فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد/ سال هشتم/ شماره ۴/ زمستان ۱۴۰۰/ صفحات ۷۶-۳۵

دورنمای اقتصادی کشورهای منا تا افق ۲۱۰۵: کاربرد مدل RICE[1]

مرضیه حق‌شناس
دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه اصفهان، m.haghshenas@ase.ui.ac.ir
رزیتا مویدفر*
دانشیار اقتصاد دانشگاه اصفهان، r.moayedfar@ase.ui.ac.ir
شکوفه فرهمند
دانشیار اقتصاد دانشگاه اصفهان، sh.farahmand@ase.ui.ac.ir
علیمراد شریفی
دانشیار اقتصاد دانشگاه اصفهان، alimorad@ase.ui.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۳

چکیده

یکی از مهمترین دغدغه‌های امروز بشر در حوزه‌های اقتصاد، انرژی و محیط‌زیست، مسأله گرمایش جهانی است. مهمترین عامل گرمایش جهانی، سوختن سوخت‌های فسیلی است که منجر به تولید گازهای گلخانه‌ای از جمله CO_2 می‌شود. پژوهش‌های هیات بین‌دولتی تغییرات آب و هوایی[2] نشان می‌دهد، چنانچه هیچ کوششی به منظور کاهش نشر CO_2 صورت نگیرد، دمای کره زمین تا پایان قرن بیش از دو درجه سانتیگراد افزایش می‌یابد. از آنجایی‌که منطقه منا یکی از آسیب‌پذیرترین مناطق جهان در اثر تغییرات آب و هوا است، بنابراین هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی پیامدهای تغییرات اقلیمی بر متغیرهای اقتصادی منطقه منا تا سال ۲۱۰۵ می‌باشد. برای این منظور از مدل RICE استفاده شده است که ساختار آن بر مبنای مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر تدوین شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که تا سال ۲۱۰۵ چنانچه هیچ سیاستی در جهت جلوگیری از افزایش دما اعمال نشود، میانگین دمای جهانی تا ۴/۴۹ درجه سانتیگراد نسبت به دوران قبل از انقلاب صنعتی افزایش خواهد یافت. روند تولیدناخالص داخلی منطقه‌ای و مصرف در بلندمدت مشابه هم بوده و سیر فزاینده خواهد داشت. در بلندمدت انباشت سرمایه به ترتیب در گروه با درآمد بالاتر از متوسط، سپس در گروه با درآمد پایین‌تر از متوسط و در آخر در گروه با درآمد بالا و اشتغال به ترتیب در گروه درآمدی پایین‌تر از متوسط سپس در گروه درآمدی بالاتر از متوسط و در آخر در گروه با درآمد بالا افزایش خواهد یافت. میزان خسارت وارد شده به محیط زیست در گروه درآمدی بالا بیش از سایر گروههای درآمدی است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیم، مدل RICE، گرمایش جهانی، تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای، کشورهای در حال توسعه‌ی خاورمیانه و شمال آفریقا.
طبقه‌بندی JEL: Q58، Q43، Q51، C68، Q54.

---

[1] این مقاله مستخرج از رساله دکترای نویسنده اول در دانشگاه اصفهان است.

* نویسنده مسئول مکاتبات

[2] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

۱-مقدمه

مسئله گرمایش جهانی یکی از جنجالی‌ترین و دشوارترین مشکلات پیش روی ملت‌ها در هنگام عبور از قرن بیست‌ویکم خواهد بود. اقلیم‌شناسان و سایر دانشمندان هشدار می‌دهند که احتمالاً تجمع گاز دی‌اکسیدکربن (CO_2) و سایر گازهای گلخانه‌ای (GHGs) منجر به گرم شدن کره زمین و سایر تغییرات مهم آب و هوایی در طی قرن بعدی می‌شود (نوردهاس و بویر[1]، ۲۰۰۰).

به لحاظ علمی، مهمترین مبنای گرمایش جهانی سوزاندن سوخت‌های فسیلی (متشکل از کربن) مثل زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی است که منجر به تولید گاز گلخانه‌ای CO_2 می‌شود (نوردهاس[2]، ۲۰۰۷).

افزایش غلظت CO_2 در اتمسفر، نیروی تابشی را جذب و دوباره منتشر می‌کند و به طور مستقیم منجر به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن شده و باعث می‌گردد گرمای بیشتری در اتمسفر باقی بماند. برآوردها حاکی از آن است که این گازها حدود صد سال در آنجا باقی می‌مانند (نوردهاس، ۱۹۹۲) و در نتیجه افزایش درجه حرارت متوسط جهانی را سبب می‌شوند.

بنابراین انتشارگازهای گلخانه‌ای، به ویژه گاز کربن‌دی‌اکسید (CO_2) عامل اصلی افزایش دمای اتمسفر زمین در طی زمان است. از این‌رو بخش عمده‌ای از ادبیات اقتصاد گرمایش جهانی حول این موضوع شکل گرفته است و ازآنجا که کنترل این عامل نسبت به سایر عوامل ایجادکننده گرمایش جهانی همچون اوزون، نیتروژن اکسید و کلروفلورئورکربن‌ها امکان‌پذیرتر بوده و حجم انتشار آن بسیار بیشتر است، عمده سیاست‌های اقتصادی در این زمینه در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و با تأکید بیشتر بر گاز دی‌اکسیدکربن وضع می‌شوند (نوردهاس، ۲۰۰۷).

پژوهش‌های هیات بین‌دولتی تغییرات آب و هوایی نشان می‌دهد، چنانچه هیچ کوششی به منظور کاهش انتشار CO_2 صورت نگیرد، میانگین افزایش دمای جهانی را طی ۲۰-۱۵ سال آینده تا ۲ درجه سانتیگراد و تا پایان قرن ۲۱ بیش از ۴ درجه سانتیگراد تخمین می زند (IPCC, 2021).

---

[1] Nordhaus & Boyer
[2] Nordhaus

یافته‌ها نشان می‌دهد از عصر انقلاب صنعتی به این سو، دمای میانگین سطح زمین رو به افزایش است. گرمایش جهانی و تغییر اقلیم اصلی‌ترین پدیده‌ای است که به طور مستقیم محیط‌زیست را در سراسر دنیا تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. یکی از مهمترین خصوصیات پدیده تغییر اقلیم، فراگیر بودن است و هیچ کشوری از آسیب‌های آن مصون نیست. اثر تغییرات اقلیمی در تمامی نقاط دنیا یکسان نبوده و کشورهای در حال توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته اثرپذیری بیشتری دارند (دک و همکاران[۱]، ۲۰۰۱؛ جیتی‌بو و حاسن[۲]، ۲۰۰۵). منطقه منا (MENA[۳]) یکی از آسیب‌پذیرترین مناطق جهان در اثر تغییرات آب و هوا است. زیرا کشورهای عضو منطقه منا، کشورهایی با منابع عظیم نفت و گاز طبیعی بوده و در این منطقه نشرکربن‌دی‌اکسید قابل توجهی معادل ۳/۲ میلیارد تن ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی وجود دارد که این امر منجر به تغییرات آب و هوایی بالاخص افزایش دما می‌شود (اطلس کربن جهانی[۴]، ۲۰۲۰). ادامه روند موجود در تولید گازهای گلخانه و افزایش دما می‌تواند دارای پیامدهای اقتصادی در بلندمدت باشد و از این رو پژوهش حاضر «تأثیر پذیری متغیرهای اقتصادی از روند تولید گازهای گلخانه‌ای مبتنی بر وضع موجود را در کشورهای منطقه منا تا افق ۲۱۰۵»- به عنوان سوال پژوهش- مورد پرسش قرار داده است.

در مقاله حاضر در بخش دوم ابتدا مطالعات پیشین، وجه تمایز پژوهش حاضر با این مطالعات توضیح داده خواهد شد. ساز و کار مدل RICE و تشریح معادلات آن در بخش سوم بیان می‌گردد. تحلیل نتایج و نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی به ترتیب در بخش های چهارم و پنجم ارائه خواهد شد.

۲-ادبیات موضوع

امروزه موضوع تغییراقلیم[۵] به دلیل پیامدهای زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی، به عنوان یکی از مهمترین چالش‌های قرن حاضر تبدیل شده است

---

[1] Deke et al.
[2] Gbetibouo & Hassan
[3] Middle east & North Africa
[4] Global Carbon Atlas
[۵] Climate Change: برخی مترجمین معادل فارسی « تغییرات آب و هوا» را برای این عبارت به کار برده‌اند.

(IPCC، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۷). اقلیم از واژه یونانی کلیما گرفته شده و به طور کلی به معنی شرایط غالب هوا در درازمدت است. اقلیم رفتار آب و هوایی یک منطقه را نشان می‌دهد. (تایسون و همکاران، ۲۰۰۲؛ سیواکومار و همکاران، ۲۰۰۵).

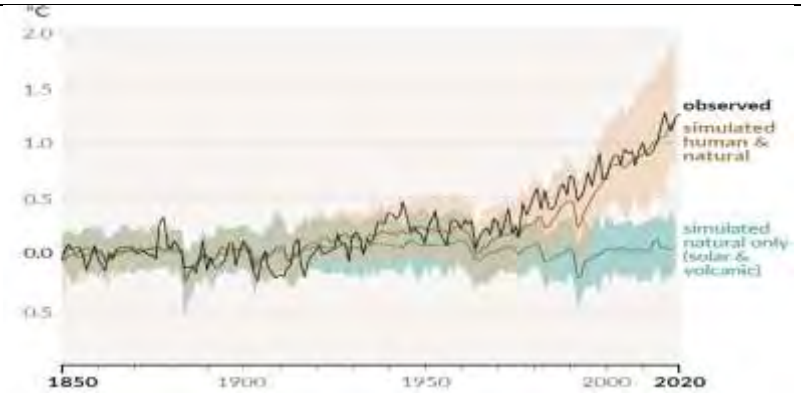
پیشینه پژوهش در حوزه تغییرات اقلیمی، از سال ۱۸۲۷ که ریاضیدان فرانسوی ژان باتیست فوریر[1] برای نخستین بار مکانیسم اصلی گرمایش کره زمین را مطرح کرد تا به امروز که دیگر درباره قطعیت این موضوع در میان دانشمندان علوم مختلف تقریبا اختلافی وجود ندارد، تاریخچه طولانی دارد.

از آغاز انقلاب صنعتی فعالیت‌های انسانی به ویژه سوزاندن سوخت‌های فسیلی افزایش یافته است. از اواسط سال ۱۹۷۰، غلظت کربن‌دی‌اکسید اتمسفر بیش از ۴۰ درصد افزایش یافته و از سال ۱۹۰۰ دمای میانگین جهانی تقریبا ۱ درجه سانتی‌گراد (۱/۸ درجه فارنهایت) افزایش یافته است (آکادمی ملی علوم ایالات متحده[2]، ۲۰۲۰).

گرمایش جهانی قابل توجهی در پنج دهه گذشته رخ داده است. تجزیه و تحلیل‌های دقیق نشان داده است که گرم شدن هوا در این دوره‌ها عمدتا ناشی از افزایش غلظت کربن‌دی‌اکسید و سایر گازهای گلخانه‌ای است. ادامه انتشار این گازها باعث تغییرات آب و هوایی بیشتر از جمله افزایش قابل توجه میانگین دمای جهانی در مناطق می‌شود (همان، ۲۰۲۰).

بر مبنای شاخص بازتحلیلی دمای خشکی- اقیانوس[3] ارایه شده توسط ناسا[4]، دمای سطح خشکی و اقیانوس نشانگر گرمایی تا حدود ۱/۳۵ درجه سانتیگراد بین سال‌های ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۸ است که این شکل روند افزایشی دمای سطح کره زمین را نشان می‌دهد (شکل۱). براساس سوابق ۱۳۸ ساله، گرم‌ترین سال‌ها از سال ۲۰۰۰ تاکنون رخ داده است و سال ۲۰۱۶ به عنوان گرم‌ترین سال بر روی کره زمین اعلام شده است (IPCC, 2021).

[1] Fourier
[2] Royal Society and the US National Academy of Sciences
[3] Index of Global Land–ocean Temperature
[4] NASA



شکل (۱): میانگین دمای جهانی زمین و اقیانوس طی سال‌های ۱۸۸۰–۲۰۱۸

منبع : IPCC-AR6 (2021)

افزایش نشر CO_2 به عنوان یکی از گازهای گلخانه‌ای، به طور معنی‌داری موجب افزایش دمای جهانی و ناپایداری آب و هوا می‌شود ضمن اینکه توان اقیانوس‌ها صرفا برای جذب CO_2 است و سایر گازهای گلخانه‌ای مانند اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، متان و سایر گازها توسط اقیانوس‌ها جذب نمی‌گردد و در عمل در جو زمین باقی می‌ماند (IPCC, 2021).

هیات بین‌دولتی تغییر اقلیم[1] در گزارش‌هایی منظم به پیش‌بینی‌های تفصیلی تغییرات اقلیمی در قرن ۲۱ پرداخته است و نتایج آن گویای این واقعیت است که گرمایش جهانی[2] به سرعت در حال افزایش بوده تا بدانجا که به این نتیجه رسیده است که خط قرمز مهار میانگین افزایش دمای جهان به ۱/۵ درجه سانتیگراد که در توافقنامه پاریس آمده احتمالا در حدود سال ۲۰۳۰ نقض خواهد شد (IPCC, 2021). این بدین معنی است که این خط قرمز، یک دهه زودتر از آنچه که خود این هیات سال ۲۰۱۸ پیش‌بینی کرده بود، نقض خواهد شد. برآوردهای قبلی حاکی از ۳ درجه‌ی سانتیگراد افزایش دما تا سال ۲۱۰۰ میلادی بود که هم اکنون مورد تردید قرار گرفته است (IPCC, 2021; IPCC, 2021؛ ریپل و همکارن، ۲۰۲۱). در نتیجه تغییرات اقلیمی و افزایش گرمایش جهانی به‌راحتی ممکن است میزان عوامل تولید و بهره‌وری آنها تحت تأثیر قرار گیرد که این موضوع باعث تغییر در سطح و روند افزایشی تولید می‌شود (بانک

[1] Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)
[2] Global Warming

جهانی، ۲۰۱۰). ضروری است از مدل‌هایی استفاده شود که بتوان با ادغام دانش اقتصاد و تغییرات آب و هوایی، آثار اقتصادی تغییر آب و هوا را بررسی کرد. تا قبل از سال ۱۹۹۰، مدل‌های سنتی رشد اقتصادی بدون درنظر گرفتن اثرات گرمایش جهانی روند نوسان‌های اقتصادی را مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌دادند. در دهه ۹۰ میلادی پیشرفت‌های نظری چشمگیری در زمینه‌ی مدل‌سازی تغییرات آب و هوا در سراسر جهان به وجود آمد و مدل‌های ارزیابی یکپارچه [1] از پیوند دو بخش اقتصاد و آب و هوا توسعه یافتند که می‌توانستند مسئله گرمایش جهانی را از نقطه نظر اقتصادی تحلیل کنند (نوردهاس و بویر، ۲۰۰۰). مدل مورد استفاده در پژوهش حاضر رایس[2] از نوع مدل‌های ارزیابی یکپارچه است که اقتصاد تغییرات آب و هوا و مسأله گرمایش جهانی را در قالب تئوری رشد اقتصادی نئوکلاسیک در مناطق مختلف بررسی می‌کند.

در پژوهش حاضر برای نخستین بار ملاحظات جغرافیایی و اقتصادی ویژه کشورهای منا به عنوان داده‌های ورودی مدل RICE استفاده گردیده است با این تفاوت که پیش‌بینی روند تغییرات تولید ناخالص داخلی، مصرف، انباشت سرمایه، اشتغال نیروی‌کار و خسارت محیط‌زیستی تا افق ۲۱۰۵ تحت تأثیر افزایش دما خروجی‌های مدل خواهد بود.

پیشینه پژوهش در حوزه تغییرات اقلیمی، از سال ۱۸۲۷ که ریاضیدان فرانسوی ژان باتیست فوریر برای نخستین بار مکانیسم اصلی گرمایش کره زمین را مطرح کرد تا به امروز که دیگر درباره قطعیت این موضوع در میان دانشمندان علوم مختلف تقریبا اختلافی وجود ندارد، تاریخچه طولانی دارد. به طور کلی با بررسی پژوهش‌های مختلف در زمینه وقوع تغییرات اقلیمی و پدیده‌ی گرمایش جهانی می‌توان دریافت که گرمایش جهانی تا پایان قرن ۲۱ در مناطق مختلف کره زمین پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی گوناگونی خواهد داشت.

در طول سال‌های اخیر پژوهش‌هایی با موضوع بررسی تغییر اقلیم (در مقیاس داخلی) در عرصه مطالعات دانشگاهی و نهادهای اجرایی مانند سازمان هواشناسی صورت گرفته است، با این وجود در زمینه اثرات تغییرات اقلیمی به‌ویژه اثرات اقتصادی

[1] Integrated Assessment Models (IAM)
[2] Regional Dynamic Integrated Model of Climate & the Economy (RICE)

پژوهش‌های خیلی معدودی با تأکید بر مطالعات کشاورزی اعم از پیامدهای افزایش دما بر محصولات زراعی مانند گندم-جو و یا تغییر الگوهای بارش در مناطق مختلف و اثرات آن بر حوزه‌های آبریز انجام گرفته است که به چند نمونه از مهمترین آن‌ها اشاره می‌شود.

داربیدی و همکاران[1] (۱۳۹۹)، در پژوهشی با عنوان " تأثیر نوآوری بر انتشار آلودگی استان‌های ایران در چارچوب منحنی زیست محیطی کوزنتس (رهیافت اقتصادسنجی فضایی)"، از دو شاخص هزینه‌های تحقیق و توسعه و سرمایه انسانی به عنوان جایگزین برای نوآوری طی دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۸۶ استفاده کرده‌اند.. نتایج پژوهش گویای این امر است که R&D و سرمایه انسانی تأثیر منفی و معنی‌داری بر انتشار آلودگی هوا در استان‌های ایران دارند. لذا سیاستگذاران باید با برنامه‌ریزی در زمینه‌ی افزایش سرمایه‌گذاری‌های بومی در فعالیت‌های تحقیق و توسعه و بهبود کیفیت سرمایه انسانی میزان انتشار آلودگی را کاهش دهند. همچنین افزایش در R&D استان‌های مجاور از طریق آثار سرریز فضایی باعث کاهش انتشار آلاینده می‌گردد. یافته‌های حاصل همچنین حاکی از آن است که نوآوری منجر به این امر می‌شود که نقطه بازگشت منحنی کوزنتس در سطح تولید ناخالص داخلی سرانه کمتری اتفاق بیفتد.

محمدی و همکاران[2] (۱۳۹۸)، در پژوهشی با عنوان " بررسی ارتباط متقابل رشد اقتصادی، مصرف انرژی و توسعه انسانی در کشورهای منتخب حوزه منا "، ارتباط متقابل بین رشد اقتصادی، مصرف سرانه انرژی و توسعه انسانی و عوامل موثر بر آن‌ها را برای ۱۲ کشور منتخب منطقه منا طی دوره ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۵ بررسی نمودند. نتایج مطالعه نشان داد که بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و شاخص توسعه انسانی (HDI) کشورهای منتخب رابطه متقابل مثبت و معناداری وجود دارد.

متغیرهای نیروی کار و حجم سرمایه‌گذاری تاثیر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب دارند. از سوی دیگر، درجه باز بودن اقتصاد رابطه مثبت و نرخ مرگ-ومیر کودکان زیر ۵ سال و انتشار دی‌اکسیدکربن رابطه منفی با شاخص توسعه انسانی

[1] darbidi et al. (2020)
[2] Mohammadi et al. (2019)

دارد. هم‌چنین، متغیرهای جمعیت و توسعه مالی طی دوره مورد نظر رابطه منفی و معناداری با میزان مصرف انرژی داشته‌اند.

ولیقلی‌زاده[1] (۱۳۹۸) در پژوهشی با عنوان "تبیین اثرات اقتصادی در حیات جوامع انسانی"، اثرات اقتصادی تغییرات اقلیمی را به روش توصیفی_تحلیلی مورد بررسی قرار داد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که تغییرات اقلیمی به صورت مستقیم و غیرمستقیم در زمینه‌های مختلفی مثل کشاورزی، گردشگری، انرژی، اثرگذاری بر سلامتی انسان، بهره‌وری نیروی کار، اشتغال، رشد اقتصادی، افزایش فقر، افزایش مهاجرت و ... هزینه‌های مالی سنگینی را بر جوامع انسانی تحمیل خواهند نمود.

تمیزی[2] (۱۳۹۷) در پژوهشی به ارزیابی عوامل اقتصادی و محیطی تعیین‌کننده میزان نشر گاز دی‌اکسیدکربن در کشورهای منطقه منا پرداخته است که نتایج حاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار تولید ناخالص داخلی بر نشر CO_2 است؛ به این معنی که با افزایش درآمد سرانه نشر دی‌اکسیدکربن نیز افزایش می‌یابد.

متقیان‌فرد[3] (۱۳۹۶) در پژوهشی با عنوان "تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی ایران (رویکرد استانی)"، اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر تولید ناخالص داخلی ۲۷ استان کشور را تحلیل نموده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که افزایش دما بر تولید ناخالص داخلی (با احتساب نفت و بدون نفت) استان‌ها اثر منفی دارد و همچنین افزایش در بارش، باعث افزایش در تولید ناخالص داخلی خواهد شد.

در پژوهشی دیگر با عنوان "بررسی آسیب‌پذیری اقتصادی از نوسانات اقلیمی (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)" هاتف و همکاران[4] (۱۳۹۵) به این نتیجه رسیده‌اند که در بین شهرستان‌های استان خراسان رضوی در دوره مورد مطالعه تربت حیدریه بیشترین و چناران کمترین میزان خسارت ناشی از تغییر اقلیم را داشته‌اند.

جعفری و همکاران[5] (۱۳۹۳) پژوهشی را با عنوان "ارزیابی اثرات اقتصادی تغییر اقلیم در بخش کشاورزی" با استفاده از روش فراتحلیل انجام داده و به این نتیجه رسیده‌اند

---

[1] Valigholizadeh (2019)
[2] Tamizi (2018)
[3] Motaghian fad (2017)
[4] Hatef et al. (2016)
[5] Jafari et al. (2014)

که اثرات اقتصادی تغییر اقلیم عملکرد، تولید و عرضه محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد همچنین بر امنیت غذایی اثرگذار بوده و منجر به تغییرات بلندمدت در پارامترهای سودآوری و درآمد کشاورزان خواهد شد.

مرادی[1] (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان "تأثیر تغییرات اقلیمی بر وضعیت اقتصادی و اجتماعی حوضه‌های آبخیز" بررسی نمود که اقلیم علاوه بر خروج نیروی کار از بخش کشاورزی، باغداری و دامداری، باعث مهاجرت‌های موقت و دائم از روستاها شده و درآمد اغلب خانوارها از بخش کشاورزی و باغداری کاهش قابل توجهی نشان می‌دهد و حتی میزان تولید و سرمایه‌گذاری در آن‌ها روند نزولی دارد.

دهقانی و همکاران[2] (۱۳۹۲) با تأکید بر نقش نرخ رجحان زمانی تأثیر عدالت بین نسلی بر گرمایش جهانی و رشد اقتصادی را برای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا بررسی کرده‌اند. نتایج سناریوها، مبین آن است که تلاش در راستای کاهش نشر CO_2 و کنترل گرمایش جهانی به رشد اقتصادی بالاتر می‌انجامد. همچنین تلاش برای برقراری عدالت بین‌نسلی از طریق پنج عامل موثر بر تحقق عدالت بین نسلی شامل ۱-کاهش رجحان زمانی، ۲-کمک به توسعه پایدار، ۳- کمک به افزایش رشد جمعیت، ۴- پیشرفت دانش و بهره‌وری و ۵- کاهش اتلاف منابع اقتصادی، به کاهش سرعت گرمایش جهانی و در نتیجه رشد اقتصادی بالاتر می‌انجامد.

در اغلب پژوهش‌های خارجی پیامدهای زیست‌محیطی گرمایش‌جهانی (افزایش دما) به صورت جهانی بررسی شده و حتی زمانی که پیامدهای اقتصادی گرمایش‌جهانی در منطقه‌ی منا مدنظر بوده است یا به صورت ارزیابی پیامدهای گرمایش‌جهانی بر بخش‌های اثرگذار بر اقتصاد مثل بخش کشاورزی، صنعت، حمل‌ونقل و ... بوده است و یا پیامد ناشی از افزایش دما تنها بر رشد اقتصادی (GDP) منطقه منا بررسی شده است. وجه تمایز این پژوهش با مطالعات قبلی این که هیچ یک از مطالعات پیشین به پیش‌بینی دقیق روند متغیرهای اقتصادی کشورهای منا (اعم از انباشت سرمایه، اشتغال نیروی کار و خسارت‌های محیط‌زیست) تحت تأثیر افزایش دما و به تفکیک گروه‌های درآمدی کشورهای عضو بر اساس آخرین دسته‌بندی بانک جهانی (۲۰۱۹) و با استفاده از مدل RICE نپرداخته است.

---

[1] Moradi (2014)
[2] Dehghani et al. (2013)

اریکسون[1] (۲۰۲۰) ارزیابی یکپارچه‌ای از پیامدهای جنگل زایی و جنگل‌زدایی برای مناطق مختلف جهان را برای بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۱۰۵ بر اساس RICE انجام داده است. نتایج بیانگر این است که با هدف ثابت نگه‌داشتن دما به میزان ۲ درجه سانتی-گراد تا پایان دوره برنامه‌ریزی مهم‌ترین راهکارها کاهش جنگل‌زدایی در کوتامدت و در مقابل افزایش جنگل‌زایی در میان مدت و بلندمدت است. این راهکار در مورد مناطق گرمسیری از اهمیت بیشتری برخوردار است.

آلدلایمی و همکاران[2] (۲۰۲۰)، در پژوهشی به بررسی سلامت مردم، سلامت سیاره و مسئولیت بشر پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که منطقه منا نقطه صفر جهانی برای تغییر اقلیم است. زیرا امواج فاجعه‌بار گرما در این منطقه به گونه‌ای است که به خصوص در طول چندین ماه تابستان، برای انسان قابل تحمل نخواهد بود. منطقه منا اولین منطقه‌ای است که آب شیرین آن تمام می‌شود زیرا دارای رشد جمعیت فزاینده‌ای است که تقاضا برای منابع آبی در حال افزایش است. جنگ‌های مداوم و ناآرامی‌های داخلی در این منطقه جابجایی جمعیت‌های بزرگی را به دنبال دارد. همه این‌ها عواقب جدی بر روی سلامتی جمعیت ساکن در منطقه منا دارد. به‌ویژه جمعیت کم‌درآمد بیشترین آسیب را خواهند دید، زیرا با ایجاد تغییرات آب و هوایی کمترین زیرساخت‌ها یا وسایل سازگاری با این محیط جدید را دارند. کمبود آب و طوفان‌های مکرر، گرد و غبار صحرا پیامدهای نامطلوبی برای سلامتی به همراه دارد. همچنین آگاهی و آموزش برای مردم در مورد این فجایع قریب الوقوع در این قرن وجود ندارد و پوشش رسانه‌های محلی نیز بسیار محدود است.

بانک جهانی[3] (۲۰۱۹) در گزارشی بیان می‌کند که بیش از ۶۰ درصد جمعیت منطقه منا در مناطقی زندگی می‌کنند که با فشار روانی ناشی از کمبود آب برای مصارف فوری مانند کشاورزی یا پرکردن مخازن برای آب آشامیدنی روبه‌رو هستند. به طوری که پیش‌بینی می‌شود بیشترین خسارت اقتصادی ناشی از تغییرات اقلیمی در این منطقه به دلیل کمبود آب خواهد بود و به دلیل اثرات آب بر کشاورزی، بهداشت و درآمدهای این منطقه تا سال ۲۰۵۰ تولید ناخالص داخلی به میزان ۶ درصد کاهش می‌یابد. تغییرات

[1] Eriksson et al.
[2] Al-Delaimy
[3] World Bank

اقلیمی (به‌ویژه افزایش دما) در حال حاضر منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا را به طرز وحشتناکی تحت تأثیر قرار داده است. این امر باعث شده تا گرمای شدیدی در مدت زمانی طولانی‌تر در بین مناطق زمین پخش شود و بعضی از مناطق غیرقابل دسترس شده و مناطق حاصلخیز برای کشاورزی کاهش یابد. در شهرها گرمای فزاینده‌ای به وجود خواهد آمد و بیشتر شهرهای خاورمیانه با چهار ماه بسیار گرم در هر سال روبرو می‌شوند. افزایش دما فشار زیادی را به محصولات زراعی و منابع آبی در حال حاضر کمیاب وارد می‌کند، همچنین پدیده تغییر اقلیم به طور بالقوه مهاجرت و خطر نزاع در این منطقه را افزایش می‌دهد.

سازمان بین‌المللی کار[1] (۲۰۱۸) در گزارشی با عنوان " اثرات تغییرات اقلیمی بر اشتغال" نتیجه‌گیری می‌نماید که تغییر اقلیم با ایجاد تحول در سیستم فعالیت‌های اقتصادی جوامع انسانی در ابعاد مختلف در مکانیسم اشتغال تأثیرگذاری قابل توجهی دارد و این امر در کوتاه‌مدت برای برخی جوامع مثبت خواهد بود.

کاترینو کرامنر[2] (۲۰۱۷) به بررسی تأثیرات تغییرات اقلیمی در منطقه خاورمیانه و آفریقای شمالی (MENA) و پیامدهای آن برای گروه‌های آسیب‌پذیر جمعیتی پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با توجه به این که پیش‌بینی شده است جمعیت منطقه منا تا سال ۲۰۷۰ دو برابر شود، بنابراین منطقه به دلیل افزایش تقاضای آب به چالش کشیده خواهد شد. به‌ویژه، در مناطقی که به واردات وابسته هستند، همچنین آسیب پذیری قابل توجهی در بخش کشاورزی ایجاد خواهد شد که بسیار فراتر از مرزهای آن مناطق است. در نتیجه فشار شدید و مداوم بر منابع ناآرامی‌های اجتماعی بیشتری در فضای سیاسی که در حال حاضر مشخصه برخی از کشورهای منطقه‌ی منا است، ایجاد خواهد شد.

الگیدده و همکاران[3] (۲۰۱۴)، در پژوهشی به بررسی تغییرات آب و هوایی و تأثیر آن بر رشد اقتصادی پایدار در کشورهای جنوب صحرای آفریقا پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد افزایش در درجه حرارت به‌طور قابل توجهی عملکرد اقتصادی در کشورهای جنوب صحرای آفریقا را کاهش می‌دهد.

---

[1] International Labour Organization (ILO)
[2] Katharina & Krummenauer
[3] Alagidede

پریدی و برانتو[1] (۲۰۱۲) در پژوهشی با عنوان "هزینه‌های اقتصادی تغییرات اقلیمی در کشورهای عضو منطقه منا: ارزیابی کمی فضایی در سطح خرد و بررسی سیاست‌ها " نشان می‌دهند که در کشورهای منطقه‌ی منا به ازاء ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش در دما، به طور متوسط زیانی معادل ۸ درصد از تولید ملی سرانه به بار خواهد آمد؛ دامنه این خسارات از حدود ۵ درصد در کشورهای شمال آفریقا (بجز کشور مصر)، تا ۱۵ درصد در کشورهای مصر، ترکیه، تونس و برخی کشورهای خاورمیانه متغیر است. این مقادیر بسیار شبیه به نتایج حاصل از مطالعات جهانی است. برای مثال دل و همکاران[2] (۲۰۰۹) که همه مناطق جهان را مورد مطالعه قرار داده‌اند، زیان اقتصادی ناشی از گرمایش جهانی در منطقه منا را معادل ۸/۵ درصد از تولید ملی سرانه در اثر یک واحد افزایش دما برآورد کرده‌اند. بنابراین اقتصاد منطقه منا به تغییرات دما حساس بوده و در این منطقه خسارت‌های اقتصادی ناشی از افزایش دما به بار خواهد آمد.

تورلو و همکاران[3] (۲۰۰۹)، در پژوهشی با عنوان "تأثیر تنوع اقلیمی و تغییر در رشد اقتصادی و فقر در زامبیا "، اثر اقتصادی تغییر آب و هوا را با استفاده از مدل تعادل عمومی بر روی رشد اقتصادی و فقر در زامبیا بررسی کردند. یافته‌های آنها نشان داد که تغییر آب و هوا هزینه ۴/۳ میلیارد دلاری در یک دوره ۱۰ ساله به این کشور تحمیل می‌کند و ممکن است در بدترین حالت به ۷/۱ میلیارد دلار برسد و در نهایت تا سال ۲۰۱۶ تغییر آب و هوا باعث خواهد شد که ۳۰۰ هزار زامبیایی زیر خط فقر قرار بگیرند.

نوردهاس و بویر (۲۰۰۰) در اثر مشهور خود با عنوان " گرمایش جهانی؛ مدل‌های اقتصادی گرمایش جهانی" مدل‌های پایه DICE و RICE را ارائه داده‌اند. در این پژوهش جامع، نسخه منطقه‌ای DICE معروف به RICE (مدل یکپارچه پویای منطقه‌ای آب و هوا و اقتصاد) که ابتدا در کار نوردهاوس و یانگ (۱۹۹۶) مورد مطالعه قرار گرفته بود، توسعه یافته و اجرا شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که چنانچه هیچ سیاستی برای کاهش دمای جهانی تا پایان قرن ۲۱ صورت نگیرد، دمای جهانی تا ۲/۵۳ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت.

---

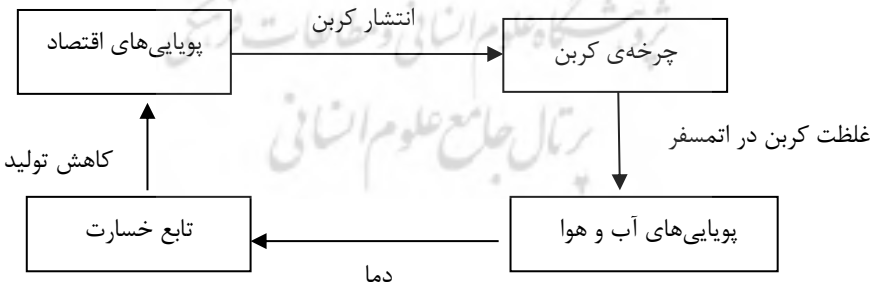
[1] Péridy & Brunetto
[2] Dell et al.
[3] Thurlow

در یک جمع‌بندی می‌توان گفت، در اغلب پژوهش‌های داخلی و خارجی پیامدهای زیست‌محیطی گرمایش‌جهانی (افزایش دما) برای مناطق مختلف بر بخش‌های کشاورزی، صنعت، حمل‌ونقل و سایر بخش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است و یا پیامد ناشی از افزایش دما تنها بر رشد اقتصادی (GDP) منطقه منا بررسی شده است بدون اینکه روند سرمایه‌گذاری و تاثیر خسارت محیط‌زیستی تحلیل گردد. شایان ذکر است در چارچوب مدل RICE که توسط نوردهاوس و بویر (۲۰۰۰) اجرا گردیده است کشورهای منطقه منا به صورت یک بلوک همراه با سایر بلوک‌های تجاری دنیا در نظر گرفته شده است و ملاحظات ویژه اقتصادی آنها و نیز خسارت ناشی از نشر آلاینده‌های این منطقه مدنظر قرار نگرفته است.

۳- روش‌شناسی تحقیق

۳-۱-ساز و کار مدل RICE

در مدل RICE مهم‌ترین عامل افزایش دمای جهان نشر گاز CO_2 است، لذا کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه نشر CO_2 که به ایجاد پدیده گرمایش جهانی منجر می‌شود، در مدل توسعه یافته، مشابه سرمایه‌گذاری در مدل رشد رمزی است. در مدل RICEبه غلظت گازهای گلخانه‌ای به عنوان انباشت سرمایه طبیعی منفی و به کاهش نشر به مثابه سرمایه‌گذاری می‌نگرد. به عبارت دیگر با هدف کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای مصرف امروز کاهش می‌یابد؛ اما به واسطه جلوگیری از آسیب‌های تغییر آب و هوا، امکانات مصرف[1] در آینده افزایش خواهد یافت.



شکل (۲): تعامل بین سیستم اقتصادی و آب و هوایی

منبع : ادوارد و همکاران[2]، ۲۰۰۵

[1] Consumption Possibilities
[2] Edwards et al.

در اینجا ضروری است که توضیحات کامل‌تری در مورد نحوه کار این نمودار داده شود. در شکل ۲، شمائی از روابط اصلی و ساز و کار مدل RICE بیان می‌شود. همان‌گونه که در شکل بالا مشاهده می‌شود، تولید ناخالص در سطح جهانی (به دلیل مصرف سوخت‌های فسیلی) به نشر CO_2 صنعتی می‌انجامد. افزایش غلظت CO_2 در اتمسفر موجب ایجاد اثر گلخانه‌ای شده و در نتیجه منجر به افزایش دمای اتمسفر زمین می‌گردد.

اثر گلخانه‌ای، فرآیندی است که در آن بازتابش نور خورشید از سطح زمین باعث بالا رفتن دما در اتمسفر می‌گردد. این بازتابش از سطح زمین، به دلیل غلظت جوی گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق در هوا، برای خارج شدن از اتمسفر نیروی کافی ندارد. بنابراین دوباره به سمت زمین بازتابش می‌شود و با تبدیل شدن به انرژی حرارتی باعث گرم شدن اتمسفر زمین می‌گردد (IPCC, 2007).

آثار نامطلوب افزایش دما منجر به تخریب محیط‌زیست، کاهش تولید محصولات کشاورزی و شیلات، افزایش مصرف انرژی و در نهایت کاهش سطح محصول اقتصادجهانی (در مدل پژوهش حاضر محصول اقتصاد منطقه منا) شده و این چرخه دائم تکرار می‌شود.

همچنین بر اساس نظر کندریک[1] (۲۰۰۷)، ستاده موجب افزایش نشر CO_2 می‌شود و نشر CO_2 به نوبه خود باعث افزایش غلظت CO_2 در جو می‌شود. افزایش غلظت CO_2 در جو، به اشعه‌های خورشید اجازه می‌دهد به زمین وارد شوند و اما بعضی از آنها به دلیل افزایش غلظت CO_2 در جو محبوس شده و جذب زمین می‌شوند؛ در نتیجه دمای زمین افزایش می‌یابد. دمای افزایش یافته از طریق خسارت زیست‌محیطی تولید را کاهش می‌شود.

۳-۲-توصیف معادلات مدل RICE

مدل RICE بر مبنای مدل رشد بهینه رمزی[2] است که به صورت یک مسئله بهینه‌یابی بیان می‌گردد. هر مسئله بهینه‌یابی دارای یک تابع هدف و تعدادی قید یا محدودیت

[1] Kenndricks
[2] Ramsey Model of Optimal Economic Growth

است. در ادامه، معادلات مدل به تفکیک تابع هدف، قیدهای اقتصادی، قیدهای آب و هوایی (ترمودینامیکی)، معادلات پیوند و معادلات تعریفی شرح داده می‌شود.

۳-۲-۱-تابع هدف

در این مدل نوردهاوس و بویر (۲۰۰۰) فرض می‌کنند مناطق یک تابع رفاه اجتماعی دارند که براساس آن مجموع مطلوبیت ناشی از مصرف سرانه‌ای که بر حسب جمعیت وزن یافته را حداکثر می‌کنند، عبارت زیر بیان ریاضی تابع هدف مدل برای منطقه J می‌باشد:

$$W_J = \sum_t U\,[c_J(t), L_J(t)]R(t) \qquad (۱)$$

که در آن:

$U[c_J(t), L_J(t)]$: مطلوبیت ناشی از مصرف برای منطقه J، $c_J(t)$: جریان مصرف سرانه در دوره t، $L_J(t)$: سطح جمعیت در دوره t، $R(t)$: عامل ترجیح زمانی اجتماعی[1] در دوره t است.

فرض بر این است که نرخ تنزیل در طول زمان روندی کاهشی دارد. این امر به دلیل فرض کاهش بی‌صبری در طول زمان است[2]. عامل ترجیح زمانی اجتماعی، در فرم زیر توصیف می‌شود:

$$R(t) = \prod_{v=0}^{t}[1 + \rho(v)]^{-10} \qquad (۲)$$

که در آن:

$\rho(v)$: نرخ ترجیح زمانی اجتماعی در دوره t،

فرم صریح تابع مطلوبیت از نوع کشش جانشینی ثابت (CES) می‌باشد و پارامتر α بیانگر مقدار ثابت کشش مطلوبیت نهایی ناشی از مصرف سرانه است:

$$U[c_J(t), L_J(t)] = \frac{L_J(t)\{[c_J(t)]^{1-\alpha}-1\}}{(1-\alpha)} \qquad (۳)$$

که در آن:

α: کشش مطلوبیت نهایی ناشی از مصرف سرانه[3] است. برای سادگی فرض می‌کنیم $\alpha = 1$، بنابراین تابع مطلوبیت لگاریتمی به صورت زیر به دست می‌آید:

---

[1] The Pure Rate Of Social Time Preference
[2] Assumption Of Declining Impatient
[3] Elasticity Of Marginal Utility Of Per Capita Consumption

$$U[c_J(t), L_J(t)] = L_J(t)\{\log[c_J(t)] \quad (۴)$$

۳-۲-۲-تابع تولید

در مدل RICE، تولید توسط تابع تولید استاندارد نئوکلاسیک ارائه شده است. برای منطقه J، ستاده یا تولید ناخالص داخلی $Q_J(t)$ با استفاده از تابع تولید کاب‌داگلاس با بازدهی ثابت به مقیاس و سرمایه $K_J(t)$، نیروی‌کار $L_J(t)$، و مصرف انرژی $ES_J(t)$ در منطقه J و دوره t، نشان داده می‌شود. شایان ذکر است که در این مدل از متغیر جمعیت به عنوان نیروی کار استفاده می‌شود. با توجه به افق زمانی مدل در طی یک قرن، می توان فرض کرد جمعیت و نیروی کار جایگزین هستند با این استدلال که با پیر شدن نیروی کار نسل اول، نیروی کار نسل دوم جایگزین آن خواهد گردید و به همین ترتیب برای سایر دوره‌ها حرکت پیوسته رخ می‌دهد. بنابراین در مدل‌های رشد جایگزینی جمعیت به جای نیروی کار در تابع تولید منطقی است که نمونه‌های آن در مطالعات رومر (۱۹۹۰)، نوردهاوس و یانگ (۱۹۹۶)، بارو (۱۹۹۹)، نوردهاوس و بویر (۲۰۰۰)، بارو و سالامارتین (۲۰۰۴)، و نوردهاوس (۲۰۱۰) قابل استناد است. مصرف انرژی نشان دهنده‌ی مصرف ناشی از سوخت فسیلی مبتنی بر کربن است. تابع تولید در منطقه J و دوره t، به صورت زیر نشان داده می شود:

$$Q_J(t) = \Omega_J(t)\{A_J(t)K_J^{\gamma}(t)L_J^{1-\beta_J-\gamma}(t)\, ES_J(t)^{\beta_J} - C_J^E(t)ES_J(t)\} \quad (۵)$$

$$ES_J(t) = \varsigma_J(t).\, E_J(t) \quad (۶)$$

که در آن:

γ: کشش محصول نسبت به سرمایه (سهم نهاده سرمایه در رشد تولید)، β_J: کشش محصول نسبت به خدمات انرژی، $1-\beta_J-\gamma$: کشش محصول نسبت به نیروی‌کار، $A_J(t)$: سطح بهره‌وری کل عوامل تولید در منطقه J و در آغاز دوره t که از نوع خنثی هیکسی[1] است، $L_J(t)$: نیروی کار (جمعیت) در منطقه J و در آغاز دوره t، $K_J(t)$: انباشت سرمایه در منطقه J و در آغاز دوره t، $\Omega_J(t)$: عامل از بین رفتن تولید در اثر خسارات تغییرات آب و هوایی در منطقه J و در آغاز دوره t، $[C_J^E(t)ES_J(t)$: هزینه‌های ایجاد شده‌ی ناشی از مصرف انرژی (مصرف ناشی از سوخت فسیلی مبتنی بر کربن) که

[1] Hicks-neutral

از تولید ناخالص داخلی کسر می‌گردد. $ES_J(t)= \varsigma_J(t).E_J(t)$: رابطه بین ورودی‌های نشر کربن و مصرف انرژی را نشان می دهد.

۳-۲-۳- قیدهای اقتصادی

فرض می‌شود نرخ رشد جمعیت در کشورهای مورد بررسی به صورت تابعی نمایی است که با توجه به اینکه منحنی رشد جمعیت، رفتاری S شکل دارد در طی زمان دارای نرخی کاهنده است. با توجه به محدودیت منابع این رفتار منطقی به نظر می‌رسد زیرا نمی‌توان انتظار داشت که جمعیت به صورت نامحدود رشد یابد (نوردهاوس و بویر، ۲۰۰۰). معادله (۷) نرخ رشد جمعیت در منطقه J و در زمان t نشان می‌دهد، و به قیدهای اقتصادی اضافه می‌شود:

$$g_j^{pop}(t) = g_j^{pop}(0)exp(-\delta_j^{pop}t) \quad (۷)$$

که در آن:

$g_j^{POP}(t)$: نرخ رشد جمعیت در منطقه J و در ابتدای دوره t،

$\delta_j^{POP}t$: نرخ کاهش رشد جمعیت در منطقه J و در ابتدای دوره t،

بر این اساس نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید نیز بصورت نمایی و با نرخ کاهنده لحاظ می‌شود زیرا کاهش نرخ رشد جمعیت در طول زمان سبب کاهش نرخ رشد بهره-وری خواهد گردید (نوردهاس و بویر، ۲۰۰۰). عامل دیگر در کاهش نرخ رشد بهره‌وری کاهش بکارگیری سوخت‌های فسیلی در تولید با هدف کاهش نشر گازهای گلخانه‌ای است. بنابراین رابطه ۸ نیز بصورت زیر معرفی می‌گردد:

$$g_j^{A}(t) = g_j^{A}(0)exp(-\delta_j^{A}t) \quad (۸)$$

که در آن:

$g_j^{A}(t)$: نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در منطقه J و در ابتدای دوره t،

$\delta_j^{A}t$: نرخ کاهش در رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در منطقه J و در ابتدای دوره t،

یکی دیگر از محدودیت‌های اقتصادی مدل، معادله انباشت (تجمع) موجودی سرمایه[1] است. در این معادله تغییر در انباشت سرمایه تابعی از سرمایه‌گذاری و میزان استهلاک انباشت سرمایه است.

[1] Capital Accumulation

برای اجرای مدل RICE در پژوهش حاضر از دوره‌های زمانی ۱۰ ساله، تا افق ۲۱۰۵ استفاده شده است. بنابراین از توان و ضریب ۱۰ در معادله انباشت سرمایه استفاده شده است.

$$K_J(t) = K_J(t-1)(1-\delta_K)^{10} + 10 \times I_J(t-1) \quad (۹)$$

که در آن:

$K_J(t)$: انباشت سرمایه در منطقه J و در ابتدای دوره t، $I_J(t-1)$: مخارج سرمایه‌گذاری در منطقه J و در ابتدای دوره t، δ_K: نرخ استهلاک سالانه انباشت سرمایه است.

از آنجا که فرض ابتدایی اغلب مدل‌های رشد، یک اقتصاد دو بخشی شامل خانوارها و بنگاه‌ها (مصرف‌کنندگان و سرمایه‌گذاران) است، در تصریح مدل این پژوهش نیز همین دو بخش در نظر گرفته شده است. با لحاظ این فرض، معادله زیر به مجموعه قیدهای اقتصادی اضافه می‌شود:

$$Q_j(t) = C_j(t) + I_j(t) \quad (۱۰)$$

۳-۲-۴- قیدهای آب و هوایی

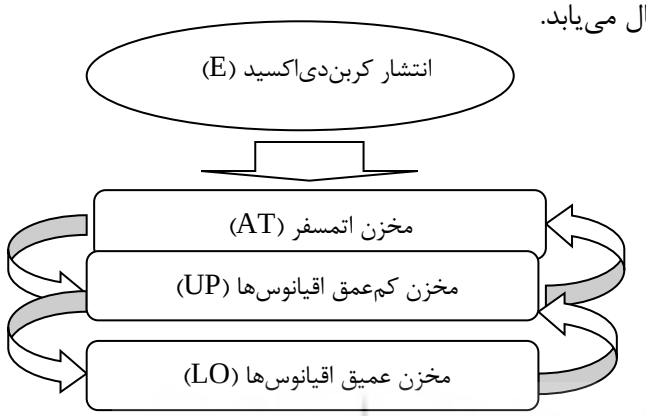
معادلات آب و هوایی در مدل RICE تاثیر نشر CO_2 بر غلظت جوی این گاز و دمای اتمسفر و تاثیر تغییرات دما و میزان کنترل انتشار بر تولید ناخالص داخلی مناطق در نسخه پژوهش حاضر منطقه‌ی منا را تبیین می‌کنند.

نشر گازهای گلخانه‌ای، به صورت تدریجی غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر را افزایش می‌دهد که تحت عنوان فرآیند انباشت گازهای گلخانه‌ای (یا مدل علمی چرخه انتقال کربن) در اتمسفر شناخته می‌شود. در پژوهش حاضر به پیروی از نوردهاس و پاول[1] (۲۰۱۳)، از مدل چرخه کربنی سه مخزنی استفاده شده است.

در مدل چرخه کربنی سه مخزنی CO_2 در سه مخزن ذخیره می‌شود که یکی از آن‌ها اتمسفر زمین است، یکی سطح بالای اقیانوس تا عمق صد متر و مناطق مربوط به زیست کره (بیوسفر)[2] است که این دو، مخازن به سرعت مخلوط شونده[3] نامیده می‌شوند و دیگری ژرفای پایین‌تر از صد متر در اقیانوس‌هاست. CO_2 در میان این لایه‌ها جابه‌جا

[1] William Nordhaus with Paul Sztorc
[2] Biosphere
[3] Quickly Mixing Reservoir

می‌شود. گازهای گلخانه‌ای تولید شده، نخست وارد مخزن اتمسفر می‌شود و سپس به دو مخزن دیگر انتقال می‌یابد.



شکل (۳): شمائی از مدل چرخه انتقال کربن

منبع : نوردهاس و پاول، ۲۰۱۳.

دسته معادلات زیر، فرآیند انباشت CO_2 در اتمسفر با استفاده از مدل چرخه انتقال کربن سه مخزنی را تشریح می‌کنند:

$$M_{AT}(t) = 10 \times ET(t-1) + \varphi_{11} M_{AT}(t-1) + \varphi_{21} M_{UP}(t-1) \quad (۱۱)$$

$$M_{UP}(t) = \varphi_{12} M_{AT}(t-1) + \varphi_{22} M_{UP}(t-1) + \varphi_{32} M_{LO}(t-1) \quad (۱۲)$$

$$M_{LO}(t) = \varphi_{23} M_{UP}(t-1) + \varphi_{33} M_{LO}(t-1) \quad (۱۳)$$

که در آن‌ها:

$M_{AT}(t)$: جرم کربن در مخزن[1] اتمسفر (AT) در دوره t

$ET(t-1)$: میزان نشر CO_2 جهانی از جمله CO_2 ایجاد شده ناشی از تغییر کاربری زمین

φ_{ij}: نرخ انتقال از مخزن i به مخزن j در واحد زمان است.

اندیس‌ها به صورت زیر تعریف می‌شوند:

AT: مخزن اتمسفر، UP: مخزن کم عمق اقیانوس‌ها، LO: مخزن عمیق اقیانوس‌ها.

[1] Reservoir

معادله بعدی مبین این است که میزان غلظت CO_2 و سایر گازهای گلخانه‌ای چه تاثیری بر میزان بازتابش دارند. این معادله نیروی تابشی را، به عنوان تابعی از غلظت CO_2 در اتمسفر بیان می‌کند و آن را با نیروی تابشی[1] حاصل از سایر گازهای گلخانه‌ای که بصورت عبارتی برون‌زا است، جمع می‌کند:

$$F(t) = \eta\{\log_2[\frac{M_{AT}(t)}{M_{AT}^{PI}}]/\log(2)\} + O(t) \quad (۱۴)$$

که در آن:

$M_{AT}(t)$: میزان غلظت CO_2 در اتمسفر (در سطح جهانی) در دوره t،

$F(t)$: نیروی تابشی حرارتی ناشی از نشر گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر (در سطح جهانی) در دوره t،

$O(t)$: نیروی تابشی حاصل از غلظت سایر گازهای گلخانه‌ای (بجز CO_2) در اتمسفر (در سطح جهانی) در دوره t است.

در آخرین دسته از معادلات آب و هوایی تغییر متوسط دما تحت تاثیر نیروی تابشی و اختلاف دمای موجود در سیستم، بین لایه‌های حرارتی اقیانوس‌ها و اتمسفر قرار می‌گیرد. این دسته از معادلات نیز به تبعیت از نوردهاوس و بویر (۲۰۰۰) در مدل وارد می‌شوند:

$$T(t) = T(t-1) + \sigma_1\{F(t) - \lambda T(t-1) - \sigma_2[T(t-1) - T_{LO}(t-1)]\} \quad (۱۵)$$

$$T_{LO}(t) = T_{LO}(t-1) + \sigma_3\{T(t-1) - T_{LO}(t-1) \quad (۱۶)$$

که در آن‌ها:

σ_1: ظرفیت گرمایی قشر فوقانی[2]، λ: یک پارامتر بازخورد[3] است. σ_2 ظرفیت گرمایی اقیانوس عمیق (عمق اقیانوس)، σ_3: نرخ انتقال[4] از لایه‌های بالایی به لایه‌های پایینی، $F(t)$: نیروی تابشی حرارتی ناشی از نشر گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر (در سطح جهانی) در دوره t، $T(t)$: میانگین دمای اتمسفر (در سطح جهانی) در دوره t، $T_{LO}(t)$:

[1] Radiative Forcing
[2] The thermal Capacity Of The Upper Stratum
[3] A Feedback Parameter
[4] Transfer Rate

میانگین دمای سطح و دمای اقیانوس‌های عمیق (در سطح جهانی) از سطوح ماقبل صنعتی[1] در دوره t.

۳-۲-۵- قیدهای خسارت محیط زیست

تغییر دما ناشی از نشر گازهای گلخانه‌ای، از معادلات آب و هوایی حاصل می‌شود. تغییرات دما بر بخش اقتصادی مدل اثر می‌گذارد. معادله‌ای که این پیوند را به وجود می‌آورد، تابع خسارت (اثر)[2] نامیده می‌شود. خسارت ناشی از نشر گازهای گلخانه‌ای که سبب گرم شدن کره زمین و پیامدهای آن تأثیر سوء بر منطقه منا می گردد. تابع خسارت به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$D_J(t) = \theta_{1,J}T(t) + \theta_{2,J}[T(t)]^2 \quad (۱۷)$$

که در آن:

$D_J(t)$: آسیب ناشی از تغییرات آب و هوا (افزایش دما) در منطقه J در دوره t و T افزایش دما برحسب درجه سانتیگراد

سرانجام، تابع خسارت را می‌توان در تابع تولید در معادله (۳) با استفاده از ضریب $\Omega_J(t)$ وارد کرد که به شرح زیر است:

$$\Omega_J(t) = \left(\frac{1}{[1+D_J(t)]}\right) \quad (۱۸)$$

$\Omega_J(t)$: میزان خسارت اقتصادی ناشی از افزایش درجه حرارت در دوره t،

علی‌رغم اینکه اغلب مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به دلیل ساختار اکولوژیکی خاص خود، بیش از سایر اقلیم‌ها نسبت به تغییرات محیطی حساس بوده و آسیب‌پذیری بیشتری دارند، تحقیقات و پژوهش‌های علمی مربوط به اثرات تغییر اقلیم در این مناطق بسیار محدود می‌باشد. منطقه منا نیز یکی از آسیب‌پذیرترین منا[illegible] در اثر تغییرات آب و هوا است. هشدارهای بانک جهانی (۲۰۱۹) و هیأت[illegible] دولتی تغییر اقلیم (۲۰۲۱) مبنی بر این است که منطقه منا تا نیم قرن دیگر[illegible] شدت متاثر از پدیده‌ی تغییر اقلیم و افزایش دمای هوا خواهد شد.

[1] Pre Industrial Levels
[2] Damage (or mpact) Equation

منطقه منا به ترتیب حدود ۶ درصد از جمعیت، ۷۰ درصد از منابع نفت جهان را به خود اختصاص داده و ۸۴ درصد از کل نشر CO_2 این منطقه مربوط به بخش نفت است (اردوگو[1] و کریستین، ۲۰۱۹).

در جدیدترین گزارش بانک جهانی[2] (۲۰۱۹)، این منطقه ۲۱ اقتصاد را شامل می‌شود که عبارتند از : الجزایر، بحرین، جیبوتی، مصر، عراق، ایران، اسرائیل، اردن، کویت، لبنان، لیبی، مالت، مراکش، عمان، قطر، عربستان سعودی، سوریه، تونس، فلسطین، امارات متحده عربی و یمن. لازم به ذکر است یمن و سوریه به دلیل نداشتن داده‌های کافی و سهم اندک آنها در منطقه منا از تحلیل‌ها حذف شده‌اند. بنابراین در پژوهش حاضر ۱۹ کشور عضو منطقه منا در نظر گرفته خواهد شد.

در این پژوهش سعی بر آن است که با توجه به افزایش دما تا پایان قرن (اگر هیچ سیاستی برای کاهش دما در نظر گرفته نشود)، روند متغیرهای مهم اقتصادی (تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای، مصرف سرانه، انباشت سرمایه، اشتغال و خسارت محیط-زیستی) کشورهای منا که طبق آخرین دسته‌بندی درآمدی بانک جهانی (۲۰۱۹) گروه‌بندی شده‌اند، ارزیابی شود.

۴-روش پژوهش و ارزیابی نتایج

روش پژوهش این مطالعه بر اساس بهینه‌یابی مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر است که با بکارگیری تابع هدف غیرخطی به درون‌یابی نتایج می‌پردازد. در پژوهش حاضر به منظور بررسی دورنمای اقتصادی کشورهای منا تا افق ۲۱۰۵، از مدل RICE استفاده شده است. در این چارچوب با در نظر گرفتن سال پایه و به کارگیری مقادیر پارامترهای اقتصادی و اقلیمی (دما) متناظر با سال پایه، مسیر بلندمدتی برای پارامترهای مهم اقتصادی (تولید ناخالص داخلی، مصرف، انباشت سرمایه، اشتغال و خسارت محیط-زیستی) به تفکیک گروه‌های درآمدی کشورهای عضو منطقه‌ی MENA پیش‌بینی خواهد شد.

در این پژوهش کشورهای عضو منطقه منا بر اساس آخرین تقسیم‌بندی درآمدی بانک‌جهانی به سه گروه درآمدی تقسیم شده است (بانک جهانی، ۲۰۱۹). در این

[1] Erdoğdu & Christiansen
[2] World Bank

تقسیم‌بندی بحرین، کویت، عمان، قطر، عربستان‌سعودی، امارات متحده عربی، اسرائیل، مالت در گروه با درآمد بالا[1]، الجزایر، ایران، عراق، اردن، لبنان، لیبی در گروه با درآمد بالاتر از متوسط[2]، جیبوتی، مصر، مراکش، تونس، فلسطین در گروه با درآمد پایین‌تر از متوسط[3] تقسیم‌بندی شده‌اند. لازم به ذکر است یمن و سوریه در گروه با درآمد پایین تقسیم‌بندی اما به دلیل نداشتن داده‌های کافی و سهم اندک آنها در منطقه منا از تحلیل‌ها حذف شده‌اند.

۴-۱- متغیرها و نحوه جمع‌آوری داده‌های مرتبط

در این پژوهش به منظور محاسبه اغلب پارامترهای اقتصادی از پایگاه داده‌ی بانک جهانی (۲۰۱۹) و برای محاسبه اغلب پارامترهای آب و هوایی از پایگاه داده آژانس بین-المللی انرژی (IEA)[4]، استفاده شده است. پارامترهای اقتصادی و آب و هوایی پایه بر مبنای سال مبدأ ۲۰۱۵ کالیبره شده‌اند. در ادامه متغیرها و نحوه‌ی جمع‌آوری داده‌های مرتبط به تفصیل توضیح داده شد.

۴-۱-۱- کالیبراسیون

در این پژوهش با توجه به اینکه از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی برای حداکثرسازی تابع رفاه اجتماعی نسبت به محدودیت‌های اقتصادی و آب و هوایی 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 صورتی‌که 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.

---

[1] High Income
[2] Upper Middle Income
[3] Lower Middle Income
[4] International Energy Agency

در پژوهش حاضر برای محاسبه اغلب پارامترهای اقتصادی از روش ناپارامتریک رویکرد محاسبات عددی با توجه به داده‌های بانک جهانی استفاده شده است.

در پژوهش حاضر برای اجرای مدل RICE به داده‌های یک مقطع زمانی از برخی پارامترهای اقتصادی و آب و هوایی برای سال مبدأ ۲۰۱۵ نیاز داریم. 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 مقالات به دلیل آخرین گردهمایی کشورها در سال ۲۰۱۵ (پیمان پاریس) به منظور جلوگیری از افزایش دما سال ۲۰۱۵ مبنا قرار گرفته است. دلیل سوم: معمولا در اکثر مقالات حوزه اقتصاد زیست‌محیطی سال ۲۰۱۵ مبنا قرار گرفته است برای مثال: اریکسون[1] (۲۰۲۰) در مقاله‌ای با عنوان جنگل‌کاری و جلوگیری از جنگل‌زدایی در یک مدل ارزیابی یکپارچه منطقه‌ای، سال ۲۰۱۵ را به عنوان سال پایه در نظر گرفته است. مدل به ۱۰ دوره زمانی گسسته تقسیم گردیده است که ترتیب آن در جدول (۱) مشخص است.

جدول (۱): ارقام متناظر با دوره‌ها در مدل RICE

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

همانند همه مدل‌های رشد، در مدل حاضر نیز برخی از پارامترها برون‌زا هستند. یعنی پویایی یا مسیر حرکت آن‌ها در طول زمان، خارج از ساز و کار اصلی مدل تعیین می‌شود. مهم‌ترین پارامترهای برون‌زا در الگوی پژوهش حاضر عبارتند از:

- $L_J(0)$: سطح جمعیت در منطقه J (به تفکیک گروه درآمدی) و در دوره اول (نیروی کار نسبتی از جمعیت محسوب می‌گردد)،
- $R(0)$: عامل ترجیح زمانی اجتماعی،
- $\rho(0)$: نرخ ترجیح زمانی اجتماعی در دوره اول،
- $A_J(0)$ یا $TFP(0)$: سطح بهره‌وری کل عوامل تولید در منطقه J (به تفکیک گروه درآمدی) و در آغاز دوره،
- $K_J(0)$: انباشت سرمایه در منطقه J و در آغاز دوره اول،

[1] Eriksson

- γ: کشش محصول نسبت به سرمایه (سهم نهاده سرمایه در رشد تولید)،
- β_J: کشش محصول نسبت به مصرف انرژی،
- $M_{AT}(0)$: غلظت کربن در مخزن[1] اتمسفر (AT) در دوره اول،
- $M_{UP}(0)$: غلظت کربن در مخزن کم عمق اقیانوس‌ها (از سطح اقیانوس تا عمق ۱۰۰ متر) در دوره اول،
- $M_{LO}(0)$: غلظت کربن در مخزن عمیق اقیانوس‌ها در دوره اول،
- $T(0)$: میانگین دمای اتمسفر (در سطح جهانی) در دوره اول،
- $T_{LO}(0)$: میانگین دمای سطح و دمای اقیانوس‌های عمیق (در سطح جهانی) از سطوح ماقبل صنعتی[2] در آغاز دوره،
- $\theta_{1,J}$ و $\theta_{2,J}$: پارامترهای تابع خسارت مرتبه اول و دوم ناشی از افزایش دما

فهرست پارامترها و متغیرهای برون‌زا، متغیرهای درون‌زا و مقادیر متناظر با آن‌ها در سال ۲۰۱۵ بترتیب در جداول (۲) و (۳) و (۴) نمایان است. تفصیل کالیبراسیون در پیوست مقاله قید شده است.

جدول (۲): متغیرهای برون‌زا به تفکیک گروه‌های درآمدی

نماد متغیر	مقدار متغیر در سال پایه (۲۰۱۵) در سناریوی پایه			
	گروه با درآمد بالا	گروه با درآمد بالاتر از متوسط	گروه با درآمد پایین‌تر از متوسط	واحد اندازه‌گیری
K(0)	۳/۹۴	۲/۷۲	۰/۸۹	میلیارد دلار به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰
L(0)	۶۱/۸۴۶	۱۷۶	۱۴۳/۴۷	میلیون نفر
Lgr (0)	۵۳/۶۲	۲۶/۷۹	۱۸/۳۳	بر حسب درصد در هر دهه
Lgrgr(0)	۵۸/۱۸	۶۱/۳	-۲/۳۹	بر حسب درصد در هر دهه

[1] Reservoir
[2] Pre Industrial Levels

Tfp(0)	۰/۹	۰/۷	۰/۱	مقدار خالص
Tfpgr(0)	۳/۹	۳/۶۱	۱۱/۵۲	بر حسب درصد در هر دهه
Tfpgrgr(0)	۱/۴۰	۳/۲۷	۴/۱۳	بر حسب درصد در هر دهه

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۳): پارامترهای برون‌زا برای منطقه منا

نام پارامتر	نماد پارامتر	منبع داده (۲۰۱۹)	مقدار پارامتر در سال پایه	واحد اندازه‌گیری
نرخ ترجیح زمانی اجتماعی اولیه[1]	SRTP0 یا $\rho(t)$	محاسبه توسط محققین با استفاده از داده های بانک جهانی	۴/۷۳	درصد سالیانه
نرخ کاهش در SRTP[2]	SRTPGR	محاسبه توسط محققین با استفاده از داده های بانک جهانی	۰/۱۲	درصد سالیانه
کشش ستاده نسبت به سرمایه[3]	γ	محاسبه توسط محققین با استفاده از داده های بانک جهانی	۰/۱۷۹	مقدار خالص
نرخ استهلاک سرمایه[4]	δ_K	مطالعه‌ی نوردهاس و بویر (۲۰۰۰)	۰/۱۰	درصد
نقطه‌ی کاهش بازدهی در استخراج کربن[5]	CARBMAX	مطالعه‌ی نوردهاس و بویر (۲۰۰۰)	۶۰۰۰	GTC

1 Initial Social Rate Of Time Preference
2 Rate Of Decline Of Srtp
3 Elasticity Of Output With Respect To Capital
4 Rate Of Depreciation Of Capital
5 Point Of Diminishing Returns In Carbon Extraction

غلظت اولیه کربن در اتمسفر[۱]	$M0$	محاسبه توسط محققین با استفاده از مطالعه‌ی نوردهاس و بویر (۲۰۰۰)	۸۵۴/۳۶	GTC
غلظت اولیه کربن در مخزن کم عمق اقیانوس‌ها[۲]	$M_{UP}(0)$	محاسبه توسط محققین با استفاده از φ_{ij} (نرخ انتقال از مخزن i به مخزن j) در مطالعه‌ی نوردهاس و بویر[۳]	۸۴۱/۱۴	GTC
غلظت اولیه کربن در مخزن عمیق اقیانوس‌ها[۴]	$M_{LO}(0)$	محاسبه توسط محققین با استفاده از φ_{ij} (نرخ انتقال از مخزن i به مخزن j) در مطالعه‌ی نوردهاس و بویر	۱۹۲۴۹/۶۶	GTC
دمای اولیه اتمسفر[۵]	$T(0)$	با استفاده از اطلاعات IPCC درباره‌ی دما	۰/۸۷	سانتیگراد
دمای اولیه اقیانوس‌های عمیق [۶]	$T_{LO}(0)$	استفاده از مقدار اشاره شده در مطالعه‌ی نوردهاس و بویر (۲۰۰۰)[۷]	۰/۰۶	سانتیگراد

[1] Initial Atmospheric Concentration Of CO_2

[2] Initial Concentration Of CO_2 In Upper Box

[۳] در چرخه انتقال کربن سه مخزنی مقدار φ_{ij} (نرخ انتقال از مخزن i به مخزن j) با توجه به مقادیر نوردهاس و بویر (۲۰۰۰) جایگذاری شده است زیرا پدیده‌ی انتشار کربن در سطح جهان اتفاق می‌افتد و مختص منطقه منا نیست و ناگزیر از داده‌های جهانی استفاده شد.

[4] Initial Concentration Of CO_2 In Deep Oceans

[5] Initial Atmospheric Temperature

[6] Initial Temperature Of Deep Oceans

[۷] در مطالعه نوردهاس و بویر (۲۰۰۰) اشاره شده مخلوط شدن کربن بین مخزن اقیانوس کم عمق و اقیانوس‌های عمیق بسیارکند است در نتیجه مقدار انباشت کربن در اقیانوس‌های عمیق به تدریج و تقریبا هر ۱۰۰ سال یکبار تغییر می‌کند. بر طبق مبانی نظری مدل افزایش دما بر اساس انباشت و انتشار کربن رخ می‌دهد بنابراین منطقی

تجمع انتشارکربن [1]	CUMCARB(0)	محاسبه توسط محقق با استفاده از داده های آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)	۲۲/۶	GTC
انتشار کربن صنعتی[2]	CA(0)	محاسبه توسط محققین با استفاده از داده های آژانس بین‌المللی انرژی	۰/۳۴	GTC

منبع: یافته‌های تحقیق

در مقابل یک‌سری از متغیرهای مدل از نوع درون‌زا هستند، یعنی پویایی یا مسیر حرکت آن‌ها بر اساس روابط مدل تعیین می‌شوند. در واقع هدف از اجرای مدل یافتن مسیر حرکت این متغیرها می‌باشد. مقدار این متغیرها در دو مقیاس منطقه‌ای (MENA) و به تفکیک گروه‌های درآمدی به دست می‌آیند.

جدول (۴): متغیرهای درون‌زا

نام متغیر	نماد متغیر	گروه با درآمد بالاتر از متوسط	گروه با درآمد پایین‌تر از متوسط	کل منطقه‌ی منا
Q(t) میلیارد دلار به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰	۸۰۱/۰۷۶۳	۱۱۵۳/۵۴۵۶۱	۱۴۹/۰۶۳۵۲۸	۲۱۰۳/۶۸۵۵
c(t) میلیارد دلار به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰	۷۰۲/۲۸۵۰	۹۹۱/۴۳۲۳۷۲	۱۲۵/۵۹۱۱۹۰۹	۱۸۱۹/۳۰۸۶

است که مقدار دمای اقیانوس عمیق تا یک قرن بعد هیچ تغییری نکند و لذا از داده محاسبه شده در مطالعه نوردهاس و بویر (۲۰۰۰) استفاده شده است.

[1] Cumulative Carbon Emissions
[2] Industrial Carbon Emissions

K(t) میلیارد دلار به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰	۱۲۲۶/۴۴۵	۱۷۷۳/۳۷۷۱۱	۲۲۳/۶۴۹۷۳۹۷	۳۲۲۳/۵۱۷
L(t) میلیون نفر	۶۴۴/۵۰۲۱	۱۳۷۸/۹۶۲۷۸	۹۰۳/۸۷۱۴۸۶۴	۲۹۲۷/۳۳۶
DAMCOEFF(t) درصد	۰/۹۷۳۷۰۹۴۸۷	۰/۹۵۹۵۹۴۶۶۹	۰/۹۴۳۷۰۴۰۶۳	۰/۹۵۹۰۰۲۷۴

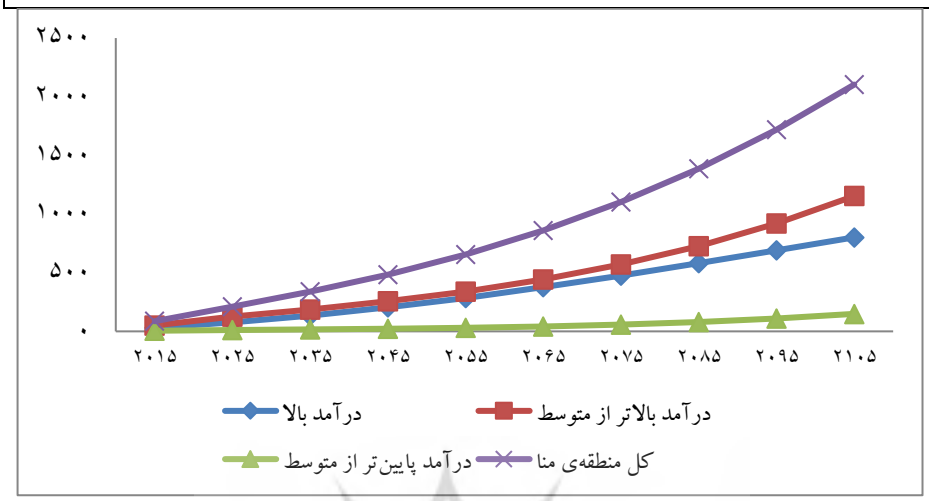
منبع: یافته‌های تحقیق

۵-یافته‌های تحقیق

در این پژوهش، وضعیت متغیرهای اقتصادی که شامل تولید ناخالص داخلی، مصرف، انباشت سرمایه، اشتغال نیروی‌کار و خسارت محیط زیست است در هر سه گروه درآمدی در صورتی که هیچ‌گونه مداخله‌ای برای کنترل نشر CO_2 و به دنبال آن جلوگیری از افزایش دما انجام نشود تا سال ۲۱۰۵ ارزیابی شده است. در این حالت قیمت کربن به عنوان ابزار کنترل نشر CO_2، برای تمام گروه‌های درآمدی، صفر در نظر گرفته می‌شود زیرا در وضعیت عدم مداخله فرض می‌شود هیچ‌گونه مداخله‌ای در جهت کنترل نشر کربن‌دی‌اکسید و به دنبال آن جلوگیری از افزایش دما وجود ندارد. برای اجرای این شرایط، قیمت کربن در منطقه منا صفر در نظر گرفته می‌شود. در نمودارهای ۱تا ۹، خط قرمز رنگ: گروه درآمدی High-Income. خط سبز رنگ: گروه درآمدی Upper-middle-income. خط بنفش رنگ: گروه درآمدی Lower-middle-income. خط آبی رنگ: کل منطقه منا.

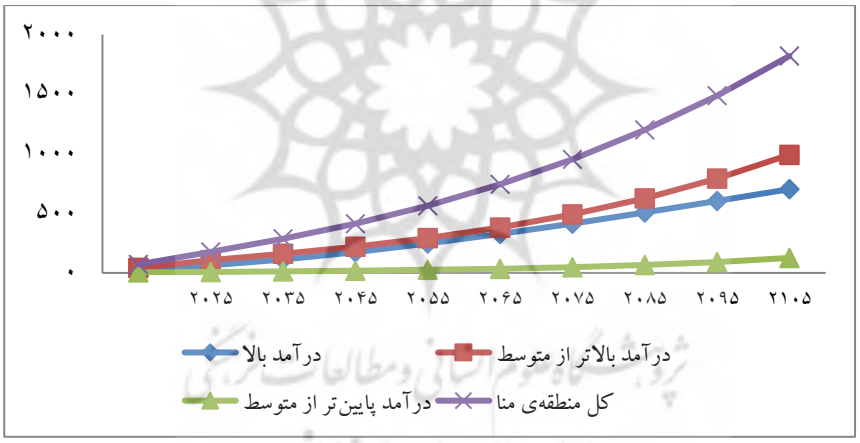
۵-۱- روند متغیرهای اقتصادی بر مبنای سناریوی پایه[1] به تفکیک گروه‌های درآمدی بر حسب (میلیارد دلار به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰)

[1] No Policy



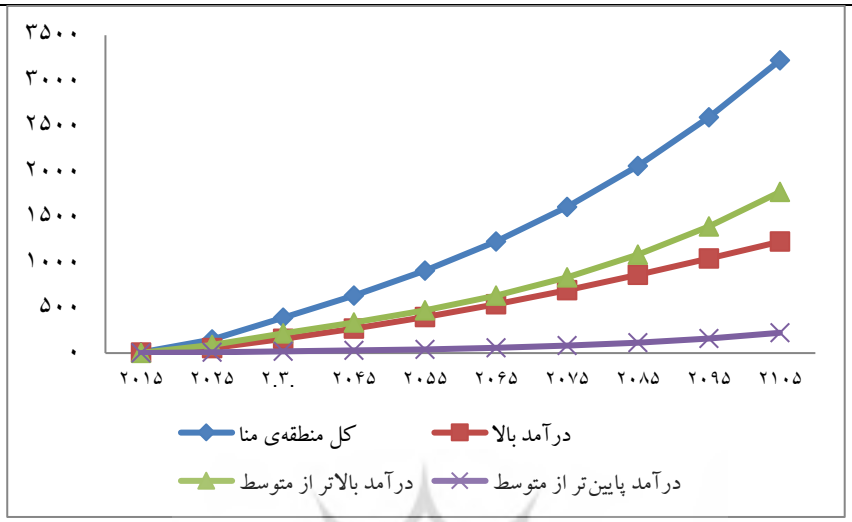
شکل (۴): تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای (RGDP)

منبع: یافته‌های تحقیق



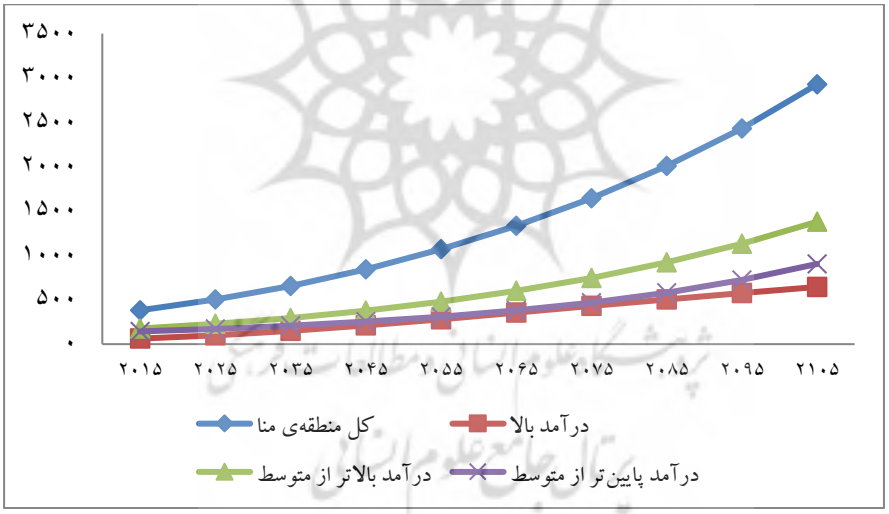
شکل (۵): مصرف

منبع: یافته‌های تحقیق



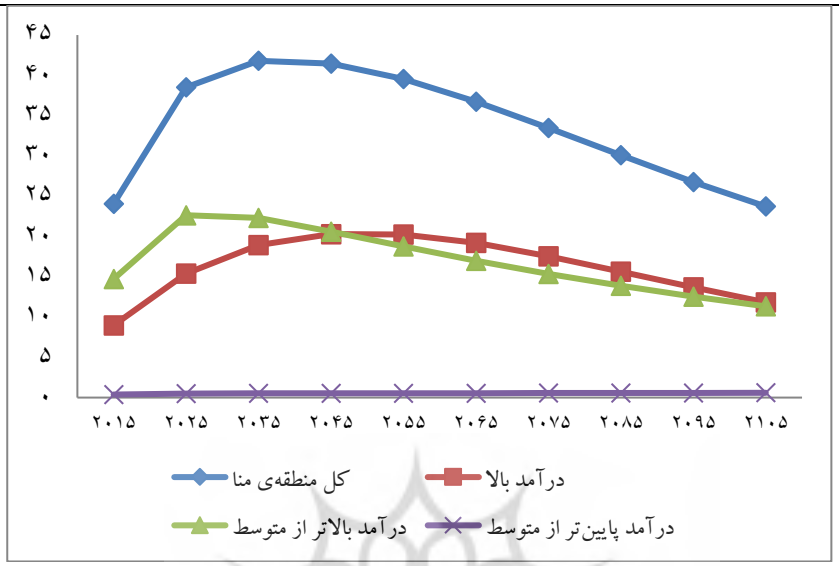
شکل (۶): انباشت سرمایه

منبع: یافته‌های تحقیق



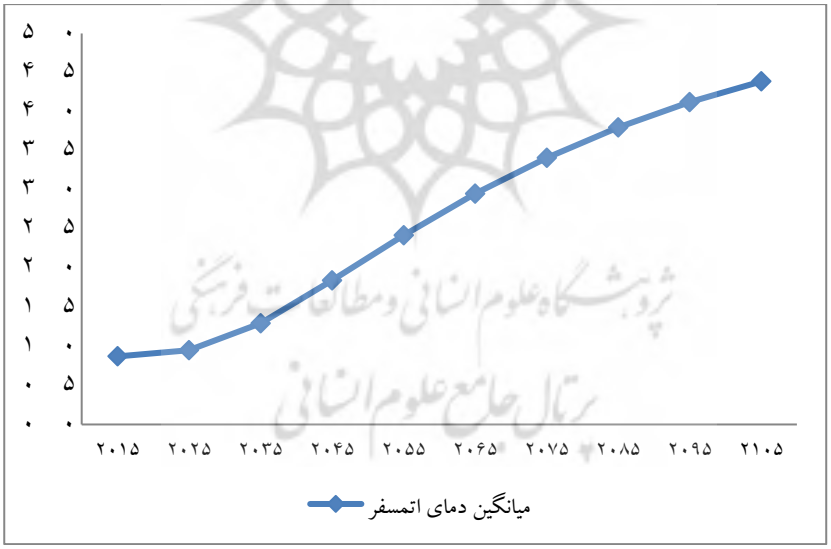
شکل (۷): نیروی کار(میلیون نفر)

منبع: یافته‌های تحقیق



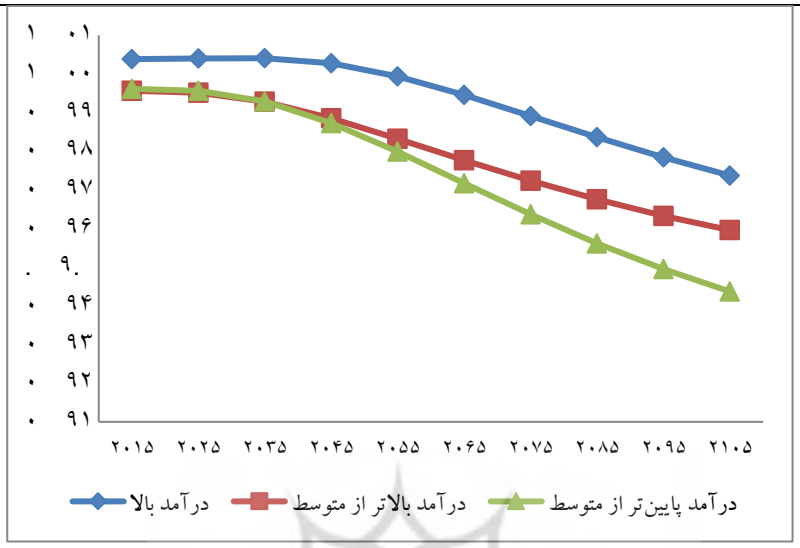
شکل (۸): انتشارات کربن صنعتی (GTC)

منبع: یافته‌های تحقیق



شکل (۹): افزایش میانگین دمای اتمسفر (سانتیگراد)

منبع: یافته‌های تحقیق



شکل (۱۰): ضریب خسارت محیط‌زیستی (درصد)

منبع: یافته‌های تحقیق

برای ترسیم روند تولید ناخالص داخلی به تفکیک گروه‌های درآمدی در منطقه منا، افق زمانی ۲۱۰۵ سال در نظر گرفته شده است زیرا ماهیت مدل RICE به گونه‌ای است که برای پیش بینی در بازه بلندمدت تدوین شده است. شایان ذکر است مدل‌های یکپارچه اقتصاد-محیط‌زیست بدلیل تمرکز بر متغیر سرمایه‌گذاری و گسترش توان تولید ناخالص داخلی، نگرش میان مدت و بلندمدت دارد. در مدل پژوهش سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی به منظور بهبود تغییرات اقلیمی یکی از متغیرهای کلیدی محسوب می‌گردد.

همانطور که در شکل (۴) نشان داده شده است با گذشت زمان، افزایش تولید ناخالص منطقه‌ای در گروه با درآمد بالاتر از متوسط نسبت به گروه درآمدی پایین‌تر از متوسط و گروه با درآمد بالا، بیشتر خواهد بود که با توجه به وجود ظرفیت‌های بلااستفاده و بهره‌برداری زیر ظرفیت که در این گروه درآمدی وجود دارد، این مسئله منطقی است. همچنین روند تولید ناخالص منطقه‌ای برای کل منطقه منا در بلندمدت فزاینده است. محاسبه نرخ رشد اقتصادی (درصد تغییرات GDP منطقه‌ای به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰) به تفکیک گروه‌های درآمدی طی دوره ۲۰۱۵ تا ۲۱۰۵ نشان داد، این نرخ به ترتیب در گروه درآمدی متوسط بالا، بیشترین و سپس در گروه درآمدی بالا و گروه درآمدی

متوسط پایین کمترین نرخ را به خود اختصاص داده است که دقیقا منطبق بر روند تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای گروه کشورهای مورد مطالعه طی دوره ۲۰۱۵ تا ۲۱۰۵ در شکل شماره (۴) است. با گذشت زمان، در بلندمدت مصرف به ترتیب در گروه با درآمد بالاتر از متوسط، سپس در گروه با درآمد پایین‌تر از متوسط و گروه با درآمد بالا، افزایش خواهد یافت. دو شکل (۴) و (۵) نشان می‌دهد روند تولید ناخالص داخلی و مصرف به تفکیک گروه‌های درآمدی 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. با توجه به اینکه در پژوهش حاضر، در بلندمدت روند مصرف و تولیدناخالص داخلی منطقه‌ای مشابه خواهد شد، لذا نتایج مدل پژوهش که بر مبنای مدل رمزی پایه‌گذاری شده است، با وضعیت تعادل در مدل رمزی سازگار است[۱].

همانطور که در شکل (۶) نشان داده شده است، در بلندمدت انباشت سرمایه به ترتیب در گروه با درآمد بالاتر از متوسط، سپس در گروه با درآمد پایین‌تر از متوسط و در آخر در گروه با درآمد بالا، افزایش خواهد یافت. تا سال ۲۱۰۵ روند انباشت سرمایه در هر سه گروه درآمدی و برای کل منطقه منا افزایش خواهد یافت. می‌توان دلیل این امر را

---

[۱] این نتیجه‌گیری بر اساس فروض مدل رمزی بوده که بر اساس آن مدل حل می‌شود. باتوجه به این که افق زمانی در مدل رمزی بی‌نهایت است لذا در افق بی‌نهایت مصرف به مقدار درآمد نزدیک می‌شود و در این حالت به نسل‌ها اجازه داده می‌شود که در طول زمان مصرف خود را افزایش دهند. فیشر و بلانچارد (۲۰۰۷) نشان داده‌اند که در وضعیت تعادلی منحنی به دست آمده مکان هندسی نقاطی است که بر روی آن نرخ تغییر سرمایه صفر خواهد شد. یک اقتصاد در طول مسیر بلندمدت که از یک وضعیت عدم تعادل به وضعیت تعادلی میل می‌کند، سرمایه انباشت می‌شود و با افزایش سرمایه در اقتصاد نرخ بازده آن به سمت صفر می‌رود (قانون بازده نزولی). همچنین در شرایط تعادل یکنواخت $\frac{dC}{dt}$ برابر با صفر خواهد بود و در نتیجه از رابطه قاعده طلایی تعدیل شده به دست می‌آید:

$$F'(K^*) = \rho + n$$

در نتیجه در وضعیت یکنواخت تولید نهایی سرمایه معادل جمع نرخ رجحان زمانی و نرخ رشد جمعیت است.

در سرمایه‌بر بودن تولید یا استفاده از سرمایه‌ی بیشتر نسبت به نیروی‌کار برای تولید دانست که به ترتیب ابتدا درگروه با درآمد بالا از سرمایه‌ی بیشتری در تولید استفاده شده، سپس در گروه درآمدی پایین‌تر از متوسط و درآخر در گروه درآمدی بالاتر از متوسط. محاسبات در خصوص سهم سرمایه در تولید به تفکیک گروه‌های درآمدی نیز تاییدکننده‌ی بیشترین سهم بترتیب برای گروه با درآمد بالا به میزان ۰/۵۴، سپس در گروه درآمدی پایین‌تر از متوسط به میزان ۰.۵ و در نهایت در گروه درآمدی بالاتر از متوسط به میزان ۰.۳ است. شایان ذکر است در بلندمدت هرچه انباشت سرمایه بیشتر می‌شود نرخ بازده کاهش یافته و به سمت صفر می‌رود.

در بلندمدت (افق زمانی ۲۱۰۵) میزان اشتغال به ترتیب در گروه درآمدی پایین‌تر از متوسط سپس در گروه درآمدی بالاتر از متوسط و در آخر در گروه با درآمد بالا افزایش خواهد داشت که این موضوع نیز به دلیل نرخ رشد جمعیت بالاتر در گروه درآمدی پایین‌تر از متوسط خواهد بود. همانگونه که قبلا تحلیل شد در مدل پژوهش حاضر نرخ رشد جمعیت به منزله نرخ رشد نیروی‌کار است (شکل ۷).

شکل (۸) نشان می‌دهد نشر کربن ناشی از فعالیت های صنعتی[1] تا پایان ۲۱۰۵، به ترتیب ابتدا در گروه درآمدی پایین‌تر از متوسط، سپس در گروه درآمدی بالاتر از متوسط و در نهایت در گروه با درآمد بالا کاهش خواهد یافت. با توجه به اینکه در مدل RICE، کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه نشر CO_2 که به ایجاد پدیده‌ی گرمایش جهانی منجر می‌شود، مشابه سرمایه‌گذاری در مدل رمزی است بنابراین با کاهش مصرف در روند زمان، تولید گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد. بنابراین با دقت در شکل (۸) می‌توان دریافت سرمایه‌گذاری آب و هوایی در گروه با درآمد پایین‌تر بیشتر از گروه‌های با درآمد بالاتر خواهد بود زیرا گروه‌های با درآمد پایین‌تر به دلیل بهره‌برداری زیر ظرفیت[2] در مرحله بازده فزاینده نسبت به مقیاس قرار دارند و بدین خاطر سرمایه‌گذاری آب و هوایی سهم بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد در حالی که گروه‌های با درآمد بالاتر به مرحله بازده ثابت به مقیاس (مقیاس بهینه) نزدیک‌تر هستند و سهم سرمایه‌گذاری آب و هوایی به نسبت کمتر خواهد بود.

---

[1] Industrial Carbn Emissions (GTC per year)
[2] Under capacity utilization

در بلندمدت (تا سال ۲۱۰۵) چنانچه هیچ سیاستی در جهت جلوگیری از افزایش دما اعمال نشود، میانگین دمای اتمسفر[1] جهانی به ۴.۴۹ درجه سانتیگراد خواهد رسید که این افزایش دما با اهداف توافقنامه‌های بین‌المللی اخیر مبنی بر افزایش دما تا ۲ درجه سانتیگراد تا سال ۲۱۰۵ اختلاف چشم‌گیری دارد (شکل ۹).

با دقت در شکل (۱۰) می‌توان دریافت میزان خسارت محیطزیستی در گروه درآمدی بالا بیشتر از بقیه است. این نتیجه با شکل (۴) تطابق دارد زیرا در بلندمدت به دلیل بالاتر بودن مقدار خسارت محیطزیستی، GDP در گروه درآمدی بالا نسبت به بقیه گروه‌های درآمدی روند پایین‌تری را نشان می‌دهد. دلیل کاهنده بودن تابع خسارت در این است که در بلندمدت کاهش در نشر آلاینده‌ها به دلیل کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی است.

در جدول (۵) میانگین دمای اتمسفر در دوره‌های ۱۰ ساله در صورتی که هیچ سیاستی برای جلوگیری از گرمایش جهانی (افزایش دما) اعمال نشود نشان داده شده است.

جدول (۵): میانگین دمای اتمسفر $T(t)$ تا سال ۲۱۰۵ ($^{\circ}C$)

دوره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
سال	۲۰۱۵	۲۰۲۵	۲۰۳۵	۲۰۴۵	۲۰۵۵	۲۰۶۵	۲۰۷۵	۲۰۸۵	۲۰۹۵	۲۱۰۵
مقدار	۰/۸۷	۰/۹۵	۱/۲۹	۱/۸۴	۲/۴۲	۲/۹۵	۳/۴۱	۳/۸	۴/۱۲	۴/۳۸

منبع: یافته‌های تحقیق

۶-نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی

در این پژوهش دورنمای اقتصادی کشورهای منا تا افق ۲۱۰۵ بررسی شد. برای این منظور از مدل یکپارچه منطقه‌ای از آب و هوا و اقتصاد (RICE) استفاده شد.

نتایج پژوهش حاکی از آن است که روند تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای و مصرف در بلندمدت مشابه هم بوده و با گذشت زمان شرایط تعادلی مدل پژوهش (RICE) با مدل رمزی سازگار است به گونه‌ای که تغییرات سرمایه یا سرمایه‌گذاری خالص در بلندمدت صفر شده و مقادیر تولیدناخالص داخلی منطقه‌ای و مصرف با هم برابر خواهد شد.

[1] Mean Atmospheric Temperature

تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای تا سال ۲۱۰۵ به ترتیب در گروه درآمد متوسط بالا، سپس در گروه با درآمد بالا و بعد در گروه درآمد متوسط پایین افزایش خواهد یافت. مصرف این گروه کشورها تا سال ۲۱۰۵ به تفکیک گروه‌های درآمدی، از روندی مشابه با روند تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای برخوردار است.

انباشت سرمایه تا سال ۲۱۰۵، به ترتیب در گروه درآمدی بالاتر از متوسط، سپس در گروه با درآمد بالا و بعد در گروه درآمدی پایین‌تر از متوسط افزایش خواهد یافت که به نظر می‌رسد می‌توان دلیل این امر را استفاده از سرمایه‌ی بیشتر نسبت به نیروی‌کار برای تولید به ترتیب ابتدا درگروه درآمدی پایین‌تر از متوسط، سپس در گروه با درآمد بالا و درآخر در گروه درآمدی بالاتر از متوسط جست‌وجو کرد.

سرمایه‌گذاری آب و هوایی (کاهش نشر کربن صنعتی) تا پایان قرن ۲۱، به ترتیب ابتدا در گروه درآمدی پایین‌تر از متوسط، سپس در گروه درآمدی بالاتر از متوسط و در نهایت در گروه با درآمد بالا کاهش خواهد یافت.

در یک جمع‌بندی کلی پژوهش حاضر نسبت به پژوهش‌های قبلی تفاوت‌هایی داشته که به نوعی مزیت به حساب می‌آید. تفاوت اول این است که در پژوهش نوردهاس و بویر دما با توجه به پیش‌بینی این مطالعه مقدار دمای سال مبدأ (۲۰۱۵) ۰/۶ برآورده شده است در حالی‌که در اغلب برآوردها بالاخص IPCC دما در سال پایه (۲۰۱۵) بالاتر از ۰/۶ و در محدوده ۰/۸ تا ۱ درجه سانتی‌گراد است. در پژوهش حاضر دمای سال مبدأ (۲۰۱۵) ۰/۸۷ در نظر گرفته شده است. در مطالعه‌ی نوردهاس و بویر (۲۰۰۰) نتایج پژوهش حاکی از آن است که چنانچه هیچ سیاستی در جهت کاهش دمای جهانی تا سال ۲۱۰۵ صورت نگیرد، دمای جهانی تا ۲/۵۳ درجه سانتیگراد افزایش خواهد یافت. این در حالی است که در پژوهش حاضر چنانچه هیچ سیاستی در جهت جلوگیری از افزایش دما اعمال نشود، میانگین دمای اتمسفر جهانی به ۴/۴۹ درجه سانتیگراد در بلندمدت (تا سال ۲۱۰۵) خواهد رسید؛ نتیجه پژوهش حاضر مطابق با گزارش پنجم IPCC (۲۰۱۴) است که در آن پیش‌بینی شده اگر هیچ اقدامی در جهت کنترل انتشار دی‌اکسیدکربن انجام نشود، تا پایان قرن دمای جهان تا ۴/۴ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت.

تفاوت بعدی این است در مطالعه نوردهاس و بویر (۲۰۰۰) کشورهای در حال توسعه حذف شده بودند با این فرض که میزان نشر گازهای گلخانه‌ای در این کشورها قابل توجه نیست. این در حالی است که در پژوهش حاضرکشورهای در حال توسعه منطقه منا در نظر گرفته می‌شوند زیرا این کشورها نشر گازهای گلخانه‌ای قابل توجهی دارند. در سه دهه گذشته، میزان نشر گازهای گلخانه‌ای در منطقه منا بیش از سه برابر بوده و در حال حاضر بالاتر از میانگین جهانی به ازای هر فرد می‌باشد و اغلب ده کشوری که کربن‌دی‌اکسید بالاتری به ازای هر نفر منتشر می‌کنند، در خاورمیانه هستند (اطلس کربن جهانی[1]، ۲۰۲۰). این میزان بالای نشر در درجه‌ی اول به عربستان و ایران، که نهمین و هفتمین منتشرکننده‌ی کربن‌دی‌اکسید در جهان هستند، نسبت داده می‌شود که ۴۰ درصد میزان نشر گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۱۸ را به خود اختصاص داده‌اند (همان، ۲۰۲۰).

بنابراین به نظر می‌رسد کشورهای عضو منطقه منا سهم قابل توجهی در گرمایش جهانی دارند و لازم است برای برآورده شدن هدف کنترل افزایش دما تا سال ۲۱۰۵ کشورهای منتشرکننده‌ی نشر CO_2 بر طبق توافقنامه‌ای در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه نشر CO_2 با یکدیگر متحد شوند و بنظر می‌رسد در صورت اجرای مفاد چنین توافقنامه‌ای از سوی کشورهای عضو توافقنامه، گام مثبتی در جهت کاهش نشر CO_2 و کنترل افزایش دما برداشته خواهد شد و به دنبال آن وضعیت پارامترهای اقتصادی مهم از جمله تولیدناخالص داخلی منطقه‌ای، مصرف، انباشت سرمایه، اشتغال و سرمایه‌گذاری آب و هوایی بهبود خواهد یافت.

تضاد منافع

نویسندگان نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

[1] Global Carbon Atlas

فهرست منابع

۱. تمیزی، علیرضا (۱۳۹۷). عوامل اقتصادی و محیطی تعیین‌کننده میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در کشورهای منطقه منا. *فصلنامه علمی-پژوهشی اقتصاد و مدیریت شهری*، ۷(۲)، ۱۳۰-۱۱۵.

۲. جعفری، شایسته، جلالی نسب، محمد و ایروانی، هوشنگ (۱۳۹۳). *ارزیابی اثرات اقتصادی تغییر اقلیم در بخش کشاورزی*. همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، ۸-۱.

۳. دهقانی شاهزاده بیگمی، فاطمه (۱۳۹۲). *بررسی رابطه بین گرمایش جهانی، عدالت بین‌نسلی و رشد اقتصادی برای کشورهای عضو MENA (رهیافتی از مدل DICE-RICE)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه یزد.

۴. داربیدی، مریم، دل‌انگیزان، سهراب، فتحی، شهرام و کریمی، محمدشریف (۱۳۹۹). تأثیر نوآوری بر انتشار آلودگی استان‌های ایران در چارچوب منحنی زیست محیطی کوزنتس (رهیافت اقتصادسنجی فضایی). نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۷ (۳)، ۹۸-۷۱.

۵. محمدی، وحید، مظفری، هاجر و اسعدی، فریدون (۱۳۹۸). بررسی ارتباط متقابل رشد اقتصادی، مصرف انرژی و توسعه انسانی در کشورهای منتخب حوزه منا. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۸ (۳۰)، ۱۸۴-۱۵۳.

۵. مرادی، امید (۱۳۹۳). بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر وضعیت اقتصادی و اجتماعی

۶. حوضه‌های آبخیز. همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، ۱-۲۲.

۶. متقیان‌فرد، مهدیس (۱۳۹۶). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی ایران (رویکرد استانی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. وزارت علوم تحقیقات و فناوری: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی: پژوهشکده اقتصاد و مدیریت.

۷. ولیقلی‌زاده، علی (۱۳۹۸). تبیین اثرات اقتصادی در حیات جوامع انسانی. *فصلنامه علمی فضای جغرافیایی*، ۶ (۱۹)، ۱۹۸-۱۶۱.

۸. هاتف، حکیمه، دانشورکاخکی، محمود، کهنسال، محمدرضا، بنایان اول، محمد و شاه‌نوشی فروشانی، ناصر (۱۳۹۵). بررسی آسیب‌پذیری اقتصادی از نوسانات اقلیمی (مطالعه‌ی موردی: استان خراسان رضوی). *هواشناسی کشاورزی*، ۲(۴)، ۷۰-۶۱.

1- Alagidede, P., Adu, G., & Frimpong, P. B. (2016). The effect of climate change on economic growth: evidence from Sub-Saharan Africa. *Environmental Economics and Policy Studies*, *18*(3), 417-436.

2- Al-Delaimy, W., Ramanathan, V., & Sánchez Sorondo, M. (2020). *Health of People, Health of Planet and Our Responsibility: Climate Change, Air Pollution and Health* (p. 419). Springer Nature.

3- Barro, R. J. (1999). Ramsey meets Laibson in the neoclassical growth model. *The Quarterly Journal of Economics*, *114*(4), 1125-1152.

4- Barro, R., & Sala-i-Martin, X. (2004). Economic growth second edition.

5- Christiansen, B. (Ed.). (2015). *Comparative Political and Economic Perspectives on the MENA Region*. IGI Global.

6- Collier, M. A., Dix, M. R., & Hirst, A. C. (2007, December). CSIRO Mk3 climate system model and meeting the strict IPCC AR4 data requirements. In *Proceedings of the MODSIM07 International Congress on Modeling and Simulation: Land, Water & Environmental Management: Integrated Systems for Sustainability, Christchurch* (Vol. 1013).

7- Collier, M. A., Dix, M. R., & Hirst, A. C. (2007, December). CSIRO Mk3 climate system model and meeting the strict IPCC AR4 data requirements. In *Proceedings of the MODSIM07 International Congress on Modeling and Simulation: Land, Water & Environmental Management: Integrated Systems for Sustainability, Christchurch* (Vol. 1013).

8- Dehghani Shahzadeh Begami, F. (2013*). Investigating the relationship between global warming, intergenerational justice and economic growth for MENA member countries (DICE-RICE model approach).* Master Thesis. Yazd University (In Persian).

9- Darbidi, M., Delangizan, S., Fatahi, S., & Karimi, M. (2020). Impact of Innovation on Pollution Emission of Iranian Provinces in the Framework of Environmental Kuznets Curve (Spatial Econometric Approach). 7(3), 71-98 (In Persian).

10- Deke, O., Hooss, K. G., Kasten, C., Klepper, G., & Springer, K. (2001). *Economic impact of climate change: simulations with a regionalized climate-economy model* (No. 1065). Kiel working paper.

10- Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2009). Temperature and income: reconciling new cross-sectional and panel estimates. *American Economic Review*, *99*(2), 198-204.

11- Global Carbon Atlas. (2020). CO2 Emissions. *www.globalcarbonatlas.org*. Retrieved 2020-04-10.

12- Hatef, H., Daneshvar Kakhki, M., Kohansal, M. R., Banayan Aval, M., & Shah Noshi Foroushani, N. (2016). Investigation of economic vulnerability to climate change (Case study: Khorasan Razavi province). *Agricultural Meteorology*, *2*(4), 61-70 (In Persian).

13- Jafari, Sh., Jalali Nasab, M., & Irvani, H. (2014). *Assessing the economic effects of climate change in the agricultural sector.* National Conference on Climate Change and Engineering for Sustainable Development of Agriculture and Natural Resources, 1-8 (In Persian).

14- Moradi, O. (2014). *Investigating the effect of climate change on the economic and social situation of watersheds*. National Conference on Climate Change and Engineering for Sustainable Development of Agriculture and Natural Resources, 1-22 (In Persian).

15- Mottaqian Fard, M. (2017). *Investigating the effects of climate change on Iran's economic growth (provincial approach)*. Master Thesis. Ministry of Science, Research and Technology: Institute of Humanities and Cultural Studies: Institute of Economics and Management (In Persian).

16- Mohammadi Vahid, M. H., & Asasi, F. ().Investigating the Relationship between Economic Growth, Energy Consumption and Human Development in Selected MENA Countries. Iranian Energy Economics Research. 8(30), 153-184 (In Persian).

17- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2020). Rapid Expert Consultations on the COVID-19 Pandemic: March 14, 2020-April 8, 2020.

18- Nordhaus, W. D. (2007). The challenge of global warming: *economic models and environmental policy*. (Vol. 4). New Haven: Yale University.

19- Nordhaus, W.D., & Boyer, J. (2000). DICE 2013R: *Introduction and User's Manual*. MIT Press, Cambridge.

20- Nordhaus, W. D., & Boyer, J. (2000). *Warming the world: economic models of global warming*. MIT press.

21- Nordhaus, W. D., & Yang, Z. (1996). A regional dynamic general-equilibrium model of alternative climate-change strategies. *The American Economic Review*, 741-765.

22- Nordhaus, W. D. (2010). Economic aspects of global warming in a post-Copenhagen environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(26), 11721-11726.

23- NASA .(2019). Global land-ocean temperature index. National Aeronautics and Space Administration. http://data.giss.nasa.gov/gistemp.

24- Péridy, N., Brunetto, M., & Ghoneim, A. (2012). The Economic Costs of Climate Change in MENA countries: A Micro-Spatial Quantitative Assessment and a Survey of Policies. *Femise, Marseille*.

25- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., ... & van Ypserle, J. P. (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151). Ipcc.

26- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, *98*(5, Part 2), S71-S102.

27- Stern, N., & Stern, N. H. (2007). *The economics of climate change: the Stern review*. cambridge University press.

28- Tamizi, A. R. (2018). Economic and environmental factors determining the amount of carbon dioxide emissions in the countries of the Mena region. *Journal of Urban Economics and Management*, *7*(2), 130-115 (In Persian).

29- Thurlow, J., Zhu, T., & Diao, X. (2009). The impact of climate variability and change on economic growth and poverty in Zambia.

30- Tyson, P., Odada, E., Schulze, R., & Vogel, C. (2002). Regional-global change linkages: Southern Africa. In *Global-regional linkages in the earth system* (pp. 3-73). Springer, Berlin, Heidelberg.

31- Valigolizadeh, A. (2019). Explaining the economic effects on the life of human societies. *Scientific Quarterly of Geographical Space,* 6(19), 161-198 (In Persian).

32- Waha, K., Krummenauer, L., Adams, S., Aich, V., Baarsch, F., Coumou, D., ... & Schleussner, C. F. (2017). Climate change impacts in the Middle East and Northern Africa (MENA) region and their implications for vulnerable population groups. *Regional Environmental Change*, *17*(6), 1623-1638.

33- World Bank. (2009). World development report 2010: Development and climate change.

پرتال جامع علوم انسانی