

The Impact of Behavioral Preferences on Climate Policy: Developing a DICE-PT Model Using Prospect Theory for the MENA Region

Mojtaba Panahi^a  , Rouhollah Shahnazi^{*,a}  ,
Karim Eslamloueyan^a  , Ali Asgari^b  

a. Department of Economics, University of Shiraz, Shiraz, Iran.

b. Department of Disaster and Crisis Management, York University, Toronto, Canada.

* Corresponding author

Article Info	Abstract
Article Type: Research Article	Prospect theory, as one of the most influential theories in behavioral economics, demonstrates that decision-makers under uncertainty perceive losses more intensely than gains and exhibit reference-dependent behavior when facing changes. This study develops the DICE model by integrating it with prospect theory, resulting in a novel model called DICE-PT, which examines the impact of behavioral decision-making on climate change in the Middle East and North Africa (MENA) region. In this model, economic and climatic variables are analyzed through the lens of cognitive biases, and the dynamics of greenhouse gas emissions, production, consumption, and investment are evaluated within a behavioral framework. The findings indicate that behavioral decision-making patterns in the MENA region can significantly influence emission reduction policies and sustainable development.
Article History: Received: 23 Apr. 2025 Revised: 21 Aug. 2025 Accepted: 01 Sept. 2025 Published: 30 Sept. 2025	
Keywords: <i>Behavioral Economics, Climate Change, DICE-PT Model, Prospect Theory.</i>	
JEL Classification: <i>D81, D91, Q54.</i>	

Cite to this paper: Panahi, M., Shahnazi, R., Eslamlovian, K., & Asgari, A. (2025). The Impact of Behavioral Preferences on Climate Policy: Developing a DICE-PT Model Using Prospect Theory for the MENA Region. *Journal of Economic Research*, 60(3), 1326-1365.



©The Authors retain the copyright and full publishing rights.

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: [10.22059/JTE.2025.394053.1008999](https://doi.org/10.22059/JTE.2025.394053.1008999)

تأثیر ترجیحات رفتاری بر سیاست‌گذاری اقلیمی: توسعه مدل

DICE-PT با رویکرد نظریه چشم‌انداز برای منطقه MENA

مجتبی پناهی^۱، روح‌اله شهنازی^{۱*}، کریم اسلاملوپیان^۱،
علی عسگری^۲

۱. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۴. گروه مدیریت بحران و سوانح، دانشگاه یورک، تورنتو، کانادا.

* نویسنده مسئول

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	نظریه چشم‌انداز، به عنوان یکی از مهم‌ترین نظریه‌های اقتصاد رفتاری، نشان می‌دهد
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۴	که تصمیم‌گیران در شرایط عدم اطمینان، زبان‌ها را بیش از سودها درک می‌کنند و
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۳۱	در مواجهه با تغییرات، رفتاری وابسته به نقطه مرجع اتخاذ می‌کنند. این پژوهش با
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۱	توسعه مدل DICE و ترکیب آن با نظریه چشم‌انداز، مدل جدیدی تحت عنوان
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۸	DICE-PT را ارائه می‌دهد که تأثیر رفتارهای تصمیم‌گیری بر تغییرات اقلیمی در
کلیدواژه‌ها:	منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA) را بررسی می‌کند. در این مدل، متغیرهای
اقتصاد رفتاری،	اقتصادی و اقلیمی از منظر سوگیری‌های شناختی تحلیل شده و مسیرهای تغییرات
تغییرات اقلیمی،	انتشار گازهای گلخانه‌ای، تولید، مصرف، و سرمایه‌گذاری در یک چارچوب رفتاری
مدل DICE-PT،	ارزیابی شده است. نتایج نشان می‌دهد که الگوهای تصمیم‌گیری رفتاری در این
نظریه چشم‌انداز.	منطقه می‌توانند سیاست‌های کاهش انتشار و توسعه پایدار را به گونه‌ای معنادار تحت
طبقه‌بندی JEL:	تأثیر قرار دهند.
D81, D91, Q54	

استناد به مقاله: پناهی، مجتبی، شهنازی، روح‌اله، اسلاملوپیان، کریم، و عسگری، علی. (۱۴۰۴). تأثیر ترجیحات رفتاری بر سیاست‌گذاری اقلیمی: توسعه مدل DICE-PT با رویکرد نظریه چشم‌انداز برای منطقه MENA. *تحقیقات اقتصادی*، ۳۶(۳)، ۱۳۶۵-۱۳۲۶.



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: [10.22059/JTE.2025.394053.1008999](https://doi.org/10.22059/JTE.2025.394053.1008999)

۱- مقدمه

تغییرات اقلیمی تغییرات اقلیمی به عنوان یکی از مهم ترین تهدیدهای جهانی قرن بیست و یکم، پیامدهای گسترده ای بر ابعاد زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی جوامع بشری به ویژه در مناطق آسیب پذیر دارد. منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA) به دلیل ویژگی های جغرافیایی خاص، اقلیم خشک و نیمه خشک، محدودیت منابع آبی و وابستگی بالا به سوخت های فسیلی، از جمله مناطقی است که در برابر آثار تغییرات اقلیمی بسیار حساس و شکننده محسوب می شود. در چنین بستری، طراحی سیاست های اقلیمی بسیار نه تنها به اطلاعات زیست محیطی و اقتصادی، بلکه به شناخت سازوکارهای رفتاری و شناختی تصمیم گیران و آحاد جامعه نیز وابسته است.

اگرچه اجماع علمی گسترده ای در مورد منشأ انسانی تغییرات اقلیمی وجود دارد، اما همچنان در سطوح مختلف حکمرانی و رفتار عمومی، شکاف چشم گیری میان شواهد علمی و اقدامات عملی مشاهده می شود. بخشی از این شکاف را می توان با اتکا به یافته های اقتصاد رفتاری توضیح داد که نشان می دهند تصمیم گیری انسان ها همواره مطابق با عقلانیت کامل و منافع بلندمدت نیست، بلکه تحت تأثیر سوگیری های ادراکی، چارچوب های ذهنی و احساسات شکل می گیرد (هاول، ۲۰۲۳؛ ژئو، ۲۰۲۲). عواملی نظیر تنزیل زمانی بیش از حد، ترجیح وضعیت موجود و ارزیابی ذهنی از ریسک، اغلب موجب تأخیر در اقدامات اقلیمی یا مخالفت با سیاست های پیشگیرانه می شوند. بر همین اساس، تحلیل های رفتاری می تواند درک عمیق تری از موانع ذهنی و شناختی سیاست گذاری اقلیمی در اختیار بگذارد.

در این پژوهش، با تلفیق چارچوب نظریه چشم انداز و مدل DICE، نسخه ای اصلاح شده از مدل موسوم به DICE-PT به کار گرفته شده است تا رفتار سیاست گذاران و عوامل اقتصادی در مواجهه با تغییرات اقلیمی در منطقه MENA مورد بررسی قرار گیرد. این مدل امکان تحلیل تصمیم گیری در حوزه هایی نظیر سرمایه گذاری زیست محیطی، انتشار گازهای گلخانه ای و مصرف بین نسلی را در قالبی رفتاری فراهم می کند. هدف آن است که نشان داده شود سوگیری های رفتاری چگونه می توانند مسیر متغیرهای کلان اقتصادی و

اقلیمی را تغییر دهند و چه پیامدهایی برای تدوین سیاست‌های اقلیمی متناسب با ویژگی‌های رفتاری جوامع این منطقه در پی دارند.

نوآوری اصلی این مطالعه در ادغام دو چارچوب استاندارد (مدل DICE) و اقتصاد رفتاری (نظریه چشم‌انداز) است که با معرفی پارامترهای رفتاری مانند نقطه مرجع، زبان‌گزینی، و تابع احتمال وزنی، تصمیم‌گیری‌های اقلیمی را واقع‌بینانه‌تر مدل‌سازی می‌کند. این ادغام از سه جهت جدید است:

۱. تبدیل تابع مطلوبیت کلاسیک به تابع ارزش وابسته به نقطه مرجع،
۲. تعدیل محاسبات هزینه-فایده کاهش انتشار با در نظر گرفتن سوگیری‌های شناختی،

۳. پیش‌بینی مسیرهای اقتصادی-اقلیمی تحت تأثیر رفتارهای غیرعقلایی.

در ادامه، ابتدا مبانی نظری مدل DICE-PT بررسی می‌شود، سپس روش‌شناسی تحقیق و متغیرهای مورد استفاده تشریح خواهد شد. در بخش بعدی، نتایج تحلیل ارائه شده و در نهایت، جمع‌بندی و پیشنهادات سیاستی مطرح خواهد شد.

۲- مروری بر مطالعات گذشته

مدل‌های ارزیابی یکپارچه اقتصاد تغییر اقلیم (IAMs) مانند DICE و RICE که توسط نوردهاوس و همکاران توسعه یافته‌اند، طی دو دهه گذشته به عنوان ابزارهای اصلی برای تحلیل اقتصادی تغییرات اقلیمی و سیاست‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد استفاده گسترده قرار گرفته‌اند. این مدل‌ها با شبیه‌سازی روندهای اقتصادی و اقلیمی در سناریوهای مختلف، مسیر بهینه سیاست‌گذاری و تأثیر نرخ تنزیل بر رشد اقتصادی را بررسی کرده‌اند (نوردهاوس، ۲۰۱۳). علاوه بر این، برخی مطالعات به گسترش این مدل‌ها در سطح منطقه‌ای و کشوری و نیز تلفیق با نظریه بازی‌ها برای تحلیل تعاملات بین‌المللی پرداخته‌اند (گاتزوتی، ۲۰۲۲).

در مقابل، تحقیقات رفتاری و روان‌شناسی اجتماعی به بررسی موانع شناختی، فرهنگی و اجتماعی واکنش به تغییرات اقلیمی پرداخته‌اند. این مطالعات نشان داده‌اند که سوگیری‌های

شناختی مانند سوگیری تأیید، خوش‌بینی بیش از حد، و اثر چارچوب‌بندی پیام‌ها تأثیر قابل توجهی بر نحوه درک و واکنش افراد به مسائل اقلیمی دارند (اسپنس و همکاران، ۲۰۱۰؛ ژو و همکاران، ۲۰۲۲). با این حال، اغلب این تحقیقات رفتاری به صورت جداگانه و مستقل از مدل‌های اقتصادی تغییر اقلیم صورت گرفته‌اند و ارتباط مستقیم و یکپارچه‌ای با مدل‌های کلان اقتصادی ندارند.

با وجود پیشرفت‌های متعدد در هر دو حوزه اقتصاد کلان و مطالعات رفتاری، شکاف مهمی در ادغام این رویکردها وجود دارد. به ویژه، مدل‌های ارزیابی اقتصادی تغییر اقلیم کمتر به نقش دقیق و ترکیبی سوگیری‌های شناختی در فرآیند تصمیم‌گیری سیاست‌گذاری توجه کرده‌اند و مطالعات رفتاری نیز به صورت محدود، داده‌های تجربی و آزمایشی در چارچوب مدل‌های اقتصادی ارزیابی نکرده‌اند. تحقیقات پیشین در حوزه اقتصاد تغییرات اقلیمی عمدتاً بر دو دسته مدل‌های کلاسیک DICE/RICE و مطالعات رفتاری متمرکز بوده‌اند. در حالی که مدل‌های مرسوم (نوردهاوس، ۲۰۲۴) چارچوبی قوی برای تحلیل‌های هزینه-فایده ارائه می‌دهند، نتوانسته‌اند سوگیری‌های شناختی مانند زیان‌گریزی و اثر نقاط مرجع (کاراتینی و همکاران، ۲۰۱۸) را به صورت کمی ادغام کنند. از سوی دیگر، مطالعات رفتاری (هاول، ۲۰۲۳؛ ژو، ۲۰۲۲) اگرچه این سوگیری‌ها را شناسایی کرده‌اند، اما فاقد چارچوبی جامع برای مدل‌سازی تأثیر آنها بر سیاست‌گذاری اقلیمی هستند. این شکاف‌ها به ویژه در مورد اقتصادهای وابسته به منابع مانند کشورهای MENA چشمگیرتر است.

۳- نظریه چشم‌انداز

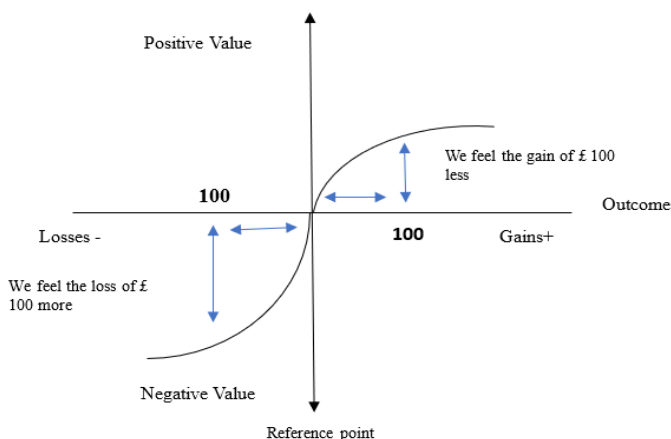
نظریه چشم‌انداز (PT) از دید تجزیه و تحلیل تصمیم در شرایط عدم اطمینان و ریسک، نظریه مطلوبیت انتظاری را (به عنوان یک مدل توصیفی از تصمیم‌گیری تحت ریسک که براساس قوانین یا بدیهیات عقلانیت است) به چالش می‌کشد. مطالعات جدید در حوزه اقتصاد رفتاری (بارباریس، ۲۰۲۳) نشان داده‌اند که نظریه چشم‌انداز کانمن و تورسکی همچنان چارچوب مناسبی برای تحلیل تصمیم‌گیری تحت ریسک است.

طبق نظریه مطلوبیت مورد انتظار و مفروضات رایج در بین اقتصاددانان، افراد به عنوان عوامل اقتصادی منطقی و دارای ذائقه پایدار هستند و تصمیمات اقتصادی یا مالی را براساس ارزیابی کاملاً منطقی از نتایج احتمالی اتخاذ می‌کنند (کانمن، ۲۰۱۳؛ تالر، ۲۰۱۶). کانمن و تروسکی (۲۰۱۳) دو شرط اساسی در نظریه مطلوبیت انتظاری را زیر سؤال بردند این شرایط عبارت اند از: (۱) عوامل در یک محیط رقابتی کسانی هستند که رفتار منطقی دارند و (۲) هرگونه تلاش برای کنار گذاشتن مفهوم عقلانیت در نظریه اقتصادی می‌تواند باعث بی‌نظمی در علم اقتصاد شود.

کانمن و تروسکی (۲۰۱۳) معتقدند که نظریه چشم‌انداز، علی‌رغم ارتباط با نظریه مطلوبیت انتظاری، دارای پیش‌فرض‌های متفاوتی است که بر سه عنصر اساسی بنا شده‌اند:

- وابستگی به نقطه مرجع (ثروت و دارایی جاری فرد): افراد غالباً نسبت به نتیجه‌ای که از نقطه مرجع تفاوت داشته باشد، بسیار حساس‌ترند تا نتیجه‌ای که بر حسب مقادیر مطلق به دست آمده است. عموماً افراد نسبت به تغییرات شرایط محیطی واکنش بیشتری نشان می‌دهند تا اتفاق افتادن همان شرایط، به صورتی که در نظریه چشم‌انداز، افراد نگران نتیجه نهایی نیستند بلکه از تغییرات ثروت خودشان نسبت به نقطه مرجع نگران هستند. به همین دلیل واکنش نسبت به سود یا زیان به دست آمده را براساس نقطه مرجع خود (ثروت و دارایی جاری خود) می‌سنجند.
- کاهش حساسیت فرد به موقعیت‌های تصمیم: افراد غالباً ارزش بیشتری برای قطعیت نسبت به احتمالات قائل هستند. در شرایط سود، افراد به یک سود قطعی و کم نسبت به یک سود بزرگ احتمالی، وزن بیشتری می‌دهند، اما در شرایط زیان (از دست دادن) رفتار مردم ریسک‌پذیر می‌شود، ترجیح می‌دهند به استقبال یک ریسک بزرگ احتمالی بروند تا اینکه بخواهند ریسک کمتر قطعی را بپذیرا شوند.
- بیزاری از ضرر (زیان‌گریزی): فرض اصلی دیگر نظریه چشم‌انداز این است که افراد در شرایط زیان واکنش بیشتری نسبت به سود دارند. به صورتی که احساس ناخوشایند ناشی از زیان مبلغ مشخصی بیشتر از احساس لذت از کسب همان مبلغ است. به عبارتی دیگر، بر خلاف اصل عقلانیت اقتصادی که انسان‌ها را همواره موجوداتی

ریسک‌گریز فرض می‌کند، کانمن و تروسکی (۲۰۱۳)، طبق تئوری چشم‌انداز بیان می‌کنند که انسان‌ها در هنگام کسب سود (دامنه‌های سود) رفتار ریسک‌گریزی و به هنگام ضرر (دامنه‌های ضرر)، رفتار ریسک‌پذیری را در دستور کار خود قرار می‌دهند. در واقع هر چه میزان ضرر و به تبع آن ناراحتی در فرد بیشتر شود، به تناسب آن ریسک‌پذیری وی نیز بیشتر می‌شود. این موضوع در شکل (۱) آمده است.



شکل ۱. تابع ارزش در تئوری چشم‌انداز

منبع: کانمن و تروسکی (۲۰۱۳).

۳-۱- مدل‌سازی نظریه چشم‌انداز

در تئوری مطلوبیت انتظاری، مطلوبیت هر انتخاب بر پایه احتمال تحقق آن p (احتمال عینی) سنجیده می‌شود در حالی که تئوری چشم‌انداز ترجیح هر انتخاب را بر پایه وزن تصمیم (احتمال یا اهمیت ذهنی) می‌سنجد که با احتمال تحقق آن متفاوت است. وزن تصمیم به احتمالات کوچک بیشتر وزن می‌دهد و آن را بیشتر تخمین می‌زند در حالی که به احتمالات متوسط و بزرگ کمتر وزن می‌دهد و آن را کمتر تخمین می‌زند. تئوری چشم‌انداز به جای مطلوبیت u به ارزش v می‌پردازد و به جای تمرکز بر مطلوبیتی که بر پایه ثروت خالص تعریف شده، ارزش بر پایه تغییر در سود و زیان (تغییر از نقطه مرجع) معرفی می‌کند.

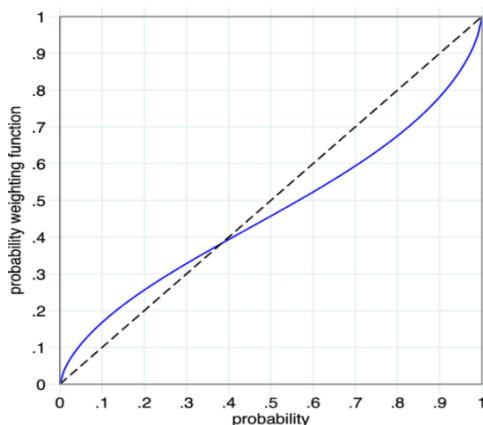
بر پایه نظریه چشم‌انداز، ترجیحات افراد در تصمیم‌گیری به طور توأم به تابع ارزش $v(X_i)$ و احتمالات وزنی ω_i هر تصمیم بستگی دارد. تابع ارزش تعیین‌کننده میزان عایدی و تابع احتمال وزنی نیز نشان‌دهنده اهمیت هر تصمیم است (کانمن و تروسکی، ۲۰۱۳).

$$\sum_{i=-m}^n \omega_i \cdot v(X_i) \quad (1)$$

بنابراین تابع چشم‌انداز از تابع ارزش و تابع احتمال وزنی تشکیل شده است و با تعیین پارامترهای این توابع می‌توان شکل نظریه چشم‌انداز را تعیین کرد. برای ارزیابی میزان ارزش و تابع احتمال وزنی در نظریه چشم‌انداز، توابع گوناگونی، ارائه شده است و تقریباً همه پژوهش‌ها شکل پیشنهادی تابع چشم‌انداز کانمن و تروسکی را تأیید می‌کنند (پیچر، ۲۰۰۸). کانمن و تروسکی در تئوری چشم‌انداز تجمعی، تابع احتمال وزنی را به صورت زیر پیشنهاد دادند.

$$\omega(p_i) = \frac{p_i^\delta}{(p_i^\delta + (1-p_i)^\delta)^{1/\delta}} \quad (2)$$

در این رابطه، $\omega(p_i)$ نشان‌دهنده تابع احتمال وزنی، δ نشان‌دهنده کشیدگی تابع احتمال وزنی و p نشان‌دهنده احتمالات گوناگون است. در شکل (۲) خط پیوسته بر پایه $\delta = 0.65$ و خط چین بر پایه $\delta = 1$ رسم شده است (کانمن و تروسکی، ۲۰۱۳).



شکل ۲. تابع احتمالات وزنی در تئوری چشم‌انداز تجمعی

منبع: کانمن و تروسکی (۲۰۱۳).

تابع ارزش تابع مطلوبیتی است که بر پایه مفاهیم عایدی و زیان تعریف شده است. تابع در دامنه عایدی که منعکس کننده ریسک‌گریزی است مقعر بوده و در دامنه زیان که بازتابی از ریسک‌پذیری است محدب می‌باشد. تابع در منطقه زیان نسبت به منطقه سود شیب بیشتری دارد. این مسئله در شکل (۱) نشان داده شد (کانمن و تروسکی، ۲۰۱۳).
 کانمن و تروسکی پیشنهاد دادند که اگر در وضعیت سود قرار داشته باشیم یعنی $x > 0$ آنگاه تابع ارزش:

$$V(x) = x^{aG} \quad (۳)$$

و اگر در وضعیت زیان قرار داشته باشیم یعنی $x < 0$ آنگاه:

$$V(x) = -y_L(-x)^{aL} \quad (۴)$$

aG و aL به ترتیب توان x در فاصله عایدی (G به عنوان نمادی از سود Gain) و زیان (L به عنوان نمادی از Loss) است. بر پایه محاسبات کانمن و تروسکی مقدار a حدود $0/۰۱$ تا $۰/۱$ است. y نیز ضریب زیان‌گریزی است که نشان می‌دهد به لحاظ روان‌شناسی تحمل یک زیان (درد) مشخص با روبرو شدن با همان مقدار درآمد چه رابطه‌ای دارد. عموماً مقدار y را $۲/۵$ در نظر گرفته اند البته بر اساس محاسبات تروسکی $۲/۲۵$ بدست آمده است.

ساختاری که کانمن و تروسکی در گام ارزیابی و محاسبه مطلوبیت پیشنهاد می‌دهند در شکل (۳) نشان داده شده است. در این گام نتایج بالقوه و احتمالات مربوطه در قالب تابع ارزش VF نشان داده می‌شود. که برای هر نتیجه یک ارزش را متناظر می‌کند. نقطه مرجع تابع در وسط تابع قرار دارد. عدم‌تقارن شکل تابع بر آن دلالت می‌کند که با تغییر معین و یکسان در مقدار مطلق ارزش، تأثیر متفاوتی بر ناحیه زیان نسبت به ناحیه سود به وجود می‌آید. فشار وارده بر زیان بزرگتر از سود بوده که این نتیجه پدیده زیان‌گریزی است.

برای تمامی ترکیب‌ها ارزش VF محاسبه می‌شود سپس ترکیبی که بالاترین ارزش را ایجاد می‌کند انتخاب می‌شود:

$$VF = \sum_{i=-m}^n V(x_i) \Pi(p_i) \quad (۵)$$

یا به عبارت دیگر v برابر خواهد بود با:

$$\omega(p_1)v(x_1)+\omega(p_2)v(x_2)+....+\omega(p_n)v(x_n) \quad (۶)$$

مطلوبیت از مجموع حاصلضرب‌های تابع احتمالات وزنی در نتایج یا پیامدهای تصمیم به دست می‌آید. x_i ها نتایج یا پیامدهای تصمیمات نسبت به نقطه مرجع R است ($x_i = (x - R)$). p_i ها احتمالات مربوط به هر نتیجه است. تابع W تابع احتمالات وزنی تصمیم‌گیری است که نشان می‌دهد افراد وزن بیشتری را برای واکنش به رخدادها یا با احتمال وقوع کم در نظر می‌گیرند اما نسبت به رخدادها دارای احتمالات وقوع متوسط و بالا واکنش کمتری نشان می‌دهند (سعیدی و فرهانیان، ۱۳۹۴).

۳-۲- کاربرد تئوری چشم‌انداز در نظریات تغییرات اقلیمی

در مدل‌های اقتصاد رفتاری برای بررسی تغییرات اقلیمی و سازگاری، برخلاف ادبیات سنتی، بر نظریه چشم‌انداز تأکید شده است. این نظریه پتانسیل روشن‌گری برخی معماهای اقتصادی مرتبط با تغییرات اقلیمی را دارد. در این بخش، کاربردها و دستاوردهای نظریه چشم‌انداز در این حوزه بررسی می‌شود. با این حال، پیش از آن، برخی انتقادات نسبت به استفاده از این نظریه در تحلیل تغییرات اقلیمی مطرح و پاسخ داده خواهد شد.

چندین نکته موجب تردید درباره کاربرد نظریه چشم‌انداز در مسائل مرتبط با تغییرات اقلیمی شده است. نخست آنکه این نظریه در اصل برای توصیف تصمیم‌گیری‌های فردی تحت شرایط ریسک توسعه یافته است و در تحلیل آن، اقدام جمعی موردنظر نبوده است. درواقع، مطالعات اولیه کانمن و تروسکی، مسائل تصمیم‌گیری را عمدتاً در سطح فردی بررسی کرده‌اند. بدیهی است که بسیاری از تصمیمات مرتبط با تغییرات اقلیمی با این نوع تصمیم‌گیری تفاوت دارند. پروژه‌های کلان در حوزه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و سازگاری با تغییرات اقلیمی معمولاً توسط افراد اتخاذ نمی‌شوند، بلکه نهادهای دولتی، سازمان‌های بین‌المللی یا کمیته‌های تصمیم‌گیری تخصصی در این حوزه ایفای نقش می‌کنند. این نهادها اغلب پس از بررسی‌های جامع و ارزیابی پیامدهای مختلف، به صورت جمعی تصمیم می‌گیرند (ایزناک و استکر، ۲۰۱۲). علاوه بر این، سیاست‌های اقلیمی که متضمن تأمین کالاهای عمومی یا تنظیم اثرات خارجی هستند، فرآیندهای تصمیم‌گیری

بسیار متفاوتی نسبت به ارزیابی‌های فردی از ریسک و پیامدهای اقتصادی دارند. هرچند در سال‌های اخیر از نظریه چشم‌انداز در حوزه‌های جدیدی مانند اقتصاد کلان و مالی عمومی نیز استفاده شده است، اما برخی معتقدند که در حوزه تغییرات اقلیمی چندان کارآمد نیست (باربریس، ۲۰۲۳).

با این حال، در پاسخ به این انتقادات باید به چند نکته اشاره کرد؛ نخست اینکه همه تصمیمات مرتبط با کاهش و سازگاری اقلیمی، لزوماً اقداماتی در سطح جمعی نیستند. تصمیماتی مانند میزان مصرف انرژی در سطح فردی، انتخاب کالاهای روزمره سازگار با محیط‌زیست، نحوه سفر، انتخاب مقصد گردشگری و تقاضای بیمه‌های مرتبط با تغییرات اقلیمی، همگی نمونه‌هایی از واکنش‌های اقلیمی در سطح فردی هستند. این نوع تصمیمات مشابه همان مواردی است که کانمن و تروسکی در نظریه چشم‌انداز تحلیل کرده‌اند. درواقع، بسیاری از پاسخ‌های مرتبط با تغییرات اقلیمی ناشی از تصمیمات فردی هستند. دوم آنکه، در نظام‌های دموکراتیک، تصمیمات جمعی در نهایت توسط رأی‌دهندگان اتخاذ می‌شود که هر یک فردی مستقل هستند و ممکن است الگوهای رفتاری توصیف‌شده در نظریه چشم‌انداز بر آن‌ها صدق کند (گاول و همکاران^۱، ۲۰۱۲).

علاوه بر این، شواهد تجربی نشان می‌دهد که در برخی موارد، اقدام جمعی را می‌توان با نظریه چشم‌انداز بهتر از نظریه مطلوبیت انتظاری توضیح داد. همچنین، ویز^۲ (۲۰۱۱) در چارچوب اقتصاد تکاملی پیشنهاد کرده است که نظریه چشم‌انداز می‌تواند در اقدام جمعی نیز کاربرد داشته باشد. سایر مطالعات نیز شواهدی از کاربرد این نظریه در تحلیل سیاست‌های دولت‌ها ارائه کرده‌اند (کارلسون و جوهانسون-استمن، ۲۰۱۲). بنابراین، نمی‌توان به طور کلی این ادعا را پذیرفت که نظریه چشم‌انداز برای تصمیمات جمعی غیرقابل‌استفاده است. حتی اگر این نظریه در تصمیمات جمعی پذیرفته نشود، باید در نظر داشت که واکنش‌های فردی به تغییرات اقلیمی وجود دارد که می‌توان آن‌ها را در چارچوب نظریه چشم‌انداز تحلیل کرد.

^۱. Gawel

^۲. Vis

سایر انتقادات درباره کاربرد این نظریه در مسائل اقلیمی، بیشتر ناظر بر نقدهای کلی آن هستند. با این حال، از آنجاکه هدف این پژوهش بررسی اعتبار کلی نظریه چشم‌انداز نیست، به این دسته از انتقادات پرداخته نمی‌شود. در مجموع، هیچ دلیل موجهی برای رد کاربرد نظریه چشم‌انداز در تحلیل مسائل مرتبط با تغییرات اقلیمی وجود ندارد. این نظریه حتی ویژگی‌های مفیدی مانند تأکید بر سود و زیان به جای ثروت نهایی (وابستگی به نقطه مرجع) و اثر قطعیت را ارائه می‌دهد که می‌تواند در تحلیل واکنش‌های افراد و سیاست‌گذاران نسبت به تغییرات اقلیمی مؤثر باشد.

۳-۳-۲- رهیافت‌هایی از نظریه چشم‌انداز برای واکنش‌های تغییر آب و هوا: ارتباط

نقطه مرجع

در نظریه چشم‌انداز، تعریف نقطه مرجع برای ارزیابی نتایج بسیار مهم است. محل نقطه مرجع تعیین می‌کند که آیا وضعیت نهایی به عنوان سود یا زیان درک می‌شود. این برای ارزیابی نتایج به دو دلیل ضروری است. اولاً، شواهد مطالعات تجربی، نشان می‌دهد که بیزاری از دست دادن یک فاکتور مهم در تصمیم‌گیری است. ثانیاً، نقطه مرجع برای نگرش ریسک تصمیم‌گیرندگان تعیین کننده است. با توجه به الگوی چهارگانه نگرش به ریسک، هم ریسک‌گریزی و هم ریسک‌پذیری می‌توانند بسته به نوع ضرر/منفعت و احتمال وقوع رویدادهای نامشخص به وجود بیایند (کانمن و تروسکی، ۲۰۱۳). در زمینه تغییرات اقلیمی، مفهوم وابستگی مرجع می‌تواند پیامدهای مهمی برای تحلیل اقدامات واکنشی مانند سازگاری و کاهش داشته باشد.

۳-۳-۱- نقطه مرجع در زمینه تغییر اقلیم

در اقتصاد تجربی، وابستگی به مرجع مدت‌ها مورد تأیید و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. همچنین در اقتصاد زیست محیطی، وابستگی مرجع در مورد شکاف بین تمایل به پرداخت^۱ و تمایل به پذیرش^۲ مطرح شده است. اگر فرد وضعیت کنونی خود را به عنوان نقطه مرجع

^۱. willingness-to-pay

^۲. willingness-to-accept

در نظر بگیرد، هرگونه خسارت ناشی از تغییرات اقلیمی و هزینه‌های سازگاری با آن به‌عنوان زیان تلقی می‌شود. اما این تنها یک دیدگاه ممکن است. اگر تغییرات اقلیمی به‌عنوان یک روند اجتناب‌ناپذیر و پرخطر در آینده درک شود، ممکن است نقطه مرجع افراد نیز تغییر کند. در چنین شرایطی، هزینه‌های سازگاری نه‌تنها زیان محسوب نمی‌شوند، بلکه می‌توان آن‌ها را در قالب سرمایه‌گذاری برای کاهش آسیب‌های آتی و ایجاد فرصت‌های جدید در نظر گرفت. برخی منابع معتبر نیز به طور ضمنی این دیدگاه را تحت عنوان «سناریوی مرجع» پیشنهاد کرده‌اند (IPCC, 2007; UNFCCC, 2007).

هولم^۱ و همکاران (۲۰۰۹) درباره نقطه مرجع تغییرات اقلیمی بیان می‌کنند که نقطه مرجع فعلی، نه تنها در بعد فیزیکی، بلکه در بعد فرهنگی و روانی نیز ناپایدار است. جوامع و افراد امروزی ممکن است آب و هوا را «غیرطبیعی» درک کنند، که همان جوامع یا افراد آن را در برهه‌ای دیگر از زمان به عنوان «عادی» تعریف می‌کنند. با فرض اینکه نقطه مرجع در مورد آب و هوا به شرایط آب و هوایی که مردم آن را «عادی» می‌دانند بستگی دارد، این نقطه می‌تواند در طول زمان و حتی بیشتر از آن در طول نسل‌ها تغییر کند.

در بسیاری از مطالعات وضعیت موجود به عنوان نقطه مرجع در نظر گرفته می‌شود. با این حال، استفاده از وضعیت موجود به عنوان نقطه مرجع نیز مورد انتقادات فراوانی قرار گرفته است. به ویژه، کوزگی و رابین^۲ (۲۰۰۷) استدلال می‌کنند که این نقطه مرجع در بسیاری از موقعیت‌ها کارآمد نیست؛ در عوض، آنها مدلی از رفتار مصرف را بر اساس نظریه چشم‌انداز تنظیم می‌کنند و نقطه مرجعی را که با «انتظارات منطقی که اخیراً در خصوص پیامدهای تغییر اقلیم داشته‌اند»^۳ تعریف می‌شود، معرفی می‌کنند.

برخی نویسندگان اهداف شخصی را به عنوان نقاط مرجع بالقوه استفاده می‌کنند (کامرر و همکاران، ۱۹۹۷؛ فاربر، ۲۰۰۸). دیدگاه دیگر این است که «گزینه ایمن»^۴ به عنوان مرجع استفاده شود، به عنوان مثال. در مورد بیمه، پوشش کامل را می‌توان به عنوان مرجع

^۱. Hulme

^۲. Köszegi and Rabin

^۳. Rational expectations held in the recent past about outcomes

^۴. Safe Option

فرض کرد (اسمیت^۱، ۲۰۱۶). برای شرکت‌ها، میانگین عملکرد در صنعت مربوطه را می‌توان به عنوان مرجع تعیین کرد، در حالی که برای اتحادیه‌های کارگری، میانگین قراردادهای دستمزد قبلی ممکن است این نقش را ایفا کند (مس^۲، ۲۰۰۶). در نتیجه، اگر انتظارات (یا اهداف) درست برای تعریف نقطه مرجع در تصمیم‌گیری‌های تغییر اقلیمی و پیش‌بینی‌های آب و هوایی قابل اعتماد (یا سطوح هدف) در بین تصمیم‌گیرندگان منتشر شود، نقطه مرجع آنها ممکن است تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی مورد انتظار (یا هدفمند) آینده باشد. جدول (۱) احتمالات مختلف نحوه تعریف نقطه مرجع در مورد تغییرات آب و هوا را خلاصه می‌کند.

جدول ۱. تعاریف احتمالی نقطه مرجع و کاربرد آنها در تغییر دمای جهانی

تعریف نقطه مرجع	منابع نمونه	تعریف آزمایشی نقطه مرجع در تغییر درجه حرارت جهانی وضعیت موجود (تاریخی)
وضعیت موجود (تاریخی)	(بیکر ^۳ و همکاران، ۲۰۰۸؛ هالم ^۴ و همکاران، ۲۰۰۹)	میانگین دمای دوران ماقبل صنعتی
وضعیت موجود (عادی فعلی)	(هالم و همکاران، ۲۰۰۹)	میانگین دمای اخیر و شخصاً تجربه شده است
نتیجه مطمئن	(بلیکرودت ^۵ و همکاران ۲۰۰۱؛ هرشی و شومیکر ^۶ ، ۱۹۸۵)	دمایی که در حال حاضر با توجه به انتشار گازهای گلخانه‌ای گذشته مشخص است
هدف	(کامرر ^۷ و همکاران ۱۹۹۷؛ فاربر ^۸ ، ۲۰۰۸؛ مسترز ^۹ ، ۲۰۰۴)	دمای مورد نظر (هدف دو درجه)
انتظار عقلانی	(کوزگی و رابین ^{۱۰} ، ۲۰۰۷)	دمای مورد انتظار در افق تصمیم‌گیری و سناریوی انتشار

۴- مدل و روش‌شناسی تحقیق

مدل DICE (مدل پویای یکپارچه اقلیم و اقتصاد) یک مدل تحلیلی و تجربی ساده شده است که جنبه‌های اقتصادی، سیاستی (سیاست‌گذاری) و علمی تغییرات آب و هوا (اقلیم) را نشان می‌دهد. این مدل‌ها همراه با نسخه منطقه‌ای دقیق‌تر آن، مدل RICE (مدل یکپارچه

¹. Schmidt

². Mas

³. Brekke

⁴. Hulme

⁵. Bleichrodt

⁶. Hershey and Schoemaker

⁷. Camerer

⁸. Farber

⁹. Masters

¹⁰. Köszegi and Rabin

منطقه‌ای اقلیم و اقتصاد)، از زمان اولین توسعه خود در حدود سال ۱۹۹۰، چندین بار مورد بازنگری قرار گرفته است. نسخه‌های فعلی که پایه همه آنها DICE-2013R است، به‌روزرسانی مدل‌های قبلی، با چندین تغییر در ساختار و به‌روزرسانی کامل داده‌های اساسی است.

مدل DICE اقتصاد تغییرات اقلیمی را از منظر نظریه رشد اقتصادی نئوکلاسیک رمزی می‌بیند (به سولو^۱، ۱۹۷۰ مراجعه کنید). در این رویکرد، اقتصادها در سرمایه، آموزش و فناوری سرمایه‌گذاری می‌کنند و در نتیجه، مصرف امروز را کاهش می‌دهند تا در آینده مصرف را افزایش دهند. مدل DICE این رویکرد را با گنجاندن «سرمایه طبیعی» سیستم آب و هوا گسترش می‌دهد. به عبارت دیگر، تمرکز گازهای گلخانه‌ای را به‌عنوان سرمایه طبیعی منفی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را به‌عنوان سرمایه‌گذاری‌هایی می‌بیند که مقدار سرمایه طبیعی را افزایش می‌دهد (یا سرمایه منفی را کاهش می‌دهد). با اختصاص تولید به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، اقتصادها امروزه مصرف را کاهش می‌دهند اما از تغییرات آب و هوایی مضر از نظر اقتصادی جلوگیری می‌کنند و در نتیجه امکانات مصرف را در آینده افزایش می‌دهند.

۴-۱- معادلات تفصیلی مدل DICE-2013R

۴-۱-۱- ترجیحات و تابع هدف

در این قسمت مدل استاندارد DICE بر اساس نوردهاوس (۲۰۱۳)، به تفصیل بیان و بررسی می‌شود. در مدل‌های DICE، فرض بر این است که جهان یا مناطق مختلف دارای ترجیحات کاملاً مشخص هستند که توسط یک تابع رفاه اجتماعی نشان داده می‌شود که مسیرهای مختلف مصرف را رتبه‌بندی می‌کند. تابع رفاه اجتماعی در تعداد افراد و مصرف سرانه هر نسل با کاهش مطلوبیت نهایی مصرف در حال افزایش است.

W که مجموع تنزیل شده مطلوبیت مصرف کل است. نمادها به این صورت است که $c(t)$ مصرف سرانه است، $L(t)$ جمعیت و همچنین نهاده‌های نیروی کار و $R(t)$ ضریب تنزیل

^۱. Solow

است که همه این‌ها در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند. معادله (۷) عبارت ریاضی تابع هدف است.

$$W = \sum_{t=1}^T u[c(t), L(t)]R(t) \quad (۷)$$

معادله (۸) عامل ترجیح زمانی اجتماعی^۱ در دوره t را نشان می‌دهد.

$$R = (1 + \rho)^{-t} \quad (۸)$$

در این مشخصات، $R(t)$ عامل ترجیح زمانی اجتماعی و ρ نرخ تنزیل است.

۴-۱-۲- بخش‌های اقتصادی

بخش‌های اقتصادی مدل DICE استاندارد، ادبیات رشد اقتصادی متعارف هستند. ما با تصمیمات استاندارد نئوکلاسیک در مورد انباشت سرمایه شروع می‌کنیم و سپس محدودیت‌های ژئوفیزیکی را در نظر می‌گیریم.

$$Q(t) = [1 - \Lambda(t)]A(t)K(t)^\gamma L(t)^{1-\gamma} / [1 + \Omega(t)] \quad (۹)$$

محصولات با تابع تولید کاب داگلاس در سرمایه، نیروی کار و انرژی تولید می‌شود. انرژی به شکل سوخت‌های مبتنی بر کربن (مانند ذغال‌سنگ) یا فناوری‌های غیرکربنی (مانند انرژی خورشیدی یا زمین‌گرایی یا انرژی هسته‌ای) تولید می‌شود. در معادله (۹):

γ کشش محصول نسبت به سرمایه (سهم نهاده سرمایه در رشد تولید)

$Q(t)$ تولید ناخالص ملی در آغاز دوره t

$A(t)$ سطح تکنولوژی در آغاز دوره t

$\Omega(t)$ عامل از بین رفتن تولید در اثر خسارات تغییرات اقلیمی در دوره t (تابع خسارت)

$\Lambda(t)$ هزینه‌های اقتصادی کاهش اثرات تغییرات اقلیمی

$K(t)$ موجودی سرمایه (در آغاز دوره t ام) است

جمعیت و نیروی کار برون‌زا هستند. این معادلات ساده به شکل زیر می‌باشد:

$$L(t) = L(t-1)[1 + g_L(t)] \quad (۱۰)$$

$g_L(t)$ و $L(t)$ رشد جمعیت

^۱ The Pure Rate Of Social Time Preference

تغییرات فناوریانه به دو شکل انجام می‌شود: تغییر فناوری در سطح اقتصاد و تغییر فناوریانه صرفه‌جویی در مصرف کربن. سطح بهره‌وری کل فناوری با $A(t)$ نشان داده شده به صورت زیر شکل می‌گیرد:

$$A(t) = A(t-1)[1 + g_A(t)] \quad (۱۱)$$

رشد سطح بهره‌وری کل فناوری $g_A(t)$

همچنین متغیرهای $\Omega(t)$ و $\Lambda(t)$ که در معادله (۹) هستند و نشان‌دهنده تابع خسارت (اثر) و هزینه‌های اقتصادی کاهش است که در معادلات (۱۲) و (۱۳) نشان داده شده است.

$$\Omega(t) = \Psi_1 T_{AT}(t) + \Psi_1 [T_{AT}(t)]^2 \quad (۱۲)$$

معادله (۱۲) شامل صدمات یا اثرات اقتصادی تغییرات آب و هوایی است که در آن: پارامتر Ψ_1 معادله است.

$T_{AT}(t)$ میزان خسارت اقتصادی ناشی از افزایش درجه حرارت در دوره t

معادله (۱۳) که تابع هزینه کنترل (کاهش) انتشار نام دارد، هزینه کاهش تولید دی‌اکسید کربن را که کسری از تولید ناخالص داخلی است، به عنوان تابعی از نرخ کنترل انتشار بیان می‌کند:

که در آن:

Θ_1 پارامترهای معادله

$\Lambda(t)$ هزینه اقتصادی کنترل انتشار دی‌اکسید کربن در دوره t

$$\Lambda(t) = Q(t)\theta_1\mu(t)^{\theta_2} \quad (۱۳)$$

در معادله (۱۳) هزینه‌های کاهش انتشار تابعی از نرخ کنترل انتشار، $\mu(t)$ است. در این تابع فرض می‌شود که هزینه‌های کاهش متناسب با تولید و تابع توان نرخ کاهش است.

سه معادله بعدی معادلات استاندارد حسابداری اقتصادی هستند. معادله (۱۴) بیان می‌کند که تولید شامل مصرف به علاوه سرمایه‌گذاری ناخالص است. معادله (۱۵) مصرف سرانه را تعریف می‌کند. معادله (۱۶) بیان می‌کند که پویایی موجودی سرمایه از روش موجودی دائمی با نرخ استهلاک نمایی پیروی می‌کند. که در آن:

$I(t)$ مخارج سرمایه‌گذاری در ابتدای دوره t

δ_k نرخ استهلاک سالانه موجودی سرمایه است.

$$Q(t) = C(t) + I(t) \quad (۱۴)$$

$$c(t) = \frac{C(t)}{L(t)} \quad (۱۵)$$

$$K(t) = I(t) + (1 - \delta_k)K(t - 1) \quad (۱۶)$$

دو معادله نهایی در مازول اقتصادی معادله انتشار و محدودیت منابع در سوخت کربن است. در معادله انتشار (۱۷):

$$E(t) \text{ انتشار دی اکسید کربن در ابتدای دوره } t$$

$\mu(t)$ نرخ کنترل انتشار دی اکسید کربن در در ابتدای دوره (اگر صفر باشد بدون کاهش و اگر یک باشد کاهش کامل)

$\sigma(t)$ نسبت انتشار دی اکسید کربن به تولید ناخالص داخلی در ابتدای دوره t

$$E_{Ind}(t) = \sigma(t)[1 - \mu(t)]A(t)K(t)^\gamma L(t)^{1-\gamma} \quad (۱۷)$$

در معادله (۱۸) چگونگی بدست آمدن $\sigma(t)$ نمایش داده شده است. که در آن $g_\sigma(t)$ نرخ کاهش در انتشار دی اکسید کربن به GDP در ابتدای دوره t است.

$$\sigma(t) = \sigma(t - 1)[1 + g_\sigma(t)] \quad (۱۸)$$

۴-۱-۳- بخش‌های اقلیمی

مدل DICE-2013R شامل چندین رابطه ژئوفیزیکی است که اقتصاد را با نیروهای مختلف موثر بر تغییرات آب و هوایی مرتبط می‌کند. این روابط شامل چرخه کربن، معادله نیروی تابشی، معادلات تغییر آب‌وهوا و رابطه خسارت آب‌وهوا است.

معادلات (۱۹) تا (۲۵) فعالیت اقتصادی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را به چرخه کربن، نیروهای تابشی^۱ و تغییرات آب و هوایی مرتبط می‌کند.

در مدل DICE-2013R تنها گازهای گلخانه‌ای که مورد بررسی قرار می‌گیرد CO_2 صنعتی است. این نشان‌دهنده این واقعیت است که CO_2 عامل اصلی گرمایش جهانی است و سایر گازهای گلخانه‌ای احتمالا به روش‌های مختلف کنترل می‌شوند (مورد

^۱ radiative forcings

کلروفلوئوروکربن‌ها از طریق پروتکل مونترال یک مثال مفید است). سایر گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان روندهای برون‌زا در نیروی تابشی گنجانده شده‌اند. همان‌طور که در بالا اشاره شد معادله (۱۷) تولید گازهای گلخانه‌ای صنعتی را نشان می‌دهد. معادله (۱۹) انتشار کل CO₂ را به عنوان مجموع انتشارات صنعتی و کاربری زمین نشان می‌دهد.

$$E = E_{Ind}(t) + E_{Land}(t) \quad (19)$$

چرخه کربن بر اساس یک مدل سه مخزن است که بر اساس مدل‌های چرخه کربن موجود و داده‌های تاریخی کالیبره شده است. ما فرض می‌کنیم که سه مخزن برای کربن وجود دارد. متغیرهای MAT(t)، MUP(t) و MLO(t) کربن موجود در جو، کربن موجود در مخزن کم‌عمق اقیانوس‌ها و کربن موجود در اعماق اقیانوس‌ها را نشان می‌دهند. کربن در هر دو جهت بین مخازن مجاور جریان دارد. اختلاط بین اعماق اقیانوس‌ها و دیگر مخازن بسیار کند است. اعماق اقیانوس‌ها در درازمدت یک مخزن بزرگ برای کربن ایجاد می‌کنند. فرض بر این است که هر یک از سه مخزن در کوتاه‌مدت به خوبی مخلوط شده‌اند. معادلات (۲۰) تا (۲۲)، معادلات چرخه کربن را نشان می‌دهند.

$$M_{AT}(t) = E(t) + \phi_{11}M_{AT}(t-1) + \phi_{21}M_{UP}(t-1) \quad (20)$$

$$M_{UP}(t) = \phi_{12}M_{AT}(t-1) + \phi_{22}M_{UP}(t-1) + \phi_{32}M_{LO}(t-1) \quad (21)$$

$$M_{LO}(t) = \phi_{23}M_{UP}(t-1) + \phi_{33}M_{LO}(t-1) \quad (22)$$

به افزایش تدریجی غلظت دی‌اکسید کربن در اتمسفر در اثر انتشار این گاز فرآیند انباشت کربن می‌گویند. دسته معادلات بالا، فرآیند انباشت دی‌اکسید کربن در اتمسفر با استفاده از الگوی چرخه انتقال کربن را تشریح می‌کنند:

که در آن‌ها:

$$M_I(t) \text{ جرم کربن در مخزن } i \text{ در دوره } t - \phi_{ij} \text{ نرخ انتقال } i \text{ به } j \text{ در واحد زمان}$$

اندیس‌ها به صورت زیر تعریف می‌شوند:

AT: مخزن اتمسفر - UP: مخزن کم عمق اقیانوس‌ها - LO: مخزن عمیق اقیانوس‌ها
گام بعدی به رابطه بین انباشت گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب و هوایی مربوط می‌شود. معادلات آب و هوا یک نمایش ساده شده است که شامل یک معادله برای نیروی تابشی و دو معادله برای سیستم آب و هوا است. معادله نیروی تابشی تأثیر انباشت گازهای

گلخانه‌ای را بر تعادل تابشی کره زمین محاسبه می‌کند. معادلات آب و هوا میانگین دمای سطح کره زمین و میانگین دمای اعماق اقیانوس‌ها را برای هر مرحله زمانی محاسبه می‌کند. تجمع گازهای گلخانه‌ای از طریق افزایش نیروی تابشی منجر به گرم شدن سطح زمین می‌شود. همان‌طور که در معادله (۲۳) نشان داده شده است، رابطه بین انباشت گازهای گلخانه‌ای و افزایش نیروی تابشی از اندازه‌گیری‌های تجربی و مدل‌های آب و هوایی مشتق شده است.

$$F(t) = \eta \{ \log_2 [(M_{AT}(t)) / (M_{AT}(1750))] \} + F_{EX}(t) \quad (23)$$

$F(t)$ نیروی تابشی حرارتی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر (در سطح جهانی) در دوره t است. $F_{EX}(t)$ نیروهای بیرونی است و اولین عبارت فشارهای ناشی از CO_2 است.

آخرین دسته از معادلات اقلیمی که بر پایه مدل اشنایدر و تامسون (۱۹۸۱) می‌باشند، تبیینی از تغییر متوسط دما در اتمسفر زمین ارائه می‌کنند، که توسط نیروی تابشی و اختلاف دمای موجود در سیستم، بین لایه‌های حرارتی اقیانوس‌ها و اتمسفر تحت تأثیر قرار می‌گیرد:

$$T_{AT}(t) = T_{AT}(t-1) + \xi_1 \{ F(t) - \xi_2 T_{AT}(t-1) - \xi_3 [T_{AT}(t-1) - T_{LO}(t-1)] \} \quad (24)$$

$$T_{LO}(t) = T_{LO}(t-1) + \xi_4 \{ T_{AT}(t-1) - T_{LO}(t-1) \} \quad (25)$$

$$1.5 \leq \Delta T_{LO}(t) < 2 \quad \text{و} \quad 1.5 \leq \Delta T_{AT}(t) < 2$$

$T_{AT}(t)$ و $T_{LO}(t)$ به ترتیب میانگین دمای سطح و دمای اعماق اقیانوس‌ها را نشان می‌دهند که طبق معاهده پاریس بین ۱/۵ تا ۲ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود. توجه داشته باشید که حساسیت دمای تعادل با این عبارت نشان داده می‌شود.

۴-۲- نظریه چشم‌انداز در مدل DICE (DICE-PT)

در این پژوهش مدل DICE بوسیله نظریه چشم‌انداز بسط داده می‌شود. برای حل مدل DICE با استفاده از تئوری چشم‌انداز، باید اجزای کلیدی نظریه چشم‌انداز (تابع ارزش

و تابع احتمال وزنی تصمیم) را در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی و محاسبات مفید در چارچوب DICE ادغام کنیم. این کار در ۳ مرحله انجام می‌شود:

مرحله ۱: تبیین تابع هدف در چارچوب مدل DICE

تابع هدف الگوی DICE برابر با مجموع مطلوبیت‌های تنزیل شده ناشی از مصرف سرانه در افق نامحدود است و بیان ریاضی تابع هدف این مدل به شکل زیر است.

$$W = \sum_{t=1}^{Tmax} u[c(t), L(t)]R(t) \quad (26)$$

مرحله ۲: جایگزینی تابع مطلوبیت با تابع ارزش در نظریه چشم‌انداز نظریه چشم‌انداز یک تابع مقدار $v(x_i)$ و یک تابع وزنی احتمال $\omega(p_i)$ را معرفی می‌کند. تابع مقدار معمولاً به صورت زیر است:

$$v(x) = \begin{cases} x^a & x \geq 0 \\ -\lambda(-x)^\beta & x < 0 \end{cases} \quad (27)$$

که در آن $\alpha, \beta < 1$ که a ضریب پذیرش ریسک در منطقه سود، β ضریب پذیرش ریسک در منطقه زیان، λ درجه اجتناب از زیان و x ارزش پول مورد انتظار تصمیم‌گیرنده در منطقه سود و زیان است. (پیشنهاد کانمن و تروسکی: $\lambda = 2/25$ و $0/1 \leq \alpha = \beta \leq 1$).

تابع مطلوبیت اصلاح شده (تابع ارزش) با توجه به نظریه چشم‌انداز به این شکل خواهد بود:

$$V(c_t - R_t) = V(c^*) \quad (28)$$

که در آن R_t نقطه مرجع است (به عنوان مثال، سطح مصرف فعلی).

مرحله ۳: اعمال تابع وزنی احتمال

نظریه چشم‌انداز همچنین نحوه درک احتمالات را اصلاح می‌کند.

تابع وزنی پیشنهادی در نظریه چشم‌انداز به شکل زیر است:

$$\omega(p_i) = \frac{p^\gamma}{(p^\gamma + \{1-p\}^\gamma)^{1/\gamma}} \quad \delta_0 \gamma \geq 0 \quad (29)$$

که در این تابع $\omega(p_i)$ تابع احتمال وزنی، γ انحنا، و p احتمالات مختلف است.

مقدار γ بر اساس مطالعات تجربی کانمن و تروسکی $0/61$ در نظر گرفته می‌شود.

تابع مطلوبیت نهایی با توجه به نظریه چشم‌انداز به شکل زیر خواهد بود.

$$W = \omega(p_1)v(x_1) + \omega(p_2)v(x_2) + \dots + \omega(p_n)v(x_n) \quad (30)$$

مرحله ۴: به روز رسانی تابع هدف

تابع هدف اکنون تابع ارزش تئوری چشم‌انداز و وزن‌دهی احتمال را شامل می‌شود:

$$\max \sum_{t=0}^T \frac{\omega(p)v(c_t - R_t)}{(1 + P)^t} \quad (31)$$

مرحله ۵: جایگذاری در مدل DICE

تابع هدف اصلاح شده مرحله ۴ را به شکل زیر در مدل DICE، وارد می‌کنیم.

- تعریف نقطه مرجع: نقطه مرجع متوسط مصرف سرانه ($\bar{c}$) در نظر گرفته می‌شود.
- تنظیم معادلات دینامیکی مدل DICE با تابع هدف جدید
- حل مدل DICE اصلاح شده: این حل معمولاً شامل برنامه‌ریزی پویا یا سایر تکنیک‌های بهینه‌سازی برای یافتن مسیرهای بهینه برای مصرف، سرمایه‌گذاری و انتشار است که تابع هدف جدید را به حداکثر می‌رساند.

مرحله ۶: شبیه‌سازی و تجزیه و تحلیل

در این مرحله بررسی می‌شود که چگونه تلفیق نظریه چشم‌انداز بر توصیه‌های سیاستی، یا متغیرهای اقتصادی تأثیر می‌گذارد.

تابع ارزش با توجه به تعریف نظریه چشم‌انداز به شکل زیر خواهد بود.

$$\begin{aligned} (U(c^*, L_t))^\alpha &= v(U(c_t, L_t)) & c^* &\geq 0 \\ -\lambda(-U(c^*, L_t))^\beta &= v(U(c_t, L_t)) & c^* &< 0 \end{aligned} \quad (32)$$

نقطه مرجع در نظر گرفته شده در این قسمت با توجه به بررسی مطالعات تجربی که در قسمت مبانی نظری نیز آمد، میانگین مصرف نهایی کشورهای منا در ۲۴ سال گذشته است. که مقدار c^* با توجه به جدول (۲) بدست آمده است. همچنین برای بدست آوردن p در تابع وزنی احتمال تعداد سال‌های c^* مثبت و منفی در نظر گرفته شده است.

جدول ۲. هزینه مصرف نهایی (ثابت ۲۰۱۵ دلار آمریکا)^۱

سال	C (تریلیون دلار)	C* (تریلیون دلار)	سال	C (تریلیون دلار)	C* (تریلیون دلار)
۲۰۰۰	۱/۲۳۵	-۰/۷۶	۲۰۱۲	۲/۰۸۹	-۰/۰۹۴
۲۰۰۱	۱/۲۸	-۰/۷۱۵	۲۰۱۳	۲/۱۷۱	-۰/۱۷۶
۲۰۰۲	۱/۳۳۲	-۰/۶۶۳	۲۰۱۴	۲/۲۷۱	-۰/۲۷۶
۲۰۰۳	۱/۳۷۱	-۰/۶۲۴	۲۰۱۵	۲/۲۶۰	-۰/۲۶۵
۲۰۰۴	۱/۴۵۵	-۰/۵۴	۲۰۱۶	۲/۲۷۹	-۰/۲۸۴
۲۰۰۵	۱/۵۲۹	-۰/۴۴۶	۲۰۱۷	۲/۳۴۶	-۰/۳۵۱
۲۰۰۶	۱/۶۳۷	-۰/۳۵۸	۲۰۱۸	۲/۴	-۰/۴۰۵
۲۰۰۷	۱/۷۶۹	-۰/۲۳۶	۲۰۱۹	۲/۴۷۱	-۰/۴۷۶
۲۰۰۸	۱/۸۶۵	-۰/۱۳	۲۰۲۰	۲/۳۸۷	-۰/۳۹۲
۲۰۰۹	۱/۸۸۵	-۰/۱۱	۲۰۲۱	۲/۵۴۲	-۰/۵۴۷
۲۰۱۰	۱/۹۱۰	-۰/۰۸۵	۲۰۲۲	۲/۶۶۳	-۰/۶۶۸
۲۰۱۱	۲	-۰/۰۰۵	۲۰۲۳	۲/۷۴۲	-۰/۷۴۷

منبع: داده های بانک جهانی، ۲۰۲۴.

در جدول (۲) $\bar{C}$ (میانگین C) برابر با ۱.۹۹۵ تریلیون دلار است. تعداد C^* ($C - \bar{C}$) مثبت ۱۳ (۵۴ درصد) و تعداد C^* منفی ۱۱ (۴۶ درصد) است. بنابراین P^+ برابر ۰.۵۴ و $\bar{P}$ برابر ۰/۴۶ است.

مفروضات مدل جدید در جدول (۳) آمده است.

^۱. Final Consumption Expenditure
(constant 2015 US\$)

جدول ۳. مفروضات مدل جدید با توجه به سناریو DICE-PT

نام متغیر	نحوه سنجش
تابع ارزش با نقطه مرجع	$V(x_t - R_t) = v(C_t - \bar{c})$
$v(x)$	$v(x) = \begin{cases} \kappa^a & \kappa \geq 0 \\ -\lambda(-x)^\beta & x < 0 \end{cases}$
$\omega^+(p_i)$	$\omega^+(p_i) = \frac{p^\gamma}{(p^\gamma + \{1 - P\}^\gamma)^{1/\gamma}}$
$\omega^-(p_i)$	$\omega^-(p_i) = \frac{p^\gamma}{(p^\gamma + \{1 - P\}^\gamma)^{1/\gamma}}$
P	تعداد سال‌های $c^* \geq 0$ و $c^* < 0$
α و β	$0 / 1 \leq \alpha = \beta \leq 1$
γ	۰/۶۱
λ	۲/۲۵

منبع: کانمن و تروسکی، ۲۰۱۳.

۴-۳- متغیرها و نحوه جمع‌آوری داده‌های مرتبط

در این پژوهش منطقه MENA مورد بررسی قرار می‌گردد. MENA مخفف خاورمیانه و شمال غربی آفریقا است^۱. در جدیدترین تعریف بانک جهانی، این منطقه ۲۱ اقتصاد را شامل می‌شود که عبارتند از ایران، عراق، کویت، عمان، قطر، عربستان سعودی، سوریه، تونس، امارت متحده عربی، یمن، الجزایر، بحرین، جیبوتی، مصر، فلسطین، اردن، لبنان، لیبی، مالت، مراکش و رژیم صهیونیستی. داده‌های این پژوهش به صورت داده‌های کتابخانه‌ای و از پایگاه‌های اطلاعات آماری و گزارش‌های آژانس بین‌المللی انرژی، بانک جهانی، صندوق بین‌المللی پول، هیأت بین‌دولتی تغییرات اقلیمی و کنوانسیون سازمان ملل متحد درباره تغییرات اقلیمی برحسب نیاز سایر پایگاه‌ها و گزارش‌های بین‌المللی استخراج گردید.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار گمز و اکسل استفاده شده است. همچنین پارامترهای اقتصادی و آب و هوایی پایه بر مبنای سال مبدأ ۲۰۱۵ کالیبره شده‌اند. قابل ذکر است که برای اجرای مدل تنها به اطلاعات یک مقطع زمانی از برخی متغیرهای الگو نیاز

^۱. Middle East and North Africa

داریم. این مقطع همان سال مبدأ یا مقطع زمانی کالیبراسیون مدل است. ما در این تحقیق این سال را ۲۰۱۵ در نظر گرفتیم. چند دلیل برای انتخاب سال ۲۰۱۵ به عنوان سال مبدأ وجود دارد. دلیل اول دسترسی به آخرین داده‌های موجود که برای پژوهش نیاز بود. دلیل دوم در اکثر مطالعات به دلیل آخرین گردهمایی کشورها در سال ۲۰۱۵ (پیمان پاریس) به منظور جلوگیری از افزایش دما سال ۲۰۱۵ مبنا قرار گرفته است. دلیل سوم معمولاً در اکثر مطالعات حوزه اقتصاد زیست محیطی سال ۲۰۱۵ مبنا قرار گرفته است.

فهرست این متغیرها و مقادیر متناظر آن‌ها در سال ۲۰۱۵ در ادامه آورده شده است. نتایج مدل حاضر به ازای هر ۱۰ سال در نظر گرفته شده است.

جدول ۴. دوره‌های زمانی گزارش نتایج

دوره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
سال	۲۰۱۵	۲۰۲۵	۲۰۳۵	۲۰۴۵	۲۰۵۵	۲۰۶۵	۲۰۷۵	۲۰۸۵	۲۰۹۵	۲۱۰۵

منبع: یافته‌های پژوهش.

۴-۴- کالیبراسیون

در این پژوهش با توجه به اینکه از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی برای حداکثرسازی تابع رفاه اجتماعی نسبت به محدودیت‌های اقتصادی و اقلیمی استفاده می‌گردد نیاز به فرایند تکرار برای دستیابی به پاسخ‌های بهینه می‌باشد. برای آغاز فرایند تکرار ناگزیر باید برخی پارامترهای مدل با روش کالیبراسیون تعیین ارزش گردد. کالیبراسیون پارامترها به داده‌های مناسب برای سال پایه نیاز دارد که معمولاً به دو روش پارامتری و ناپارامتری محاسبه می‌گردد. در روش پارامتری با بهره‌گیری از مدل‌های اقتصادسنجی و داده‌های سری زمانی پارامتر موردنظر برآورد می‌گردد و سپس در مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر جایگزین می‌شود. در روش ناپارامتری در صورتی که مشاهدات آماری کافی وجود نداشته باشد، ناگزیر از مطالعات گذشته بهره‌گیری می‌شود. در پژوهش حاضر با توجه به امکان برآورد پارامترها و یا عدم امکان آن از هر دو روش استفاده شده است.

۴-۵- پارامترها و متغیرهای برون‌زا

فهرست برخی از پارامترها و متغیرهای برون‌زا و مقادیر متناظر با آنها در سال ۲۰۱۵ که در نرم‌افزار گمز مورد استفاده قرار گرفته است در جدول (۵) آمده است.

جدول ۵. پارامترها و متغیرهای برون‌زا استفاده شده در مدل

نام پارامتر	نماد پارامتر	منبع داده‌ها	مقدار پارامتر در سال پایه	واحد اندازه‌گیری
سطح جمعیت در منطقه MENA	L(t)	بانک جهانی	۴۴۰.۵	میلیون نفر
تولید ناخالص داخلی	Q(t)	بانک جهانی	۳.۲	تریلیون دلار
موجودی سرمایه فیزیکی	K(t)	بانک جهانی	۷.۵۵	تریلیون دلار
نرخ اولیه ترجیح زمانی اجتماعی ^۱	ρ	استرن (۲۰۲۳)	۱۴	درصد سالیانه
غلظت اولیه کربن در اتمسفر	MAT(t)	نوردهاوس (۲۰۱۶)	۸۵۱	GTC
غلظت اولیه کربن در مخزن کم عمق اقیانوس‌ها	MUP(t)	نوردهاوس (۲۰۱۶)	۴۶۰	GTC
غلظت اولیه کربن در مخزن عمیق اقیانوس‌ها	MLO(t)	نوردهاوس (۲۰۱۶)	۱۷۴۰	GTC
دمای اولیه اتمسفر	T	نوردهاوس (۲۰۱۶)	۰.۸۷	سانتیگراد
انتشار کربن صنعتی	E	بانک جهانی (۲۰۱۶)	۲.۴۵۳	GTC

منبع: یافته‌های پژوهش.

۵- یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در قسمت‌های قبل نیز اشاره شد، نظریه چشم‌انداز کاربردهای فراوانی در اقتصاد به‌ویژه در زمینه تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم قطعیت و ریسک دارد. DICE-PT در این پژوهش بر اساس مفروضات نظریه چشم‌انداز شکل گرفته است. در این سناریو افراد در برابر ریسک‌ها و زیان‌ها حساس‌تر از سودها هستند، به‌ویژه در شرایط تغییرات اقلیمی که

^۱. Initial rate of social time preference

پیامدهای آن می‌تواند به شدت غیرقابل پیش‌بینی و مخرب باشد. واکنش‌های اقتصادی افراد و دولت‌ها به خطرات و تهدیدهای زیست‌محیطی با استفاده از منحنی‌های تورش‌شده یا غیرخطی مدل‌سازی می‌شوند. پس‌انداز و سرمایه‌گذاری تحت تأثیر احساسات و نگرانی‌های مربوط به آینده قرار می‌گیرد. در ادامه روند برخی متغیرهای اقتصادی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

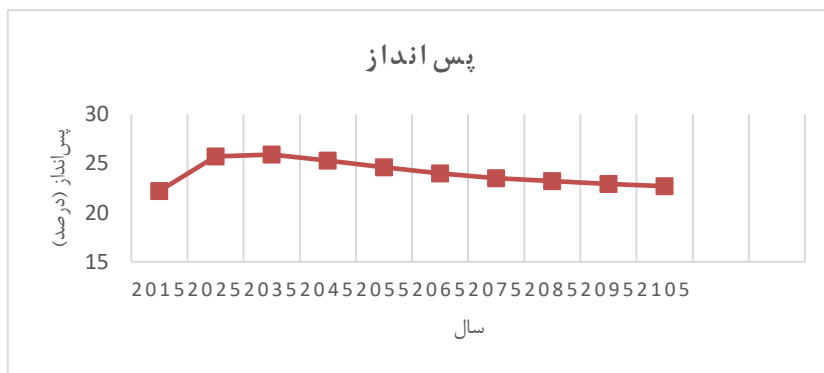
پس‌انداز از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ افزایش می‌یابد، سپس روندی نزولی را طی می‌کند تا حوالی سال ۲۱۵۵ که به پایداری نسبی می‌رسد. این روند نشان می‌دهد که در ابتدا با افزایش رشد اقتصادی، میزان پس‌انداز افزایش می‌یابد، اما در بلندمدت احتمالاً به دلیل افزایش هزینه‌های مصرفی، تغییرات اقلیمی و سیاست‌های اقتصادی، پس‌انداز کاهش می‌یابد. در نهایت، سطحی پایدار پیدا می‌کند که ممکن است ناشی از تعادل میان سرمایه‌گذاری و مصرف باشد. مصرف روندی صعودی دارد و از سال ۲۰۱۵ تا ۲۱۰۵ افزایش می‌یابد. افزایش مصرف نشان می‌دهد که با گذر زمان، درآمد سرانه افزایش می‌یابد یا هزینه‌های زندگی بیشتر می‌شود. این افزایش می‌تواند نتیجه رشد اقتصادی باشد، اما ممکن است تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و سیاست‌های اقتصادی نیز قرار گرفته باشد.

تولید نیز به صورت پیوسته افزایش می‌یابد و در سال‌های پایانی نمودار به یک سطح اشباع نزدیک می‌شود. این روند نشان‌دهنده رشد اقتصادی در منطقه منا است. افزایش تولید احتمالاً ناشی از بهبود بهره‌وری، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید، یا سیاست‌های حمایتی است. اما کاهش نرخ رشد در سال‌های پایانی ممکن است به دلیل محدودیت‌های زیست‌محیطی، کاهش منابع یا تغییرات ساختاری در اقتصاد باشد.

موجودی سرمایه روندی افزایشی دارد که تا سال ۲۱۰۵ ادامه پیدا می‌کند. این روند حاکی از افزایش سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و دارایی‌های مولد است. افزایش موجودی سرمایه می‌تواند به رشد پایدار تولید کمک کند. با این حال، اگر این سرمایه‌گذاری‌ها نتوانند بازدهی لازم را ایجاد کنند، ممکن است منجر به ناکارآمدی اقتصادی یا بحران‌های مالی شود.

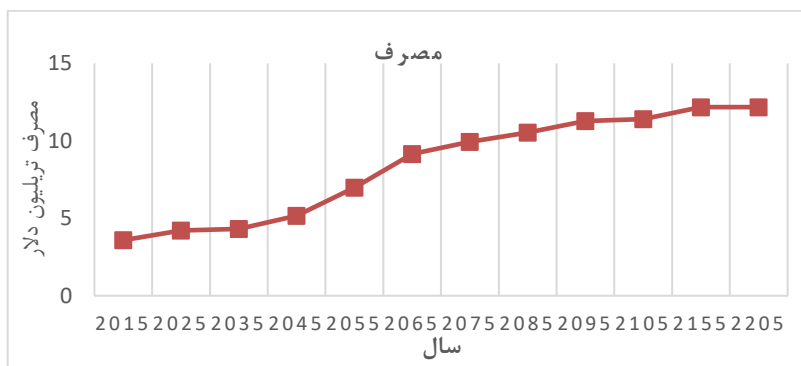
به طور کلی تحلیل متغیرهای اقتصادی نشان می‌دهد که در ابتدا یک دوره رشد اقتصادی همراه با افزایش پس‌انداز و تولید مشاهده می‌شود. در میان‌مدت مصرف افزایش می‌یابد و پس‌انداز کاهش می‌یابد که می‌تواند نشان‌دهنده تغییر الگوی اقتصادی به سمت مصرف‌گرایی باشد. در بلندمدت تولید و سرمایه‌گذاری همچنان افزایش می‌یابند، اما با نرخ کاهشی که ممکن است تحت تأثیر محدودیت‌های محیطی و اقتصادی باشد. روند تولید ناخالص داخلی و مصرف در بلندمدت مشابه است که دلیل این امر به ویژگی مدل رمزی برمی‌گردد. در مدل رمزی در شرایط تعادل بلندمدت تغییرات انباشت سرمایه صفر شده و مصرف و تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای با یکدیگر برابر خواهند شد. به عبارت دیگر در تعادل بلندمدت پایدار در مدل رمزی، نرخ بازده سرمایه با مجموع نرخ رشد جمعیت و نرخ ترجیح زمانی برابر خواهد شد و تغییرات سرمایه یا همان سرمایه‌گذاری خالص صفر خواهد شد.

شکل‌های (۳) تا (۶) خلاصه‌ای از مقایسه روند متغیرهای اقتصادی را نمایش می‌دهد.



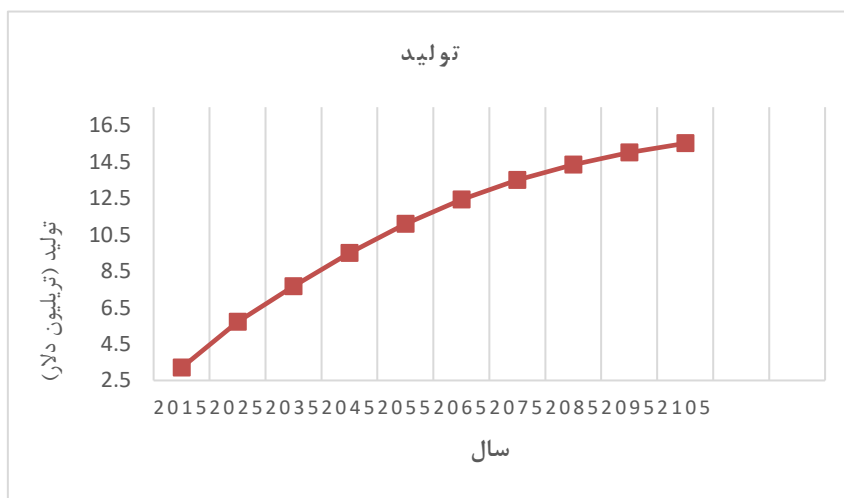
شکل ۳. روند تغییرات پس‌انداز در منطقه منا

منبع: یافته‌های پژوهش.



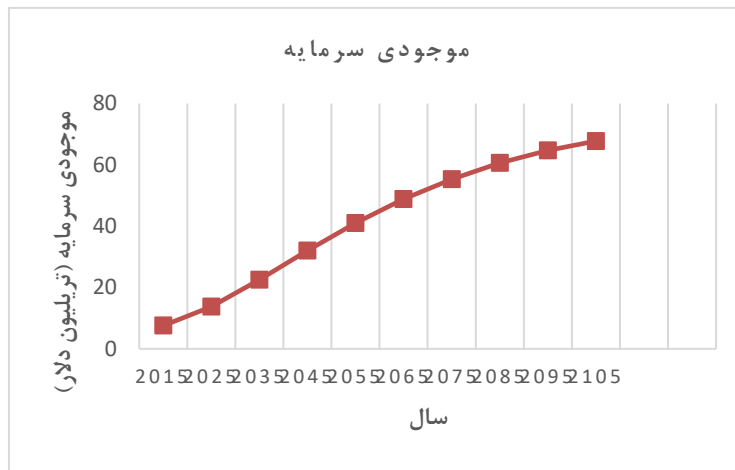
شکل ۴. روند تغییرات مصرف در منطقه منا

منبع: یافته‌های پژوهش.



شکل ۵. روند تغییرات تولید در منطقه منا

منبع: یافته‌های پژوهش.



شکل ۶. روند تغییرات موجودی سرمایه در منطقه منا

منبع: یافته‌های پژوهش.

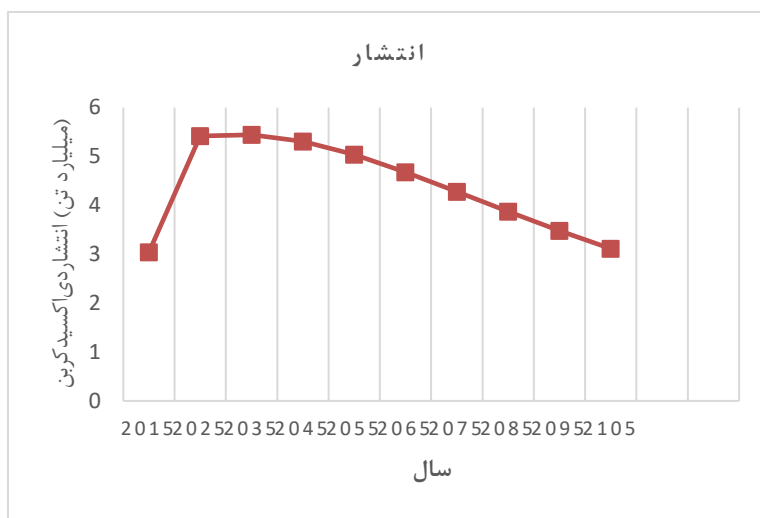
در ادامه به بررسی متغیرهای اقلیمی در سناریو DICE-PT پرداخته می‌شود. کاهش انتشار در شکل (۷) نشان‌دهنده اقدامات موثر در کاهش آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای است. این کاهش می‌تواند ناشی از سیاست‌های کاهش کربن، استفاده از فناوری‌های پاک‌تر، یا تغییرات در تولید و مصرف انرژی باشد. با این حال، ممکن است این روند در درازمدت با توجه به نیازهای اقتصادی و اجتماعی تحت تأثیر قرار گیرد. طبق نظریه چشم‌انداز، تصمیمات افراد معمولاً تحت تأثیر «نقاط مرجع» و نسبت به ضرر و سود تغییرات قرار می‌گیرند. در این مدل، کاهش انتشار نشان‌دهنده یک انتخاب برای اجتناب از ضرر بلندمدت است که با توجه به ارزیابی‌های اولیه منفی در خصوص تأثیرات تغییرات اقلیمی صورت گرفته است. تصمیم‌گیرندگان به طور فزاینده‌ای ممکن است از چشم‌اندازهای منفی تغییرات اقلیمی (مانند افزایش دما و بحران‌های ناشی از آن) به عنوان یک تهدید برای آینده خود هراس داشته باشند و بنابراین به اتخاذ سیاست‌های کاهش انتشار اقدام کنند.

همچنین شکل (۹) نشان‌دهنده کاهش تدریجی شدت انتشار در طول زمان است. این کاهش به دلیل پیشرفت فناوری، افزایش بهره‌وری انرژی، و سیاست‌های اقلیمی است. این کاهش به طور کلی به عنوان یک حرکت مثبت در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی و

تولید ناخالص داخلی می‌تواند تفسیر شود. با این حال، نظریه چشم‌انداز نشان می‌دهد که افرادی که تحت تأثیر بحران‌های اقتصادی و زیست‌محیطی قرار دارند، ممکن است در آغاز به دنبال ایجاد تغییرات اساسی نباشند و تنها وقتی تهدیدات شدیدتر می‌شود، تغییرات اساسی آغاز گردد.

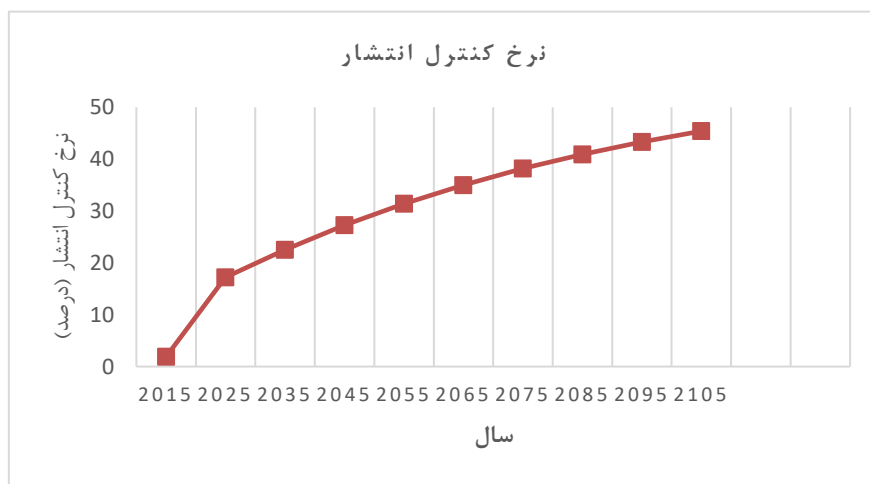
در ارتباط بین نمودار تولید و انتشار باید به این نکته اشاره کرد که، انتشار دی‌اکسید کربن و تولید اقتصادی رابطه‌ای خطی ندارند. به عبارت دیگر، کاهش انتشار لزوماً به معنای کاهش تولید نیست. در بسیاری از صنایع، بخش بزرگی از انتشار ناشی از فعالیت‌هایی است که می‌توانند با فناوری‌های کم‌آلاینده جایگزین شوند (مثل جایگزینی سوخت، بهبود بهره‌وری انرژی، و بازیافت). در مدل‌های اقتصادی، رشد تولید معمولاً به دلیل پیشرفت فناوری، افزایش سرمایه‌گذاری و افزایش بهره‌وری نیروی کار ادامه دارد. بسیاری از این عوامل مستقل از سطح انتشار دی‌اکسید کربن عمل می‌کنند. حتی اگر انتشار در یک سناریو کاهش یابد، رشد اقتصادی به دلیل عوامل ذکر شده حفظ می‌شود. به همین دلیل، تفاوت محسوس انتشار بر تولید تأثیر جدی نمی‌گذارد. به طور مثال صناعی که به دلیل کاهش انتشار نیاز به تغییر دارند، می‌توانند با سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید یا تغییر فرآیندها به فعالیت خود ادامه دهند. این انعطاف‌پذیری باعث می‌شود سطح تولید به طور کلی حفظ شود.

شکل‌های (۷) تا (۹) متغیرهای اقلیمی در مدل DICE-PT را نشان می‌دهد.



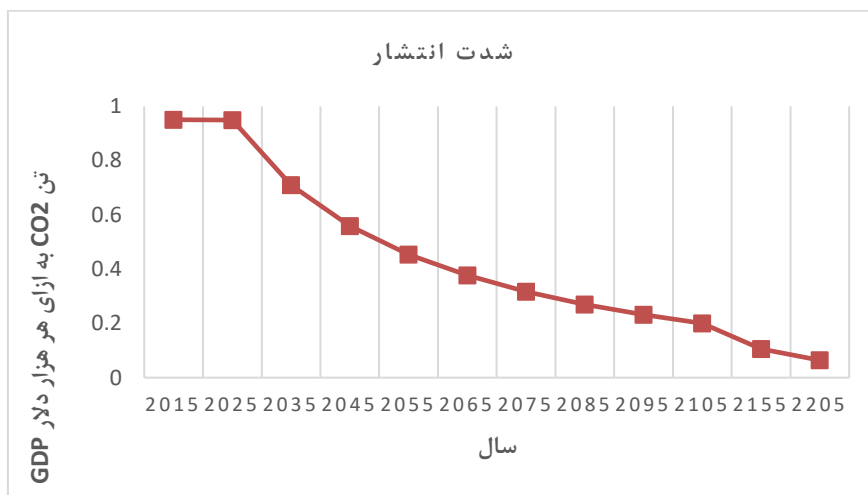
شکل ۷. روند تغییرات انتشار کربن دی اکسید در منطقه منا

منبع: یافته‌های پژوهش.



شکل ۸. روند تغییرات نرخ کنترل انتشار منطقه منا

منبع: یافته‌های پژوهش.



شکل ۹. روند تغییرات شدت انتشار منطقه منا

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول (۶) نشان‌دهنده پیش‌بینی افزایش دما در آینده است. افزایش دما به‌ویژه در قرن‌های آینده نشان‌دهنده تأثیرات شدید تغییرات اقلیمی است. این روند افزایشی ممکن است ناشی از گازهای گلخانه‌ای اضافی، تغییرات در الگوهای مصرف انرژی و عدم اتخاذ اقدامات کافی برای کاهش انتشار باشد. این افزایش دما می‌تواند به مشکلات زیست‌محیطی و اقتصادی بزرگتری منجر شود که نیاز به سیاست‌های انطباقی و تعدیلی دارند. با وجود کاهش نرخ انتشار، دما به طور پیوسته افزایش می‌یابد و به ۴.۷۷۶ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۱۰۵ می‌رسد.

این تناقض به طور قابل توجهی در مدل DICE-PT به چشم می‌آید. در حالی که انتشار کاهش یافته است، دما همچنان افزایش می‌یابد. این پدیده می‌تواند ناشی از اثر لنگر یا مقاومت در برابر تغییرات سریع باشد. در نظریه چشم‌انداز، افراد اغلب تمایل دارند تا ریسک‌های بزرگتر را نادیده بگیرند تا زمانی که به نقطه بحران برسند، بنابراین ممکن است اقدامات کاهش انتشار در مقیاس جهانی کافی نباشند تا به طور مؤثر از شدت تغییرات دما جلوگیری کنند. کاهش انتشار ممکن است تنها برای کاهش تدریجی گازهای گلخانه‌ای

کافی نباشد، در حالی که تأثیرات سیستم اقلیمی از تأخیرهای قابل توجهی برخوردار است که در این مدل به خوبی نمایان است.

جدول ۶. افزایش دما در مدل DICE-PT

افزایش دما (از ۱۹۰۰ - C°)										
	۲۰۱۵	۲۰۲۵	۲۰۳۵	۲۰۴۵	۲۰۵۵	۲۰۶۵	۲۰۷۵	۲۰۸۵	۲۰۹۵	۲۱۰۵
DICE-PT	۰/۸۷	۱/۳۰۰	۱/۷۷۸	۲/۲۸۰	۲/۷۷۱	۳/۲۳۸	۳/۶۷۴	۴/۰۷۳	۴/۴۳۷	۴/۷۶۶

منبع: یافته‌های پژوهش.

کاهش انتشار در مدل DICE-PT با لحاظ نظریه چشم‌انداز نشان‌دهنده واکنش سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان به تهدیدات تغییرات اقلیمی است. اما به دلیل تأخیر در واکنش‌های سیستم اقلیمی و روند کند در اتخاذ اقدامات فوری و مؤثر، دما همچنان افزایش می‌یابد. در نهایت، این مدل هشدار می‌دهد که اگر اقدامات جدی و مؤثر در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای انجام نشود، تأثیرات بلندمدت تغییرات اقلیمی ممکن است همچنان شدت یابد، حتی اگر سیاست‌های کنترل به طور جزئی موفق باشند.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، به بررسی کاربرد نظریه چشم‌انداز در مدل‌های تغییرات اقلیمی پرداخته شد و همچنین مدل DICE با در نظر گرفتن نظریه چشم‌انداز (DICE-PT) برای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA) مورد بررسی قرار گرفت. این مدل با استفاده از اصول اقتصاد رفتاری، تأثیر ادراکات روان‌شناختی تصمیم‌گیران بر تغییرات اقلیمی و سیاست‌های انتشار را تحلیل کرده است. نتایج نشان می‌دهد که نظریه چشم‌انداز بر نحوه درک تصمیم‌گیران از خسارات اقلیمی اثر گذاشته و در نتیجه، پیشنهاد‌های سیاستی سخت‌گیرانه‌تری برای کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای ارائه می‌دهد.

یکی از مهم‌ترین چالش‌های سیاست‌گذاری اقلیمی، توافق پاریس (۲۰۱۵) است که بر محدود کردن افزایش دمای جهانی به زیر ۲ درجه سلسیوس و تلاش برای کاهش آن به

۱/۵ درجه بالاتر از سطوح پیشاصنعتی تأکید دارد. با این حال، پیش‌بینی‌های مدل DICE-PT نشان می‌دهد که نرخ افزایش دما در بلندمدت بالای ۴ درجه خواهد بود. این یافته‌ها با گزارش‌های جدید IPCC (۲۰۲۱) نیز همخوانی دارد و بیانگر چالش‌های جدی در کنترل تغییرات اقلیمی است. همچنین، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۱۰۵ همچنان در سطح بالایی باقی خواهد ماند، هرچند روندی کاهشی را نشان می‌دهد. مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که تغییرات اقتصادی و اقلیمی منطقه MENA دارای الگوهای مشخصی است. در مطالعه حق‌شناس و همکاران (۱۴۰۰)، تولید ناخالص داخلی، مصرف و سرمایه‌گذاری در تمام گروه‌های درآمدی منطقه روندی صعودی داشته‌اند، درحالی‌که انتشار کربن روندی نزولی را طی کرده است. همچنین، افزایش میانگین دمای اتمسفر تا سال ۲۱۰۵ به مقدار ۴/۳۸ درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی شده است که نشان‌دهنده اثرات شدید تغییرات اقلیمی بر منطقه است. در مطالعه بخشی و همکاران (۱۳۹۸)، پیش‌بینی شده که انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۱۰۵ به ۰/۶۸۲ میلیارد تن CO₂ کاهش یابد، درحالی‌که دمای اتمسفر در همان سال ۳/۵۹ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. آمارهای واقعی در سال ۲۰۲۳ نیز نشان داده‌اند که تولید ناخالص داخلی کشورهای MENA ۴/۳۲ تریلیون دلار و افزایش دما حدود ۱/۴ درجه سانتی‌گراد بوده است، درحالی‌که میزان انتشار کربن برای سال ۲۰۲۴ حدود ۴ میلیارد تن تخمین زده شده است. در این پژوهش، با استفاده از مدل DICE-PT، پیش‌بینی‌ها برای سال ۲۰۲۵ نشان می‌دهند که تولید ناخالص داخلی منطقه منا به ۵/۰۷ تریلیون دلار خواهد رسید، میانگین دما ۱/۳ درجه سانتی‌گراد خواهد بود، و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به طور تقریبی ۵ میلیارد تن CO₂ خواهد شد. همچنین، برای سال ۲۱۰۵، افزایش دما ۴/۷۷ درجه سانتی‌گراد و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ۳/۱ میلیارد تن پیش‌بینی شده است، درحالی‌که تولید ناخالص داخلی منطقه به ۱۴/۷ تریلیون دلار خواهد رسید.

در مقایسه با مدل استاندارد DICE که کاهش انتشار را صرفاً بر اساس محاسبات عقلایی پیش‌بینی می‌کند، مدل DICE-PT نشان می‌دهد که تصمیم‌گیرندگان به دلیل زیان‌گریزی، تمایل به تأخیر در اقدامات کاهش انتشار دارند، مگر اینکه سیاست‌ها به گونه‌ای

طراحی شوند که نقاط مرجع ذهنی را تغییر دهند (مثلاً با ارائه مشوق‌های فوری). این یافته با مطالعات رفتاری مانند وبر (۲۰۱۰) همسو است.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که روند افزایشی در تولید ناخالص داخلی و دما در منطقه ادامه خواهد داشت، اما میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به مرور کاهش می‌یابد. این موضوع می‌تواند ناشی از سیاست‌های اقلیمی سختگیرانه‌تر در مدل DICE-PT باشد. بالاین‌حال، همچنان نیاز به اتخاذ سیاست‌های مؤثر در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و استفاده از فناوری‌های پاک در منطقه احساس می‌شود.

با توجه به یافته‌های پژوهش، به سیاست‌گذاران منطقه منا توصیه می‌شود که:

- افزایش سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر: توسعه انرژی خورشیدی و بادی در منطقه می‌تواند به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند.
- تعدیل بازه‌های زمانی برای ارزیابی سیاست‌ها: نظریه چشم‌انداز به تمایل افراد به ارزیابی دستاوردهای کوتاه‌مدت و نادیده گرفتن اثرات بلندمدت اشاره دارد. بنابراین، سیاست‌گذاران باید بازه‌های زمانی ارزیابی سیاست‌های اقلیمی را تعدیل کنند تا موفقیت‌های میان‌مدت و بلندمدت بیشتر مورد توجه قرار گیرد. سیاست‌هایی که نشان‌دهنده نتایج کوتاه‌مدت و ملموس برای مردم باشند می‌توانند حمایت عمومی بیشتری جلب کنند.
- طراحی مشوق‌ها: سیاست‌های اقلیمی باید به گونه‌ای طراحی شوند که از اثرات زیان‌گریزی در نظریه چشم‌انداز بهره‌گیرند، مانند نمایش هزینه‌های عدم اقدام در برابر تغییرات اقلیمی.
- تقویت همکاری‌های منطقه‌ای و کاهش تأخیر در اقدام: ایجاد صندوق مشترک اقلیمی برای کشورهای منا: کشورها به دلیل بی‌اعتمادی و ترس از ضرر، در همکاری‌های اقلیمی تعلل می‌کنند. ایجاد یک صندوق تأمین مالی مشترک با مشارکت چند کشور و تخصیص منابع به پروژه‌های انرژی پاک، می‌تواند این مشکل را کاهش دهد.

• در نهایت، پیشنهاد می‌شود سیاستگذاران با استفاده از انواع روش‌های اقتصادی مرسوم مانند کاهش نرخ بهره یا هدایت منابع به سمت سرمایه‌گذاری‌های بلند مدت و انواع روش‌های مبتنی بر اقتصاد رفتاری نظیر فرهنگ‌سازی در اصلاح الگوی مصرفی جامعه، فرهنگ‌سازی در جهت تشویق به پس انداز و حفاظت از اقلیم برای نسل‌های آینده در جهت برقراری عدالت بین نسلی گام بردارند.

در جمع‌بندی این پژوهش باید گفت که با در نظر گرفتن نظریه چشم‌انداز، نتایج نشان داد که تصمیم‌گیران تمایل بیشتری به سیاست‌های سختگیرانه‌تر برای کاهش انتشار دارند که می‌تواند به سیاست‌گذاری‌های مؤثرتر در مقابله با تغییرات اقلیمی کمک کند. همچنین، روند افزایش دما و انتشار کربن نشان می‌دهد که اقدامات فعلی کافی نیستند و نیاز به سیاست‌های پایدارتر و فناوری‌های نوین وجود دارد. این مقاله نشان می‌دهد که توسعه مدل DICE-PT که نظریه چشم‌انداز را در تصمیم‌گیری‌های اقلیمی لحاظ می‌کند، می‌تواند تحلیل واقع‌گرایانه‌تری از سیاست‌های کاهش انتشار ارائه دهد. برای بهبود دقت مدل، پیشنهاد می‌شود که تحلیل حساسیت گسترده‌تر انجام شده و مدل با داده‌های واقعی گذشته آزموده شود. همچنین، سیاست‌گذاران باید از این یافته‌ها برای طراحی سیاست‌های اقلیمی مؤثرتر استفاده کنند که بر کاهش زیان‌ها تأکید دارد و انگیزه برای اقدام سریع‌تر را افزایش می‌دهد.

در پایان باید به این نکته اشاره کرد که این مطالعه با تمرکز بر تصمیم‌گیری‌های درون منطقه‌ای، تأثیر سیاست‌های اقلیمی خارج از منطقه MENA (مانند اقدامات اتحادیه اروپا یا چین) را به صورت صریح مدل‌سازی نکرده است. اگرچه مدل DICE-PT اثرات جهانی تغییرات اقلیمی را از طریق متغیرهای مانند غلظت دی اکسید کربن و دمای جهانی لحاظ می‌کند، اما تأثیر مستقیم سیاست‌های کاهش انتشار دیگر کشورها بر رفتار تصمیم‌گیرندگان منطقه MENA نیاز به بررسی جداگانه دارد. این موضوع می‌تواند در مطالعات آتی با ادغام مدل‌های تعادل عمومی منطقه‌ای مورد توجه قرار گیرد. لذا پیشنهاد می‌گردد که مدل‌های پویایی که تعاملات بین منطقه‌ای در سیاست‌گذاری اقلیمی را در چارچوب نظریه چشم‌انداز بررسی می‌کنند، توسعه داده شود.

منابع

بخشی دستجردی، رسول، نظری زانیانی، علی، و دهقانی شاهزاده بیگمی، فاطمه. (۱۳۹۷). بررسی تأثیر عدالت بین‌نسلی بر گرمای جهانی و رشد اقتصادی با تأکید بر نقش نرخ رجحان زمانی (مطالعه موردی: منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا). *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۲۶ (۸۶)، ۶۷-۱۰۴.

حق‌شناس، مرضیه، مؤیدفر، رزیتا، فرهمند، شکوفه، و شریفی، علیمراد. (۱۴۰۰). دورنمای اقتصادی کشورهای منا تا افق ۲۱۰۵: کاربرد مدل RICE. *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۸ (۴)، ۳۵-۷۶.

سعیدی، علی، و فرهانیان، سید محمد جواد. (۱۳۹۴). *مبانی اقتصاد و مالی رفتاری*. تهران: انتشارات بورس.

References

Barberis, N. (2023). The psychology of tail events: progress and challenges. *American Economic Review*, 103(3), 611-616.

Camerer, C., Babcock, L., Loewenstein, G., & Thaler, R. (1997). Labor supply of New York City cabdrivers: One day at a time. *The Quarterly Journal of Economics*, 112(2), 407-441.

Carattini, S., Carvalho, M., & Fankhauser, S. (2018). Overcoming public resistance to carbon taxes. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 9(5), e531.

Carlsson, F., & Johansson-Stenman, O. (2012). Behavioral economics and environmental policy. *Annual Review of Resource Economics*, 4(1), 75-99.

Clabaugh Howell, K., & Holt, E. A. (2023). Student reasonings and cognitive biases in climate change predictions. Retrieved from <https://digscholarship.unco.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1332&context=theses>

Eisenack, K., & Stecker, R. (2012). A framework for analyzing climate change adaptations as actions. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17, 243-260.

Farber, H. S. (2008). Reference-dependent preferences and labor supply:

The case of New York City taxi drivers. *American Economic Review*, 98(3), 1069-1082.

Gawel, E., Heuson, C., & Lehmann, P. (2012). Efficient public adaptation to climate change: An investigation of drivers and barriers from a public choice perspective. *UFZ Discussion Paper*, 14/2012, 1-20.

Hulme, M., Dessai, S., Lorenzoni, I., & Nelson, D. R. (2009). Unstable climates: Exploring the statistical and social constructions of 'normal' climate. *Geoforum*, 40(2), 197-206.

Iturbe-Ormaetxe, I., Ponti, G., Tomás, J., & Ubeda, L. (2011). Framing effects in public goods: Prospect theory and experimental evidence. *Games and Economic Behavior*, 72(2), 439-447.

Kahneman, D., & Tversky, A. (2013). Prospect theory: An analysis of decision under risk. In *Handbook of the fundamentals of financial decision making: Part I* (99-127).

Kőszegi, B., & Rabin, M. (2007). Reference-dependent risk attitudes. *American Economic Review*, 97(4), 1047-1073.

Mas, A. (2006). Pay, reference points, and police performance. *The Quarterly Journal of Economics*, 121(3), 783-821.

Nordhaus, W. (2024). Looking Backward, Looking Forward. *Annual Review of Resource Economics*, 16(1), 1-20.

----- (2013). *The climate casino: Risk, uncertainty, and economics for a warming world*. London: Yale University Press.

Pitcher, C. (2008). Investigation of a Behavioural Model for Financial Decision Making. Retrieved from <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:03d90b36-66d8-4dd0-b9d0-f1e7abf1c8c3/files/m57fc1912b613ab1117ac9839b8c3e686>

Rieger, M. O., Wang, M., & Hens, T. (2011). Prospect theory around the world. *NHH Department of Finance & Management Science, Discussion Paper*, 2011/19, 1-15.

Schmidt, U. (2016). Insurance Demand under Prospect Theory: A Graphical Analysis. *Journal of Risk and Insurance*, 83(1), 77-89

Spence, A., & Pidgeon, N. (2010). Framing and Communicating Climate Change: The Effects of Distance and Outcome Frame Manipulations. *Global Environmental Change*, 20(4), 656-667.

Thaler, R. H. (2016). Behavioral Economics: Past, Present, and Future. *American Economic Review*, 106(7), 1577-1600.

Vis, B. (2011). Prospect Theory and Political Decision Making. *Political Studies Review*, 9(3), 334-343.

Weber, E. U. (2010). What Shapes Perceptions of Climate Change? *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 1(3), 332-342.

Zhou, Y., & Shen, L. (2022). Confirmation Bias and the Persistence of Misinformation on Climate Change. *Communication Research*, 49(4), 500-523.