشار آلودگی، که به آن شدت انتشار کربن (Carbon Intensity) نیز اطلاق می‌گردد، بر این موضوع تأکید می‌شود که به ازای ضریب مشخصی از تولید، کربن منتشر شود. به بیان دیگر، در این سیاست سرانه انتشار آلودگی به ازای هرواحد تولید تعیین می‌شود و اجازه افزایش به آن داده نمی‌شود. بر این اساس با در نظر گرفتن (μ) واحد ضریب انتشار به ازای هر واحد تولید، میزان انتشار آلودگی مجاز در این سیاست برابر با رابطه **Error! Reference source not found.**(۱۸) می‌گردد:

$$A(Y) = My \qquad (۱۸)$$

۳.۵.۳ تعیین سقف میزان انتشار آلودگی

در این سیاست، حداکثر میزان انتشار تعیین می‌شود ؛ به بیان دیگر، در هر سطحی از تولید میزان انتشار آلودگی (استفاده از نهاده آلاینده تولید) ثابت و برابر با M است و همواره میزان ثابتی مجوز انتشار وجود دارد. بنابراین میزان مجوز انتشار آلودگی در این سیاست برابر با رابطه (۱۹) می‌گردد:

$$A(Y) = \overline{M} \qquad (۱۹)$$

۴.۵.۳ مالیات بر انتشار آلودگی

برخلاف سیاست سقف انتشار که میزان مجوزهای انتشار را ثابت و قیمت آن را متغیر درنظر می‌گرفت، در سیاست مالیات بر انتشار قیمت مجوزهای انتشار ثابت در نظر گرفته می‌شود. در حقیقت دیگر مقدار معینی مجوز همانند سیاست سقف انتشار مبادله نمی‌شوند.

بلکه هر میزان مجوز انتشار با قیمت ثابت در دسترس می‌باشد. بر این اساس قیمت انتشار یا همان ارزش‌نهایی درآمد را می‌توان همانند رابطه (۲۰) در نظر گرفت:

$$\hat{\varphi} = \tau \qquad (۲۰)$$

در جدول ۱ خلاصه نتایج جهت تحلیل سیاست‌های مورد نظر در حالت قطعیت ($\theta = 1$) نشان داده شده است؛ به‌گونه‌ای که می‌توان آثار سیاست‌های زیست‌محیطی را بر هر یک از متغیرهای مدل مشاهده نمود.

جدول ۱. مقایسه تحلیلی سیاست‌های زیست محیطی در شرایط اطمینان

سیاست / متغیر	بدون اعمال سیاست (NP)	شدت انتشار (IT)	سقف انتشار (EC)	مالیات بر انتشار (ET)
K	$\hat{\beta}\alpha$	$\hat{\beta}\alpha\frac{(1-\mu)}{(1-\gamma)}$	$\hat{\beta}\alpha$	$\hat{\beta}\alpha$
M	γ	μ	$\frac{\overline{M}}{\overline{Y}}$	$\frac{\gamma}{1+\tau}=\frac{\overline{M}}{\overline{Y}}$
Z	$\frac{(1-\alpha-\gamma)}{\omega(1-\gamma-\delta\hat{\beta}\alpha)}$	$\frac{(1-\alpha-\gamma)}{\omega(1-\gamma-\delta\hat{\beta}\alpha)}$	$\frac{(1-\alpha-\gamma)}{\omega(1-m-\delta\hat{\beta}\alpha)}$	$\frac{(1-\alpha-\gamma)}{\omega(1-m-\delta\hat{\beta}\alpha)}$
c	$(1-\gamma-\delta\hat{\beta}\alpha)$	$(1-\gamma-\delta\hat{\beta}\alpha)\frac{(1-\mu)}{(1-\gamma)}$	$1-m-\delta\hat{\beta}\alpha$	$1-m-\delta\hat{\beta}\alpha$
$\frac{dY/Y}{d\theta/\theta}$	$\frac{1}{1-\alpha-\gamma}$	$\frac{1}{1-\alpha-\gamma}$	$\frac{\theta^{\frac{1}{1-\alpha}}}{1-\alpha-(1-\alpha-\gamma)\left(\frac{\partial L/L}{\partial Y/Y}\right)}$	$\frac{1}{1-\alpha-\gamma}$
منبع: فیشر و اسپیرینگبورن ۲۰۱۱				

ابتدا به مقایسه متوسط سرمایه به ازای هر واحد تولید (k) می‌پردازیم. با توجه به اینکه برای مؤثر بودن سیاست شدت انتشار، می‌بایست شدت انتشار درنظر گرفته شده از حالت سناریو پایه کم‌تر باشد ($\mu < \gamma$) می‌توان نتیجه گرفت که رابطه $\frac{(1-\mu)}{(1-\gamma)} > 1$ همواره برقرار است. لذا با توجه به روابط بدست آمده، سرانه سرمایه به ازای هر واحد تولید در سیاست شدت انتشار نسبت به دو سیاست دیگر و همچنین سناریو پایه بیش‌تر است. به بیان دیگر، دو سیاست سقف انتشار و مالیات بر انتشار هیچ تغییری در سرانه سرمایه به ازای هر واحد

تولید ایجاد نمی‌کند؛ این درحالی است که با اعمال سیاست شدت انتشار، سرانه سرمایه به ازای هر واحد تولید افزایش می‌یابد.

در خصوص عرضه نیروی کار، با توجه به اینکه با اعمال محدودیت‌های زیست‌محیطی رابطه ($m < \gamma$) برقرار است، می‌توان نتیجه گرفت که با اعمال سیاست‌های مالیات بر انتشار و سقف انتشار سطح اشتغال کاهش می‌یابد. این در حالی است که اعمال سیاست شدت انتشار نسبت به حالت پایه تأثیری بر اشتغال نمی‌گذارد.

با فرض اینکه سیاست‌ها را به‌گونه‌ای اعمال نماییم که پس از اعمال سیاست سطح آلودگی به میزان یکسانی کاهش یابد[۵]، می‌توان نتیجه گرفت که:

- با توجه به سطح سرمایه و اشتغال بالاتر در سیاست شدت انتشار، سطح تولید نسبت به دو سیاست دیگر بالاتر می‌باشد؛
- با سطح تولید بالاتر و سطح انتشار برابر، می‌توان نتیجه گرفت برای دست‌یابی به سطح معینی از انتشار، سرانه انتشار به ازای هر واحد تولید در سیاست شدت انتشار نسبت به دو سیاست دیگر کم‌تر می‌باشد؛ به عبارت دیگر:

$$\mu < \frac{\gamma}{1+\tau} = \frac{\overline{M}}{Y} \qquad (۲۱)$$

در خصوص سرانه مصرف می‌توان مشاهده کرد که سرانه مصرف به ازای هر واحد تولید با اعمال سیاست‌های زیست محیطی نسبت به حالت پایه افزایش می‌یابد؛ این موضوع عمدتاً ناشی از کاهش شدیدتر تولید در مقایسه با کاهش مصرف در نتیجه اعمال سیاست‌های زیست محیطی می‌باشد. در مقایسه بین سیاست‌ها، دو سیاست مالیات بر انتشار و سقف انتشار، همانند سایر متغیرهای دیگر مدل، نسبت مصرف به تولید یکسانی را نتیجه می‌دهد. با این وجود نمی‌توان به طور قطع درخصوص سرانه مصرف به ازای هرواحد تولید میان این دو سیاست و سیاست شدت انتشار مقایسه انجام داد.

در نهایت مقایسه کشش تولید نسبت به پارامتر بهره‌وری در سیاست‌های زیست محیطی مورد نظر نشان می‌دهد که اعمال دو سیاست شدت انتشار و مالیات بر انتشار تغییری در کشش تولید نسبت به پارامتر بهره‌وری ایجاد نمی‌کند. در نقطه مقابل با توجه به اینکه سیاست سقف انتشار از یکسو اجازه انتشار تنها به میزان معینی از آلودگی را فارغ از میزان تولید[۶] می‌دهد و از سوی دیگر، رفتار ضدچرخه‌ای نیروی کار، کشش تولید با اعمال این سیاست کاهش می‌یابد.

۶.۳ مقداردهی پارامترها (کالیبراسیون)

یکی از مهمترین گام‌ها در حل مدل‌های تعادل عمومی تصادفی پویا، کمی کردن آن‌ها است. باتوجه به اینکه معادلات تعادلی و سیستم معادلات مدل بر حسب پارامترها بدست آمده‌است، برای دستیابی به مقادیر تعادلی و همچنین کمی‌کردن مدل، ابتدا پارامترهای مدل را برآورد می‌کنیم. این مهم در ادبیات مدل‌های تعادل عمومی تصادفی پویا از دو روش مقداردهی کالیبراسیون(مقداردهی) و یا تخمین (روش‌های گشتاورهای تعمیم‌یافته، حداکثر درستنمایی و یا بیزین) صورت می‌پذیرد که در این پژوهش از روش کالیبره کردن پارامترها استفاده می‌شود.

در کالیبره کردن پارامترهای مدل، سعی شده‌است که ویژگی‌های اقتصاد ایران طی دوره ۹۵-۱۳۷۵ به نحو مناسبی به تصویر کشیده شود. بر این اساس با استفاده از نسبت‌های بلندمدت متغیرهای کلان، مقادیر متناظر با این نسبت‌ها در اقتصاد ایران را محاسبه می‌نماییم. علاوه بر این برخی از پارامترها نیز بر اساس یافته‌های مطالعات پیشین، مقداردهی شده‌است. جهت کالیبره کردن پارامترها، ابتدا سری زمانی متغیرها روندزدایی و با بازنویسی پارامترها بر حسب متغیرها، مقدار عددی آن‌ها با استفاده از داده‌های واقعی محاسبه گردیده‌است:

- سهم نیروی کار از تولید ($1-\alpha-\gamma$) برابر است با میانگین سالانه نسبت هزینه نیروی کار به تولید ناخالص داخلی بدون نفت:

با توجه به داده‌های جمعیت فعال و نرخ بیکاری مرکز آمار ایران، تعداد شاغلین به تفکیک شهری و روستایی برآورد گردیده‌است. همچنین متوسط دستمزد سالانه روستایی و شهری نیز بر اساس اطلاعات بودجه خانوار استخراج گردیده‌است. با فرض اینکه نیروی انسانی نقش کمی در بخش نفت دارد، به طور ضمنی فرض کردیم که تمامی نیروی انسانی در بخش غیرنفتی اشتغال دارند؛ با در اختیار داشتن تولید ناخالص داخلی بدون نفت، نسبت هزینه نیروی کار به تولید ناخالص داخلی بدست می‌آید. بر اساس محاسبات انجام شده این نسبت برای سال‌های ۹۵-۱۳۷۵ برابر با ۰/۳۲ بدست آمده‌است.

- سهم نهاده آلاینده (انرژی) از تولید (γ) برابراست با میانگین سالانه نسبت هزینه انرژی به تولید ناخالص داخلی بدون نفت:

سه نهاده فرآورده‌های نفتی[۷]، گاز طبیعی و برق به عنوان نهاده‌های اصلی انرژی در نظر گرفته‌شده‌است. میزان مصرف و همچنین متوسط قیمت هر یک از نهاده‌های انرژی برای بخش‌های غیرنفتی از سالنامه انرژی کشور استخراج گردیده‌است. بر این اساس نسبت هزینه انرژی به عنوان نهاده آلاینده به تولید ناخالص داخلی بدون نفت برابر با ۰/۰۷ بدست آمده‌است.

- سهم سرمایه از تولید (α)

یکی از فروض در نظر گرفته‌شده، بازده ثابت نسبت به مقیاس تابع تولید می‌باشد. با توجه به ویژگی تابع تولید کاب-داگلاس در صورت بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، مجموع توان‌های عوامل تولید برابر با یک می‌گردد. با مشخص شدن توان نهاده کار و انرژی، توان نهاده سرمایه برابر با ۰/٦۱ بدست می‌آید.

- پارامتر تابع مطلوبیت (ω) برابر است با نسبت میزان زمان اختصاص داده شده به کار به کل ساعات در اختیار فرد:

میزان زمان اختصاص داده شده به کار در طول هفته بر اساس طرح‌های آمارگیری نیروی کار مرکز آمار ایران طی سال‌های ۹۵-۱۳۷۵ استخراج گردیده‌است. بر اساس آمار موجود میانگین ساعت کاری شاغلین در طول روز برابر با ۷/۸۲ ساعت می‌باشد. با تقسیم این عدد بر ۲٤ ساعت، مقدار پارامتر تابع مطوبیت برابر با ۰/۳۲ بدست می‌آید.

جدول ۲. کالیبراسیون و برآورد پارامترهای مدل
منبع: محاسبات پژوهش و مطالعات تجربی پیشین

ردیف	پارامتر		مقدار کالیبره شده	منبع
۱	$1-\alpha-\gamma$	کشش تولید نیروی کار	۰/۳۲	محاسبات پژوهش
۲	γ	کشش تولید نهاده آلاینده	۰/۰۷	محاسبات پژوهش
۳	α	کشش تولید سرمایه	۰/٦۱	محاسبات پژوهش
٤	β	نرخ تنزیل	۰/۹٦	توکلیان (۱۳۹۱)
٥	ω	پارامتر تابع مطلوبیت	۰/۳۲	محاسبات پژوهش
٦	δ	نرخ استهلاک سرمایه فیزیکی	۰/۰٤۲	مشیری و همکاران(۱۳۹۱) خیابانی و امیری (۱۳۹۳)

۷.۳ تکانه بهره‌وری

در این پژوهش پارامتر بهره‌وری را به عنوان عامل نااطمینانی و تکانه‌های وارد بر اقتصاد درنظر می‌گیریم و به صورت رابطه (۲۲) تعریف می‌گردد:

$$\theta_t = exp(z_t) \qquad (۲۲)$$

به گونه‌ای که z_t از فرآیند خودرگرسیونی مانای مرتبه اول (Stationary first-order autoregressive) پیروی می‌کند:

$$z_t = \eta z_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (۲۳)$$

که در آن ε_t متغیر تصادفی مستقل با توابع توزیع یکسان (Independent and identically distributed) می‌باشد که از توزیع نرمال با میانگین صفر و انحراف معیار σ پیروی می‌کند. پارامترهای فرآیند خودرگرسیونی مربوط به عامل بهره‌وری از مطالعه‌ای که توسط ابراهیمیان و مدنی‌زاده (۱۳۹۵) صورت گرفته‌است، استناد گردیده‌است:

جدول ۳. پارامترهای خودرگرسیون مرتبه اول عامل بهره‌وری
منبع: ابراهیمیان و مدنی‌زاده (۱۳۹۵)

	پارامتر	مقدار کالیبره شده
η	ضریب خود همبستگی تکانه بهره‌وری تولید غیرنفتی (تکنولوژی)	۰/٦٦
σ	انحراف معیار پسماند رگرسیون بهره‌وری تولید غیرنفتی (تکنولوژی)	۰/۰۱۵

٤. تحلیل و بررسی نتایج مدل

۱.۴ بررسی آثار سیاست‌های زیست محیطی بر اقتصاد در فضای قطعیت

ابتدا بدون در نظر گرفتن تکانه بهره‌وری بررسی خواهیم کرد که با اعمال سه سیاست هدف‌گذاری بر شدت انتشار آلودگی، تعیین سقف میزان انتشار آلودگی و مالیات بر انتشار آلودگی چه تغییری در تعادل مدل نسبت به حالت پایه که هیچ محدودیتی بر انتشار آلودگی وجود ندارد، ایجاد می‌شود. لذا با توجه به اینکه سیستم معادلات مدل، به‌ویژه معادلات اولر و عرضه کار، به صورت غیرخطی در نرم‌افزار متلب وارد می‌شود، می‌بایست برای

خطی‌سازی، ابتدا مقادیر اولیه متغیرها با توجه بـه معـادلات تعـادلی و همچنـین پارامترهـای مقداردهی شده، تعیین گردد.

بر اساس رویکرد تحلیلی ارائه شـده، مقـادیر تعـادلی متغیرهـای مـدل مـورد نظـر را در وضعیت قطعیت، یعنی $\theta = 1$ ، به صورت عددی بررسی می‌کنـیم. در تمـامی سـناریوهای مورد نظر، شدت اعمال سیاست‌ها به گونه‌ای است که کاهش میزان انتشـار آلـودگی یکسـان می‌باشد و با کاهش ۲۰ درصدی نسبت به سناریو پایه مواجه گردد. جدول نتایج مربـوط بـه سطوح تعادلی متغیرها تحت هر یک از سیاست‌ها و تغییر آن‌ها نسبت به سـناریو پایـه را بـر اساس مدل شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار متلب نشان می‌دهد.

جدول ۴. مقادیر تعادلی متغیرهای مدل و تغییر نسبت به حالت پایه در فضای قطعیت

منبع: محاسبات پژوهش

متغیر / سیاست	مصرف (C)	عرضه کار (L)	سرمایه (K)	انرژی (M)	تولید (Y)	مطلوبیت (U)	رفاه از دست‌رفته
بدون اعمال سیاست (NP)	۲/٤۸٦	۰/٦٥٦	۱۸/٤۳٦	۰/۳۱۲	٤/٤٥۷	۰/٥٦۹	–
تغیر نسبت به NP	–	–	–	–	–		
شدت انتشار (IT)	۲/٤۷٥	۰/٦٥٦	۱۸/۳٥٥	۰/۲٤۹	٤/۳۷٦	۰/٥٦٥	٪ ۰/٤۳−
تغیر نسبت به NP	٪ ۰/٤٤−	٪ ۰/۰۰	٪ ۰/٤٤−	٪ ۲۰/۰۰−	٪ ۱/۸۲−		
سقف انتشار (EC)	۲/٤۲۷	۰/٦٥۱	۱۷/٦۳۰	۰/۲٤۹	٤/۲٦۲	۰/٥٥۰	٪ ۱/۹٤−
تغیر نسبت به NP	٪ ۲/۳٦−	٪ ۰/۷۱−	٪ ٤/۳۷−	٪ ۲۰/۰۰−	٪ ٤/۳۷−		
مالیات بر انتشار (ET)	۲/٤۲۷	۰/٦٥۱	۱۷/٦۳۰	۰/۲٤۹	٤/۲٦۲	۰/٥٥۰	٪ ۱/۹٤−
تغیر نسبت به NP	٪ ۲/۳٦−	٪ ۰/۷۱−	٪ ٤/۳۷−	٪ ۲۰/۰۰−	٪ ٤/۳۷−		

با توجه به نتایج بدست آمده، با درنظر گرفتن سطح یکسانی از انتشـار، سیاسـت شـدت انتشار منجر به کاهش کم‌تر سطوح تعادلی متغیرهای اقتصاد نسبت به شرایط پایه مـی‌گـردد.

همچنین برای بررسی هزینه رفاهی یا همان رفاه از دست‌رفته ناشی از اعمال سیاست‌های زیست‌محیطی، مطلوبیت حاصل از مقادیر تعادلی پس از اعمال سیاست‌های زیست‌محیطی را بررسی می‌کنیم. سیاست شدت انتشار با ۰/۵۶۵ واحد کم‌ترین کاهش را در مطلوبیت نسبت به سناریو پایه ایجاد می‌کند و از این حیث نسبت به دو سیاست دیگر با سطح مطلوبیت ۰/۵۵۰ برتری دارد. اما رویکرد متداول در ادبیات ادوار تجاری حقیقی برای بررسی میزان کاهش در رفاه، بهره‌گیری از معیار میزان کاهش مصرف در سناریو پایه برای دستیابی به سطح مطلوبیت متناظر هر سیاست می‌باشد. به بیان دیگر، میزان کاهش مصرف برای دستیابی به سطح مطلوبیت بدست آمده در هر سیاست، در صورت عدم اعمال هیچگونه محدودیت بر انتشار را به عنوان رفاه از دست رفته جامعه در نظر می‌گیریم. با چنین رویکردی و با توجه به جدول ، سیاست هدف‌گذاری بر شدت انتشار کم‌ترین هزینه رفاهی را به جامعه تحمیل می‌کند و لذا از این بعد سیاست مناسب‌تری می‌باشد.

۲.۴ بررسی آثار سیاست‌های زیست محیطی بر اقتصاد در شرایط نااطمینانی

برای بررسی گرایش مقادیر متغیرهای مدل در بلندمدت، براساس سیستم معادلات بدست‌آمده ابتدا ۱۰۰۰ سری زمانی برای ۱۰۰ سال در نرم‌افزار متلب تحت هر یک از سناریوهای سیاستی شبیه‌سازی گردید؛ سپس میانگین هریک از سری‌های زمانی محاسبه شد. در نهایت میانگین ۱۰۰۰ داده بدست‌آمده –که هر کدام میانگین متغیرها برای ۱۰۰ سال می‌باشد– به عنوان مقادیر بلندمدت متغیرها تحت هر یک از سناریوهای سیاستی در نظر گرفته شده‌است. نتایج در جدول ارائه گردیده‌است.

جدول ۵. گرایش مقادیر بلندمدت مدل در شرایط نااطمینانی تحت سناریوهای سیاستی متفاوت

منبع: محاسبات پژوهش

متغیر / سیاست	مصرف (C)	عرضه کار (L)	سرمایه (K)	انرژی (M)	تولید (Y)	مطلوبیت (U)	رفاه از دست‌رفته
بدون اعمال سیاست (NP)	۲/۴۸۴	۰/۶۵۶	۱۸/۴۳۶	۰/۳۱۲	۴/۴۵۷	۰/۵۶۹	–
تغیر نسبت به NP	–	–	–	–	–		
شدت انتشار	۲/۴۷۶	۰/۶۵۶	۱۸/۳۶۶	۰/۲۴۹	۴/۳۷۷	۰/۵۶۵	-۰/۳۸ ٪

(IT)							
تغیر نسبت به NP	٪ ۰/۳۸-	٪ ۰/۰۰	٪ ۰/۳۸-	٪ ۲۰/۰۰-	٪ ۱/۷۸-		
سقف انتشار (EC)	۲/٤۳۸	۰/٦٥۱	۱۷/۷۲۹	۰/۲٤۹	٤/۲۷٤	۰/٥٥٤	٪ ۱/٤۷-
تغیر نسبت به NP	٪ ۱/۹۳-	٪ ۰/۷۱-	٪ ۳/۳۸-	٪ ۲۰/۰۰-	٪ ٤/۱۰-		
مالیات بر انتشار (ET)	۲/٤٤۱	۰/٦٥۱	۱۷/۷٥٤	۰/۲٤۹	٤/۲۸۰	۰/٥٥٥	٪ ۱/۳٥-
تغیر نسبت به NP	٪ ۱/۸۱-	٪ ۰/۷۱-	٪ ۳/۷۰-	٪ ۲۰/۰۰-	٪ ۳/۹٦-		

سطوح انتظاری بلندمدت متغیرها در فضای نااطمینانی، تقریباً نتایج یکسانی را با مقادیر تعادلی در شرایط قطعیت که در بخش پیش محاسبه شد، نشان می‌دهد.

بررسی سطوح مصرف و مطلوبیت تنها در نقاط تعادلی به عنوان معیاری از هزینه رفاهی سیاست‌های زیست‌محیطی ممکن است نتایج گمراه‌کننده‌ای را به همراه داشته‌باشد؛ زیرا مقایسه سطوح مصرف و مطلوبیت به صورت ایستا، پویایی‌های رسیدن به تعادل جدید را مورد توجه قرار نمی‌دهد. در نظر گرفتن این موضوع، ممکن است نتایج متفاوتی را از منظر هزینه رفاهی سیاست‌های زیست‌محیطی به همراه داشته‌باشد.

برای در نظر گرفتن پویایی‌های مورد اشاره، می‌توان از رویکرد ارزش حال مطلوبیت (Persent Value of Utility (PVU)) بهره‌گرفت. بر اساس این رویکرد، ارزش حال مطلوبیت حاصل از مصرف و فراغت در هر دوره زمانی تا رسیدن به تعادل با توجه به نرخ تنزیل ذهنی، محاسبه می‌شود. مجموع ارزش حال مطلوبیت مطابق با رابطه (۲٤) ملاکی برای مقایسه سیاست‌های زیست‌محیطی را فراهم می‌آورد.

$$PVU = \sum_{t=0}^{n} \beta^t [ln(C_t) + \omega ln(1 - L_t)] \qquad (۲٤)$$

در رابطه (۲٤)، β عامل تنزیل می‌باشد. بر این اساس جدول ٦ ارزش حال مطلوبیت را برای سه دوره زمانی ۳۰، ٦۰ و ۹۰ ساله تحت سیاست‌های زیست‌محیطی مورد نظر نشان می‌دهد.

جدول ۶. ارزش حال مطلوبیت تحت سیاست‌های زیست‌محیطی

منبع: محاسبات پژوهش

سیاست	شدت انتشار	سقف انتشار	مالیات بر انتشار

بازه زمانی			
۳۰ سال	۸/٤٦۰۹	۸/٤۹۱۷	۸/٥٤٤۱
٦۰ سال	۱۰/۲۷۰۸	۱۰/۲٥٦۹	۱۰/۲۹۳۸
۹۰ سال	۱۰/٦٤۷۷	۱۰/٦۲۳۷	۱۰/٦٦۰۷

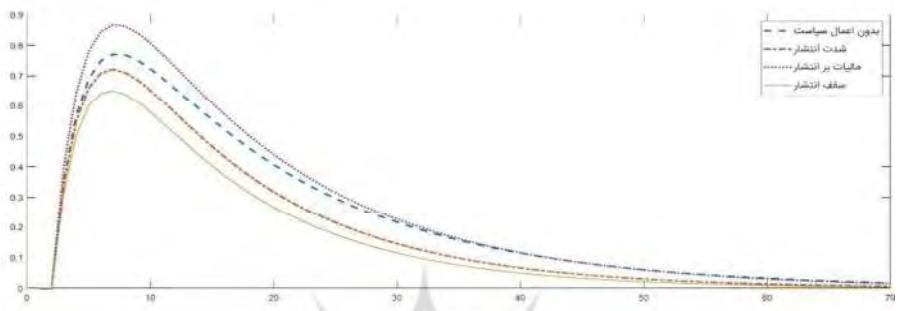
بر اساس رویکرد ارزش حال مطلوبیت، سیاست مالیات بر انتشار بیشترین ارزش حال مطلوبیت را در همه بازه‌های زمانی مورد نظر دارد که این موضوع حاکی از آن است که با اعمال این سیاست تا رسیدن به تعادل جدید، رفاه جامعه نسبت به سایر سیاست‌ها در سطح بالاتری قرار می‌گیرد. نکته مهم دیگری که از جدول ٦ بدست می‌آید این است که با وجود عملکرد بهتر سیاست شدت انتشار در بازه زمانی ٦۰ و ۹۰ ساله از منظر ارزش حال مطلوبیت، این سیاست عملکرد ضعیف‌تری نسبت به سیاست سقف انتشار در بازه زمانی ۳۰ ساله دارد. این نتایج در شرایطی است که بر اساس معیار مطلوبیت و سطح مصرف، سیاست شدت انتشار نسبت به دو سیاست دیگر کم‌ترین کاهش در رفاه را نسبت به حالت پایه نشان می‌داد.

۳.۴ بررسی توابع عکس‌العمل آنی

با توجه به هدف اصلی این پژوهش، در این بخش به این پرسش پاسخ می‌دهیم که تحت سیاست‌های زیست‌محیطی مورد نظر، واکنش هر یک از متغیرهای مدل در صورت وقوع تکانه موقت بهره‌وری چگونه خواهد بود. برای شبیه‌سازی اقتصاد درصورت وقوع شوک بهره‌وری، تکانه‌ای به میزان یک انحراف معیار پسماند رگرسیون پارامتر بهره‌وری که برابر با ۱/۵ درصد است را در نظر می‌گیریم و نمودار عکس العمل آنی متغیرها را در پاسخ به این شوک ترسیم می‌کنیم. محور افقی زمان و محور عمودی درصد انحراف متغیر از سطح تعادلی در همان سیاست را نشان می‌دهد.

ابتدا واکنش سطح سرمایه به تکانه موقتی بهره‌وری را بررسی می‌کنیم. در همه سناریوها وقوع تکانه موقت بهره‌وری موجب افزایش سطح سرمایه می‌گردد؛ با این تفاوت که شدت این افزایش در سیاست‌های مختلف، متفاوت است. سیاست مالیات بر انتشار با ۰/۸٤ درصد تغییر نسبت به تعادل بیش‌ترین افزایش را در سطح سرمایه به همراه دارد و تکانه بهره‌وری سطح سرمایه را در این سیاست با نوسان بیش‌تری همراه می‌سازد. در نقطه مقابل، سیاست سقف انتشار کم‌ترین افزایش در سطح سرمایه را به همراه دارد؛ به‌گونه‌ای که سطح سرمایه با وقوع تکانه بهره‌وری به میزان ۰/٦٥ درصد نسبت به سطح تعادلی افزایش می‌یابد. در

خصوص شدت انتشار نیز، افزایش در سطح سرمایه برابر با ۰/۷۲ درصد می‌باشد که کم‌تر از زمانی است که هیچ سیاست زیست‌محیطی اعمال نشده‌بود. نمودار ۲نمودار ۱ تابع عکس‌العمل شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار متلب را برای سطح سرمایه تحت سناریوهای مختلف سیاستی نشان می‌دهد.

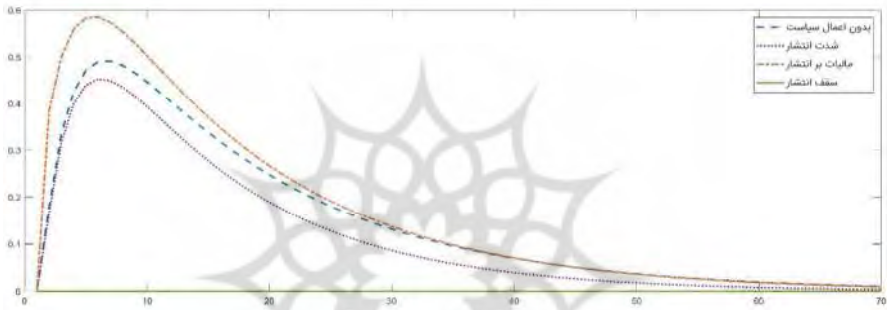


نمودار ۲. تابع عکس‌العمل آنی سطح سرمایه به تکانه بهره‌وری به میزان یک انحراف معیار
منبع: یافته‌های پژوهش

بررسی واکنش عرضه نیروی‌کار نیز حاکی از این است که در صورت وقوع تکانه موقت بهره‌وری، سطح اشتغال در همه سیاست‌ها با افزایش همراه می‌شود؛ نتیجه‌ای که در تضاد با تحلیل تعادلی است. در تحلیل تعادلی با توجه به معادلات بدست آمده این نتیجه حاصل شد که نیروی کار نسبت به شوک دائمی بهره‌وری بی‌کشش و یا مخالف جهت پارامتر بهره‌وری حرکت می‌کند.

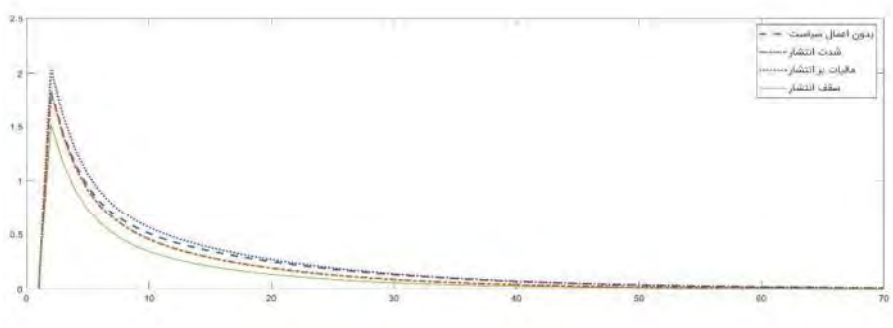
نمودار ۳. تابع عکس‌العمل آنی عرضه کار به تکانه بهره‌وری به میزان یک انحراف معیار
منبع: یافته‌های پژوهش

همانگونه که از نمودار ۳ مشخص است در صورتی که در اقتصاد تکانه موقتی بهره‌وری اتفاق بیفتد، در سیاست مالیات بر انتشار نسبت به سناریو پایه و همچنین سایر سیاست‌ها با افزایشی ۱/۰۵ درصدی، بیش‌ترین اثرگذاری را بر عرضه نیروی کار و اشتغال دارد. این درحالی است که سیاست شدت انتشار ۰/٤٥ درصد، سیاست سقف انتشار ۰/٤۲ درصد و سناریو پایه ۰/٤۹ درصد افزایش را در سطح اشتغال نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تحت سیاست مالیات بر انتشار کشش عرضه کار نسبت به تکانه موقت بهره‌وری بیش از سناریو پایه است و در دو سیاست دیگر با وقوع تکانه بهره‌وری انحراف اشتغال کم‌تر از سناریو پایه می‌شود.



نمودار ۴. تابع عکس‌العمل آنی سطح انتشار به تکانه بهره‌وری به میزان یک انحراف معیار
منبع: یافته‌های پژوهش

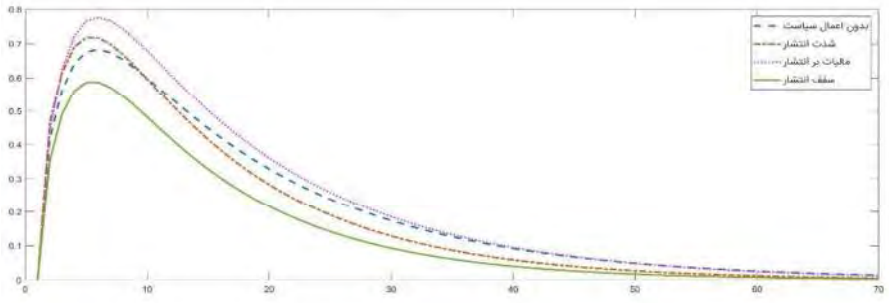
همانند متغیرهای سرمایه و عرضه نیروی کار، حساسیت سطح انتشار نسبت به تکانه موقت بهره‌وری تحت سیاست مالیات بر انتشار نسبت به سناریو پایه افزایش یافته‌است؛ به گونه‌ای که وقوع تکانه موقت بهره‌وری به میزان ۱/۵ درصد موجب افزایش ۰/۵۸ درصدی در سطح انتشار می‌گردد. این در حالی است که در سیاست شدت انتشار، افزایش سطح انتشار کم‌تر از سناریو پایه می‌باشد. در سیاست سقف انتشار نیز با توجه به ساز و کار این سیاست، سطح انتشار ثابت می‌باشد.



نمودار ۵. تابع عکس‌العمل آنی تولید به تکانه بهره‌وری به میزان یک انحراف معیار
منبع: یافته‌های پژوهش

همانگونه که از نمودار **Error! Reference source not found.** مشخص است، در صورت وقوع تکانه موقت بهره‌وری تولید تحت سیاست شدت انتشار افزایشی برابر با سناریو پایه را نشان می‌دهد. همچنین مطابق انتظار اعمال سیاست سقف انتشار، کشش تولید به تکانه بهره‌وری را کاهش می‌دهد. این درحالی است که تحت سیاست مالیات بر انتشار، تولید با وقوع تکانه موقت بهره‌وری افزایش بیش‌تری را نسبت به سایر سناریوهای سیاستی نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت حساسیت تولید به تکانه‌های موقت بهره‌وری در سیاست مالیات بر انتشار بیش از سایر سناریوهای سیاستی می‌باشد.

مصرف، متغیر دیگر مورد توجه در این پژوهش است که در ادامه به بررسی واکنش آن به تکانه موقت بهره‌وری می‌پردازیم. تحت سیاست‌های زیست‌محیطی مالیات بر انتشار و شدت انتشار با وقوع تکانه موقت بهره‌وری، مصرف نسبت به سناریو پایه افزایش بیش‌تری می‌یابد؛ به‌گونه‌ای که مصرف در این دو سیاست به ترتیب افزایشی برابر با ۰/۷۸ و ۰/۷۲ درصدی را نشان می‌دهد. این در حالی است که مصرف در سناریو پایه در حدود ۰/۶۹ درصد نسبت به سطح تعادلی افزایش می‌یابد. با این حال هر چند حساسیت مصرف به تکانه بهره‌وری در دو سیاست مالیات بر انتشار و شدت انتشار افزایش می‌یابد، اما تعدیل مصرف به سطح تعادلی در این دو سیاست نسبت به سناریو پایه با سرعت بیش‌تری صورت می‌پذیرد. در سیاست سقف انتشار نیز حساسیت مصرف به تکانه موقت بهره‌وری نسبت به سناریو پایه کاهش می‌یابد.



نمودار ۶. تابع عکس‌العمل آنی مصرف به تکانه بهره‌وری به میزان یک انحراف معیار
منبع: یافته‌های پژوهش

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی

۱.۵ بخش نخست: نحوه تغییر مقادیر تعادلی متغیرها با اعمال سیاست‌های زیست محیطی

اعمال هر یک از سیاست‌های زیست‌محیطی موجب تغییر در تعادل اقتصاد و در نتیجه تغییر در مقادیر تعادلی متغیرها می‌گردد. در حقیقت اعمال سیاست‌های زیست‌محیطی با ایجاد محدودیت در بکارگیری نهاده آلاینده، موجب کاهش حجم اقتصاد می‌شود که میزان کاهش در مقادیر تعادلی متغیرها در سیاست‌های مختلف با توجه به سازوکار مربوط به هر سیاست متفاوت می‌باشد. بر پایه نتایج بدست‌آمده، سیاست شدت انتشار از میان سه سناریو سیاستی کم‌ترین کاهش را در سطوح تعادلی متغیرها ایجاد می‌کند. به بیان دیگر، اعمال این سیاست و ایجاد محدودیت از طریق هدف‌گذاری بر شدت انتشار کم‌ترین اثر منفی را بر اقتصاد از بعد سطوح تعادلی دارد. دو سیاست مالیات بر انتشار و سقف انتشار عملکرد مشابهی داشتند و کاهش در مقادیر تعادلی در این دو سیاست یکسان و بیش از سیاست شدت انتشار بود. همچنین از حیث هزینه رفاهی در سطوح تعادلی، سیاست شدت انتشار کم‌ترین هزینه رفاهی را چه از بعد کاهش در مطلوبیت و چه از بعد کاهش مصرف نسبت به دو سیاست دیگر به همراه دارد.

۲.۵ بخش دوم: واکنش متغیرها به تکانه موقت بهره‌وری تحت سیاست‌های زیست‌محیطی مختلف

در صورتی که اقتصاد با تکانه بهره‌وری روبرو شود، متغیرهای اقتصادی مورد نظر تحت سناریوهای سیاستی زیست‌محیطی مختلف، واکنش موافق چرخه‌ای دارند. به بیان دیگر درصورتی که شوک مثبت بهره‌وری اتفاق بیفتد، سطوح متغیرهای مدل با تکانه مثبت همراه می‌شود. البته سطح انتشار در سیاست سقف انتشار از این قاعده مستثنی می‌باشد؛ به‌گونه‌ای که با توجه به ماهیت و سازوکار تعدیلات قیمتی در این سیاست، میزان انتشار همواره در سطح معینی ثابت باقی می‌ماند. از میان سیاست‌های مورد مطالعه، اقتصاد تحت سیاست مالیات بر انتشار بیش‌ترین حساسیت را به تکانه موقت بهره‌وری داشته و همه متغیرهای مورد مطالعه در این سیاست بیش‌ترین انحراف را از وضعیت تعادلی در مواجه با تکانه موقت بهره‌وری نشان می‌دهند. نکته قابل توجه این است که نه تنها این سیاست نسبت به دو سیاست دیگر بیش‌ترین انحراف را از وضعیت تعادلی در مواجه با تکانه موقت بهره‌وری نشان می‌دهد، بلکه بر اساس نتایج بدست آمده اعمال سیاست مالیات بر انتشار، حساسیت اقتصاد را به تکانه موقت بهره‌وری نسبت به سناریو پایه نیز افزایش می‌دهد. در نقطه مقابل، سیاست سقف انتشار قرار دارد که متغیرهای اقتصادی مورد مطالعه تحت این سیاست، کم‌ترین واکنش را به تکانه موقت بهره‌وری نسبت به تمام سناریوهای سیاستی به همراه دارد. متغیرهای مورد مطالعه تحت سیاست شدت انتشار و سناریو پایه، به طور نسبی واکنش یکسانی را از خود نشان می‌دهند و می‌توان بیان کرد که اعمال سیاست شدت انتشار، تغییر محسوسی را در واکنش متغیرهای اقتصادی به تکانه موقت بهره‌وری ایجاد نمی‌کند.

در رابطه با این موضوع که کدامیک از ابزارهای سیاستی مورد مطالعه، سناریو بهینه سیاستی برای کاهش سطح انتشار می‌باشد، می‌توان گفت؛ پاسخ به این پرسش بستگی به اهداف ثانویه سیاست‌گذار دارد. به بیان دیگر، همه سیاست‌های مورد مطالعه در این پژوهش در بلندمدت توانایی کاهش میزان انتشار به سطح معینی را دارند؛ اما همانگونه که مشاهده شد، هر کدام از این سیاست‌ها از یکسو آثار متفاوتی بر سطوح تعادلی متغیرهای کلان اقتصادی به‌همراه دارند و از سوی دیگر، شدت واکنش متغیرهای اقتصادی به تکانه‌های موقت بهره‌وری در سناریوهای سیاستی مختلف، متفاوت می‌باشد.

به عنوان مثال در صورتی که سطح اشتغال برای سیاست‌گذار از اهمیت بالایی برخودار باشد، سیاست شدت انتشار می‌تواند سیاست بهینه تلقی گردد و یا اگر کاهش سریع میزان انتشار به سطح مورد نظر اولویت باشد، سیاست سقف انتشار می‌توان گزینه سیاستی مطلوب باشد. همچنین اگر اثرپذیری اقتصاد از تکانه‌های بهره‌وری و یا بیش‌ترین رفاه درطول دوره گذار ملاک انتخاب سیاست باشد، سیاست مالیات بر انتشار این ویژگی را فراهم می‌آورد. بنابراین انتخاب سیاست بهینه بستگی به اولویت‌های سیاست‌گذار دارد.

پی‌نوشت‌ها

۱. در این مطالعه با توجه به رابطه مثبت مصرف انرژی و انتشار گاز CO_2 میزان انتشار آلودگی را معادل با میزان مصرف انرژی در نظر گرفته‌ایم.

۲. کشش جانشینی بین‌دوره‌ای واحد برای مصرف در مطالعه‌ای توسط ابراهیمیان و مدنی‌زاده (۱۳۹٦)، برای اقتصاد ایران تبیین گردیده‌است.

۳. در این مطالعه مقدار انتشار آلودگی متناسب با مقدار استفاده از نهاده آلاینده تولید (M) در نظر گرفته شده است.

٤. منظور از تعادل پایدار آن سطحی از متغیرها در غیاب شاخص زمان است. به طور مثال درحالت تعادل، متغیر $C_{t+1} = C_t = C$ می‌باشد.

۵. یعنی سطح انتشار در هر سیاست، پس از اعمال سیاست یکسان باشد. $(M_{IT} = M_{ET} = M_{EC})$

٦. بنابراین افزایش تولید از این منظر محدود می‌گردد.

۷. شامل بنزین، نفت سفید، نفت گاز، نفت مایع و نفت کوره

کتاب‌نامه

آهنگری، عبدالمجید، فرازمند، حسن، منتظرحجت، امیرحسین، هفت‌لنگ، رضا.(۱۳۹۷). اثرات مالیات سبز بر رشد اقتصادی و رفاه در ایران: رویکرد تعادل عمومی تصادفی پویا. فصلنامه اقتصاد مقداری، دوره ۱۵: ٦۱-۲۷.

بهرامی، جاوید، قریشی، نیره سادات.(۱۳۹۰). تحلیل سیاست‌های پولی در اقتصاد ایران با استفاده از رویکرد تعادل عمومی پویای تصادفی. فصلنامه مدلسازی اقتصادی، شماره ۱: ۲۲-۱.

جهانگرد، اسفندیار.(۱۳۹۵). محیط زیست و برنامه های توسعه در ایران. فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، شماره ۲: ۱٤٤-۱۰۵.

خیابانی، ناصر، امیری، حسین.(۱۳۹۱). طراحی یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی اقتصاد باز جهت بررسی تأثیر شوک‌های نفتی بر متغیرهای کلان اقتصادی. فصلنامه اقتصاد مقداری، دوره ۹: ۵۹-۲۱.

خیابانی، ناصر، دلفان، محبوبه.(۱۳۹۵). تکانه درآمد نفت و تخصیص مجدد فعالیت‌های اقتصادی در یک کشور صادر کننده نفت؛ مورد ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی برنامه ریزی و بودجه، سال بیست‌ویکم، شماره سوم: ۲۲-۳.

درگاهی، حسن، بهرامی، جاوید، غلامی، مینا. (۱۳۹۰). عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در اقتصاد کشورهای صنعتی و کشورهای صادرکننده نفت و توصیه‌های سیاستی برای ایران: رویکرد داده‌های پانل. فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست، ۹۹-۷۳.

رافعی، میثم، بهرامی، جاوید،دانش جعفری، داوود. (۱۳۹۳). ارزیابی سیاست مالی برای اقتصاد ایران در یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی مبتنی بر ادوار تجاری حقیقی. فصلنامه پژوهش های اقتصادی، شماره ٥٤: ٦٥-۳۳.

صادقی، حسین، اسلامی، مجید. (۱۳۸۹). رشد اقتصادی و آلودگی زیست محیطی در کشورهای عضو پیمان کیوتو. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هشتم، شماره ۳۰: ۳۲-۱.

صمدی، علی‌حسین، زیبایی، منصور، قادری، جعفر، پریسا، بهلولی. (۱۳۹۸). سیاست بهینه زیست‌محیطی، نااطمینانی و کیفیت نهادی: مطالعه موردی ایران. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، سال نوزدهم: ۸۲-۵۳.

متفکر آزاد، محمد علی، محمدی، رباب. (۱۳۹۱). بررسی اثرات رشد اقتصادی، مصرف انرژی و درجه باز بودن تجاری بر کیفیت محیط زیست در ج. ا. ایران. فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، سال اول، شماره ۳: ۱۰٦-۸۹

متوسلی، محمود. (۱۳۸۸). طراحی یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی نیوکینزی برای اقتصاد ایران به عنوان یک کشور صادر کننده نفت. فصلنامه پژوهش های اقتصادی، سال دهم، شماره ٤: ١١٦-۸۷

مدنی‌زاده، سیدعلی، ابراهیمیان، مهران. (۱۳۹٦). طراحی و کالیبراسیون مدل تعادل عمومی پایه برای اقتصاد ایران. فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۸: ٤۲-۷.

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.

Brock, W. A., Mirman, L. J. (1972). Optimal Economic Growth and Uncertainty: The Discounted Case. Journal of Economic Theory, 4: 497-513.

Cooley, F. (1994). Frontier of Business Cycle Research, Princeton University Press.

Jotzo F., Pezzey J.C.V. (2007). Optimal intensity targets for emissions trading under uncertainty, Environmental and Resource Economics, 83: 280–286.

Fischer, C., Heutel, G. (2013). Environmental macroeconomics: environmental policy, business cycles, and directed technical change. Annu. Rev. Resour. Econ , 5: 197–210.

Fischer, C., Springborn, M. (2011). Emissions targets and the real business cycle: intensity targets versus caps or taxes. J. Env. Econ. Manag, 62: 352–366.

Greenstone M., List J., Syverson C. (2012). The effects of environmental regulation on the competitiveness of U.S. manufacturing. Work. Pap. NBER.

Halicioglu, Ferda. (2009). An Econometric Study of CO2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey. The Journal of Energy Policy, 37: 1156-1164.

Hansen, G. (1985). Indivisible labor and the business cycle. J. Monetary Econ, 16: 309–327.

Heutel G, Ruhm C. (2012). Air pollution and procyclical mortality. Work. Pap. Univ. of North Carolina at Greensboro.

Heutel G. (2012). How should environmental policy respond to business cycles? Optimal policy under persistent productivity shocks. Rev. Econ. Dynamics, 15: 244–264.

Hodrick, Robert and Edward Prescott. (1980). Post-war Business Cycles: An Empirical Investigation. Working Paper, Carnegie-Mellon University.

Jones. I. Charels. (2016). Life and Growth. Journal of Political Economy: Vol 124.

Kaldor, N. (1957). A Model of Economic Growth. Economic Journal, 67: 591-624.

King, Robert G. and Sergio Rebelo. (1999). Resuscitating Real Business Cycles. in John Taylor and Michael Woodford, eds., Handbook of Macroeconomics, volume 1B, 928-1002.

Kydland, Finn E. and Edward C. Prescott. (1982). Time to Build and Aggregate Fluctuations. Econometrica, 50: 1345-1370.

Newell, R.G., Pizer, W.A. (2008). Indexed Regulation. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.

Pizer, W. (1999). The optimal choice of climate change policy in the presence of uncertainty. Resource Energy Econ, 21: 255-287.

Quirion, P. (2005). Does uncertainty justify intensity emission caps. Resource and Energy Economics, 27: 343–353.

Rebelo, Sergio. (2005). Real Business Cycle Models: Past, Present, and Future. NBER.

S. Peterson. (2008). Intensity targets: implications for the economic uncertainties of emissions trading, in: B. Hansj urgens, R. Antes (Eds.), Economics and Management of Climate Change: Risks, Mitigation and Adaptation. Springer, New York, NY.

Stern, N. (2008) .The economics of climate change. Am. Econ. Rev. 98: 1–37.

U.S. Environmental Protection Agency Office of Air and Radiation. 2011. The benefits and costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020.

Weitzman, M.L.(1994). Pricesvs. quantities. Rev.Econ.Stud, 41: 477–491.