

نقش نیروگاه‌ها در ایجاد آلاینده‌های هوا در ایران

مریم لشکری زاده^۱، داوود اذانی

۱- استادیار گروه اقتصاد، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران

lashkarizadehm@yahoo.com

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته اقتصاد، دانشگاه فیروزکوه

Azani.davood@gmail.com

چکیده

نیروگاه‌ها از مهم‌ترین آلوده‌کننده‌های هوا به شمار می‌روند. زیرا سهم بالایی در تولید آلاینده‌های هوا به ویژه SO_2 و CO_2 دارند. این پژوهش، در چارچوب منحنی زیست محیطی کوزنتس و با استفاده از رویکرد ARDL، به بررسی اثر نیروگاه‌ها بر آلودگی هوا طی سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۹ پرداخته است. بر اساس نتایج به دست آمده، تأثیر نیروگاه‌ها در کوتاه مدت و بلند مدت با ضریب کشش $0/48$ و $0/26$ بر انتشار CO_2 مثبت است. این تأثیر در کوتاه مدت بیشتر از بلند مدت می‌باشد. همچنین، نتایج گویای آن است که متغیرهای رشد اقتصادی، درجه باز بودن و تعداد خودروها از دیگر عوامل مثبت و معنادار بر انتشار CO_2 در ایران هستند. تا زمانی که انرژی‌های پاک و جانشین سوخت‌های فسیلی به بهره‌برداری کامل نرسد استفاده از سوخت‌های فسیلی و انتشار هر چه بیشتر CO_2 در نیروگاه‌ها غیرقابل اجتناب است. بهترین توصیه استفاده بهینه از انرژی و در نتیجه صرفه جویی در مصرف انرژی است.

طبقه بندی JEL: Q43, Q58, Q53, Q4, C22

واژه‌های کلیدی: نیروگاه، آلودگی هوا، روش اقتصادسنجی خود رگرسیون با وقفه‌های توزیعی.

مقدمه

غیرقابل چشم پوشی انواع آلودگی‌های زیست

محیطی ناشی از صنعتی شدن کشورهاست. این

امروزه یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های بشر، خطر

آلودگی‌ها که طیف وسیعی از آلودگی‌های جوی کره زمین و تمام منابع آبی و خاکی را شامل می‌شود، آثار مخربی بر زندگی بشر، سلامت محیط زیست و حیات وحش دارد. مهم‌ترین منبع آلودگی که منشأ سایر آلودگی‌های زیست محیطی نیز می‌باشد، آلودگی جو است که در اثر انتشار گازهای حاصل از انواع فعالیت‌های صنعتی به وجود آمده است. این گازها که گازهای گلخانه‌ای نامیده می‌شود عبارتند از: دی‌اکسیدکربن (CO_2)، متان (CH_4)، هیدرو فلئور کربن (HFC)، پرفلئور کربن (PFC) و هگزا فلئورید سولفور (SF_6).

بخش انرژی که یکی از مهم‌ترین زیر بناهای توسعه هر کشور قلمداد می‌شود، از مرحله تولید تا مصرف باعث تولید انواع آلاینده‌ها در محیط زیست می‌شود. هر یک از این آلاینده‌ها بسته به ماهیت خود طیفی از مخاطرات زیست محیطی را در سطوح محلی، منطقه‌ای و جهانی به همراه دارند. نیروگاه‌ها مهم‌ترین مصرف کننده سوخت‌های سنگین و فسیلی هستند. گازهای گلخانه‌ای ایجاد شده از تولید برق در نیروگاه‌ها حدود یک سوم انتشار جهانی را در بر می‌گیرد و این نسبت در آینده به شدت و با شیب تندی افزایش خواهد یافت. تقاضای الکتریسیته به طور روز افزونی در حال افزایش است. این رشد در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در ۳۰ سال گذشته با نرخ حدود ۳/۳ درصد در سال روبرو بوده است. سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، مازوت، گازوئیل و گاز طبیعی بیش‌ترین نقش را در تولید برق داشته‌اند. این در حالی است که استفاده بیشتر از سوخت‌های فسیلی برای افزایش ظرفیت تولید

برق، انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش نیروگاهی را افزایش داده است. بیش‌ترین سهم انتشار آلاینده‌های مربوط به نیروگاه‌ها در ایران با ۵۳/۴۶ و ۳۹/۰۱ درصد مربوط به دی‌اکسید و تری‌اکسید گوگرد است. بعد از این دو آلاینده، دی‌اکسیدکربن با (۳۱/۴۷ درصد) بیش‌ترین سهم انتشار آلاینده‌های نیروگاهی را دارد (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۱). یکی از مشکلاتی که امروزه به نیروگاه‌های با سوخت فسیلی مربوط می‌شود دی‌اکسیدکربن است که آثار آن در نیروگاه‌های با سوخت فسیلی کشور از نظر انتشار تغییر اقلیم مشهود و مورد توجه است. نیروگاه‌ها با ۱۷۴/۶۴ میلیون تن بیش‌ترین تولید دی‌اکسیدکربن را در کشور نسبت به بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی (۱۲۷/۲۶ میلیون تن)، صنعت (۹۴/۶ میلیون تن)، حمل و نقل (۱۳۰/۸ میلیون تن)، کشاورزی (۱۲/۶ میلیون تن) و پالایشگاهی (۱۶/۶ میلیون تن) دارا هستند (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۱).

در این پژوهش، میزان تأثیر نیروگاه‌ها به عنوان یکی از مصرف‌کنندگان بزرگ انرژی کشور در کنار سایر عوامل تأثیرگذار مانند تعداد اتومبیل، درجه باز بودن اقتصاد و رشد اقتصادی بر انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن بررسی شده است. علت انتخاب دی‌اکسیدکربن به عنوان شاخص آلودگی این است که این گاز یکی از مهم‌ترین گازهایی است که به تغییر آب و هوا و گرمایش کره زمین منجر می‌شود. از طرفی آلودگی‌هایی مانند زباله شهری و دی‌اکسیدکربن به دلیل عمر طولانی خود و انباشته شدن در طول زمان، متغیر انباره به شمار می‌روند. زباله شهری در محل خود انباره می‌شود. گاز

۵/۲ تا ۵/۳ درصد سوخت‌های ایران است تبدیل به SO₂ می‌شود. در مورد اکسیدهای ازت اندازه‌گیری‌های انجام شده نشان می‌دهد که مقدار آن‌ها از حد استاندارد جهانی بیشتر است.

یکی از مشکلاتی که امروزه به نیروگاه‌هایی با سوخت‌های فسیلی مربوط می‌شود دی‌اکسیدکربن است؛ که آثار آن در نیروگاه‌های با سوخت‌های فسیلی از نظر انتشار اقلیم هم اکنون مشهود است. این گاز منبع اصلی گرمایش جهانی و عامل اصلی انتشار آن نیز مصرف انرژی است.

ایران سالانه ۴۷۱ میلیون تن گاز دی‌اکسیدکربن تولید می‌کند که اختلاف زیادی با دیگر گازهای آلاینده منتشر شده در همان زمان دارد. سهم هر یک از بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در انتشار دی‌اکسیدکربن نشان می‌دهد که بخش نیروگاهی با ۹/۲۸ درصد، بخش خانگی و تجاری با ۹/۲۴ درصد، بخش صنعت و حمل و نقل با ۹/۲۳ درصد، بخش پالایشگاهی با ۳/۳ درصد و کشاورزی با ۴/۲ درصد به ترتیب بیش‌ترین سهم را از کل انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران داشته‌اند (ترازنامه انرژی، ۲۰۱۰).

بر اساس مبانی تئوریک عوامل بسیاری انتشار CO₂ را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این قسمت، به بررسی مبانی نظری مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار شامل مصرف انرژی، رشد اقتصادی، جمعیت و آزاد سازی تجاری بر انتشار دی‌اکسیدکربن به عنوان معیار کیفیت محیط زیست، پرداخته شده است.

در نظریه‌های جدید رشد، عامل انرژی در کنار سرمایه و نیروی کار اعم از متخصص و غیر متخصص از مهم‌ترین عوامل موثر بر رشد اقتصادی

دی‌اکسیدکربن نیز یک متغیر انباره‌ای به شمار می‌رود که حدود ۱۲۵ سال طول می‌کشد تا از بین برود (لیب، ۲۰۰۴). همچنین، در بسیاری از مطالعات کشوری، بین کشوری و بین‌المللی در مورد اثبات فرضیه زیست محیطی کوزنتس از میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن که یک آلودگی فرامرزی است و داده‌های کافی برای دوره زمانی مناسب در اکثر کشورها موجود است، به عنوان شاخص آلودگی هوا استفاده شده است.

در ادامه، بخش دوم به مروری بر مبانی نظری پژوهش پرداخته است. در بخش سوم، روش‌شناسی پژوهش بیان شده است. یافته‌های پژوهش در بخش چهارم آورده شده است و بخش پنجم به نتیجه‌گیری اختصاص یافته است.

ادبیات موضوع

فعالیت‌های بشر برای تأمین امکانات رفاهی و نیازهای زندگی به طور مستقیم و غیر مستقیم بر محیط زیست اثر گذاشته است. تولید برق به‌ویژه با استفاده از سوخت‌های فسیلی نمونه‌ای از این فعالیت‌ها و یا توسعه زیر بنایی است که آلودگی زیادی را وارد محیط زیست می‌کند. در کشورهایی که دارای منابع سوخت فسیلی هستند مانند ایران، هنوز استفاده از انرژی‌های فسیلی برای تولید برق در بیشتر موارد ارزان‌تر از سایر روش‌هاست (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۴).

مهم‌ترین آلاینده‌های هوای منتشره از نیروگاه‌ها از نظر آثار فوری و محلی دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای ازت و ذرات معلق هستند و از نظر آثار جهانی دی‌اکسیدکربن است. تقریباً ۱۰۰ درصد گوگرد موجود در سوخت مایع نیروگاه‌ها که بین

هستند (استرن، ۲۰۰۴). مطالعات متعددی، رابطه مستقیم مصرف انرژی و رشد اقتصادی را نشان می‌دهند. از طرفی در مباحث رشد و محیط زیست، منحنی زیست محیطی کوزنتس از مشهورترین فرضیه‌ها در بررسی شکل رابطه ای بین رشد اقتصادی و آلودگی به شمار می‌رود. این منحنی رابطه U وارونه بین کیفیت محیط زیست و رشد اقتصادی را بیان می‌کند. در بیشتر مطالعات انجام گرفته در خصوص تایید یا رد منحنی کوزنتس برای کشورها معیار رشد، درآمد سرانه و در برخی مصرف انرژی و معیار آلودگی، بیشتر گاز دی‌اکسیدکربن بوده است. در ایران فرضیه کوزنتس برای نشر دی‌اکسیدکربن و سرانه مصرف انرژی رد نشده است (فطرس و معبودی، ۱۳۹۰). بنابراین، بررسی آثار بخش‌هایی مانند نیروگاه‌ها و حمل و نقل به عنوان یکی از مصرف کنندگان انرژی و بزرگترین تولید کننده دی‌اکسیدکربن در ایران (ترازنامه انرژی، ۲۰۱۰) از مجرای منحنی کوزنتس قابل مطرح شدن است. تا قبل از حد آستانه‌ای منحنی کوزنتس، مصرف انرژی بیشتر، سبب تولید و رشد اقتصادی بالاتر شده و رشد اقتصادی بر اساس منحنی کوزنتس به تولید آلاینده بیشتر و کاهش کیفیت محیط زیست منجر می‌شود. بعد از حد آستانه‌ای انتظار بر این است که آثار افزایش فرهنگ عمومی و تمایل پرداخت برای بهبود محیط زیست، توجه بیشتر دولت به کیفیت محیط زیست با وضع قوانین زیست محیطی، افزایش نسبی سهم بخش خدمات و از همه مهم‌تر تمایل ذاتی کشورها به بهره‌گیری از زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات و تکنولوژی‌های سبز، بر اثر منفی مقیاس

چیره شده، انتشار CO₂ کاهش و کیفیت محیط زیست بهبود یابد. این استدلال در ارتباط با ایران به‌عنوان یک کشور در حال توسعه نیز مصداق پیدا می‌کند.

در ادبیات تجاری مسائل مربوط به تجارت و محیط زیست دو گروه موافق و مخالف دیده می‌شود. گروه مخالف معتقدند با آزادسازی تجاری به ویژه در کشورهای در حال توسعه‌ای مانند ایران، میزان فعالیت‌های اقتصادی و توسعه بخش‌های زیر بنایی (نظیر نیروگاه‌ها) افزایش و متعاقب آن استفاده از انرژی‌های تجدید ناپذیر به علت نبود قوانین زیست محیطی کارا، در بیشتر کشورهای در حال توسعه افزایش می‌یابد. بنابراین، در نهایت به تولید آلاینده‌های بیشتر و بدتر شدن کیفیت محیط زیست منجر می‌شود. گروه موافق، باز شدن اقتصاد را عاملی برای ارتقای کیفیت محیط زیست به علت افزایش فشار رقابتی به استفاده بهینه و کاراتر از منابع انرژی، کاهش اتلاف انرژی در اثر ورود تکنولوژی‌های دوستدار محیط زیست، تمایل به داشتن محیط زیست سالم‌تر در اثر افزایش تجارت و بهره‌مندی از رفاه بالاتر در کشورهای در حال توسعه می‌دانند. به طور کلی با آزاد سازی تجاری، اگر اثر فن‌آوری بر اثر مقیاس غالب شود در آن صورت آزادسازی تجاری به بهبود زیست محیطی مثبت منجر می‌شود.

بیردل دو مکانیزم را برای تأثیرگذاری جمعیت بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در نظر گرفته است. نخست افزایش جمعیت، تقاضای انرژی بخش برق، صنعت و حمل و نقل را افزایش داده و موجب

اقتصادی، مصرف انرژی، آزاد سازی تجاری و توسعه مالی را بر روی آلودگی زیست محیطی در چین با روش ARDL بررسی کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داده که رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آزادسازی تجاری عوامل اصلی انتشار دی‌اکسیدکربن در بلند مدت است. همچنین، نتایج گویای وجود منحنی زیست محیطی کوزنتس در مورد چین است.

شرستا و همکاران^۲ (۲۰۰۹) در مطالعه خود با تکنیک تجزیه شاخص دی‌ویژیا میانگین لگاریتمی (LMDI)^۳، عوامل کلیدی مؤثر بر رشد انتشار CO₂ بخش نیروگاهی را برای ۱۵ کشور منتخب آسیایی و اقیانوس آرام مطالعه کردند. این عوامل شامل: تغییرات در محصول اقتصادی، شدت انرژی برق، شدت سوخت و ساختار تولید نیرو بوده است. مطالعه ایشان نشان داد که رشد اقتصادی تأثیر غالبی در افزایش انتشار CO₂ در ۱۰ کشور منتخب (استرالیا، چین، هند، ژاپن، مالزی، پاکستان، کره جنوبی، سنگاپور، تایلند و ویتنام) داشته است. درحالی‌که اثر شدت انرژی برق^۴ تولیدی، عامل اصلی افزایش CO₂ برای سه کشور بنگلادش، اندونزی و فیلیپین بوده است. در سریلانکا و نیوزیلند، تغییرات ساختاری تولید نیرو سهمی مهم در رشد انتشار CO₂ داشته است.

عالم و همکاران (۲۰۰۷)، در مطالعه خود به

افزایش گازهای مخرب می‌شود. دوم آن‌که رشد تراکم جمعیت می‌تواند به تخریب جنگل، تغییر کاربری‌ها و استفاده از چوب به عنوان سوخت منجر شود (بیردل، ۱۹۹۲). مورتی و همکاران اعتقاد دارند که رشد جمعیت بر انتشار دی‌اکسیدکربن سرانه تأثیرگذار است. زیرا با افزایش تراکم جمعیت، تقاضای نهایی انرژی به علت تغییر روش زندگی از سنتی به مدرن و استفاده از زیر ساخت‌ها، به ویژه سیستم حمل و نقل افزایش می‌یابد (مورتی، ۱۹۹۷).

به طور کلی، انتظار بر این است که در کشورهای در حال توسعه‌ای مانند ایران به علت قرار گرفتن در نیمه اول منحنی زیست محیطی کوزنتس و غالب بودن اثر مقیاس^۱ بر سایر آثار تأثیرگذار بر محیط زیست، با شدت مصرف انرژی توسط بخش‌های انرژی‌بر مانند نیروگاه‌ها، شاهد افزایش انتظار گازهای آلاینده‌ای مانند CO₂ باشیم. این موضوع طی دهه‌های اخیر در مطالعات بسیاری که در ارتباط میان فعالیت‌های اقتصادی و حوزه محیط زیست مطرح بوده بررسی شده است. در ادامه چندی از مطالعات داخلی و خارجی انجام شده در این زمینه آورده شده است.

جلیل و فریدون (۲۰۱۱) در مقاله خود اثر رشد

^۱ - اگر هیچ تغییری در ساختار یا تکنولوژی موجود در اقتصاد ایجاد نشود گسترش تولید و رشد اقتصادی موجب رشد آلودگی و تأثیرات مخرب زیست محیطی می‌شود که به این نظریه، اثر مقیاس گفته می‌شود.

^۲ - Shrestha & others

^۳ - Logarithmic Mean Divisia Index

^۴ - The Effects Of Changes In Electricity Intensity

دو طرفه بین تولید ناخالص داخلی و انتشار دی‌اکسیدکربن است. همچنین، بر اساس نتایج، رابطه علی از مصرف انرژی به نشر دی‌اکسیدکربن وجود دارد.

بهبودی و همکاری (۱۳۸۹)، مطالعه‌ای را با عنوان بررسی عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن در ایران (۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶) انجام دادند. هدف اصلی این مطالعه، بررسی رابطه مصرف انرژی (شدت استفاده انرژی)، رشد اقتصادی و انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن به عنوان معیاری برای آلودگی محیط زیست در ایران است. برای این منظور از داده‌های سری زمانی در دوره زمانی ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶ استفاده شده است. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان دهنده وجود رابطه‌ای مثبت بین متغیرهای مستقل مانند مصرف انرژی، رشد اقتصادی، آزادسازی تجاری، جمعیت شهرنشین و متغیر انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن در ایران است.

فطرس و نسرين دوست (۱۳۸۸) در پژوهش خود به بررسی فرضیه زیست محیطی کوزنتس در چهار حالت پرداخته‌اند: الف) هنگامی که معیار رشد اقتصادی، درآمد سرانه است؛ ب) وقتی که معیار رشد اقتصادی، سرانه مصرف انرژی است؛ پ) زمانی که معیار آلودگی، آلودگی آب است و ت) زمانی که معیار آلودگی، آلودگی هوا است. در این پژوهش از روش‌شناسی تودا-یاماتو برای بررسی علیت متغیرها استفاده شده است. نتایج

بررسی تأثیر عوامل تعیین کننده آلودگی محیط زیست در پاکستان طی سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۵ پرداخته اند. یافته‌های اصلی این پژوهش بیانگر این است که افزایش در تولید ناخالص داخلی و شدت استفاده از انرژی، سبب افزایش آلودگی محیط زیست (انتشار گاز دی‌اکسیدکربن) شده است.

آنگ (۲۰۰۷)، در مطالعه خود به بررسی رابطه علی پویا بین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، مصرف انرژی و تولید در کشور فرانسه طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۰ پرداخته است. نتایج مطالعه وی نشان می‌دهد که رشد اقتصادی علت بلندمدت مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست بوده و یک رابطه علی یک طرفه از سوی مصرف انرژی به رشد تولید در کوتاه مدت برقرار است. همچنین، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش استفاده از انرژی، انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نیز افزایش می‌یابد.

متفکر آزاد و محمدی‌خانقاهی (۱۳۹۱) در مقاله خود به بررسی رابطه رشد اقتصادی، مصرف انرژی و درجه باز بودن تجاری بر کیفیت محیط زیست در ایران طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۱۹۶۷ پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه بیانگر تأثیر مثبت رشد اقتصادی، مصرف انرژی و درجه باز بودن تجاری بر انتشار دی‌اکسیدکربن است.

فطرس و معبودی (۱۳۹۰) در پژوهشی به بررسی رابطه رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلودگی هوا در ایران طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۵۰ پرداخته اند. نتایج پژوهش آن‌ها گویای رابطه علی

$\text{Log Power}^2 = \text{لگاریتم میزان سوخت}$
نیروگاه‌ها (میلیارد لیتر)؛
 $\text{Log Open} = \text{لگاریتم درجه باز بودن اقتصاد}$
(مجموع صادرات و واردات به قیمت سال ۲۰۰۰)
تقسیم بر تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال
(۲۰۰۰)؛

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4 = \text{کشش‌های متغیر وابسته نسبت}$
به متغیرهای توضیحی و e_t جمله اخلاص تصادفی
است.

به منظور برآورد رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت
بین متغیرها، روش‌های اقتصادسنجی گوناگونی
وجود دارد که در مطالعات مختلف استفاده شده
است. در این مقاله از روش اقتصادسنجی، ARDL،
الگوی خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی برای
تخمین مدل و بررسی روابط کوتاه مدت و بلندمدت
بین متغیرهای مورد مطالعه، استفاده شده است. فرم
الگوهای کوتاه مدت و بلند مدت بر اساس تکنیک
ARDL به شکل زیر است.

فرم کلی الگوی پویای کوتاه‌مدت:
(۲)

$$\begin{aligned} \text{LogCo2}_t = & \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_{1j} \text{LogCo2}_{t-j} + \\ & \sum_{i=0}^{q1} \beta_{2i} \text{LogPower}_{t-i} + \sum_{i=0}^{q2} \beta_{3i} \text{LogGdp}_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^{q3} \beta_{4i} \text{LogCars}_{t-i} + \sum_{i=0}^{q4} \beta_{5i} \text{LogOpen}_{t-i} \\ & + \text{Dum} + U_t \end{aligned}$$

نشان داد که فرضیه کوزنتس برای نشر
دی‌اکسیدکربن، درآمد سرانه، آلودگی آب، سرانه
مصرف انرژی رد می‌شود و برای نشر
دی‌اکسیدکربن، سرانه مصرف انرژی رد نمی‌شود.

روش پژوهش

در این قسمت با توجه به ادبیات موضوع و
مبانی نظری مطرح شده در قسمت قبل، به معرفی
مدل پرداخته شده است. هدف این مقاله، بررسی اثر
رشد اقتصادی، آزاد سازی تجاری، رشد جمعیت^۱ و
تأثیر نیروگاه‌ها به عنوان مصرف‌کنندگان انرژی بر
میزان آلاینده دی‌اکسیدکربن در ایران است. که این
شاخص‌ها در چارچوب مدل اقتصادسنجی به شکل
زیر تصریح شده است:

$$\begin{aligned} \text{LogCO2}_t = & \beta_0 + \beta_1 \text{LogPower}_t + \beta_2 \text{LogGdp}_t \\ & + \beta_3 \text{LogCars}_t + \beta_4 \text{LogOpen}_t + e_t \end{aligned} \quad (1)$$

در این مدل:

$\text{Log CO}_2 = \text{لگاریتم میزان انتشار گاز}$
دی‌اکسیدکربن (به عنوان شاخص آلودگی هوا) (بر
حسب میلیون تن)؛

$\text{Log Gdp} = \text{لگاریتم تولید ناخالص داخلی}$
سرانه به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰ (بر حسب میلیارد
دلار)؛

$\text{Log Cars} = \text{لگاریتم تعداد خودروها در ایران}$
(میلیون دستگاه)؛

^۲ - (میزان سوخت فسیلی مصرفی در نیروگاه‌ها به‌عنوان متغیر
جانشین برای مصرف انرژی و بیان نقش نیروگاه‌ها در ایجاد آلاینده
در نظر گرفته شده است.)

^۱ - شایان ذکر است که شاخص جمعیت به علت مناسب نبودن
نتایج الگوهای تخمینی از مدل حذف شده است.

و سپس، الگوی پویای کوتاه مدت برای بررسی وجود و یا عدم وجود رابطه هم‌انباشتگی تخمین زده شود. نتایج بررسی آزمون ریشه واحد (آزمون دیکی فولر تعمیم یافته) متغیرها نشان می‌دهد که تمامی متغیرهای مدل با یک مرتبه تفاضل‌گیری پایا شده‌اند. به عبارت دیگر متغیرها I (1) هستند. البته از مزایای روش ARDL، عدم نگرانی در خصوص I (0) و I (1) بودن متغیرهاست. بنابراین، بدون در نظر گرفتن پایایی متغیرها در سطح و یا تفاضل مرتبه اول، می‌توان تخمین‌های سازگاری از ضرایب بلندمدت به دست آورد.

الگوی پویای کوتاه مدت

نتایج تخمین الگوی کوتاه مدت در جدول (۱) نشان داده شده است:

جدول ۱- نتایج تخمین الگوی پویای کوتاه مدت

0.0.2 (ARDL)

نام متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t
LOGCO2 (-1)*	۰/۱۰۱۱	۰/۰۷۷۲۳	۲/۰۷۳۱
LOGCO2 (-2)**	۰/۱۱۹۴	۰/۰۷۴۱۷	۱/۲۲۴۳
C	۱/۸۱۸۶	۰/۳۷۲۶۸	۴/۸۷۹۷
LogGdp	۰/۸۵۱۳۴	۰/۲۷۰۵۶	۳/۱۴۶۶
LogCars	۰/۳۴۷۵۲	۰/۰۷۲۶۲۶	۲/۲۳
LogPower	۰/۴۸۵۵۸	۰/۱۰۵۰۹	۴/۶۲۰۷
LogOpen	۰/۱۴۵۲۵	۰/۰۷۹۰۰۹	۴/۳۹۸۶
Dum	-۰/۰۲۹۰۱۷	۰/۰۱۶۱۴۲	-۱/۷۹۷۶

ماخذ: خروجی نرم افزار Microfit * وقفه اول ** وقفه دوم، یافته‌های پژوهش

نتایج جدول (۱) نشان می‌دهد که الگوی پویای کوتاه مدت از فرایند تعیین وقفه (ARDL) (0.0.2) تبعیت می‌کند. در تخمین بالا، ضرایب متغیرهای مورد نظر از آماره t بالایی برخوردار بوده و همگی در سطح خطای ۵ درصد معنادار هستند. متغیرهای

الگوی بلندمدت:

$$\text{LogCo}_2 = \chi_0 + \chi_1 \text{Log power} + \chi_2 \text{LogGdp} + \chi_3 \text{LogCars} + \chi_4 \text{LogOpen} + \text{Dum} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Dum: متغیر دامی نیز به علت واقع شدن جنگ تحمیلی در دوره مورد بررسی، در مدل قرار گرفته است.

مدل تصحیح خطا برای بررسی عوامل مؤثر در کوتاه مدت و سرعت نزدیک شدن به مقدار تعادلی بلندمدت به شکل زیر تصریح شده است:

$$\Delta \text{LogCo}_2_t = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \Delta \beta_{1j} \text{LogCo}_2_{t-j} + \sum_{i=0}^m \beta_{2i} \Delta \text{LogPower}_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{3i} \Delta \text{LogGdp}_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{4i} \Delta \text{LogCars}_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{5i} \Delta \text{LogOpen}_{t-i} + \gamma \text{ECM}_{t-1} + U_t \quad (4)$$

شایان ذکر است این مطالعه مبتنی بر داده‌های سری زمانی طی دوره زمانی سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۹ بوده است. اطلاعات مورد نیاز در این مقاله از طریق بانک مرکزی، سالنامه آمار، بانک جهانی^۱ BP^۲ و سالنامه انرژی تهیه شده است.

یافته‌های پژوهش

در این مطالعه، با توجه به حجم نمونه مورد مطالعه و به منظور برآوردهای بدون تورش^۳، از روش هم‌انباشتگی ARDL استفاده شده است. قبل از تخمین لازم است مرتبه پایایی متغیرها تعیین شده

^۱ - World Bank

^۲ - British Petroleum

^۳ - یکی از مزایای روش ARDL نسبت به سایر روش‌های هم‌انباشتگی این است که برای نمونه‌های با حجم اندک برآورد کمابیش بدون تورشی از ضرایب ارائه می‌کند. برای مطالعه بیشتر در این زمینه نگاه کنید به نوفرستی (۱۳۷۸).

تولید ناخالص داخلی سرانه و خودرو در همان دوره تأثیر مثبت بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن داشته‌اند، متغیر باز بودن درجه اقتصاد و متغیر سوخت نیروگاه نیز دارای تأثیر معنادار و مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن است. متغیر مجازی جنگ تأثیر منفی و بی‌معنی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در دوره مورد بررسی دارد.

در ادامه برای بررسی خوبی برآزش الگوی پویای کوتاه مدت، از آزمون‌های تشخیص^۱ (جدول ۲) استفاده شده است. نتایج بیانگر عدم وجود خودهمبستگی، شکل تبعی مناسب، عدم وجود ناهمسانی واریانس و نرمال بودن جملات اختلال است.

^۱ -Diagnostic Tests

جدول ۲- نتایج آزمون‌های تشخیص

آماره‌های آزمون	مقدار آماره LM	مقدار آماره F	نتیجه آزمون
Serial Correlation	CHSQ) 1 (= 1 .2548[.263]	F) 1, 23 (= .97024[.335]	عدم خودهمبستگی
Functional Form	CHSQ) 1 (= .20890[.648]	F) 1, 23 (= .15604[.696]	شکل تبعی مناسب
Normality	CHSQ) 2 (= .15137[.927]	Not applicable	نرمال بودن جملات اختلال
Heteroscedasticity	CHSQ) 1 (= 1 .3569[.244]	F) 1, 29 (= 1 .3274[.259]	عدم وجود ناهمسانی واریانس
R-Bar-Squared: 0/99		F: 402/53	
R-Bar-Squared: 0/98			

ماخذ: خروجی نرم افزار Microfit، یافته‌های پژوهش

مقدار بحرانی بزرگتر است، بنابراین، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود بردار هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل رد شده و در نتیجه یک رابطه تعادلی بلند مدت بین متغیرها برقرار است.

نتایج حاصل از برآورد رابطه بلندمدت در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج تخمین رابطه بلندمدت

نام متغیر	مقدار ضریب	آماره t
LogCar	۰/۱۷۹۹	۲/۸۷۴۳
LogGdp	۰/۴۶۸۸۲	۶/۱۰۲۲
LogPower	۰/۲۶۷۴۱	۹/۰۲۷۵
LogOpen	۰/۱۲۱۳۸	۶/۴۸۵۸
C	۱/۰۰۱۵	۸/۳۳۱۹
Dum	-۰/۱۵۹۷۹	-۱/۳۷۲۷

ماخذ: خروجی نرم افزار Microfit، یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج جدول ۳، با افزایش مصرف سوخت نیروگاه‌ها، درجه باز بودن تجاری، تعداد خودرو و تولید ناخالص داخلی، میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن افزایش می‌یابد. کشش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به متغیر تولید ناخالص داخلی در مقایسه با سایر متغیرهای مدل بیشتر است.

تأثیر مثبت درآمد روی میزان انتشار دی‌اکسیدکربن به این معنی است که با افزایش

ضریب تعیین بالای مدل ۰/۹۹ و مقدار آماره F، ۴۰۲/۵۳ نیز دلالت بر قدرت توضیح دهنده بالای مدل و معنادار بودن ضرایب کلی در مدل تخمین زده شده دارد.

الگوی بلند مدت

در این قسمت برای بررسی وجود هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل، آزمون بنگر، دولادو و مستر^۱ استفاده شده است. چنانچه ضریب وقفه‌دار متغیر وابسته کوچکتر از یک باشد الگوی پویای کوتاه مدت به سمت الگوی تعادلی بلند مدت میل خواهد کرد. برای این منظور فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه هم‌انباشتگی و فرضیه مقابل دلالت بر وجود یک رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل است. مقدار آماره t برای انجام آزمون به شکل زیر محاسبه شده است:

$$t = \frac{(0/1011 + 0/1194) - 1}{0/07723 + 0/07417} = -5/1486$$

از آنجا که مقدار بحرانی ارایه شده توسط بنگر، دولادو و مستر در سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر با منفی ۴/۱۸ است، قدر مطلق مقدار آماره آزمون از

^۱-anerjee, Dolado & Master

تجاری و انتشار دی‌اکسیدکربن مثبت است. به عبارت دیگر، در کشورهای با درآمد سرانه بالا، درجه بازبودن تجاری به کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن در این کشورها منجر می‌شود. حال آن که در سایر کشورها درجه بازبودن تجاری انتشار دی‌اکسیدکربن را افزایش می‌دهد (عالم وهمکاران، ۲۰۰۷). با توجه به میزان کشت به دست آمده (۰/۱۲) می‌توان گفت با افزایش یک درصد در درجه باز بودن اقتصاد، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن و به تبع آن آلودگی هوا ۱۲ درصد افزایش می‌یابد. شایان ذکر است با وجود نتایج متفاوت در مطالعات در مورد درجه باز بودن تجاری در ایران نمی‌توان نظر قاطعی در مورد اثر آن بر روند آلودگی داد.

بر اساس نتایج بلندمدت و کوتاه مدت به ترتیب تولید ناخالص داخلی، نیروگاه، خودرو و درجه بازبودن تجاری اثر بیشتری بر آلودگی هوا در ایران دارند. مقایسه نتایج بلندمدت و کوتاه مدت نشان می‌دهد تأثیر نیروگاه در کوتاه مدت بر انتشار دی‌اکسیدکربن نسبت به بلند مدت بیشتر بوده است.

رابطه کوتاه مدت و سرعت تعدیل

با توجه به وجود رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل، لازم است مدل^۱ ECM برای تعدیل خطای کوتاه مدت به سمت مقدار تعادلی و بلندمدت LOGCO₂ تخمین زده شود.

نتایج حاصل از برآورد مدل ECM نشان می‌دهد که ضریب جمله تصحیح خطا برابر با منفی

درآمد در ایران آلودگی افزایش می‌یابد. در واقع می‌توان گفت که ایران در مراحل اولیه توسعه قرار دارد و هنوز به نقطه حد آستانه‌ای منحنی کوزنتس نرسیده است. با توجه به میزان کشت (۰/۴۶) می‌توان گفت با افزایش یک درصدی در تولید ناخالص داخلی، انتشار دی‌اکسیدکربن ۴۶ درصد افزایش می‌یابد.

مثبت بودن تأثیر شاخص نیروگاه بر میزان آلاینده دی‌اکسیدکربن، ناشی از این است که با افزایش مصرف برق، میزان مصرف سوخت‌های فسیلی برای تولید برق نیز افزایش می‌یابد و به تبع آن میزان انتشار آلاینده‌های هوا بیشتر می‌شود. مقدار کشت برابر با ۰/۱۷ است به این معنی که با افزایش یک درصد در سوخت نیروگاه‌ها انتشار دی‌اکسیدکربن ۱۷ درصد افزایش می‌یابد.

کشت گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به تعداد خودرو مثبت و ۰/۲۶ است. به این معنی که با افزایش تعداد خودرو مصرف سوخت‌های فسیلی افزایش می‌یابد و به تبع آن آلودگی هوا بیشتر می‌شود. یعنی با افزایش یک درصد در تعداد خودرو میزان انتشار دی‌اکسیدکربن ۲۶ درصد افزایش می‌یابد.

مثبت بودن اثر آزاد سازی تجاری بر انتشار CO₂ گویای این است که با افزایش آزاد سازی تجاری، آلودگی هوا بیشتر می‌شود. درجه بازبودن تجاری در کشورهای با درآمد سرانه بالا و کشورهای با درآمد سرانه متوسط به بالا، رابطه معکوسی با انتشار دی‌اکسیدکربن را نشان می‌دهند. حال آن که در کشورهای با درآمد سرانه پایین و کشورهای با درآمد سرانه متوسط به پایین ارتباط درجه بازبودن

^۱ -Error Correction Model

تکنولوژی نیروگاه‌های برق به منظور کاهش میزان تلفات انرژی، توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر و برق‌آبی، احداث نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به جای دیگر نیروگاه‌های حرارتی، اتخاذ سیاست‌های مناسب اقتصادی، اجتماعی از قبیل اصلاح قیمت‌ها و یارانه حامل‌های انرژی برای کاهش آلاینده‌های نیروگاهی پیشنهاد می‌شود.

علاوه بر اثر در خور توجه نیروگاه‌ها بر انتشار دی‌اکسیدکربن، تعداد خودروها نیز اثر قابل ملاحظه‌ای بر انتشار این گاز در ایران دارد. بنابراین، توصیه می‌شود برای کاهش آلاینده دی‌اکسیدکربن توسط خودروها الزامات فنی و محیط زیستی در خودروهای شخصی و عمومی، به منظور کاهش مصرف انرژی رعایت شود. همچنین، در خصوص سوخت مصرفی خودروها جایگزین کردن سوخت‌های پاک و کمتر آلاینده به جای سوخت‌های فسیلی پیشنهاد می‌شود.

منابع

- ۱- آماده، حمید، حق دوست، احسان، اعظمی، آرش، (۱۳۸۸)، بررسی رابطه حجم گازهای گلخانه ای و تولید ناخالص داخلی سرانه در ایران (مطالعه موردی دی‌اکسیدکربن)، پژوهشنامه اقتصادی، سال نهم، شماره ۴.
- ۲- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، (۱۳۸۹-۱۳۶۴)، اداره ی حساب‌های اقتصادی، حساب‌های ملی ایران، سال‌های مختلف، تهران، بانک مرکزی ایران.
- ۳- بخشی خانیکی، غلامرضا، (۱۳۸۰). آلودگی محیط زیست، تهران؛ دانشگاه پیام نور.

۰/۳۷ و در سطح خطای ۵ درصد معنادار است که گویای سرعت پایین تعدیل به سمت مقدار تعادلی بلندمدت است. همچنین، نشان می‌دهد در هر سال ۰/۳۷ از عدم تعادل یک دوره نسبت به دوره قبل تعدیل می‌شود. بنابراین، تعدیل به سمت مقدار تعادلی به کندی صورت می‌گیرد.

نتایج و پیشنهادات

با توجه به این‌که در مطالعات انجام شده در خصوص بررسی تأثیر عوامل مختلف بر میزان انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن در ایران به نقش نیروگاه‌ها به عنوان یکی از عوامل مهم تولید این آلاینده در کنار سایر عوامل تأثیر گذار بر انتشار دی‌اکسیدکربن پرداخته نشده است. بنابراین، این مقاله به طور خاص به بررسی اثر مصرف انرژی در نیروگاه‌ها بر انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن در کنار سایر عوامل تأثیر گذار بر انتشار این آلاینده در ایران پرداخته است.

بر اساس نتایج به دست آمده، نیروگاه‌ها در بلندمدت و کوتاه‌مدت تأثیر مثبت و در خور توجهی در روند انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران دارند. این امر می‌تواند به علت استفاده از انواع منابع و انرژی‌های ناکارا، استفاده غیر بهینه از منابع انرژی و به کار بردن تکنولوژی‌های آلاینده در صنعت نیروگاهی باشد. از آنجا که سهم بزرگی از مصرف انرژی نیروگاه‌ها در ایران مربوط به سوخت‌های فسیلی است (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۱) که به شدت آلاینده هستند، بنابراین، استفاده و جایگزین کردن انرژی‌های پاک، اصلاح و ارتقای

- محمدی خانقاهی (۱۳۹۱)، بررسی آثار رشد اقتصادی، مصرف انرژی و درجه باز بودن تجاری بر کیفیت محیط زیست در ج. ا. ایران، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، سال اول، شماره ۳. ۱۳- مرکز آمار ایران، (۱۳۹۰-۱۳۶۴)، سالنامه آماری کشور. تهران: مرکز آمار ایران.
- ۱۴- نوفرستی، محمد، (۱۳۹۱)، ریشه واحد و همجمعی در اقتصاد سنجی، تهران، موسسه خدمات فرهنگی رسا.
- 15- Alam,shaista, Fatima,ambreen & butt, Muhammad (2007), sustainable development in Pakistan in the contex of energy consumption demand and environmental degradation, Journal of Asian Economics, vol 18 , pp. 825 – 837
- 16- Ang, James B, (2007), CO₂ emission, energy consumption, and output in France, Energy Policy, vol 35, pp. 4772 – 4778
- 17- Energy Balance Sheet (2010).
- 18 -Jalil, A. and M. Feridun (2011) , “The Impact of Growth, Energy and Financial Development on the Environment in China: A Cointegration Analysis”, Energy Economics, No. 33 (2) , pp. 284-291
- 19- Lieb, Ch. M. , 2004, The Environmental Kuznets Curve and Flow Versus stock Pollution: The Neglect of Future Damages. Environmental and Resource Economics, Vol. 29.
- 20- Murthy, N .R .V and I .S Chien) 1997 (,”The empirics of economic growth fo OECD countries som new finding”, Economic Letters 55, pp .425-429
- ۴- بهبودی، داود، فلاحی، فیروز، برقی گلعدانی، اسماعیل، (۱۳۸۹)، عوامل اقتصادی و اجتماعی موثر بر انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن در ایران (۱۳۸۳-۱۳۴۶)، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۹۰، صفحات ۱۷-۱.
- ۵- ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۱، دفتر برنامه ریزی انرژی امور، انرژی وزارت نیرو.
- ۶- تشکینی، احمد، (۱۳۸۴)، اقتصادسنجی کاربردی به کمک Microfit، تهران، موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران.
- ۷- دبیری، مینو، (۱۳۷۹). آلودگی محیط زیست (هوا- آب- خاک- صوت)، تهران؛ انتشارات اتحاد.
- ۸- سعیدی، محسن، کرباسی عبدالرضا، سهراب، تیکا، صمدی، رضا، (۱۳۸۴). مدیریت زیست محیطی نیروگاه‌ها، تهران؛ وزارت نیرو سازمان بهره وری انرژی ایران.
- ۹- غیاث‌الدین، منصور، بازرگان، ناصر، (۱۳۷۶)، آلودگی هوای منتشر از نیروگاه‌های با سوخت فسیلی، دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی برق.
- ۱۰- فطرس، محمد حسن و رضا معبودی (۱۳۹۰)، "رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلودگی هوا در ایران" فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، سال اول، شماره ۱.
- ۱۱- فطرس، محمد حسن و میثم نسرین دوست (۱۳۸۸)، "بررسی رابطه آلودگی هوا، آلودگی آب در ایران"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال ششم، شماره ۲۱، صفحات ۱۱۳-۱۳۵
- ۱۲- متفکر آزاد، محمد علی وربا

- 21 –Nancy Birdasall (1992). Another look at population and Global Warming,country Economics Department The word Bank,November 1992, wps 102o
- 22– Shrestha, R. M. ; Anandarajah, G. ; Liyanage, M. H. (2009) ; Factors Affecting CO2 Emissions from the Power Sector of Selected Countries in Asia and the Pacific,Energy Policy 37, pp 2375–2384.
- 23– Stern, D. (2004), Stern, D. I., (2000). A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macro economy. Energy Economics 22,267-283
- 24 –World Bank, (2012)

