

*New Economy and Trade,*

Institute for Humanities 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 mirekandari\***

### **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, Department 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.

۱۳۶ اقتصاد و تجارت نوین، سال پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۹

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

**JEL Classification:** E32,Q5,C5

## 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 محسوس 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

\* کارشناس ارشد علوم اقتصادی، دانشگاه علامه طباطبائی،raziemirskandari@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸

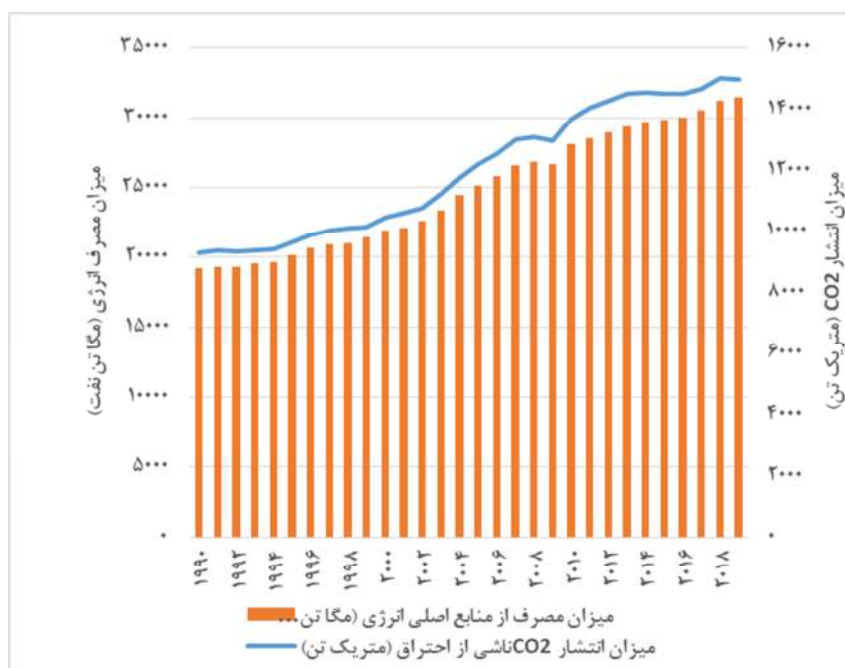
## ۱. مقدمه

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 ۱/۵ درجه 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 ۴ 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 ۲۰۱۴ بخش‌های برق و گرمایش (۲۵ درصد)، تغییرات کاربری زمین، جنگل و کشاورزی (۲۴ درصد)، حمل و نقل (۱۴ درصد)، صنعت (۲۱ درصد) و ساختمان (۶ درصد) به عنوان مهمترین منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان به‌شمار می‌آیند.

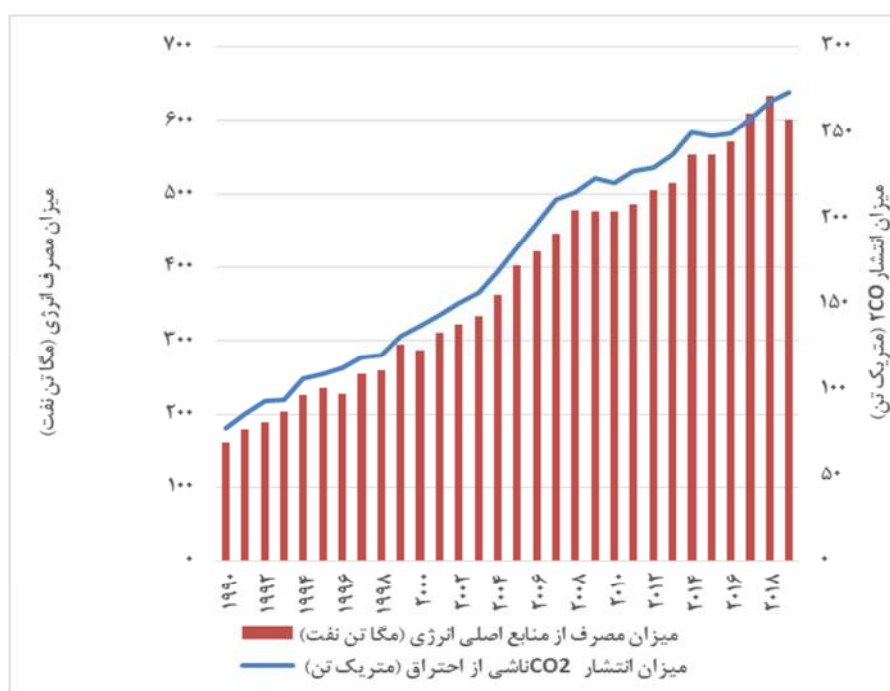
با توجه به تفکیک بخش‌های مختلف اقتصادی در انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌توان اینگونه بیان کرد که اولاً اکثر کشورهایی که بیش‌ترین سهم را در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند، کشورهایی با صنایع عظیم، ظرفیت تولید و جمعیت بالا هستند. ثانیاً میزان استفاده از سوخت‌های فسیلی نسبت به سایر انرژی‌های تجدیدپذیر در تشدید 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 قرار گرفته و روند رو به رشدی داشته باشد. از سوی دیگر، ارتباط تنگاتنگ بین مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، بویژه CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> در ایران از ۳/۶ تن در ۱۹۹۰ به ۶/۹ تن در ۲۰۰۸ افزایش یافته است.



نمودار ۱. میزان مصرف انرژی و انتشار CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> افزایش یافته است. همچنین مشاهده این روند در کشور ایران نیز نشان دهنده افزایش انتشار CO<sub>2</sub> با افزایش مصرف انرژی می‌باشد<sup>۱</sup>.



نمودار ۲. میزان مصرف انرژی و انتشار CO<sub>2</sub> 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 زیست‌محیطی 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 منجر به 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 و کیفیت 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 آمریکا را تشکیل می‌دهند. همچنین در این خصوص می‌توان به گزارش چشم اندازی که توسط آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا 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 آمریکا 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 سیاست‌گذاری‌ها 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 داشته‌اند.

مدل استاندارد چرخه‌های تجاری حقیقی که در مقاله مهم کیدلند و پرسکات (Kydland & Prescott 1980) 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 نهاد 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 آلوده‌کننده (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 هدف‌گذاری 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 پیشینه پژوهش

مطالعات در حوزه عملکرد قواعد محیط‌زیستی با پژوهش ویتزمن (Bovenberg & Weitzman 1974) 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 کمی، 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 در نظر گرفتن 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 کرده‌اند. پس از آن برای اولین بار پیزر (Pizzer ۱۹۹۹) برای مقایسه نرخ‌های کنترلی و مالیات از رویکرد تعادل عمومی پویای تصادفی استفاده کرد. همچنین یکی از مدل‌های مشهور محیط‌زیستی 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 (مثلاً تولید بیش‌تر کربن) و دینامیک بلندمدت (مثلاً افت تولید ناخالص 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 در نظر 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 محیط زیست پرداخته است. منبع شوک برونزا در این مطالعه، نوسانات اقتصادی و نااطمینانی شوک های محیط زیستی می باشد. در راستای این هدف مقدار حداکثری رفاه با فرض اعمال هر یک از این سیاست های پیش گفته، محاسبه شده است. نتایج نشان می دهد 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 می شود که چنانچه منبع نااطمینانی، نوسانات اقتصادی باشد، مالیات ها از عملکرد بهتری برخوردارند و چنانچه منبع نااطمینانی شوک های محیط زیستی باشد، کارآیی قواعد محیط زیستی بهتر خواهد بود.

فیشر و اسپرینگبورن (Fischer & Springborn 2011) در مطالعه ای به بررسی عملکرد اقتصاد کلان در نتیجه اعمال سیاست های زیست محیطی مالیات بر انتشار گازهای گلخانه ای، میزان انتشار گازهای گلخانه ای و روند شدت در یک مدل چرخه های تجاری حقیقی که در آن آلاینده گی به عنوان یک نهاده تولید در نظر گرفته شده است، می پردازند. نتایج این مطالعه حاکی از این است که کاهش آلودگی ناشی از کاهش تولید، تحت خط مشی های سیاست های زیست محیطی متفاوت منجر به واکنش های متفاوت متغیرهای کلان اقتصادی نسبت به شوک ها می شود.

آنیکیاریکو و دی دیو (Annicchiario, Di Dio ۲۰۱۵) در تحلیل و بررسی عملکرد قواعد زیست محیطی تحت وقوع شوک های اسمی و حقیقی از یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی نیوکینزی استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان می دهد که اولاً سیاست های تبادل نشر محدود (cap-and-trade policy) به دلیل هم جهت بودن مجوزهای انتشار کربن و هزینه های آثار جانبی بنگاه ها، نوسانات اقتصادی را کاهش می دهند. ثانیاً چسبندگی قیمت ها در شکل گیری آثار قواعد اقتصادی نقش اساسی ایفا می کنند؛ به طوری که در رژیم سیاستی قاعده تعیین اهداف شدتی مشاهده می شود، زمانی که چسبندگی قیمت ها افزایش یابد، نوسانات اقتصادی نیز افزایش می یابد. ثالثاً پاسخ بهینه قواعد محیط زیستی به شوک های وارده بر اقتصاد به شدت تحت تأثیر درجه چسبندگی قیمت ها و واکنش سیاست های پولی قرار دارد.

خان و همکاران (Khan et al. ۲۰۱۹) در پژوهشی با استفاده از مدل های تعادل عمومی پویای تصادفی با بررسی واکنش چرخه های انتشار کربن به شوک های 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 هر کدام از شوک‌ها، انتشار کربن به تدریج افزایش می‌یابد. بررسی توابع عکس‌العمل 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 می‌دهند. شوک‌های طرف تقاضا، هزینه‌های دولت و شوک‌های پولی کمتر از ۱٪ درصد تغییرات میزان انتشار را تشکیل می‌دهند.

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 در نظر گرفتن آلودگی به‌عنوان یک محصول فرعی تولید و بهره‌گیری از مدل تعادل عمومی پویای تصادفی باز کوچک نئوکیزی، 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 اقتصادی 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 والرایی 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 شده است. در این پژوهش ابتدا با بهره‌گیری از مقاله اسپرینگ برن و فیشر (۲۰۱۱) (Fischer & Springborn) یک اقتصاد پویای بسته (رایبسون کروزه‌ای (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 هر یک از متغیرها با وقوع یک تکانه دائمی بهره‌وری را تحلیل می‌کنیم. سناریوهای سیاستی در این پژوهش از یکسو شامل سه سیاست زیست محیطی 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:

$$U_t = (C_t, l_t) \quad (1)$$

در این رابطه مطلوبیت 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<sup>۲</sup>، تصریح تابع

مطلوبیت خانوار نمونه در هر نقطه از زمان همانند مطالعه هنسن (۱۹۸۵) به صورتی است که در رابطه **Error! Reference source not found.** (۲) بیان گردیده است:

$$U_t = \ln(C_t) + \omega \ln(I_t) \quad (2)$$

### ۲.۳ بنگاه‌ها

در این پژوهش فرض بر این است که تعداد زیادی بنگاه یکسان و قیمت‌پذیر وجود دارد که با نهاده‌های نیروی کار، سرمایه و کالای واسطه‌ای آلوده‌کننده به تولید محصولات می‌پردازند. بنابراین می‌توان رابطه (۳) برای تولید بنگاه نمونه در اقتصاد در نظر گرفت:

$$Y_t = \theta F(K_t, M_t, L_t) \quad (3)$$

که در آن  $(L_t)$  نیروی کار،  $(K_t)$  موجودی سرمایه و  $(M_t)$  کالای واسطه آلاینده<sup>۳</sup> و  $(\theta)$  پارامتر بهره‌وری می‌باشد. در این پژوهش نهاده سرمایه در تولید به دو بخش نهاده انرژی،  $M$ ، به عنوان کالای واسطه‌ای آلاینده و سایر کالاهای سرمایه‌ای غیرانرژی،  $K$ ، تقسیم شده است. با فرض کشش ثابت و همچنین بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، تابع تولید را براساس تابع تولید کاب داگاس در نظر می‌گیریم:

$$F(K_t, M_t, L_t) = K_t^\alpha M_t^\gamma L_t^{1-\alpha-\gamma} \quad (4)$$

### ۳.۳ سیاست‌های زیست‌محیطی

میزان انتشار آلودگی و به طور مشخص در این مطالعه انتشار کربن معادل با میزان استفاده از نهاده واسطه‌ای آلوده‌کننده  $M$  قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه هدف از اعمال سیاست‌های زیست‌محیطی کاهش سطح انتشار و یا به بیان دیگر، کاهش سطح بکارگیری نهاده آلاینده می‌باشد، برای وارد کردن قواعد زیست‌محیطی نیاز به اعمال محدودیت‌هایی برای انتشار کربن خواهیم داشت لذا محدودیت انتشار را به صورت رابطه **Error! Reference source not found.** (۵) در نظر می‌گیریم:

$$M_t \leq A_t(Y) \quad (5)$$

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 (۶) می‌گردد.

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & \sum_{t=0}^{\infty} \left\{ \left( \frac{1}{1+r} \right)^t [\ln C_t + \omega \ln(1 - L_t)] \right. \\ & + \lambda_t [\theta_t K_t^\alpha M_t^\gamma L_t^{1-\alpha-\gamma} - C_t - M_t - K_{t+1} + (1 - \delta)K_t] \\ & \left. + \phi_t [A_t(\theta_t K_t^\alpha M_t^\gamma L_t^{1-\alpha-\gamma}) - M_t] \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

که در این رابطه ( $r$ ) نرخ تنزیل، ( $\lambda_t$ ) قیمت سایه‌ای درآمد ملی، ( $\theta_t$ ) 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<sup>۴</sup> 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 در نظر 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  $\phi_t$  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  $\phi_t$  محاسبه و تحلیل می‌گردد و با در نظر 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 هر واحد تولید تعیین می‌شود و اجازه افزایش به آن داده نمی‌شود. بر این اساس با در نظر گرفتن ( $\mu$ ) واحد ضریب انتشار به ازای هر واحد تولید، میزان انتشار آلودگی مجاز در این سیاست برابر با رابطه (۱۸) می‌گردد:

$$A(Y) = My \quad (18)$$

### 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:

$$A(Y) = \bar{M} \quad (19)$$

### ۴.۵.۳ مالیات بر انتشار آلودگی

برخلاف سیاست سقف انتشار که میزان مجوزهای انتشار را ثابت و قیمت آن را متغیر در نظر 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 ارزش نهایی درآمد را می‌توان همانند رابطه (۲۰) در نظر گرفت:

$$\hat{\varphi} = \tau \quad (20)$$

در جدول ۱ خلاصه نتایج جهت تحلیل سیاست‌های مورد نظر در حالت قطعیت ( $\theta = 1$ ) نشان داده شده است؛ به گونه‌ای 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)
M	$\gamma$	$\mu$	$\frac{\bar{M}}{Y}$	$\frac{\gamma}{1+\tau} = \frac{\bar{M}}{Y}$
Z	$\frac{(1-\alpha-\gamma)}{\omega(1-\gamma-\delta\beta\alpha)}$	$\frac{(1-\alpha-\gamma)}{\omega(1-\gamma-\delta\beta\alpha)}$	$\frac{(1-\alpha-\gamma)}{\omega(1-m-\delta\beta\alpha)}$	$\frac{(1-\alpha-\gamma)}{\omega(1-m-\delta\beta\alpha)}$
c	$\frac{(1-\gamma)}{-\delta\beta\alpha}$	$\frac{(1-\gamma)}{-\delta\beta\alpha} \frac{(1-\mu)}{(1-\gamma)}$	$1-m-\delta\beta\alpha$	$1-m-\delta\beta\alpha$
$\frac{dY/Y}{d\theta/\theta}$	$\frac{1}{1-\alpha-\gamma}$	$\frac{1}{1-\alpha-\gamma}$	$\frac{\theta^{1-\alpha}}{1-\alpha-(1-\alpha-\gamma)\left(\frac{\partial L/L}{\partial Y/Y}\right)}$	$\frac{1}{1-\alpha-\gamma}$
منبع: فیشر و اسپیرینگورن 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 در نظر 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 به گونه‌ای اعمال نماییم که پس از اعمال سیاست سطح آلودگی به میزان یکسانی کاهش یابد، 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:

$$\mu < \frac{\gamma}{1+\tau} = \frac{\bar{M}}{\bar{Y}} \quad (21)$$

در خصوص سرانه مصرف می‌توان مشاهده کرد که سرانه مصرف به ازای هر واحد تولید با اعمال سیاست‌های زیست‌محیطی نسبت به حالت پایه افزایش می‌یابد؛ این موضوع عمدتاً ناشی از کاهش شدیدتر تولید در مقایسه با کاهش مصرف در نتیجه اعمال سیاست‌های زیست‌محیطی 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 در خصوص سرانه مصرف به ازای هر واحد تولید میان این دو سیاست و سیاست شدت انتشار مقایسه انجام داد.

در نهایت مقایسه کشش تولید نسبت به پارامتر بهره‌وری در سیاست‌های زیست‌محیطی 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<sup>۶</sup> 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. با توجه به اینکه معادلات تعادلی و سیستم معادلات مدل بر حسب پارامترها بدست آمده‌است، برای دستیابی به مقادیر تعادلی و همچنین کمی کردن 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 روندزایی 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 ( $\gamma$ ) برابر است با میانگین سالانه نسبت هزینه انرژی به تولید ناخالص داخلی بدون نفت:

سه نهاده فرآورده‌های نفتی<sup>۷</sup>، گاز طبیعی و برق به عنوان نهاده‌های اصلی انرژی در نظر گرفته شده‌است. 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 ( $\alpha$ )

یکی از فروض در نظر گرفته شده، 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 ۰/۶۱ بدست می‌آید.

- پارامتر تابع مطلوبیت ( $\omega$ ) 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 ۲۴ ساعت، مقدار پارامتر تابع مطلوبیت 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	$1 - \alpha - \gamma$	۰/۳۲	محاسبات پژوهش
۲	$\gamma$	۰/۰۷	محاسبات پژوهش
۳	$\alpha$	۰/۶۱	محاسبات پژوهش
۴	$\beta$	۰/۹۶	توکلیان (۱۳۹۱)
۵	$\omega$	۰/۳۲	محاسبات پژوهش
۶	$\delta$	۰/۰۴۲	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 در نظر می‌گیریم و به صورت رابطه (۲۲) تعریف می‌گردد:

$$\theta_t = \exp(z_t) \quad (22)$$

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

$$z_t = \eta z_{t-1} + \varepsilon_t \quad (23)$$

که در آن  $\varepsilon_t$  متغیر تصادفی مستقل با توابع توزیع یکسان (Independent and identically distributed) می‌باشد که از توزیع نرمال با میانگین صفر و انحراف معیار  $\sigma$  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)

مقدار کالیبره شده	پارامتر	
۰/۶۶	ضریب خود همبستگی تکانه بهره‌وری تولید غیرنفتی (تکنولوژی)	$\eta$
۰/۱۵	انحراف معیار پسماند رگرسیون بهره‌وری تولید غیرنفتی (تکنولوژی)	$\sigma$

## ۴. 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

خطی سازی، ابتدا مقادیر اولیه متغیرها با توجه به معادلات تعادلی و همچنین پارامترهای مقداردهی شده، تعیین گردد.

بر اساس رویکرد تحلیلی ارائه شده، مقادیر تعادلی متغیرهای مدل مورد نظر را در وضعیت قطعیت، یعنی  $\theta = 1$ ، به صورت عددی بررسی می‌کنیم. در تمامی سناریوهای مورد نظر، شدت اعمال سیاست‌ها به گونه‌ای است که کاهش میزان انتشار آلودگی یکسان می‌باشد و با کاهش ۲۰ درصدی نسبت به سناریو پایه مواجه گردد. جدول نتایج مربوط به سطوح تعادلی متغیرها تحت هر یک از سیاست‌ها و تغییر آن‌ها نسبت به سناریو پایه را بر 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)	۲/۴۸۶	۰/۶۵۶	۱۸/۴۳۶	۰/۳۱۲	۴/۴۵۷	۰/۵۶۹	-
تغییر نسبت NP به	-	-	-	-	-	-	-
شدت انتشار (IT)	۲/۴۷۵	۰/۶۵۶	۱۸/۳۵۵	۰/۲۴۹	۴/۳۷۶	۰/۵۶۵	-۰/۴۳٪
تغییر نسبت NP به	-۰/۴۴٪	۰/۰۰٪	-۰/۴۴٪	-۲۰/۰۰٪	-۱/۸۲٪	-	-
سقف انتشار (EC)	۲/۴۲۷	۰/۶۵۱	۱۷/۶۳۰	۰/۲۴۹	۴/۲۶۲	۰/۵۵۰	-۱/۹۴٪
تغییر نسبت NP به	-۲/۳۶٪	-۰/۷۱٪	-۴/۳۷٪	-۲۰/۰۰٪	-۴/۳۷٪	-	-
مالیات بر انتشار (ET)	۲/۴۲۷	۰/۶۵۱	۱۷/۶۳۰	۰/۲۴۹	۴/۲۶۲	۰/۵۵۰	-۱/۹۴٪
تغییر نسبت NP به	-۲/۳۶٪	-۰/۷۱٪	-۴/۳۷٪	-۲۰/۰۰٪	-۴/۳۷٪	-	-

با توجه به نتایج بدست آمده، با در نظر گرفتن سطح یکسانی از انتشار، سیاست شدت انتشار منجر به کاهش کم‌تر سطوح تعادلی متغیرهای اقتصاد نسبت به شرایط پایه می‌گردد.

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 دست‌رفته 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	-
تغییر نسبت به NP	-	-	-	-	-	-	-
شدت انتشار	۲/۴۷۶	۰/۶۵۶	۱۸/۳۶۶	۰/۲۴۹	۴/۳۷۷	۰/۵۶۵	-۰/۳۸٪

		(IT)					
		-۱/۷۸ %	-۲۰/۰۰ %	-۰/۳۸ %	۰/۰۰ %	-۰/۳۸ %	تغیر نسبت به NP
-۱/۴۷ %	۰/۵۵۴	۴/۳۷۴	۰/۲۴۹	۱۷/۷۲۹	۰/۶۵۱	۲/۴۳۸	سقف انتشار (EC)
		-۴/۱۰ %	-۲۰/۰۰ %	-۳/۳۸ %	-۰/۷۱ %	-۱/۹۳ %	تغیر نسبت به NP
-۱/۳۵ %	۰/۵۵۵	۴/۲۸۰	۰/۲۴۹	۱۷/۷۵۴	۰/۶۵۱	۲/۴۴۱	مالیات بر انتشار (ET)
		-۳/۹۶ %	-۲۰/۰۰ %	-۳/۷۰ %	-۰/۷۱ %	-۱/۸۱ %	تغیر نسبت به NP

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 داشته باشد؛ 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 داشته باشد.

برای در نظر گرفتن پویایی‌های مورد اشاره، می‌توان از رویکرد ارزش حال مطلوبیت (Present 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 (۲۴) ملاکی برای مقایسه سیاست‌های زیست‌محیطی را فراهم می‌آورد.

$$PVU = \sum_{t=0}^n \beta^t [\ln(C_t) + \omega \ln(1 - L_t)] \quad (24)$$

در رابطه (۲۴)،  $\beta$  عامل تنزیل می‌باشد. بر این اساس جدول ۶ ارزش حال مطلوبیت را برای سه دوره زمانی ۳۰، ۶۰ 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	۸/۴۹۱۷	۸/۴۶۰۹	۸/۵۴۴۱
۶۰ سال	۱۰/۲۵۶۹	۱۰/۲۷۰۸	۱۰/۲۹۳۸
۹۰ سال	۱۰/۶۲۳۷	۱۰/۶۴۷۷	۱۰/۶۶۰۷

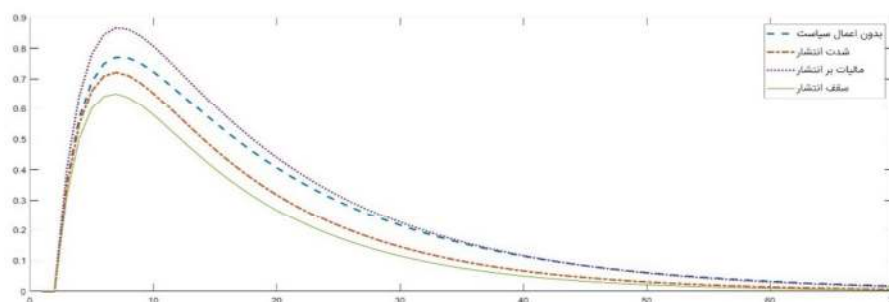
بر اساس رویکرد ارزش حال مطلوبیت، سیاست مالیات بر انتشار بیشترین ارزش حال مطلوبیت را در همه بازه‌های زمانی مورد نظر دارد که این موضوع حاکی از آن است که با اعمال این سیاست تا رسیدن به تعادل جدید، رفاه جامعه نسبت به سایر سیاست‌ها در سطح بالاتری قرار می‌گیرد. نکته مهم دیگری که از جدول ۶ بدست می‌آید این است که با وجود عملکرد بهتر سیاست شدت انتشار در بازه زمانی ۶۰ 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 در صورت 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 عکس‌العمل 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.

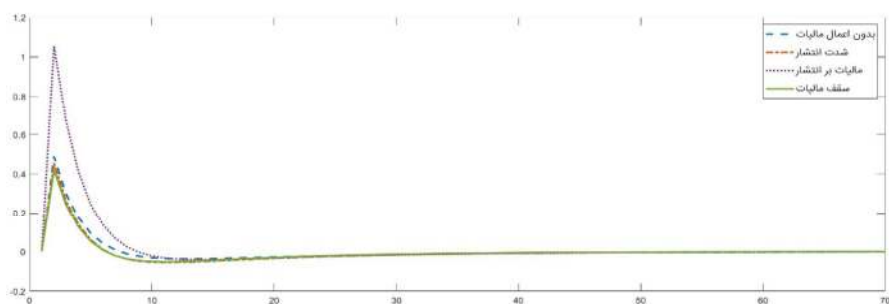
ابتدا واکنش سطح سرمایه به تکانه موقت بهره‌وری را بررسی می‌کنیم. در همه سناریوها وقوع تکانه موقت بهره‌وری موجب افزایش سطح سرمایه می‌گردد؛ با این تفاوت که شدت این افزایش در سیاست‌های مختلف، متفاوت است. سیاست مالیات بر انتشار با ۰/۸۴ درصد تغییر نسبت به تعادل بیش‌ترین افزایش را در سطح سرمایه به همراه دارد 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 ۰/۶۵ درصد نسبت به سطح تعادلی افزایش می‌یابد. در

خصوص شدت انتشار نیز، افزایش در سطح سرمایه برابر با ۰/۷۲ درصد می باشد که کم تر از زمانی است که هیچ سیاست زیست محیطی اعمال نشده بود. نمودار ۲ نمودار ۱ تابع عکس العمل شبیه سازی شده در نرم افزار متلب را برای سطح سرمایه تحت سناریوهای مختلف سیاستی نشان می دهد.



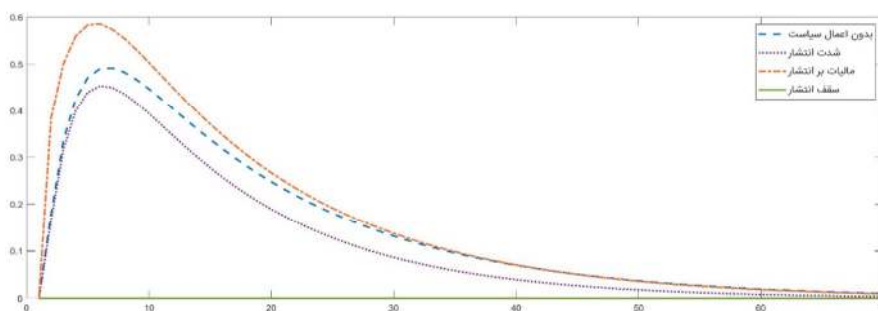
نمودار ۲. تابع عکس العمل آبی سطح سرمایه به تکانه بهره وری به میزان یک انحراف معیار  
منبع: یافته های پژوهش

بررسی واکنش عرضه نیروی کار نیز حاکی از این است که در صورت وقوع تکانه موقت بهره وری، سطح اشتغال در همه سیاست ها با افزایش همراه می شود؛ نتیجه ای 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 بهره وری بی کشش و یا مخالف جهت پارامتر بهره وری حرکت می کند.



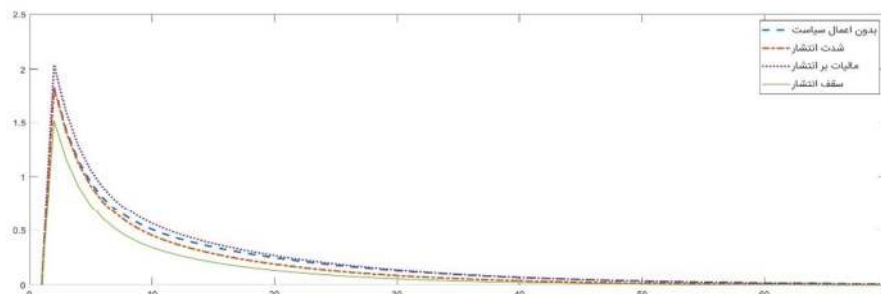
نمودار ۳. تابع عکس العمل آبی عرضه کار به تکانه بهره وری به میزان یک انحراف معیار  
منبع: یافته های پژوهش

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 افزایش ۱/۰۵ درصدی، بیش‌ترین اثرگذاری را بر عرضه نیروی کار و اشتغال دارد. این درحالی است که سیاست شدت انتشار ۰/۴۵ درصد، سیاست سقف انتشار ۰/۴۲ درصد و سناریو پایه ۰/۴۹ درصد افزایش را در سطح اشتغال نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تحت سیاست مالیات بر انتشار کاهش 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.

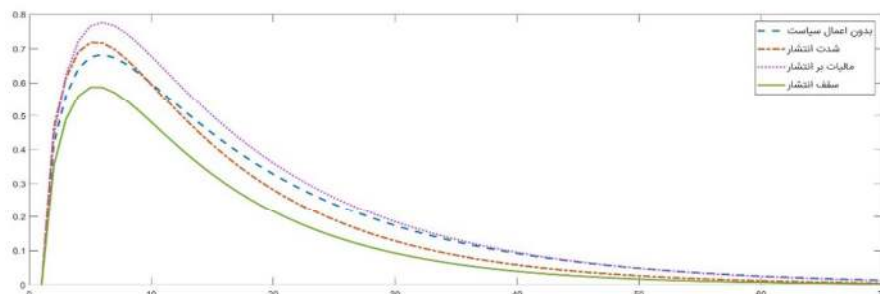


نمودار ۵. تابع عکس‌العمل آنی تولید به تکانه بهره‌وری به میزان یک انحراف معیار  
منبع: یافته‌های پژوهش

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، کاهش 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؛ به گونه‌ای 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 آبی 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 زیست محیطی موجب تغییر در تعادل اقتصاد و در نتیجه تغییر در مقادیر تعادلی متغیرها می‌گردد. در حقیقت اعمال سیاست‌های زیست محیطی 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 بدست آمده، 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 در صورتی 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؛ به گونه‌ای 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 مواجهه 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 مواجهه 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 به همراه دارند و از سوی دیگر، شدت واکنش متغیرهای اقتصادی به تکانه‌های موقت بهره‌وری در سناریوهای سیاستی مختلف، متفاوت می‌باشد.

نقش قواعد محیط‌زیستی بر ادوار تجاری حقیقی: ... (راضیه میراسکندری) ۱۶۵

به عنوان مثال در صورتی که سطح اشتغال برای سیاست‌گذار از اهمیت بالایی برخوردار 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 در طول 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<sub>2</sub> میزان انتشار آلودگی را معادل با میزان مصرف انرژی در نظر گرفته‌ایم.
۲. کشش جانشینی بین دوره‌ای واحد برای مصرف در مطالعه‌ای توسط ابراهیمیان و مدنی‌زاده (۱۳۹۶)، 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.
۴. منظور از تعادل پایدار آن سطحی از متغیرها در غیاب شاخص زمان است. به طور مثال در حالت تعادل، متغیر  $C_{t+1} = C_t = C$  می‌باشد.
۵. یعنی سطح انتشار در هر سیاست، پس از اعمال سیاست یکسان باشد. ( $M_{IT} = M_{ET} = M_{EC}$ )
۶. 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، منتظر حجت، امیرحسین، هفت‌لنگ، رضا. (۱۳۹۷). اثرات مالیات سبز بر رشد اقتصادی و رفاه در ایران: رویکرد تعادل عمومی تصادفی پویا. فصلنامه اقتصاد مقداری، دوره ۱۵: ۶۱-۲۷.
- 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 برنامه‌های توسعه در ایران. فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، شماره ۲: ۱۴۴-۱۰۵.

- 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 صادرکننده نفت؛ مورد ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی برنامه ریزی و بودجه، سال بیست و یکم، 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 محیط زیست، 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 پژوهش‌های اقتصادی، شماره ۵۴: ۶۵-۳۳.
- 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، علی حسین، زیبایی، منصور، قادری، جعفر، پریسا، بهلولی. (۱۳۹۸). سیاست بهینه زیست محیطی، 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: ۱۰۶-۸۹.
- متوسلی، محمود. (۱۳۸۸). طراحی یک مدل تعادل عمومی پویای تصادفی نیوکینزی برای اقتصاد ایران به عنوان یک کشور صادرکننده نفت. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، سال دهم، شماره ۴: ۱۱۶-۸۷.
- مدنی زاده، سیدعلی، ابراهیمیان، مهران. (۱۳۹۶). طراحی و کالیبراسیون مدل تعادل عمومی پایه برای اقتصاد ایران. فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۸: ۴۲-۷.

- 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. Hansjurgens, 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). Prices vs. quantities. *Rev. Econ. Stud.*, 41: 477–491.