

ارزیابی اثرات مالیات کربن بر بخش صنعت در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه با استفاده از یک مدل تعادل عمومی پویا*

کلثوم افشون^۱مهدی نجاتی^۲عبدالمجید جلائی^۳زین العابدین صادقی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۳۰

چکیده

مالیات کربن، یکی از مهم‌ترین ابزارهای سیاستگذاری در حوزه انرژی است که می‌تواند از طریق تغییر در رفتار مصرف‌کننده و تولیدکننده، پیامدهای مثبت اقتصادی و زیست‌محیطی به همراه داشته باشد. هدف از این مطالعه، بررسی آثار مالیات کربن بر صنایع انرژی‌بر و غیرانرژی‌بر در مناطق مختلف جهان است. برای دستیابی به این هدف، از یک مدل CGE پویا استفاده شده است تا بررسی شود که مالیات کربن چگونه بر قیمت کالاها، تولید، واردات و صادرات صنایع اثرگذار است. تمایز این پژوهش با مطالعاتی که تاکنون صورت گرفته، در این است که درآمد سرانه به عنوان یکی از عوامل مهم در نحوه اثرگذاری مالیات کربن در مدل‌سازی CGE لحاظ شده است. به همین منظور، مناطق به پنج گروه درآمدی مختلف براساس آخرین تقسیم‌بندی بانک جهانی تجمیع و سناریوهای سیاستی طبق آن اجرا شده است. نتایج نشان می‌دهد که مالیات کربن در تمامی سناریوها منجر به افزایش قیمت کالاهای با شدت انرژی بالا در تمام مناطق می‌شود و قیمت کالاهای با شدت انرژی پایین جز در گروه کشورهای توسعه یافته و با درآمد بالا، کاهش می‌یابد. همچنین تولید در بخش انرژی‌بر و غیرانرژی‌بر به طور متوسط با کاهش روبرو است. واردات در بخش انرژی‌بر، بجز گروه کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط برای سایر گروه‌ها کاهش می‌یابد و در بخش غیرانرژی‌بر نیز با کاهش واردات روبرو هستیم. تأثیرپذیری صادرات نیز در بخش انرژی‌بر در جهت کاهش است و در بخش غیرانرژی‌بر به طور متوسط افزایش می‌یابد. براساس نتایج به دست آمده، این مطالعه راهی برای طراحی چارچوب سیاست مالیات کربن در مناطق مختلف با ساختار صنعتی متفاوت برای گذار به انتشار خالص صفر ایجاد کرده است.

واژگان کلیدی: مالیات کربن، صنعت، کشورهای در حال توسعه، کشورهای توسعه یافته، مدل CGE

طبقه‌بندی JEL: P18, H23, C68

* این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد کلثوم افشون می‌باشد.

k_afshun@yahoo.com

۱. کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۲. دانشیار اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران (نویسنده مسئول).

mnejadi@uk.ac.ir

jalaee@uk.ac.ir

۳. استاد اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

z_sadeghi@uk.ac.ir

۴. دانشیار اقتصاد انرژی، گروه اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۱. مقدمه

افزایش جمعیت جهان و روند رو به رشد صنعتی شدن، تقاضا برای انرژی را، هم از نظر تولید و هم، از نظر مصرف در سطح بی‌سابقه‌ای افزایش داده است (ژای و همکاران، ۲۰۲۱؛ شهباز و همکاران، ۲۰۲۱). از آنجایی که عمده منابع انرژی جهان را سوخت‌های فسیلی تشکیل می‌دهد، آلودگی ناشی از استفاده ناپایدار از سوخت‌های فسیلی، هزینه‌های اقتصادی جهانی فراوانی بر محیط‌زیست تحمیل کرده است (آن و ژای، ۲۰۲۰؛ تروینو-مارتینز و همکاران، ۲۰۲۲). افزایش این هزینه‌ها، کشورها را با نگرانی بزرگی برای کاهش انتشارات روبرو کرده است (ژائوه، ۲۰۱۱؛ تیمیلسینا و همکاران، ۲۰۱۱؛ وانگ و همکاران، ۲۰۲۳؛ روستیکو و دیمیتروف، ۲۰۲۲).

با توجه به اینکه کشورهای دنیا از جنبه‌های مختلفی از جمله سطح توسعه‌یافتگی، تغییرات اقلیمی ناشی از آلودگی، ذخایر منابع انرژی فسیلی و وابستگی به انرژی‌های فسیلی و ساختار اقتصادی با یکدیگر تفاوت دارند، بنابراین، انگیزه‌های آنان در اتخاذ و عملی کردن سیاست‌های اقلیمی نیز متفاوت خواهد بود (فو و همکاران، ۲۰۲۰). آنچه که می‌تواند کشورها را به سمت انتخاب و اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی مناسب سوق دهد، درک هزینه‌ها و منافع و پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی ناشی از سیاست می‌باشد که جز با در نظر گرفتن تفاوت‌های منطقه‌ای و کمی‌سازی اثرات سیاست‌های اقلیمی در مناطق مختلف امکان‌پذیر نخواهد بود (هیلبراند و هیلبراند، ۲۰۲۳).

در طی سال‌های اخیر از جمله سیاست‌های مهمی که برای دستیابی به اقتصاد کم کربن مطالعه و اجرا شده است، مالیات کربن است (لین و جیا، ۲۰۱۹؛ زو و همکاران، ۲۰۲۰؛ ماتسوموتو، ۲۰۲۲؛ چن و همکاران، ۲۰۲۲؛ اوریان و همکاران، ۲۰۲۳؛ گو و کین، ۲۰۲۳). اثرات خارجی ناشی از آلودگی، احتیاج به سیاستی منظم و هدایت شده برای کاهش انتشارات دارد. سیاست مالیات کربن می‌تواند رفتار عوامل و بنگاه‌های اقتصادی را برای دستیابی به هدف کاهش انتشار تغییر دهد

1. Zhai et al. (2021)
2. Shahbaz et al. (2021)
3. An & Zhai (2020)
4. Trevino-Martinez et al. (2022)
5. Zhao (2011)
6. Timilsina et al. (2011)
7. Wang et al. (2023)
8. Rustico & Dimitrov (2022)
9. fu et al. (2020)
10. Hillebrand & Hillebrand (2023)
11. Lin & Jia (2019)
12. Xu et al. (2020)
13. Matsomoto (2022)
14. Chen et al. (2022)
15. O'Ryan et al. (2023)
16. Guo & Qin (2023)

(مینگ و یو، ۲۰۲۳). با اجرای مالیات کربن از یک سو، بنگاه‌ها با کاهش استفاده از انرژی‌های فسیلی از توسعه انرژی‌های آلاینده جلوگیری می‌کنند و از سوی دیگر، به سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی پاک تشویق می‌شوند و به گسترش استفاده از انرژی‌های دوستدار محیط‌زیست کمک می‌کنند (آن و ژای، ۲۰۲۰). با توجه به اثرات مثبتی که مالیات کربن در حفظ انرژی و حفاظت از محیط‌زیست دارد، اما همچنان برخی از کشورها در پذیرش و اجرای این سیاست دچار تردید هستند. یکی از مهم‌ترین دلایل، اثرات منفی احتمالی مالیات کربن بر اقتصاد و صنعت خصوصاً صنایع انرژی‌بر است (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۷).

در این شرایط با اجرای مالیات کربن از یک سو، بنگاه‌ها نگران کاهش سودآوری خود به دلیل تحمیل هزینه‌های اضافی در پی اجرای مالیات کربن هستند (فو و همکاران، ۲۰۲۳) و از سوی دیگر، ممکن است با کاهش میزان تولیدات بنگاه‌ها، صادرات محصولات انرژی‌بر، کاهش و واردات آن، افزایش یابد که می‌تواند بر رقابت‌پذیری این صنایع اثرگذار باشد. از آنجایی که ساختار صنایع مختلف کشورها، تفاوت‌های فراوانی به لحاظ شدت انرژی، شدت انتشار کربن و سطح تکنولوژی دارد، اجرای سیاست مالیات کربن، اثرات متفاوتی در مناطق مختلف به دنبال خواهد داشت (لیو و همکاران، ۲۰۲۳). بنابراین، تأثیری که این مالیات بر هزینه‌های تولید، تورم، صادرات و واردات صنایع دارد، باعث می‌شود که بررسی و درک پیامدهای این سیاست بر صنعت یک کشور، اهمیت یابد (خواستار و همکاران، ۲۰۲۰).

به همین منظور برخی از مطالعات مانند آلن و همکاران (۲۰۱۴)؛ لی و همکاران (۲۰۱۵)؛ فریره-گونزالس و هو (۲۰۱۹)؛ زو و همکاران (۲۰۱۹)؛ اوجا و همکاران (۲۰۲۰) و ماردونز (۲۰۲۲)، مالیات کربن را تنها بر بخش صنعت یا گروهی از صنایع اعمال کرده و اثر آن را بر متغیرهایی

1. Meng & Yu (2023)
2. An & Zhai (2020)
3. liang et al. (2007)
4. fu et al. (2023)
5. Liu et al. (2023)
6. khastar et al. (2020)
7. Allan et al. (2014)
8. Li et al. (2015)
9. Freire-Gonzalez & Ho (2019)
10. Zhu et al. (2019)
11. Ojha et al. (2020)
12. Mardones (2022)

مانند تولید ناخالص داخلی، بهره‌وری انرژی، انتشار کربن و ... دیده‌اند و برخی دیگر مانند (زو و همکاران^۱ (۲۰۱۸)؛ خواستار و همکاران (۲۰۲۰)؛ نونگ^۲ (۲۰۲۰)؛ هو و همکاران^۳ (۲۰۲۱)؛ کائو و همکاران^۴ (۲۰۲۱)؛ نونگ و همکاران^۵ (۲۰۲۱) و اسماعیل و همکاران (۲۰۲۳)، مالیات کربن را به صورت کلی اعمال کرده و اثر آن را بر صنایع، شاخص‌های کلان اقتصادی یا زیست‌محیطی بررسی کرده‌اند. در این مطالعه نیز ابتدا مناطق مختلف جهان بر اساس سطح درآمد سرانه، طبق معیار بانک جهانی به پنج گروه مختلف تفکیک شده و سپس با تقسیم‌بندی صنایع در این گروه‌ها به دو بخش انرژی‌بر و غیرانرژی‌بر، مالیات به صورت کلی و یکدست برای تمامی بخش‌های اقتصادی اعمال و اثر این سیاست بر صنایع مذکور در مناطق مورد نظر، بررسی گردیده است. از آنجایی که یک مدل CGE می‌تواند تعاملات بین عوامل مختلف در سیستم‌های اقتصاد کلان را توصیف کند و تأثیرات یک سیاست را در سطح جهانی بررسی کند، بنابراین، برای درک بهتر اثرات سیاست از یک مدل CGE چند منطقه‌ای پویا استفاده شده است.

در ادامه، این مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است. در بخش دوم، مروری بر ادبیات صورت گرفته است. بخش سوم، به مبانی نظری و بخش چهارم به روش‌شناسی، داده‌ها، تجمیع مناطق و بخش‌ها می‌پردازد. نتایج تجزیه و تحلیل شبیه‌سازی، در بخش پنجم ارائه شده است و در بخش پایانی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی مورد بحث قرار گرفته است.

۲. ادبیات موضوع

۲-۱. مطالعات با رویکرد CGE

در ارزیابی اثر مالیات کربن بر شاخص‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و انرژی، یکی از ابزارهای مهم و ثابت شده، رویکرد CGE است. این مدل‌ها می‌توانند تجزیه و تحلیل بهتری از اثرات مستقیم و غیرمستقیم سیاست بر متغیرهای اقتصادی و کل جامعه ارائه کنند.

با بررسی ادبیات موجود، تقریباً در اکثر مطالعات صورت گرفته با رویکرد CGE، نقشی که مالیات کربن اعمال شده در بخش صنعت و انرژی، بر کاهش انتشارات داشته، مثبت بوده است (راس^۶ ۲۰۱۸؛ فریره-گونزالس و هو ۲۰۱۹؛ اوجا و همکاران، ۲۰۲۰؛ ژای و همکاران، ۲۰۲۱؛ اوریان و

1. Zou et al. (2018)
2. Nong (2020)
3. Hu et al. (2021)
4. Cao et al. (2021)
5. Nong et al. (2021)
6. Ross (2018)

همکاران، ۲۰۲۳؛ زو و همکاران، ۲۰۲۳). اما اثری که مالیات کربن بر تولید و بخش‌های انرژی داشته، در برخی از مطالعات منفی ارزیابی شده است. به عنوان مثال لیانگ و همکاران (۲۰۰۷)، با مدل‌سازی، اثرات سیاست‌های مالیات کربن مختلف بر اقتصاد کلان و بازده بخش‌های انرژی بر و تجارت، دریافتند که این اثر منفی است، اما می‌توان برای کاهش این اثرات منفی، به بخش‌های تولیدی با استفاده از درآمدهای حاصل از مالیات، یارانه پرداخت کرد.

ویسه و همکاران (۲۰۱۷)، یافته‌های خود در مورد اثر مالیات کربن را در سال ۲۰۱۷ اعلام کردند. بر طبق نتایج، اگر دستاوردهای زیست‌محیطی ناشی از مالیات کنار گذاشته شود، آنگاه تأثیر نامطلوبی که مالیات بر تولید کشورهای کم درآمد دارد، کمتر از کشورهای پردرآمد است. لین و جیا (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای که برای چین انجام دادند، اثر مالیات کربن را در صنایع مشمول مالیات بررسی کردند. نتایج نشان داد، هرچه نرخ مالیات افزایش یابد، تأثیر منفی بر تولید ناخالص داخلی بیشتر خواهد بود و شرکت‌های انرژی‌بر و صنایع انرژی، بیشتر بر تولید ناخالص داخلی اثرگذار خواهند بود. همچنین هرچه نرخ مالیات بالاتر باشد، قیمت کالا بالاتر خواهد بود.

خواستار و همکاران (۲۰۲۰)، با بررسی اثرات مالیات کربن بر ساختار صنایع فنلاند، به این نتیجه رسیدند که مالیات کربن، اثرات نامطلوبی بر تولید ناخالص داخلی (GDP) دارد. از طرفی، مالیات کربن، تأثیر مثبتی بر تراز تجاری دارد و صادرات افزایش می‌یابد.

نونگ و همکاران (۲۰۲۱)، در مطالعه خود به مقایسه مناطق مختلف جهان بعد از اجرای مالیات کربن یکنواخت پرداخته‌اند. آنها دریافتند که در همه اقتصادها، تمامی بخش‌ها از جمله بخش‌های انرژی‌بر و صنعتی، با کاهش تولید مواجه می‌شوند. همچنین زمانی که انتشارات غیر CO₂ نیز تحت پوشش مالیات قرار می‌گیرد، این تأثیر منفی بیشتر می‌شود.

در پژوهشی که چرنیوچان و نجار (۲۰۲۲)، برای کانادا انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که مقررات زیست‌محیطی، حجم صادرات صادرکنندگان را به‌طور مداوم کاهش می‌دهد. همچنین احتمال خروج از بازار صادرات را برای تولیدکنندگان افزایش می‌دهد.

1. Zhai et al. (2023)
2. liang et al. (2007)
3. Wesseh et al. (2017)
4. Lin & jia (2018)
5. Khastar et al. (2020)
6. Nong et al. (2021)
7. Cherniwchan & Najjar (2022)

لیو و همکاران^۱ (۲۰۲۳)، یک مدل CGE پویا با ماژول مالیات کربن متمایز شده صنعتی را در چین ایجاد و طرح‌های بازایافت درآمد را اجرا کردند. یافته‌ها نشان داد، تخصیص مجدد درآمد می‌تواند اثرات منفی مالیات کربن را بر اقتصاد کلان و تولید صنعت کاهش دهد و اثرات مثبت زیست‌محیطی به‌همراه داشته باشد.

مشهدی رجبی^۲ (۲۰۲۳)، برای اقتصاد استرالیا نشان داد که سیاست مالیات کربن منجر به کاهش انتشار CO₂ می‌شود و افزایش قیمت محصولات صنعتی را به‌دنبال دارد. اگر این سیاست با بازایافت درآمد همراه نباشد، کاهش تولید ناخالص داخلی را در پی دارد؛ اما اگر با بازایافت درآمد همراه باشد، منجر به رشد اقتصادی می‌گردد. بنابراین در این مطالعات، بازایافت درآمد به عنوان عاملی مؤثر در کاهش اثرات منفی حاصل از مالیات بیان شده است.

علاوه بر مطالعاتی که اثر منفی مالیات کربن را بر تولید دیده‌اند، در پژوهشی که اسماعیل و همکاران^۳ (۲۰۲۳)، برای منطقه کامپالا انجام دادند، با ایجاد یک چارچوب ترکیبی TIMES/CGE، به این نتیجه رسیدند که سناریوی مالیات کربن در مقایسه با مورد مرجع، منجر به کاهش انتشار کربن و افزایش تولید ناخالص داخلی و رفاه می‌گردد.

برخی از مطالعات نیز به رقابت‌پذیری بخشی و رقابت‌پذیری تولیدکنندگان داخلی پرداخته‌اند. به عنوان مثال، تیان و همکاران^۴ (۲۰۱۷)، در مطالعه خود، به تحلیل رقابت‌پذیری بخشی شانگهای تحت تأثیر مالیات کربن پرداختند. نتایج نشان داد، وقتی مالیات کربن پایین‌تر باشد، می‌تواند تولید بالاتر را در پی داشته باشد. بنابراین، تغییر در تولیدات ناشی از مالیات، بر رقابت‌پذیری بخشی اثر خواهد داشت.

در مطالعه‌ای، ترنر و همکاران^۵ (۲۰۲۲)، تأثیر مالیات کربن بر شاخص‌های کلان اقتصادی در بریتانیا را تجزیه و تحلیل کردند. نویسندگان دریافتند زمانی که یک اقتصاد باز کوچک، پذیرنده مستقل مالیات کربن است، اثری که بر درآمد واقعی خانوار و رقابت‌پذیری تولیدکنندگان داخلی می‌گذارد، منفی است.

با اثری که مالیات کربن بر مصرف انرژی، انتشار CO₂ و تولید دارد، می‌تواند کارایی انرژی، کارایی اقتصادی و زیست‌محیطی را تحت تأثیر قرار دهد.

1. Liu et al. (2023)
2. Mashhadi Rajabi (2023)
3. Ismail et al. (2023)
4. Tian et al. (2017)
5. Turner et al. (2022)

لین و جیا^۱ (۲۰۱۹)، اثر مالیات کربن بر صنایع انرژی‌بر، انتشار کربن و اقتصاد چین را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده افزایش کارایی انرژی و کاهش انتشار کربن بود. همچنین آنها بیان کردند که برای افزایش در بهره‌وری انرژی، بهتر است که نرخ مالیات در بخش‌های تولید انرژی و صنایع انرژی‌بر افزایش یابد.

تان و لین^۲ (۲۰۲۰)، در مطالعه خود به چگونگی تأثیر مالیات کربن بر انتشار کربن و بازده زیست‌محیطی صنایع انرژی‌بر چین پرداختند. آنها دریافتند که مالیات کربن منجر به کاهش CO₂ در صنایع انرژی‌بر چین می‌شود؛ اما نقش منفی در بهبود کارایی اکولوژیکی دارد.

جیا و همکاران^۳ (۲۰۲۳)، کارایی و برابری مالیات کربن را مورد مطالعه قرار دادند و بیان کردند، زمانی که مالیات فقط بر صنایع تولید انرژی به جای کل صنعت وضع می‌شود، باعث بهبود کارایی می‌شود. همچنین اگر مالیات بر بنگاه‌ها اعمال شود، منجر به نابرابری نمی‌شود.

هینترلنگ و همکاران^۴ (۲۰۲۲)، برای اتحادیه اروپا-۲۷ به‌علاوه بریتانیا، بررسی کردند که برای تأمین مالی کاهش مالیات بر نیروی کار استفاده از مالیات مصرف، انرژی یا انتشار، چه پیامدهایی دارد. آنها دریافتند که اگر آسیب زیست‌محیطی بالا باشد، مالیات انرژی یا مالیات انتشار به دلیل شوک مثبت بهره‌وری که ایجاد می‌کنند، از مالیات بر مصرف، نتیجه بهتری دارد.

پاکسازی تولید نیز یکی از اهداف مالیات کربن است که نجار و چرنیوچان^۵ (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۱ برای کانادا انجام دادند، اثر مقررات زیست‌محیطی بر پاکسازی تولید را تحلیل کردند. نتایج حاکی از آن بود که مقررات کیفیت هوا منجر به کاهش شدت آلودگی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ در بخش تولید کانادا شده و تنظیم برخی آلاینده‌ها، منجر به تغییراتی در الگوهای ورود و خروج در بین تولیدکنندگان شده است.

۲-۲. مطالعات با رویکرد اقتصاد سنجی

از جمله رویکردهایی که به‌طور فراوانی در ارزیابی اثر مالیات کربن بر صنعت و اقتصاد مورد استفاده قرار گرفته است، رویکرد اقتصاد سنجی است. به عنوان مثال، ژائو^۶ (۲۰۱۱)، به مطالعه اثر مالیات کربن بر رقابت‌پذیری بین‌المللی صنایع انرژی‌بر در کشورهای OECD پرداخت و دریافت که مالیات کربن، تأثیر منفی بر رقابت بین‌المللی صنایع انرژی‌بر دارد.

1. Lin & Jia (2019)
2. tan & lin (2020)
3. Jia et al. (2023)
4. Hinterlang et al. (2022)
5. Najjar & Cherniwchan (2021)
6. ZHAO (2011)

چن^۱ (۲۰۱۳)، در مطالعه خود با هدف بررسی اثر مالیات کربن بر کاهش انتشار کربن و رشد صنعتی چین، بیان کرد که مالیات کربن، شدت CO₂ را کاهش می‌دهد و در بلندمدت اثر مثبت بر تولید دارد.

هاجک و همکاران^۲ (۲۰۱۹)، با تحلیل اثر مالیات کربن در صنایع انرژی کشورهای منتخب اتحادیه اروپا، نشان داد که مالیات کربن در صنعت انرژی از نظر زیست‌محیطی کارآمد است و تولید گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد. آن و ژای^۳ (۲۰۲۰) با مدل‌سازی اثر سیاست مالیات پلکانی افزایشی کربن (IBCT) در صنعت برق با سوخت زغال‌سنگ چین، به این نتیجه رسیدند که مالیات بار هزینه و انتشار کربن در صنعت برق با سوخت زغال‌سنگ را کاهش می‌دهد.

در همان سال، هو و همکاران^۴ (۲۰۲۰)، عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی سیاست مالیات کربن با سیاست سقف و تجارت کربن در صنعت بازتولید چین را مقایسه کردند. نتایج نشان داد که سیاست مالیات کربن مفید است؛ اما عملکرد سیاست سقف و تجارت در سود تولیدکننده، رفاه اجتماعی و مازاد مصرف‌کننده، بهتر است.

آن و همکاران^۵ (۲۰۲۲)، تأثیر مالیات پلکانی افزایشی کربن (IBCT) را در مقایسه با مالیات ثابت کربن (FCT) در صنایع کشورهای کوچک آسیا و اقیانوسیه بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که IBCT بهتر از FCT است و می‌تواند خطر نشت کربن را کاهش دهد و تولید کم کربن را ترویج کند و رفاه اجتماعی و توسعه زیست‌محیطی را بهبود بخشد.

روستیکو و دیمیتروف^۶ (۲۰۲۲)، با استفاده از رویکرد تئوری بازی به تحلیل اثر مالیات کربن بر سود بنگاه انحصاری و رفاه اجتماعی پرداختند. آنها بیان کردند که تنظیم‌کننده‌ها با انجام تعهدات دو دوره‌ای در مالیات بهینه پایین‌تر به رفاه اجتماعی بالاتری دست می‌یابند.

کومباکار و همکاران^۷ (۲۰۲۲)، اثر مالیات کربن بر کارایی اقتصادی و زیست‌محیطی تولیدکنندگان بریتیش کلمبیا را مدل‌سازی کردند. نتایج نشان داد که مالیات کربن، کارایی اقتصادی را بهبود می‌بخشد و کارایی زیست‌محیطی را برای انتشار گازهای گلخانه‌ای و دی‌اکسید کربن افزایش می‌دهد.

وانگ و همکاران^۸ (۲۰۲۳)، نقش مالیات‌های زیست‌محیطی و مالیه سبز را بر انتشار کربن در ۲۱ عضو OECD بررسی کردند. به گفته آنها، رشد اقتصادی و واردات، محرک‌های اصلی انتشار کربن

1. Chen (2013)
2. Hájek et al. (2019)
3. An and Zhai (2020)
4. Hu et al. (2020)
5. An et al. (2022)
6. Rustico & Dimitrov (2022)
7. Kumbhakar et al. (2022)
8. Wang et al. (2023)

مبتنی بر مصرف هستند؛ اما صادرات و مالیات‌های زیست‌محیطی و امور مالی سبز، انتشار کربن مبتنی بر مصرف را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهند.

با توجه به مطالعاتی که تاکنون صورت گرفته، می‌توان گفت که در این مطالعه در چند زمینه نوآوری وجود دارد و می‌تواند از نظر پر کردن خلأ از چند طریق به ادبیات موجود کمک کند.

اول، این پژوهش، اثرات مالیات کربن را در صنایع تمام کشورهای دنیا با تقسیم‌بندی براساس سطح درآمد سرانه و تفکیک صنایع به دو بخش انرژی‌بر و غیرانرژی‌بر بررسی می‌کند که پیامدهای مهمی خواهد داشت.

دوم، از آنجایی که یک مدل CGE، می‌تواند تصویری از اثرات یک سیاست بر متغیرها و عوامل مختلف در سطح کلان اقتصادی ارائه نماید و به درک چگونگی ارتباط عوامل و کشورها در مقیاس جهانی کمک کند، بنابراین، برای دستیابی به نتایج بهتر و دقیق‌تر، از یک مدل CGE چند منطقه‌ای پویا استفاده شده است.

سوم، آگاهی از اثرات سیاست مالیات کربن بر صنایع کشورهای مختلف، می‌تواند اطلاعات مفیدی از پیامدهای اجرای این سیاست در اختیار سیاستگذاران برای اتخاذ سیاست‌های آب و هوایی مناسب بگذارد.

۳. مبانی نظری و مدل

۳-۱. الگوی GTAP-E-power

با توجه به قابلیت‌های الگوی‌های تعادل عمومی قابل محاسبه، در این پژوهش برای شبیه‌سازی اثرات مالیات کربن از یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه پویا به نام GTAP-E-power استفاده شده است. الگوی GTAP-E-power تعمیمی است از الگوی GTAP-E که به منظور بررسی سیاست‌های تغییر اقلیم معرفی شد. ساختار کلی الگوهای تعمیم‌یافته از GTAP با الگوی پایه GTAP مشابه است؛ اما در الگوهای تعمیم‌یافته، تغییراتی در جزئیات مدل‌سازی تکنیک تولید، ساختار تقاضا، ویژگی‌های زیست محیطی و ساختار انرژی ایجاد شده است.

در الگوی GTAP، ساختار تولید از چهارچوب نظریه نئوکلاسیک پیروی می‌کند و بازدهی نسبت به مقیاس تولید، ثابت است. بنگاه‌ها با استفاده از عوامل اولیه و نهاده‌های واسط، در تولید محصول استفاده می‌کنند. بخشی از این نهاده‌های واسط، تولید داخل و بخشی دیگر، وارداتی است که از کانال جریان‌های تجاری دوسویه براساس فرض آرمینگتون وارد می‌شوند. استفاده از فرض آرمینگتون در بخش تجارت مدل GTAP، تشخیص واردات براساس مبدأ را امکان‌پذیر می‌کند و می‌تواند تجارت درون صنعتی محصولات مشابه را توضیح دهد (بروکمایر، ۲۰۰۱).

نکته مهم در ساختار لایه‌ای تولید آن است که در هر لایه، متغیری برای لحاظ تغییرات تکنولوژیکی وجود دارد و این تغییر می‌تواند در فرم زمین‌اندوز، نیروی کاراندوز یا سرمایه‌اندوز، نهاده واسط‌اندوز یا خنثی از نوع هیکس باشد. این نوع ساختار، دارای مزایایی از جمله کاهش معنادار در

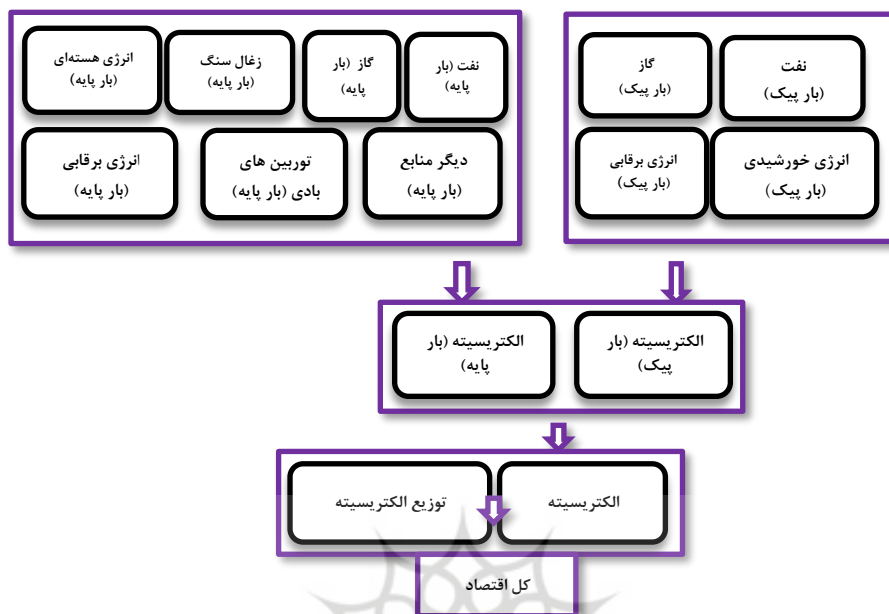
تعداد پارامترهای مورد نیاز الگو و در نتیجه، ساده سازی فرایند کالیبراسیون است؛ اما از طرفی، محدودیت شدیدی در تکنولوژی تولید وجود دارد و آن عدم امکان جانشینی بین نهاده های اصلی و واسطه است (هرتل و تسیگاس، ۱۹۹۷).

تقاضای مصرفی دولت روی کالاهای نهایی توسط یک تابع کاب-داگلاس تخصیص می یابد که در آن، مخارج در سهم های ثابتی بین کالاهای مختلف توزیع می شود. در تقاضای خانوار خصوصی، هزینه نسبی کالاهای مختلف، با تغییرات سطح درآمد، تغییر می کند که این موضوع در طراحی مبادلات جهانی که در آن، سطوح درآمد سرانه به طور کلی در مناطق متفاوت است، اهمیت بیشتری دارد (هرتل و تسیگاس، ۱۹۹۷).

از آنجایی که مدل سازی پیوندهای انرژی-اقتصاد-محیط زیست-تجارت در GTAP توسعه نیافته است، بسطی از این الگو به نام GTAP-E شکل گرفت که در آن، امکان جایگزینی انرژی وجود داشت. علاوه بر این، انتشار کربن حاصل از احتراق سوخت های فسیلی به عنوان نهاده در فرایند تولید و یا به عنوان ستاده حاصل از مصرف کالاها در نظر گرفته شد. جریان آلودگی حاصل از انتشار دی اکسید-کربن می تواند از طریق پیوند بین مناطق و پیوند بین بخش های مختلف و عوامل اقتصادی، تمام متغیرهای کلان و خرد اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد (بلاچی اینالو و همکاران، ۱۴۰۲).

در این مدل، استفاده از انرژی به عنوان یک عامل مهم، نقش بسزایی در انتشار کربن دارد. انرژی به عنوان یک کالای مرکب در نظر گرفته شده است که دو بخش الکتریسیته و غیرالکتریسیته را شامل می شود. این کالای مرکب با سرمایه ترکیب می شود و کالای مرکب سرمایه-انرژی را به دست می دهد. یکی از مهمترین ویژگی های الگوی GTAP-E، آن است که صنایع می توانند سرمایه و انرژی را در فرایند تولید جانشین یکدیگر نمایند. همچنین این صنایع می توانند نوع سوخت مصرفی خود را بر مبنای قیمت های رایج، تغییر دهند.

در این الگو، تعیین مسیر زمانی انتشار گاز CO₂ و سایر متغیرهای اقتصادی در بعد ملی، منطقه ای و جهانی امکان پذیر است و اثرات سیاست های اقتصادی و تکنانه های مختلف بر هزینه ها و اثرات توزیعی آن بین مناطق و بخش های مختلف اقتصادی، قابل تفکیک است. الگوی GTAP-E- Power تعمیمی از الگوی GTAP-E محسوب می شود که انتشار آلاینده دی اکسید کربن را پوشش داده و شامل تکنولوژی های پیشرفته ای جهت تولید الکتریسیته است که به شدت در تحلیل سیاست های زیست محیطی/انرژی تأثیرگذار می باشد. بخش های مختلف در الگوی GTAP-E- Power مشابه الگوی GTAP-E است، اما در مورد تکنولوژی های تولید الکتریسیته، تفاوت وجود دارد. نمودار (۱) چارچوب مدل سازی بخش الکتریسیته را با جزئیات در این الگو تشریح می کند که توسط پترز^۲ (۲۰۱۶)، ارائه شده است.



نمودار ۱: ساختار تولید برق در الگوی GTAP-E-Power

(منبع: نونگ، ۲۰۲۰)

در کل اقتصاد، بخش برق شامل تولید، توزیع و انتقال است که تولید برق بر اساس دو فناوری بار پایه و بار پیک صورت می‌گیرد. تولید بار پایه با استفاده از نهاده‌های مختلف مانند انرژی هسته‌ای، زغال سنگ، گاز، نفت، انرژی برقی، توربین‌های بادی و دیگر منابع، انجام می‌شود. بار پیک نیز توسط نهاده‌هایی مانند نفت خام، گاز، انرژی خورشیدی و آبی تولید می‌شود. چارچوب قیمت‌گذاری یکسانی برای ترکیب برق بار پیک اعمال می‌شود. به دلیل اینکه برق بار پایه و بار پیک برای مقاصد مختلف مصرف می‌شود، مانند زمان‌های مختلف روز، هفته و فصول، هیچ جایگزینی بین این دو کالای مرکب وجود ندارد. به همین دلیل، تقاضای کل برق برای ترکیب بار پایه و بار پیک بدون هیچ جایگزینی شکل می‌گیرد (نونگ، ۲۰۲۰).

در الگوی GTAP-E-Power، یک قیمت کربن بر سوخت‌های فسیلی وضع و اخذ می‌شود. در نتیجه، کربن منتشرشده توسط خانوار، بنگاه‌ها و دولت نیز مشمول قیمت کربن وضع شده هستند. بر این اساس، همه بخش‌های صنعتی بدون هیچ‌گونه امکان حذف صنایع هدفمند، مشمول مالیات کربن یا طرح مبادله آلاینده‌ها هستند.

برای مطالعه بیشتر در معادلات مدل GTAP، به فصل دوم کتاب هرتل^۱ (۱۹۹۷)، معادلات مربوط به پویایی‌های مدل، به فصل دوم کتاب ایانچوچینا و والمزلی^۲ (۲۰۱۲)، معادلات مدل GTAP-E، مقاله بورنیاکس و ترونک^۳ (۲۰۰۲) و مقاله مک دوگال و گلوب^۴ (۲۰۰۷)، و برای معادلات مدل GTAP-E-POWER، به مقاله پترز^۵ (۲۰۱۶) ارجاع داده می‌شود.

در این پژوهش برای حل مدل، از نرم افزار RunDynam استفاده شده است. این نرم‌افزار برای اجرای سیاست‌ها و پیش‌بینی‌ها با مدل‌های پویای بازگشتی و سایر مدل‌های پویای GTAP مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴. روش‌شناسی پژوهش

۴-۱. داده‌ها، مجموعه‌ها، تجمیع و سناریوها

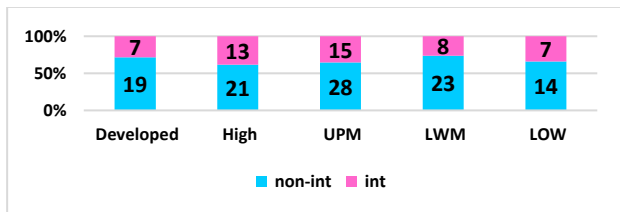
در این مطالعه، داده‌های مورد نیاز برای شبیه‌سازی از نسخه ۱۰ پایگاه داده GTAP گرفته شده است که در سال ۲۰۲۰ انتشار یافته و شامل ۱۴۱ منطقه و ۶۵ بخش است. سال ۲۰۱۴ به عنوان سال مبنا در نظر گرفته شده است. بر اساس اهداف پژوهش، ۱۴۱ منطقه به ۵ منطقه شامل کشورهای توسعه‌یافته (developed)، کشورهای با درآمد بالا (high)، کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط (upm)، کشورهای با درآمد پایین‌تر از متوسط (lwm) و کشورهای با درآمد پایین (low)، دسته‌بندی شده‌اند. این تقسیم‌بندی براساس درآمد سرانه و طبق تقسیم‌بندی ۲۰۲۱ بانک جهانی می‌باشد. ۶۵ بخش به ۱۴ بخش شامل کشاورزی، زغال‌سنگ، نفت، گاز، فرآورده‌های نفتی، صنعت با شدت انرژی پایین، صنعت با شدت انرژی بالا، توزیع و انتقال برق، الکتریسیته حاصل از زغال‌سنگ با بار پیک، الکتریسیته حاصل از نفت و گاز با بار پیک، الکتریسیته حاصل از تجدیدپذیر با بار پیک، الکتریسیته حاصل از زغال‌سنگ با بار پایه، الکتریسیته حاصل از نفت و گاز با بار پایه، الکتریسیته حاصل از انرژی‌های تجدیدپذیر با بار پایه و خدمات تجمیع شده است. مدل دارای ۵ عامل تولید است که عبارتند از: زمین، نیروی کار ماهر، نیروی کار غیرماهر، سرمایه و منابع طبیعی.

به منظور بررسی آثار مالیات کربن بر صنایع در مناطق مورد نظر، یک مجموعه سناریو برای هر منطقه اعمال شده است. این سناریوها براساس مطالعات گذشته و داده‌های جمع‌آوری شده در گزارش آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۲۱ انجام شده است. براساس این گزارش، اثرات سیاست بر گروه کشورها و شاخص‌های مورد نظر تا سال ۲۰۵۰ بررسی شد. سناریوهای ذکر شده که برای هر منطقه به صورت جداگانه اعمال شد، بدین شرح است:

براساس قیمت دی‌اکسیدکربن معرفی شده در گزارش آژانس بین‌المللی انرژی، کشورهای توسعه‌یافته که دارای اقتصادهای پیشرفته‌تری هستند، در سال ۲۰۵۰ به مالیات هدف به مقدار ۲۵۰

1. Hertel (1997)
2. Ianchovichina & Walmsley (2012)
3. Burniaux & Truong (2002)
4. McDougall & Golub (2007)
5. Peters (2016)
6. Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector

دلار در تن خواهند رسید. کشورهای با درآمد بالا مانند آمریکا که از اقتصادهای بزرگ دنیا محسوب می‌شود، مالیات ۲۰۰ دلار در تن و کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط مانند چین و روسیه، مالیات ۱۵۰ دلار در تن را عملی خواهند کرد. در کشورهای با درآمد کمتر از متوسط مانند ایران این مقدار، به ۱۰۰ دلار در تن در سال ۲۰۵۰ افزایش خواهد یافت. همچنین سطح مالیات در اقتصادهای با درآمد کم، از تمامی گروه‌ها پایین‌تر بوده و به میزان ۵۵ دلار در تن خواهد رسید.



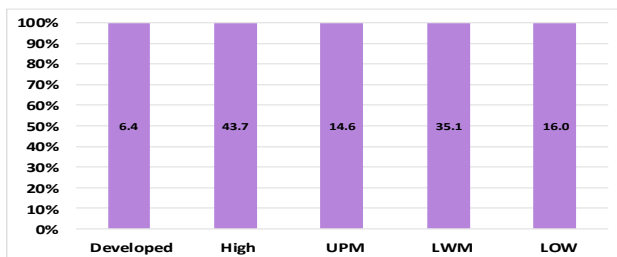
نمودار ۲: سهم بخش‌های انرژی‌بر و غیرانرژی‌بر از تولید ناخالص داخلی در هر گروه (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

در نمودار (۲)، سهم بخش‌های انرژی‌بر و غیرانرژی‌بر از تولید ناخالص داخلی مناطق آورده شده است. با مقایسه گروه کشورها با هم در بخش‌های انرژی‌بر و غیرانرژی‌بر متوجه می‌شویم که سهم این دو بخش در GDP کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط نسبت به سایر گروه‌ها بیشتر است. براساس جدول (۱)، میزان کربن منتشر شده از این دو بخش در این گروه بیش از سایر مناطق است و کارایی انرژی نیز در بالاترین میزان نسبت به سایر گروه‌ها قرار دارد. بعد از آن، در کشورهای با درآمد بالا، دو بخش انرژی‌بر و غیرانرژی‌بر در مجموع سهم بالاتری در GDP دارند. کمترین سهم بخش‌های انرژی‌بر و غیرانرژی‌بر در تولید ناخالص داخلی بین گروه‌ها، مربوط به کشورهای با درآمد کم است. این کشورها به لحاظ انتشار کربن نیز کمترین میزان را به خود اختصاص داده‌اند و کارایی انرژی در بخش غیرانرژی‌بر این کشورها کمتر از سایر مناطق است اما در بخش انرژی‌بر، دارای بالاترین میزان کارایی می‌باشند.

جدول ۱: آمار توصیفی به تفکیک بخش در هر گروه

متغیر	انتشار کربن (میلیون تن)		شدت انتشار کربن (کیلوگرم بر دلار)		کارایی انرژی	
	انرژی‌بر	غیرانرژی‌بر	انرژی‌بر	غیرانرژی‌بر	انرژی‌بر	غیرانرژی‌بر
توسعه یافته	۶۱۷	۳۲۸	۰.۱	۰.۰۲	۱۶.۹	۳۵۲.۹
درآمد بالا	۲۶۰.۵	۹۰.۵	۰.۲۱	۰.۰۵	۹	۱۳۸
درآمد بالاتر از متوسط	۲۳۳۵	۴۵۱.۳	۰.۳۲	۰.۰۳	۱۷.۱	۲۶۱.۲
درآمد کمتر از متوسط	۵۹۰	۱۱۵.۵	۰.۶۲	۰.۰۴	۹.۳	۱۷۵.۱
درآمد کم	۲۴.۱۴	۹.۰۷	۰.۳۶	۰.۰۷	۲۶	۱۳۷.۲

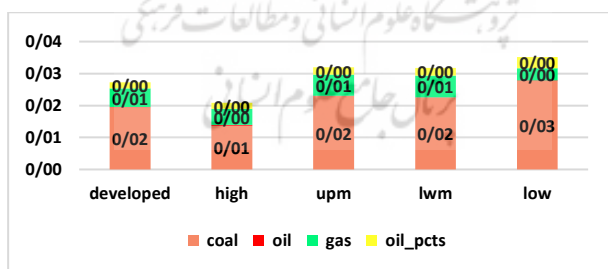
(مأخذ: یافته‌های پژوهش)



نمودار ۳: سهم سوخت‌های فسیلی از واردات در هر منطقه
(مأخذ: یافته‌های پژوهش)

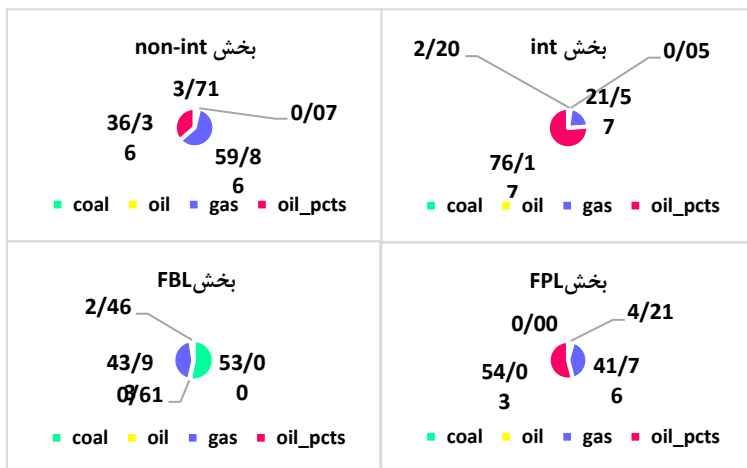
نمودار (۳)، سهم سوخت‌های فسیلی در واردات مناطق را نشان می‌دهد. بر این اساس، کشورهای با درآمد بالا در مقایسه با سایر گروه‌ها، سهم بیشتری از واردات خود را به سوخت‌های فسیلی اختصاص داده‌اند و بعد از آن، کشورهای با درآمد کمتر از متوسط با سهم ۳۵ درصدی از واردات قرار دارند. کشورهای توسعه‌یافته نیز با اختصاص تنها ۶ درصد از واردات خود به سوخت‌های فسیلی، کمترین میزان واردات این سوخت‌ها را نسبت به سایر گروه‌ها دارند.

نمودار (۴)، نشان دهنده مقدار کربن منتشر شده از سوخت‌های فسیلی در بخش‌های مختلف هر گروه است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بالاترین میزان کربن منتشر شده در تمام گروه‌ها متعلق به زغال‌سنگ است و در بین گروه‌ها، کشورهای با درآمد کم، بیشترین کربن منتشر شده از زغال‌سنگ را دارند. سپس گاز به عنوان دومین حامل انرژی با انتشار کربن بالا قرار دارد که در گروه کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط و توسعه‌یافته و با درآمد کمتر از متوسط، بیش از دو گروه با درآمد بالا و درآمد کم است. بعد از آن نیز فرآورده‌های نفتی قرار می‌گیرد. نفت با کمترین میزان کربن منتشر شده در رتبه آخر قرار دارد.



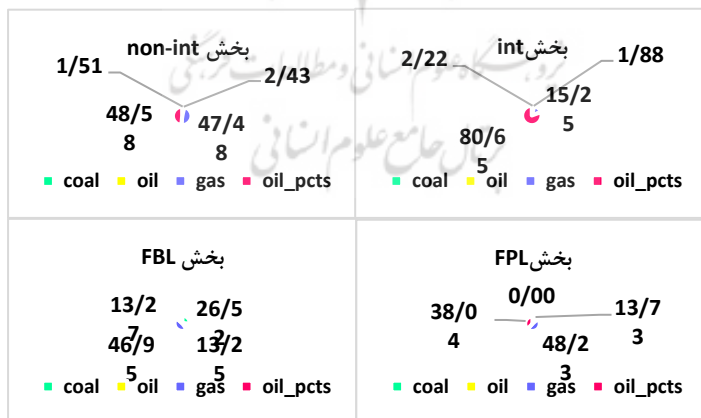
نمودار ۴: مقدار کربن منتشر شده از هر واحد سوخت فسیلی در هر گروه
(مأخذ: یافته‌های پژوهش)

در ادامه، نمودارهای ۵ تا ۹ سهم سوخت‌های فسیلی در بخش‌های انرژی‌بر، غیرانرژی‌بر و در تولید الکتریسیته حاصل از سوخت‌های فسیلی در بار پیک (FBL) و بار پایه (FPL) را برای مناطق نشان می‌دهد.



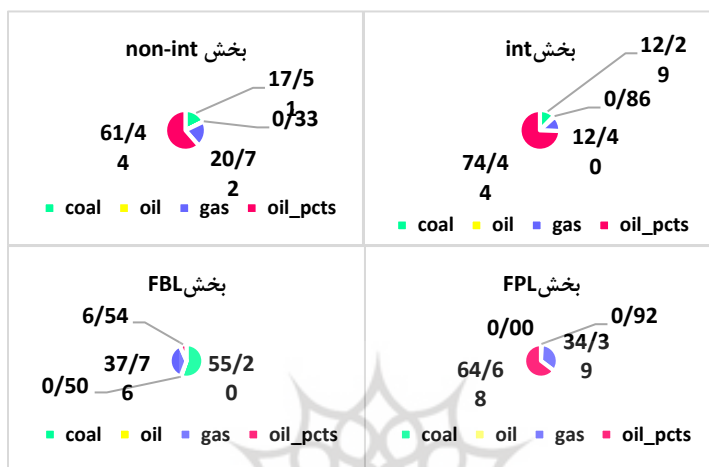
نمودار ۵: سهم هر سوخت از کل سوخت‌های فسیلی در بخش‌های گروه توسعه‌یافته
(مأخذ: یافته‌های پژوهش)

در نمودار (۵) که بر اساس داده‌های سال ۲۰۱۴ منطقه developed به‌دست آمده است، ملاحظه می‌شود که در بخش انرژی‌بر، فرآورده‌های نفتی و در بخش غیرانرژی‌بر، گاز بیشترین مصرف را در بین سوخت‌های فسیلی داشته است. برق تولیدی از سوخت‌های فسیلی در بار پیک (FPL)، فرآورده‌های نفتی بیشتر و در بار پایه (FBL)، زغال‌سنگ بیشتری مصرف کرده است.



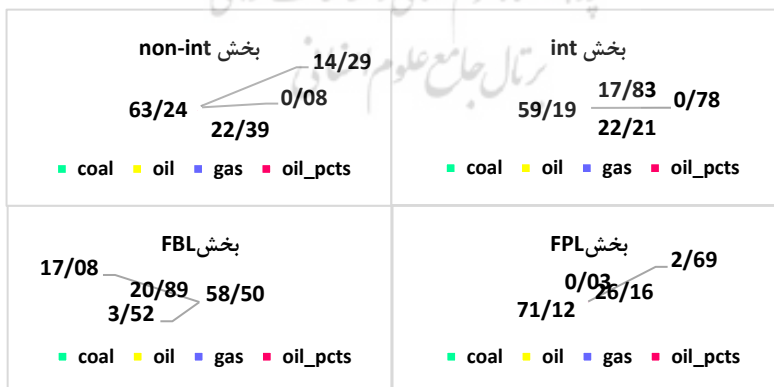
نمودار ۶: سهم هر سوخت از کل سوخت‌های فسیلی در بخش‌های گروه درآمد بالا
(مأخذ: یافته‌های پژوهش)

نمودار (۶)، نشان می‌دهد که در کشورهای با درآمد بالا در هر دو بخش انرژی‌بر و غیرانرژی‌بر، فرآورده‌های نفتی بالاترین مصرف را دارد و بعد از آن، گاز قرار دارد. برای تولید برق از سوخت‌های فسیلی در بار پیک و در بار پایه، گاز بیشترین مصرف را دارد.



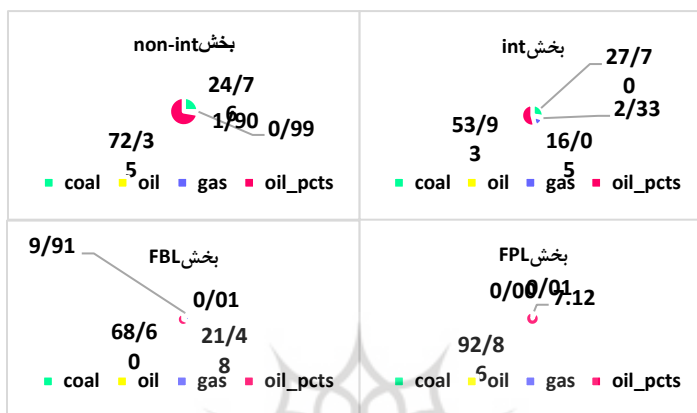
نمودار ۷: سهم هر سوخت از کل سوخت‌های فسیلی در بخش‌های گروه درآمد بالاتر از متوسط (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

بر اساس نمودار (۷)، می‌بینیم که در گروه با درآمد بالاتر از متوسط، فرآورده‌های نفتی با بیش از ۷۴ درصد، پرمصرف‌ترین سوخت فسیلی در بخش انرژی‌بر است. همچنین در بخش غیرانرژی‌بر و در تولید برق در بار پیک نیز بیشترین مصرف را دارد. برق تولیدی در بار پایه، بیشتر با مصرف زغال سنگ تأمین می‌شود. گاز نیز به عنوان دومین سوخت پرمصرف در این بخش است.



نمودار ۸: سهم هر سوخت از کل سوخت‌های فسیلی در بخش‌های گروه درآمد کمتر از متوسط (مأخذ: یافته‌های پژوهش)

برای گروه کشورهای با درآمد کمتر از متوسط که در نمودار (۸) نشان داده شده است، در بخش انرژی بر و غیرانرژی بر و در برق تولیدی از سوخت های فسیلی در بار پیک، فرآورده های نفتی بیشترین مصرف را نسبت به دیگر سوخت های فسیلی دارد و برای تولید برق در بار پایه زغال سنگ مصرف بالاتری دارد.

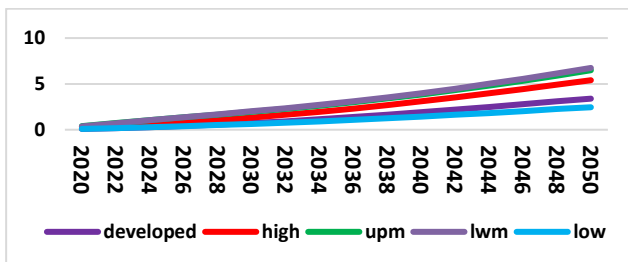


نمودار ۹: سهم هر سوخت از کل سوخت های فسیلی در بخش های گروه با درآمد کم (مأخذ: یافته های پژوهش)

براساس داده های مربوط به گروه با درآمد کم در نمودار (۹)، فرآورده های نفتی به عنوان پرمصرف ترین سوخت در بخش های انرژی بر، غیرانرژی بر و در برق تولید شده از سوخت های فسیلی در بار پایه (FBL) و در بار پیک (FPL) می باشد که با اختلاف زیادی در زمان پیک، بیش از ۹۰ درصد برق تولیدی، از فرآورده های نفتی تأمین می شود.

۵. یافته ها و نتایج

در این بخش، اثرات سناریوهای ذکر شده را بر شاخص های قیمت، واردات، صادرات و تولید بخش های انرژی بر و غیرانرژی بر در هر کدام از مناطق بررسی می کنیم. نتایج به صورت نمودارهایی در ادامه آورده شده است.

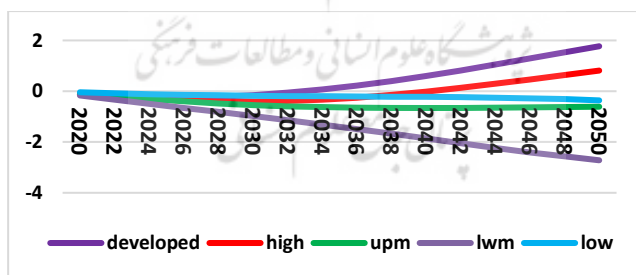


نمودار ۱۰: اثر مالیات کربن بر قیمت بازاری کالاهای بخش انرژی بر (مأخذ: یافته های پژوهش)

همان‌طور که انتظار می‌رود، با اعمال مالیات کربن، قیمت کالاهای با شدت انرژی بالا در تمام مناطق افزایش یافته است که به دلیل کاهش تقاضای سوخت‌های فسیلی و حامل‌های انرژی است. به این ترتیب، ابتدا کشورهای با درآمد کمتر از متوسط و با درآمد بالاتر از متوسط، افزایش قیمت بیشتری را تجربه می‌کنند، که در این مورد می‌توان گفت، از آنجایی که در کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط و درآمد کمتر از متوسط، سهم زغال‌سنگ در بخش صنعت با شدت انرژی بالا، نسبتاً بیشتر از دو گروه با درآمد بالا و توسعه‌یافته است و افزایش قیمتی که برای زغال‌سنگ بعد از اعمال مالیات اتفاق می‌افتد، بیش از سایر سوخت‌های فسیلی است، بنابراین، قیمت در بخش انرژی بر برای این دو گروه بیشتر افزایش می‌یابد.

بعد از آن، گروه کشورهای با درآمد بالا، توسعه‌یافته و در آخر با درآمد پایین قرار دارد. در این ارتباط می‌توان گفت، کشورهای با درآمد پایین به دلیل مالیات کربن کمتری که اعمال می‌شود، افزایش قیمت کمتری را تجربه می‌کنند؛ اما تنها قیمت مالیات کربن بر روی این مسئله اثرگذار نیست، چرا که کشورهای توسعه‌یافته، بالاترین شوک مالیات را تجربه می‌کنند؛ ولی میزان افزایش قیمت در آنها، تنها کمی بالاتر از کشورهای با درآمد پایین است.

می‌توان گفت به دلیل جایگزینی بیشتر و بهتری که برای سوخت‌های فسیلی در کشورهای توسعه‌یافته وجود دارد و همچنین فناوری پاک‌تری که نسبت به سایر کشورها دارند، افزایش قیمت بالایی در این گروه اتفاق نمی‌افتد. از طرفی، سهم واردات کشورها از سوخت‌های فسیلی، یکی از عوامل دیگری است که بر قیمت کالاهای با شدت انرژی بالا اثرگذار است. گروه کشورهای با درآمد پایین‌تر از متوسط، دومین گروه در واردات سوخت‌های فسیلی است. بنابراین، افزایش قیمت این سوخت‌ها بر قیمت کالاهای با شدت انرژی بالا، تأثیر مهمی می‌گذارد.

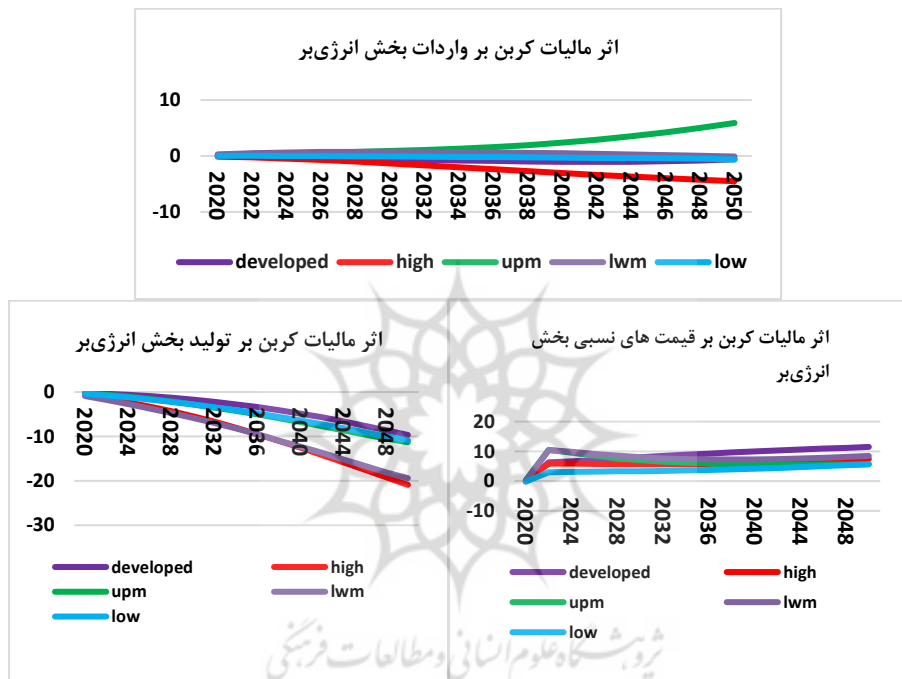


نمودار ۱۱: اثر مالیات کربن بر قیمت بازاری کالاهای بخش غیرانرژی‌بر

(مأخذ: یافته‌های پژوهش)

همان‌طور که مشاهده می‌شود، کاهش قیمت کالاهای با شدت انرژی پایین در گروه کشورهای با درآمد کمتر از متوسط، بیش از سایر کشورها اتفاق افتاده است. این مسئله به دلیل کاهش قیمت عوامل اولیه تولید و کالاهای واسطه رخ می‌دهد. از آنجایی که این گروه از واردکنندگان عمده سوخت‌های فسیلی محسوب می‌شود و بالاترین افزایش قیمت را در گروه کالاهای انرژی‌بر تجربه می‌کرد، بنابراین، با اعمال مالیات، کاهش قیمت بیشتری در کالاهای غیرانرژی‌بر اتفاق می‌افتد.

چهار گروه دیگر در سال‌های اولیه با شیب ملایمی در جهت کاهش پیش می‌روند؛ اما هر چه جلوتر می‌رویم در گروه کشورهای توسعه‌یافته و با درآمد بالا، روند صعودی در قیمت اتفاق می‌افتد. در توجیه این مسئله می‌توان گفت، از آنجایی که با اعمال مالیات کربن کالاهای غیرانرژی‌بر به دلیل قیمت پایین‌تر جایگزین کالاهای انرژی‌بر می‌شوند، بنابراین، در سال‌های منتهی به ۲۰۵۰ با افزایش تقاضا، شاهد افزایش قیمت در این گروه از کالاها هستیم.

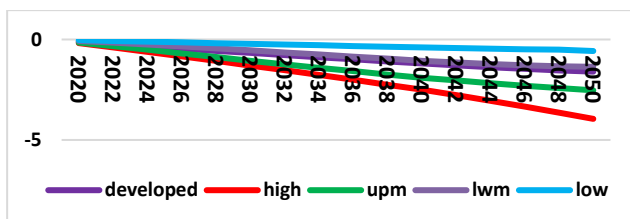


نمودار ۱۲: اثر مالیات کربن بر واردات، قیمت‌های نسبی و تولید بخش انرژی‌بر
(مأخذ: یافته‌های پژوهش)

از آنجایی که بعد از اجرای مالیات کربن، قیمت سوخت‌های فسیلی در مراحل اولیه افزایش یافته است، بنابراین، واردات آن به‌خصوص در سال‌های اولیه با کاهش روبرو خواهد شد؛ اما گروه کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط و پایین‌تر از متوسط، در سال‌های اولیه، اندکی افزایش را تجربه می‌کنند. کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط، با شیب صعودی، افزایش واردات در این بخش را تا سال ۲۰۵۰ در پیش می‌گیرند.

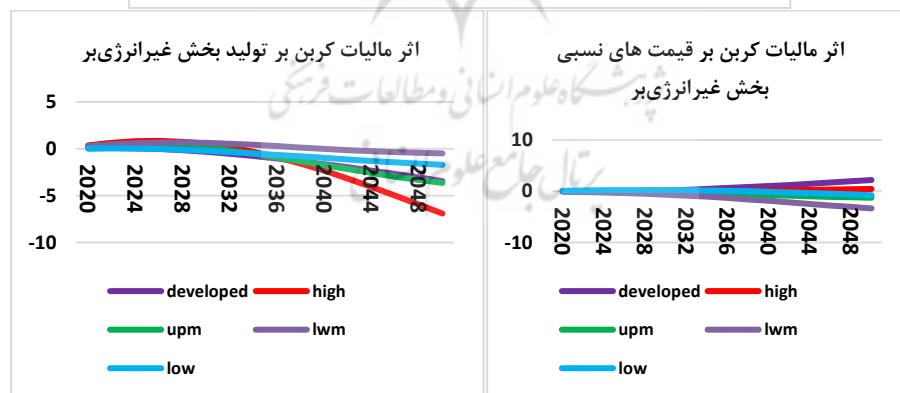
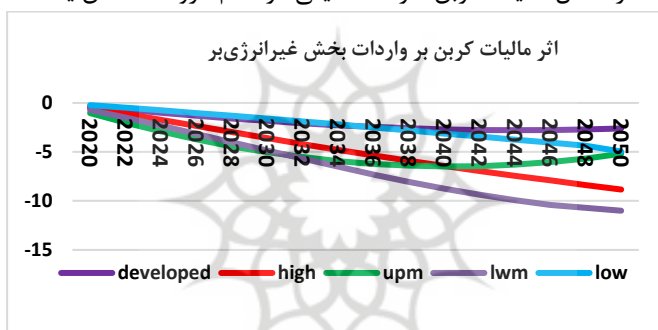
می‌توان گفت که با کاهش تولید، ممکن است واردات کاهش یابد، اما گاهی برای برطرف کردن نیاز داخلی، احتیاج به افزایش واردات است؛ ولی گروه با درآمد پایین‌تر از متوسط با شیب نزولی و در جهت کاهش واردات، این مسیر را ادامه می‌دهد، که بر اثر کاهش قیمت‌های نسبی در این گروه،

اتفاق می‌افتد. در مجموع با توجه به کاهش تولید در این بخش و کاهش درآمد حقیقی، به‌طور متوسط کاهش در واردات را مشاهده می‌کنیم.



نمودار ۱۳: اثر مالیات کربن بر درآمد حقیقی
(مأخذ: یافته‌های پژوهش)

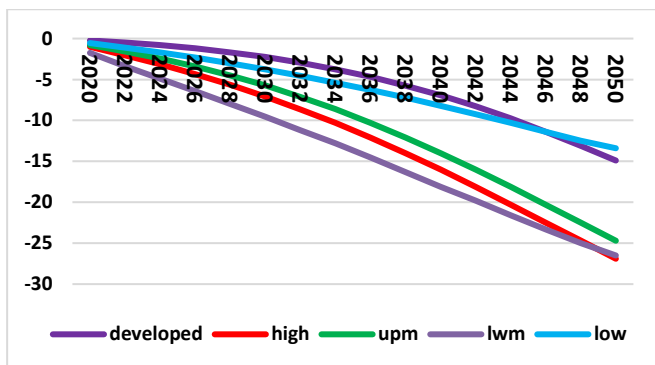
بعد از اعمال مالیات کربن، درآمد حقیقی در تمام گروه‌ها کاهش یافته است.



نمودار ۱۴: اثر مالیات کربن بر واردات، قیمت‌های نسبی و تولید بخش غیرانرژی
(مأخذ: یافته‌های پژوهش)

نمودار (۱۴)، نشان می‌دهد که واردات بخش با شدت انرژی پایین در تمام گروه‌ها کاهش یافته است. این اتفاق به این دلیل رخ می‌دهد که به‌طور متوسط، تولید در بخش با شدت انرژی پایین در

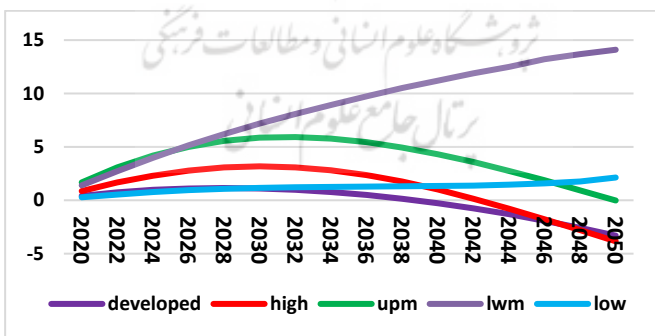
تمام گروه‌ها کاهش یافته است و با کاهش تولید، به کالاهای واسطه کمتری نیاز است و درآمد حقیقی نیز کاهش داشته است.



نمودار ۱۵: اثر مالیات کربن بر صادرات بخش انرژی بر

(مأخذ: یافته‌های پژوهش)

همان‌طور که در نمودار (۱۲) مشاهده شد، به دلیل کاهش تولید در بخش انرژی کشورهای با درآمد کمتر از متوسط، با درآمد بالا و بالاتر از متوسط، صادرات در این بخش، کاهش می‌یابد. از آنجایی که این کشورها صادرکننده عمده انرژی هستند، بنابراین، بیشترین تأثیر را از افزایش قیمت ناشی از مالیات می‌بینند. گروه‌های با درآمد پایین و توسعه‌یافته نسبت به سه گروه دیگر، کاهش کمتری در تولید تجربه می‌کنند و بنابراین، صادرات نیز کمتر کاهش می‌یابد.



نمودار ۱۶: اثر مالیات کربن بر صادرات بخش غیرانرژی بر

(مأخذ: یافته‌های پژوهش)

بعد از اجرای مالیات کربن، با افزایش صادرات در صنعت با شدت انرژی پایین مخصوصاً در سال‌های اولیه روبرو هستیم. این افزایش همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، در گروه کشورهای با درآمد کمتر از متوسط، بیش از سایر گروه‌ها است و تا سال ۲۰۵۰ به صورت صعودی ادامه دارد. از

آنجایی که قیمت نسبی کالاهای غیرانرژی بر در این گروه کاهش یافته است، بنابراین، قدرت رقابت‌پذیری در سطح بین‌المللی افزایش می‌یابد و منجر به افزایش صادرات می‌گردد. کشورهای با درآمد پایین نیز با شیب ملایمی این مسیر را در جهت افزایش تا سال ۲۰۵۰ طی می‌کنند که به دلیل کاهش با شیب کم در قیمت‌های نسبی اتفاق می‌افتد؛ اما سه گروه با درآمد بالاتر از متوسط و با درآمد بالا و توسعه‌یافته، ابتدا به صورت صعودی و پس از مدتی، با شیب نزولی پیش می‌روند که این اتفاق به دلیل کاهش در تولید بخش غیرانرژی بر و افزایش قیمت‌های نسبی رخ می‌دهد.

۶. نتیجه‌گیری

در این مطالعه، برای بررسی اثری که مالیات کربن بر صنایع کشورهای مختلف دارد، ابتدا کشورهای دنیا به ۵ منطقه براساس معیار بانک جهانی تجمیع شد و سپس سناریوهای سیاستی براساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی^۱ در هر منطقه اجرا گردید. برای مدل‌سازی، از یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه پویا استفاده شد تا بتوان به نتایج دقیق‌تری دست یافت و سپس با حل مدل، پیامدهای مهم صنعتی حاصل شد.

نتایج حاکی از آن است که اجرای مالیات کربن در تمامی مناطق، افزایش قیمت کالاهای با شدت انرژی بالا را به دنبال دارد. این یافته‌ها نتایج مطالعه مشهودی رجبی^۲ (۲۰۲۳) را تأیید می‌کند که نشان داد مالیات کربن در استرالیا، قیمت محصولات صنعتی را افزایش می‌دهد. قیمت کالاهای با شدت انرژی پایین در دو گروه توسعه‌یافته و با درآمد بالا، افزایش می‌یابد که با توجه به اینکه استرالیا از کشورهای با درآمد بالا است، بنابراین، مطالعه مشهودی رجبی (۲۰۲۳)، این نتایج را نیز پشتیبانی می‌کند؛ اما در سه گروه دیگر، شاهد کاهش قیمت کالاهای با شدت انرژی پایین هستیم.

براساس آنچه انتظار می‌رفت، تولید در بخش انرژی بر و غیرانرژی بر به‌طور متوسط کاهش می‌یابد. این نتایج توسط نونگ و همکاران (۲۰۲۱) پشتیبانی می‌شود که نشان داد، مالیات کربن سطح تولید را در تمامی بخش‌ها از جمله صنایع و بخش‌های انرژی بر در تمامی اقتصادها کاهش می‌دهد. همچنین یافته‌های ویسه و همکاران (۲۰۱۷) نیز با این نتایج مطابقت دارد. آنها بیان کردند که با اعمال مالیات کربن، تولید در کشورهای پردرآمد و کم‌درآمد کاهش می‌یابد.

واردات در بخش انرژی بر، بجز گروه کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط، برای سایر گروه‌ها کاهش می‌یابد. در این مورد می‌توان گفت، به دلیل اجرای مالیات کربن و کاهش تولید، برای رفع نیازهای داخلی، احتیاج به افزایش واردات است. بنابراین، شاهد افزایش واردات بعد از اجرای مالیات کربن در گروه با درآمد بالاتر از متوسط هستیم. واردات در بخش غیرانرژی بر نیز در تمام گروه‌ها کاهش یافت.

به دنبال افزایش هزینه‌ها پس از اعمال مالیات صادرات در بخش انرژی بر کاهش یافت و در بخش غیرانرژی‌بر، به طور متوسط افزایش یافت.

از آنجایی که در هر دو بخش انرژی‌بر و غیرانرژی‌بر، برای گروه با درآمد بالا، به طور متوسط با کاهش صادرات روبرو هستیم، بنابراین، یافته‌های این مطالعه نتایج چرنیوچان و نجار (۲۰۲۲) برای کانادا را که در گروه کشورهای با درآمد بالا قرار می‌گیرد، تأیید می‌کند. آنها در مطالعه خود، به این نتیجه رسیدند که مقررات زیست‌محیطی، حجم صادرات را کاهش می‌دهد؛ اما مطالعه خواستار و همکاران (۲۰۲۰)، نشان داد که مالیات کربن منجر به افزایش صادرات در فنلاند به عنوان کشوری توسعه یافته می‌شود. نتایج ما به طور متوسط، کاهش در صادرات صنایع انرژی‌بر و غیرانرژی‌بر را در گروه کشورهای توسعه یافته نشان می‌دهد.

از نتایج این پژوهش و مطالعاتی که تاکنون صورت گرفته است، می‌توان دریافت که آنچه در پیامدهای حاصل از اجرای مالیات کربن تعیین کننده است، منطقه و کشور اجرا کننده سیاست می‌باشد. اگرچه مطالعات مختلفی به بررسی اثر این سیاست در اقتصادهای مختلف پرداخته‌اند، اما تا جایی که می‌دانیم هیچ مطالعه‌ای معیار درآمد سرانه را در مدل سازی خود لحاظ نکرده بود. بر این اساس، سیاستگذاران با توجه به شرایط ملی و منطقه‌ای و با آگاهی از تأثیرات احتمالی سیاست، می‌توانند مفروضاتی را در طراحی و اجرای سیاست لحاظ کنند تا با کاهش اثرات منفی به شرایط کارآمد و مناسبی در اجرای مالیات کربن دست یابند. در این صورت، علاوه بر کاهش خسارت‌های زیست‌محیطی و اقتصادی، می‌توان از دستیابی به رشد اقتصادی و بهبود ساختار صنعتی نیز حمایت کرد؛ در حالی که در راستای اهداف توافق‌نامه‌های بین‌المللی، برای کاهش تغییرات آب و هوا نیز پیش می‌روند.

از جمله تعهدات بین‌المللی مهمی که در حال حاضر توسط اتحادیه اروپا و تعدادی از کشورهای دنیا برای کاهش بحران‌های آب و هوایی در پیش گرفته شده است، استراتژی انتشار خالص صفر است. نتایج به دست آمده در این پژوهش نیز در راستای اهداف انتشار خالص صفر می‌باشد. این تعهد، یک برنامه بلندمدت از سوی آژانس بین‌المللی انرژی با هدف دستیابی همه کشورها به منابع انرژی پاک و مقرون به صرفه برای تقویت رشد اقتصادی تا سال ۲۰۵۰ است.

بر اساس نتایج پژوهش، مشاهده شد که با توجه به تفاوت‌های مناطق، تأثیرات کلان اقتصادی در صنعت برای مناطق مختلف دنیا متفاوت خواهد بود. بنابراین، یکی از نکات مهم در تلاش برای رساندن انتشار گازهای گلخانه‌ای به صفر، توجه به تفاوت صنایع در کشورهای مختلف و اقدامات هماهنگ دولت‌ها با یکدیگر برای حمایت‌های فنی و مالی در جهت تسریع تحول انرژی پاک و رسیدن به اهداف تعهد است.

از آنجایی که مصرف انرژی عمدتاً به فعالیت‌های تولیدی مخصوصاً تولید از صنایع انرژی‌بر مرتبط است، بنابراین، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از صنعت نسبت به برخی از بخش‌های اقتصادی، زمان بیشتری می‌برد. بدین منظور، دولت‌ها باید برنامه‌های منظم و مشخصی را برای جذب سرمایه‌گذاری در بلندمدت ارائه نمایند تا بتوانند صنایع را در جهت استقرار کارآمدترین فناوری‌ها هدایت کنند. همچنین دولت‌هایی که به اجرای سیاست مالیات کربن می‌پردازند، می‌توانند با استفاده از درآمدهای مالیاتی جمع‌آوری شده، به تقویت نوآوری انرژی بپردازند. بنابراین، صناعی که از منابع انرژی کثیف به عنوان نهاده‌های تولیدی استفاده می‌کنند، با ارتقاء فناوری‌های تولید، علاوه بر کاهش هزینه‌های تولید، در تولید محصولات پاک تخصص می‌یابند.

برای مطالعات آینده، می‌توان براساس تجمیع صورت گرفته در این پژوهش، رقابت‌پذیری صنایع را مورد بررسی قرار داد. همچنین می‌توان برای کاهش اثرات منفی حاصل از مالیات، اثر برخی از سیاست‌های مکمل مانند بازیافت درآمد را بر صنایع بررسی کرد.

تضاد منافع

نویسندگان نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.



References

- Allan, G., Lecca, P., McGregor, P., & Swales, K. (2014). The economic and environmental impact of a carbon tax for Scotland: A computable general equilibrium analysis. *Ecological economics*, 100, 40-50. 10.1016/j.ecolecon.2014.01.012.
- An, Y., & Zhai, X. (2020). SVR-DEA model of carbon tax pricing for China's thermal power industry. *Science of the Total Environment*, 734, 139438. 10.1016/j.scitotenv.2020.139438.
- An, Y., Zhou, D., Wang, Q., Shi, X., & Taghizadeh-Hesary, F. (2022). Mitigating size bias for carbon pricing in small Asia-Pacific countries: Increasing block carbon tax. *Energy Policy*, 161, 112771. 10.1016/j.enpol.2021.112771.
- Balaghi inalo, Y., Nejati, M., Bahmani, M., & Jalaei, S. A. (2023). Economic and environmental effects of the trade access letter of Iran and the Eurasian Economic Union: GDyn-E characteristics. *Environmental Science and Technology*, 1(1), 141. [In Persian]
- Bouckaert, S., Pales, A. F., McGlade, C., Remme, U., Wanner, B., Varro, L., ... & Spencer, T. (2021). *Net Zero by 2050: A Roadmap for The Global Energy Sector*. International Energy Agency.
- Brockmeier, M. (2001). A graphical exposition of the GTAP model (No. 1236-2016-101374). 10.21642/GTAP.TP08.
- Burniaux, J. M., & Truong, T. P. (2002). GTAP-E: An energy-environmental version of the GTAP model. *GTAP Technical Papers*. 18. 10.21642/GTAP.TP16.
- Cao, J., Dai, H., Li, S., Guo, C., Ho, M., Cai, W., ... & Zhang, X. (2021). The general equilibrium impacts of carbon tax policy in China: A multi-model comparison. *Energy Economics*, 99, 105284. 10.1016/j.eneco.2021.105284.
- Chen, S. (2013). What is the potential impact of a taxation system reform on carbon abatement and industrial growth in China?. *Economic systems*, 37(3), 369-386. 10.1016/j.ecosys.2013.03.001.
- Chen, Q., Zha, D., & Salman, M. (2022). The influence of carbon tax on CO2 rebound effect and welfare in Chinese households. *Energy Policy*, 168, 113103. 10.1016/j.enpol.2022.113103.
- Cherniwchan, J., & Najjar, N. (2022). Do environmental regulations affect the decision to export?. *American Economic Journal: Economic Policy*, 14(2), 125-160. 10.1257/pol.20200290.
- Freire-González, J., & Ho, M. S. (2019). Carbon taxes and the double dividend hypothesis in a recursive-dynamic CGE model for Spain. *Economic Systems Research*, 31(2), 267-284. 10.1080/09535314.2019.1568969
- Fu, K., Li, Y., Mao, H., & Miao, Z. (2023). Firms' production and green technology strategies: The role of emission asymmetry and carbon taxes. *European Journal of Operational Research*, 305(3), 1100-1112. 10.1016/j.ejor.2022.06.024.

- Fu, M., Gu, L., Zhen, Z., Sun, M., & Tian, L. (2020). Optimal carbon tax income distribution and health welfare spillover effect based on health factors. *Applied Energy*, 276, 115475. 10.1016/j.apenergy.2020.115475.
- Guo, Y., & Qin, Z. (2023). Impact of carbon tax on energy sector segmentation under different closures: A case study of China via CGE model. *Energy Reports*, 9, 500-510. 10.1016/j.egy.2023.04.206.
- Hájek, M., Zimmermannová, J., Helman, K., & Rozenský, L. (2019). Analysis of carbon tax efficiency in energy industries of selected EU countries. *Energy Policy*, 134, 110955. 10.1016/j.enpol.2019.110955.
- Hertel, T. W. (1997). *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*. Cambridge university press. 10.1017/CBO9781139174688.
- Hertel, T. W., Peterson, E. B., Surry, Y., Preckel, P. V., & Tsigas, M. E. (1990). Implicit additivity as a strategy for restricting the parameter space in CGE models (No. 1974-2018-2312). 10.22004/ag.econ.270868.
- Hertel, T. W., & Tsigas, M. E. (1997). *Structure of GTAP. Global Trade Analysis: Modeling and Applications*. Cambridge University Press, 13-73.
- Hillebrand, E., & Hillebrand, M. (2023). Who pays the bill? Climate change, taxes, and transfers in a multi-region growth model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 104695. 10.1016/j.jedc.2023.104695.
- Hinterlang, N., Martin, A., Röhe, O., Stähler, N., & Strobel, J. (2022). Using energy and emissions taxation to finance labor tax reductions in a multi-sector economy. *Energy Economics*, 115, 106381. 10.1016/j.eneco.2022.106381.
- Hu, H., Dong, W., & Zhou, Q. (2021). A comparative study on the environmental and economic effects of a resource tax and carbon tax in China: Analysis based on the computable general equilibrium model. *Energy Policy*, 156, 112460. 10.1016/j.enpol.2021.112460.
- Hu, X., Yang, Z., Sun, J., & Zhang, Y. (2020). Carbon tax or cap-and-trade: Which is more viable for Chinese remanufacturing industry?. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118606. 10.1016/j.jclepro.2019.118606.
- Ismail, K., Lubwama, M., Kirabira, J. B., & Sebbit, A. (2023). Development of a sustainable low-carbon footprint for the Greater Kampala Metropolitan Area: The efficacy of a TIMES/CGE hybrid framework. *Energy Reports*, 9, 19-36. 10.1016/j.egy.2022.11.144.
- Ianchovichina, E., & Walmsley, T. L. (Eds.). (2012). *Dynamic Modeling and Applications for Global Economic Analysis*. Cambridge University Press.
- Jia, Z., Lin, B., & Liu, X. (2023). Rethinking the equity and efficiency of carbon tax: A novel perspective. *Applied Energy*, 346, 121347. 10.1016/j.apenergy.2023.121347.
- Khastar, M., Aslani, A., Nejati, M., Bekhrad, K., & Naaranoja, M. (2020). Evaluation of the carbon tax effects on the structure of Finnish industries: A computable general equilibrium analysis. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 37, 100611. 10.1016/j.seta.2019.100611.

- Kumbhakar, S. C., Badunenko, O., & Willox, M. (2022). Do carbon taxes affect economic and environmental efficiency? The case of British Columbia's manufacturing plants. *Energy Economics*, 115, 106359. 10.1016/j.eneco.2022.106359.
- Liang, Q. M., Fan, Y., & Wei, Y. M. (2007). Carbon taxation policy in China: How to protect energy-and trade-intensive sectors?. *Journal of Policy Modeling*, 29(2), 311-333. 10.1016/j.jpolmod.2006.11.001.
- Lin, B., & Jia, Z. (2018). The energy, environmental and economic impacts of carbon tax rate and taxation industry: A CGE based study in China. *Energy*, 159, 558-568. 10.1016/j.energy.2018.06.167.
- Lin, B., & Jia, Z. (2019). How does tax system on energy industries affect energy demand, CO2 emissions, and economy in China?. *Energy Economics*, 84, 104496. 10.1016/j.eneco.2019.104496.
- Liu, N., Yao, X., Wan, F., & Han, Y. (2023). Are tax revenue recycling schemes based on industry-differentiated carbon tax conducive to realizing the "double dividend"? *Energy Economics*, 106814. 10.1016/j.eneco.2023.106814.
- McDougall, R., & Golub, A. (2007). GTAP-E: A revised energy-environmental version of the GTAP model. *GTAP Research Memorandum*, 15.
- Mardones, C. (2022). Pigouvian taxes to internalize environmental damages from Chilean mining- A computable general equilibrium analysis. *Journal of Cleaner Production*, 362, 132359. 10.1016/j.jclepro.2022.132359.
- Matsumoto, S. (2022). How will a carbon tax affect household energy source combination?. *Energy Strategy Reviews*, 40, 100823. 10.1016/j.esr.2022.100823.
- Meng, X., & Yu, Y. (2023). Can renewable energy portfolio standards and carbon tax policies promote carbon emission reduction in China's power industry?. *Energy Policy*, 174, 113461. 10.1016/j.enpol.2023.113461.
- Najjar, N., & Chemiwan, J. (2021). Environmental regulations and the cleanup of manufacturing: plant-level evidence. *Review of Economics and Statistics*, 103(3), 476-491. 10.1162/rest_a_00904.
- Nong, D. (2020). Development of the electricity-environmental policy CGE model (GTAP-E-Powers): A case of the carbon tax in South Africa. *Energy Policy*, 140, 111375. 10.1016/j.enpol.2020.111375.
- Nong, D., Simshauser, P., & Nguyen, D. B. (2021). Greenhouse gas emissions vs CO2 emissions: Comparative analysis of a global carbon tax. *Applied Energy*, 298, 117223. 10.1016/j.apenergy.2021.117223.
- Ojha, V. P., Pohit, S., & Ghosh, J. (2020). Recycling carbon tax for inclusive green growth: A CGE analysis of India. *Energy Policy*, 144, 111708. 10.1016/j.enpol.2020.111708.
- O'Ryan, R., Nasirov, S., & Osorio, H. (2023). Assessment of the potential impacts of a carbon tax in Chile using dynamic CGE model. *Journal of Cleaner Production*, 403, 136694. 10.1016/j.jclepro.2023.136694.

- Peters, J. C. (2016). GTAP-E-Power: An electricity-detailed economy-wide model. *Journal of Global Economic Analysis*, 1(2), 156-187. 10.21642/JGEA.010204AF.
- Rajabi, M. M. (2023). Carbon tax accompanied by a revenue recycling increases Australia's GDP: A dynamic recursive CGE approach. *Journal of Cleaner Production*, 418, 138187. 10.1016/j.jclepro.2023.138187.
- Ross, M. T. (2018). The future of the electricity industry: Implications of trends and taxes. *Energy economics*, 73, 393-409. 10.1016/j.eneco.2018.03.022.
- Rustico, E., & Dimitrov, S. (2022). Environmental taxation: The impact of carbon tax policy commitment on technology choice and social welfare. *International Journal of Production Economics*, 243, 108328. 10.1016/j.ijpe.2021.108328.
- Shahbaz, M., Topcu, B. A., Sarigül, S. S., & Vo, X. V. (2021). The effect of financial development on renewable energy demand: The case of developing countries. *Renewable Energy*, 178, 1370-1380. 10.1016/j.renene.2021.06.121.
- Sinha, A. (2015). Modeling energy efficiency and economic growth: Evidences from India. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(1), 96-104
- Tan, R., & Lin, B. (2020). The influence of carbon tax on the ecological efficiency of China's energy intensive industries-A inter-fuel and inter-factor substitution perspective. *Journal of environmental management*, 261, 110252. 10.1016/j.jenvman.2020.110252.
- Tian, X., Dai, H., Geng, Y., Huang, Z., Masui, T., & Fujita, T. (2017). The effects of carbon reduction on sectoral competitiveness in China: A case of Shanghai. *Applied Energy*, 197, 270-278. 10.1016/j.apenergy.2017.04.026.
- Timilsina, G. R., Csordás, S., & Mevel, S. (2011). When does a carbon tax on fossil fuels stimulate biofuels?. *Ecological Economics*, 70(12), 2400-2415. 10.1016/j.ecolecon.2011.07.022.
- Trevino-Martinez, S., Sawhney, R., & Shylo, O. (2022). Energy-carbon footprint optimization in sequence-dependent production scheduling. *Applied Energy*, 315, 118949. 10.1016/j.apenergy.2022.118949.
- Turner, K., Alabi, O., Katris, A., & Swales, K. (2022). The importance of labour market responses, competitiveness impacts, and revenue recycling in determining the political economy costs of broad carbon taxation in the UK. *Energy Economics*, 116, 106393. 10.1016/j.eneco.2022.106393.
- Wang, T., Umar, M., Li, M., & Shan, S. (2023). Green finance and clean taxes are the ways to curb carbon emissions: An OECD experience. *Energy Economics*, 124, 106842. 10.1016/j.eneco.2023.106842.
- Wesseh Jr, P. K., Lin, B., & Atsagli, P. (2017). Carbon taxes, industrial production, welfare and the environment. *Energy*, 123, 305-313. 10.1016/j.energy.2017.01.139.
- Xu, C., Wang, C., & Huang, R. (2020). Impacts of horizontal integration on social welfare under the interaction of carbon tax and green subsidies. *International Journal of Production Economics*, 222, 107506. 10.1016/j.ijpe.2019.09.027.

- Xu, H., Pan, X., Li, J., Feng, S., & Guo, S. (2023). Comparing the impacts of carbon tax and carbon emission trading, which regulation is more effective?. *Journal of Environmental Management*, 330, 117156. 10.1016/j.jenvman.2022.117156.
- Zhai, M., Huang, G., Liu, L., Guo, Z., & Su, S. (2021). Segmented carbon tax may significantly affect the regional and national economy and environment-a CGE-based analysis for Guangdong Province. *Energy*, 231, 120958. 10.1016/j.energy.2021.120958.
- Zhang, Y., Jiang, S., Lin, X., Qi, L., & Sharp, B. (2023). Income distribution effect of carbon pricing mechanism under China's carbon peak target: CGE-based assessments. *Environmental Impact Assessment Review*, 101, 107149. 10.1016/j.eiar.2023.107149.
- Zhao, Y. H. (2011). The study of effect of carbon tax on the international competitiveness of energy-intensive industries: An empirical analysis of OECD 21 countries, 1992-2008. *Energy Procedia*, 5, 1291-1302. 10.1016/j.egypro.2011.03.225.
- Zhu, X., Zeng, A., Zhong, M., Huang, J., & Qu, H. (2019). Multiple impacts of environmental regulation on the steel industry in China: A recursive dynamic steel industry chain CGE analysis. *Journal of Cleaner Production*, 210, 490-504. 10.1016/j.jclepro.2018.10.350.

Carbon Tax and the Industrial Sector in Developed and Developing Countries A Dynamic General Equilibrium Model

Kolsoum Afshoun¹
Mehdi Nejati²
Abdul Majid Jalaie³
zeinolabedin sadeghi⁴

Received: 2024/1/20

Accepted: 2024/2/29

Aim and Introduction

Carbon tax is one of the most important policy tools in the field of energy, which is applied to the consumption, production or distribution of fossil energy, including oil products, coal, natural gas, etc. The purpose of carbon tax is to reduce economic and environmental effects caused by pollution by including environmental costs in the price of goods and services. This policy tool can bring positive economic and environmental consequences through changes in consumer and producer behavior. The purpose of this study is to investigate the effects of carbon tax on energy-intensive and non-energy-intensive industries in different regions of the world.

Methodology

Since a CGE model can describe the interactions between different factors in macroeconomic systems and examine the effects of a policy at the global level, therefore, a dynamic multi-regional CGE model has been used to better understand the policy effects.

Results and Discussion

The results show that the carbon tax in all scenarios leads to an increase in the price of goods with high energy intensity in all regions, and the price of goods with low energy intensity decreases, except in the group of developed and high-income countries. Production in the energy-intensive and non-energy-intensive sectors is facing an average decrease. Imports in the energy-intensive sector, except for the group of countries with higher-than-average income, will decrease for other groups, and in the non-energy-intensive sector as well.

Conclusion

To investigate the effect of carbon tax on the industries of different countries, first the countries of the world were grouped into 5 regions based on the criteria of the

-
1. Master of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. (This article is an extract from Ms. Kolsoum Afshoun Master's Thesis) E-mail: k_afshun@yahoo.com
 2. Associate Professor, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. (Corresponding Author) E-mail: mnejati@uk.ac.ir
 3. Professor, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. E-mail: jalaee@uk.ac.ir
 4. Associate Professor, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. E-mail: z_sadeghi@uk.ac.ir

World Bank and then 5 policy scenarios based on the report of the International Energy Agency were implemented in each region. For modeling, a dynamic calculable general equilibrium model was used in order to achieve more accurate results, and then important industrial consequences were obtained by solving the model. From the results of this research and the studies that have been carried out so far, it can be seen that what is decisive in the consequences of the implementation of the carbon tax is the region and the country implementing the policy.

Based on this, the policy makers, considering the national and regional conditions and being aware of the possible effects of the policy, can include assumptions in the design and implementation of the policy in order to achieve efficient and appropriate conditions in the implementation of the carbon tax by reducing the negative effects. Based on the results of the research, it was observed that due to the differences in the regions, the macroeconomic effects in the industry will be different for different regions of the world. Therefore, one of the important points in the effort to bring the emission of greenhouse gases to zero is to pay attention to the differences in industries in different countries and the coordinated actions of the governments with each other for technical and financial support in order to accelerate the transformation of clean energy and reach the commitment goal. Since energy consumption is mainly related to production activities, especially production from energy-intensive industries, reducing greenhouse gas emissions from industry takes more time than some economic sectors. For this purpose, governments should present regular and specific programs to attract investments in the long term so that they can guide industries in the direction of deploying the most efficient technologies. The governments that implement carbon tax policies can also use the collected tax revenues to strengthen energy innovation. Therefore, industries that use unclean energy sources as production inputs, by upgrading production technologies, in addition to reducing production costs, can specialize in producing clean products.

Keywords: Carbon Tax, Industry, Developing Countries, Developed Countries, CGE Model

JEL Classification: C68, H23, P18