

## تحلیل مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی و نقش آن در آلاینده‌گی محیط‌زیست در ایران با تأکید بر انرژی برق و غیربرق<sup>۱</sup>

شهریار زروکی<sup>۲</sup>

دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه مازندران، بابلسر، Sh.zaroki@umz.ac.ir

اکرم مقدسی سدهی

دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه مازندران، بابلسر،

amoghadasi779@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹

### چکیده

در این مطالعه تلاش بر آن است تا اثر مصرف انرژی بر آلاینده‌گی محیط‌زیست در ایران مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور یک الگوی پایه (کل اقتصاد) و سه الگوی بخشی (بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی؛ صنعت و حمل‌ونقل) با رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی در دوره زمانی ۱۳۵۰-۱۳۹۶ برآورد شد. نتایج حاصله از برآورد الگو در قالب مصرف کل در بلندمدت نشان می‌دهد که در سطح کل اقتصاد و در بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی، صنعت و حمل‌ونقل؛ مصرف کل حامل‌های انرژی با اثری مثبت بر انتشار دی-اکسیدکربن همراه است. بررسی اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کل اقتصاد در بلندمدت نشان می‌دهد که مصرف انرژی برق اثری معنادار بر انتشار دی-اکسیدکربن ندارد؛ در حالی که در این بازه مصرف انرژی غیربرق اثری مثبت بر انتشار دارد. همچنین در بخش خانگی، تجاری و عمومی، انرژی برق و غیربرق با اثری مثبت بر انتشار دی-اکسیدکربن همراه است. نتیجه دیگر آنکه در بخش صنعت و حمل‌ونقل مصرف انرژی برق اثر معناداری بر انتشار دی‌اکسیدکربن از این دو بخش ندارد؛ در حالی که مصرف انرژی غیربرق با اثری مثبت بر انتشار از بخش صنعت و حمل‌ونقل همراه است. همچنین از حیث اندازه اثرگذاری در بلندمدت، انتشار دی‌اکسیدکربن نسبت به مصرف انرژی (کل، برق و غیر برق) در سطح کل اقتصاد و بخش صنعت کم‌کشش، در بخش خانگی، تجاری و عمومی تقریباً دارای کشش واحد؛ و در بخش حمل‌ونقل کشش‌پذیر است. در باب مصرف انرژی برق نیز اندازه کشش تنها در بخش خانگی، تجاری و عمومی معنادار بوده و منفی است. در باب مصرف انرژی غیر برق، انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کل اقتصاد و بخش‌ها کم‌کشش بوده ولی با اینحال در بخش حمل‌ونقل اندازه کشش بیش از دو بخش دیگر است. در این راستا پیشنهاد می‌شود که به مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر با میزان آلاینده‌گی کمتر به عنوان جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور توجه ویژه شود.

طبقه‌بندی JEL: C22، Q43، Q53

**کلید واژه‌ها:** مصرف انرژی، بخش‌های اقتصادی، آلاینده‌گی محیط‌زیست، انرژی برق و

غیربرق، ایران

۱. این مطالعه از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده دوم استخراج شده است.

۲. نویسنده مسئول

## ۱- مقدمه

پس از جنگ جهانی دوم توجه بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه عمدتاً به فرآیند صنعتی شدن معطوف شد و انرژی به عنوان اصلی ترین عامل توسعه اقتصادی، اجتماعی جوامع انسانی مطرح گردید. در این میان از یک سو حرکت به سمت صنعتی شدن بدون توجه به ارتقاء کارایی و بهره‌وری انرژی و عدم توجه به مسائل زیست محیطی ناشی از مصرف انرژی‌های صنعتی، پیامدهایی را با خود به همراه داشت که اصلی ترین آن تولید آلاینده‌های زیست محیطی و انتشار گازهای گلخانه‌ای موضوع انتشار گازهای گلخانه‌ای به طور عام و دی‌اکسید کربن به طور خاص هم‌اکنون کانون توجه بین‌المللی قرار گرفته و تبدیل به یکی از نگرانی‌های عمده و اساسی شده است. از سوی دیگر انجام هر فعالیت اقتصادی مستلزم مصرف انرژی است. به نحوی که ضمن آن که انرژی به منزله عامل محرک توسعه اقتصادی، اجتماعی و بهبود کیفیت زندگی انسانی تلقی می‌شود؛ موجب تولید آلاینده‌های زیست محیطی نیز می‌گردد. طی سده‌ده اخیر احتراق سوخت‌های فسیلی بزرگ‌ترین عامل تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای بوده است. در این میان ایران نیز طی این سال‌ها از این قاعده مستثنی نبوده است. مطالعات و آمار و ارقام بیانگر سیر افزایشی مصرف انرژی در سال‌های اخیر می‌باشد و تقریباً میزان انتشار همه گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید و مصرف انرژی در کشور با روندی فزاینده همراه بوده است. پیش‌بینی می‌شود مصرف انرژی در جهان بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۴۰ به میزان ۲۸ درصد افزایش یابد. ایران نیز همانند سایر کشورهای جهان، شاهد افزایش روز افزون مصرف منابع طبیعی بوده و امروزه با این واقعیت انکارناپذیر روبرو هستیم که الگویی مشخص و واحد برای مصرف انرژی در کشور وجود ندارد و بیشتر به الگوهای قدیمی بسنده می‌شود. این امر سبب شده تا شدت مصرف انرژی در کشور از متوسط جهانی و کشورهای صنعتی بالاتر باشد (مومنی و همکاران، ۱۳۹۶). بر این اساس و با توجه به اهمیت محیط‌زیست در ایران، مطالعه حاضر در پی آن است تا اثر مصرف انرژی بر انتشار آلاینده‌های زیست محیطی (به طور ویژه انتشار دی‌اکسید کربن) در ایران را تبیین نماید. به نحوی که با استفاده از رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی ضمن تبیین این مسئله در قالب کل اقتصاد، موضوع به تفکیک نیز در سه بخش خانگی، تجاری و عمومی؛ صنعت؛ و حمل و نقل نیز پرداخته شده است. بر این اساس در ادامه

مقاله به این صورت سازماندهی شده است که در بخش دوم ادبیات پژوهش با تأکید بر ادبیات نظری و ادبیات تجربی ارائه می‌شود. بخش سوم به تصریح الگوی پژوهش اختصاص یافته است. توصیف داده‌های مورد استفاده در پژوهش در بخش چهارم و نتایج حاصل از برآورد الگوی پژوهش در دو قالب الگوی پایه و الگوهای بخشی در بخش پنجم ارائه و تفسیر شده است. یافته‌های پژوهش و ارائه پیشنهاد نیز در بخش ششم صورت گرفته است.

## ۲- ادبیات پژوهش

مصرف بالای انرژی در جهان دو نگرانی عمده در مورد آینده ایجاد نموده است. نخست، در مورد پایان‌پذیری انرژی‌های فسیلی و دوم، انتشار گازهای آلاینده ناشی از مصرف انرژی. ابعاد نگرانی در این دو مورد بسیار گسترده است. از این جهت که تداوم عرضه انرژی‌های تجدیدناپذیر، با یک بحران جدی مواجه است و بدون شک آشکار شدن واقعیت‌های مربوط به عرضه انرژی، اضطراب و ناهنجاری‌هایی را در جوامع گوناگون ایجاد خواهد نمود. منابع فراوان انرژی و ساختار تولیدی کشور که وابستگی بسیاری به مصرف انرژی به‌ویژه به انرژی‌های فسیلی دارد؛ و هم‌چنین افزایش رو به رشد استخراج منابع طبیعی موجب شده است تا همواره ارتباط تنگاتنگی میان مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی مانند دی‌اکسیدکربن قابل درک باشد. از این‌رو انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی، چالشی اساسی برای آینده اقتصادی کشور بشمار می‌رود. طی دهه‌های اخیر میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در اثر تولید و مصرف انرژی با آهنگی سریع‌تر نسبت به مصرف انرژی، در حال افزایش است که بیشتر این افزایش در میزان انتشار آلاینده‌گی، ناشی از مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه بوده و رشد میزان انتشار از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه انتقال یافته است (پولیا‌فیتو و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸). توسعه سریع بخش انرژی طی دهه‌های اخیر و آسیب‌های ناشی از آن موجب شده تا اثرات زیست‌محیطی به‌عنوان یک محدودیت پیش روی برنامه‌های توسعه بخش انرژی قرار گیرد. تولید انرژی از سوخت‌های فسیلی، نیروگاه‌های هسته‌ای، بهره‌برداری گسترده از منابع آبی و زیست‌توده، آسیب‌های جبران‌ناپذیری

1. Puliafito et al.

مانند آلودگی هوا، باران‌های اسیدی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، تخریب جنگل و فرسایش خاک را در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه بر محیط‌زیست وارد ساخته است (احدی و همکاران، ۱۳۸۵). مایر و کنت<sup>۱</sup> ارتباط میان مصرف انرژی و تخریب محیط‌زیست را این‌گونه بیان می‌کنند که پس از انقلاب صنعتی اگرچه با مصرف بیشتر انرژی، متوسط بهره‌وری عوامل تولید افزایش یافت؛ ولی تأثیرات آلوده‌کننده ناشی از آن، منجر به تخریب محیط‌زیست شده است. زیرا بخش گسترده‌ای از گازهای آلاینده منتشره در جهان به‌صورت گاز دی‌اکسیدکربن بوده که آن نیز ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است. از این‌رو مصرف انرژی نقش مهمی در تغییر شرایط زیست‌محیطی ایفا می‌کند (شیم<sup>۲</sup>، ۲۰۰۶). به نحوی که حدود ۶۰ درصد از انتشار گازهای آلاینده در جهان ناشی از مصرف انرژی ناشی از سوخت‌های فسیلی است. در نتیجه تحول در تولید و مصرف انرژی ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین استفاده از تکنولوژی‌هایی که در آن علاوه بر تولید و مصرف انرژی، میزان انتشار کربن را نیز کاهش دهد ضروری است (پاو و تسای<sup>۳</sup>، ۲۰۱۰). بر این اساس طی چند دهه اخیر مسائل زیست‌محیطی به‌دلیل افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و درنهایت افزایش گازهای گلخانه‌ای، اهمیت زیادی در سیاست‌گذاری ملی و جهانی داشته است. بحث‌های زیست‌محیطی و مصرف انرژی در مورد کشورهای اوپک از اهمیت بالاتری برخوردار است. چرا که اقتصاد عمده این کشورها وابسته به منابع انرژی تجدیدناپذیر و سوخت‌های فسیلی بوده که خود عامل مهمی در انتشار آلاینده‌گی محسوب می‌شوند. در واقع با احتراق سوخت‌های فسیلی، کربن اکسید شده در جو رها می‌شود. سوخت‌های مختلف مقادیر متفاوتی از این گاز را به ازای هر واحد انرژی حرارتی آزاد می‌کنند. با رشد سریع فعالیت‌های صنعتی و شهرنشینی در این کشورها، مصرف انرژی در انواع مختلف، نقش مهمی را در اثرگذاری بر محیط‌زیست محلی و تغییر آب و هوای جهانی ایفا می‌کند. به نحوی که اخیراً بیشتر آلودگی شهرها به‌دلیل حمل و نقل درون شهری است. سوخت‌های فسیلی در بخش حمل و نقل و نیز فرآیندهای صنعتی با مصرف مواد خام و محصولات تولیدی از عوامل عمده آلودگی شهرها به شمار می‌رود (لطفعلی‌پور و

1. Myer & Kent
2. Shim
3. Pao & Tsai

آشنا، ۱۳۸۹). ویژگی منابع محور بودن اقتصاد ایران و ساختار تولید مبتنی بر مصرف انرژی موجب شده که میزان مصرف انواع انرژی‌های فسیلی و غیرفسیلی در سطح بالایی قرار گرفته و روندی رو به رشد داشته باشد. به طوری که آثار زیانبار مصرف سوخت‌های فسیلی در صورت عدم توجه به این امر، همچنان افزایش خواهد یافت. از سویی دیگر، ساختار ارتباطی میان مصرف انرژی و انتشار آلودگی بستگی به ساختار اقتصادی و مراحل توسعه اقتصادی کشورها دارد. معمولاً سرانه مصرف انرژی در جوامع پیشرفته و توسعه یافته، به دلیل درآمد سرانه بالا و امکان برخورداری از دستگاه‌ها و تجهیزات متنوع‌تر و انرژی‌بر، بیشتر است. اما در دهه‌های اخیر با انجام اقداماتی بهره‌وری در این کشورها افزایش یافته و در نتیجه، سرانه مصرف انرژی در این کشورها تعدیل شده است. براساس آمارهای بین‌المللی، سرانه مصرف نهایی انرژی ایران در بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی، صنعت و حمل و نقل به ترتیب ۲، ۱/۴ و ۱/۶ برابر متوسط جهانی است. مقایسه سرانه مصرف نهایی انرژی ایران به تفکیک حامل‌های انرژی با مقیاس جهانی نشان می‌دهد که سرانه مصرف نهایی گاز طبیعی ۶/۴ و نفت خام و فرآورده‌های نفتی ۱/۵ برابر متوسط مصرف سرانه جهانی می‌باشد. این امر از بهره‌وری پایین در بهره‌برداری، مصرف بالای انرژی و همچنین استفاده از کالاها و خدمات انرژی‌بر ناشی می‌شود (ترازنامه انرژی، ۹۵).

سارکودی و استریزو<sup>۱</sup> (۲۰۱۹) تأثیر مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن را در پنج کشور در حال توسعه اصلی منتشر کننده گازهای گلخانه‌ای (شامل، چین، هند، اندونزی، ایران و آفریقای جنوبی) برای دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۸۲ بررسی نمودند. نتایج این مطالعه تأثیر مثبت مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن و تأیید فرضیه پناهگاه آلودگی را در کشورهای مورد بررسی نشان می‌دهد. همچنین نتایج حاکی از آن است که بدتر شدن شرایط زیست‌محیطی در این کشورها، ناشی از وابستگی به مصرف سوخت‌های فسیلی به دنبال افزایش تقاضای انرژی در بخش‌های خانگی و تجاری می‌باشد. شریف و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۹) اثرگذاری مصرف انرژی تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر بر انتشار کربن ۷۴ کشور جهان طی دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۰ را آزمون نمودند. آنها

1. Sarkodie & Strezov
2. Sharif et al.

دریافتند که مصرف انرژی تجدیدناپذیر اثری مثبت و مصرف انرژی تجدیدپذیر اثری منفی بر میزان انتشار کربن دارد. به طوری که مصرف انرژی تجدیدپذیر به کاهش تخریب محیط زیست در جهان کمک می کند. ایتو<sup>۱</sup> (۲۰۱۷) با استفاده از داده های تابلویی ۴۲ کشور در حال توسعه، در طول دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۰۲ و با استفاده از رهیافت خودتوضیحی با وقفه های توزیعی روابط میان انتشار دی اکسید کربن، مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در کشورهای در حال توسعه را بررسی نمود. یافته های این مطالعه نشان می دهد که در بلندمدت مصرف انرژی تجدیدپذیر منجر به کاهش انتشار دی اکسید کربن شده در حالی که مصرف انرژی تجدیدناپذیر (انرژی های فسیلی) در این بازه سبب افزایش در میزان آلاینده می شود. بنتو و موتینهو<sup>۲</sup> (۲۰۱۶) روابط پویا میان انتشار سرانه دی اکسید کربن و سرانه تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر، سرانه تولید برق از انرژی های تجدیدناپذیر در ایتالیا را طی دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۶۰ و با استفاده از رهیافت خودتوضیحی با وقفه های توزیعی مورد آزمون قرار دادند. نتایج این مطالعه گویای آن است که در بازه زمانی کوتاه و بلندمدت تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر منجر به کاهش میزان انتشار دی اکسید کربن می شود در حالی که تولید برق از انرژی تجدیدناپذیر به افزایش انتشار دی اکسید کربن منجر می شود. یافته های این پژوهش نشان می دهد که تولید برق از انرژی تجدیدپذیر، راه حلی کلیدی در کاهش میزان آلاینده است. کاسمان و دومان<sup>۳</sup> (۲۰۱۵) رابطه میان مصرف انرژی، انتشار دی اکسید کربن، را برای کشورهای عضو و کشورهای جدید عضو شده در اتحادیه اروپا، با استفاده از داده های تابلویی طی دوره های زمانی ۲۰۱۰-۱۹۹۲ مورد آزمون قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان می دهد در بازه زمانی کوتاه مدت و بلندمدت اثرگذاری از مصرف انرژی به انتشار دی اکسید کربن تأیید می شود و ضرایب انتشار دی اکسید کربن و مصرف انرژی، از لحاظ آماری معنادار هستند. جیانتاکوماران و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۲) رابطه بلندمدت میان مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای در دو کشور چین و هند را طی بازه زمانی ۲۰۰۷-۱۹۷۱ و با استفاده از رهیافت خودتوضیحی با وقفه های توزیعی

1. Ito
2. Bento & Moutinho
3. Kasman & Duman
4. Jayanthakumaran et al.

بررسی نمودند. آنها دریافتند که در بلندمدت افزایش مصرف انرژی، انتشار دی‌اکسیدکربن را در چین (با ضریب ۱/۱۵) و در هند (با ضریب ۰/۹۷) درصد متأثر می‌سازد. پاوو و تسای (۲۰۱۰) به تحلیل رابطه پویا میان مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌گی در کشورهای بریکس برای دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۱ با به‌کارگیری مدل تصحیح خطا پرداختند. آنها مشاهده کردند که در بلندمدت در هر چهار کشور عضو، کاهش مصرف انرژی نسبت به انتشار دی‌اکسیدکربن بزرگ‌تر از یک است و پاسخ مصرف انرژی به انتشار آلاینده‌گی در بلندمدت نسبت به کوتاه‌مدت بزرگ‌تر است. نونژاد و روزی‌طلب (۱۳۹۶) رابطه میان مصرف کل فرآورده‌های نفتی، مصرف گاز طبیعی و تولید برق بر انتشار دی‌اکسیدکربن در طی دوره ۱۳۹۱-۱۳۵۸ را با به‌کارگیری الگوی خود توضیحی با وقفه‌های توزیعی آزمون نمودند. نتایج نشان می‌دهد که افزایش تولید برق، مصرف فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی منجر به افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. به نوعی که یک درصد افزایش تولید برق (با ضریب ۰/۶۶)، مصرف کل فرآورده‌های نفتی (با ضریب ۰/۵۲) و مصرف گاز طبیعی (با ضریب ۰/۳۱) درصد انتشار دی‌اکسیدکربن را متأثر می‌سازد. کارگر ده‌بیدی و اسماعیلی (۱۳۹۵) به ارزیابی عوامل اقتصادی مؤثر بر آلودگی زیست‌محیطی در ایران با استفاده از رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی برای دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۵۰ پرداختند. آنها دریافتند که متغیر مصرف انرژی از اهمیت بالایی در انتشار آلاینده‌گی در کشور برخوردار است، به طوری که با افزایش ۱۰ درصدی سرانه مصرف انرژی، سرانه انتشار دی‌اکسیدکربن در بلندمدت حدود ۸ درصد و در کوتاه‌مدت حدود ۶ درصد افزایش می‌یابد. ترابی و همکاران (۱۳۹۴) تأثیر مصرف انرژی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای را طی دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۵۰ و با استفاده از رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از برآورد الگوی پویای کوتاه‌مدت نشان داد که میزان مصرف انرژی اثری مثبت انتشار سرانه گاز دی‌اکسیدکربن دارد. همچنین نتایج در بازه بلندمدت گویای آن است که مصرف سرانه انرژی اثری معنادار بر سطح انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. بر این اساس رشد مصرف انرژی منجر به افزایش آلودگی و در نتیجه افزایش میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن می‌گردد. متفکر آزاد و محمدی خانقاهی (۱۳۹۱) اثر مصرف انرژی بر کیفیت محیط‌زیست در کشور را با به‌کارگیری روش جوهانسون و رهیافت حداقل

مربعات پویا و داده‌های سالانه ۲۰۰۷-۱۹۶۷ بررسی نمودند. آنها دریافتند که اثر مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن مثبت است. به گونه‌ای که یک درصد افزایش میزان مصرف انرژی انتشار دی‌اکسیدکربن را ۰/۱۷ درصد افزایش می‌دهد. خلیلی عراقی و همکاران (۱۳۹۰) به تحلیل انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد و در بخش‌های اقتصادی کشور پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد و در بخش‌های صنعت، کشاورزی و خدمات طی دوره ۱۳۸۷-۱۳۴۶ با روندی افزایشی همراه بوده است. همچنین سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی بخش صنعت نقش کلیدی در افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است. محمدباقری (۱۳۸۹) روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت میان تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن را با استفاده از الگوی خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی مورد بررسی قرار داد. نتایج این پژوهش گویای آن است که انتشار دی‌اکسیدکربن نسبت به تولید ناخالص داخلی، بی‌کشش و نسبت به مصرف انرژی کشش نزدیک به واحد دارد. به این معنا که مصرف انرژی تأثیر بیشتری نسبت به رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسیدکربن می‌گذارد. از این رو افزایش در مصرف انرژی تهدیدی جدی برای محیط‌زیست کشور محسوب می‌شود. همچنین مقایسه نتایج به‌دست آمده در دو بازه زمانی کوتاه و بلندمدت نشان داد که رشد اقتصادی در بلندمدت تأثیر بیشتری بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد و تأثیر مصرف انرژی در کوتاه‌مدت و بلندمدت تقریباً مشابه یکدیگر است. به‌طور کلی، در عموم مطالعات انجام شده به‌منظور بررسی اثرگذاری مصرف انرژی بر آلاینده‌گی زیست‌محیطی، این اثر تنها در قالب کل انرژی بررسی شده است، در حالی که در پژوهش حاضر علاوه بر تبیین این اثر در قالب کلی، این اثر به تفکیک و در قالب انرژی برق و غیربرق نیز مورد آزمون قرار گرفته است و از این نظر پژوهش پیش‌رو نسبت به پژوهش‌های انجام شده متمایز می‌باشد.

### ۳- تصریح الگوی پژوهش

همان‌طور که در مقدمه اشاره شد هدف اصلی پژوهش حاضر تحلیل اثر مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کشور (الگوی پایه) و در سطح بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی، صنعت و حمل‌ونقل (الگوهای بخشی) است.

#### بخش اول: تصریح الگوی پایه

*تصریح الگوی پایه با هدف سنجش اثر مصرف کل انرژی بر انتشار کل دی-*

#### *اکسیدکربن در سطح کل اقتصاد*

الگوی پایه با هدف بررسی اثر مصرف کل حامل‌های انرژی بر انتشار کل دی‌اکسیدکربن در سطح کشور، براساس متغیرهای پژوهش حاضر تبیین شده است. این متغیرها عبارت از انتشار کل دی‌اکسیدکربن ( $CO_2E$ ) و مصرف کل حامل‌های انرژی (EC) می‌باشد. مبنای الگوی پویا در رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی، معادله رگرسیونی (۱) است که در آن  $CO_2E$  و EC متغیرهای الگو می‌باشد.

$$CO_2E_t = \sum_{j=1}^p \rho_j CO_2E_{t-j} + \sum_{i=0}^q \theta_i \Delta EC_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

رابطه (۱) ARDL(p, q) است که در آن  $\rho$  ضریب خودهمبستگی و  $\theta$  ضریب وقفه‌های مصرف کل انرژی است. براساس رابطه (۱)، در رابطه (۲) الگوی تصحیح خطا جهت بررسی اثر EC بر  $CO_2E$  تصریح شده است:

$$\Delta CO_2E_t = \rho CO_2E_{t-1} + \theta EC_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \rho_i \Delta CO_2E_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} \theta_i \Delta EC_{t-i} + e_t \quad (2)$$

*تصریح الگوی پایه با هدف سنجش اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار*

#### *دی‌اکسیدکربن در سطح کل اقتصاد*

مشابه قسمت قبل، با هدف بررسی اثر مصرف انرژی برق<sup>۱</sup> و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن در اقتصاد ایران در کوتاه‌مدت و بلندمدت روابط (۳) و (۴) به‌صورت زیر تصریح شده است:

۱. براساس با بررسی‌های صورت گرفته در اسناد بالادستی و سالنامه‌ها و ترازنامه انرژی مشاهده شد که به‌طور نمونه برای سال ۱۳۹۵، در تولید انرژی برق کشور با منشأ سوخت‌های فسیلی از ۰/۱۷ درصد نفت گاز تولیدی کشور، ۰/۱۹ درصد نفت کوره تولیدی کشور و ۲۴ درصد گاز طبیعی تولید کشور استفاده شده است. به عبارتی دیگر ۹۸/۳ درصد از نفت گاز تولیدی کشور، ۹۸/۱ درصد از نفت کوره تولیدی کشور و ۶۱ درصد از گاز طبیعی تولیدی کشور در اموری غیر از تولید برق مصرف شده است. البته ۵ درصد از گاز تولیدی کشور نیز در این سال به خارج صادر شده است. در نتیجه شواهد گویای آن است که مصرف انرژی برق در کشور در مقایسه با مصرف مستقیم سوخت‌های فسیلی، با میزان آلودگی زیست‌محیطی کمتری همراه است.

$$CO_2E_t = \sum_{j=1}^p \rho_j CO_2E_{t-j} + \sum_{j=0}^r \lambda_j EEC_{t-1} + \sum_{j=0}^s \gamma_j NEEC_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta CO_2E_t = \rho CO_2E_{t-1} + \lambda EEC_{t-1} + \gamma NEEC_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \rho_i \Delta CO_2E_{t-i} + \sum_{i=0}^{r-1} \lambda_i \Delta EEC_{t-i} + \sum_{i=0}^{s-1} \gamma_i \Delta NEEC_{t-i} + e_t \quad (4)$$

که در آن EEC لگاریتم مصرف انرژی برق در کل اقتصاد و NEEC لگاریتم مصرف انرژی غیربرق در کل اقتصاد است. براساس الگوی فوق می‌توان اثر مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن را در اقتصاد ایران در دوره کوتاه‌مدت و بلندمدت آزمون نمود. با توجه به آنکه در پژوهش حاضر اثر مصرف انرژی بر انتشار آلاینده در ۳ بخش خانگی، تجاری و عمومی (HCP)؛ صنعت (I)؛ و حمل‌ونقل (T) نیز مدنظر است؛ از اینرو با توجه به فرآیند مذکور الگوی بخشی به‌صورت زیر تصریح شده است.

### بخش دوم: ارائه الگوی بخشی

#### تصریح الگو با هدف سنجش اثر مصرف کل انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش‌ها

مشابه بخش قبل، با هدف بررسی اثر مصرف کل انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی (HCP)، صنعت (I) و حمل‌ونقل (T) در کوتاه‌مدت و بلندمدت رابطه (۵) و (۶) به‌صورت زیر تصریح شده است:

$$CO_2E_t^j = \sum_{j=1}^p \rho_j CO_2E_{t-j}^j + \sum_{i=0}^q \theta_i \Delta EEC_{t-i}^j + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\Delta CO_2E_t^j = \rho CO_2E_{t-1}^j + \theta EEC_{t-1}^j + \sum_{i=1}^{p-1} \rho_i CO_2E_{t-i}^j + \sum_{i=0}^{q-1} \theta_i \Delta EEC_{t-i}^j + e_t \quad (6)$$

که در آن  $CO_2E_t^j$  لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش  $j$  (j = HCP, I, T) و  $EEC_{t-i}^j$  مصرف کل انرژی در بخش  $j$  است.

#### تصریح الگو با هدف سنجش اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش‌ها

با هدف بررسی اثر مصرف کل انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی (HCP)، صنعت (I) و حمل‌ونقل (T) در کوتاه‌مدت و بلندمدت رابطه (۷) و (۸) به‌صورت زیر تصریح شده است:

$$CO_2E_t^j = \sum_{j=1}^p \rho_j CO_2E_{t-j}^j + \sum_{j=0}^r \lambda_j EEC_{t-1}^j + \sum_{j=0}^s \gamma_j NEEC_{t-1}^j + \varepsilon_t \quad (7)$$



جدول ۱. میانگین انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد طی زير دوره‌ها<sup>۱</sup>

مصرف انرژی غیربرق	مصرف انرژی برق	مصرف کل انرژی	انتشار دی- اکسیدکربن	زیر دوره
۱۵۱۹۲/۰ (۱۳/۴)	۸۹۸/۸ (۱۳/۱)	۱۶۰۹۸/۳ (۱۳/۴)	۱۳۵۱۲۴/۲ (۷/۱)	۱۳۵۰ تا انقلاب
۳۱۷۷۹/۲ (۵/۰)	۲۲۲۲/۲ (۸/۷)	۳۳۹۹۵/۱ (۵/۲)	۱۴۹۴۱۹/۰ (۰/۷)	پس از انقلاب تا پایان جنگ
۵۰۵۴۹/۳ (۷/۰)	۴۴۹۶/۰ (۷/۱)	۵۵۰۴۱/۸ (۷/۰)	۲۲۶۶۶۴/۰ (۵/۶)	برنامه اول توسعه و سال ۱۳۷۳
۶۸۶۳۳/۶ (۳/۲)	۶۳۷۹/۰ (۵/۵)	۷۵۰۳۲/۶ (۳/۴)	۳۰۱۸۲۸/۶ (۷/۰)	برنامه دوم توسعه
۸۶۴۳۹/۳ (۴/۵)	۹۱۱۰/۷ (۶/۵)	۹۵۵۵۳/۹ (۴/۷)	۴۰۷۵۸۲/۰ (۴/۰)	برنامه سوم توسعه
۱۲۱۴۷۶/۸ (۳/۵)	۱۳۱۶۳/۵ (۵/۴)	۱۳۴۵۶۷/۳ (۳/۷)	۵۲۷۷۲۷/۱ (۳/۴)	برنامه چهارم توسعه و سال ۱۳۸۹
۱۳۶۵۶۲/۰ (۱/۵)	۱۷۲۵۴/۴ (۴/۲)	۱۵۵۱۸۹/۵ (۲/۰)	۶۱۹۹۷۴/۹ (۱/۳)	برنامه پنجم توسعه
۱۴۶۹۶۷/۱ (۱/۰)	۲۰۱۷۴/۱ (۲/۰)	۱۶۷۱۳۰/۴ (۱/۰)	۶۶۱۴۸۰/۷ (۱/۲)	۹۶- ۱۳۹۵
۶۹۰۹۰/۰ (۶/۱)	۷۲۵۰/۳ (۸/۱)	۷۶۳۲۸/۳ (۶/۲)	۳۲۰۹۷۲/۶ (۴/۱)	کل دوره

مقیاس انتشار دی‌اکسیدکربن برابر با کیلو تن و مقیاس مصرف حامل‌های انرژی برابر با هزار تن معادل نفت خام است.

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به جدول (۲) میانگین انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی (کل، غیربرق و برق) در بخش خانگی، تجاری و عمومی و طی زیر دوره‌های مختلف با روندی افزایشی همراه بوده، به‌نوعی که بیشترین نرخ رشد انتشار به‌میزان ۸/۱ درصد، به برنامه اول توسعه و سال ۱۳۷۳ مربوط است. بالاترین نرخ رشد مصرف انرژی (کل، برق و غیربرق) به‌ترتیب ۱۲، ۱۷/۲ و ۱۳ درصد می‌باشد که این مقدار مربوط به سال ۱۳۵۰ تا انقلاب است. هم‌چنین پایین‌ترین نرخ رشد

۱. در این جدول و جداول بعدی اعداد در پرانتز میانگین نرخ رشد متغیر مربوطه است.

انتشار منفی ۱ درصد، مصرف انرژی (کل و غیربرق) منفی ۱ و انرژی برق منفی ۰/۵ درصد است که مربوط به سال ۹۶-۱۳۹۵ می‌باشد.

جدول ۲. میانگین انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی در بخش خانگی، تجاری و عمومی طی زيردوره‌ها

مصرف انرژی غیربرق	مصرف انرژی برق	مصرف کل انرژی	انتشار دی-اکسیدکربن	زیر دوره
۵۶۲۱/۰ (۱۳/۰)	۳۱۱/۳ (۱۷/۲)	۵۹۴۶/۰ (۱۲/۰)	۳۳۲۹۳/۷ (۶/۴)	۱۳۵۰ تا انقلاب
۱۲۲۰۲/۲ (۵/۵)	۱۲۳۲/۸ (۱۱/۲)	۱۲۵۰۳/۵ (۵/۴)	۳۸۳۲۴/۷ (۰/۲)	پس از انقلاب تا پایان جنگ
۲۱۳۸۷/۰ (۸/۰)	۲۶۸۲/۷ (۵/۲)	۲۱۷۸۸/۶ (۸/۰)	۵۴۹۸۴/۴ (۸/۱)	برنامه اول توسعه و سال ۱۳۷۳
۲۹۲۹۲/۰ (۳/۰)	۳۴۱۱/۵ (۴/۳)	۲۹۶۱۰/۰ (۲/۴)	۸۳۵۹۴/۴ (۵/۴)	برنامه دوم توسعه
۳۷۴۴۹/۸ (۵/۰)	۴۵۶۲/۵ (۵/۵)	۳۷۵۷۸/۸ (۵/۰)	۱۰۶۷۶۶/۸ (۴/۰)	برنامه سوم توسعه
۵۰۲۱۰/۶ (۲/۲)	۶۷۵۶/۷ (۵/۵)	۵۱۱۸۹/۸ (۲/۰)	۱۳۱۱۵۶/۹ (۲/۲)	برنامه چهارم توسعه و سال ۱۳۸۹
۵۱۷۹۷/۹ (۰/۴)	۸۱۴۷/۷ (۶/۰)	۵۲۷۳۱/۰ (۰/۵)	۱۳۹۶۳۱/۳ (۱/۱)	برنامه پنجم توسعه
۴۱۸۷۸/۲ (-۱/۰)	۹۷۴۰/۲ (-۰/۵)	۵۱۶۱۸/۴ (-۱/۰)	۱۴۵۷۹۰/۰ (-۱/۰)	۹۶-۱۳۹۵
۲۷۶۴۰/۳ (۶/۰)	۳۶۶۹/۵ (۹/۰)	۲۷۶۶۷/۸ (۵/۲)	۷۹۰۰۰/۴ (۴/۰)	کل دوره

مقیاس انتشار دی‌اکسیدکربن برابر با کیلوتن و مقیاس مصرف حامل‌های انرژی برابر با هزار تن معادل نفت خام است.

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به جدول (۳) مشاهده می‌شود که میانگین انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی (کل، برق و غیربرق) بخش صنعت به مانند حالت کل اقتصاد و بخش خانگی، تجاری و عمومی در تمامی زيردوره‌ها روندی افزایشی داشته است و بالاترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن با نرخ

رشد ۷ درصد، در برنامه چهارم توسعه و سال ۱۳۸۹ اتفاق افتاده است. بیشترین میزان نرخ رشد مصرف انرژی (کل، برق و غیربرق) به ترتیب با ۱۲/۴، ۱۱ و ۱۳ درصد به سال ۱۳۵۰ تا انقلاب مربوط می‌باشد. هم‌چنین پایین‌ترین میزان انتشار در این بخش با نرخ رشد ۱ درصد به دوران پس از انقلاب تا پایان جنگ مربوط است. همین‌طور کم‌ترین نرخ رشد مصرف انرژی (کل و غیربرق) در بخش صنعت ۱ درصد است که این میزان در برنامه پنجم توسعه اتفاق افتاده است. کم‌ترین میزان نرخ رشد مصرف انرژی برق در این بخش، ۲/۱ درصد و به سال ۱۳۹۵-۹۶ مربوط می‌باشد.

جدول ۳. میانگین انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی در بخش صنعت طی زیردوره‌ها

مصرف انرژی غیربرق	مصرف انرژی برق	مصرف کل انرژی	انتشار دی-اکسیدکربن	زیر دوره
۳۴۳۸/۰ (۱۳/۰)	۵۲۴/۲ (۱۱/۰)	۳۹۶۳/۲ (۱۲/۴)	۲۷۸۳۴/۰ (۵/۰)	۱۳۵۰ تا انقلاب
۶۶۷۴/۴ (۵/۰)	۷۷۰/۰ (۴/۰)	۷۴۳۹/۴ (۵/۰)	۲۸۴۸۸/۴ (۱/۰)	پس از انقلاب تا پایان جنگ
۹۲۴۷/۰ (۵/۳)	۱۳۴۵/۱ (۱۱/۰)	۱۰۵۸۷/۳ (۶/۰)	۴۳۶۳۹/۵ (۱/۵)	برنامه اول توسعه و سال ۱۳۷۳
۱۴۴۲۸/۴ (۴/۵)	۲۲۱۷/۸ (۵/۴)	۱۶۶۵۲/۴ (۵/۰)	۴۴۱۲۱/۵ (۳/۰)	برنامه دوم توسعه
۱۷۲۵۳/۶ (۴/۰)	۳۱۵۳/۷ (۶/۴)	۲۰۴۱۱/۷ (۴/۳)	۵۲۶۹۰/۵ (۳/۳)	برنامه سوم توسعه
۲۸۳۴۰/۶ (۸/۰)	۴۴۲۱/۷ (۵/۶)	۳۲۷۶۲/۹ (۸/۰)	۷۸۶۲۳/۰ (۷/۰)	برنامه چهارم توسعه و سال ۱۳۸۹
۳۶۹۴۴/۳ (۱/۰)	۶۰۲۸/۱ (۲/۲)	۴۲۹۲۹/۶ (۱/۱)	۱۰۰۳۳۴/۱ (۱/۰)	برنامه پنجم توسعه
۳۹۵۶۴/۰ (۲/۱)	۶۷۷۷/۰ (۲/۱)	۴۶۳۴۱/۰ (۲/۱)	۱۰۸۰۴۷/۱ (۴/۰)	۹۶-۱۳۹۵
۱۵۴۰۴/۸ (۶/۰)	۲۴۸۸/۴ (۷/۰)	۱۷۸۸۸/۳ (۶/۰)	۵۱۹۹۱/۷ (۳/۴)	کل دوره

مقیاس انتشار دی‌اکسیدکربن برابر با کیلوتن و مقیاس مصرف حامل‌های انرژی برابر با هزار تن معادل نفت خام است.

منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول (۴) مشاهده می‌شود که میانگین انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی (کل، برق و غیربرق) در بخش حمل‌ونقل به مانند بخش‌های قبل طی بازه زمانی مورد بررسی با روندی افزایشی همراه است، به‌طوری‌که بیشترین نرخ رشد انتشار ۹/۴ درصد، مصرف انرژی (کل و غیربرق) ۱۶ درصد می‌باشد. که این مقدار در سال ۱۳۵۰ تا انقلاب اتفاق افتاده است. میزان مصرف انرژی برق در بخش حمل‌ونقل بسیار اندک است به‌طوری‌که مصرف انرژی برق در این بخش از سال ۱۳۷۹ آغاز شده است. بیشترین نرخ رشد مصرف انرژی برق در بخش حمل‌ونقل ۴۷ درصد است که مربوط به برنامه سوم توسعه می‌باشد. هم‌چنین کم‌ترین نرخ رشد انتشار ۰/۱ درصد که این مقدار مربوط به دوران پس از انقلاب تا پایان جنگ است. پایین‌ترین میزان نرخ رشد مصرف انرژی (کل، برق و غیربرق) به سال ۹۶-۱۳۹۵ مربوط می‌باشد.

جدول ۴. میانگین انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی در بخش حمل و نقل طی زبندوره‌ها

مصرف انرژی غیربرق	مصرف انرژی برق	مصرف کل انرژی	انتشار دی-اکسیدکربن	زیر دوره
۴۲۷۶/۰ (۱۶/۰)	-	۴۲۷۸/۱ (۱۶/۰)	۲۷۵۰۰/۵ (۹/۴)	۱۳۵۰ تا انقلاب
۹۳۹۵/۳ (۵/۰)	-	۹۳۹۵/۳ (۵/۰)	۳۳۴۳۰/۲ (۰/۱)	پس از انقلاب تا پایان جنگ
۱۵۴۵۱/۳ (۷/۲)	-	۱۵۴۴۸/۸ (۷/۲)	۴۸۲۵۵/۷ (۷/۰)	برنامه اول توسعه و سال ۱۳۷۳
۲۰۷۷۸/۸ (۴/۴)	-	۲۰۷۷۹/۳ (۴/۴)	۶۷۶۱۱/۸ (۸/۰)	برنامه دوم توسعه
۲۸۳۰۸/۵ (۵/۲)	۲/۵ (۴۷/۰)	۲۸۳۱۱/۲ (۵/۲)	۹۷۶۶۳/۰ (۴/۶)	برنامه سوم توسعه
۳۸۰۰۳/۰ (۲/۳)	۱۷/۱ (۱۹/۰)	۳۸۰۲۰/۸ (۲/۳)	۱۲۳۱۱۳/۷ (۲/۴)	برنامه چهارم توسعه و سال ۱۳۸۹
۴۴۱۸۶/۸ (۳/۲)	۳۲/۳ (۹/۰)	۴۴۲۱۶/۸ (۳/۲)	۱۴۶۴۳۵/۳ (۳/۴)	برنامه پنجم توسعه
۴۴۶۵۳/۰ (۰/۳)	۴۲/۰ (۰/۰)	۴۴۷۰۰/۰ (۰/۳)	۱۶۷۸۶۰/۹ (۱/۰)	۹۶-۱۳۹۵
۲۱۵۱۳/۰ (۶/۴)	۱۹/۳ (۲۱/۳)	۲۱۵۲۰/۴ (۶/۴)	۷۴۱۰۰/۵ (۵/۰)	کل دوره

مقیاس انتشار دی‌اکسیدکربن برابر با کیلوتن و مقیاس مصرف حامل‌های انرژی برابر با هزار تن معادل نفت خام است. منبع: یافته‌های تحقیق

## ۵- یافته‌های پژوهش

در این بخش پس از بررسی وضعیت ایستایی متغیرها، الگوی خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی برآورد خواهد شد. جهت بررسی ایستایی متغیرها از آزمون‌های ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم‌یافته و فیلیپس- پرون استفاده شده است. نتایج آزمون ریشه واحد فیلیپس- پرون نیز در راستای نتایج آزمون ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم یافته بوده و البته وجود تغییرات ساختاری را تأیید نمی‌نماید.

جدول ۵. نتایج آزمون ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم‌یافته و فیلیپس-پرون

آزمون فیلیپس-پرون		آزمون دیکی- فولر تعمیم‌یافته		متغیر				
در تفاضل مرتبه اول	در سطح	در تفاضل مرتبه اول	در سطح	در تفاضل مرتبه اول	در سطح			
آماره	سطح	آماره	سطح	آماره	سطح			
احتمال	آزمون	احتمال	آزمون	احتمال	آزمون			
۰/۰۰۰	-۶/۴۱	۰/۵۹۷	-۱/۹۸	۰/۰۰۰	-۶/۴۱	۰/۵۹۷	-۱/۹۸	CO <sub>2</sub> E
۰/۰۰۰	-۷/۵۳	۰/۵۹۷	-۱/۹۷	۰/۰۰۰	-۷/۵۰	۰/۵۹۷	-۱/۹۷	CO <sub>2</sub> E <sup>HCP</sup>
۰/۰۰۰	-۷/۳۰	۰/۳۴۶	-۲/۴۵	۰/۰۰۰	-۷/۰۲	۰/۳۴۴	-۲/۴۶	CO <sub>2</sub> E <sup>I</sup>
۰/۰۰۰	-۶/۳۹	۰/۳۸۲	-۲/۳۸	۰/۰۰۰	-۵/۳۶	۰/۳۸۲	-۲/۳۸	CO <sub>2</sub> E <sup>T</sup>
۰/۰۰۰	-۵/۶۲	۰/۷۳۸	-۱/۶۹	۰/۰۰۰	-۵/۶۲	۰/۸۴۹	-۱/۳۹	EC
۰/۰۰۰	-۷/۴۹	۰/۸۸۶	-۱/۲۵	۰/۰۰۰	-۶/۹۷	۰/۸۴۶	-۱/۴۰	EC <sup>HCP</sup>
۰/۰۰۰	-۵/۳۴	۰/۴۴۵	-۲/۲۶	۰/۰۰۰	-۵/۳۵	۰/۷۰۶	-۱/۷۶	EC <sup>I</sup>
۰/۰۰۱	-۴/۸۶	۰/۲۶۰	-۲/۶۵	۰/۰۰۱	-۴/۸۲	۰/۲۵۵	-۲/۶۶	EC <sup>T</sup>
-	-	۰/۰۰۰	-۵/۷۹	-	-	۰/۰۰۰	-۵/۱۰	EEC
-	-	۰/۰۰۰	-۸/۲۰	-	-	۰/۰۰۰	-۷/۹۰	EEC <sup>HCP</sup>
۰/۰۰۰	-۴/۷۹	۰/۶۲۰	-۱/۳۰	۰/۰۰۰	۴/۸۶	۰/۵۲۸	-۱/۴۹	EEC <sup>I</sup>
۰/۰۰۰	-۶/۶۵	۰/۶۱۹	-۱/۹۳	۰/۰۰۰	-۶/۶۵	۰/۶۲۴	-۱/۹۲	EEC <sup>T</sup>
۰/۰۰۰	-۵/۶۰	۰/۷۴۱	-۱/۶۸	۰/۰۰۰	-۵/۶۱	۰/۸۵۱	-۱/۳۸	NEEC
۰/۰۰۰	-۷/۱۶	۰/۹۹۷	۰/۱۹	۰/۰۰۰	-۷/۰۰	۰/۹۸۹	-۰/۲۶	NEEC <sup>HCP</sup>
۰/۰۰۰	-۵/۵۲	۰/۵۳۵	-۲/۰۹	۰/۰۰۰	-۵/۵۲	۰/۷۲۵	-۱/۷۲	NEEC <sup>I</sup>
۰/۰۰۱	-۴/۹۳	۰/۲۷۲	-۲/۶۲	۰/۰۰۴	-۴/۴۷	۰/۲۶۸	-۲/۶۳	NEEC <sup>T</sup>

تعریف علامت‌ها: CO<sub>2</sub>E لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن، CO<sub>2</sub>E<sup>HCP</sup> لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش خانگی، تجاری و عمومی، CO<sub>2</sub>E<sup>I</sup> لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش صنعت، CO<sub>2</sub>E<sup>T</sup> لگاریتم انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل‌ونقل، EC لگاریتم مصرف کل حامل‌های انرژی (در کل بخش‌ها)، EC<sup>HCP</sup> لگاریتم مصرف کل حامل‌های انرژی در بخش خانگی، تجاری و عمومی، EC<sup>I</sup> لگاریتم مصرف کل حامل‌های انرژی در بخش صنعت، EC<sup>T</sup> لگاریتم مصرف کل حامل‌های انرژی در بخش حمل‌ونقل، EEC لگاریتم مصرف انرژی برق (در کل بخش‌ها)، EEC<sup>HCP</sup> لگاریتم مصرف انرژی برق در بخش خانگی، تجاری و عمومی، EEC<sup>I</sup> لگاریتم مصرف انرژی برق در بخش صنعت، EEC<sup>T</sup> لگاریتم مصرف انرژی برق در بخش حمل‌ونقل، NEEC لگاریتم مصرف انرژی غیربرق (در کل بخش‌ها)، NEEC<sup>HCP</sup> لگاریتم مصرف انرژی غیربرق در بخش خانگی، تجاری و عمومی، NEEC<sup>I</sup> لگاریتم مصرف انرژی غیربرق در بخش صنعت، NEEC<sup>T</sup> لگاریتم مصرف انرژی غیربرق در بخش حمل‌ونقل.

منبع: یافته‌های تحقیق

### نتایج برآورد الگوی پایه در قالب مصرف کل انرژی

در رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی با توجه به تعداد مشاهدات در پژوهش حاضر، وقفه بهینه با اتکاء به معیار شوارتز-بیزین انتخاب شده است. با توجه به کم‌ترین مقدار برای آماره شوارتز-بیزین، وقفه بهینه یک می‌باشد<sup>۱</sup>. براساس وقفه بهینه انتخابی، اثر مصرف کل حامل‌های انرژی بر انتشار کل دی‌اکسیدکربن برآورد و در جدول (۶) گزارش شده است.

جدول ۶. نتایج برآورد اثر مصرف کل انرژی بر انتشار کل دی‌اکسیدکربن

سطح احتمال		آماره t	ضریب	متغیرهای توضیحی	ARDL
۰/۰۰۰		۱۰/۴۳	۰/۷۲	CO <sub>2</sub> E <sub>(-1)</sub>	
۰/۰۰۰		۳/۹۸	۰/۱۱	EC	
۰/۰۰۰		-۵/۷۷	-۰/۲۷	λ	
۰/۰۰۰		۱۵/۵۵	۰/۴۰	L <sub>EC</sub>	
$\chi^2_{Sc} = -۲/۲۸$ $\chi^2_{Ac} = -۲/۴۰$				$R^2 = ۰/۹۸$ $\bar{R}^2 = ۰/۹۸$	
۱/۶۴		مقدار آماره	آزمون خودهمبستگی سریال		
۰/۲۰۵		سطح احتمال			
۱۶/۸۶		مقدار آماره	آزمون نرمالیتی		
۰/۱۵۸		سطح احتمال			
۰/۸۶		مقدار آماره	آزمون ناهمسانی واریانس		
۰/۳۵۶		سطح احتمال			
آزمون کرانه‌ها					
آماره آزمون		کرانه دو	کرانه یک	سطح خطا	
۱۰/۶۲		۶/۲۴	۵/۵۰	۱ درصد	
		۴/۴۴	۳/۸۶	۵ درصد	
		۳/۶۵	۳/۱۷	۱۰ درصد	

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است. λ ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتگی، L<sub>EC</sub> نماینده اثر مصرف کل انرژی بر انتشار کل دی‌اکسیدکربن می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

براساس جدول (۶) ضرایب برآوردی کوتاه‌مدت نشان می‌دهد که مصرف کل انرژی در دوره جاری اثری مثبت (با ضریب ۰/۱۱) بر انتشار کل دی‌اکسیدکربن دارد. در

۱. در سایر جداول نیز وقفه بهینه بر مبنای کمینه معیار شوارتز-بیزین، برابر با یک می‌باشد.

بلندمدت نیز مصرف کل انرژی اثری مثبت (با ضریب ۰/۴۰) بر انتشار کل دی‌اکسیدکربن در ایران دارد. این نتیجه حاکی از آن است که در بلندمدت هر یک درصد رشد در میزان مصرف کل انرژی، با انتشار ۰/۴۰ درصدی در انتشار کل آلاینده زیست‌محیطی همراه است. نتایج آزمون‌های تشخیصی حاکی از آن است که آزمون‌های خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس، نرمالیتی جملات پسماند بیانگر پذیرش فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی، وجود همسانی واریانس و نرمال بودن جملات اخلاص می‌باشد. جهت اطمینان از وجود رابطه بلندمدت نتایج آزمون کرانه‌ها نیز در جدول (۶) گزارش شده است. بر این اساس مقدار آماره آزمون ۱۰/۶ از همه کرانه‌های فهرست شده در سطح اطمینان یک، دو و سه درصد بزرگ‌تر است. از اینرو فرض عدم وجود رابطه بلندمدت میان مصرف کل انرژی و انتشار کل دی‌اکسیدکربن رد شده و نتایج حاصله در بلندمدت مورد تأیید است.

#### نتایج برآورد الگوی پایه در قالب مصرف انرژی برق و غیربرق

در این بخش مصرف کل حامل‌های انرژی به دو قسمت مصرف انرژی برق و مصرف انرژی غیربرق تفکیک شده است. با توجه به کمینه آماره شوارتز-بیزین، وقفه بهینه یک می‌باشد. نتایج برآورد اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار کل دی‌اکسیدکربن در جدول (۷) مشاهده می‌شود. مطابق جدول (۷) ضرایب برآوردی کوتاه‌مدت نشان می‌دهد که مصرف انرژی برق در دوره جاری اثری مثبت (با ضریب ۰/۷۳) و با یک وقفه اثری منفی (با ضریب -۰/۷۳) بر انتشار کل دی‌اکسیدکربن دارد. نتایج آزمون والد جهت بررسی برآیند اثر مصرف انرژی برق بر انتشار نشان می‌دهد که در مجموع مصرف انرژی برق در کوتاه‌مدت اثری معنادار بر انتشار کل دی‌اکسیدکربن ندارد. در حالی که، مصرف انرژی غیربرق در دوره جاری اثری مثبت (۰/۱۱) بر انتشار دارد. در بلندمدت، مصرف انرژی برق به مانند بازه زمانی کوتاه‌مدت اثر معنادار بر میزان انتشار کل آلاینده‌گی ندارد. مصرف انرژی غیربرق (۰/۴۸) در این بازه اثری مثبت بر انتشار دارد و این امر بدین معناست که با افزایش یک درصدی در مصرف انرژی غیربرق انتشار دی‌اکسیدکربن به میزان ۰/۴۸ درصد افزایش می‌یابد. آماره آزمون کرانه‌ها (۵/۰۷) از همه کرانه‌های گزارش شده در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۰ درصد بزرگ‌تر است و این امر تأییدی بر نتایج به‌دست آمده در بازه زمانی بلندمدت می‌باشد. هم‌چنین نتایج آزمون‌های خودهمبستگی، ناهمسانی واریانس و نرمالیتی جملات پسماند حاکی از پذیرش فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی، همسانی واریانس و نرمالیتی در جملات اخلاص است.

جدول ۷. نتایج برآورد اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار کل دی‌اکسیدکربن

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال	آزمون والد
ARDL	$CO_2E_{(-1)}$	۰/۷۶	۱۱/۸۳	۰/۰۰۰
	EEC	۰/۷۳	۲/۲۲	آماره F: ۰/۰۰۰
	$EEC_{(-1)}$	-۰/۷۳	-۲/۵۲	سطح احتمال: ۰/۹۹۰
	NEEC	۰/۱۱	۲/۳۸	۰/۰۲۱
$\lambda$	-۰/۲۳	-۴/۶۶	۰/۰۰۰	
$L_{NEEC}$ $L_{NEEC}$	-۰/۰۰۲ ۰/۴۸	-۰/۰۱ ۲/۸۳	۰/۹۹۰ ۰/۰۰۷	
$R^2 = ۰/۹۸$		$\bar{R}^2 = ۰/۹۸$	$\chi^2_{Sc} = -۲/۳۴$ $\chi^2_{Ac} = -۲/۵۴$	
آزمون خودهمبستگی سریال		مقدار آماره	۲/۱۴	
		سطح احتمال	۰/۱۳۰	
آزمون نرمالیتی		مقدار آماره	۷/۹۴	
		سطح احتمال	۰/۱۱۹	
آزمون ناهمسانی واریانس		مقدار آماره	۰/۱۷	
		سطح احتمال	۰/۶۸۱	
آزمون کرانه‌ها				
سطح خطا	کرانه یک	کرانه دو	آماره آزمون	
۱ درصد	۴/۶۹	۵/۷۵	۵/۰۷	
۵ درصد	۳/۳۶	۴/۱۷		
۱۰ درصد	۲/۷۸	۳/۵۱		

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است.  $\lambda$  ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتی،  $L_{NEEC}$  و  $L_{EEC}$  به ترتیب نماینده اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار کل دی‌اکسیدکربن می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

**نتایج برآورد الگو در بخش خانگی، تجاری و عمومی در قالب مصرف کل انرژی**  
در جدول (۸) نتایج برآورد اثر مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش خانگی، تجاری و عمومی گزارش شده است. مطابق با جدول (۸) ضرایب برآوردی نشان می‌دهد که مصرف انرژی در بخش خانگی، تجاری و عمومی در دوره جاری اثری مثبت (با ضریب ۰/۹۰) بر انتشار دی‌اکسیدکربن در این بخش دارد ولی با یک وقفه علامت اثر منفی (با ضریب ۰/۷۸) می‌شود. در مجموع نتایج آزمون والد نشان می‌دهد که مصرف انرژی در این بخش در دوره کوتاه‌مدت اثری مثبت بر انتشار دارد. در بلندمدت مصرف انرژی اثر مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش خانگی، تجاری و عمومی دارد.

به نحوی که با افزایش (کاهش) یک درصدی در مصرف انرژی، انتشار دی اکسید کربن به میزان ۱/۰۲ درصد افزایش (کاهش) می یابد. نتایج آزمون های تشخیصی حاکی از آن است که آزمون های خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس، نرمالیتی جملات پسماند بیانگر پذیرش فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی، وجود همسانی واریانس و نرمال بودن جملات اخلاص می باشد. نتایج حاصل از آزمون کرانه ها در جدول (۸) خلاصه شده است. بر این اساس مقدار آماره آزمون ۳/۴۴ از کرانه های فهرست شده در سطح اطمینان ۹۰ درصد بزرگ تر است. از این رو نتایج گزارش شده در بلندمدت مورد تأیید است.

جدول ۸. نتایج برآورد اثر مصرف کل انرژی بر انتشار دی اکسید کربن از بخش خانگی، تجاری

## و عمومی

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال	آزمون والد
$CO_2E_{(-1)}^{HCP}$	۰/۸۸	۱۸/۶۹	۰/۰۰۰	
$EC^{HCP}$	۰/۹۰	۴/۷۶	۰/۰۰۰	آماره F: ۶/۳۲ (برآیند اثر: ۰/۱۱) سطح احتمال: ۰/۰۱۶
$EC_{(-1)}^{HCP}$	-۰/۷۸	-۴/۷۳	۰/۰۰۰	
$\lambda$	-۰/۱۱	-۳/۲۹	۰/۰۰۲	
$L_{EC}^{HCP}$	۱/۰۲	۷/۹۲	۰/۰۰۰	
$R^2 = ۰/۹۸$		$\bar{R}^2 = ۰/۹۸$		$\chi_{Sc}^2 = -۲/۴۷$ $\chi_{Ac}^2 = -۲/۶۴$
آزمون خودهمبستگی سریال		مقدار آماره	۱/۵۷	
		سطح احتمال	۰/۲۲۰	
آزمون نرمالیتی		مقدار آماره	۳/۶۳	
		سطح احتمال	۰/۱۸۶	
آزمون ناهمسانی واریانس		مقدار آماره	۰/۴۰	
		سطح احتمال	۰/۵۲۹	
آزمون کرانه ها				
سطح خطا	کرانه یک	کرانه دو	آماره آزمون	
۱ درصد	۵/۶۰	۶/۱۹	۳/۴۴	
۵ درصد	۳/۸۷	۴/۴۶		
۱۰ درصد	۳/۱۹	۳/۷۳		
توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است. $\lambda$ ضریب تصحیح خطا در الگوی هم انباشتگی، $L_{EC}^{HCP}$ نماینده اثر مصرف کل انرژی بر انتشار دی اکسید کربن در بخش خانگی، تجاری و عمومی می باشد.				

منبع: یافته های تحقیق

### نتایج برآورد الگو در بخش خانگی، تجاری و عمومی در قالب مصرف انرژی برق و غیربرق

در جدول (۹) نتایج برآورد اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش خانگی، تجاری و عمومی قابل مشاهده است. مطابق با جدول (۹) ضرایب برآوردی نشان می‌دهد که مصرف انرژی برق در دوره جاری اثری منفی (با ضریب  $-0/20$ ) بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. هم‌چنین، مصرف انرژی غیربرق در دوره جاری اثری مثبت ( $0/72$ )؛ ولی با یک وقفه اثری منفی ( $-0/45$ ) بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش خانگی، تجاری و عمومی دارد. آزمون والد به‌منظور تعیین برآیند اثر مصرف انرژی غیربرق بر انتشار، نشان می‌دهد که مصرف انرژی غیربرق در کوتاه‌مدت اثر مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. در بلندمدت، مصرف انرژی برق ( $-0/56$ ) به مانند بازه زمانی کوتاه‌مدت اثری منفی بر میزان انتشار آلاینده‌گی دارد. به‌این مفهوم که با افزایش یک درصدی در مصرف انرژی برق انتشار آلاینده‌گی به‌میزان  $0/56$  درصد کاهش می‌یابد. مصرف انرژی غیربرق ( $0/74$ ) در این بازه اثری مثبت بر انتشار دارد و این امر بدین معناست که با افزایش یک درصدی در مصرف انرژی غیربرق انتشار دی‌اکسیدکربن به‌میزان  $0/74$  درصد افزایش می‌یابد. براساس نتایج حاصل از آزمون کرانه‌ها مقدار آماره آزمون  $4/82$  از کرانه‌های فهرست شده در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۰ درصد بزرگ‌تر است. از اینرو فرض عدم وجود رابطه بلندمدت بین مصرف انرژی برق، غیربرق و انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش خانگی، تجاری و عمومی رد شده و در نتیجه رابطه بلندمدت میان مصرف انرژی برق، غیربرق و انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش خانگی، تجاری و عمومی تأیید می‌شود. نتایج آزمون‌های خودهمبستگی، ناهمسانی واریانس و نرمالیتی جملات پسماند حاکی از پذیرش فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی، همسانی واریانس و نرمالیتی در جملات اخلال است.

جدول ۹. نتایج برآورد اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش خانگی، تجاری و عمومی

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال	آزمون والد
$CO_2 E_{(-1)}^{HCP}$	۰/۶۳	۴/۷۶	۰/۰۰۰	
$EEC^{HCP}$	-۰/۲۰	-۱/۸۳	۰/۰۷۴	آماره F: ۳/۰۱
$NEEC^{HCP}$	۰/۷۲	۵/۳۷	۰/۰۰۰	(برآیند اثر: ۰/۲۷)
$NEEC_{(-1)}^{HCP}$	-۰/۴۵	-۲/۴۱	۰/۰۲۰	سطح احتمال: ۰/۰۹۰
$\lambda$	-۰/۳۶	-۳/۵۶	۰/۰۰۱	
$L_{EEC}^{HCP}$	-۰/۵۶	-۳/۳۰	۰/۰۰۲	
$L_{NEEC}^{HCP}$	۰/۷۴	۲/۹۰	۰/۰۰۵	
$R^2 = ۰/۹۸$ $\bar{R}^2 = ۰/۹۸$		$\chi_{Sc}^2 = -۲/۲۲$ $\chi_{Ac}^2 = -۲/۴۶$		
آزمون خودهمبستگی سریال		مقدار آماره	۱/۱۳	
		سطح احتمال	۰/۳۳۱	
آزمون نرمالیتی		مقدار آماره	۱/۹۳	
		سطح احتمال	۰/۳۸۰	
آزمون ناهمسانی واریانس		مقدار آماره	۲/۵۶	
		سطح احتمال	۰/۱۱۶	
آزمون کرانه‌ها				
سطح خطا	کرانه یک	کرانه دو	آماره آزمون	
۱ درصد	۵/۸۰	۶/۷۹	۴/۸۲	
۵ درصد	۴/۲۲	۵/۰۳		
۱۰ درصد	۳/۵۷	۴/۲۸		
توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است. $\lambda$ ضریب تصحیح خطا در الگوی هم-انباشتگی، $L_{EEC}^{HCP}$ و $L_{NEEC}^{HCP}$ به ترتیب نماینده اثر مصرف انرژی برق و غیربرق در بخش خانگی، تجاری و عمومی می‌باشد.				

منبع: یافته‌های تحقیق

### نتایج برآورد الگو در بخش صنعت در قالب مصرف کل انرژی

نتایج برآورد اثر مصرف کل انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش صنعت در جدول (۱۰) گزارش شده است. مطابق با جدول (۱۰) ضرایب برآوردی نشان می‌دهد که مصرف انرژی در دوره جاری (با ضریب ۰/۱۰) اثری مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد. در بلندمدت نیز به مانند بازه کوتاه‌مدت، مصرف انرژی اثر مثبت بر انتشار بخش صنعت دارد. به نحوی که با افزایش یک درصدی در مصرف انرژی، انتشار دی‌اکسیدکربن

در این بخش ۰/۶۳ درصد افزایش می‌یابد. آزمون کرانه‌ها در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۰ درصد وجود این رابطه را تأیید می‌نماید. همچنین نتایج آزمون‌های خودهمبستگی، ناهمسانی واریانس و نرمالیتی جملات پسماند حاکی از پذیرش فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی، همسانی واریانس و نرمالیتی در جملات اخلاص است.

جدول ۱۰. نتایج برآورد اثر مصرف کل انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش صنعت

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال
ARDL	$CO_2E_{(-1)}^I$	۰/۸۳	۱۰/۲۲
	$EC^I$	۰/۱۰	۲/۱۳
	$\lambda$	-۰/۱۶	-۳/۳۳
	$L_{EC}^I$	۰/۶۳	۵/۷۰
$R^2 = ۰/۹۶$ $\bar{R}^2 = ۰/۹۶$		$\chi_{Ac}^2 = -۱/۸۳$	$\chi_{Sc}^2 = -۱/۷۱$
آزمون خودهمبستگی سریال		مقدار آماره	۰/۱۷
		سطح احتمال	۰/۸۳۸
آزمون نرمالیتی		مقدار آماره	۱/۵۵
		سطح احتمال	۰/۴۵۹
آزمون ناهمسانی واریانس		مقدار آماره	۱/۵۴
		سطح احتمال	۰/۲۲۴
آزمون کرانه‌ها			
سطح خطا	کرانه یک	کرانه دو	آماره آزمون
۱درصد	۵/۵۰	۶/۲۴	۳/۵۳
۵درصد	۳/۸۶	۴/۴۴	
۱۰درصد	۳/۱۷	۳/۶۵	

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است.  $\lambda$  ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتگی،  $L_{EC}^I$  نماینده اثر مصرف کل انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش صنعت می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

### نتایج برآورد الگو در بخش صنعت در قالب مصرف انرژی برق و غیربرق

نتایج برآورد اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش صنعت در جدول (۱۱) گزارش شده است. مطابق با جدول (۱۱) ضرایب برآوردی نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت، مصرف انرژی برق در دوره جاری اثری معنادار بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش صنعت ندارد؛ در حالی که در این بازه مصرف انرژی غیربرق (با

ضریب ۰/۱۵) اثری مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن در این بخش دارد. در بلندمدت، مصرف انرژی برق در بخش صنعت به مانند بازه کوتاه‌مدت، اثری معنادار بر انتشار ندارد. علاوه بر این در این بازه مشابه بازه زمانی کوتاه‌مدت، مصرف انرژی غیربرق با اثری مثبت (۰/۷۶) بر انتشار دی‌اکسیدکربن همراه است. این امر به این معناست که با افزایش یک درصدی در میزان مصرف انرژی در این بخش انتشار دی‌اکسیدکربن ۰/۷۶ درصد افزایش می‌یابد. آزمون کرانه‌ها در سطح اطمینان ۹۰ درصد وجود این رابطه را تأیید می‌نماید. هم‌چنین نتایج آزمون‌های خودهمبستگی، ناهمسانی واریانس و نرمالیتی جملات پسماند حاکی از پذیرش فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی، همسانی واریانس و نرمالیتی در جملات اخلاص است.

جدول ۱۱. نتایج برآورد اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش صنعت

سطح احتمال		آماره t	ضریب	متغیرهای توضیحی	
۰/۰۰۰		۱۱/۵۰	۰/۷۹	ARDL	$CO_2 E_{(-1)}^I$
۰/۹۳۸		۰/۲۴	-۰/۰۰۶		$EEC^I$
۰/۰۵۸		۱/۳۳	۰/۱۵		$NEEC^I$
۰/۰۰۱		-۳/۵۷	-۰/۲۰		$\lambda$
۰/۹۳۷		۰/۲۵	-۰/۰۳		$L_{NEEC}^I$
۰/۰۸۴		۱/۷۷	۰/۷۶		$L_{NEEC}^I$
$\chi_{Sc}^2 = -۱/۶۶$ $\chi_{Ac}^2 = -۱/۸۲$			$R^2 = ۰/۹۶$ $\bar{R}^2 = ۰/۹۶$		
۰/۲۷		مقدار آماره	آزمون خودهمبستگی سریال		
۰/۷۶۴		سطح احتمال			
۰/۷۲		مقدار آماره	آزمون نرمالیتی		
۰/۶۹۴		سطح احتمال			
۱/۶۱		مقدار آماره	آزمون ناهمسانی واریانس		
۰/۲۰۱		سطح احتمال			
آزمون کرانه‌ها					
سطح خطا		کرانه یک	کرانه دو	آماره آزمون	
۱ درصد		۴/۷۷	۵/۸۵	۲/۹۶	
۵ درصد		۳/۴۳	۴/۲۶		
۱۰ درصد		۲/۸۳	۳/۵۸		

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است.  $\lambda$  ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتگی،  $L_{NEEC}^I$  و  $L_{EEC}^I$  به ترتیب نماینده اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش صنعت می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

## نتایج برآورد الگو در بخش حمل و نقل در قالب مصرف کل انرژی

نتایج حاصل از برآورد اثر مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش حمل‌ونقل در جدول (۱۲) گزارش شده است.

جدول ۱۲. نتایج برآورد اثر مصرف کل انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش حمل‌ونقل

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال	آزمون والد
$CO_2 E_{(-1)}^T$	۰/۸۹	۱۷/۱۹	۰/۰۰۰	
$EC^T$	۱/۱۴	۶/۹۰	۰/۰۰۰	آماره F: ۷/۹۰
$EC_{(-1)}^T$	-۱/۰۲	-۶/۵۶	۰/۰۰۰	(برآیند اثر: ۰/۱۱) سطح احتمال: ۰/۰۰۷
$\lambda$	-۰/۱۰	-۳/۵۸	۰/۰۰۰	
$L_{ECT}$	۱/۱۶	۴/۹۵	۰/۰۰۰	
$R^2 = ۰/۹۹$ $\bar{R}^2 = ۰/۹۹$		$\chi_{Sc}^2 = -۲/۴۸$ $\chi_{Ac}^2 = -۲/۶۴$		
آزمون خودهمبستگی سریال		مقدار آماره	۲/۳۱	
		سطح احتمال	۰/۱۱۱	
آزمون نرمالیتی		مقدار آماره	۰/۶۵	
		سطح احتمال	۰/۷۲۰	
آزمون ناهمسانی واریانس		مقدار آماره	۱/۳۰	
		سطح احتمال	۰/۲۸۴	
آزمون کرانه‌ها				
سطح خطا	کرانه یک	کرانه دو	آماره آزمون	
۱ درصد	۵/۵۰	۶/۲۴	۴/۳۲	
۵ درصد	۳/۸۶	۴/۴۴		
۱۰ درصد	۳/۱۷	۳/۶۵		

توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است.  $\lambda$  ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتگی،  $L_{ECT}$  نماینده اثر مصرف کل انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل‌ونقل می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

مطابق با جدول (۱۲) در بازه زمانی کوتاه‌مدت، مصرف کل انرژی در دوره جاری (با ضریب ۱/۱۴) اثری مستقیم و با یک وقفه (با ضریب -۱/۰۲) اثری معکوس بر انتشار

دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل دارد. آزمون والد نشان می‌دهد که مصرف انرژی در مجموع اثری مثبت بر انتشار در بخش حمل و نقل دارد. در بلندمدت به مانند بازه کوتاه مدت، مصرف انرژی اثر مثبت بر انتشار در این بخش دارد. به نحوی که با افزایش یک درصدی در مصرف انرژی انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل به میزان ۱/۱۶ درصد افزایش می‌یابد. آزمون کرانه‌ها در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۰ درصد وجود این رابطه را تأیید می‌نماید. نتایج آزمون‌های خودهمبستگی، ناهمسانی واریانس و نرمالیتی جملات پسماند حاکی از پذیرش فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی، همسانی واریانس و نرمالیتی در جملات اخلاص است.

### **نتایج برآورد الگو در بخش حمل و نقل در قالب مصرف انرژی برق و غیربرق**

نتایج برآورد اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی اکسید کربن از بخش حمل و نقل در جدول (۱۳) قابل مشاهده است. مطابق با جدول (۱۳) در بازه زمانی کوتاه مدت، مصرف انرژی برق در دوره جاری (با ضریب ۰/۰۲) اثری مستقیم و با یک وقفه (با ضریب -۰/۰۱) اثری معکوس بر انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل دارد. نتایج به دست آمده با استفاده از آزمون والد گویای آن است که در این بازه مصرف انرژی برق اثر معناداری بر میزان انتشار ندارد. هم‌چنین مصرف انرژی غیربرق در دوره جاری (۱/۱۰) اثری مثبت و با یک وقفه (-۰/۹۷) اثری منفی بر انتشار دی اکسید کربن دارد. آزمون والد نشان می‌دهد که مصرف انرژی غیربرق در مجموع اثری مثبت بر انتشار در بخش حمل و نقل دارد. در بلندمدت، مصرف انرژی برق اثری بر انتشار در این بخش ندارد. مصرف انرژی غیربرق اثری مثبت بر میزان انتشار از بخش حمل و نقل دارد، به نحوی که با افزایش (کاهش) یک درصدی در مصرف انرژی غیربرق انتشار دی اکسید کربن در بخش حمل و نقل به میزان ۰/۸۸ درصد افزایش (کاهش) می‌یابد. آزمون کرانه‌ها در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۰ درصد نتایج به دست آمده را تأیید می‌نماید. نتایج آزمون‌های خودهمبستگی، ناهمسانی واریانس و نرمالیتی جملات پسماند حاکی از پذیرش فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی، همسانی واریانس و نرمالیتی در جملات اخلاص است.

جدول ۱۳. نتایج برآورد اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش حمل‌ونقل

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	سطح احتمال	آزمون والد
$CO_2E_{(-1)}^T$	۰/۸۵	۹/۹۳	۰/۰۰۰	
$EEC^T$	۰/۰۲	۲/۴۹	۰/۰۱۶	آماره F: ۰/۳۹ (برآیند اثر: ۰/۰۰۳) سطح احتمال: ۰/۵۳۲
$EEC_{(-1)}^T$	-۰/۰۱	-۲/۱۶	۰/۰۳۶	
$NEEC^T$	۱/۱۰	۶/۸۹	۰/۰۰۰	آماره F: ۷/۱۱ (برآیند اثر: ۰/۱۲) سطح احتمال: ۰/۰۱۱
$NEEC_{(-1)}^T$	-۰/۹۷	-۶/۲۷	۰/۰۰۰	
$\lambda$	-۰/۱۴	-۳/۶۷	۰/۰۰۰	
$L_{NEEC}^T$ $L_{NEEC}^T$	۰/۰۲ ۰/۸۸	۰/۸۷ ۳/۰۵	۰/۳۸۸ ۰/۰۰۴	
$R^2 = ۰/۹۹$ $\bar{R}^2 = ۰/۹۹$		$\chi_{Sc}^2 = -۲/۴۴$ $\chi_{Ac}^2 = -۲/۶۸$		
آزمون خودهمبستگی سریال		مقدار آماره	۱/۶۲	
		سطح احتمال	۰/۲۱۰	
آزمون نرمالیتی		مقدار آماره	۱/۰۲	
		سطح احتمال	۰/۵۹۸	
آزمون ناهمسانی واریانس		مقدار آماره	۱/۴۰	
		سطح احتمال	۰/۲۴۳	
آزمون کرانه‌ها				
سطح خطا	کرانه یک	کرانه دو	آماره آزمون	
۱ درصد	۴/۶۹	۵/۷۵	۴/۱۳	
۵ درصد	۳/۳۶	۴/۱۷		
۱۰ درصد	۲/۷۸	۳/۵۱		
توضیح: کلیه متغیرها در مقیاس لگاریتمی است. $\lambda$ ضریب تصحیح خطا در الگوی هم‌انباشتگی، $L_{NEEC}^T$ و $L_{NEEC}^T$ به ترتیب نماینده اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش حمل‌ونقل می‌باشد.				

منبع: یافته‌های تحقیق

## ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در پژوهش حاضر سعی شده است تا اثر مصرف انرژی بر آلاینده‌گی زیست‌محیطی در ایران با تأکید بر مصرف انرژی برق و غیربرق مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور از

رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی و داده‌های سالانه ۱۳۹۶-۱۳۵۰ در سطح کل اقتصاد و در بخش‌های اقتصادی برای تبیین و تشریح این امر استفاده و بر مبنای آن یک الگوی پایه (کل اقتصاد) و سه الگوی بخشی (بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی، صنعت و حمل‌ونقل) برآورد شد.

نتایج حاصله از تحلیل توصیفی داده‌ها نشان می‌دهد که میزان انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد و در بخش‌های سه‌گانه مورد بررسی با روندی افزایشی همراه است. به طوری که بیشترین نرخ رشد انتشار در سطح کل اقتصاد و در بخش حمل‌ونقل طی سال‌های ۱۳۵۰ تا انقلاب، در بخش خانگی، تجاری و عمومی به برنامه اول توسعه و سال ۱۳۷۳ و در بخش صنعت، به برنامه چهارم توسعه و سال ۱۳۸۹ مربوط است. هم‌چنین بیشترین میزان مصرف انرژی (کل، برق و غیربرق) در سطح کل اقتصاد و در بخش‌های اقتصادی به سال ۱۳۵۰ تا انقلاب مربوط می‌شود. نتایج حاصله از برآورد الگو در قالب مصرف کل در بلندمدت نشان می‌دهد که در سطح کل اقتصاد و در بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی، صنعت و حمل‌ونقل؛ مصرف کل حامل‌های انرژی با اثری مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن همراه است. بررسی اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کل اقتصاد در بلندمدت نشان می‌دهد که مصرف انرژی برق اثری معنادار بر انتشار دی‌اکسیدکربن ندارد؛ در حالی که در این بازه مصرف انرژی غیربرق اثری مثبت بر انتشار دارد. هم‌چنین در بخش خانگی، تجاری و عمومی، انرژی برق و غیربرق با اثری مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن همراه است. نتیجه دیگر آنکه در بخش صنعت و حمل‌ونقل مصرف انرژی برق اثر معناداری بر انتشار دی‌اکسیدکربن از این دو بخش ندارد؛ در حالی که مصرف انرژی غیربرق با اثری مثبت بر انتشار از بخش صنعت و حمل‌ونقل همراه است. از نظر اندازه اثرگذاری در بلندمدت، کشش انتشار دی‌اکسیدکربن نسبت به مصرف انرژی (کل، برق و غیربرق) به شرح جدول (۱۴) می‌باشد. همان‌طور که مشهود است انتشار دی‌اکسیدکربن نسبت به مصرف کل انرژی، در سطح کل اقتصاد و بخش صنعت کم‌کشش، در بخش خانگی، تجاری و عمومی تقریباً دارای کشش واحد؛ و در بخش حمل‌ونقل کشش‌پذیر است. بر این اساس می‌توان اظهار داشت که افزایش ده درصدی مصرف کل انرژی در سطح کل اقتصاد و بخش صنعت به ترتیب با افزایشی ۴ و ۶/۳

درصدی انتشار دی‌اکسیدکربن همراه است و در بخش خانگی، تجاری و عمومی؛ و بخش حمل‌ونقل به ترتیب منجر به افزایش ۱۰/۲ و ۱۱/۶ درصدی در انتشار می‌شود. در باب مصرف انرژی برق نیز اندازه‌کشش تنها در بخش خانگی، تجاری و عمومی معنادار بوده و البته مطابق با انتظار منفی است. در باب مصرف انرژی غیربرق می‌توان بیان داشت که انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کل اقتصاد و بخش‌ها کم‌کشش بوده ولی با این حال در بخش حمل‌ونقل اندازه‌کشش بیش از دو بخش دیگر است. به نحوی که افزایشی ده درصدی مصرف انرژی غیربرق در سطح کل اقتصاد و بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی؛ صنعت؛ و حمل‌ونقل به ترتیب منجر به ۴/۸، ۷/۴، ۷/۶ و ۸/۸ درصد افزایش در انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود.

جدول ۱۴. کشش انتشار دی‌اکسیدکربن نسبت به مصرف انرژی (کل، برق و غیربرق)<sup>۱</sup>

در سطح کل اقتصاد	در بخش		
	خانگی، تجاری و عمومی	صنعت	حمل‌ونقل
مصرف کل انرژی	۱/۰۲	۰/۶۳	۱/۱۶
مصرف انرژی برق	-۰/۵۶	-۰/۰۳	۰/۰۲
مصرف انرژی غیربرق	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۸۸

منبع: یافته‌های تحقیق

براساس نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود که به مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر با میزان آلاینده‌گی کمتر به عنوان جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور توجه شود. برای تحقق این مهم استفاده از زیست‌توده جنگل و پسماندهای چوبی آن و فضولات دامی یکی از راهکارهای مناسب برای جایگزینی سوخت‌های فسیلی شناخته می‌شود. به طوری که انرژی زیست‌توده پس از انرژی خورشیدی از بالاترین پتانسیل انرژی برخوردار است. همچنین باید نسبت به تقاضای انرژی در بخش حمل‌ونقل با توجه به کشش‌پذیری انتشار نسبت به مصرف انرژی در این بخش و روند رو به رشد تعداد وسایل نقلیه در کشور که منجر به افزایش تقاضای

۱. اعداد پررنگ در جدول بیانگر معناداری ضریب مربوطه در بلندمدت می‌باشد.

سوخت‌های فسیلی می‌گردد، توجه ویژه شود. در جهت کاهش و بهینه‌سازی مصرف انرژی در این بخش، می‌توان به مواردی نظیر تغییر در نوع سوخت‌های مصرفی و جلوگیری از تولید خودروهای غیراستاندارد اشاره نمود. در بخش صنعت با ایجاد محدودیت‌هایی مانند افزایش تعرفه و مالیات، اعمال جریمه و سیاست‌های تنبیهی برای صنایع آلاینده، می‌توان از ورود آنها به اقتصاد جلوگیری نمود. ملزم نمودن تمامی صنایع و کارخانجات به نصب مشخصات فنی و گواهینامه تطبیق محصولات آنها با استانداردهای انرژی، خارج کردن خطوط تولید صنایع قدیمی از جمله مواردی است که می‌تواند در کاهش میزان مصرف انرژی و در نتیجه کاهش آلاینده‌گی این بخش اثرگذار باشد. در بخش خانگی، تجاری و عمومی استفاده از لوازم خانگی فرسوده و قدیمی، با راندمان پایین انرژی یکی از موارد استفاده نادرست از انرژی در این بخش است که می‌توان با استفاده از لوازم استاندارد به کاهش مصرف انرژی و به‌طور خاص مصرف انرژی برق در این بخش کمک نمود. هم‌چنین به جهت آنکه رشد و توسعه اقتصادی کشور نیازمند مصرف انرژی به‌طور ویژه مصرف سوخت‌های فسیلی است و نمی‌توان چنین مجرای اثرگذاری را از چرخه تولید و مصرف کشور حذف نمود، در این راستا لازم است تا به ارتقاء فناوری تولید و مصرف انرژی به جهت افزایش کارایی انرژی و کاهش آلاینده‌گی، نیز توجه شود.

## منابع

احدی، محمد صادق، سلطانیه، محمد، شایگان، جلال‌الدین و رادپور، سعید رضا (۱۳۸۵). ارزیابی اثرات توسعه بخش انرژی کشور بر انتشار آلاینده‌های هوا و گازهای گلخانه‌ای، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال سوم، شماره ۱۰.

ترابی، تقی، خواجه‌پوری‌پور، امین، طریقی، سمانه و پاکروان، محمدرضا (۱۳۹۴). تأثیر مصرف انرژی، رشد اقتصادی و تجارت خارجی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران، فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، شماره ۲۹، ۸۴-۶۳.

خلیلی عراقی، منصور، شرزهای، غلامعلی و برخوردار، سجاد (۱۳۹۰). تحلیل تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در ایران، *محیط‌شناسی*، سال سی و هشتم، شماره ۶۱، بهار ۱۳۹۱، ۹۳-۱۰۴.

دولتشاهی پیروز، محرم و طهماسبی آشتیانی، هادی (۱۳۸۹)، انسان، انرژی، محیط‌زیست و چشم‌اندازی به‌اینده، *فصلنامه راهبرد*، سال نوزدهم، شماره ۵۶، ۳۴۳-۳۱۳.

کارگر ده‌بیدی، نوید و اسماعیلی، عبدالکریم (۱۳۹۵). ارزیابی عوامل اقتصادی مؤثر بر آلودگی زیست‌محیطی در ایران، *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، جلد ۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ۸۵-۱۰۸.

طفعلی‌پور، محمدرضا و آشنا، ملیحه (۱۳۸۹). بررسی عوامل مؤثر بر تغییر انتشار دی‌اکسیدکربن در اقتصاد ایران، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال هفتم، شماره ۲۴، ۱۴۵-۱۲۱.

متفکر آزاد، محمدعلی و محمدی خانقاهی، رباب (۱۳۹۱). بررسی اثرات رشد اقتصادی، مصرف انرژی و درجه باز بودن تجاری بر کیفیت محیط‌زیست در ج. ا. ایران، *فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی*، سال اول، شماره ۳، ۸۹-۱۰۶.

محمدباقری، اعظم (۱۳۸۹). بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال هفتم، شماره ۲۷، ۱۰۱-۱۲۹.

نونزاد، مسعود و روزی‌طلب، آناهیتا (۱۳۹۶). اثر رشد اقتصادی و مصرف انرژی بر آلودگی محیط‌زیست: مطالعه موردی ایران، *فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و منابع طبیعی*، سال دوم، شماره ۳، ۹۹-۱۲۴.

Bento, J. P. C., & Moutinho, V. (2016). CO<sub>2</sub> emissions, non-renewable and renewable electricity production, economic growth, and international trade in Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 142-155.

Use by Sector. U.S. *Energy Information Administration*, pp. 9.

Ito, K. (2017). CO<sub>2</sub> emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: Evidence from panel data for

developing countries. *International Eco* Jayanthakumaran, K., Verma, R., & Liu, Y. (2012). CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, trade and income: a comparative analysis of China and India. *Energy Policy*, 42, 450-460.

Kasman, A., & Duman, Y. S. (2015). CO<sub>2</sub> emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: a panel data analysis. *Economic Modelling*, 44, 97-103.

Puliafito, S. E., Puliafito, J. L., & Grand, M. C. (2008). Modeling population dynamics and economic growth as competing species: An application to CO<sub>2</sub> global emissions. *Ecological Economics*, 65(3), 602-615.

Pao HT, Tsai, C.M. (2010). CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in BRIC Countries, *Energy Policy*, 38, 7850-7860.

Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019). Effect of foreign direct investments, economic development and energy consumption on greenhouse gas emissions in developing countries. *Science of the Total Environment*, 646, 862-871.

Sharif, A., Raza, S. A., Ozturk, I., & Afshan, S. (2019). The dynamic relationship of renewable and nonrenewable energy consumption with carbon emission: A global study with the application of heterogeneous panel estimations. *Renewable energy*, 133, 685-691.

Shim, J. H. (2007). The reform of energy subsidies for the enhancement of marine sustainability: An empirical analysis of energy subsidies worldwide and an in-depth case study of South Korea's energy subsidy policies. *Doctoral dissertation, University of Delaware*.

## A Study of Energy Consumption in Economic Sectors and Environmental Pollution in Iran with Emphasis on Electricity and Non-Electricity Energy

Shahryar Zaroki<sup>1\*</sup>, Akram Moghadasi Sedehi<sup>2</sup>

1. Associate Professor in Economics, Faculty of Economic, University of Mazandaran, Babolsar, Iran, Sh.zaroki@umz.ac.ir

2. Master of Science in Energy Economics, University of Mazandaran, Babolsar, Iran, amoghadasi779@gmail.com

Received: 2020/02/17 Accepted: 2021/02/27

### Abstract

In this study, an attempt is made to investigate the effect of energy consumption on environmental pollution in Iran. For this purpose, a basic model (the whole economy) and three sectoral models (household, commercial and public; industry and transportation) has been estimated with an autoregressive distributed lag approach in the period 1971-2017. The results of the model estimation show the long-run total consumption at the whole economy and in the household, commercial and public, industry and transportation sectors, total energy consumption has a positive effect on carbon dioxide emissions. Investigating the effect of electricity energy and non-electricity on carbon dioxide emissions over the whole economy in the long run shows that electricity energy consumption has no significant effect on carbon dioxide emissions; while non-electricity energy consumption has a positive effect on emissions during this period. Also in the household, commercial and public sectors, electricity energy and non-electricity have a positive effect on carbon dioxide emissions. Another result is that electricity energy consumption in industry and transportation sectors has no significant effect on carbon dioxide emissions from these two sectors, while non-electricity energy consumption has a positive effect on emissions from industry and transportation sectors. Also, in terms of the long-run effect size, carbon dioxide emissions respect to energy consumption (total, electricity and non-electricity) across the whole economy and the industry sector is inelastic, in the household, commercial and public sectors is almost unit elasticity; and in the transportation sector is elastic. In terms of electricity energy consumption, the elasticity size was only significant and negative in the household, commercial and public sectors. In terms of non-electricity energy consumption, carbon dioxide emissions are inelastic in the whole economy level and sectors, however, in the transportation sector, the elasticity size is more than the other two sectors. For this reason, it is suggested to pay particular attention to the use of renewable energy with less pollution as a suitable alternative to fossil fuels in different economic sectors of the country.

**JEL Classification:** C22, Q43, Q53

**Keywords:** Energy Consumption, Economic Sectors, Environmental Pollution, Electricity and Non-Electricity, Iran

---

\*. Corresponding Author