

بررسی اثر شدت فرآورده های نفتی، مصرف نفتگاز و تولید ناخالص داخلی بر انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل ایران

مهدی رستمی

استادیار گروه اقتصاد و مدیریت انرژی، دانشگاه صنعت نفت (نویسنده مسئول)

mrostami@put.ac.ir

تارخ بحدرو

کارشناس ارشد اقتصاد نفت و گاز، دانشگاه صنعت نفت

tarokhbahrdo@gmail.com

چکیده

تاریخ دریافت:

۱۴۰۰/۷/۲۴

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۱/۱۰/۱۸

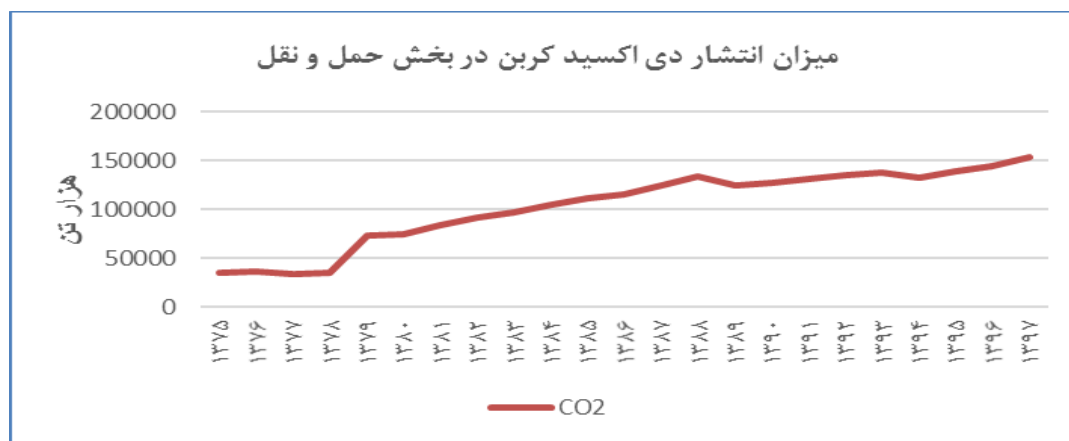
کلمات کلیدی:

انتشار گاز دی اکسید کربن،
بخش حمل و نقل،
شدت فرآورده،
مدل خود توضیح برداری با
وقفه های توزیعی
(ARDL).

پژوهش حاضر علاوه بر بررسی تاثیر تولید ناخالص داخلی و مقدار مصرف نفت گاز بعنوان بزرگترین فرآورده مورد مصرف در بخش حمل و نقل ایران، با معرفی شدت فرآورده های نفتی (نسبت مصرف فرآورده های نفتی به تولید ناخالص داخلی)، اثر آن را در انتشار دی اکسید کربن در این بخش بررسی نموده است. برای سنجش و تجزیه و تحلیل تاثیر متغیرهای مزبور از مدل خود توضیح برداری با وقفه های توزیعی (ARDL) بین سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۷ استفاده شده است. نتایج حاصل از برآورد مدل نشان می دهد که در بلندمدت، متغیرهای میزان مصرف نفتگاز، شدت فرآورده و تولید خالص داخلی سرانه به ترتیب بیشترین تاثیر را بر میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل در ایران دارند. در حالی که در کوتاه مدت شدت فرآورده تاثیر معناداری بر انتشار کربن نداشته و تولید خالص داخلی سرانه و میزان مصرف نفتگاز اهمیت بیشتری داشته اند. توجه سیاستگذاران به بهبود کیفیت نفتگاز و جایگزینی آن با سوخت های پاک، کاهش شدت مصرف فرآورده از طریق بهبود تکنولوژی ساخت خودروهای سنگین و نو سازی ناوگان می تواند به کاهش انتشار دی اکسید کربن و سایر آلاینده های زیست محیطی در بخش حمل و نقل ایران کمک کند.

۱. مقدمه

استفاده روز افزون از فراورده های نفتی در بخش حمل و نقل منجر به انتشار گازهای گلخانه ای در این بخش شده است که این امر نگرانی هایی در خصوص تغییر اقلیم ایجاد کرده است. در سال ۲۰۲۰ بیش از ۲۳ درصد انتشار گازهای گلخانه ای دنیا توسط بخش حمل و نقل و مصرف انواع حامل های انرژی در آن بخش ایجاد شده است (آژانس بین المللی انرژی^۱، ۲۰۲۱). ایران نیز به استناد آمار های بین المللی بعد از کشورهای چین، آمریکا، هند، روسیه و ژاپن در رتبه ششم بیشترین انتشار کربن قرار دارد (Statistica, ۲۰۲۱). در سال ۱۳۹۷ بخش حمل و نقل حدود ۲۶٪ کل انرژی در ایران را مصرف کرده که پس از بخش خانگی - تجاری و تقریباً معادل بخش صنعت بعنوان دومین بخش پر مصرف انرژی کشور محسوب می شود. همچنین، این بخش ۶۵/۵ درصد مصرف فرآورده های نفتی کشور، یعنی ۳۰۵/۳ میلیون بشکه معادل نفت خام را در سال ۱۳۹۷ به خود اختصاص داده است. علاوه بر این، بخش حمل و نقل بیشترین سهم از انتشار انواع گازهای آلاینده را در بین بخش های مختلف اقتصادی کشور دارد، به طوریکه در سال ۱۳۹۷، حدود ۲۴/۲ درصد از دی اکسید کربن بعنوان بزرگترین الوده کننده هوا از این بخش متصاعد شده است. بخش حمل و نقل در سال مزبور، معادل ۵۰ درصد الوده کننده های SO_2 و NO_x را هم منتشر کرده است (آمار و نمودارهای انرژی ایران و جهان، ۱۳۹۷). نمودار ۱ روند انتشار دی اکسید کربن را طی دوره مطالعه نشان می دهد.



نمودار ۱: روند انتشار گاز دی اکسید کربن برای دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۷

منبع: یافته های تحقیق

بخش حمل و نقل جزو بخش های پرمصرف انرژی بوده و همچنین بزرگترین انتشار دهنده گاز دی اکسید کربن در ایران است. بنابراین، در جهت کاهش آلودگی های زیست محیطی و بهبود کارایی مصرف انرژی در بخش حمل و نقل، توجه ویژه به عوامل موثر بر انتشار آلودگی در این بخش ضروری است. تحقیق حاضر ضمن بررسی تاثیر مهمترین عوامل موثر بر انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل ایران، توصیه های سیاست گذاری و راه حل هایی برای کاهش انتشار آن با توجه به یافته های پژوهش برای بخش حمل و نقل ارائه خواهد کرد. در ادامه به معرفی ادبیات موضوع شامل مبانی نظری و مطالعات تجربی می پردازیم. بخش سوم شامل روش شناسی و معرفی داده هاست. در بخش چهارم نتایج تخمین مدل تحقیق تجزیه و تحلیل می شود و در پایان نتایج مطالعه حاضر و پیشنهادات سیاستی ارائه می گردد.

۲. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

^۱International Energy Agency (IEA)

مبانی نظری

همه فعالیت‌های تولیدی و خدماتی برای تامین مواد اولیه و عرضه محصولات به صورت‌های مختلفی به حمل و نقل نیاز دارند، بنابراین رشد اقتصادی به صورت مستقیم به توسعه بخش حمل و نقل وابسته است و تحت تأثیر میزان توسعه و کارایی بخش حمل و نقل است. اما از طرف دیگر، حمل و نقل با استفاده از سوخت‌های فسیلی دارای تبعات منفی همانند تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف این سوخت هاست.

مطالعات پیشین زیادی در خصوص تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای مختلف انجام شده است که مهمترین این مطالعات منحنی زیست محیطی کوزنتس است. بر اساس منحنی کوزنتس (EKZ)، در مراحل اولیه فرآیند توسعه یافتگی و رشد اقتصادی با توجه به ارجحیت نسبتاً زیاد تولید ملی و سطح اشتغال به محیط زیست پاک، افزایش استفاده از منابع طبیعی و رشد مصرف انرژی برای رسیدن به رشد اقتصادی بالا می‌تواند به انتشار آلودگی منجر شود. در این مرحله با توجه به درآمد سرانه پایین، بنگاه‌های اقتصادی قادر به تأمین مالی هزینه‌های کاهش آلودگی نیستند و به نوعی آثار محیط زیستی رشد اقتصادی مورد توجه قرار نمی‌گیرند. اما در مرحله بعدی فرآیند توسعه یافتگی و پس از افزایش درآمد ملی، توجه به وضعیت محیط زیست از اهمیت و ارزش بیشتری برخوردار می‌شود و شاخص‌های انتشار آلودگی محیط زیست کاهش می‌یابد (برقی اسکویی، ۱۳۸۷).

پیشینه تحقیق

با بررسی ادبیات موضوع مرتبط می‌توان دو دسته از مطالعات را تشخیص داد. در گروه اول عمدتاً تاثیر تولید ناخالص داخلی (یا رشد اقتصادی) بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای مختلف بررسی شده است. اما در گروه دوم بطور خاص، محققین در مورد عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در بخش حمل و نقل تمرکز کرده اند.

تاثیر تولید ناخالص داخلی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کلان اقتصادی

کوهرلر^۲ (۲۰۱۳) با استفاده از یک مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی به بررسی روابط میان درآمد و تجارت خارجی با انتشار دی‌اکسید کربن برای کشورهای جنوبی آفریقا پرداخته است. در این تحقیق داده‌ها در حد فاصل سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۹ برای تصریح مدل به کار برده شده اند. در این تحقیق نشان داده شده است که یک رابطه قوی بلند مدت میان درآمد (رشد اقتصادی) و انتشار دی‌اکسید کربن وجود دارد. در حالی که نمی‌توان با اطمینان در باره وجود چنین رابطه‌ای برای میزان تجارت خارجی و انتشار کربن نظر داد.

کیس و سامی^۳ (۲۰۱۶) در مقاله خود به بررسی رشد اقتصادی و مصرف انرژی و تاثیرات آنها بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن پرداخته اند. در این تحقیق که برای ۵۸ کشور و بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۲ انجام شده است، از روش پانل گشتاورهای تعمیم یافته (GMM) برای بررسی میزان اثرات استفاده شده است. یافته‌های آن‌ها حاکی از آن است که رشد تولید ناخالص داخلی تنها در کشورهای حوزه‌ی امریکای لاتین سبب کاهش انتشار دی‌اکسید کربن شده است و در بقیه‌ی قاره‌ها اثر افزایشی داشته است. مصرف انرژی نیز در تمام موارد مورد مطالعه اثر مثبتی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد. دونگ و همکاران^۴ (۲۰۱۸) با برآورد یک مدل پانل گشتاورهای تعمیم یافته (GMM) به بررسی اثر تولید ناخالص داخلی سرانه، شدت انرژی و رشد جمعیت بر روی انتشار دی‌اکسید کربن پرداخته اند. نتایج این تحقیق نیز نشان می‌دهد که رشد جمعیت و رشد تولید ناخالص داخلی سبب افزایش انتشار دی‌اکسید کربن شده است، در حالی که بهبود کارایی انرژی سبب کند شدن انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. این تحقیق همچنین نشان می‌دهد که اثر افزایش تولید ناخالص داخلی در

^۲ Kohler, (۲۰۱۳)

^۳ Kais & Sami (۲۰۱۶)

^۴ Dong et al. (۲۰۱۸)

کشورهای ثروتمندتر بر روی انتشار دی اکسید کربن بیشتر از کشورهای دیگر است. انور و همکاران^۵ (۲۰۲۰) با تخمین یک مدل پنل با اثر ثابت برای کشورهای خاور دور بین سالهای ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ نشان دادند که رشد اقتصادی، شهرنشینی و آزادی تجاری بطور قابل توجهی تعیین کننده انتشار دی اکسید کربن در این کشورها هستند. ثاقب و بن همداد^۶ (۲۰۲۱) در یک تحلیل متا و استفاده از ۱۰۱ مقاه چاپ شده بین سال های ۲۰۰۶-۲۰۱۹ نتیجه گرفتند که بطور کلی یافته های این تحقیقات از فرضیه محیط زیستی کوزنتس پشتیبانی می کنند. در مطالعات داخلی، درگاهی و بهرامی غلامی (۱۳۹۰) به بررسی عوامل انتشار دی اکسید کربن در دو گروه کشورهای توسعه یافته و کشورهای عضو اوپک بین سالهای ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۴ پرداخته اند. آن ها در این تحقیق که به صورت پانل انجام شده است تاثیر تولید ناخالص داخلی، سهم تولیدات کارخانه ای از تولید ناخالص داخلی، سهم تجارت از تولید ناخالص داخلی و شدت انرژی را بر انتشار گاز دی اکسید کربن را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان می دهد که تولید ناخالص داخلی، سهم تولیدات کارخانه ای از تولید ناخالص داخلی و شدت انرژی باعث افزایش انتشار گاز دی اکسید کربن می شوند در حالی که سهم تجارت خارجی از تولید ناخالص داخلی اثر منفی بر انتشار گاز دی اکسید کربن دارد.

فلاحی و حکمتی فرید (۱۳۹۲) به بررسی اثرات درآمد سرانه داخلی حقیقی، سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی و شدت انرژی بر روی انتشار گاز دی اکسید کربن بین سال های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۶ به صورت روش پانل و برای تمامی استان های ایران پرداخته اند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که یک رابطه بلند مثبت و معنادار بین انتشار گاز کربن دی اکسید و درآمد سرانه داخلی حقیقی، سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی و شدت انرژی وجود دارد و اثر شدت انرژی بیشتر از سایر عوامل بوده است. در حالی که سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی کمترین تاثیر را دارا میباشد.

تمیزی (۱۳۹۴) با استفاده از روش میانگین گیری مدل بیزینی نشان داد که بین سال های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴ برای ۵۵ کشور در حال توسعه، فرضیه زیست محیطی کوزنتس مبنی بر وجود رابطه U معکوس بین رشد اقتصادی و الودگی محیط زیست وجود دارد. رفیعی و همکاران (۱۳۹۶) ارتباط بین انتشار بین دی اکسید کربن و مصرف انرژی بین سالهای ۱۳۵۷-۱۳۹۳ در ایران را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که ارتباط مثبت و معناداری بین مصرف انرژی و انتشار الودگی هم در کوتاه مدت و هم در بلند مدت وجود دارد. بهرامی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از روش رگرسیون فازی مشخص کردند که تولید ناخالص داخلی، توسعه مالی و درجه باز بودن تجارت تأثیر مثبتی بر انتشار گاز دی اکسید کربن دارند.

عوامل مؤثر بر انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل

یانگ و دیگران^۷ (۲۰۱۵) به بررسی اثرات جنبه های اجتماعی- اقتصادی حمل و نقل بر انتشار دی اکسید کربن در مناطق چین پرداخته اند. در این تحقیق که داده های بین سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ را در بر می گیرد، محققان با استفاده از روش پنل اثر ثابت دوطرفه به این نتیجه رسیده اند که حمل نقل عمومی شهری مهم ترین تاثیر را بر انتشار گاز دی اکسید کربن در چین دارد در حالی که مالکیت خودرو تاثیر معناداری در انتشار گاز دی اکسید کربن در چین ندارد.

خرباش و کفادی^۸ (۲۰۱۷) به بررسی عوامل مؤثر بخش حمل و نقل بر روی انتشار دی اکسید کربن در مراکش پرداخته اند. این مقاله با استفاده از روش VECM بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ نشان داده است که یک رابطه بلند مدت مثبت بین مصرف گازوئیل در بخش حمل و نقل و انتشار دی اکسید کربن وجود دارد.

^۵ Anwar et al. (۲۰۲۰)

^۶ Saqib & Binhmad (۲۰۲۱)

^۷ Yang et al (۲۰۱۵)

^۸ Kharbach & Chfadi (۲۰۱۷)

دانش و همکاران^۹ (۲۰۱۸) تاثیر مصرف انرژی در بخش حمل و نقل بر انتشار دی اکسید کربن در پاکستان را مدل سازی کردند و مشخص کردند که افزایش مصرف انرژی بطور چشمگیری بر تولید دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل دارد اما رشد اقتصادی و شهرنشینی تاثیر چندانی بر این انتشار نداشته اند. دانش و همکاران^{۱۰} (۲۰۲۰) از داده های بخشهای حمل و نقل مسافری و باری در تست فرضیه کوزنتس در امریکا را طی سالهای ۲۰۰۰-۲۰۱۹ استفاده کردند و نشان دادند که در بلند مدت سیاستهای زیست محیطی مناسب در بخش حمل و نقل موجب کاهش انتشار دی اکسید کربن شده است. این مطالعه نظریه کوزنتس را در بخش حمل و نقل امریکا تایید نمود. نهایتا سهیل و همکاران^{۱۱} (۲۰۲۱) نشان دادند که در کوتاه مدت و بلند مدت حمل و نقل هوایی و ریلی اثرات نامتقارنی بر انتشار دی اکسید کربن دارند. در حالی که در بلند مدت هر دو بخش تاثیر مثبتی بر انتشار الودگی دارند، در کوتاه مدت این تاثیر نامتقارن است و بخش ریلی نسبت به بخش هوایی اثر بیشتری بر انتشار دی اکسید کربن داشته است.

در مطالعات داخل ایران، ناجی و داودی (۱۳۹۴) تاثیر رشد اقتصادی، رشد جمعیت، تغییرات ساختاری، ضریب انتشار، شدت انرژی، ترکیب سوخت، شیوه حمل و نقل و قیمت بر انتشار ترکیبات کربن ناشی از مصرف انرژی در زیر بخش های جاده ای، ریلی و هوایی را مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که رشد اقتصادی و قیمت ارزان سوخت، بیشترین تاثیر را بر انتشار الودگی در بخش حمل و نقل دارد. مهدوی و همکاران (۱۳۹۸) عوامل موثر بر انتشار دی اکسید کربن و تفاوت انتشار در بخش حمل و نقل استانهای مختلف ایران را مطالعه کردند. نتایج این بررسی نشان داد که شهرنشینی، شدت انرژی و تولید، اثر مثبت و معناداری بر انتشار کربن در بخش حمل و نقل دارد و هر چه به سمت چندکهای بالای انتشار دی اکسید کربن حرکت کنیم، اثر شدت انرژی و تولید افزایش یافته و اثر شهرنشینی کاهش می یابد.

بطور خلاصه، در حالی که مطالعات پیشین عمدتا بر تاثیر رشد اقتصادی در انتشار دی اکسید کربن در کل اقتصاد تمرکز کرده اند و یا به تاثیر عوامل خاص بخش حمل و نقل همانند تعداد خودرو، مالکیت وسیله نقلیه و یا نوع سوخت بر انتشار الودگی پرداخته اند، تعداد معدودی از مطالعات وجود دارند که تاثیر تولید ناخالص داخلی و شدت انرژی را در بخش حمل و نقل مطالعه کرده اند. تحقیق حاضر علاوه بر بررسی اثر تولید ناخالص داخلی و مقدار مصرف نفت گاز بعنوان بزرگترین فرآورده مورد مصرف در بخش حمل و نقل، با معرفی شدت فرآورده های نفتی (نسبت مصرف فرآورده های نفتی به تولید ناخالص داخلی)، طی ۲۲ سال اخیر، اثر آنها را در انتشار دی اکسید کربن در این بخش بررسی نموده است.

۳. روش تحقیق

مدل خود رگرسیونی با وقفه های توزیعی (ARDL)

الگوی خودرگرسیونی با وقفه های توزیعی توسط هاشم پسران و همکاران^{۱۲} در سال (۱۹۹۶) برای تعیین رابطه هم انباشتگی میان متغیرها ارائه شده است. هم انباشتگی وجود دارد اگر دو یا چند متغیر سری زمانی براساس مبانی نظری با هم دیگر ارتباط داشته باشند و همگی نامانا بوده و در طول زمان همدیگر را دنبال کنند به گونه ای که تفاضل بین آنها مانا باشد. زمانی که هم انباشتگی مجموعه ای از متغیرهای مورد بررسی در مدل بر اساس آزمون های لازم، تایید شود در این حالت میان متغیرهای مدل یک رابطه بلندمدت برقرار است. برای بررسی روابط کوتاه مدت و بلندمدت بین متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی می توان از الگوی خودرگرسیون برداری با وقفه های توزیعی استفاده کرد. الگوی پویا الگویی است که در آن وقفه متغیرها همانند رابطه زیر وارد شوند:

^۹ Danish et al. (۲۰۱۸)

^{۱۰} Danish et al. (۲۰۲۰)

^{۱۱} Sohail et al. (۲۰۲۱)

^{۱۲} Pesaran et al., ۱۹۹۶

$$Y_t = aX_t + bX_{t-1} + cY_{t-1} + U_t \quad (۱)$$

برای کاهش تورش مربوط به برآورد ضرایب الگو در نمونه‌های کوچک، بهتر است تا حد امکان از الگویی استفاده شود که تعداد وقفه‌های زیادی برای متغیرها، همانند رابطه زیر در نظر گرفته شود.

$$\varphi(L, P)Y_t = \sum_{i=1}^k b_i(L, q_i)X_{it} + CW_t + U_t \quad (۲)$$

الگوی فوق شامل روابط زیر است:

$$\varphi(L, P) = 1 - \varphi_1 L - \varphi_2 L^2 - \dots - \varphi_p L^p \quad (۳)$$

$$(L, q_i) = b_i + b_{i1}L + \dots + b_{iq}L^q \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (۴)$$

که در آن: L عملگر وقفه، W بردارهایی از متغیرهای عرض از مبدأ، متغیرهای مجازی، روند زمانی یا متغیرهای برون‌زا با وقفه ثابت، K تعداد متغیرهای توضیحی به کار گرفته شده در الگو، P تعداد وقفه بهینه مربوط به متغیر وابسته در الگو، Q تعداد وقفه بهینه مربوط به هر یک از متغیرهای توضیحی می‌باشد (لطفعلی پور و همکاران، ۱۳۹۱). در حالی که در روش جوهانسون-جوسیلیوس برای تعیین هم انباشتگی از طریق آزمون هم انباشتگی متغیرها باید با متغیرهای هم مرتبه هم انباشته باشند، در مدل $ARDL$ بدون توجه به اینکه متغیرها $I(0)$ یا $I(1)$ هستند می‌توانند به کار گرفته شوند.

در تحقیق حاضر از مدل خود توزیعی رگرسیون با وقفه‌های تعیین شده برای بررسی رابطه‌ی بلندمدت و کوتاه‌مدت میان متغیرها استفاده شده است. گام اول در مدل $ARDL$ ، تخمین مدل پویا با وقفه‌های بهینه است تا وجود یا عدم وجود هم انباشتگی بین متغیرها مشخص شود. در صورت معنادار بودن مدل پویا، در گام دوم، براساس مطالعه پسران و همکاران^{۱۳} (۲۰۰۱)، ضرایب رابطه بلندمدت بین متغیرها تخمین زده شده و معناداری مدل با آزمون کرانه F سنجش می‌شود. مرحله سوم تخمین ضرایب مدل تصحیح خطا یا تفاضل مرتبه اول متغیرهای مدل $ARDL$ است که کشش‌های کوتاه‌مدت را نشان می‌دهند.

۴. مدل و داده‌های مورد استفاده

با مرور ادبیات تحقیق و داده‌های موجود و تخمین مدل‌های مختلف، نهایتاً مدل تحقیق حاضر به شکل ذیل انتخاب شد:

$$LCO_2 = f(LGDPC, LEIP, LGC) \quad (۵)$$

که در آن:

LCO_2 : لگاریتم انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در سال (براساس تن) در بخش حمل و نقل است. داده‌های انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از ترازنامه انرژی مربوط به سال‌های مختلف که آخرین آن سال ۱۳۹۷ می‌باشد استخراج شده است. از آنجا که دسترسی به این داده‌ها برای سال‌های بیشتر امکان‌پذیر نبود به اجبار از سال ۱۳۷۵ این داده‌ها آماده شده است.

$LGDPC$: لگاریتم تولید ناخالص داخلی که به صورت سرانه و هزار ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۹۵ بیان شده است. داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی، از بانک اطلاعاتی مرکز امار ایران استخراج شده است.

$LEIP$: لگاریتم شدت مصرف فراورده‌های نفتی در بخش حمل و نقل ایران که به صورت میلیون بشکه معادل نفت خام به ازای میلیون ریال تولید ناخالص داخلی محاسبه شده است.

LGC : لگاریتم مصرف نفت‌گاز در بخش حمل و نقل که به میلیون لیتر در سال از امار نامه شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی ایران (۱۳۹۷) استخراج شده است. جدول ۱: خلاصه داده‌های استفاده شده در مدل را نشان می‌دهد.

^{۱۳} Pesaran et al., ۲۰۱۱

جدول ۱: خلاصه داده‌های استفاده شده در مدل تحقیق

عنوان متغیر	توضیح متغیر	واحد اندازه گیری	منبع اطلاعات
LnCO_2	لگاریتم انتشار دی اکسید کربن	تن در سال	ترازنامه انرژی-وزارت نیرو
LnGDPC	لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه (سال پایه ۱۳۹۵)	میلیون ریال در سال	مرکز آمار ایران
LnEIP	لگاریتم شدت مصرف فرآورده در بخش حمل و نقل	میلیون بشکه معادل نفت خام / میلیون ریال	ترازنامه انرژی- مرکز آمار ایران
LnGC	لگاریتم مصرف نفت گاز در بخش حمل و نقل	میلیون لیتر در سال	امارنامه شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی

منبع: یافته‌های محقق

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش داده‌های سالیانه در بازه زمانی ۱۳۷۵ الی ۱۳۹۷ می‌باشد. در این مطالعه برای تخمین مدل و محاسبات مورد نیاز از نرم‌افزارهای EViews ۱۰ و Excel بهره گرفته شده است.

۵. نتایج مدل و تجزیه و تحلیل یافته‌ها

آزمون ریشه واحد

برای پرهیز از رگرسیون کاذب در سری‌های زمانی، باید برای هر سری زمانی آزمون ایستایی انجام گیرد. جهت بررسی ایستایی متغیرها در این مطالعه از آزمون‌های دیکی- فولر تعمیم یافته^{۱۴} و فیلیپس-پرون^{۱۵} استفاده شده است که نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: نتایج آزمون‌های دیکی-فولر تعمیم یافته و فیلیپس-پرون درجه صفر جهت بررسی ایستایی متغیرهای مدل تحقیق

	آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته			آزمون فیلیپس-پرون		
	احتمال	آماره t	درجه آزمون	احتمال	آماره t تعدیل شده	درجه آزمون
LnCO_2	۰,۲۲۷۵	-۲,۱۵۳۸	$I(0)$	۰,۱۲۲۶	-۲,۵۲۸۹	$I(0)$
LnGDPC	۰,۵۶۹۴	-۱,۳۸۷۸	$I(0)$	۰,۵۶۹۴	-۱,۳۸۷۸	$I(0)$
LnEIP	۰,۴۵۰۳	-۱,۶۳۱۸	$I(0)$	۰,۴۵۰۳	-۱,۳۱۸۴	$I(0)$
LnCG	۰,۵۲۴۸	-۱,۴۷۹۷	$I(0)$	۰,۵۲۴۸	-۱,۵۰۴۵	$I(0)$

منبع: محاسبات تحقیق

نتایج هر دو آزمون ریشه واحد در جدول ۲ نشان داد که هیچ یک از متغیرها در سطح مانا نیستند. یعنی فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد در سطح معنی داری ۵ درصد را نمی توان رد کرد.

^{۱۴} Augmented Dickey-Fuller

^{۱۵} Philips- Peron

جدول ۳: نتایج آزمون های دیکی-فولر تعمیم یافته و فیلیپس-پرون درجه ۱ جهت بررسی ایستایی متغیرهای مدل تحقیق

	آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته			آزمون فیلیپس-پرون		
	احتمال	آماره t	درجه آزمون	احتمال	آماره t تعدیل شده	درجه آزمون
LnCO ₂	۰,۰۲۳۷	-۳,۳۹۴۷	I(۱)	۰,۰۰۲۵	-۴,۴۳	I(۱)
LnGDPC	۰,۰۱۸۳	-۳,۵۰۴۲	I(۱)	۰,۰۱۸۷	-۳,۴۹۴	I(۱)
LnEIP	۰,۰۰۰۴	-۵,۲۶۰۱	I(۱)	۰,۰۰۰۰	-۶,۳۲۹	I(۱)
LnCG	۰,۰۴۲۲	-۳,۰۹۷۸	I(۱)	۰,۰۵۸۸	-۲,۹۲۹	I(۱)

منبع: محاسبات تحقیق

برای ایستا کردن متغیرها تفاضل مرتبه اول آنها محاسبه شد و جدول ۳ نشان می دهد که بر اساس آزمون دیکی فولر تعمیم یافته تفاضل مرتبه اول همه متغیرها با توجه به آماره t و مقدار احتمال در سطح معنی داری ۵ درصد مانا می باشند.

تعیین وقفه های بهینه

جدول ۴ تعداد وقفه های بهینه را بر اساس معیارهای آکایک (AIC)^{۱۶} و شوارتس بیزین (SC)^{۱۷} نشان می دهد. این معیارها به صورت نسبی عمل می کنند و نمی توان صرفا با اندازه گیری معیار ارزیابی آنها بهترین مدل را تشخیص داد و باید با مقایسه مقدار این معیارها در مدل های با وقفه های مختلف، مدلی را که کمترین مقدار AIC , SC را دارد بعنوان بهترین مدل انتخاب کرد.

جدول ۴: نتایج تعیین وقفه بهینه

متغیر وابسته: LOGCO ₂				
بازه نمونه: ۱۳۷۵-۱۳۹۷				
مشاهدات شامل شده: ۲۱				
رتبه	شماره مدل	معیار آکایک	معیار شوارتز	مشخصات مدل
۱	۶۱	-۱,۷۴۱۱۳۷	-۱,۲۹۳۰۵۷	ARDL(۱, ۲, ۰, ۲)
۲	۵۸	-۱,۶۵۷۱۹۵	-۱,۱۵۹۳۲۸	ARDL(۱, ۲, ۱, ۲)
۳	۳۴	-۱,۶۴۷۷۵۶	-۱,۱۴۹۸۹۰	ARDL(۲, ۲, ۰, ۲)
۴	۷	-۱,۶۱۱۰۱۷	-۱,۰۶۳۳۶۴	ARDL(۳, ۲, ۰, ۲)
۵	۳۱	-۱,۵۹۸۷۴۸	-۱,۰۵۱۰۹۵	ARDL(۲, ۲, ۱, ۲)

منبع: محاسبات تحقیق

نتایج جدول ۴ نشان می دهد که بر اساس هر دو معیار فوق مدل (۲, ۰, ۲, ۱)، بهترین مدل با وقفه است زیرا دارای کمترین مقادیر از نظر هر دو معیار است.

^{۱۶} Akaike information criterion

^{۱۷} Schwarz bayesian information criterion

تخمین مدل پویای (۲، ۰، ۲، ۱) ARDL

جدول ۵ نتایج تخمین مدل با بهترین وقفه ها یعنی (۲، ۰، ۲، ۱) ARDL را نشان می دهد.

جدول ۵: نتایج تخمین ضرایب مدل با وقفه بهینه مدل (۲، ۰، ۲، ۱) ARDL

پارامتر	ضریب	خطای معیار	آماره t	احتمال
LOGCO ₂ (-۱)	۰,۳۷	۰,۱۵	۲,۴۱	۰,۰۳۲۷
LOGGDPC	۲,۷۸	۰,۵۲	۵,۲۷	۰,۰۰۰۲
LOGGDPC(-۱)	-۰,۳۷	۰,۴۹	-۰,۷۶	۰,۴۵۸۱
LOGGDPC(-۲)	-۱,۴۵	۰,۳۶	-۴,۰۲	۰,۰۰۱۷
LOGEIP	۱,۸۳	۰,۵۳	۳,۴۵	۰,۰۰۴۷
LOGGC	۰,۹۱	۰,۶۷	۱,۳۴	۰,۲۰۴۵
LOGGC(-۱)	-۰,۳۳	۰,۸۰	-۰,۴۱	۰,۶۸۷۸
LOGGC(-۲)	۱,۶۵	۰,۵۳	۳,۰۸	۰,۰۰۹۵
C	-۹,۲۲	۴,۲۷	-۲,۱۵	۰,۰۵۱۹
R ^۲ ضریب تعیین تعدیل شده	۰,۹۵			
آماره F	۵۹,۹۰۰			
احتمال آماره	۰,۰۰۰۰			

منبع: نتایج تحقیق

ضریب تعیین و آماره F در جدول ۵ نشان می دهد که مدل برآورد شده پویای تخمینی، مناسب بوده و در سطح یک درصد خطا معنا دار است و لذا هم انباشتگی بین متغیرهای مدل وجود دارد.

تخمین رابطه بلند مدت و آزمون کرانه F

با توجه به توضیحات بخش روش تحقیق و پس از اطمینان از مناسب بودن و معناداری مدل پویای تخمین زده شده، اکنون باید مدل ARDL بلند مدت را برآورد نماییم و سپس آزمون کرانه های F را انجام دهیم. جدول ۶ نتایج برآورد مدل ARDL بلند مدت را نشان می دهد.

جدول ۶: نتایج برآورد الگوی رابطه بلند مدت ARDL

معادله سطوح				
مورد ۲: مقدار ثابت محدود و بدون روند				
پارامتر	ضریب	خطای معیار	آماره t	احتمال
LOG(GDP)	۱,۵۲	۰,۴۰	۳,۷۸	۰,۰۰۲۶
LOG(EI _۲)	۲,۹۲	۱,۱۰	۲,۶۳	۰,۰۲۱۶
LOG(CG)	۳,۵۶	۱,۱۹	۲,۹۸	۰,۰۱۱۴
C	-۱۴,۷۲	۸,۶۶	-۱,۶۹	۰,۱۱۴۹
$EC = LOG(CO_2) - (۱,۵۲۴۴ * LOG(GDP) + ۲,۹۲۷۴ * LOG(EI_2) + ۳,۵۶۷۰ * LOG(CG) - ۱۴,۷۲۶۶)$				

منبع: نتایج تحقیق

براساس نتایج مدل تحقیق در جدول ۶ می‌توان گفت که علامت تمام ضرایب متغیرهای باوقفه بهینه تخمین زده شده با تئوری های اقتصادی سازگارند و در سطح ۵ درصد خطا از نظر آماری معنی‌دار هستند. براساس جدول فوق در بلند مدت، میزان مصرف نفتگاز با ضریب ۳,۵۶ موثرترین عامل میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل در ایران است. از انجایی که طی ۱۰ سال اخیر بخش جاده ای حمل و نقل مسئول انتشار حدود ۹۲ درصد گاز دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل بوده (ترازنامه انرژی، سالهای مختلف) و از طرف دیگر حدود ۹۰ درصد وسایل نقلیه در بخش حمل و نقل جاده ای را کامیونها و اتوبوسها تشکیل می دهند که مصرف کننده نفتگاز هستند (سالنامه آماری حمل و نقل جاده ای، ۱۳۹۷)، لذا این یافته تحقیق حاضر قابل قبول بنظر می رسد. شدت مصرف فراورده با ضریب ۲,۹۲ دومین متغیر اثرگذار بلند مدت بر انتشار دی اکسید کربن در این بخش می باشد. نهایتا ضریب مثبت و معنادار تولید ناخالص داخلی (۱,۵۲) نشان دهنده رابطه مثبت بلند مدت بین فعالیتهای اقتصادی و انتشار کربن در بخش حمل و نقل است.

جدول ۷ نتایج آزمون کرانه های F را برای مدل رابطه بلند مدت (۲، ۰، ۲، ۱) ARDL نشان می دهد.

جدول ۷: نتایج آزمون کرانه های F

مقدار آماره F	مقدار کرانه پایین در سطح معناداری ۱٪	مقدار کرانه بالا در سطح معناداری ۱٪	مقدار کرانه پایین در سطح معناداری ۵٪	مقدار کرانه بالا در سطح معناداری ۵٪	مقدار کرانه پایین در سطح معناداری ۱۰٪	مقدار کرانه بالا در سطح معناداری ۱۰٪
۷,۱۷۷۸	۴,۶۱۴	۵,۹۶۶	۳,۲۷۲	۴,۳۰۶	۲,۶۷۶	۳,۵۸۶

منبع: نتایج تحقیق

نتایج آزمون کرانه های F نشان می دهد که میزان آماره F (۷,۱۷) از مقدار کرانه بالا (۵,۹۶) در سطح یک درصد بیشتر است و لذا در بلند مدت بین متغیرهای مستقل و انتشار دی اکسید کربن رابطه معناداری در سطح خطای یک درصد وجود دارد.

تخمین رابطه کوتاه مدت بین متغیرها (مدل تصحیح خطا ECM)

جدول ۸ نتایج آزمون تصحیح خطا یعنی رابطه کوتاه مدت میان متغیرها را نشان می‌دهد.

جدول ۸: نتایج مدل تصحیح خطا (ECM)

متغیر وابسته: $D(\text{LOGCO}_2)$				
مدل انتخاب شده: $\text{ARDL}(1, 2, 0, 2)$				
مورد ۲: مقدار ثابت محدود شده و بدون روند				
بازه نمونه: ۱۳۷۵-۱۳۹۷				
مشاهدات شامل شده: ۲۱				
رگرسیون ECM				
مورد ۲: مقدار ثابت محدود و بدون روند				
احتمال	آماره t	خطای معیار	ضریب	پارامتر
۰,۰۰۰۰	۸,۵۹	۰,۳۲	۲,۷۸	$D\text{LOG}(\text{GDP})$
۰,۰۰۰۲	۵,۱۵	۰,۲۸	۱,۴۵	$D\text{LOG}(\text{GDP}(-1))$
۰,۰۶۱۸	۲,۰۵	۰,۴۴	۰,۹۱	$D\text{LOG}(\text{CG})$
۰,۰۰۳۸	-۳,۵۸	۰,۴۶	-۱,۶۵	$D\text{LOG}(\text{CG}(-1))$
۰,۰۰۰۰	-۶,۹۱	۰,۰۹	-۰,۶۲۶۶	$\text{CointEq}(-1)^*$

منبع: نتایج تحقیق

از نتایج جدول ۸ استنباط می شود که در کوتاه مدت تولید ناخالص داخلی و مصرف نفتگاز مهمترین متغیرهای موثر بر انتشار دی اکسید کربن هستند و شدت مصرف فراورده تعیین کننده این الودگی در کوتاه مدت نیست. همچنین الگوی تصحیح خطای مدل بیانگر این است که ضریب تعدیل به سمت تعادل بلند مدت برابر منفی ۰,۶۲ است لذا اگر در کوتاه مدت شوکی بر انتشار دی اکسید کربن وارد شود در هر دوره حدود ۶۲ درصد از این شوک تعدیل خواهد شد.

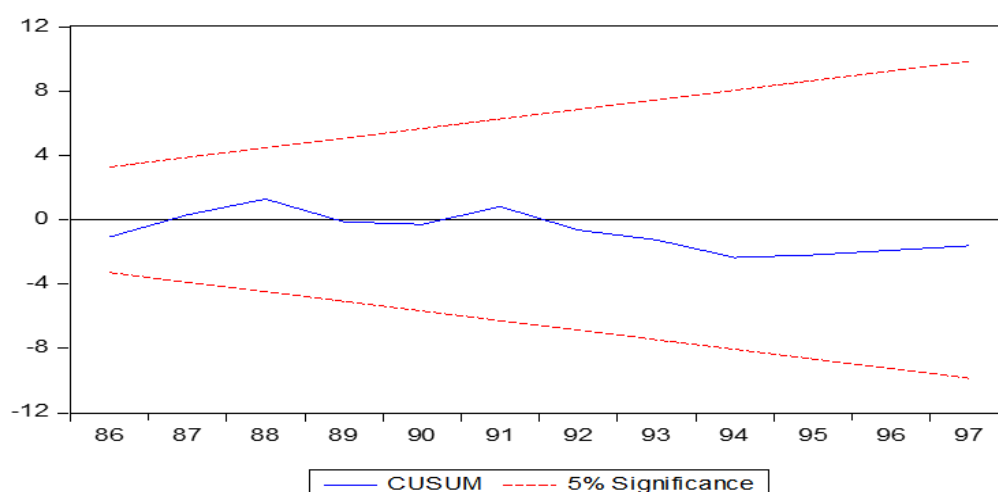
ارزیابی مدل با آزمون های تشخیصی

آزمونهای تشخیصی پسماندها و ثبات مدل تخمین زده شده شامل آزمون های هم خطی سریالی، واریانس ناهمسانی، نرمال بودن، خطای تصریح مدل و ثبات ساختاری انجام شدند و مدلسازی تحقیق حاضر از نظر این آزمونها تایید گردید. نتایج این آزمونها در جدول ۹ بطور خلاصه آورده شده است:

جدول ۹: نتایج آزمونهای تشخیصی پسماند و ثبات مدل تخمینی

مشکل احتمالی	نام آزمون / آماره	آماره مرتبط	نتیجه آزمون
وجود هم خطی سریالی	Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test	آماره $F = ۱,۷۹۶۷$ احتمال $= ۰,۲۱۵۵$	عدم وجود هم خطی سریالی
واریانس ناهمسانی	Breusch-Pagan-Godfrey	آماره $F = ۲,۳۱۰۹$ احتمال $= ۰,۰۹۲۴$	عدم وجود واریانس ناهمسانی
نرمال نبودن پسماند	Jarque-Bera	$= \text{Jarque-Bera}$ $۰,۱۷۸۳$ مقدار احتمال: $۰,۹۱۴۷$	نرمال بودن پسماند تخمین
خطای تصریح	Ramsey RESET Test	آماره $F = ۱,۴۰۸۵$ احتمال $= ۰,۲۶۳۰$	عدم وجود خطای تصریح
شکست ساختاری	CUSUM/ CUSUM of Squares	نمودار در بین مرزهای بحرانی قرار دارد	عدم وجود شکست ساختاری

منبع: نتایج تحقیق



نمودار ۲: آزمون CUSUM برای تشخیص شکست ساختاری
منبع: نتایج تحقیق

در نمودار ۲، از مون شکست ساختاری CUSUM نشان میدهد که آماره این آزمون بین دو خط مستقیم قرار می گیرد و فرض صفر یعنی فرضیه ثابت را نمی توان رد کرد و لذا پارامترهای مدل با ثبات هستند. بطور خلاصه براساس یافته های این تحقیق، در بلند مدت، میزان مصرف نفتگاز موثرترین عامل انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل در ایران است که منطبق بر یافته خرباش و کفادی^{۱۸} (۲۰۱۷) می باشد. یافته مهم پژوهش حاضر نشان دادن تاثیر چشمگیر متغیر شدت مصرف فراورده بر انتشار کربن است که در مطالعات قبلی دیده نشده است. این تحقیق همچنین همسو با یافته های محققین پیشین همانند کوهر^{۱۹} (۲۰۱۳)، قیس و سامی^{۲۰} (۲۰۱۶) دونگ و دیگران^{۲۱} (۲۰۱۸) و فلاحی و حکمتی فرید (۱۳۹۲) نشان داد که تولید خالص داخلی سرانه بر میزان انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل در ایران تاثیر داشته است.

۶. نتیجه گیری و پیشنهادات

میزان نگران کننده انتشار دی اکسید کربن در ایران، بخصوص در بخش حمل و نقل، لزوم شناسایی و کنترل عوامل موثر بر انتشار کربن را آشکار می سازد. تحقیق حاضر با بررسی ادبیات موضوع و شناسایی عوامل موثر بر انتشار کربن علاوه بر بررسی تولید ناخالص داخلی و مقدار مصرف نفت گاز بعنوان بزرگترین فراورده مورد مصرف در بخش حمل و نقل ایران، با معرفی شدت فرآورده های نفتی (نسبت مصرف فرآورده های نفتی به تولید ناخالص داخلی)، اثرات بلند مدت و کوتاه مدت آنها را در انتشار دی اکسید کربن در این بخش در قالب یک مدل پویا با وقفه های توزیعی بین سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۷ مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. یافته های مطالعه حاضر آشکار کرد که در کوتاه مدت شدت فرآورده های نفتی متغیر تاثیر گذاری نبوده و متغیرهای تولید خالص داخلی سرانه و میزان مصرف نفت گاز اهمیت بیشتری داشته اند. در حالی که در بلند مدت میزان مصرف نفتگاز، شدت مصرف فرآورده های نفتی و تولید ناخالص داخلی به ترتیب مهمترین عوامل تعیین کننده انتشار کربن در بخش حمل و نقل بوده اند. با توجه به یافته های تحقیق، توجه سیاستگذاران به بهبود کیفیت نفتگاز و جایگزینی آن با سوختهای پاک همانند سی ان جی و دوگانه سوز کردن خودروهای گازویلی، کاهش شدت مصرف فرآورده از طریق بهبود تکنولوژی ساخت خودروهای سنگین و نوسازی ناوگان می تواند به کاهش انتشار دی اکسید کربن و سایر آلاینده های زیست محیطی در بخش حمل و نقل ایران کمک کند.

منابع

- [۱] آمار نامه مصرف فرآورده های نفتی انرژی زا (۱۳۹۷). شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی. شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده های نفتی ایران.
- [۲] آمار و نمودارهای انرژی ایران و جهان، وزارت نیرو، ۱۳۹۷.
- [۳] برقی اسکویی، محمد مهدی (۱۳۸۷). آثار آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه ای (دی اکسید کربن) در منحنی زیست محیطی کوزنتس، تحقیقات اقتصادی. شماره ۸۲، ۱-۲۲.
- [۴] بهرامی، الهام. بهبودی، داود. سلمانی بیشک، محمدرضا. شکری، مصطفی. (۱۳۹۸). نقش توسعه مالی و آزادسازی تجاری بر انتشار گاز دی اکسید کربن در ایران. سیاست های راهبردی و کلان، ۷(۲۵)، ۱۲۴-۱۴۱.
- [۵] ترازنامه انرژی سال (۱۳۹۷). دفتر برنامه ریزی کلان، وزارت نیرو.
- [۶] تمیزی، علیرضا (۱۳۹۴). عوامل مؤثر بر انتشار گاز دی اکسید کربن در کشورهای در حال توسعه با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی بیزی فصلنامه علمی نظریه های کاربردی اقتصاد، ۳(۴)، ۱۴۵-۱۶۸.
- [۷] درگاهی، حسن، بهرامی غلامی، مینا. (۱۳۹۰). عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه ای در اقتصادهای منتخب کشورهای صنعتی و کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) و توصیه های سیاستی برای ایران: رویکرد داده های پانل. پژوهشنامه اقتصاد/انرژی ایران ۱(۱)، ۹۹-۷۳.
- [۸] رفیعی، حامد، غزنوی، شیوا و صالح، ایرج (۱۳۹۶). بررسی عوامل مؤثر بر انتشار دی اکسید کربن در ایران؛ با تاکید بر آثار بیانیه ۲۱ ريو پژوهش های محیط زیست، ۸ (۱۵)، ۱۵۳-۱۶۴.

^{۱۸} Kharbach & Chfadi (۲۰۱۷)

^{۱۹} Kohler, (۲۰۱۳)

^{۲۰} Kais & Sami (۲۰۱۶)

^{۲۱} Dong et al. (۲۰۱۸)

- [۹] سالنامه اماری حمل و نقل جاده ای (۱۳۹۷). سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای.
- [۱۰] فلاحی، فیروز، حکمتی فرید، صمد. (۱۳۹۲). بررسی عوامل مؤثر بر میزان انتشار گاز دی اکسیدکربن در استان‌های کشور (رهیافت داده‌های تابلویی). *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*, ۲ (۶), ۲۹-۱۵۰.
- [۱۱] لطفعلی پور، محمدرضا، فلاحی، محمدعلی و بستم، مرتضی (۱۳۹۱). بررسی مسائل زیست محیطی و پیش بینی انتشار دی اکسید کربن در اقتصاد ایران. فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی در ایران، سال اول، شماره ۳، ۸۱-۱۰۹.
- [۱۲] مهدوی، شیوا، الماسی، مجتبی، و سهیلی، کیومرث (۱۳۹۸). بررسی تفاوت انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل استان‌های ایران: رهیافت رگرسیون چندک. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۵ (۶۲)، ۱۳۱-۱۵۴.
- [۱۳] ناجی میدانی، علی اکبر و داوودی، آزاده (۱۳۹۴). تحلیل تجزیه ای شاخص انتشار ترکیبات کربن (دی اکسیدکربن و منوکسیدکربن) در بخش های حمل و نقل و زیربخش های آن در ایران طی سال های ۱۳۷۸-۱۳۹۰. پژوهش ها و سیاست های اقتصادی، ۲۳ (۷۴).

- [۱۴] Anwar, A., Younis, M., Ullah, I. (۲۰۲۰). Impact of urbanization and economic growth on CO₂ emission: A case of Far East Asian countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, ۱۷ (۷), ۲۵۰۳۱.
- [۱۵] Danish, K, Baloch, M., & Suad, S. (۲۰۱۸). Modeling the impact of transport energy consumption on CO₂ emission in Pakistan: evidence from ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, ۲۵ (۱۰), ۹۴۶۱-۹۴۷۳.
- [۱۶] Danish, I., Arshian, S., Afshan, S., Adnan, Y., & Khan, S. (۲۰۲۰). The asymmetric role of freight and passenger transportation in testing EKC in the US economy: evidence from QARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, ۲۷, ۳۰۱۰۸-۳۰۱۱۷.
- [۱۷] Dong, K., Hochman, G., & Timilsina, G. R. (۲۰۱۸). Are driving forces of CO₂ emissions different across countries?: insights from identity and econometric analyses. *Insights from Identity and Econometric Analyses (June 19, 2018). World Bank Policy Research Working Paper*, (۸۴۷۷).
- [۱۸] IEA, Global energy-related CO₂ emissions by sector: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-energy-related-co2-emissions-by-sector>. Sept (۲۰۲۱).
- [۱۹] IEA, Key world energy statistics (۲۰۲۱).
- [۲۰] Kais, S., & Sami, H. (۲۰۱۶). An econometric study of the impact of economic growth and energy use on carbon emissions: panel data evidence from fifty eight countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, ۱۱۰۱-۱۱۱۰.
- [۲۱] Kharbach, M., & Chfadi, T. (۲۰۱۷). CO₂ emissions in Moroccan road transport sector: Divisia, Cointegration, and EKC analyses. *Sustainable cities and society*, 35, ۳۹۶-۴۰۱.
- [۲۲] Kohler, M. (۲۰۱۳). CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade: A South African perspective. *Energy Policy*, 63, ۱۰۴۲-۱۰۵۰.
- [۲۳] Pesaran M.H., Y. Shin and R.J. Smith (۱۹۹۶). Testing for the Existence of a Long Run Relationship. DAE Working Paper, No. ۹۶۲۲, Department of Applied Economics, University of Cambridge.
- [۲۴] Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (۲۰۰۱). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*, ۱۶ (۳), ۲۸۹-۳۲۶.
- [۲۵] Saqib, M., Benhmad, F. (۲۰۲۱). Updated meta-analysis of environmental Kuznets curve: Where do we stand? *Environmental Impact Assessment Review*, ۸۶, ۱۰۶۵۰۳.
- [۲۶] Sohail, M., Ullah, S., Majeed, M., & Usman, A. (۲۰۲۱). Pakistan management of green transportation and environmental pollution: a nonlinear ARDL analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, ۱-۱۰.
- [۲۷] Statista, Largest producers of fossil fuel CO₂ emissions worldwide in ۲۰۱۹, by share of emissions: <https://www.statista.com/statistics/۲۷۱۷۴۸/the-largest-emitters-of-co2-in-the-world/>, ۲۰۲۱.
- [۲۸] Yang, W., Li, T., & Cao, X. (۲۰۱۵). Examining the impacts of socio-economic factors, urban form and transportation development on CO₂ emissions from transportation in China: a panel data analysis of China's provinces. *Habitat International*, 49, ۲۱۲-۲۲۰.
- [۲۹] Zafar, K. (۲۰۲۰). ARDL-Analysis of the Relationship among Exports, FDI, Current Account Deficit and Economic Growth in Pakistan. *Iranian Economic Review*, ۲۴ (۲), ۳۹۳-۴۱۴.