مطالعات علوم محیط زیست، دوره نهم، شماره۱، فصل بهار سال ۱۴۰۳، صفحه ۸۰۴۵-۸۰۳۱

بررسی اثرات پویای مصرف سوخت‌های فسیلی روی انتشار دی‌اکسید کربن در ایران

حسین حافظی [۱*]، سیاب ممی پور [۲]

۱*- کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

۲- دانشیار اقتصاد منابع و محیط زیست، دانشکده اقتصاد دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

ایمیل نویسنده مسئول: hhafezi@khu.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۲/۱۶ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۳/۱۰

چکیده

یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های جهانی در چند دهه اخیر که به‌صورت چشمگیری افزایش‌یافته است، مسئله تغییرات اقلیمی است. از مهم‌ترین علل ایجاد تغییرات اقلیمی می‌توان به انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه CO_2 ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی اشاره کرد. از مهم‌ترین سوخت‌های فسیلی می‌توان به گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی اشاره کرد. نفت گاز، نفت کوره و بنزین پرمصرف‌ترین فرآورده‌های نفتی طی پنج دهه اخیر کشور هستند. مطالعه حاضر به بررسی نوع رابطه میان مصرف سوخت‌های فسیلی و میزان انتشار کربن دی‌اکسید کشور در بازه زمانی ۱۳۳۴-۱۳۹۸ با استفاده از رهیافت ARDL می‌پردازد. یافته‌های حاصل از این مطالعه حاکی از آن است مصرف سوخت‌های فسیلی تأثیر متفاوتی روی انتشار دی‌اکسید کربن دارد. به‌طوری‌که در کوتاه‌مدت با افزایش یک درصد مصرف در سوخت‌های نفت گاز، نفت کوره، گاز طبیعی و بنزین، میزان انتشار کربن به ترتیب معادل ۰/۵۵، ۰/۳۲، ۰/۳۲ و ۰/۱۸ درصد افزایش خواهد یافت؛ در حالی که نتایج حاصل از کشش‌های بلندمدت نشان می‌دهد به ازای یک درصد مصرف سوخت‌های فسیلی فوق، میزان انتشار کربن به ترتیب ۰/۸۳، ۰/۴۹، ۰/۰۹ و ۰/۳۴ درصد افزایش می‌یابد. بنابراین، نتایج نشان می‌دهد مصرف نفت گاز هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت، بیشترین تأثیر مخرب روی محیط‌زیست و انتشار دی‌اکسید کربن در ایران دارد و نفت کوره و بنزین در رتبه‌های بعدی قرار دارند. مصرف گاز طبیعی تنها حامل انرژی است که در بلندمدت، کمترین تأثیر بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد و آسیب کمتری بر تخریب محیط‌زیست وارد می‌کند. ازاین‌رو، هرچند سیاست جایگزینی گاز طبیعی بجای سایر سوخت‌های فسیلی در بلندمدت می‌تواند تا حدودی انتشار دی‌اکسید کربن در ایران را کاهش دهد؛ اما با توجه به رشد فزاینده مصرف گاز طبیعی و محدودیت‌های متعدد در سمت عرضه آن، این سیاست نمی‌تواند در بلندمدت تداوم یابد. لذا توصیه می‌شود سیاست‌های قیمتی و غیر قیمتی همانند اصلاح یارانه قیمتی و بهبود در تکنولوژی و تجهیزات مرتبط با سوخت‌های فسیلی نیز موردتوجه قرار گیرد.

کلمات کلیدی

" انتشار کربن "، " مصرف سوخت‌های فسیلی "، " مدل ARDL "، "ایران"

۱- مقدمه

نیاز بشر به انرژی‌ها و مصرف انواع سوخت‌های فسیلی موجب افزایش شدید انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه دی‌اکسید کربن شده است. انرژی به‌عنوان نهاده موردنیاز و حیاتی در تولیدات صنعتی، محصولات کشاورزی، سلامت، دسترسی به آب و برق، جمعیت، آموزش، کیفیت زندگی و غیره محسوب می‌گردد. تقاضای فزاینده برای انرژی همراه با رشد جمعیت، دولت‌ها را به اکتشاف تدریجی منابع طبیعی خود با تکیه‌بر منابع انرژی تجدید ناپذیر برای تقویت اقتصادشان سوق داده است(ناز و همکاران، ۲۰۱۹؛ منسا و همکاران، ۲۰۱۹؛ آدوین و همکاران، ۲۰۲۰). به‌طوری‌که رشد صنعتی و توسعه اقتصادی تا حد زیادی به مقدار و سطح استفاده کارآمد از حامل‌های انرژی ارتباط پیداکرده است (ترازنامه انرژی[۱]، ۱۳۹۸). درگذر زمان با توجه به فعالیت کشورها در جهت توسعه‌یافتگی و رسیدن به رشد اقتصادی بالاتر، مصرف سوخت‌های فسیلی و میزان انتشار کربن در جهان روندی صعودی داشته و همچنان این رشد دیده می‌شود. بر اساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی (۲۰۲۰)، مصرف نهایی انرژی ایران از ۲/۲۹۰ میلیون ترا ژول از سال ۱۹۹۰ به بیش از ۸/۴ میلیون ترا ژول در سال ۲۰۱۹ رسیده است که بیشترین سهم به ترتیب متعلق به گاز طبیعی با ۴/۵ میلیون ترا ژول، فرآورده‌های نفتی با ۲/۹ میلیون ترا ژول و برق با ۹۴۰ هزار ترا ژول است. بر اساس گزارش استاتیستا[۲] (۲۰۲۰)، ایران رتبه هشتم بیشترین میزان مصرف انرژی در سال ۲۰۲۰ را با چیزی حدود ۱۲ اگزا ژول به خود اختصاص داده است. مقایسه مصرف سرانه انرژی ایران با جهان حائز نکته جالبی است. مصرف سرانه انرژی در جهان معادل ۲۰ مگاوات ساعت می‌باشد که در بین حامل‌های انرژی به ترتیب نفت با بیش از ۶ مگاوات ساعت در رتبه نخست، زغال‌سنگ با بیش از ۵/۶ مگاوات

[۱] Energy Balance, ۲۰۱۹

[۲] Statista.com

ساعت در رتبه دوم و گاز با ۵ مگاوات ساعت در رتبه سوم قرار دارد. همچنین بر اساس همین گزارش، میزان مصرف سرانه ایران بیش از ٤١ مگاوات ساعت می‌باشد که به ترتیب گاز با ٢٦/٨ مگاوات ساعت در رده نخست و نفت با ۱۳ مگاوات ساعت در رتبه دوم قرار دارد(داده‌های دنیای ما، ۲۰۲۲). نتیجه حاصل از چنین میزان مصرف انرژی توسط کشوری مانند ایران با توجه به نرخ رشد اقتصادی پایین به‌ویژه پایین‌ترین و نامناسب‌ترین وضعیت اقتصادی در دهه اخیر، منجر به تولید بیش‌ازحد دی‌اکسید کربن شده است. قابل‌ذکر است میان مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار کربن رابطه‌ی مستقیم برقرار است به‌طوری‌که با افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، میزان انتشار کربن نیز افزایش می‌یابد. میزان انتشار کربن ناشی از مصرف انواع سوخت‌های فسیلی متفاوت است. میزان انتشار کربن ناشی از مصرف زغال‌سنگ به ترتیب بیشتر از نفت و گاز طبیعی است (بلوک و مرت، ۲۰۱۵). بر اساس گزارش سازمان بین‌المللی انرژی میزان انتشار کربن ایران از ۱۷۱ میلیون تن در سال ۱۹۹۰ به ۵۸۳ میلیون تن در سال ۲۰۱۹ افزایش داشته است. بر اساس آمار اعلام‌شده بیشترین میزان انتشار کربن متعلق به مصرف ناشی از گاز طبیعی به میزان ۳۹۰ میلیون تن است. ایران در سال ۲۰۲۰ با میزان انتشار ۷٤٥ میلیون تن CO_2 رتبه ششم بیشترین میزان انتشار کربن جهان را به خود اختصاص داده است به‌طوری‌که میزان انتشار کربن در ایران بیش از کشوری صنعتی مانند آلمان است (اطلس جهانی کربن[۱]، ۲۰۲۰).

از مطالب فوق می‌توان استنباط کرد که بخش عمده‌ای از کربن منتشرشده در جهان ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است. همچنین یکی از مهم‌ترین دلایل ایجاد تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی نیز انتشار آلایندگی‌ها به‌ویژه انتشار دی‌اکسید کربن است. ایران به‌عنوان یک کشور متکی بر سوخت‌های فسیلی، سهم قابل‌توجهی در مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها به خود اختصاص داده است. با توجه به این‌که بیش از ۸۳ درصد گازهای مؤثر در پدیده گرم شدن زمین را دی‌اکسید کربن تشکیل می‌دهد، می‌توان گفت کنترل این گاز به معنای کنترل کل جو زمین می‌باشد. چنین الگوی مصرفی در جهان با ایجاد تغییرات اقلیمی شدید، آثار و پیامدهای مخربی را به همراه خواهد داشت. از مهم‌ترین پیامدهای تغییرات اقلیمی می‌توان به افزایش گرمایش جهانی و در پی آن بالا آمدن سطح آب دریاها در اثر ذوب یخچال‌ها در قطبین اشاره کرد. بر اساس گزارش تغییر دما و گرمایش جهانی در٤٠ سال گذشته روندی کاملاً صعودی را طی کرده است به‌طوری‌که نرخ رشد دمای جهانی از صفر درجه سلسیوس در سال ۱۸۸۰ به ۱ درجه سلسیوس در سال ۲۰۲۰ رسیده است. پیش‌بینی‌ها حاکی از افزایش ٦ درجه‌ای دما تا پایان قرن جاری است (سازمان ملی هوانوردی و فضایی آمریکا[۲]، ۲۰۲۰). کنترل تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی یکی از بزرگ‌ترین دغدغه‌ها و مسائلی است که در قرن حاضر پیش روی همه کشورهای جهان قرارگرفته است. روند تغییر دما و گرمایش جهانی تهدیدی جدی برای سلامت کل زمین است. ازاین‌رو، اتخاذ سیاست‌های کاربردی و عملی جهت تغییر این الگوی مصرف و کاهش انتشار آلاینده‌ها بسیار ضروری و حیاتی است. این تحقیق مبتنی بر نگرانی در مورد سطوح بالای انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه دی‌اکسید کربن در سال‌های اخیر است. بر اساس گزارش ترازنامه انرژی(۱۳۹۸)، ۹۹ درصد از گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی مربوط به دی‌اکسید کربن می‌باشد. مطالعات تجربی متعددی در زمینه بررسی عوامل مؤثر بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن صورت گرفته است که بر اثرگذاری مصرف سوخت‌های فسیلی علی‌الخصوص فرآورده‌های نفتی تأکید داشته‌اند. بررسی این مطالعات نشان می‌دهد تأثیرات هم‌زمان مصرف سوخت‌های فسیلی علی‌الخصوص مصرف فرآورده‌های نفتی بر میزان انتشار کربن و نقش آن بر تغییرات اقلیمی همچنان مغفول مانده است. لذا نوآوری این مطالعه در نظر گرفتن اثرات هم‌زمان مصرف سوخت‌های فسیلی متفاوت شامل نفت کوره، نفت گاز، گازوئیل، بنزین و گاز طبیعی بر میزان انتشار کربن دی‌اکسید کشور و همچنین بررسی تأثیر جداگانه هریک از متغیرهای فوق بر میزان انتشار کربن کشور است. لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی رابطه‌ی بلندمدت و تعیین میزان اثرات مصرف سوخت‌های فسیلی زغال‌سنگ، نفت خام و گاز طبیعی بر روی میزان انتشار دی‌اکسید کربن با استفاده از رویکرد ARDL است.

۲- پیشینه تحقیق

- **مطالعات داخلی**

لطفعلی پور و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای به بررسی مسائل زیست‌محیطی و پیش‌بینی انتشار دی‌اکسید کربن در اقتصاد ایران با استفاده از الگوی خود بازگشت با استفاده از وقفه توزیعی(ARDL) و مدل خاکستری (GM)پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که اولاً، علی‌رغم ارتباط بلندمدت متغیرهای تحقیق با انتشار دی‌اکسید کربن، منحنی زیست‌محیطی کوزنتس برای ایران

[۱] Globalcarbonatlas.org

[۲] NASA

صادق نیست. ثانیاً، میزان انتشار دی‌اکسید کربن کشور در سال ۲۰۲۰ به میزان ۹۲۵/۷ میلیون تن خواهد رسید. این میزان، رشد ٦٦ درصدی را نسبت به سال ۲۰۱۰ نشان می‌دهد.آدینه وند و عرب مازار (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان برآورد اثرات کلان اقتصادی مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در اقتصاد ایران با استفاده از روش خود رگرسیون برداری به محاسبه کشش‌های بلندمدت متغیرهای کلان اقتصادی نظیر تولید، سرمایه‌گذاری و اشتغال نسبت به انواع مختلف سوخت‌های فسیلی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مصرف انرژی در بلندمدت بر تولید، سرمایه‌گذاری، اشتغال و بهره‌وری نیروی کار اثر مثبت دارد.صادقی و همکاران (۱۳۹٦) با استفاده از داده‌های سری زمانی طی سال های۱۹۸۰ تا ۲۰۱۲ که در آن بر مبنای الگوی خود رگرسیونی ساختاری SVAR به تحلیل رابطه پویا میان سه متغیر رشد اقتصادی، انرژی تجدید پذیر و انتشار دی‌اکسید کربن در ایران پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که بروز شوکی مثبت در مصرف انرژی تجدید پذیر باعث افزایش انتشار دی‌اکسید کربن و رشد اقتصادی می‌شود.ولایت زاده (۱۳۹۷) در پژوهشی به ارزیابی میزان انتشار کربن حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی بنزین، نفت گاز، نفت کوره و نفت سفید در بازه زمانی سال‌های ۱۳۰٦ – ۱۳۹٤ پرداخت. نتایج این مطالعه بیانگر آن است که مجموع مصرف فرآورده‌های نفتی در بازه زمانی موردنظر رشد مثبتی داشته و میزان انتشارِ کربن حاصل از مصرف بنزین در سال‌های ۱۳۰٦ و ۱۳۹٤ به ترتیب ۹۲ و ۵۹ تن دی‌اکسید کربن در سال بوده همچنین میزان مصرف نفت گاز، نفت کوره و نفت سفید طی سال‌های موردمطالعه افزایش‌یافته است.محمدی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای به بررسی تدوین و تحلیل سناریوهای مدیریت عرضه و تقاضای سیستم انرژی ایران برای کاهش آثار زیست‌محیطی با استفاده از مدل‌ساز LEAP پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که با طراحی سناریوهای مدیریت سمت تقاضا و عرضه انرژی یعنی جایگزین کردن انرژی‌های تجدید پذیر به‌جای انرژی‌های فسیلی (نفت خام و گاز طبیعی) میزان کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی تا افق ۱٤۲۰ در مقایسه با سال ۱۳۹۳ (سال پایه برنامه‌ریزی)، ۱۲۳/۵ میلیون تن می‌باشد. محمدی و همکاران (۱٤۰۰) به بررسی پژوهشی با عنوان مدیریت مصرف حامل‌های انرژی و میزان انتشار آینده‌ها در شهرک صنعتی لیا در استان قزوین با استفاده از روش LEAP پرداختند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد میزان انتشار کل CO_2 در شهر صنعتی قزوین از ٦۱ میلیون تن در سناریوی پایه به ۵۳ میلیون تن در سناریوی کاهش انتشار در سال ۲۰۳۵ می‌رسد. حافظی و دلفان (۱٤۰۱) در مطالعه‌ای به بررسی پیش‌بینی بلندمدت تقاضای برق ایران (رویکرد مبتنی بر سناریوسازی با استفاده از رهیافت ترکیبی ARDL و ARIMA) پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه بیانگر آن است که میان مصرف برق و رشد اقتصادی رابطه‌ای مستقیم برقرار است. لذا با توجه به اینکه نیروگاه‌های کشور مبتنی بر سوخت‌های فسیلی هستند در صورت تداوم روند فعلی، مصرف برق، مصرف سوخت‌های فسیلی و به دنبال آن میزان انتشار کربن تا سال ۲۰۵۰ روندی کاملاً صعودی خواهد داشت. همچنین دیگر نتایج مطالعه نشان می‌دهد که سیاست‌های محدودیت تقاضای برق بایستی مبتنی بر کنترل دما و انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق افزایش سهم تکنولوژی‌های تجدید پذیر در سبد عرضه برق کشور و سیاست‌های مبتنی برافزایش بهره‌وری انرژی باشد.

- **مطالعات خارجی**

ال- مولالی[۱] (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه مصرف نفت، انتشار CO_2 و رشد اقتصادی در کشورهای MENA با استفاده از رویکرد مدل پانل پرداخت. بر اساس نتایج آزمون هم ادغام مشخص شد که انتشار CO_2 و مصرف نفت رابطه بلندمدتی با رشد اقتصادی دارد. هم‌چنین سایر یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که بین مصرف نفت، انتشار CO_2 و رشد اقتصادی در کوتاه‌مدت و در بلندمدت، علیت گرنجر وجود دارد. سایر نتایج این مقاله به‌وضوح نشان می‌دهد که مصرف نفت نقش مهمی در رشد اقتصادی کشورهای MENA[۲] دارد. کوفی آدام و همکاران[۳](۲۰۱۲) در مطالعه‌ای به بررسی انتشار دی‌اکسید کربن، رشد اقتصادی، ساختار صنعتی و کارایی فنی: شواهد تجربی از غنا، سنگال و مراکش در مورد پویایی علی با استفاده از تکنیک ARDL پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که رشد اقتصادی تا حد زیادی به تغییرات در انتشار دی‌اکسید کربن آینده در سنگال و مراکش کمک می‌کند درحالی‌که در غنا کارایی فنی تا حد زیادی به تغییرات در تغییرات آتی در انتشار دی‌اکسید کربن کمک می‌کند.رحمان و کاشم[٤](۲۰۱۷) مطالعه‌ای با عنوان انتشار کربن، مصرف انرژی و رشد صنعتی در بنگلادش: شواهد تجربی از ادغام ARDL و تحلیل علیت گرنجر را موردبررسی قراردادند. یافته‌های مطالعه نشان‌دهنده آن است که تولید صنعتی و

[۱] Usama Al-mulali
[۲] Middle East & North Africa
[۳] Philip Kofi Adom et al.
[٤] Mohammad Mafizur Rahman, Mohammad Abul Kashem

مصرف انرژی تأثیر مثبت قابل‌توجهی بر انتشار کربن در کوتاه‌مدت و بلندمدت دارد. همچنین تحلیل علیت گرنجر، یک علیت یک‌طرفه را از تولید صنعتی و مصرف انرژی تا انتشار کربن نشان داد.خالد آنسر[۱](۲۰۱۹) در مطالعه خود به بررسی تأثیر مصرف انرژی و فعالیت‌های انسانی بر انتشار کربن در پاکستان: کاربرد مدلSTIRPAT پرداخت. یافته‌های حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که مصرف سوخت‌های فسیلی، رشد جمعیت، بهبود سطح ثروت و شهرنشینی عواملی مؤثر در میزان بالای انتشار کربن در پاکستان هستند. همچنین سایر نتایج نشان می‌دهد که کاهش فقر و انتشار کربن دارای روند مخالف هستند، لذا تلاش‌ها برای کاهش فقر باعث تحریک مصرف منابع انرژی کم‌هزینه مانند سوخت‌های فسیلی و کمک به انتشار کربن می‌شود.هی و همکاران[۲](۲۰۱۹) مطالعه‌ای با عنوان مالیات بر انرژی، انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف انرژی و پیامدهای اقتصادی: مطالعه تطبیقی کشورهای شمال اروپا و$G^{۷}$ را با استفاده از رهیافت ARDL موردبررسی قراردادند که نتایج حاصل از آن نشان‌دهنده آن است که چهار کشور شمال اروپا و کشورهای $G^{۷}$ به وجود سود سهام سبز در بلندمدت پی برده‌اند؛ سود سهام سبز چهار کشور شمال اروپا در کاهش انتشار دی‌اکسید کربن منعکس می‌شود، درحالی‌که سود سهام کشورهای $G^{۷}$ در کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی منعکس می‌شود. ابومنشر و همکاران[۳](۲۰۲۰) مطالعه‌ی قیمت نفت، مصرف انرژی و انتشار $CO_{۲}$ در ترکیه. شواهد تجربی جدید از آزمون بوت استرپ ARDL را بررسی کردند که یافته‌های حاصل از ضرایب بلندمدت ARDL، DOLS، CCR و FMOLS نشان داد که قیمت نفت در بلندمدت تأثیر منفی بر انتشار $CO_{۲}$ در ترکیه داشته است. علاوه بر این، دیگر یافته‌ها نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدید ناپذیر که شامل نفت، گاز طبیعی و زغال‌سنگ می‌شود، انتشار $CO_{۲}$ را افزایش می‌دهد.شهیدان شعاری و همکاران[۴](۲۰۲۰) در مطالعه خود به بررسی تأثیرات مصرف انرژی و بازده ملی در مورد انتشار $CO_{۲}$: شواهد جدید از کشورهای عضو سازمان کنفرانس اسلامی با استفاده از تجزیه‌وتحلیل پانل ARDLپرداختند. یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان‌دهنده آن است بااینکه در کوتاه‌مدت تولید ملی موجب انتشار $CO_{۲}$ نمی‌شود اما در بلندمدت موجب تخریب بیشتر محیط‌زیست می‌شود. همچنین سایر یافته‌های حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که مصرف نفت بیشتر از مصرف گاز بر محیط‌زیست اثرگذار است. لذا مصرف بیشتر انرژی‌های تجدید پذیر مانند خورشیدی، بیو دیزل و آبی برای جایگزینی انرژی‌های تجدید ناپذیر، به‌ویژه نفت، در تلاش برای حفظ محیط‌زیست مهم است.آدبایو و کالماز[۵](۲۰۲۱) در مطالعه‌ای به بررسی عوامل تعیین‌کننده انتشار $CO_{۲}$: شواهد تجربی از مصر با استفاده از رویکرد ARDL پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه حاکی از آن است که رابطه‌ی مثبت و معنادار بین مصرف انرژی و انتشار کربن برقرار است. همچنین سایر یافته‌های حاصل از مطالعه بیانگر آن است که آزمون علیت تغییر تدریجی علیت یک‌طرفه از انتشار $CO_{۲}$ به مصرف انرژی و رشد اقتصادی را نشان می‌دهد.باز و همکاران[۶](۲۰۲۱) به بررسی تأثیر نامتقارن سوخت فسیلی و مصرف انرژی تجدید پذیر بر رشد اقتصادی: یک تکنیک غیرخطی پرداختند. یافته‌های مطالعه حاکی از اهمیت انرژی پاک همراه با نصب فناوری‌های جدید برای دستیابی به رشد اقتصادی پایدار بدون افزایش دخالت در محیط‌زیست و اکوسیستم است. همچنین سایر یافته‌های حاصل از مطالعه نشان‌دهنده یک علیت بازخورد نامتقارن بین شوک‌های مثبت به رشد اقتصادی و مصرف انرژی تجدید پذیر است.مارتینز و همکاران[۷](۲۰۲۱) در مطالعه‌ای با عنوان مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای گروه هفت با استفاده از رویکرد ARDL پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت با افزایش یک درصد مصرف نفت، گاز و زغال‌سنگ، میزان انتشار کربن به ترتیب ۰/۴۸، ۰/۳۱ و ۰/۱۷ درصد افزایش خواهد یافت. همچنین نتایج حاصل از کشش‌های بلندمدت نشان می‌دهد به ازای یک درصد مصرف سوخت‌های فسیلی فوق، میزان انتشار کربن به ترتیب ۰/۴۹، ۰/۲۷ و ۰/۱۸ درصد افزایش می‌یابد.بررسی مطالعات تجربی نشان می‌دهد که رابطه مصرف فرآورده‌های نفتی عمده شامل نفت گاز، نفت کوره، بنزین و گاز طبیعی با انتشار دی‌اکسید کربن مغفول واقع‌شده است. لذا شکاف تحقیقاتی که مطالعه حاضر در پی یافتن پاسخ مناسب برای آن است مربوط به عدم انجام مطالعات مربوط به مصرف فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و انتشار دی‌اکسید کربن در کشور ایران به‌عنوان کشوری با بیشترین میزان پرداخت یارانه انرژی جهان با استفاده از مدل خود توضیح‌دهنده با وقفه‌های توزیعی خطی (ARDL)است. هدف اصلی این مطالعه تعیین پویایی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت ناشی از مصرف نفت گاز، نفت کوره،

[۱] Muhammad Khalid Anser
[۲] Pinglin He et al.
[۳] Mohammed Abumunshar et al.
[۴] Mohd Shahidan Shaari et al.
[۵] Tomiwa Sunday Adebayo & Demet Beton Kalmaz
[۶] Khan Baz et al.
[۷] Martins et al.

بنزین و گاز طبیعی در انتشار دی‌اکسید کربن توسط کشور ایران از سال ۱۳۳٤ تا ۱۳۹۸ است.

۳- روش شناسی

این قسمت به معرفی مدل در این تحقیق می‌پردازد. بررسی پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که روش‌های متعددی برای بررسی رابطه‌ی بلندمدت(همجمعی) میان متغیرهای موردبررسی درگذر زمان ازجمله روش انگل گرنجر[۱] و خود توضیح‌دهنده با وقفه‌های توزیعی(ARDL[۲]) استفاده‌شده است. در این مطالعه برای بررسی رابطه‌ی بلندمدت میان متغیرها از تکنیک خود توضیح‌دهنده با وقفه‌های توزیعی (ARDL[۳]) استفاده‌شده است. از مهم‌ترین مزایای مدل مذکور می‌توان به عملکرد مدل با تعداد کم مشاهدات و مدل‌سازی بدون نیاز به یکسان بودن درجه هم انباشتگی (درجه مانایی I(۰) و I(۱)) و امکان وجود وقفه‌های بهینه متفاوت متغیرهای مستقل و وابسته اشاره کرد (پسران و شین، ۱۹۹۹؛ پسران و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین از دیگر مزایای آن، تخمین رابطه بلندمدت بین متغیرها و تأکید بر مشکلات خودهمبستگی و درون‌زایی است (رحمان و کاشم، ۲۰۱۷؛ براتی و فردی توانا، ۲۰۲۰؛ آدبایو و کالماز، ۲۰۲۱). مدل ARDL نخستین بار توسط پسران و همکاران توسعه داده شد (پسران و همکاران[٤]، ۲۰۰۱). مدل ARDL به دلیل در نظر گرفتن پویایی کوتاه‌مدت و بلندمدت برای پیش‌بینی بسیار مفید می‌باشد. همچنین این مدل علاوه بر ضرایب کوتاه‌مدت، با ارائه تخمین بلندمدت و اثبات این رابطه، امکان پیش‌بینی را برای پژوهشگر فراهم می‌کند (آدام و بکو، ۲۰۱۲). بنابراین معادله انتشار کربن ایران علاوه بر مصرف گاز طبیعی شامل مصرف نفت کوره، گازوئیل، نفت گاز و بنزین است (همانند مطالعه مارتینز و همکاران، ۲۰۲۱). اما در مطالعه حاضر چون رابطه انتشار دی‌اکسید کربن و مصرف سوخت‌های فسیلی مطرح است و ایران کشور صادرکننده نفت و گاز طبیعی محسوب می‌گردد لذا برخلاف مقاله مذکور در این مطالعه تأکید بر مصرف فرآورده‌های نفتی است.

$$\Delta lnCO_{2_t} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \Delta ln\, CO_{2_{t-i}} + \sum_{i=0}^{q1} \beta_i \Delta ln\, GasOil_{t-i} + \sum_{i=0}^{q2} \gamma_i \Delta ln\, FuelOil_{t-i} + \sum_{i=0}^{q3} \delta_i \Delta ln\, Gasoline_{t-i} + \sum_{i=0}^{q4} \theta_i \Delta ln\, NG_{t-i} + \varphi_1 ln\, CO_{2_{t-1}} + \varphi_2 ln\, GasOil_{t-1} + \varphi_3 ln\, FuelOil_{t-1} + \varphi_4 ln\, Gaspline_{t-1} + \varphi_5 ln\, NG_{t-1} + e_t \quad (1)$$

قسمت اول معادله که دارای ضرایب θ_i و α_i،β_i،γ_i،δ_iمی‌باشند، بیانگر ضرایب کوتاه‌مدت مدل و قسمت دوم معادله، پارامترهای φ_1، φ_2، φ_3، φ_4 و φ_5 نمایانگر ضرایب بلندمدت هستند و وقفه‌های بهینه q_1 و q_2 و q_3 و q_4 و p توسط معیارهای اطلاعاتی مانند AIC و SBC تعیین می‌شود. بنابراین متغیرهای مورداستفاده در مدل $ARDL$ شامل متغیرهای انتشار کربن دی‌اکسید (CO_2)، مصرف نفت گاز ($GasOil$)، مصرف نفت کوره ($FuelOil$)، مصرف بنزین ($Gasoline$) و مصرف گاز طبیعی (NG) است. به دلیل اختلاف در واحد متغیرهای موجود در مدل، از لگاریتم طبیعی(ln) آن‌ها استفاده‌شده است تا خالص از واحد شوند و ضرایب به‌صورت کشش قابل تفسیر باشند. لذا θ_i و α_i،β_i،γ_i،δ_i به ترتیب بیانگر کشش‌های مصرف فرآورده های نفتی و گاز طبیعی هستند.

باید توجه داشت قبل از تخمین، برای بررسی وجود رابطه بلندمدت بین متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی از آزمون باند[٥] استفاده می‌شود (پسران و اسمیت، ۲۰۰۱). فرضیه صفر این آزمون به‌صورت زیر است:

$$H_0: \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4 = \varphi_5 = 0 \quad (2)$$

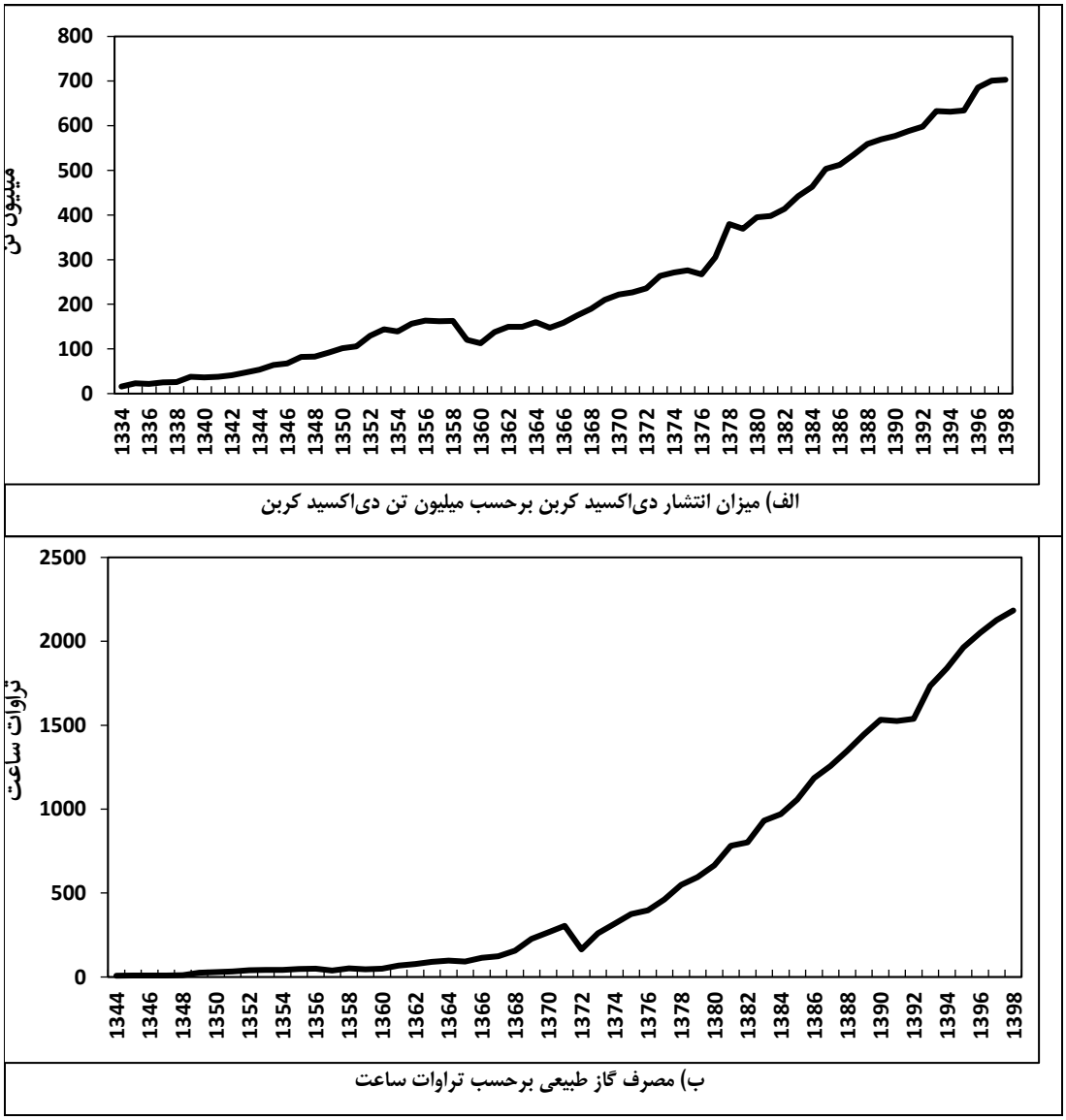
اگر آماره F بزرگ‌تر از میزان کران بالایی باشد، فرضیه صفر رد خواهد شد و رابطه بلندمدت وجود خواهد داشت و اگر کوچک‌تر از کران پایین باشد فرضیه صفر قبول خواهد شد و اگر بین دو کران باشد، آزمون بی‌نتیجه خواهد شد (صبحی جویباری، ۱۳۹۷).

٤. داده های مورد استفاده در تحقیق

در این مطالعه از داده‌های سری زمانی کل انتشار دی‌اکسید کربن و مصرف گاز طبیعی، مصرف نفت گاز، مصرف نفت کوره و مصرف بنزین از سال ۱۳۳٤ تا ۱۳۹۸ استفاده‌شده است. همچنین لازم به ذکر است داده‌های انتشار دی‌اکسید کربن و مصرف گاز طبیعی از موسسه داده‌های دنیای ما و داده‌های مصرف نفت گاز، نفت کوره و بنزین از آمارنامه مصرف سوخت‌های فسیلی انرژی‌زا شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی استخراج‌شده است. قبل از برآورد مدل لازم است آمار توصیفی متغیرهای مورداستفاده در مدل موردبررسی قرار گیرد. بر اساس گزارش داده‌های دنیای ما(۲۰۲۱)، کل انتشار کربن ایران از ۲۳ میلیون تن دی‌اکسید کربن در سال ۱۳٤٤ به ۷۰۳ میلیون تن دی‌اکسید کربن در سال ۱۳۹۸ رسیده است. همچنین مطابق گزارش فوق، مصرف گاز طبیعی از ۸ تراوات ساعت

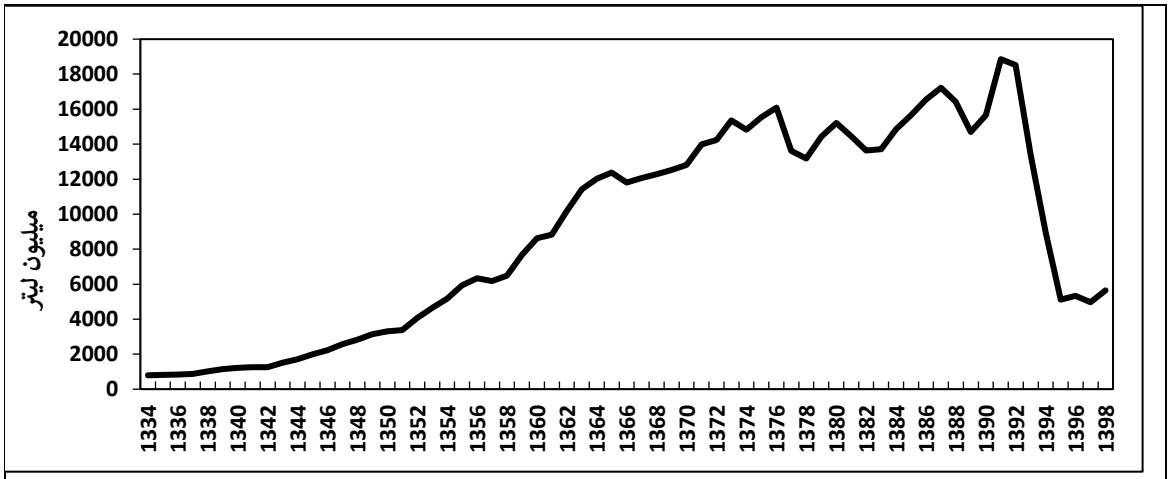
[۱] Engle Granger
[۲] Autoregressive Distributed Lag
[۳] Non-Linear Auto Regressive Distributed Lag
[٤] Pesaran et al.
[٥] Bounds Test

در سال ۱۳٤٤ به ۲۲۰۰ تراوات ساعت در سال ۱۳۹۸ رسیده است (نمودار۱).

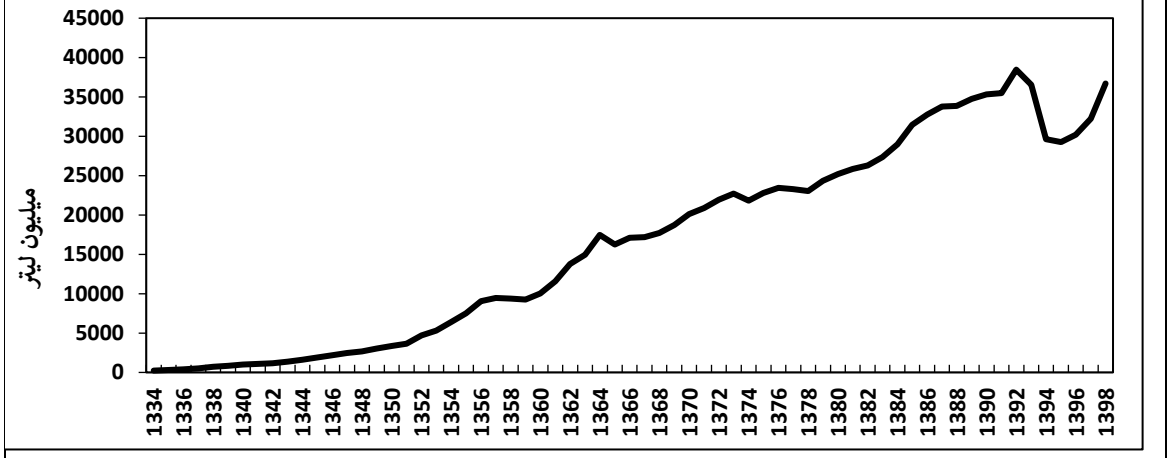


نمودار(۱) روند انتشار کربن دی‌اکسید و مصرف گاز طبیعی. منبع(*ourworldindata.org*)

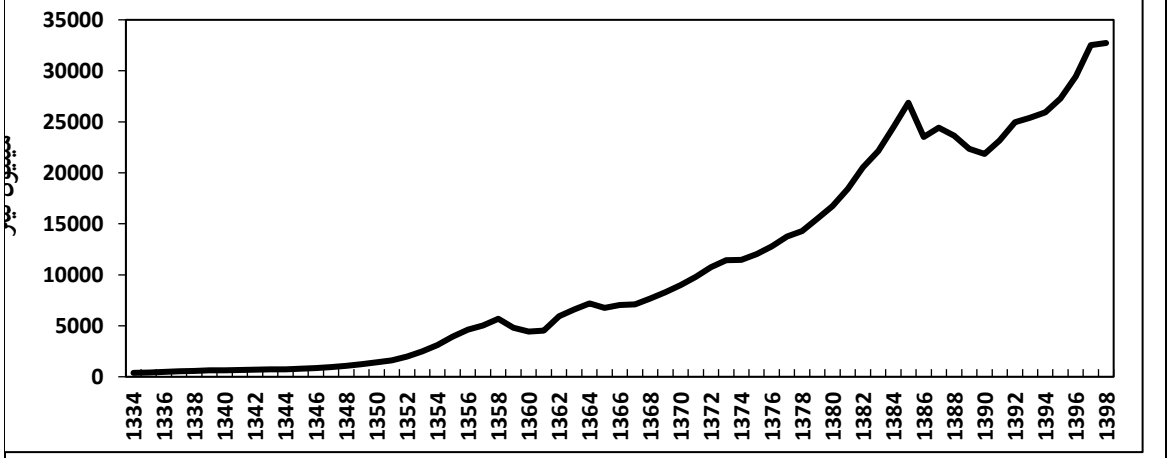
همچنین بر اساس گزارش فوق و مطابق نمودار (۲) مصرف نفت کوره، نفت گاز و بنزین به ترتیب از ۷۹٤، ۲۳٤ و ۳۸۲ میلیون لیتر در سال ۱۳۳٤ به ترتیب به ٦ و ۳۷ و ۳۲ میلیارد لیتر در سال ۱۳۹۸ رسیده‌اند.



الف) مصرف نفت کوره برحسب میلیون لیتر



ب) مصرف نفت گاز برحسب میلیون لیتر



ج) مصرف بنزین برحسب میلیون لیتر

نمودار(۲) روند مصرف فرآورده‌های نفتی از سال ۱۳۳٤ تا سال برحسب میلیون لیتر۱۳۹۸. منبع(شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی)

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میزان انتشار کربن در بازه زمانی ۱۳۳٤-۱۳۹۸ معادل ٦ درصد سالیانه افزایش‌یافته است درحالی‌که متغیرهای مصرف نفت گاز و نفت کوره به ترتیب ۸٪ و ۳٪ سالیانه افزایش‌یافته‌اند. همچنین نرخ رشد سالیانه مصرف بنزین و گاز طبیعی به ترتیب ٦٪ و ۹ ٪ گزارش‌شده است.

جدول ۱. آمار توصیفی متغیرها(۱۳۳٤-۱۳۹۸)

متغیرها	واحد	تعداد مشاهدات	میانگین	حداکثر	حداقل	متوسط نرخ رشد سالیانه
انتشار دی‌اکسید کربن	میلیون تن دی‌اکسید کربن	٦٥	٢٦٣	٧٠٣	١٦	٪ ٦
مصرف نفت گاز	میلیون لیتر	٦٥	١٦٥٠٣	٣٨٤٦٦	٢٣٤	٪ ٨
مصرف نفت کوره	میلیون لیتر	٦٥	٨٨٩٧٥/٦	١٨٨٥٤	٧٩٤	٪ ٣
مصرف بنزین	میلیون لیتر	٦٥	١٠٧٤٩/٦	٣٢٧٣٠	٣٨٢	٪ ٦
مصرف گاز طبیعی	مترمکعب	٥٥	٥٨٥/٨	٢١٨٤	٨	٪ ٩

٥

. برآورد مدل

در این مطالعه از داده‌های سری زمانی انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف نفت گاز، مصرف نفت کوره، مصرف بنزین و مصرف گاز طبیعی جهت برآورد مدل ARDL در بازه زمانی ۱۳۳٤ تا ۱۳۹۸استفاده‌شده است. آزمون مانایی از الزامات مهم در برآورد معادلات اقتصادی با داده‌های سری زمانی است. لذا قبل از برآورد مدل، لازم است ابتدا مانایی متغیرها مورد آزمون قرار گیرد. برای استفاده از مدل ARDL همه متغیرها باید در سطح (Level) و یا با یک‌بارتفاضل گیری مانا شوند. بر همین اساس با استفاده از آزمون دیکی فولر مانایی متغیرها را بررسی می‌کنیم. لازم به ذکر است مانایی متغیرها فقط در سطح ۵ درصد بررسی‌شده است. نتایج حاصل از آزمون مانایی متغیرها در جدول (۲) گزارش‌شده است.

جدول (۲) نتایج آزمون دیکی فولر برای متغیرهای الگو

متغیر	آزمون ADF (در سطح)		آزمون ADF (یک‌بار تفاضل گیری)		درجه مانایی
	آماره	مرز بحرانی	آماره	مرز بحرانی	
CO_2	-۲/۷٦	-۳/٥	-٦/٦	-۳/٥	$I(1)$
Gas Oil	-۲/۰۷	-۳/٥	-٥/۰٦	-۳/٥	$I(1)$
Fuel Oil	-۱/۱٦	-۳/٥	-٥/٤	-۳/٥	$I(1)$
Natural Gas	-۲/٤	-۳/٥	-۸/۱	-۳/٥	$I(1)$
Gasoline	-۲/۰٦	-۳/٥	-٤/۷	-۳/٥	$I(1)$

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از جدول ۲ نشان می‌دهد که متغیرها در سطح مانا نبوده اما با یک‌بار تفاضل گیری مانا می‌شوند. پس شروط اولیه جهت برآورد مدل ARDL فراهم است. در مرحله بعد مدل به روش ARDL در بازه زمانی ۱۳۳٤-۱۳۹۸ برآورد شده و چون تعداد داده‌ها کمتر از ۱۰۰ است، از معیار شوارتز بیزین جهت تعیین تعداد وقفه بهینه استفاده خواهد شد. سپس ضرایب الگو برآورد می‌شود. مدل ARDL با تعداد وقفه بهینه برآورد شده، (۱،٤،۳،۳،۳) می‌باشد که معادله (۳) آن را نشان می‌دهد.

$$\Delta lnCO_{2_t} = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta \ln CO_{2_{t-1}} + \sum_{i=0}^{4} \beta_i \Delta \ln GasOil_{t-i} + \sum_{i=0}^{3} \gamma_i \Delta \ln FuelOil_{t-i} + \sum_{i=0}^{3} \delta_i \Delta \ln Gasoline_{t-i} + \sum_{i=0}^{3} \theta_i \Delta \ln NG_{t-i} + \varphi_1 \ln CO_{2_{t-1}} + \varphi_2 \ln GasOil_{t-1} + \varphi_3 \ln FuelOil_{t-1} + \varphi_4 \ln Gaspline_{t-1} + \varphi_5 \ln NG_{t-1} + e_t \quad (3)$$

انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

ازآنجایی‌که متغیرها به‌صورت لگاریتمی در نظر گرفته‌شده‌اند لذا ضرایب، کشش‌ها را نشان می‌دهند و به‌صورت درصد تفسیر می‌شوند. بر اساس نتایج مدل تحقیق در جدول (۳) می‌توان گفت که علامت تمامی ضرایب تخمین زده‌شده انتظارات تئوریک را برآورده می‌کند. این بدین معنی است که مصرف فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی رابطه‌ای مستقیم با میزان

جدول(۳) برآورد کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت متغیرهای مؤثر بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن با استفاده از مدل ARDL

متغیرها	کشش‌های کوتاه‌مدت	کشش‌های بلندمدت
مصرف نفت گاز	۰.۵۵**	۰.۸۳***
مصرف گاز طبیعی	۰.۳۲*	۰.۰۹**
مصرف نفت کوره	۰.۳۲** *	۰.۴۹** *
مصرف بنزین	*۰,۱۸	۰.۳۴* *
ضریب تصحیح خطا	-۰.۸۲** *	
R^2	۰.۸۲	
آزمون باند	F-Statistic = ۹,۰۷ F[I(۰)] = ٤,۸ F[I(۱)] = ٦,۷	
آزمون عدم وجود خودهمبستگی (LM test)	۳.۱۳ (Prob = ۰.۰۷)	
آزمون همسانی واریانس (White test)	۰.۳٤ (Prob = ۰.۹۸)	
آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها (Jarque-Bera test)	۱.٤ (Prob = ۰.۵)	
آزمونRamsey RESET	(۰.۷٤)Prob = ۰,٤٦	

*، **، *** به ترتیب نشانگر معنی‌داری ضرایب در سطوح ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪ است. منبع: نتایج تحقیق

نتایج حاصل از مطالعه ARDL نشان می‌دهد که مصرف گاز طبیعی، بنزین و گازوئیل تا ۳ دوره وقفه (تأخیر) و همچنین مصرف نفت کوره تا ٤ دوره وقفه در مدل لحاظ شده‌اند. همچنین میزان انتشار دی‌اکسید کربن با یک وقفه در مدل لحاظ شده است. لازم به ذکر است که مدل نتایج آماری معنی‌داری را برای آزمون‌های تشخیصی باقیمانده‌ها ارائه می‌کند. بر اساس یافته‌های حاصل از مدل، معیار خوبی برازش(R^2) معادل ۸۲ درصد است. یعنی ۸۲ درصد از تغییرات متغیر وابسته (انتشار دی‌اکسید کربن) توسط متغیرهای توضیحی (مصرف نفت گاز، نفت کوره، گاز طبیعی و بنزین) توضیح داده می‌شود که درصد قابل قبولی است.

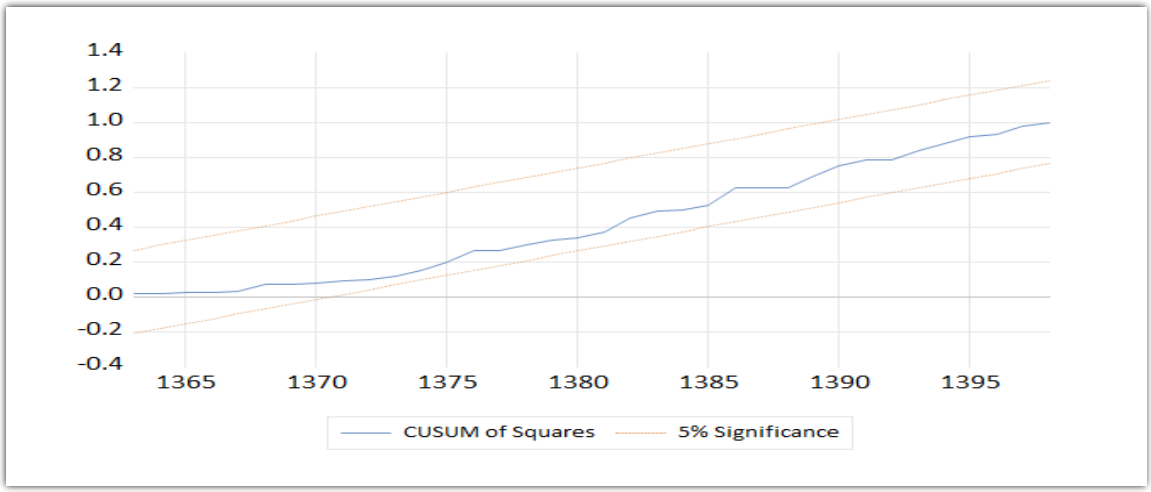
کربن را در کوتاه‌مدت و بلندمدت به ترتیب ۰/۵۵٪ و ۰/۸۳٪ افزایش می‌دهد. سایر یافته‌های حاصل از مدل نشان می‌دهد یک درصد افزایش مصرف گاز طبیعی، موجب اثر مثبت به

پس از انتخاب مدل و تائید وجود هم انباشتگی، سرعت تعدیل تعادل کوتاه‌مدت به تعادل بلندمدت، که توسط ضریب تصحیح خطا (ECM[۱]) نشان داده‌شده است، برآورد شد و ضرایب کوتاه‌مدت متغیرها به دست آمد. از یافته‌های حاصل از برآورد مدل می‌توان این‌گونه استنباط کرد که پویایی‌های کوتاه‌مدت در ارتباط با روابط بلندمدت وجود دارد. تفسیر ضریب تصحیح خطا که معادل ۰/۸۲- است، نشان می‌دهد که ضرایب کوتاه‌مدت و بلندمدت به یکدیگر همگرا می‌شوند. نتایج برآوردهای مدل تصحیح خطا حاکی از آن است که در بلندمدت، در صورت وقوع شوک خارجی در متغیرهای مستقل، مدل به حالت تعادل برمی‌گردد. بررسی کشش‌های کوتاه‌مدت مدل نشان می‌دهد که افزایش یک‌درصدی مصرف نفت گاز، میزان انتشار دی‌اکسید

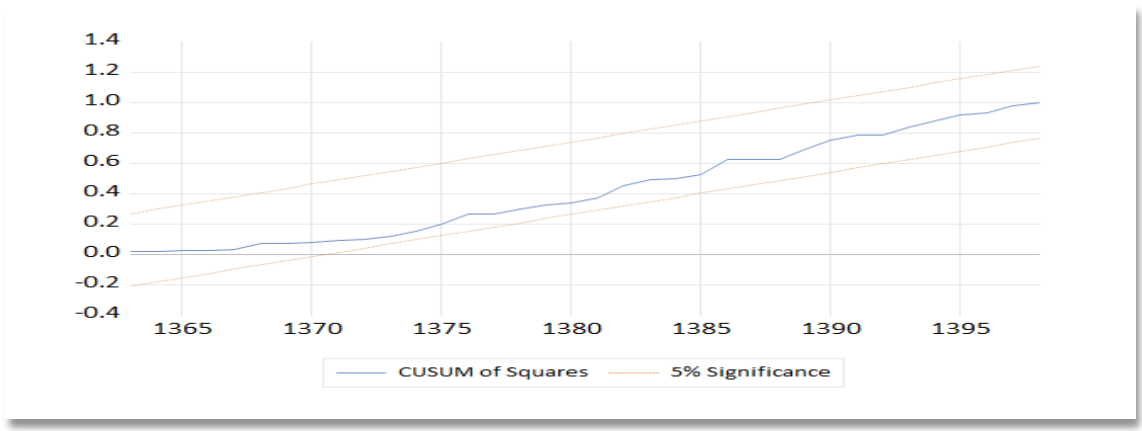
میزان ۰/۳۲٪ بر انتشار دی‌اکسید کربن در کوتاه‌مدت و در بلندمدت اثر ۰/۰۹ درصدی بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن دارد. دیگر نتایج مدل حاکی از آن است که یک درصد

[۱] Error-Correction Model

افزایش مصرف نفت کوره، به ترتیب میزان انتشار کربن را ۰/۳۲ و ۰/۴۹ درصد در کوتاه‌مدت و بلندمدت افزایش می‌دهد. همچنین یک درصد مصرف بنزین، در بلندمدت اثر مثبت به میزان ۰/۳۴ درصد بر میزان انتشار کربن دارند. همچنین یک درصد افزایش مصرف بنزین، ۰/۱۸درصد انتشار کربن را در کوتاه‌مدت افزایش خواهد داد. نتایج حاصل از مدلARDL نشان می‌دهد که مصرف نفت گاز، نفت کوره، بنزین و گاز طبیعی تأثیر مثبتی بر تخریب محیط‌زیست چه در کوتاه‌مدت و چه در بلندمدت دارد. بنابراین، نتایج نشان می‌دهد مصرف نفت گاز هم در کوتاه-مدت و هم در بلندمدت، بیشترین تأثیر مخرب روی محیط-زیست و انتشار دی‌اکسید کربن در ایران دارد و نفت کوره و بنزین در رتبه‌های بعدی قرار دارند. مصرف گاز طبیعی تنها حامل انرژی است که در بلندمدت، کمترین تأثیر بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد و آسیب کمتری بر تخریب محیط‌زیست وارد می‌کند. ازاین‌رو، هرچند سیاست جایگزینی گاز طبیعی بجای سایر سوخت‌های فسیلی در بلندمدت می‌تواند تا حدودی انتشار دی‌اکسید کربن در ایران را کاهش دهد؛ اما با توجه به رشد فزاینده مصرف گاز طبیعی و محدودیت‌های متعدد در سمت عرضه آن، این سیاست نمی‌تواند در بلندمدت تداوم یابد. لذا توصیه می‌شود سیاست‌های قیمتی و غیر قیمتی همانند اصلاح یارانه قیمتی و بهبود در تکنولوژی و تجهیزات مرتبط با سوخت‌های فسیلی نیز موردتوجه قرار گیرد.آزمون‌های خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس نشان می‌دهد که مدل مشکل خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس ندارد. همچنین آزمون باند وجود رابطه بلندمدت را تائید می‌کند. سایر آزمون‌ها ازجمله جارک-برا بر توزیع نرمال داده‌ها و ریست رمزی بر درستی تصریح شکل الگو تأکیددارند. همچنین به‌منظور آزمون ثبات ساختاری مدل از آزمون پسماند تجمعی و مجذور پسماند تجمعی استفاده‌شده است. بر این اساس نمودار پسماند تجمعی و مجذور پسماند تجمعی در فاصله اطمینان ۵ درصد قرارگرفته است لذا آزمون پایداری مدل در بلندمدت را نشان



الف) پسماند تجمعی



ب) مجذور پسماند تجمعی

نمودار(۳). نمودار پسماند تجمعی و مجذور پسماند تجمعی. منبع(یافته‌های تحقیق)

مصرف انرژی نقش مهمی در فعالیت های اقتصادی دارد. از این رو مصرف انرژی علی الخصوص مصرف سوخت های فسیلی همواره در میان سیاست‌گذاران و اقتصاددانان موردبحث بوده است. مصرف سوخت‌های فسیلی اثرات زیست‌محیطی در کوتاه‌مدت(تغییرات آب‌وهوا) و در بلندمدت (تغییرات اقلیمی) دارد. لذا می‌توان استنباط کرد که انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی را دائماً نمی‌توان کنترل کرد. (باز و همکاران، ۲۰۲۱)(عمر[۱] و همکاران، ۲۰۲۱).

٦. نتیجه گیری و پیشنهادها

هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر مصرف فرآورده‌های نفتی اعم از نفت گاز، نفت کوره و بنزین در کنار مصرف گاز طبیعی بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن می‌باشد. همچنین مطالعه حاضر آثار بلندمدت و کوتاه‌مدت و نوع رابطه بین متغیرها را با استفاده از مدل ARDL موردبررسی قرارداد. وجود روابط علت و معلولی بین متغیرها مشخص‌شده است، به این معنا که مصرف فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی باعث انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود و کشش‌های کوتاه‌مدت مشخص کرده‌اند که سوختی که بیشترین تأثیر را بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد، نفت گاز است و پس‌ازآن به ترتیب گاز طبیعی، نفت کوره و درنهایت بنزین. همچنین بررسی کشش‌های بلندمدت نشان می‌دهد که مصرف نفت گاز بیشترین تأثیر را بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن کشور دارد. پس‌ازآن نفت کوره، بنزین و گاز طبیعی به ترتیب رتبه‌های دوم تا چهارم بیشترین میزان تأثیر بر انتشار کربن را به خود اختصاص داده‌اند. سهم گاز طبیعی در میزان انتشار کربن در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی بسیار ناچیز است لذا جایگزین کردن گاز طبیعی و افزایش مصرف آن میزان انتشار کربن کشور را گاهش خواهد داد اما باید توجه کرد که با توجه به روند مصرفی کشور و محدودیت ذخایر گازی تداوم این روند ممکن نیست لذا سیاست‌های انرژی باید مورد بازبینی قرارگرفته و مبتنی بر توسعه تکنولوژی‌های تجدید پذیر باشد. پس از بررسی روند انتشار دی‌اکسید کربن کشور در بازه زمانی ۱۳۹۸-۱۳۳٤ این نکته قابل‌ملاحظه است که اصلاحات قیمت سوخت‌های فسیلی در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۸ نتوانسته روند صعودی میزان انتشار دی‌اکسید کربن کشور را نزولی و یا حتی کنترل کند. به همین دلیل در این مقاله به تأثیرات قیمتی اشاره‌ای نشده است. لذا بایستی سیاست‌های غیر قیمتی مانند افزایش کیفیت سوخت‌های فسیلی، افزایش راندمان ماشین‌آلات و صنایع مصرف‌کننده سوخت‌های فسیلی، تولید خودروهای با مصرف سوخت پایین، ساخت و توسعه خودروهای برقی، توسعه حمل‌ونقل عمومی و بهبود راه‌ها را در کنار سیاست‌های قیمتی به کار گرفته شود. با مشهود بودن تغییرات اقلیمی، مشاهده می‌شود که سطوح دی‌اکسید کربن ساطع‌شده با استفاده از سوخت‌های فسیلی را نمی‌توان به‌طور فزاینده‌ای حفظ کرد زیرا مصرف این سوخت‌ها اثرات زیست‌محیطی کوتاه‌مدت مانند تغییرات آب‌وهوای محلی و اثرات زیست‌محیطی بلندمدت مانند تغییرات آب و هوایی را به همراه دارد. لذا ایران به‌عنوان کشوری با حجم عظیم مصرف سوخت‌های فسیلی و رتبه ششم بیشترین میزان انتشار دی‌اکسید کربن نیازمند راهکارهای فوری جهت مقابله با پیامدهای وخیم تغییرات اقلیمی است. ترکیبی از سیاست‌ها، قوانین، استانداردها و بازرسی‌های مرتبط با اجرای فناوری‌های جدید(تکنولوژی‌های تجدید پذیر) و افزایش آگاهی اجتماعی برای کنترل انتشار دی‌اکسید کربن مفید است زیرا می‌تواند با پیشگیری از بیماری‌ها و زیان در بهره‌وری، اقتصاد ملی را ارتقا داده و ثبات اقتصادی کشور را تضمین کند. به‌عنوان محدودیت تحقیق، در دسترس نبودن داده‌ها در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۸-۱٤۰۱خودنمایی می‌کند. همچنین برای مطالعات آینده ما بررسی نقش تکنولوژی‌های تجدید پذیر و بررسی نوع ارتباط آن‌ها ازنظر خطی بودن یا غیرخطی بودن بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن را پیشنهاد می‌کنیم تا بررسی شود که آیا فناوری‌های تجدید پذیر در جهت مخالف انتشار آلاینده‌ها هستند یا خیر.

[۱] Umar et al.

منابع

- **صبحی جویباری، فاطمه. (۱۳۹۷). پویایی عبور قیمت نفت بر شاخص‌های قیمت داخلی در ایران در طی زمان (با استفاده از رهیافتTVP) پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی.**

- Abumunshar, M., Aga, M., & Samour, A. (۲۰۲۰). Oil price, energy consumption, and CO۲ emissions in Turkey. New evidence from a Bootstrap ARDL Test. Energies, ۱۳(۲۱), ۵۵۸۸.
- Adebayo, T. S., & Beton Kalmaz, D. (۲۰۲۱). Determinants of CO۲ emissions: Empirical evidence from Egypt. Environmental and Ecological Statistics, ۲۸(۲), ۲۳۹-۲۶۲.
- Adedoyin, F. F., Gumede, M. I., Bekun, F. V., Etokakpan, M. U., & Balsalobre-Lorente, D. (۲۰۲۰). Modelling coal rent, economic growth and CO۲ emissions: does regulatory quality matter in BRICS economies?. Science of the Total Environment, ۷۱۰, ۱۳۶۲۸۴.
- Adom, P. K., Bekoe, W., Amuakwa-Mensah, F., Mensah, J. T., & Botchway, E. (۲۰۱۲). Carbon dioxide emissions, economic growth, industrial structure, and technical efficiency: Empirical evidence from Ghana, Senegal, and Morocco on the causal dynamics. Energy, ۴۷(۱), ۳۱۴-۳۲۵.
- Anser, M. K. (۲۰۱۹). Impact of energy consumption and human activities on carbon emissions in Pakistan: application of STIRPAT model. Environmental Science and Pollution Research, ۲۶(۱۳), ۱۳۴۵۳-۱۳۴۶۳.
- Al-Mulali, U. (۲۰۱۱). Oil consumption, CO۲ emission and economic growth in MENA countries. Energy, ۳۶(۱۰), ۶۱۶۵-۶۱۷۱.
- Barati, M., & Fariditavana, H. (۲۰۲۰). Asymmetric effect of income on the US healthcare expenditure: evidence from the nonlinear autoregressive distributed lag (ARDL) approach. Empirical Economics, ۵۸(۴), ۱۹۷۹-۲۰۰۸.
- Baz, K., Cheng, J., Xu, D., Abbas, K., Ali, I., Ali, H., & Fang, C. (۲۰۲۱). Asymmetric impact of fossil fuel and renewable energy consumption on economic growth: A nonlinear technique. Energy, ۲۲۶, ۱۲۰۳۵۷.
- Bölük, G., & Mert, M. (۲۰۱۵). The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: an ARDL approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews, ۵۲, ۵۸۷-۵۹۵.
- Golkhandan A. Impact of Positive and Negative Oil Shocks on the stock price index in Iran (Is This Impact Asymmetric?). qjfep ۲۰۱۷; ۴ (۱۵) :۸۹-۱۱۴.
- Golmoradi, H., & Arabmazar, A. (۲۰۱۳). Estimates of the Macroeconomic Impacts of Fossil Fuel Consumption and Reduction of Carbon Dioxide Emissions in the Iranian Economy. Environmental Sciences, ۱۱(۳).
- Hafezi, H., & Delfan, M. (۲۰۲۲). Long-term Forecasting of Iran's Electricity Demand (A Scenario-based Approach using a Combined ARDL and ARIMA Approach). Iranian Energy Economics, (). doi: ۱۰,۲۲۰۵۴/jiee.۲۰۲۲,۷۰۶۷۵,۱۹۵۹.
- Hannah Ritchie, Max Roser and Pablo Rosado (۲۰۲۲) - "Energy". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/energy' [Online Resource]
- He, P., Chen, L., Zou, X., Li, S., Shen, H., & Jian, J. (۲۰۱۹). Energy taxes, carbon dioxide emissions, energy consumption and economic consequences: A comparative study of nordic and G۷ countries. Sustainability, ۱۱(۲۱), ۶۱۰۰.
- IEA, Islamic Republic of Iran total final consumption by source, ۱۹۷۱-۲۰۲۰, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/Islamic Republic of Iran-total-final-consumption-by-source-۱۹۷۱-۲۰۲۰, IEA. Licence: CC BY ۴,۰.
- IEA, World total final consumption by source, ۱۹۷۱-۲۰۲۰, IEA, Paris https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-total-final-consumption-by-source-۱۹۷۱-۲۰۲۰, IEA. Licence: CC BY ۴,۰.
- Lotfalipor, M. R., Falahi, M. A., & Bastam, M. (۲۰۱۲). The Environmental Issues and Forecasting of Carbon Dioxide Emissions in Iran Economy. Journal of Applied Economics Studies in Iran, ۱(۳), ۸۱-۱۰۹.
- Martins, T., Barreto, A. C., Souza, F. M., & Souza, A. M. (۲۰۲۱). Fossil fuels consumption and carbon dioxide emissions in G۷ countries: Empirical evidence from ARDL bounds testing approach. Environmental Pollution, ۲۹۱, ۱۱۸۰۹۳.
- Mensah, I. A., Sun, M., Gao, C., Omari-Sasu, A. Y., Zhu, D., Ampimah, B. C., & Quarcoo, A. (۲۰۱۹). Analysis on the nexus of economic growth, fossil fuel energy consumption, CO۲ emissions

and oil price in Africa based on a PMG panel ARDL approach. Journal of Cleaner Production, ۲۲۸, ۱۶۱-۱۷٤.

- Mohammadi, S., Emami meibodi, A., & Fakehi, A. (۲۰۱۹). Compilation and Analysis of Supply and Demand Management Scenarios of Iran's Energy System to Reduce Environmental Impacts Using LEAP. Iranian Energy Economics, ۹(۳۳), ۱۲۱-۱٦٦.
- Mohammadi, M., Khezri, S., & Vafaeinejad, A. (۲۰۲۲). Management of energy carrier's consumption and emission of pollutants using the Leap model in Lea Industrial Park of Qazvin province. Journal of Environmental Science and Technology, ۲۳(۱۲), ۲٤۳-۲٥۷.
- Naz, S., Sultan, R., Zaman, K., Aldakhil, A. M., Nassani, A. A., & Abro, M. M. Q. (۲۰۱۹). Moderating and mediating role of renewable energy consumption, FDI inflows, and economic growth on carbon dioxide emissions: evidence from robust least square estimator. Environmental Science and Pollution Research, ۲٦(۳), ۲۸۰٦-۲۸۱۹.
- Pesaran, H., & Shin, Y. (۱۹۹۹). An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration "chapter ۱۱. In Econometrics and Economic Theory in the ۲۰th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium. Cambridge University Press Cambridge.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (۲۰۰۱). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. Journal of applied econometrics, ۱٦(۳), ۲۸۹-۳۲٦.
- Rahman, M. M., & Kashem, M. A. (۲۰۱۷). Carbon emissions, energy consumption and industrial growth in Bangladesh: Empirical evidence from ARDL cointegration and Granger causality analysis. Energy Policy, ۱۱۰, ٦۰۰-٦۰۸.
- Sadeghi, K., Sojoodi, S., & Ahmadzadeh, F. (۲۰۱۷). Renewable energy, economic growth and quality of the environment in Iran (۱۹۸۰-۲۰۱۲). J. Energy Policy Plann. Res, ۳(٦), ۱۷۱-۲۰۲.
- Schorderet, Y. (۲۰۰۳). Asymmetric cointegration. Genève: Université de Genève/Faculté des sciences économiques et sociales.
- Shaari, M. S., Abdul Karim, Z., & Zainol Abidin, N. (۲۰۲۰). The effects of energy consumption and national output on CO۲ emissions: new evidence from OIC countries using a panel ARDL analysis. Sustainability, ۱۲(۸), ۳۳۱۲.
- Shin, Y., Yu, B., & Greenwood-Nimmo, M. (۲۰۱٤). Modelling asymmetric cointegration and dynamic multipliers in a nonlinear ARDL framework. In Festschrift in honor of Peter Schmidt (pp. ۲۸۱-۳۱٤). Springer, New York, NY.
- Tavanir. (۲۰۲۱). Energy Balance (۲۰۱۹). Tehran: Amini, F., Saber Fattahi, L., Soleimanpour, P., Gol Ghahramani, N., Shafizadeh, M., Tavanpour, M., Farmad, M., Goudarzirad, R., & Rezapour, K.
- Umar, M., Ji, X., Kirikkaleli, D., & Alola, A. A. (۲۰۲۱). The imperativeness of environmental quality in the United States transportation sector amidst biomass-fossil energy consumption and growth. Journal of Cleaner Production, ۲۸٥, ۱۲٤۸٦۳.
- Velayatzadeh, M. (۲۰۱۸). The estimation of carbon emissions from fossil fuel consumption in the period ۱۳۹٤-۱۳۰٦ in Iran. Environmental Health, ٤(۳), ۲۳۷-۲٤٦.

Dynamic Impacts of Fossil Fuels Consumption on Carbon Dioxide Emissions in Iran

Hossein Hafezi[۱] ; Siab Mamipour[۲]

.MSc. in Energy Economy, Kharazmi University, Faculty of Economics, Tehran, Iran.
MSc., Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
E-mail: hhafezi@khu.ac.ir

Abstract

The issue of climate change has become a significant global concern over the past few decades. Greenhouse gas emissions, specifically carbon dioxide ($CO_۲$), resulting from the combustion of fossil fuels, are a primary contributor to this phenomenon. Of the various types of fossil fuels, natural gas and petroleum products are the most widely used. Specifically, gas oil, fuel oil, and gasoline have been the most commonly utilized petroleum products in Iran over the last five decades. To examine the relationship between fossil fuel consumption and total carbon dioxide emissions in Iran from ۱۹۵۵ to ۲۰۱۸, the current study employs the autoregressive distributed lag (ARDL) model. The findings reveal that fossil fuel use has multiple impacts on carbon dioxide emissions. Specifically, a one percent increase in the consumption of gas oil, fuel oil, natural gas, and gasoline results in a corresponding increase in carbon dioxide emissions of ۰,۵۵٪, ۰,۳۲٪, ۰,۳۲٪, and ۰,۱۸٪, respectively. The analysis of long-term elasticities reveals that a one percent increase in fossil fuel consumption corresponds to a ۰.۸۳٪, ۰.۴۹٪, ۰.۰۹٪, and ۰.۳۴٪ increase in carbon emissions, respectively. The study's results demonstrate that the utilization of gas oil has the greatest negative impact on the environment and carbon dioxide emissions in Iran, both in the short and long term. Fuel oil and gasoline follow closely behind. In contrast, consuming natural gas has the least negative effect on carbon dioxide emissions and the environment in the long run. However, due to supply-side constraints and increasing natural gas consumption, switching from other fossil fuels to natural gas cannot be sustained as a long-term policy to reduce carbon dioxide emissions. Therefore, it is recommended that policymakers pay attention to both price and non-price policies, such as reforming price subsidies and advancing fossil fuel-related machinery and technology.

Introduction

The International Energy Agency (IEA)(۲۰۲۰), reported that Iran's final energy consumption increased from ۲,۲۹۰ million terajoules in ۱۹۹۰ to more than ٤,۸ million terajoules in ۲۰۱۹, with the largest share going to electricity with ۹٤۰ thousand terajoules, petroleum products with ۲,۹ million, and natural gas with ٤,٥ million. Iran consumed around ۱۲ exajoules of energy in ۲۰۲۰, ranking eighth among countries according to the Statista(۲۰۲۰). The world's energy use per person is an intriguing comparison to Iran's. The average global energy consumption per person is ۲۰-megawatt hours. Of the energy sources, oil ranks top with more than ٦-megawatt hours, followed by coal with more than ٥,٦ megawatt hours, and gas with ٥-megawatt hours. The third one. Additionally, the same report states that Iran has a per capita energy consumption of over ٤۱ megawatt hours, which is higher than the world average of ۲٦,۸ and ۱۳ (Our World in Data, ۲۰۲۲). A country like Iran has used a lot of energy as a result of its slow economic growth rate, particularly during the worst and most unfavorable economic conditions of the past ten years. This has resulted in an excessive amount of carbon dioxide being produced. It is important to note that there is a direct link between the use of fossil fuels and the production of carbon emissions, meaning that as fossil fuel use increases, so do carbon emissions. Different types of fossil fuel consumption result in varying amounts of carbon emissions. According to Block and Mert (۲۰۱٥), the consumption of coal results in greater carbon emissions than the consumption of oil or natural gas. Iran's carbon emissions rose from ۱۷۱ million tonnes in ۱۹۹۰ to ٥۸۳ million tonnes in ۲۰۱۹, claims research from the International Energy Agency. The biggest quantity of carbon emissions, or ۳۹۰ million tonnes, are attributed to the use of natural gas, according to the statistics that have been released. Iran has the sixth highest global carbon emission rate in ۲۰۲۰ with ۷٤٥ million tonnes of $CO_۲$, making Iran's carbon emissions more than those of a developed nation like Germany (Global Carbon Atlas, ۲۰۲۰). The usage of fossil fuels, it may be inferred from the aforementioned, is a significant contributor to the carbon dioxide ($CO_۲$) released into the atmosphere. Pollutant emissions, particularly those of carbon dioxide, are another major factor in climate change and global warming. Iran contributes significantly to global energy consumption and pollution emissions as a nation that uses fossil fuels. Carbon dioxide makes up more than ۸۳٪ of the gases that cause the phenomenon of global warming, therefore it may be claimed that regulating this gas involves regulating the entire earth's

atmosphere. The globe will experience severe climate change and other negative repercussions as a result of this consumer behavior. One of the most significant effects of climate change is the acceleration of global warming and the ensuing rise in sea levels brought on by the melting of polar glaciers. In ۲۰۲۰, the global temperature will have increased by ۱ degree Celsius from zero degrees in ۱۸۸۰, according to a report on temperature change and global warming during the last ٤٠ years. According to projections, the temperature will rise by ٦ degrees by the end of the century (National Aeronautics and Space Administration (NASA), ۲۰۲۰). One of the main concerns and problems facing all the nations of the world in this century is how to control climate change and global warming. The health of the entire planet is seriously threatened by the process of temperature change and global warming. Adopting sensible and sensible regulations is therefore essential if we are to shift this consumption pattern and lower pollution emissions. Concern over the recent spike in greenhouse gas emissions, particularly carbon dioxide, is the driving force for this study. According to the energy balance report from ۲۰۱۸, carbon dioxide is responsible for ۹۹٪ of the greenhouse gases brought on by the usage of fossil fuels. In the topic of examining variables influencing the amount of carbon dioxide emissions, several experimental investigations have been carried out, emphasizing the impact of fossil fuel usage, particularly petroleum products.

Methodology

This part introduces the model in this research. The review of the research background shows that several methods have been used to investigate the long-term relationship between the investigated variables over time, such as the Granger-Engle method and Autoregressive Distributed Lags (ARDL). In this study, the long-term association between variables was examined using the Autoregressive Distributed Lags (ARDL) method. The performance of the model with a small number of observations and modeling without the requirement that the degree of cointegration is the same (Stationary degree I(۰) and I(۱)) are two of the model's most significant benefits (Pesaran and Shin, ۱۹۹۹; Pesaran et al., ۲۰۰۱). The model also allows for the possibility of having different optimal intervals of independent and dependent variables. Another benefit is that it emphasizes the issues with autocorrelation and endogeneity in estimating the long-term association between variables (Rahman and Kashem, ۲۰۱۷; Barati and Fardi Tavana, ۲۰۲۰; Adebayo and Kalmaz, ۲۰۲۱). Pesran et al. were the ones who first created the ARDL model (Pesran et al., ۲۰۰۱). The ARDL model's consideration of both short- and long-term dynamics makes it a very valuable tool for predicting. Additionally, this model offers the researcher the chance to make predictions in addition to short-term coefficients by offering long-term estimation and demonstrating this link (Adam and Beko, ۲۰۱۲). Because of this, the consumption of heating oil, diesel, petrol oil, and petrol is included in Iran's carbon emission equation in addition to the consumption of natural gas (similar to the study by Martins et al., ۲۰۲۱). Contrary to the aforementioned article, the emphasis in this study is on the consumption of petroleum products because the relationship between carbon dioxide emissions and fossil fuel consumption is discussed and because Iran is regarded as an exporter of natural gas and oil.

Conclusion

Using the ARDL model, the current study investigated the types of relationships between the variables, their long- and short-term impacts, and both. Short-term trends show that the fuel with the greatest impact on carbon dioxide emissions is gas oil, followed by natural gas, fuel oil, and then gasoline. This suggests that there are cause-and-effect relationships between the variables, as consumption of oil products and natural gas results in the emission of carbon dioxide. Additionally, an analysis of long-term patterns reveals that the use of gas oil has the biggest impact on the nation's carbon dioxide emissions. Fuel oil, gasoline, and natural gas come in second through fourth, respectively, and have the biggest effects on carbon emissions after that. Since natural gas contributes a very small amount of carbon emissions compared to other fossil fuels, replacing it with another fuel and increasing its consumption will raise the nation's carbon emissions. However, it should be noted that due to the nation's consumption trend and the limited gas reserves, this process cannot continue, so energy policies must be reviewed and based on the advancement of renewable technologies.

Keywords

Carbon emission; Fossil fuel Consumption; ARDL Model; Iran