Journal of Economic Modeling Research
Kharazmi University
Print ISSN: 2228 - 6454
Online ISSN: 2538 - 4163
Homepage: https://jemr.khu.ac.ir/

# Determining the Rate of Carbon Emission Tax in the Context of Endogenous Growth: A Case Study of Iran

**Hayedeh Norouzi[1] | Rouhollah Shahnazi[2*] | Ebrahim Hadian[3] | Zakariya Farajzadeh[4]**

1. PhD student, Department of Economics, Faculty of Economics, Shiraz University.
Email: hayedeh.norozi.1397.2018@gmail.com (0009-0003-2419-5578)

2*. Corresponding author, Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Economics, Shiraz University.
Email: rshahnazi@shirazu.ac.ir (0000-0003-1219-7384)

3. Professor, Department of Economics, Faculty of Economics, Shiraz University.
Email: hadian@rose.shirazu.ac.ir (0000-0002-5971-947X)

4. Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Economics, Shiraz University. Email: zakariafarajzadeh@gmail.com (0000-0003-4555-6726)

**Article Info**

**Article type:**
Research Article

**Article history:**
Received:
06 Aug. 2024

Received in revised form
01 Sep. 2024

Accepted:
29 Oct. 2024

**Keywords**:
CO2 emission,
climate change,
public good,
endogenous growth model.

**JEL**:
C61, O33, O44, Q54, Q55

**ABSTRACT**

The economy and environment are two interdependent systems. In recent decades, the global environment, as a crucial global public good, has been significantly affected by the negative externalities of economic growth, including climate change. To internalize these external effects, the implementation of a tracking tax is a recommended approach. One of the most important models for the integrated study of the economy and climate is the Nordhaus RICE model; however, it has the limitation of including economic growth exogenously . This study aims to endogenize the economic growth of the RICE model and determine the tax rate across six scenarios: 1) the base scenario, 2) the optimal emission control rate scenario, 3) the 2°C temperature limit scenario, 4) the discounted Stern scenario, 5) the calibrated Stern scenario, and 6) the Copenhagen scenario. The results indicate that in the endogenous growth model, the ratio of taxes to net domestic production and CO2 emissions should increase over time. In all scenarios of Iran's endogenous growth model (except the base scenario), tax increases between 2022 and 2122 will lead to a reduction in industrial CO2 emissions and a decrease in atmospheric carbon concentration. Ultimately, by applying the specified optimal tax in all scenarios, temperature changes are projected to remain below two degrees Celsius.

**Cite this article:** Norouzi, Hayedeh., Shahnazi, Rouhollah., Hadian, Ebrahim .,& Farajzadeh, Zakariya. (2023). Determining the rate of carbon emission tax in terms of endogenous growth: a case study of Iran, *Journal of Economic Modeling Research*, 14 (53), 1-49

© The Author(s).
Publisher: Kharazmi University
DOI: 00000000000000000000000000
*Journal of Economic Modeling Research*, Vol, 14, No. 53, 2023, pp. 1-49.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

Journal of Economic Modeling Research
Print ISSN: 2228 - 6454
Online ISSN: 2538 - 4163
Kharazmi University
Homepage: https://jemr.khu.ac.ir/

# تعیین نرخ مالیات بر انتشار کربن با لحاظ رشد درون‌زا: مطالعه موردی ایران

هایده نوروزی[۱] | روح اله شهنازی *[۲] | ابراهیم هادیان[۳] | زکریا فرج زاده[۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه آموزشی اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه شیراز.
رایانامه: hayedeh.norozi.1397.2018@gmail.com (0009-0003-2419-5578)

۲*. نویسنده مسئول، دانشیار، گروه آموزشی اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه شیراز.
رایانامه: rshahnazi@shirazu.ac.ir (0000-0003-1219-7384)

۳. استاد، گروه آموزشی اقتصاد ، دانشکده اقتصاد، دانشگاه شیراز. رایانامه: hadian@rose.shirazu.ac.ir (0000-0002-5971-947X)

۴. دانشیار، گروه آموزشی اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصادکشاورزی، دانشگاه شیراز.
رایانامه: zakariafarajzadeh@gmail.com (0000-0003-4555-6726)

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
مقاله پژوهشی

**تاریخ دریافت:**
۱۴۰۳/۰۵/۱۶

**تاریخ ویرایش:**
۱۴۰۳/۰۶/۱۱

**تاریخ پذیرش :**
۱۴۰۶/۰۸/۰۸

**واژه‌های کلیدی:**
انتشار CO2، تغییرات اقلیمی، کالای عمومی، رشد درون‌زا.

**طبقه‌بندی JEL:**

## چکیده

محیط‌زیست و اقتصاد به‌عنوان دو سیستم به‌هم‌پیوسته در دهه‌های اخیر تحت تأثیر عمیق اثرات خارجی منفی رشد اقتصادی، به‌ویژه تغییرات اقلیمی، قرار گرفته‌اند. در این راستا، استفاده از مالیات پیگویی برای درونی‌سازی این اثرات به عنوان یک راه‌حل اساسی مطرح است. در این پژوهش، مبانی نظری بر اساس مدل RICE نوردهاوس برای بررسی تعاملات اقتصاد و اقلیم می باشد که با لحاظ مدل رشد درون‌زا اصلاح شده است. تحلیل مدل در قالب شش سناریو شامل سناریوی پایه، نرخ بهینه کنترل انتشار، محدودیت دمای ۲ درجه سانتی‌گراد، سناریوهای استرن (تنزیل‌شده و کالیبره‌شده)، و سناریوی کپنهاگ انجام می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که در تمام سناریوهای مدل رشد درون‌زا، به جز سناریوی پایه، افزایش نرخ مالیات بر انتشار کربن طی بازه زمانی ۲۰۲۲ تا ۲۱۲۲ منجر به کاهش انتشار CO2 و کاهش غلظت کربن در اتمسفر می شود. همچنین، اعمال مالیات بهینه در تمامی سناریوها باعث محدود کردن افزایش دما به کمتر از ۲ درجه سانتی‌گراد خواهد شد. از این رو پیشنهاد میشود، سیاست‌گذاران مالیات بر انتشار کربن را با نرخ های به تدریج افزایشی بدست آمده در مقاله در دستور سیاستهای خود قرار دهند، تا به کاهش

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

مؤثر انتشار گازهای گلخانه‌ای و کنترل تغییرات اقلیمی کمک کرده و ایران را به اجرای تعهداتش در موافقت نامه پاریس نزدیک نماید.

C61,Q55,O33, O44, Q54

**استناد:** نوروزی، هایده؛ شهنازی، روح اله؛ هادیان، ابراهیم و فرج زاده، زکریا (۱۴۰۲). تعیین نرخ مالیات بر انتشار کربن با لحاظ رشد درون‌زا: مطالعه موردی ایران. *تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۱۴ (۵۳)، ۱-۴۹.

DOI: 00000000000000000000

ناشر: دانشگاه خوارزمی. © نویسندگان.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

## ۱. مقدمه

تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های جهانی قرن حاضر، به تغییرات گسترده‌ای در سیستم‌های طبیعی و انسانی منجر شده است. بر اساس تعریف کنوانسیون تغییرات اقلیمی سازمان ملل متحد، تغییر اقلیم به تغییرات آب‌وهوایی اطلاق می‌شود که مستقیماً یا غیرمستقیم به فعالیت‌های انسانی نسبت داده می‌شود و منجر به تغییر در ترکیب جو زمین شده و جدا از نوسانات طبیعی آب‌وهوا رخ می‌دهد. این پدیده، که عمدتاً ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای از جمله دی‌اکسید کربن ($CO_2$) است، باعث گرمایش زمین، تغییرات آب‌وهوایی شدید و در نهایت تأثیرات اقتصادی و اجتماعی گسترده‌ای می‌گردد.

تغییرات اقلیمی نه‌تنها بر محیط‌زیست، بلکه بر بسیاری از جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی نیز تأثیرگذار است. کشاورزی، انرژی، گردشگری، نیروی کار و بهره‌وری اقتصادی از جمله حوزه‌هایی هستند که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر این تغییرات قرار می‌گیرند. در نتیجه، تغییرات اقلیمی به یکی از مهم‌ترین مسائل اقتصادی و سیاسی جهانی تبدیل شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مکانیسم‌های بازار به تنهایی قادر به کاهش صدمات تغییرات اقلیمی نبوده و بدون مداخلات سیاست‌گذاری مؤثر، این روند ادامه خواهد داشت. شکست‌های بازار در این حوزه به‌ویژه در سطح بین‌المللی، منجر به تخریب محیط‌زیست جهانی شده است. از این رو، ضرورت مداخله دولت‌ها در قالب سیاست‌های مناسب و کارآمد برای کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی، بیشتر از هر زمان دیگری احساس می‌شود.

از آنجا که تغییرات اقلیمی یک پدیده جهانی است که تأثیرات آن مرزهای جغرافیایی را درنوردیده و کل سیاره را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مقابله با این چالش بزرگ نیازمند همکاری و تعهد همه کشورها است. معاهده‌هایی مانند کنفرانس اقلیمی پاریس (COP21) به‌منظور ایجاد یک چارچوب بین‌المللی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و جلوگیری از افزایش دمای زمین، تدوین شده‌اند. اگر چه موفقیت در مقابله با تغییرات اقلیمی نیازمند همکاری همه‌جانبه و تعهد پایدار کشورها به اجرای سیاست‌های محیط‌زیستی و اقتصادی مؤثر است ولی اهمیت اینکه هر یک از

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

کشورها به صورت جداگانه نیز به سیاست محدود کردن گرمایش جهانی به کمتر از ۲ درجه سانتی گراد متعهد باشند، اهمیت بسیاری دارد و این ضرورت را می‌توان از جنبه‌های مختلف بررسی کرد. نخست، گازهای گلخانه‌ای، مانند دی‌اکسید کربن و متان، به‌سرعت در جو پراکنده می‌شوند و بدون توجه به محل انتشار، بر دما و شرایط آب و هوایی زمین تأثیر می‌گذارند. بنابراین، هر کشور باید نسبت به سهم خود در این معضل جهانی مسئولیت بپذیرد و به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای متعهد باشد. این تعهد نه تنها به نفع نسل فعلی است، بلکه به حفظ محیط زیست و منابع طبیعی برای نسل‌های آینده نیز کمک می‌کند.

دوم، اصل "مسئولیت مشترک اما متفاوت" در توافق‌نامه‌های بین‌المللی، به‌ویژه توافق پاریس، به‌روشنی بیان می‌کند که هر کشور مسئولیتی در زمینه تغییرات اقلیمی دارد، اما این مسئولیت باید با توجه به سطح توسعه اقتصادی و میزان انتشار تاریخی گازهای گلخانه‌ای تعیین شود. کشورهایی که به‌طور تاریخی بیشتر از سایر کشورها گازهای گلخانه‌ای منتشر کرده‌اند، باید نقش پیشرو در کاهش انتشار ایفا کنند. این رویکرد به کشورهای در حال توسعه این امکان را می‌دهد که به تدریج به تلاش‌های جهانی بپیوندند و از تجربیات و فناوری‌های کشورهای توسعه‌یافته بهره‌برداری کنند.

برای ایران، تعهد به محدود کردن گرمایش جهانی به کمتر از ۲ درجه سانتی‌گراد اهمیت ویژه‌ای دارد. به‌عنوان یک کشور در حال توسعه با منابع غنی نفت و گاز، ایران باید به بهره‌برداری پایدار از این منابع توجه کند. تغییرات اقلیمی می‌تواند اثرات منفی بر کشاورزی، آب و هوای کشور و همچنین تنوع زیستی داشته باشد. با اتخاذ سیاست‌های اقلیمی مؤثر، ایران می‌تواند به حفظ منابع طبیعی خود کمک کند و در کاهش تأثیرات منفی تغییرات اقلیمی موثر باشد.

در ضمن در «تعهدات مشارکت ملی در نظر گرفته شده[1]» ایران در موافقت نامه پاریس (۲۰۱۵) بیان شده «بر اساس قابلیت‌های ملی، منابع مالی در دسترس و نیازهای برنامه توسعه ملی و با توجه به سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای، جمهوری اسلامی ایران قصد دارد تا با کاهش ۴ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای خود در سال ۲۰۳۰ نسبت به سناریوی "ادامه وضعیت کنونی" مشارکت

1 . Intended Nationally Determined Contribution

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

کند. این سطح از کاهش انتشار بدون قید و شرط از طریق توسعه نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی هسته‌ای، همچنین کاهش انتشار گازهای همراه استخراج نفت، افزایش بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف مصرف، جایگزینی سوخت‌های با کربن بالا با گاز طبیعی، برنامه‌ریزی استراتژیک برای استفاده از سوخت‌های کم‌کربن، تقویت تنوع اقتصادی و مشارکت در مکانیزم‌های مبتنی بر بازار در سطوح ملی و بین‌المللی محقق خواهد شد» ( Iran Intended Nationally Determined Contribution, 2015). بنابراین این تعهد نیز مشارکت ایران در کاهش انتشار را الزام آور می کند.

تحلیل‌های اقتصادی نشان می‌دهند که سیاست‌هایی نظیر مالیات بر کربن، می‌توانند نقش مهمی در مقابله با تغییرات اقلیمی ایفا کنند. به‌ویژه در بلندمدت، افزایش قیمت کربن از طریق این سیاست‌ها می‌تواند انگیزه‌هایی برای توسعه فناوری‌های پاک و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی ایجاد نماید. یکی از مدلهایی که با لحاظ همزمان بخش های اقتصادی و اقلیمی، نرخ بهینه مالیات بر کربن محاسبه می کند، مدل RICE1 نوردهاوس است. که در این مقاله این مدل به عنوان مدل پایه لحاظ شده است. البته در این مقاله مدل RICE با لحاظ رشد فناوری به‌صورت درون‌زا بسط یافته و به‌کار گرفته می‌شود تا نرخ مالیات بر انتشار CO2 به‌گونه‌ای تعیین شود که اهداف معاهده پاریس و تعهدات ایران محقق گردد.

این مقاله در هشت بخش ارائه می‌شود: پس از مقدمه، بخش دوم به مبانی نظری می‌پردازد. در بخش سوم، مرور پیشینه داخلی و خارجی پژوهش بررسی می‌شود. بخش چهارم به ساختار مدل و روش تحقیق اختصاص دارد. بخش پنجم به تحلیل نتایج در مدل‌های رشد درون‌زا و برون‌زا می‌پردازد. سپس در بخش ششم، یافته‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند و در نهایت، در بخش هفتم جمع‌بندی و پیشنهادهایی برای سیاست‌گذاری ارائه می‌شود.

## ۲. مبانی نظری

### ۲-۱- بیان تئوری و نظریه‌ها

1 . Regional Integrated Climate-Economy model

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

ماهیت چندوجهی گرمایش جهانی چالش‌هایی را برای دانشمندان علوم طبیعی و اجتماعی ایجاد می‌کند که باید طیف گسترده‌ای از رشته‌های ژئوفیزیک، اقتصادی و سیاسی را در تشخیص‌ها و نسخه‌های خود بگنجانند (نوردهاوس، ۲۰۱۳). سال ۲۰۱۵ در پاریس، موافقت نامه ای برای مقابله با تغییرات اقلیمی و همچنین سرمایه‌گذاری در جهت اقتصادی کم‌کربن، مقاوم، انعطاف‌پذیر و پایدار توسط ۱۹۵ کشور تهیه شد. هدف اصلی این توافق جهانی جلوگیری از افزایش دمای کره زمین در این قرن به فراتر از ۲ درجه سانتی‌گراد بوده است.

یکی از مفاهیم کلیدی در اقتصاد تغییرات اقلیمی «قیمت کربن» است. این نشان‌دهنده جریمه‌ای است که باید توسط استفاده‌کنندگان از سوخت‌های فسیلی و درنتیجه انتشاردهندگان $CO_2$، پرداخت شود. قیمت کربن ممکن است از طریق «مالیات کربن» اعمال شود. افزایش قیمت کربن باعث افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی و تولیدات مرتبط با سوخت‌های فسیلی می‌شود. قیمت‌های کربن را می‌توان با محدود کردن مجوزهای انتشار کربن، یا با وضع مالیات بر انتشار کربن افزایش داد. اعمال مالیات بر کربن و افزایش قیمت آن به چهار روش زیر بر کاهش میزان انتشار کربن مؤثر است (نوردهاوس، ۲۰۱۳):

اول، سیگنال‌هایی را به مصرف‌کنندگان ارائه می‌دهد که کدام کالاها و خدمات دارای کربن بالا هستند و باید بااحتیاط بیشتری از آن‌ها استفاده کرد.

دوم، سیگنال‌هایی را به تولیدکنندگان ارائه می‌کند که کدام حامل های انرژی (مانند زغال‌سنگ و نفت)، کربن بیشتر و کدام حامل های انرژی (مانند گاز طبیعی یا انرژی هسته‌ای) کربن کمتر منتشر می‌کنند. درنتیجه شرکت‌ها را تشویق می‌کند تا فرآیندهای کم‌کربن را جایگزین کنند.

سوم، به مخترعان و مبتکران مشوق‌هایی در بازار می‌دهد تا محصولات و فرآیندهای کم‌کربن را توسعه دهند تا جایگزین نسل فعلی فناوری‌ها شود.

چهارم و مهم‌تر از همه، قیمت کربن به‌جای اطلاعاتی که برای انجام هر سه کار موردنیاز است کفایت می‌کند. از طریق مکانیسم بازار قیمت کربن بالا، قیمت محصولات را با توجه به محتوای کربن آن‌ها افزایش می‌دهد.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

اگر یک سیاست مؤثر مقابله با تغییر آب‌وهوا مستلزم افزایش قیمت کربن در بازار باشد، دو رویکرد جایگزین برای افزایش قیمت وجود دارد. اولی رویکردهای قیمتی مانند مالیات کربن و دوم رویکردهای مقداری (کمی) مانند سیستم‌های سقف و تجارت که در پروتکل کیوتو و بسیاری از پیشنهادهای سیاستی دیگر پیش‌بینی‌شده است (نوردهاوس، ۲۰۱۳). در موافقت‌نامه‌های بین‌المللی یک رویکرد مالیات هماهنگ کربن اعمال شود. تحت این رویکرد، همه کشورها موافقت خواهند کرد که از انتشار کربن در همه بخش‌ها، مقدار مشخصی مالیات به‌عنوان جریمه دریافت کنند.

در مبحث مالیات گاهی افراد در تشخیص انواع مالیات دچار اشتباه اساسی می‌شوند. به‌طوری‌که برخی از مردم مخالف مالیات برکربن هستند، زیرا مالیات را عامل ناکارآمدی اقتصادی می‌دانند. این به‌طورکلی برای مالیات هایی مانند مالیات بر مصرف، مالیات بر دستمزد نیروی‌کار و مالیات بر پس‌انداز و سرمایه گذاری صحیح است، اما برای مالیات‌های مانند مالیات بر انتشار کربن که اثرات خارجی منفی را کاهش می دهد، نادرست است( نوردهاوس،۲۰۱۳). زیرا مالیات کربن سبب کاهش اثرات خارجی منفی شده و کارایی را افزایش می‌دهد. بنابراین اگر اقتصاد بتواند مالیات برکالاهای بدی مانند آلودگی را جایگزین مالیاتی مانند مالیات بر دستمزد نیروی‌کار کند، بهبود قابل‌توجهی در کارایی اقتصادی ایجاد می‌شود.

### ۲-۲- مدل DICE از اقتصاد تغییرات آب‌وهوا

مدل DICE که توسط ویلیام نوردهاوس توسعه یافته است، به‌عنوان یک ابزار تحلیلی برای بررسی تعاملات بین اقتصاد و تغییرات اقلیمی طراحی شده است. این مدل شامل دو بخش اصلی است: بخش اقتصادی که به تحلیل تولید و رشد اقتصادی می‌پردازد و بخش اقلیمی که اثرات انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات دما را بررسی می‌کند. در بخش اقتصادی، تابع تولید کاب داگلاس مورد استفاده قرار می‌گیرد که ارتباط بین سرمایه، نیروی کار و سطح فناوری را در تولید اقتصادی نشان می دهد. این بخش به تحلیل رفتار سرمایه‌گذاری و مصرف نیز می‌پردازد و تأثیرات آن را بر رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی مورد بررسی قرار می‌دهد.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

در بخش اقلیمی، مدل DICE با استفاده از معادلات فیزیکی، انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های اقتصادی را شبیه‌سازی می‌کند و تأثیرات دما بر تولید و بهره‌وری اقتصادی را تحلیل می‌کند. این تعاملات پویا نشان‌دهنده این است که افزایش دما می‌تواند به کاهش بهره‌وری و آسیب به زیرساخت‌ها منجر شود که در نهایت بر رشد اقتصادی تأثیر منفی می‌گذارد. در عین حال، رشد اقتصادی نیز می‌تواند منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای شود و این چرخه معیوب نیاز به تحلیل‌های دقیق‌تری را برای درک بهتر این تعاملات ایجاد می‌کند.

مدل DICE به‌ویژه در طراحی و ارزیابی سیاست‌های اقلیمی کاربرد دارد و به سیاست‌گذاران این امکان را می‌دهد که هزینه‌ها و منافع استراتژی‌های مختلف مانند مالیات بر کربن یا سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک را شبیه‌سازی کنند. به‌علاوه، نتایج این مدل می‌تواند به تحلیل اثرات بلندمدت تغییرات اقلیمی بر رشد اقتصادی و توسعه پایدار کمک کند (نوردهاوس،۲۰۱۳).

### ۳-۲- شرح RICE

RICE یا مدل یکپارچه منطقه‌ای اقلیم و اقتصاد، یک مدل منطقه‌ای، پویا و تعادل عمومی از اقتصاد است که فعالیت اقتصادی را با منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای و پیامدهای انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب و هوایی ادغام می‌کند. در مدل RICE، جهان به تعدادی منطقه تقسیم می‌شود. هرکدام دارای سرمایه اولیه، جمعیت و فناوری هستند. جمعیت و فناوری به‌طور برون‌زا رشد می‌کنند، درحالی‌که انباشت سرمایه با بهینه‌سازی جریان مصرف در طول زمان تعیین می‌شود. خروجی توسط تابع تولید کاب داگلاس در سرمایه، نیروی کار و فناوری تولید می‌شود. در بلندمدت، سرمایه کاملاً پویا و قابل جابجایی است تا بازده واقعی سرمایه در بین مناطق برابر شود. تابع ترجیحی هر منطقه یک تابع مطلوبیت بوده که مجموع مطلوبیت تنزیل شده مصرف سرانه برحسب جمعیت را نشان می دهد.

سهم عمده رویکردهای یکپارچه مانند مدل RICE، ادغام بخش‌های مرتبط با آب‌وهوا با مدل اقتصادی است. این مدل شامل تعدادی روابط ژئوفیزیکی است که نیروهای مختلف مؤثر بر تغییرات آب و هوایی را به هم مرتبط می‌کند، انتشار گازهای گلخانه‌ای را لحاظ کرده و تأثیرات تغییرات

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

آب و هوایی را اندازه‌گیری می‌کند. RICE شامل معادلات انتشارات ویژه منطقه، معادله غلظت جهانی، یک معادله جهانی تغییر آب‌وهوا و روابط منطقه‌ای با آسیب آب‌وهوا است. انتشارات درون‌زا به $CO_2$ محدود می‌شود، درحالی‌که سایر گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان برون‌زا تلقی می‌شوند. انتشارات کنترل نشده بخشی از تولید ناخالص است که به‌آرامی کاهش می‌یابد. انتشار $CO_2$ را می‌توان با افزایش قیمت عوامل یا خروجی‌هایی که $CO_2$ فشرده هستند کنترل کرد. تغییر اقلیم با میانگین جهانی دمای سطح نشان داده می‌شود که از روابط مبتنی بر مدل‌های آب و هوایی فعلی استفاده می‌کند. همچنین تأثیرات اقتصادی تغییرات آب و هوایی لحاظ می شود (نورد هاوس ۱۹۹۶).

## ۳. پیشینه تحقیق

پژوهش‌های داخلی و خارجی زیادی در رابطه با مالیات بر انتشار گازهای گلخانه‌ای ازجمله $CO_2$ و تغییرات آب‌وهوایی انجام‌شده که بخشی از آن‌ها در جدول (۱) خلاصه‌شده است. بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد اکثر مطالعات قبلی، در حوزه محیط‌زیستی به‌طورکلی است و به‌طور خاص به تغییرات اقلیمی کمتر پرداخته‌شده است. همچنین در مطالعات قبلی به مدل‌های DICE1و RICE که در آن مدل، رشد فناوری به‌صورت برون‌زا در نظر گرفته‌شده پرداخته‌شده است. در این مطالعه مدل RICE بسط داده‌شده و در آن رشد فناوری به‌صورت درون‌زا در نظر گرفته می‌شود.

قابل ذکر است که اگر چه مدل RICE نوردهاوس یکی از مدل‌های پیشرفته برای تحلیل تعاملات بین اقتصاد و تغییرات اقلیمی بوده و برای بررسی تأثیرات تغییرات اقلیمی بر رشد اقتصادی و بالعکس طراحی شده است. ولی مدل رشد مورد استفاده در مدل برونزا بوده و به دلایلی درونزا کردن آن اهمیت دارد. از جمله اینکه مدل‌های درونزا می‌توانند به‌طور بهتری به تغییرات اقلیمی پاسخ دهند. در یک مدل رشد درونزا، متغیرهای اقتصادی به‌طور مستقیم تحت تأثیر عوامل محیطی و اقلیمی قرار می‌گیرند. این امر می‌تواند به درک بهتری از چگونگی آسیب‌پذیری بخش‌های اقتصادی در برابر تغییرات اقلیمی و نحوه سازگاری آنها کمک کند. همچنین مدل‌های درونزا می‌توانند رفتارهای

1 . Dynamic Integrated Climate-Economy Model

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

اقتصادی را به‌صورت دینامیک و با در نظر گرفتن عوامل داخلی و خارجی تحلیل کنند. این امر می‌تواند به شبیه‌سازی بهتری از اثرات سیاست‌های اقلیمی و اقتصادی کمک کند و قابلیت پیش‌بینی بیشتری فراهم آورد. در نهایت در یک مدل درونزا، ارتباطات میان سیستم‌های اقتصادی و اقلیمی به‌طور مستقیم مورد توجه قرار می‌گیرد. این یکپارچگی می‌تواند به تحلیل‌های بهتری از سیاست‌های عمومی و تصمیم‌گیری‌های کلان اقتصادی منجر شود. بنابراین درونزا کردن بخش رشد اقتصادی مدل RICE به نظر یک دستاورد مهم محسوب می شود که به طور خاص سهم مشارکت این مقاله می باشد.

**جدول (۱): پیشینه داخلی وخارجی**

| نویسندگان (سال) | موضوع (محدوده) | مدل | نتایج |
|---|---|---|---|
| هادیان و اسلامی اندرگلی (۱۳۹۳) | ارزیابی تأثیر مالیات سبز بر اشتغال بخش‌های مختلف اقتصادی کشور ایران(ایران) | ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۸۴ و مدل تعادل عمومی | کاهش شدید اشتغال در اثر اعمال مالیات بر حامل‌های انرژی |
| اسلاملوئیان و استاد زاده (۱۳۹۵) | مالیات سبز در بخش‌های انرژی و کالای نهایی در ایران (ایران) | نظریه بازی‌ها | نرخ مالیات سبز بر تولید انرژی فسیلی معادل ۱۸٪ قیمت سوخت محاسبه‌شده |
| جهانگرد (۱۳۹۸) | مقایسه آثار اقتصادی به‌کارگیری مالیات بر انتشار کربن و مالیات بر قیمت انرژی در اقتصاد ایران (ایران) | تعادل عمومی | هر دو نوع مالیات باعث کاهش انتشار می‌شود اما مالیات بر کربن از مالیات بر قیمت انرژی کاراتر است. |
| کرمجوان و عباس زاده (۱۳۹۹) | ارزیابی اقتصادی سیاست مالیات کربن (ایران) | الگوی تعادل عمومی قابل‌محاسبه با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ | مالیات بر کربن در تمامی سناریوها باعث کاهش انتشار دی‌اکسید و کاهش تولید ناخالص داخلی- درازای کاهش فقط ۰/۵۴ درصدی در تولید ناخالص داخلی، میزان انتشار دی‌اکسید ۱۰/۷ درصد کاهش خواهد یافت. |

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

| نویسندگان (سال) | موضوع (محدوده) | مدل | نتایج |
|---|---|---|---|
| نوردهاوس (۱۹۹۳) | کاهش بهینه گازهای گلخانه‌ای و سیاست مالیاتی در مدلDICE (آمریکا) | مدل DICE | مالیات بهینه کربن۵/۲۴ دلار در هر تن تا ۵۹ دلار در هر تن در دهه اول افزایش- انتشار حدود ۲/۳۹ میلیارد تن معادل CO2؛درآمد مالیات کربن سالانه ۹۷ میلیارد دلار خواهد بود |
| فرج زاده (۲۰۱۸) | مالیات بر انتشار کربن در ایران: ترکیب عدم استفاده از آلودگی در یک تحلیل رفاهی | مدل تعادل عمومی قابل‌محاسبه پویا | مالیات بر انتشار آلاینده‌ها باعث کاهش آلودگی و منجر به رفاه بالاتر می‌شود. |
| وای، وی‌ای و فو۱ (۲۰۲۰) | ترکیبی بهینه از مالیات بر انتشار و یارانه‌های نوآوری سبز برای انحصار چندجانبه آلاینده‌ها | یک مدل بازی دیفرانسیل استاکلبرگ بین یک تنظیم‌کننده و یک انحصار چندجانبه آلاینده | سیاست مشترک یارانه مالیاتی می‌تواند به رفاه اجتماعی بالاتر و سطح سرمایه‌گذاری بالاتر در نوآوری سبز نسبت به سیاست مالیاتی یا یارانه منفرد منجر شود. |
| هائو، عمر، خان و علی۲ (۲۰۲۱) | رشد سبز و انتشار کم‌کربن در کشورهایG7: چقدر شبکه مالیات‌های زیست‌محیطی، انرژی‌های تجدید پذیر وسرمایه انسانی بحرانی است؟ | مدل تاخیر توزیع‌کننده خود-رگرسیونی مقطعی (CSARDL) | مالیات زیست‌محیطی و استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر باعث کاهش انتشار CO2 می‌گردد. |

## ۴. ساختار الگو و روش تحقیق

مدل پایه این پژوهش مدلRICE ، مدل بسط یافته مدلDICE است که اولین بار توسط نوردهاوس ارائه گردید. مدل RICE یا مدل یکپارچه منطقه‌ای اقلیم و اقتصاد، فعالیت اقتصادی را با منابع، انتشار گازهای گلخانه‌ای و پیامدهای انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب و هوایی ادغام می‌کند. سپس با بهینه‌سازی ریاضی نتایج اقتصادی و زیست‌محیطی را پیش‌بینی می نماید. در مدل RICE، جهان به تعدادی منطقه تقسیم می‌شود، هرکدام دارای سرمایه اولیه، جمعیت و فناوری هستند. جمعیت و فناوری به‌طور برون‌زا رشد می‌کنند؛ اما انباشت سرمایه با بهینه‌سازی جریان مصرف

1. Yi, Wei & Fu
2 .Hao, Umar, Khan, & Ali

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

در طول زمان تعیین می‌شود. در نهایت تولید به فرم تابع کاب داگلاس از ترکیب سرمایه، نیروی کار و فناوری ایجاد می‌شود (نوردهاوس، ۲۰۱۳).

### ۴-۱-تبیین الگو و معادلات تفصیلی مدل RICE-2013

**الف) ترجیحات و تابع هدف**

مدل RICE فرض می‌کند که سیاست‌های اقتصادی و اقلیمی باید برای بهینه‌سازی جریان مصرف در طول زمان طراحی شوند. این مدل تأکید دارد که مصرف باید به‌عنوان «مصرف عمومی» تعبیر شود که علاوه بر کالاها و خدمات سنتی بازار، مانند غذا و سرپناه شامل اقلام غیربازاری ازجمله اوقات فراغت، وضعیت سلامت و خدمات زیست‌محیطی نیز گردد. فرم تابع رفاه اجتماعی مورد استفاده به شکل معادله (۱) می باشد. در این مدل نمادها به این صورت است که: W مجموع تنزیل‌شده مطلوبیت مصرف کل، c(t) مصرف سرانه، L(t) جمعیت و همچنین نهاده‌های نیروی کار و R(t) عامل تنزیل است.

$$W = \sum_{t=1}^{Tmax} u[c(t) . L(t)]R(t) \quad (1)$$

این تابع شامل تعدادی مفروضات می‌باشد: اول، یک نمایش خاص از ارزش یا «مطلوبیت» مصرف است. مدل RICE فرض می‌کنند که تابع مطلوبیت با ضریب کشش‌پذیری نسبی ثابت است، به‌صورت معادله (2) نشان داده می‌شود.

$$[c(t)،L(t)] = L(t)\left[{c(t)^{1-\alpha}}/{(1-\alpha)}\right] \quad (2)$$

در این فرم $\alpha$ ضریب کشش‌پذیری نسبی ثابت است (در حالت محدود $\alpha = 1$، تابع مطلوبیت لگاریتمی است). اغلب، $\alpha$ برای نشان دادن ریسک گریزی نیز استفاده می‌شود. همچنین فرض می‌شود که مطلوبیت مصرف در یک دوره متناسب با جمعیت است. این مدل تنزیلی را بر رفاه اقتصادی نسل‌های آینده طبق معادله (۳) اعمال می‌کند.

$$R = (1+\rho)^{-t} \quad (3)$$

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

در این معادله، R(t) عامل تنزیل و ρ نرخ رجحان زمانی می‌باشد.

**ب)-متغیرهای اقتصادی**

بخش‌های اقتصادی مدل RICE، بر اساس ادبیات رشد اقتصادی برونزا است. بنابراین در این مدل جمعیت و نیروی کار برون‌زا لحاظ می شوند. معادلات حرکت آن متغیرها به شکل زیر می‌باشد.

$$L(t) = L(t-1)[1 + g_L(t)]$$

در این معادله جمعیت L(t) و رشد جمعیت gL می‌باشد.

سطح تکنولوژی A(t) و رشد سطح تکنولوژی gA است

$$A(t) = A(t-1)[1 + g_A(t)]$$

در معادلات (۴) و (۵) متغیرهای Ω(t) و Λ(t) نشان‌دهنده آسیب‌های آب و هوایی و هزینه‌های کاهش انتشار است.

$$\Omega(t) = \Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_1 [T_{AT}(t)]^2 \qquad (4)$$

معادله (۴) شامل آسیب‌های اقتصادی تغییرات آب و هوایی است. همچنین معادله (۵) تابع هزینه کاهش انتشار CO2 و عوامل تعیین‌کننده آن را نشان می‌دهد. هزینه کاهش در (۵) تابعی از نرخ کاهش انتشار μ(t) است.

$$\Lambda(t) = Q(t)\theta_1 \mu(t)^{\theta_2} \qquad (5)$$

توابع تولید به‌صورت توابع تولید کاب-داگلاس و تغییرات تکنولوژی خنثی فرض می‌شوند. ستانده در معادله (۶) نشان داده‌شده است:

$$Q(t) = [1 - \Lambda(t)]A(t)K(t)^{\gamma}L(t)^{1-\gamma} \Big/ [1 + \Omega(t)] \qquad (6)$$

در معادله (۶)، Q(t) خروجی خالص بعد از لحاظ خسارات و هزینه کاهش انتشار است.

سه معادله بعدی معادلات استاندارد حسابداری اقتصادی هستند. معادله (۷) بیان می کند که تولید به مصرف و سرمایه‌گذاری اختصاص می‌یابد. معادله (۸) مصرف سرانه و (۹) معادله حرکت موجودی سرمایه را نشان می‌دهند.

$$Q(t) = C(t) + I(t) \qquad (7)$$

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

$$c(t) = {C(t)}/{L(t)} \quad (8)$$

$$K(t) = I(t) + (1 - \delta_k)K(t-1) \quad (9)$$

دو معادله نهایی در بلوک اقتصادی، معادله انتشار و محدودیت منابع در سوخت کربن هستند. انتشار CO2 صنعتی در معادله (۱۰) برابر است با سطح شدت انتشار کربن σ(t)، ضربدر ستانده، ضربدر [1-μ(t)] .

$$E_{Ind}(t) = \sigma(t)[1 - \mu(t)]A(t)K(t)^{\gamma}L(t)^{1-\gamma} \quad (10)$$

تخمین شدت کربن به‌صورت زیر بوده که در آن $g_\sigma$ رشد شدت کربن است.

$$\sigma(t) = \sigma(t-1)[1 + g_\sigma\ (t)]$$

معادله (۱۱) محدودیت در کل منابع سوخت کربن است که توسط CCum ارائه‌شده است. به عبارتی این معادله نشان می دهد که کل منابع سوخت کربن(CCum) بزرگ‌تر و مساوی مجموع انتشارCO2 صنعتی است.

$$CC_{um} \geq \sum_{t=1}^{Tmax} E_{Ind}(t) \quad (11)$$

**ج) بخش‌های ژئوفیزیک**

مدل RICE-2013 شامل چندین رابطه ژئوفیزیکی است که اقتصاد را با نیروهای مختلف مؤثر بر تغییرات آب و هوایی مرتبط می‌کند. این روابط شامل چرخه کربن، معادله نیروی تابشی، معادلات تغییر آب‌وهوا و رابطه خسارت آب‌وهوا است. معادله های (۱۲) تا (۱۸) بلوک اقتصادی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را به چرخه کربن، نیروی تابشی و تغییرات آب و هوایی مرتبط می‌کند. در مدل RICE-2013 تنها گازهای گلخانه‌ای تحت کنترل CO2 صنعتی است. سایر گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان روندهای برون‌زا در نیروی تابشی گنجانده‌شده‌اند. معادله (۱۲) کل انتشار CO2 ناشی از انتشارات صنعتی و تغییر کاربری زمین نشان می‌دهد.

$$E = E_{Ind}(t) + E_{Land}(t) \quad (12)$$

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

چرخه کربن بر اساس یک مدل سه مخزنی می باشد؛ که بر اساس مدل‌های چرخه کربن موجود و داده‌های تاریخی کالیبره شده است. متغیرهای MAT(t)، MUP(t) و MLO(t) به ترتیب کربن موجود در جو، کربن موجود در مخزن کم‌عمق اقیانوس‌ها و کربن موجود در اعماق اقیانوس‌ها را نشان می‌دهند. معادلات (۱۳) تا (۱۵) معادلات چرخه کربن را نشان می‌دهند (نوردهاوس،۲۰۱۳). بر طبق این معادلات کربن در هر دو جهت بین مخازن مجاور جریان دارد. البته جریان بین اعماق اقیانوس‌ها و دیگر مخازن بسیار کند بوده و اعماق اقیانوس‌ها در درازمدت یک مخزن بزرگ برای نگهداری کربن ایجاد می‌کنند. در این معادلات پارامترهای $\emptyset_{ij}$ پارامترهای جریان بین مخازن را نشان می‌دهد.

$$M_{AT}\ (\mathrm{t}) = E(t) + \emptyset_{11} M_{AT}\ (t-1) + \emptyset_{21} M_{UP}\ (t-1) \qquad (13)$$

$$M_{UP}\ (\mathrm{t}) = \emptyset_{12} M_{AT}\ (t-1) + \emptyset_{22}\ M_{UP}\ (t-1) + \emptyset_{32} M_{LO}\ (t-1) \qquad (14)$$

$$M_{LO}\ (\mathrm{t}) = \emptyset_{23} M_{UP}\ (t-1) + \emptyset_{33} M_{LO}\ (t-1) \qquad (15\ )$$

معادلات آب‌وهوا، شامل یک معادله نیروی تابشی و دو معادله برای سیستم آب‌وهوا است. معادله نیروی تابشی تأثیر انباشت گازهای گلخانه‌ای را بر تعادل تابشی کره زمین محاسبه می‌کند. در این معادله تجمع گازهای گلخانه‌ای از طریق افزایش نیروی تابشی منجر به گرم شدن سطح زمین می‌شود. معادلات آب‌وهوا میانگین دمای سطح کره زمین و میانگین دمای اعماق اقیانوس‌ها را برای هر مرحله زمانی محاسبه می‌کند. در مجموع معادله (۱۶) رابطه بین انباشت گازهای گلخانه‌ای و افزایش نیروی تابشی از اندازه‌گیری‌های تجربی و مدل‌های آب و هوایی را نشان می‌دهد.

$$F(t) = \eta \left\{ \log_2 \left[ {M_{AT}\ (t)} \Big/ {M_{AT}\ (1750)} \right] \right\} + F_{EX}\ (t) \qquad (16)$$

در این معادله F(t) تغییر درمجموع فشارهای تابشی گازهای گلخانه‌ای ازجمله CO2، از سال ۱۷۵۰ در اثر فعالیت‌های انسانی است. اولین عبارت فشارهای ناشی از CO2 و $F_{EX}(t)$ هم نیروهای

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

ناشی از گازهای گلخانه‌ای برون‌زا است. نیروی تابشی ناشی از گازهای گلخانه‌ای ابتدا لایه اتمسفر را گرم کرده و سپس بخش کم عمق اقیانوس را گرم می‌کند؛ سپس به‌تدریج اعماق اقیانوس را گرم می‌شود.

$$T_{AT}\ (\mathrm{t}) = T_{AT}\ (t-1) + \xi_1 \{F(t) - \xi_2\, T_{AT}\,(t-1) - \xi_3\, [T_{AT}\ (t-1) - T_{LO}\ (t-1)]\} \qquad (17)$$

$$T_{LO}\ (\mathrm{t}) = T_{LO}\,(t-1) + \xi_4\, \{T_{AT}\ (t-1) - T_{LO}\ (t-1)\} \qquad (18)$$

$\leq \Delta \mathrm{TAT} < 2$ و ۱.۵$< 2\ 5 \leq \Delta \mathrm{TLO}.1$

در این معادلات $T_{AT}$ (t) و $T_{LO}$ (t) به ترتیب میانگین دمای سطح و دمای اعماق اقیانوس‌ها را نشان می‌دهند که طبق معاهده پاریس سقف افزایش آن تا ۲ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود.

### ۴-۲- تغییرات مدل

در این پژوهش معادلات (۶) و (۹) مدل RICE درون‌زا می شوند. به عبارتی معادلات تولید کلی اقتصاد و تولید دانش بر اساس رومر (۲۰۱۹) به‌صورت معادله (۲۰) و (۲۱) تغییر می‌یابند.

$$Y(t) = [1 - \Lambda(\mathrm{t})][(1-a_K)K(t)]^{\alpha}\ [\,A(t)(1-a_L)L(t)]^{1-\alpha}/[1+\Omega(t)] \quad 0 \leq < 1 \qquad (20)$$

$$\dot{A}(t) = [1 - \Lambda(\mathrm{t})]B[(a_K\, K(t)]^{\beta}\ [\,a_L\, L(t)]^{\gamma}\ A(t)^{\theta}\ /[1+\Omega(t)] \quad B > 0 \ \geq 0 \ \gamma \geq 0 \qquad (21)$$

تبدیل یافته معادله (۹) مدل RICE بر اساس مدل رشد درون‌زا به‌صورت معادله (۲۲) می‌باشد.

$$K^{\cdot} = s(1-a_k)^{\alpha}(1-a_L)^{1-\alpha}K(t)^{\alpha}A(t)^{1-\alpha}L(t)^{1-\alpha} \qquad (22)$$

### ۴-۳- نرخ مالیات

مدل RICE روشی برای برآورد مالیات بهینه انتشار کربن با محاسبه هزینه اجتماعی کربن (SCC1) را ارائه می‌دهد. SCC منعکس‌کننده ارزش تنزیل شده فعلی خسارات مورد انتظار ناشی از انتشار یک‌تن دی‌اکسید اضافی در جو است. با تعیین مالیات کربن برابر با SCC، هزینه انتشار یک‌تن

1 . Social Cost of Carbon

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

دی‌اکسید اضافی برابر با خسارات مورد انتظار از یک‌تن انتشار است۱. در مدل RICE، SCC با استفاده از یک تابع آسیب محاسبه می‌شود که افزایش دما ناشی از سطح معینی از غلظت کربن اتمسفر را به خسارات اقتصادی مرتبط می‌کند. تابع آسیب تاثیرات بازار، مانند کاهش بهره‌وری کشاورزی و افزایش تقاضای انرژی برای خنک کردن و همچنین تاثیرات غیر بازاری، مانند از دست دادن تنوع زیستی و تاثیرات سلامت انسان را هم شامل می‌شود. سپس SCC به‌عنوان ارزش تنزیل شده فعلی خسارات مورد انتظار ناشی از انتشار یک‌تن دی‌اکسید اضافی، با استفاده از نرخ تنزیلی که منعکس‌کننده ترجیح زمانی جامعه برای مصرف است، محاسبه می‌شود.

درنتیجه مالیات بهینه انتشارکربن برابر با SCC، با استفاده از معادله (۲۳) تعیین می‌شود، به‌طوری‌که هزینه انتشار یک‌تن دی‌اکسید کربن اضافی برابر با خسارات مورد انتظار از یک‌تن انتشار باشد. این‌یک انگیزه اقتصادی برای انتشاردهندگان گازهای گلخانه‌ای فراهم می‌کند تا انتشار خود را کاهش دهند و توسعه و پذیرش فناوری‌های کم‌کربن را تشویق می‌کند.

$$T = \Omega(t) = \Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_1 [T_{AT}(t)]^2 \qquad (23)$$

لازم به ذکر است که در این معادله مالیات بهینه (T)، آسیب ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای $\Omega$، دمای اتمسفر $T_{AT}$، $\Psi_1$ ضریب دمای اتمسفر است.

## ۵. حل مدل

### ۵-۱- داده‌ها و پارامترها

داده‌های این پژوهش به‌صورت داده‌های کتابخانه‌ای و از پایگاه‌های اطلاعات آماری و گزارش‌های مرکز آمار ایران، بانک جهانی، صندوق بین‌المللی پول، هیئت بین دولتی تغییرات اقلیمی و کنوانسیون سازمان ملل متحد درباره تغییرات اقلیمی استخراج گردیده است. در این مطالعه با

۱ . این به‌عنوان «مالیات پیگویی» شناخته می‌شود. اقتصاددانی به نام آرتور پیگو استدلال نمود مالیات می‌تواند برای اصلاح شکست بازار ناشی از اثرات خارجی منفی استفاده شود.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

استفاده از روش کالیبراسیون پارامترهای مدل تعیین می‌شوند. تعدادی از پارامترهای مدل نیز همان‌طور که در جدول (۲) نشان داده‌شده برآورد شده است.

برای به دست آوردن پارامترهای جدول(۲)، با توجه به معادله‌های تولید کلی اقتصاد و تولید دانش یعنی معادلات ۲۰ و ۲۱ از آمارهای تولید خالص داخلی، سرمایه، نیروی کار، جمعیت، دانش، تولید دانش در ۲۸ سال(۱۹۹۵-۲۰۲۲) استفاده شده و پارامترهای مدل با روش اقتصادسنجی و با استفاده از نرم‌افزار (Eviews) برآورد گردید. سایر مقادیر مورداستفاده نیز در جدول (۳) ارائه‌شده است.

**جدول (۲): ضرایب حاصل از برآورد**

| ردیف | متغیر | ضریب | انحراف معیار | آماره t | احتمال |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | α | ۰/۲۷۷۳۹۴ | ۰/۰۵۱۱۳۵ | ۵/۴۲۴۶۹۷ | ۰/۰۰۰ |
| ۲ | β | ۲/۳۳۶۴۰۷ | ۰/۲۵۰۵۸۲ | ۹/۳۲۳۹۱۶ | ۰/۰۰۰ |
| ۳ | ɣ | ۳/۰۷۶۹۹۳ | ۰/۴۱۸۱۱۱۷ | ۷/۳۵۹۲۷۹ | ۰/۰۰۰ |
| ۴ | θ | ۰/۴۸۵۸۲ | ۰/۰۵۰۰۶۸ | ۹/۷۰۳۳۰۱ | ۰/۰۰۰ |

منبع: یافته‌های تحقیق

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

**جدول (۳): مقادیر پارامترهای مورداستفاده بر اساس نوردهاوس۲۰۱۳**

| نام پارامتر | نماد پارامتر | مقدار کالیبره شده |
|---|---|---|
| نرخ رجحان زمانی | ρ | ۰/۰۱۵ |
| ضریب آسیب بر دما | ψ۱ | ۰/۰۰۰ |
| ضریب آسیب بر مجذور دما | ψ۱ | ۰/۰۰۲۱۳۶ |
| توان تابع خسارت | _ | ۲ |
| قیمت فناوری پشتیبان (۲۰۰۵ ۱۰۰۰ دلار آمریکا به ازای هر tCO2) | ptech | ۳۴۴ |
| توان تابع هزینه کنترل | θ۲ | ۲/۸ |
| ضریب تنظیم(تعدیل) چرخه کربن | Ø | ۸/۸ |
| حداکثر منابع کربن (GtC) | CCum | ۶۰۰۰۰ |
| توان برای خسارت‌های فاجعه‌بار | μ | ۰/۶۴۰۰ |
| رشد روند سیگما (در سال) | _ | -۰/۰۱ |
| اتمسفر به جو | Ø11 | ۹۱/۲۰ |
| بیوسفر/اقیانوس‌های کم‌عمق تا جو | Ø21 | ۳/۸۳۲۹ |
| جو تا بیوسفر/اقیانوس‌های کم‌عمق | Ø12 | ۸/۸ |
| بیوسفر/اقیانوس‌های کم‌عمق تا بیوسفر/اقیانوس‌های کم‌عمق) | Ø22 | ۹۵/۹۱۷۱ |
| اقیانوس‌های عمیق تا بیوسفر/اقیانوس‌های کم‌عمق | Ø32 | ۰/۰۳۳۸ |
| بیوسفر/اقیانوس‌های کم‌عمق تا اقیانوس‌های عمیق | Ø23 | ۰/۲۵ |
| اقیانوس‌های عمیق تا اقیانوس‌های عمیق | Ø33 | ۹۹/۹۶۶۳ |
| تعادل. غلظت CO2 در اتمسفر (GTC) | _ | ۵۸۸ |
| تعادل. غلظت CO2 در بیوسفر/اقیانوس‌های کم‌عمق (GTC) | _ | ۱۳۵۰ |
| تعادل. غلظت CO2 در اعماق اقیانوس ها (GTC) | _ | ۱۰۰۰۰ |
| ۲۰۱۰ نیروی سایر گازهای گلخانه‌ای | $F_{EX}(t)$ | ۰/۲۵۰ |
| ۲۱۰۰ نیروی سایر گازهای گلخانه‌ای | $F_{EX}(t)$ | ۰/۷ |
| دمای اولیه اتمسفر، ۲۰۱۰ (درجه سانتی‌گراد بالای ۱۹۰۰) | $T_{AT}$ | ۰/۸ |
| دمای اولیه اعماق اقیانوس‌ها (درجه سانتی‌گراد بالای ۱۹۰۰) | $T_{LO}$ | ۰/۰۰۶۸ |

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

| نام پارامتر | نماد پارامتر | مقدار کالیبره شده |
|---|---|---|
| افزایش دمای تعادل برای دو برابر شدن CO2 | $\Delta T_{AT}(t) = {}^{\Delta F(t)}/_{\xi_2}$ | ۳/۲ |
| نیروی تابشی برای دو برابر شدن CO2(FCO22x) | – | ۳/۸ |
| پارامتر سرعت تنظیم برای دمای اتمسفر | $\xi_2$ | ۰/۰۹۸۰ |
| ضریب اتلاف گرما از جو به اقیانوس‌ها | $\xi_1$ | ۰/۰۸۸۰ |
| ضریب افزایش گرما در اعماق اقیانوس‌ها | $\xi_3$ | ۰/۰۲۵۰ |
| انتشارات سوخت کربن تجمعی، ۲۰۰۸ (GtC) | _ | ۹۰ |

منبع: نوردهاوس۲۰۱۳

## ۲-۵-روش تحلیل سناریوها

در این مطالعه از ۶ سناریو نوردهاوس (۲۰۱۳) به شرح زیر استفاده‌شده است:

خط مبنا (وضعیت فعلی): سیاست‌های موجود آب و هوایی در سال ۲۰۱۰ به‌طور نامحدود ادامه می یابد.

بهینه: در این سناریو سیاست‌های تغییر اقلیم، رفاه اقتصادی را با مشارکت کامل همه کشورها از سال ۲۰۱۵ و بدون محدودیت‌های اقلیمی با برابر گرفتن ارزش فعلی هزینه‌های کاهش انتشار و ارزش فعلی منافع ناشی از کاهش آسیب‌های اقلیمی به حداکثر می‌رساند.

محدودیت دما: سیاست‌های بهینه‌ای اتخاذ می‌شوند که دمای جهانی از ۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای سال ۱۹۰۰ تجاوز نکند.

استرن تنزیل شده: در این سناریو نرخ‌های تنزیل بسیار پایین برای سیاست تغییر آب‌وهوا استفاده می‌شود. این سناریو با استفاده از نرخ تنزیل زمانی ۰/۱ درصد در سال و کشش مصرف ۱ اجرا خواهد شد.

استرن کالیبره شده: ازآنجاکه سناریوی استرن نرخ‌های بهره واقعی را پایین در نظر می‌گیرد، می‌بایست پارامترهای تابع ترجیحی را برای مطابقت با نرخ‌های بهره واقعی کالیبره نمود. در این

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

سناریو نرخ تنزیل زمانی را در ۰/۱ درصد در سال نگه داشته ولی کشش مصرف را به ۲.۱ افزایش می‌دهد.

توافق کپنهاگ: در این سناریو، کشورهای با درآمد بالا کاهش با سرعت زیاد انتشار گازهای گلخانه‌ای را طی چهار دهه آینده اجرا می‌کنند. کشورهای درحال‌توسعه نیز به‌تدریج آن را دنبال کنند. این سناریو از طریق سیستم محدودیت‌های انتشار ملی با تجارت کامل آلاینده‌ها در داخل و بین کشورها انجام می‌شود.

## ۶. نتایج تحلیل و مقایسه در مدل رشد درون‌زا و برون‌زا

### ۶-۱-نتایج[۱]

به‌طور ضمنی فرض شده که در همه‌ی این سناریوها نرخ بهینه‌ی کنترل انتشار اعمال گردد. جدول (۱) پیوست و شکل‌های (۱-الف) تا (۱-ج) وضعیت تولید خالص، مصرف سرانه و نرخ بازده سرمایه را در سناریوهای مختلف در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران را نشان می‌دهد.

[۱]. در این بخش صرفا نتایج در غالب شکل ارایه شده و در بخش ۷ (بحث) نتایج به صورت یکجا بررسی می شوند.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

**شکل (۱-الف) میزان تولید محصول ایران طی دوره ۲۱۰۲-۲۰۲۲** ( منبع: یافته‌های تحقیق)

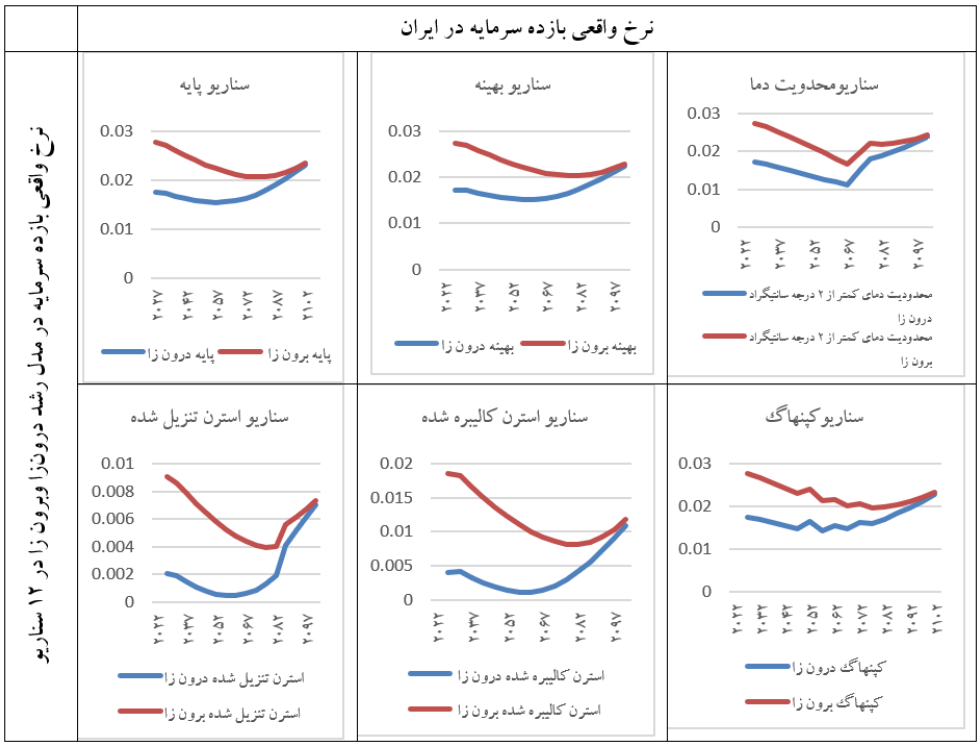
شکل (۱-الف) میزان تولید محصول را در سال‌های ۲۱۰۲-۲۰۲۲ در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین، در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 به تصویر کشیده است.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

**شکل (۱-ب) مصرف سرانه ایران طی دوره ۲۱۰۲-۲۰۲۲** (منبع یافته های تحقیق)

شکل( ۱-ب) مصرف سرانه را در طول سال‌های ۲۱۰۲-۲۰۲۲ در هردو مدل رشد درون‌زا برون‌زا ایران تحت سیاست‌های جایگزین، در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 به تصویر کشیده است.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

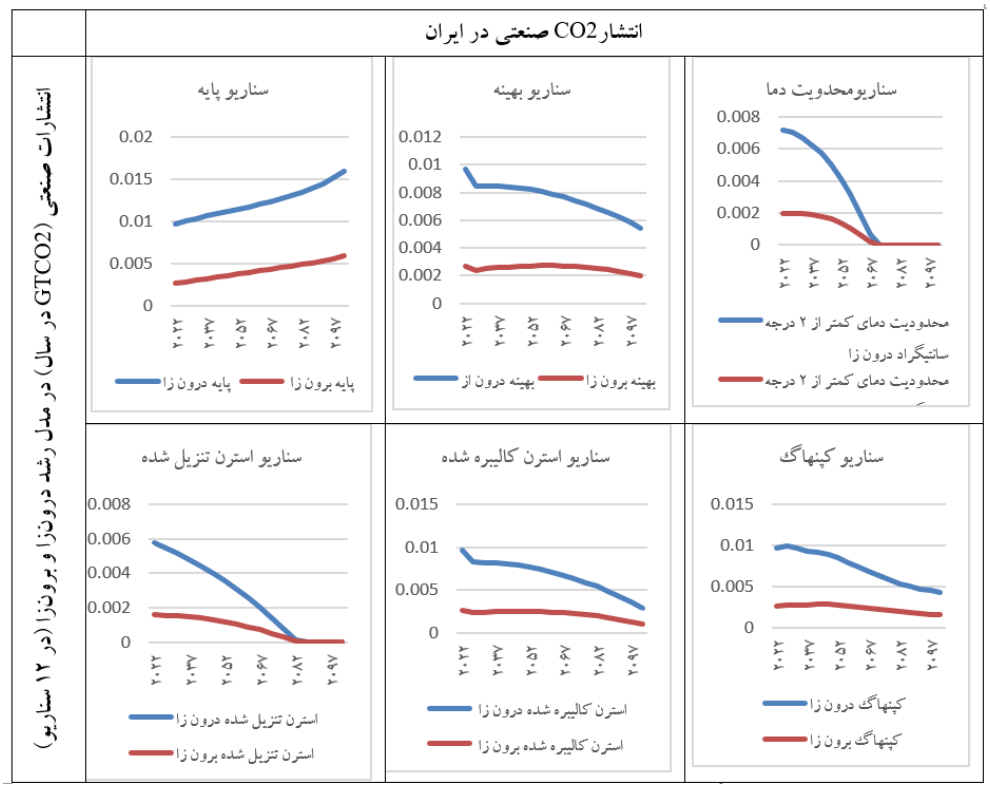



**شکل(۱–ج) نرخ بهره واقعی ایران طی دوره ۲۱۰۲–۲۰۲۲** (منبع یافته های تحقیق)

شکل( ۱–ج) نرخ بهره واقعی را در طول سال‌های ۲۱۰۲–۲۰۲۲ در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین، در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 به تصویر کشیده است.

جدول (۲) پیوست و شکل‌های((۲–الف) تا (۲–ج)) متغیرهای اصلی محیط زیستی شامل انتشار $CO_2$ صنعتی، غلظت $CO_2$ اتمسفر، و افزایش متوسط دمای ایران را در هردو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران نشان می‌دهد.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]




**شکل(۲-الف)- انتشار پیش‌بینی‌شده CO2 ایران طی دوره ۲۱۰۲-۲۰۲۲** (منبع یافته های تحقیق)

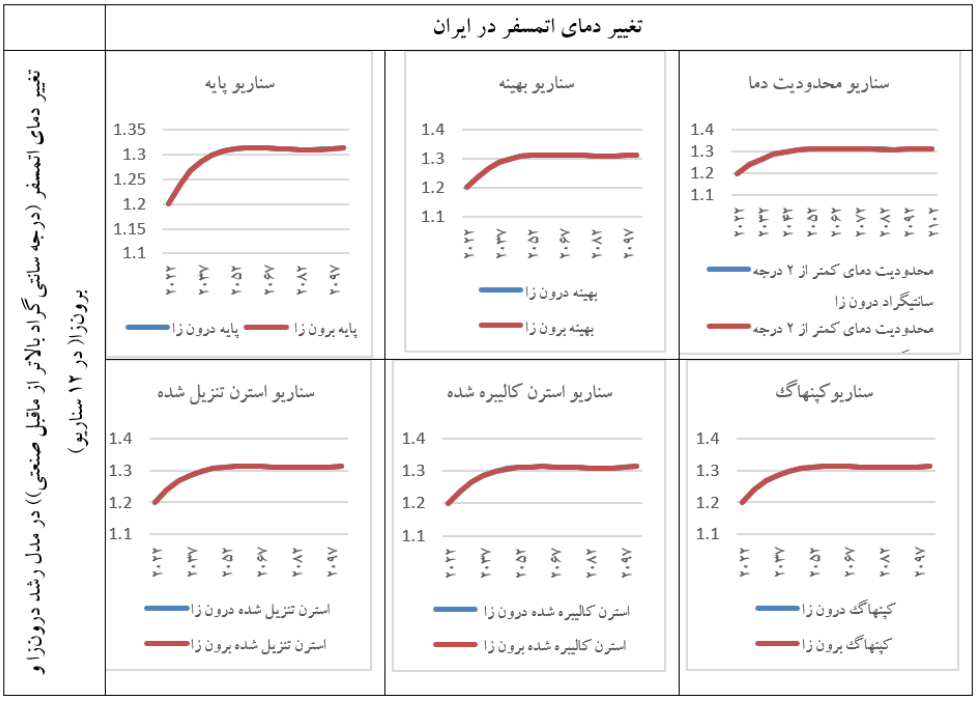
شکل (۲-الف) انتشار پیش‌بینی‌شده CO2 را در طول سال‌های ۲۱۰۲-۲۰۲۲ در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین، در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 به تصویر کشیده است. لازم به ذکر است که سایر گازهای گلخانه‌ای در پیش‌بینی‌ها برون‌زا در نظر گرفته می‌شوند.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

**شکل(۲-ب)- غلظت‌های اتمسفری CO2 ایران طی دوره ۲۱۰۲-۲۰۲۲** (منبع یافته های تحقیق)

شکل(۲-ب) غلظت‌های اتمسفری CO2 را در طول سال‌های ۲۱۰۲-۲۰۲۲ در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین، در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 به تصویر کشیده است. قابل ذکر است که غلظت‌ها شامل انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تغییرات کاربری زمین نیز می‌باشد.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

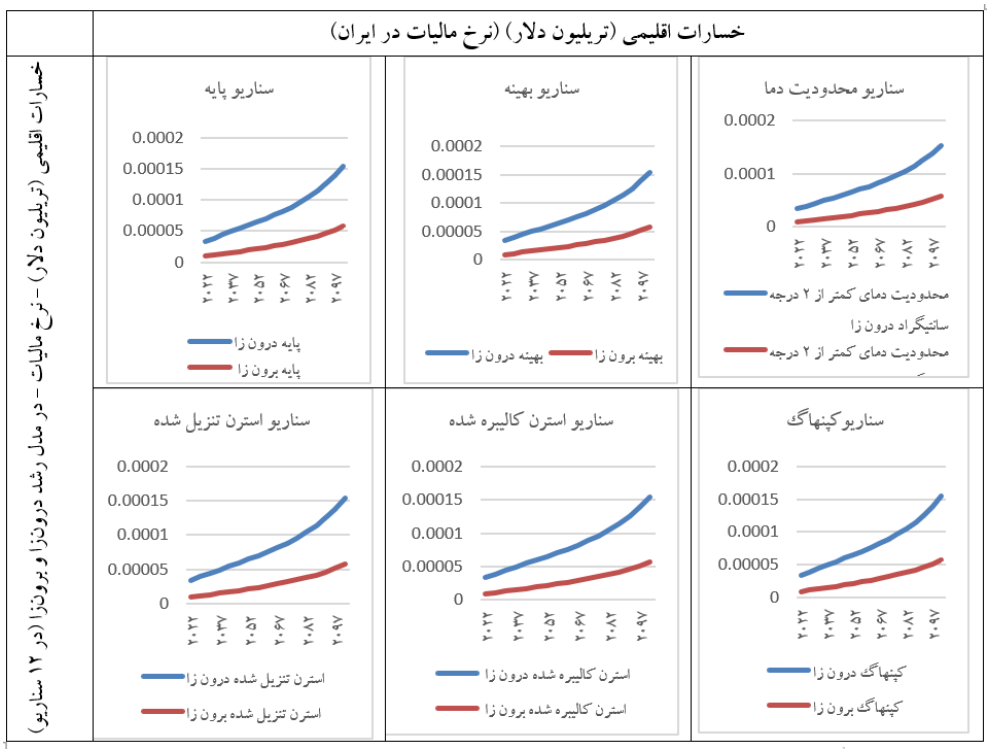



**شکل(۲-ج) - افزایش دمای ایران (درجه سانتی گراد از سال ۱۹۰۰) طی دوره ۲۱۰۲-۲۰۲۲** (یافته‌های تحقیق)

شکل (۲-ج)- افزایش دمای ایران (نسبت به سال ۱۹۰۰) را در طول سال‌های ۲۱۰۲-۲۰۲۲ در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 به تصویر کشیده است.

همانطورکه گفته شد مدل RICE روشی برای برآورد مالیات بهینه انتشار کربن با محاسبه هزینه اجتماعی کربن (SCC) را ارائه می‌دهد. SCC منعکس‌کننده ارزش تنزیل شده فعلی خسارات مورد انتظار ناشی از انتشار یک‌تن دی‌اکسید اضافی درجو است. با تعیین مالیات کربن برابر با SCC، هزینه انتشار یک‌تن دی‌اکسید اضافی برابر با خسارات مورد انتظار از یک‌تن انتشار است. درنتیجه مالیات بهینه انتشار کربن برابر با SCC تعیین می‌شود.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

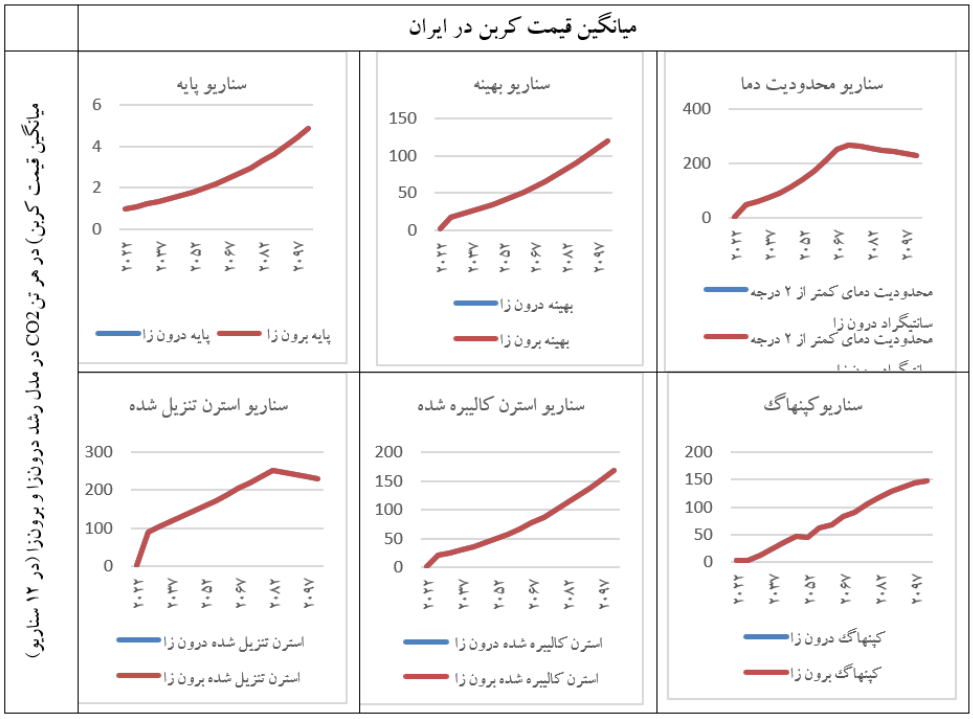



**شکل ۳- هزینه اجتماعی کربن ایران طی دوره۲۰۲۱-۲۰۲۲** (منبع: یافته‌های تحقیق)

جدول (۳) پیوست و شکل(۳) هزینه اجتماعی کربن که معیار اندازه گیری نرخ مالیات بر انتشارCO2 است را در طول سال‌های ۲۱۰۲-۲۰۲۲ در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 نشان می دهد.

جدول پیوست (۴) و شکل‌های ((۴-الف) و (۴-ب)) نرخ کنترل انتشارو قیمت کربن را در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 در مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران را نشان می‌دهد.

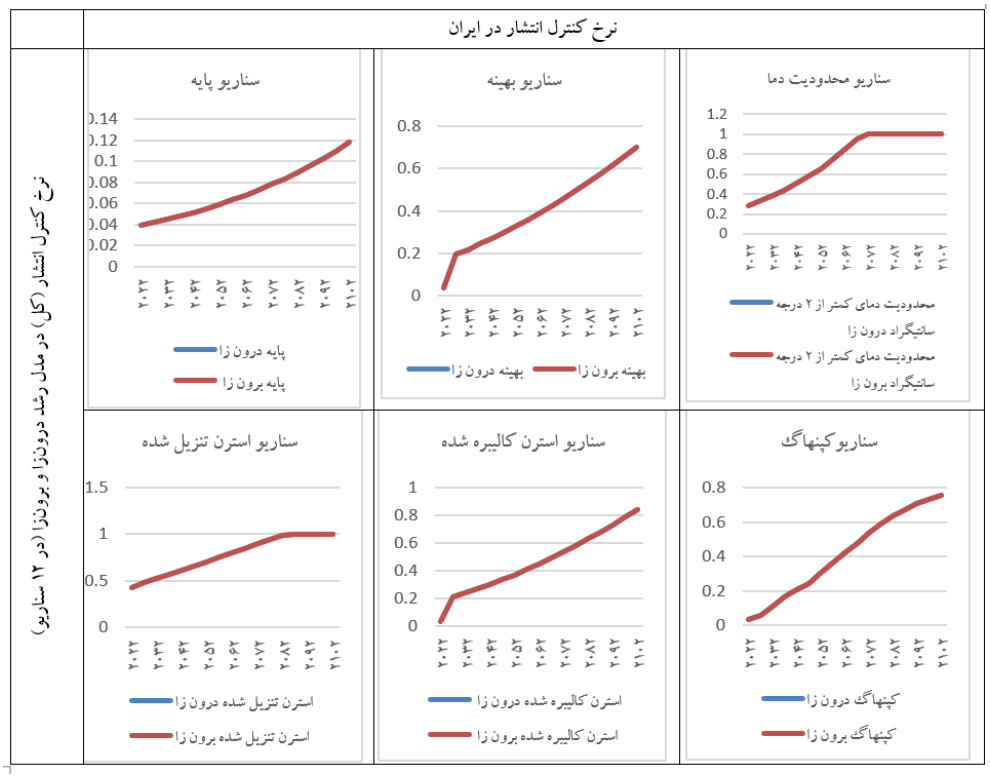
[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]




**شکل(۴-الف) -میانگین قیمت کربن ایران طی دوره ۲۱۰۲-۲۰۲۲** (منبع: یافته‌های تحقیق)

شکل (۴-الف) میانگین قیمت کربن را در طول سال‌های ۲۱۰۲-۲۰۲۲ در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین در سناریوهای مختلف مدلRICE-2013 به تصویر کشیده است.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]




**شکل (۴-ب) - نرخ کنترل انتشار ایران طی دوره ۲۱۰۲-۲۰۲۲** (منبع: یافته‌های تحقیق)

شکل (۴-ب) نرخ کنترل انتشار را در طول سال‌های ۲۱۰۲-۲۰۲۲ در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 به تصویر کشیده است.

### ۲-۶-تحلیل و مقایسه

در این قسمت به مقایسه و تحلیل نسبت مالیات به تولید خالص داخلی و انتشار CO2 و همچنین مقایسه تغییرات مالیات بر انتشار کربن، انتشار CO2، غلظت CO2، قیمت کربن در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران پرداخته می‌شود.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

جدول(۴)- نسبت مالیات به تولید خالص و نسبت مالیات به انتشار$CO_2$ ایران

| سناریو / سال / مدل/متغیر | | | ۲۰۲۲ | ۲۰۳۲ | ۲۰۴۲ | ۲۰۵۲ | ۲۰۶۲ | ۲۰۷۲ | ۲۰۸۲ | ۲۱۰۲ | ۲۱۲۲ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نسبت مالیات به تولید خالص داخلی ( تریلیون) | درونزا | پایه | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۰۴۵ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۷ |
| | | بهینه | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۰۴۵ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۸ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۹ | ۰/۰۰۵۰ | ۰/۰۰۴۹ | ۰/۰۰۴۸ | ۰/۰۰۴۹ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۴۴ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۸ | ۰/۰۰۴۸ | ۰/۰۰۴۹ | ۰/۰۰۴۹ | ۰/۰۰۴۸ | ۰/۰۰۴۹ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۰۴۵ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۸ | ۰/۰۰۴۹ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۸ |
| | برونزا | پایه | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۰۴۵ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۷ |
| | | بهینه | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۰۴۵ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۸ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۹ | ۰/۰۰۵۰ | ۰/۰۰۴۹ | ۰/۰۰۴۸ | ۰/۰۰۴۹ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۴۴ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۸ | ۰/۰۰۴۸ | ۰/۰۰۴۹ | ۰/۰۰۴۹ | ۰/۰۰۴۸ | ۰/۰۰۴۹ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۰۴۵ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۸ | ۰/۰۰۴۹ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۴۳ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۶ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۷ | ۰/۰۰۴۸ |
| نسبت مالیات به$CO_2$ ( تریلیون به GT ) | درونزا | پایه | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۲ |
| | | بهینه | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۹۲ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۳۸ | _ | _ | _ | ۰/۰۳۵ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۶۲ | ۱/۰۴۷ | _ | _ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۵۴ | _ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۶۵ |
| | برونزا | پایه | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۲ |
| | | بهینه | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۹۲ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۳۸ | _ | _ | _ | ۰/۰۳۵ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۶۲ | ۱/۰۴۷ | _ | _ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۵۴ | _ |

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰/۰۶۵ | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۳ | کپنهاگ | | |

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۴) نسبت مالیات به تولید خالص و نسبت مالیات به انتشار$CO_2$ در طول سال‌های ۲۱۰۲-۲۰۲۲ در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین، در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 را نشان می‌دهد.

**جدول (۵)- تغییرات متغیرهای اقتصادی وآب و هوایی ایران**

| - | | | (۱) | (۲) | (۳) | (۴) | (۵) | (۶) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تغییرات متغیرهای آب‌وهوایی / سناریو /مدل/متغیر | | | تغییرات مالیات (تریلیون) | تغییرات$CO_2$ (GT) | تغییرات غلظت(ppm) | تغییرات نرخ کنترل انتشار(٪) | تغییرات دما(سانتی‌گراد) | تغییرات میانگین قیمت(دلار) |
| تغییرات متغیرهای اقتصادی وآب و هوایی از ۲۰۲۲تا۲۱۲۲ | درون‌زا | پایه | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۱۰ | -۱۰۸/۷ | ۰/۱۲ | ۰/۱۳ | ۶/۲ |
| | | بهینه | ۰/۰۰۰۲ | -۰/۰۰۷ | -۱۰۸/۸ | ۰/۸۵ | ۰/۱۳ | ۱۶۵/۶ |
| | | حد $T > 2C^0$ | ۰/۰۰۰۲ | -۰/۰۰۶ | -۱۰۸/۹ | ۰/۶۸ | ۰/۱۲ | ۱۹۵/۳ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۰۰۲ | -۰/۰۰۶ | -۱۰۸/۹ | ۰/۵۷ | ۰/۱۲ | ۲۰۶/۳ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۰۰۲ | -۰/۰۱ | -۱۰۸/۹ | ۰/۹۶ | ۰/۱۳ | ۲۰۶/۳ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۰۰۲ | -۰/۰۰۶ | -۱۰۸/۸ | ۰/۸۰ | ۰/۱۳ | ۱۴۸/۲ |
| | برون‌زا | پایه | ۰/۰۰۰۰۸ | ۰/۰۰۵ | -۱۰۸/۹ | ۰/۱۲ | ۰/۱۲ | ۶/۲ |
| | | بهینه | ۰/۰۰۰۰۸ | -۰/۰۰۲ | -۱۰۸/۹ | ۰/۸۵ | ۰/۱۲ | ۱۶۵/۶ |
| | | حد $T > 2C^0$ | ۰/۰۰۰۰۸ | -۰/۰۰۲ | -۱۰۸/۹ | ۰/۶۸ | ۰/۱۲ | ۱۹۵/۳ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۰۰۰۸ | -۰/۰۰۲ | -۱۰۸/۹ | ۰/۵۷ | ۰/۱۲ | ۲۰۶/۳ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۰۰۰۸ | -۰/۰۰۳ | -۱۰۸/۹ | ۰/۹۶ | ۰/۱۲ | ۲۰۶/۳ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۰۰۰۸ | -۰/۰۰۱ | -۱۰۸/۹ | ۰/۸۰ | ۰/۱۲ | ۱۴۸/۲ |

منبع: یافته‌های تحقیق

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

جدول (۵) تغییرات متغیرهای اقتصادی وآب و هوایی را در طول سال‌های ۲۱۰۲-۲۰۲۲ در مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین، در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 را نشان می‌دهد.

تفاوت خروجی‌های مدل رشد درونزا و برونزا در نتایج بدست آمده از چند جنبه قابل توضیح است. اول اینکه در مدل‌های رشد درون‌زا، تغییرات در سیاست‌های مالیاتی (مثل افزایش مالیات بر انتشار کربن) می‌تواند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر رشد اقتصادی و همچنین بر انتشار کربن تأثیر بگذارد. در این مدل‌ها، مالیات می‌تواند انگیزه‌های سرمایه‌گذاری و نوآوری را تغییر دهد و به کاهش انتشار کربن منجر شود. در حالی که در مدل‌های رشد برون‌زا، تأثیرات مالیات بر رشد اقتصادی و کاهش انتشار کربن ممکن است به‌طور مستقیم و غیرمستقیم کم‌تر محسوس باشد، چراکه موتور محرک اصلی رشد اقتصادی در این مدل‌ها به‌عنوان یک برونزا در نظر گرفته می‌شود و تغییرات درون‌زا مدل به‌درستی در نظر گرفته نمی‌شود.

دومین دلیل تفاوت به تعاملات پیچیده بین رشد اقتصادی و انتشار کربن در دو دسته مدل بر می‌گردید. در مدل‌های رشد درون‌زا، تأثیرات سیاست‌ها بر رشد اقتصادی می‌تواند منجر به تغییرات پیچیده در میزان انتشار کربن و غلظت کربن اتمسفر شود. این تعاملات پیچیده می‌تواند به نوسانات بیشتری در نتایج مدل منجر شود، به‌ویژه زمانی که سیاست‌های مالیاتی بر نوآوری‌ها و تغییرات فناوری تأثیر می‌گذارند. در حالی که در مدل‌های برون‌زا، این تعاملات پیچیده ممکن است به‌طور کامل مدل‌سازی نشود و به همین دلیل نوسانات ممکن است کمتر محسوس باشد.

سومین دلیل نیز به تغییرات در پیشرفت‌های فناوری و نوآوری بر می‌گردید. زیرا مدل‌های رشد درون‌زا قادر به در نظر گرفتن تأثیرات پیشرفت‌های فناوری و نوآوری‌ها هستند که می‌تواند بر رشد اقتصادی و انتشار کربن تأثیر بگذارد. تغییرات در این زمینه‌ها می‌تواند منجر به نوسانات در نتایج مدل شود. ولی در مدل‌های برون‌زا، این تأثیرات ممکن است به‌طور کامل لحاظ نشود، بنابراین نوسانات کمتری مشاهده می‌شود.

## ۷. بحث

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران روند تولید کالا و خدمات در همه‌ی سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 در حال افزایش است. همچنین در مدل رشد درون‌زا، تولید در سطح بالاتری از مدل رشد برون‌زا قرار دارد. درهر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران روند مصرف سرانه در همه‌ی سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 در حال افزایش است. همچنین در مدل رشد درون‌زا مصرف سرانه در سطح بالاتری از مدل رشد برون‌زا قرار دارد. این نتایج نشان می دهد که با درون‌زا نمودن تکنولوژی در سناریوهای مختلف مدلRICE-2013 در ایران مؤثر بوده و مقدار متغیرهای اقتصادی تولید خالص داخلی و مصرف سرانه افزایش‌یافته است. همچنین در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران روند نرخ بهره واقعی در همه‌ی سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 در حال کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

در هردو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران روند انتشار $CO_2$ صنعتی در همه‌ی سناریوها به‌جز سناریوی پایه در حال کاهش است. همچنین در هردو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران در سناریوی استرن تنزیل شده واسترن کالیبره شده مدل RICE-2013 در حال کاهش است و در ۲۱۲۲ به صفر می‌رسد. همچنین در مدل رشد درون‌زا انتشار $CO_2$ صنعتی در سطح بالاتری قرار دارد. از طرفی در هردو مدل رشد برون‌زا و درون‌زای ایران در همه‌ی سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 روند غلظت‌های جوی $CO_2$ در حال کاهش است. در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران روند افزایش دما در همه‌ی سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 درحال افزایش بوده و میزان این افزایش دما در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران کمتر از ۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این نتایج نشان‌دهنده مؤثر بودن سیاست‌های اعمال‌شده در کاهش انتشار $CO_2$صنعتی و غلظت $CO_2$ اتمسفر می‌باشد. همچنین افزایش دما نیز از معاهده پاریس فراتر نرفته است. همچنین در مدل رشد درون‌زا، در همه سناریوها مالیات بهینه کربن در سطح بالاتری قرار دارد .البته هم‌زمان متغیرهای اقتصادی تولید و مصرف افزایش و مقدار انتشار $CO_2$ وغلظت $CO_2$ نیز کاهش می یابد.

برای جبران آسیب‌های ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌بایست در سناریو بهینه مدل رشد درون‌زای ایران در سال ۲۰۲۲ به‌اندازه ۳۰ میلیون دلار و در سال ۲۱۲۲ به‌اندازه ۲۰۰ میلیون دلار

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

مالیات اخذ گردد و در سناریوی بهینه در مدل رشد برون‌زا می‌بایست ۱۰ میلیون دلار ودرسال ۲۱۲۲به‌اندازه ۱۰۰ میلیون دلار مالیات اخذ گردد. تا انتشارCO2 و غلظت اتمسفر کاهش یابد و دما خیلی افزایش نیابد.

در هر دو مدل درون‌زا و برون‌زای ایران روند میانگین قیمت کربن در همه‌ی سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 به‌جز در سناریوهای محدودیت دمای ۲ درجه سانتی‌گراد واسترن تنزیل شده در حال افزایش است.

شاید مهم‌ترین خروجی‌های مدل‌های اقتصادی یکپارچه تغییرات آب‌وهوا، «قیمت کربن» در کوتاه‌مدت باشد. این مفهومی است که قیمت بازار انتشار گازهای گلخانه‌ای را اندازه‌گیری می‌کند. در یک محیط بازار، مانند رژیم سقف و تجارت، قیمت کربن، قیمت تجارت مجوز انتشار کربن است. در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زا در ایران روند نرخ کنترل انتشار در همه‌ی سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 در حال افزایش است. همچنین در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران قیمت بهینه کربن در سال ۲۰۳۲ ، ۲۱ دلار به ازای هر تن CO2 تخمین زده می‌شود که به ۱۶۱ دلار در هر تن در سال ۲۱۲۲ افزایش می‌یابد. نرخ کنترل انتشار در حالت بهینه از۰.۰۴ شروع می‌شود، در سال ۲۱۲۲ به حدود۰.۸۹ درصد می‌رسد.

در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران روند نسبت مالیات به تولید خالص داخلی در سال‌های ۲۰۲۲تا ۲۱۲۲ در همه‌ی سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 درحال افزایش است. همچنین روند نسبت مالیات به انتشار CO2 نیز در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زا در سال‌های ۲۰۲۲تا ۲۱۲۲ در همه‌ی سناریوهای مختلف مدلRICE-2013 در حال افزایش است.

در مدل رشد درون‌زا در سناریوی پایه در سال۲۰۲۲ به ازای یک تریلیون دلار تولید خالص داخلی ۳.۹ میلیارد دلارمالیات اخذ می‌گردد. و در سال ۲۱۲۲به ازای یک تریلیون تولید خالص داخلی ۴.۷ میلیارد دلارمالیات اخذ می‌گردد. در مدل رشد درون‌زا در سناریوی بهینه در سال ۲۰۲۲به ازای یک تریلیون دلار تولید خالص داخلی ۳.۹ میلیارد دلارمالیات اخذ می‌گردد. همچنین در سال ۲۱۲۲به ازای یک تریلیون تولیدخالص داخلی ۴.۸ میلیارد دلارمالیات اخذ می‌گردد .در مدل رشد

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

درون‌زا در سناریوی بهینه سال ۲۰۲۲ به ازای یک GT CO2 می‌بایست ۳ میلیارد دلار مالیات اخذ گردد و در سال ۲۱۲۲ به ازای یک GT CO2 می‌بایست ۹۲ میلیارد دلار مالیات اخذ گردد.

در مدل رشد برون‌زا در سناریوی بهینه در سال2022 به ازای یک تریلیون دلار تولید خالص داخلی ۳.۹ میلیارد دلارمالیات اخذ می‌گردد. همچنین در سال ۲۱۲۲به ازای یک تریلیون تولید خالص داخلی ۴.۸ میلیارد دلارمالیات اخذ می‌گردد. در مدل رشد برون‌زا در سناریوی بهینه سال ۲۰۲۲ به ازای یک GT CO2 می‌بایست ۳ میلیارد دلار مالیات اخذ گردد و در سال ۲۱۲۲ به ازای یک GT CO2 می‌بایست ۹۲ میلیارد دلار مالیات اخذ گردد.

در سناریو بهینه درون‌زا با تغییرات ۰.۲ میلیارد دلار مالیات کربن در فاصله سال‌های ۲۱۲۲تا ۲۲۰۲ انتشارCO2 صنعتی (7MT) کاهش می‌یابد. همچنین در همه سناریوهای مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران(به‌جز سناریوی پایه درون‌زا) افزایش مالیات در فاصله سال‌های ۲۰۲۲تا ۲۱۲۲ باعث کاهش انتشار CO2 صنعتی و غلظت کربن اتمسفر می‌گردد. در همه سناریوها تغییرات دما کمتر از دو درجه سانتی‌گراد افزایش‌یافته است. بنابراین این سیاست در ایران منطبق با معاهده پاریس و «تعهدات مشارکت ملی در نظر گرفته شده» ایران در موافقت نامه پاریس (۲۰۱۵) است.

## ۸. جمع‌بندی و پیشنهادها

مطالعه حاضر نتایج مدل IRAN–RICE را ارائه می‌کند. مدل RICE به ما اجازه می‌دهد تا اثرات اقتصادی و زیست‌محیطی سیاست‌های جایگزین را تجزیه‌وتحلیل کنیم.

همان‌طور که مشاهده می‌گردد به‌طورکلی با اجرای سناریوهای مختلف درهر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زا، مقدار همه‌ی متغیرهای اقتصادی مورد تحلیل در این مطالعه در هر ۶ سناریو در حال افزایش است و در مدل درون‌زا بیشتر از مقدار برون‌زاست. با اعمال تکنولوژی به‌صورت درون‌زا و برون‌زا تولید و مصرف سرانه افزایش‌یافته است. همچنین در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زا در همه‌ی سناریوها به‌جز سناریوی پایه انتشار CO2 و غلظتCO2 اتمسفر در حال کاهش است که نشان‌دهنده مؤثر بودن سیاست‌های اعمال‌شده است. مطالعه فعلی انتشار گازهای گلخانه‌ای

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

را پیش‌بینی می‌کند که باعث افزایش میانگین دمای جهانی در حالت بهینه درون‌زا از ۱.۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۲۲ به ۱.۴ درجه سانتی‌گراد در سال۲۱۲۲ می‌شود. درواقع تغییرات افزایش دما نیز در هر دو حالت درون‌زا و برون‌زا در همه‌ی سناریوها در حال افزایش است اما این تغییرات کمتر از ۲درجه سانتی‌گراد می‌باشد. گزارش ارزیابی چهارم IPCC بهترین تخمین را از تغییر دما در قرن آینده (۲۰۹۰-۲۰۹۹ نسبت به ۱۹۸۰-۱۹۹۹) از ۱.۸ تا ۴.۰ درجه سانتی‌گراد ارائه می‌دهد۱.

مالیات بهینه کربن نشان‌دهنده سطح محدودیت انتشار کربن است که باید اعمال شود تا کره زمین در مسیر اقتصادی بهینه قرار گیرد و در صورت عدم اعمال محدودیت، خساراتی به اقلیم آب وهوایی وارد شود. در این مطالعه هزینه اجتماعی کربن که همان نرخ مالیات بر انتشارCO2 است، در طول سال‌های 2122-2022 در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران نشان داده می‌شود. مشاهده می‌گردد که هزینه اجتماعی کربن یا مالیات بهینه کربن در هر دو حالت درون‌زا و برون‌زا در همه‌ی سناریوها در حال افزایش است. همچنین در مدل رشد درون‌زا میزان مالیات بهینه کربن در سطح بالاتری قرار دارد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که برای جبران آسیب‌های ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌بایست در سناریو بهینه مدل رشد درون‌زای ایران در سال ۲۰۲۲ به‌اندازه ۳۰ میلیون دلار و در سال ۲۱۲۲ به‌اندازه ۲۰۰ میلیون دلار مالیات اخذ گردد و در سناریوی بهینه در مدل رشد برون‌زا می‌بایست ۱۰ میلیون دلار ودرسال ۲۱۲۲به‌اندازه ۱۰۰ میلیون دلار مالیات اخذ گردد.

همان‌طور که بیان گردید، در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران روند نسبت مالیات به تولید خالص داخلی و روند نسبت مالیات به انتشار CO2 در سال‌های ۲۰۲۲تا ۲۱۲۲ در همه‌ی سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 درحال افزایش است. در مدل رشد درون‌زا در سناریوی پایه در سال2022 به ازای یک تریلیون دلار تولید خالص داخلی ۳.۹ میلیارد دلارمالیات اخذ می‌گردد. و در سال ۲۱۲۲به ازای یک تریلیون تولید خالص داخلی ۴.۷ میلیارد دلارمالیات اخذ می‌گردد. در مدل رشد درون‌زا در سناریوی بهینه در سال ۲۰۲۲به ازای یک تریلیون دلار تولید خالص داخلی ۳.۹ میلیارد دلارمالیات اخذ می‌گردد. همچنین در سال ۲۱۲۲به ازای یک تریلیون تولیدخالص داخلی

۱ . IPCC چهارمین گزارش ارزیابی، علم [۲۰۰۷].

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

۴.۸ میلیارد دلارمالیات اخذ می‌گردد .در مدل رشد درون‌زا در سناریوی بهینه سال ۲۰۲۲ به ازای ۱GT CO2 می‌بایست ۳ میلیارد دلار مالیات اخذ گردد و در سال ۲۱۲۲ به ازای GT CO2 ۱می‌بایست ۹۲ میلیارد دلار مالیات اخذ گردد.

در سناریو بهینه درون‌زا با تغییرات ۰.۲ میلیارد دلار مالیات کربن در فاصله سال‌های ۲۱۲۲تا ۲۲۰۲ انتشارCO2 صنعتی(7MT)کاهش می‌یابد. همچنین در همه سناریوهای مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران(به‌جز سناریوی پایه درون‌زا) افزایش مالیات در فاصله سال‌های ۲۰۲۲تا ۲۱۲۲ باعث کاهش انتشار CO2 صنعتی و غلظت کربن اتمسفر می‌گردد. نتایج تغییر دما نشان می‌دهد که در همه سناریوها تغییرات دما کمتر از دو درجه سانتی‌گراد افزایش‌یافته است.

این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که در همه سناریوها قیمت کربن افزایش‌یافته تا نشان دهد که مسیر قیمت‌های کربن به‌شدت در دهه‌های آینده افزایش یابد تا منعکس‌کننده خسارات فزاینده و نیاز به محدودیت‌های فزاینده سخت‌گیرانه باشد. به‌عنوان‌مثال، در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران قیمت بهینه کربن در سال ۲۰۳۲ ، ۲۱ دلار به ازای هر تن CO2 تخمین زده می‌شود که به ۱۶۱ دلار در هر تن در سال ۲۱۲۲ افزایش می‌یابد. نرخ کنترل انتشار در حالت بهینه از۰.۰۴ شروع می‌شود، در سال ۲۱۲۲ به حدود۰.۸۹ درصد می‌رسد.

بر اساس نتایج مقاله در همه سناریوها، لازم است که ایران سیاست مالیات بر انتشار کربن را به‌صورت تدریجی و افزایشی اجرا کند تا تأثیرات آن بر تولید ناخالص داخلی و کاهش انتشار CO2 به‌طور مؤثر و پایدار مدیریت شود. این امر به ویژه در سناریوهای غیر از سناریوی پایه مؤثر است و می‌تواند به کاهش انتشار CO2 و کاهش غلظت کربن اتمسفر منجر شود.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

## References

Amiri, H., Shahnazi, R., Dehghan Shabani, Z. (2011). Economics of the public sector (Vol.1), Tehran: Research Institute of Hoza and University and Samt(In Persian).

Amini, A., Daryadel, A. (2018). Mechanisms for monitoring compliance with obligations and implementation in the Paris Agreement. International Legal Journal 1(6), 105-133(In Persian).

Abbaszadeh Karamjovan, S., Abbaszadeh, N. (2019). Economic Evaluation of Carbon Tax Policy: An Application of Computable General Equilibrium Model, Energy Planning and Policy Research Quarterly, 6(18), 3-37(In Persian).

Bilali, H., Khaledian, Q., Deliri, A. (2017). Determining the optimal rate of green tax on greenhouse gas emissions in dairy farms of Hamadan province, Ekhtaz and Tehseh Agrazuri magazine, 3(32), 227-236(In Persian).

Eslamloueyan, K., Ostadzadeh, A. (2014). Green tax in the energy and final goods sectors in Iran: a game theory approach, Iran Energy Economics Research Journal, 5(17), 1-37(In Persian).

Feichtinger, G., & Jorgensen, S. (1983). Differential Game Models in Management science. European Journal of Operational Research 14(1983), 137-155.

Farrokhi, M. (2015). The role of environmental factors in health and social welfare (environmental welfare indices). National conference of healthy lifestyle, SID. https://sid.ir/paper/849780/fa( .In Persian).

Farajzadeh, Z. (2018). Emissions Tax in Iran: Incorporating Pollution Disutility in a Welfare Analysis. Department of Agricultural Economics, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran. Journal of Cleaner Production 186 (2018), 618-631.

Farajzadeh, Z., Ghorbanian, E & Tarazkar , M. H.(2023 ) .The impact of climate change on economic growth: Evidence from a panel of Asian countries . Environmental Development 47(2023)100898

Hadian, A., Andergi Eslami, M. (2013). Evaluating the effect of green taxes on the employment of different economic sectors in Iran using the calculable general equilibrium model, Energy Economic Studies Quarterly,10(43), 47-85(In Persian).

Hao, L., Umar, M., Khan, Z., & Ali, W. (2021). Green Growth and Low Carbon Emission in G7 Countries: How Critical the Network of Environmental Taxes,

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

Renewable Energy and Human Capital is?. Science of the Total Environment 752 (2021),1-10.

Iran Intended Nationally Determined Contribution (2015). https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Iran/1/INDC%20Iran%20Final%20Text.pdf

Jahangerd, A., Banoui, A., Bakhridi, S., Doshabi, H., Doshabinejad, Amir. (2018). Comparing the economic effects of applying carbon emission tax and energy price tax in Iran's economy: computable general equilibrium approach, Iranian Energy Economics Research Journal, 8(3), 61-92(In Persian).

Nordhaus, W. D. (1992). An Optimal Transition Path for Controlling Greenhouse Gases. Science, 258(5086), 1315-1319.

Nordhaus, W. D. (1993). Optimal Greenhouse-Gas Reductions and Tax Policy in the "DICE" Model. The American Economic Review 83(2), 313-317.

Nordhaus, W. D. (1995).The Ghosts of Climates Past and the Specters of Climate Change Future. Energy Policy 23 (4/5), 269-282.

Nordhaus, W. D., & Yang, Z. (1996). A Regional Dynamic General-Equilibrium Model of Alternative Climatechange Strategies. The American Economic Review, 741-765.

Nordhaus, W. D. (2007). The Challenge of Global Warming: Economic Models and Environmental Policy (Vol. 4). New Haven, CT: Yale University.

Nordhaus, W. D., & Sztorc, P. (2013). DICE 2013R: Introduction and User's Manual. Yale University and the National Bureau of Economic Research, USA.

Negishi, T. (2017). Welfare Economics and Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy. The Author Wishes to Express his Gratitude to Prof. K. J. Arrow and Mr. H. Uzawa, Both of Stanford University, for their Valuable Suggestions. This Work is Supported by the Office of Naval Research, U.S.A, 93-97.

Nordhaus ,W, D. (2021). Are We Approaching an Economic Singularity? Information Technology and the Future of Economic Growth. American Economic Journal: Macroeconomics 2021, 13(1), 299–332.

Tang, M., Li, Z., Hu, F., Wu, B., & Zhang, R. (2021). Market Failure, Tradable Discharge Permit, and Pollution Reduction: Evidence from Industrial Firms in China. Ecological Economics 189 (2021), 1-14.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

Yi, Y., Wei, Z., & Fu, Ch. (2020). An Optimal Combination of Emissions Tax and Green Innovation Subsidies for Polluting Oligopolies. School of Economics Management and Law, University of South, China,1-18.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

## پیوست: مقادیر محاسبه‌شده از مدل

جدول (۱)- متغیرهای اصلی اقتصادی (تولید خالص داخلی، مصرف سرانه ونرخ بهره واقعی) ایران

| سال / سناریو /مدل/متغیر | | | ۲۰۲۲ | ۲۰۳۲ | ۲۰۴۲ | ۲۰۵۲ | ۲۰۶۲ | ۲۰۷۲ | ۲۰۸۲ | ۲۱۰۲ | ۲۱۲۲ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کل تولید-خالص داخلی(تریلیون دلار آمریکا۲۰۲۲) | درون‌زا | پایه | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۵۳ |
| | | بهینه | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۵۱ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰۵۱ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰۵۱ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰۵۱ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۵۲ |
| | برون‌زا | پایه | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۲۰ |
| | | بهینه | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۹ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۹ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۹ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۹ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۹ |
| مصرف سرانه در (هزار دلار درسال) | درون‌زا | پایه | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۸۲ |
| | | بهینه | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۶۹ | ۰/۰۸۰ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۶۰ | ۰/۰۶۰ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۷ | ۰/۰۷۹ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۷ | ۰/۰۷۸ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۶۹ | ۰/۰۷۹ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۶۹ | ۰/۰۸۰ |
| | برون‌زا | پایه | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۳۱ |
| | | بهینه | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۳۰ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ |

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

| سال / سناریو /مدل/متغیر | | | ۲۰۲۲ | ۲۰۳۲ | ۲۰۴۲ | ۲۰۵۲ | ۲۰۶۲ | ۲۰۷۲ | ۲۰۸۲ | ۲۱۰۲ | ۲۱۲۲ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۳۰ |
| نرخ بهره واقعی٪ | درون‌زا | پایه | _ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۷ |
| | | بهینه | _ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۷ |
| | | حد $2C^0 > T$ | _ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۲۸ |
| | | استرن تنزیل شده | _ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۱۰ |
| | | استرن کالیبره شده | _ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۹ |
| | | کپنهاگ | _ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۷ |
| | برون‌زا | پایه | _ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۲۹ |
| | | بهینه | _ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۸ |
| | | حد $2C^0 > T$ | _ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۳۰ |
| | | استرن تنزیل شده | _ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۱۱ |
| | | استرن کالیبره شده | _ | ۰/۰۱۸ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۲۲ |
| | | کپنهاگ | _ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۹ |

منبع: محاسبات تحقیق

جدول فوق متغیرهای اصلی اقتصادی را در طول سال‌های۱۲۲۲-۲۰۲۲ در هردو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین، در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 را نشان می‌دهد.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

جدول(۲)- متغیرهای اصلی ژئوفیزیک (انتشارco2 ، غلظت co2 و افزایش دما) ایران

| سال / سناریو /مدل/متغیر | | | ۲۰۲۲ | ۲۰۳۲ | ۲۰۴۲ | ۲۰۵۲ | ۲۰۶۲ | ۲۰۷۲ | ۲۰۸۲ | ۲۱۰۲ | ۲۱۲۲ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| انتشار CO2 صنعتی (GtCO2/سال) | درون‌زا | پایه | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۲۰ |
| | | بهینه | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۳ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۱ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۰ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۴ |
| | برون‌زا | پایه | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۸ |
| | | بهینه | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۱ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۱ |
| کل غلظت(ppm) CO2 | درون‌زا | پایه | ۸۳۰/۴ | ۸۰۳/۸ | ۷۸۳/۲ | ۷۶۷/۳ | ۷۵۵ | ۷۴۵/۵ | ۷۳۸/۲ | ۷۲۸ | ۷۲۱/۷ |
| | | بهینه | ۸۳۰/۴ | ۸۰۳/۸ | ۷۸۳/۲ | ۷۶۷/۳ | ۷۵۵ | ۷۴۵/۵ | ۷۳۸/۱ | ۷۲۷/۹ | ۷۲۱/۶ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۸۳۰/۴ | ۸۰۳/۸ | ۷۸۳/۲ | ۷۶۷/۳ | ۷۵۵ | ۷۴۵/۵ | ۷۳۸/۱ | ۷۲۷/۸ | ۷۲۱/۵ |
| | | استرن تنزیل شده | ۸۳۰/۴ | ۸۰۳/۸ | ۷۸۳/۲ | ۷۶۷/۳ | ۷۵۵ | ۷۴۵/۵ | ۷۳۸/۱ | ۷۲۷/۸ | ۷۲۱/۵ |
| | | استرن کالیبره شده | ۸۳۰/۴ | ۸۰۳/۸ | ۷۸۳/۲ | ۷۶۷/۳ | ۷۵۵ | ۷۴۵/۵ | ۷۳۸/۱ | ۷۲۷/۹ | ۷۲۱/۵ |
| | | کپنهاگ | ۸۳۰/۴ | ۸۰۳/۸ | ۷۸۳/۲ | ۷۶۷/۳ | ۷۵۵ | ۷۴۵/۵ | ۷۳۸/۱ | ۷۲۷/۹ | ۷۲۱/۶ |
| | برون‌زا | پایه | ۸۳۰/۴ | ۸۰۳/۷ | ۷۸۳/۲ | ۷۶۷/۳ | ۷۵۵ | ۷۴۵/۵ | ۷۳۸/۱ | ۷۲۷/۹ | ۷۲۱/۵ |
| | | بهینه | ۸۳۰/۴ | ۸۰۳/۷ | ۷۸۳/۲ | ۷۶۷/۳ | ۷۵۵ | ۷۴۵/۵ | ۷۳۸/۱ | ۷۲۷/۸ | ۷۲۱/۵ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۸۳۰/۴ | ۸۰۳/۷ | ۷۸۳/۲ | ۷۶۷/۳ | ۷۵۵ | ۷۴۵/۵ | ۷۳۸/۱ | ۷۲۷/۸ | ۷۲۱/۵ |
| | | استرن تنزیل شده | ۸۳۰/۴ | ۸۰۳/۷ | ۷۸۳/۲ | ۷۶۷/۳ | ۷۵۵ | ۷۴۵/۵ | ۷۳۸/۱ | ۷۲۷/۸ | ۷۲۱/۵ |
| | | استرن کالیبره شده | ۸۳۰/۴ | ۸۰۳/۷ | ۷۸۳/۲ | ۷۶۷/۳ | ۷۵۵ | ۷۴۵/۵ | ۷۳۸/۱ | ۷۲۷/۸ | ۷۲۱/۵ |

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

| سال / سناریو /مدل/متغیر | | | ۲۰۲۲ | ۲۰۳۲ | ۲۰۴۲ | ۲۰۵۲ | ۲۰۶۲ | ۲۰۷۲ | ۲۰۸۲ | ۲۱۰۲ | ۲۱۲۲ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | کپنهاگ | ۸۳۰/۴ | ۸۰۳/۷ | ۷۸۳/۲ | ۷۶۷/۳ | ۷۵۵ | ۷۴۵/۵ | ۷۳۸/۱ | ۷۲۷/۸ | ۷۲۱/۵ |
| افزایش دما($C^0$ از سال ۱۹۰۰) | درون‌زا | پایه | ۱/۲ | ۱/۲۶۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۱۴ | ۱/۳۱۲ | ۱/۳۱ | ۱/۳۱۴ | ۱/۳۲۶ |
| | | بهینه | ۱/۲ | ۱/۲۶۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۱۴ | ۱/۳۱۲ | ۱/۳۱ | ۱/۳۱۴ | ۱/۳۲۵ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۱/۲ | ۱/۲۶۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۱۴ | ۱/۳۱۲ | ۱/۳۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۲۵ |
| | | استرن تنزیل شده | ۱/۲ | ۱/۲۶۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۱۴ | ۱/۳۱۲ | ۱/۳۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۲۵ |
| | | استرن کالیبره شده | ۱/۲ | ۱/۲۶۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۱۴ | ۱/۳۱۲ | ۱/۳۱ | ۱/۳۱۴ | ۱/۳۲۵ |
| | | کپنهاگ | ۱/۲ | ۱/۲۶۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۱۴ | ۱/۳۱۲ | ۱/۳۱ | ۱/۳۱۴ | ۱/۳۲۵ |
| | برون‌زا | پایه | ۱/۲ | ۱/۲۶۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۱۲ | ۱/۳۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۲۵ |
| | | بهینه | ۱/۲ | ۱/۲۶۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۱۲ | ۱/۳۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۲۵ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۱/۲ | ۱/۲۶۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۱۲ | ۱/۳۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۲۵ |
| | | استرن تنزیل شده | ۱/۲ | ۱/۲۶۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۱۲ | ۱/۳۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۲۵ |
| | | استرن کالیبره شده | ۱/۲ | ۱/۲۶۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۱۲ | ۱/۳۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۲۵ |
| | | کپنهاگ | ۱/۲ | ۱/۲۶۷ | ۱/۲۹۹ | ۱/۳۱۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۱۲ | ۱/۳۱ | ۱/۳۱۳ | ۱/۳۲۵ |

منبع: محاسبات تحقیق

جدول فوق متغیرهای اصلی ژئوفیزیک را درطول سال‌های 2122-2022 در هردو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین، در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 نشان می‌دهد.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

**جدول (۳)-هزینه اجتماعی کربن ایران**

| نرخ مالیات در ۱۲ سناریو(تریلیون دلار) خسارات آب‌وهوا | | سناریو /مدل/متغیر \ سال | ۲۰۲۲ | ۲۰۳۲ | ۲۰۴۲ | ۲۰۵۲ | ۲۰۶۲ | ۲۰۷۲ | ۲۰۸۲ | ۲۱۰۲ | ۲۱۲۲ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | درون‌زا | پایه | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۰۵ | ۰/۰۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۰۸ | ۰/۰۰۰۰۹ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۲ |
| | | بهینه | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۰۵ | ۰/۰۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۰۸ | ۰/۰۰۰۰۹ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۲ |
| | | حد $T > 2C^0$ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۰۵ | ۰/۰۰۰۰۶ | ۰/۰۰۰۰۸ | ۰/۰۰۰۰۹ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۲ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۰۵ | ۰/۰۰۰۰۶ | ۰/۰۰۰۰۸ | ۰/۰۰۰۰۹ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۲ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۰۵ | ۰/۰۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۰۸ | ۰/۰۰۰۰۹ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۲ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۰۵ | ۰/۰۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۰۸ | ۰/۰۰۰۰۹ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۲ |
| | برون‌زا | پایه | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| | | بهینه | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| | | حد $T > 2C^0$ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ |

منبع:محاسبات تحقیق

جدول (۳) هزینه اجتماعی کربن که همان نرخ مالیات بر انتشار$CO_2$ را در طول سال‌های 2022-2122 در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 را نشان می‌دهد.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

جدول(۴)- میانگین قیمت کربن و نرخ کنترل انتشار ایران

| سناریو /مدل/متغیر | | سال | ۲۰۲۲ | ۲۰۳۲ | ۲۰۴۲ | ۲۰۵۲ | ۲۰۶۲ | ۲۰۷۲ | ۲۰۸۲ | ۲۱۰۲ | ۲۱۲۲ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| قیمت کربن (۲۰۲۲ در هر تن $CO_2$) | درودزا | پایه | ۱ | ۱/۲ | ۱/۵ | ۱/۸ | ۲/۲ | ۲/۷ | ۳/۳ | ۴/۹ | ۷/۲ |
| | | بهینه | ۱ | ۲۱/۲ | ۲۹/۳ | ۳۹/۴ | ۵۱/۵ | ۶۵/۷ | ۸۱/۹ | ۱۲۰/۶ | ۱۶۶/۶ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۱ | ۵۷/۹ | ۹۰/۹ | ۱۳۹/۳ | ۲۰۷/۸ | ۲۶۷/۱ | ۲۵۳/۹ | ۲۲۹/۴ | ۱۹۶/۳ |
| | | استرن تنزیل شده | ۱ | ۱۰۲/۷ | ۱۳۰/۱ | ۱۵۸/۵ | ۱۸۸/۳ | ۲۱۹/۳ | ۲۵۰/۸ | ۲۲۹/۴ | ۲۰۷/۳ |
| | | استرن کالیبره شده | ۱ | ۲۵ | ۳۵/۹ | ۴۹/۷ | ۶۶/۹ | ۸۷/۴ | ۱۱۱/۱ | ۱۶۷/۵ | ۲۰۷/۳ |
| | | کپنهاگ | ۳ | ۱۳/۶ | ۳۶/۱ | ۴۵/۱ | ۶۸/۸ | ۹۰/۸ | ۱۱۷/۹ | ۱۴۸/۱ | ۱۵۱/۲ |
| | برودزا | پایه | ۱ | ۱/۲ | ۱/۵ | ۱/۸ | ۲/۲ | ۲/۷ | ۳/۳ | ۴/۹ | ۷/۲ |
| | | بهینه | ۱ | ۲۱/۲ | ۲۹/۳ | ۳۹/۴ | ۵۱/۵ | ۶۵/۷ | ۸۱/۹ | ۱۲۰/۶ | ۱۶۶/۶ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۱ | ۵۷/۹ | ۹۰/۹ | ۱۳۹/۳ | ۲۰۷/۸ | ۲۶۷/۱ | ۲۵۳/۹ | ۲۲۹/۴ | ۱۹۶/۳ |
| | | استرن تنزیل شده | ۱ | ۱۰۲/۷ | ۱۳۰/۱ | ۱۵۸/۵ | ۱۸۸/۳ | ۲۱۹/۳ | ۲۵۰/۸ | ۲۲۹/۴ | ۲۰۷/۳ |
| | | استرن کالیبره شده | ۱ | ۲۵ | ۳۵/۹ | ۴۹/۷ | ۶۶/۹ | ۸۷/۴ | ۱۱۱/۱ | ۱۶۷/۵ | ۲۰۷/۳ |
| | | کپنهاگ | ۳ | ۱۳/۶ | ۳۶/۱ | ۴۵/۱ | ۶۸/۸ | ۹۰/۸ | ۱۱۷/۹ | ۱۴۸/۱ | ۱۵۱/۲ |
| نرخ کنترل انتشار٪ | درودزا | پایه | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۱۲ | ۰/۱۶ |
| | | بهینه | ۰/۰۴ | ۰/۲۲ | ۰/۲۷ | ۰/۳۳ | ۰/۳۹ | ۰/۴۶ | ۰/۵۳ | ۰/۷۰ | ۰/۸۹ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۰/۲۹ | ۰/۳۸ | ۰/۵۰ | ۰/۶۶ | ۰/۸۵ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰/۹۷ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۴۳ | ۰/۵۳ | ۰/۶۲ | ۰/۷۱ | ۰/۸۰ | ۰/۹۰ | ۰/۹۹ | ۱ | ۱ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۴ | ۰/۲۴ | ۰/۳۰ | ۰/۳۷ | ۰/۴۵ | ۰/۵۴ | ۰/۶۳ | ۰/۸۴ | ۱ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۴ | ۰/۱۱ | ۰/۲۱ | ۰/۳۰ | ۰/۴۲ | ۰/۵۳ | ۰/۶۳ | ۰/۷۶ | ۰/۸۴ |
| | برودزا | پایه | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۱۲ | ۰/۱۶ |
| | | بهینه | ۰/۰۴ | ۰/۲۲ | ۰/۲۷ | ۰/۳۳ | ۰/۳۹ | ۰/۴۶ | ۰/۵۳ | ۰/۷۰ | ۰/۸۹ |
| | | حد $2C^0 > T$ | ۰/۲۹ | ۰/۳۸ | ۰/۵۰ | ۰/۶۶ | ۰/۸۵ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰/۹۷ |
| | | استرن تنزیل شده | ۰/۴۳ | ۰/۵۳ | ۰/۶۲ | ۰/۷۱ | ۰/۸۰ | ۰/۹۰ | ۰/۹۹ | ۱ | ۱ |
| | | استرن کالیبره شده | ۰/۰۴ | ۰/۲۴ | ۰/۳۰ | ۰/۳۷ | ۰/۴۵ | ۰/۵۴ | ۰/۶۳ | ۰/۸۴ | ۱ |
| | | کپنهاگ | ۰/۰۴ | ۰/۱۱ | ۰/۲۱ | ۰/۳۰ | ۰/۴۲ | ۰/۵۳ | ۰/۶۳ | ۰/۷۶ | ۰/۸۴ |

منبع: محاسبات تحقیق

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]

جدول (۴) نرخ کنترل انتشار و میانگین قیمت کربن را در طول سال‌های 2122–2022 در هر دو مدل رشد درون‌زا و برون‌زای ایران تحت سیاست‌های جایگزین در سناریوهای مختلف مدل RICE-2013 به تصویر کشیده است.

[ Downloaded from jemr.khu.ac.ir on 2025-05-02 ]