

## بررسی وجود رابطه علیت میان رشد بخش صنعت و آلودگی هوا در اقتصاد ایران طی دوره ۸۹-۱۳۴۶

مصطفی بنی‌اسدی\*<sup>۱</sup>، محمدرضا زارع مهرجردی<sup>۲</sup>

۱ دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲ دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۰۶؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۲/۰۹)

### چکیده

با توجه به رشد همزمان فعالیت‌های صنعتی و آلودگی هوا، بررسی رابطه متقابل این دو متغیر می‌تواند در برنامه‌ریزی و تبیین سیاست‌های حفظ محیط‌زیست حایز اهمیت باشد. در این مقاله، با استفاده از آزمون استاندارد علیت گرنجر و آزمون علیت گرنجر هیشائو، رابطه علیت بین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به‌عنوان شاخص آلودگی هوا و ارزش افزوده بخش صنعت طی سال‌های ۱۳۴۶ الی ۱۳۸۹ مورد بررسی قرار گرفته است. داده‌های این مطالعه، از طریق داده‌های سری زمانی در دوره زمانی ۱۳۸۹-۱۳۴۶ از بانک مرکزی جمهوری اسلامی، داده‌های بانک جهانی و ترازنامه انرژی ایران به‌دست آمده است. براساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه، وجود رابطه علیت دو طرفه بین این دو متغیر به اثبات می‌رسد. با توجه به تأثیر رشد بخش صنعت بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، پیشنهاد می‌شود صنعت کشور با ارتقای بهره‌وری در مصرف نهاده‌ها به سمت تکنولوژی‌های سازگار با محیط‌زیست حرکت کند.

**کلید واژه‌ها:** آلودگی هوا، صنعت، علیت گرنجر، روش هیشائو

## سرآغاز

مصرف غیربهبینه سوخت‌های فسیلی و مصرف نامناسب مواد اولیه، سبب می‌شود تا ضایعات و تلفات انرژی به ازای مقدار مشخصی از تولید افزایش یابد. از بین بردن زباله‌ها و ضایعات نیز موجب مصرف انرژی و مصرف انرژی‌های فسیلی منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای و از جمله انتشار CO<sub>2</sub> می‌شود. از طرفی، رشد پایدار در صنعت و کل اقتصاد، نیازمند توان اکولوژیکی و محیط‌زیست است و برای رشد پایدار باید محیط‌زیست را حفظ کرد. بنابراین، باید از طریق ابزارهای موجود، آلودگی را در جهت حفظ محیط‌زیست سالم کنترل نمود. به‌نظر می‌رسد در صورت حذف قانون‌های محدودکننده استفاده از محیط‌زیست، سرعت رشد در کوتاه‌مدت افزایش یابد، ولی در این‌صورت شاهد رشد پایدار نخواهیم بود. در ایران نیز رشد صنعتی از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین، بررسی تأثیرات محیط‌زیستی افزایش ارزش افزوده بخش صنعت ضروری است. توسعه به‌مفهوم استفاده حداکثری از توان منابع طبیعی با اتکاء به فناوری‌های نوین و منابع ارزان قیمت انرژی تا کنون به پیشرفت‌های شگرفی نایل آمده، اما پیامدهای این توسعه ناپایدار به‌صورت افزایش میزان انتشار انواع آلودگی‌ها در محیط‌زیست و تغییر اقلیم کلیه ابعاد زندگی جوامع انسانی را تحت تأثیر قرار داده است. از این‌رو، دستیابی به‌مفهوم توسعه پایدار در تالاقی سه حیطه انرژی، اقتصاد و محیط‌زیست، در گرو تغییر نحوه نگرش برنامه‌ریزان بخش انرژی کشور در حوزه محیط‌زیست خواهد بود. هدف از این مطالعه، بررسی رابطه علیت میان ارزش‌افزوده بخش صنعت و میزان انتشار آلودگی و تخریب محیط زیست در ایران است. با توجه به این که در حدود ۶۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های بشر مربوط به انتشار گاز است، (ترنر و همکاران، ۱۳۷۹)، در این مطالعه نیز میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در ایران به‌عنوان مهم‌ترین عامل آلودگی مورد بررسی قرار گرفته است.

مطالعات فراوانی در خصوص رابطه رشد اقتصادی، رشد صنعتی و آزادسازی تجاری کالاهای صنعتی با انتشار گازهای گلخانه‌ای انجام پذیرفته است. رابطه علی پویا بین مصرف انرژی، تولید و انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشور فرانسه طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۶۰ بررسی شد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که رشد اقتصادی، علت بلند مدت مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست بوده و یک رابطه علی یک‌طرفه از سوی مصرف انرژی به رشد تولید در

پسماندها و ضایعات یک جزء لاینفک هر نوع فعالیت اقتصادی است که با افزایش سطح فعالیت‌ها مقدار آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. کره زمین سیستم بسته‌ای از مواد است، و جریان گردش این مواد براساس قوانین ترمودینامیک انجام می‌شود، به‌طوری‌که مقدار مواد زاید، پسماندها و ضایعات صنعتی در مجموع باید با کل مقدار مواد خام، مواد سوختی، مواد غذایی ورودی به اقتصاد (پس از کسر مواد انباشت شده به‌عنوان موجودی انبار و مقادیر بازیافت شده) برابر باشد. آلودگی در اقتصاد رو به رشد، یک پدیده فراگیر است. در بیشتر کشورها و به‌ویژه کشورهای در حال توسعه رشد اقتصادی به‌عنوان هسته مرکزی برنامه‌ریزی‌ها قلمداد می‌شود. متأسفانه رشد اقتصادی مذکور پیامدهای ناگواری به‌ویژه در زمینه محیط‌زیست به‌همراه داشته است. زیرا، بستر بیشتر فعالیت‌های اقتصادی، محیط‌زیست است و در حقیقت محیط‌زیست و رشد اقتصادی در ابتدایی‌ترین سطح به یکدیگر وابسته هستند (شرزه‌ای و حقانی، ۱۳۸۸). کشورهای در حال توسعه به‌سمت صنعتی‌شدن پیش می‌روند و این بدین معنی است که پیامدهای محیط‌زیستی نیز افزایش خواهد یافت. بنابراین، باید راه‌حلی برای کنترل رشد آلودگی پیدا نمود. به‌طوری‌که، توسعه صنعتی محقق شده و محیط‌زیست نیز حفظ شود. همراه با رشد صنعتی جوامع در دهه‌های اخیر، روند آلودگی آب و هوا افزایش یافته است. تغییرات آب و هوایی که بیشتر مربوط به افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو است از نمونه‌های بارز در این زمینه است (تقدسیان و میناپور، ۱۳۸۲). گازهای گلخانه‌ای به دو دسته اصلی<sup>(۱)</sup> که شامل CO<sub>2</sub>، CH<sub>4</sub>، N<sub>2</sub>O، CFCs، PCFCs، SF<sub>6</sub> و گازهای گلخانه‌ای فرعی<sup>(۲)</sup> شامل SO<sub>2</sub>، CO و NMVOC تقسیم‌بندی شده‌اند. گازهای گلخانه‌ای اصلی اثر مستقیم گلخانه‌ای دارند در صورتی‌که گازهای گلخانه‌ای فرعی در اتمسفر زمین در واکنش‌هایی شرکت می‌کنند که منجر به تولید گازهای گلخانه‌ای اصلی می‌شوند (واثقی و اسماعیلی، ۱۳۸۸). از بین گازهای گلخانه‌ای، CO<sub>2</sub> مهم‌ترین آن‌هاست و حدود ۶۰ درصد از آثار گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های بشر مربوط به انتشار CO<sub>2</sub> می‌باشد. منبع اصلی انتشار این گاز احتراق سوخت‌های فسیلی است که متأسفانه در حال حاضر ابزار اصلی تولید انرژی در نظام‌های اقتصادی صنعتی است. ارتباط مستقیمی بین انرژی مصرفی در صنعت و مسایل محیط‌زیستی وجود دارد.

رابطه نشر دی‌اکسیدکربن، سرانه مصرف انرژی رد نمی‌شود (فطرس و نسرین‌دوست، ۱۳۸۸). عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن در ایران مورد بررسی قرار گرفت. برای برآورد مدل از روش هم‌جمعی جوهانسون-جوسیلیوس و مدل تصحیح خطای برداری (VECM)<sup>(۵)</sup> استفاده شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان‌دهنده وجود رابطه‌ای مثبت بین متغیرهای مستقل همانند مصرف انرژی، رشد اقتصادی، آزادسازی تجاری، جمعیت شهرنشین و متغیر انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن در ایران است (بهبودی و همکاران، ۱۳۹۰). همانطور که پیشینه تحقیقات نشان می‌دهد، بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست (انتشار گاز دی‌اکسیدکربن) رابطه وجود دارد. در بسیاری مطالعات، رشد اقتصادی، در کل اقتصاد مدنظر بوده و رابطه رشد بخش‌های اقتصاد با آلودگی هوا به‌طور مجزا مورد بررسی قرار نگرفته است. از این‌رو، در مطالعه حاضر رابطه علیت بین آلودگی محیط‌زیست و ارزش افزوده بخش صنعت به‌عنوان شاخص رشد صنعتی مورد بررسی قرار گرفته است.

### رابطه رشد اقتصادی - صنعتی و محیط‌زیست از منظر نظری

هر چه رشد اقتصادی مستلزم استفاده بیشتر از مواد و انرژی باشد، آن گاه به‌طور بالقوه آثار منفی محیط‌زیستی بزرگتری نیز به همراه دارد. آثار محیط‌زیستی رشد اقتصادی در سال‌های اخیر توجه اقتصاددانان زیادی را به خود جلب کرده است و مقالات زیادی به‌منظور بررسی ارتباط بین تخریب محیط‌زیست و تولید ناخالص ملی سرانه ارائه شده است. برای نخستین بار کوزنتس ارتباطی را به‌صورت U-معکوس بین رشد درآمد و نابرابری درآمد ارائه داد که به‌عنوان منحنی کوزنتس شناخته می‌شود. وی نشان داد که به‌زای افزایش درآمد سرانه، نابرابری درآمد نیز افزایش می‌یابد و پس از نقطه‌ای به نام نقطه چرخش در واقع نابرابری درآمد شروع به کاهش می‌کند (Kuznets & Simon, 1995). پس از آن اقتصاددانان علاقه‌مند به محیط‌زیست با استفاده از نظریه ارائه شده توسط وی، ارتباط بین رشد درآمد و تخریب محیط‌زیست را با عنوان نظریه محیط‌زیستی کوزنتس بررسی کردند (واثقی و اسماعیلی، ۱۳۸۸). در واقع منحنی کوزنتس (EKC)<sup>(۶)</sup> باید به‌عنوان پدیده بلندمدت مورد بررسی قرار گیرد. به‌عبارت دیگر، EKC مسیر توسعه یافته برای اقتصادی است که در طول زمان در حال رشد است. یک طرز

کوتاه مدت برقرار است. هم‌چنین، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش استفاده از انرژی، انتشار گاز CO<sub>2</sub> افزایش می‌یابد (Ang, 2007). عوامل تعیین‌کننده آلودگی محیط‌زیست در پاکستان طی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۷۱، مورد مطالعه قرار گرفته است. یافته‌های اصلی این تحقیق بیانگر این است که افزایش در تولید ناخالص داخلی و شدت استفاده از انرژی سبب افزایش آلودگی محیط‌زیست (انتشار گاز دی‌اکسیدکربن) شده است (Alam et al., 2007). رابطه علی بلندمدت میان تولید ناخالص داخلی GDP، شدت انرژی<sup>(۳)</sup> و انتشار CO<sub>2</sub> برای دوره ۲۰۰۷-۱۹۷۷ در کشور یونان مورد مطالعه قرار گرفته است. در این مطالعه، با استفاده از آزمون‌های هم‌جمعی یوهانسن و علیت گرانجر<sup>(۴)</sup> و یک مدل تصحیح خطای برداری (VECM) چند متغیری به آنالیز این روابط پرداخته شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که یک مجموعه‌ای از روابط علی یک‌طرفه و دو طرفه میان سری‌های مورد بررسی وجود دارد (Hatzigeorgiou et al., 2011).

اما، مطالعات دیگری در تکامل این نظریه وجود داشته که نه‌تنها مورد قبول بانک جهانی بلکه مورد قبول کشورهای بسیاری نیز قرار گرفته است. این مطالعات، مبتنی بر این نظر است که رشد اقتصادی به‌جای آن که محیط‌زیست را تهدید نماید، می‌تواند به بهبود کیفیت آن کمک کند. به‌عبارت دیگر، به‌تدریج که رشد اقتصادی باعث افزایش کالاها و خدمات می‌شود، انگیزه‌های حمایت از محیط‌زیست نیز تقدم بیشتری یافته و اهمیت آن در برنامه‌های سیاسی بیشتر افزایش می‌یابد. این نظریه براساس بررسی‌های متعدد صورت گرفته نظیر مطالعات (Selden & Panayotou, 1993; Song, 1992)، که هر یک از این مطالعات بر این نکته تأکید دارند که رشد اقتصادی یک عامل ضروری برای بهبود کیفیت محیط‌زیست می‌باشد. از طرفی افزایش استفاده از انرژی‌های پاک، ضمن افزایش رشد اقتصادی، منجر به کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن شده است.

در مطالعه‌ای دیگر، رابطه آلودگی هوا، آلودگی آب، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران در دوره ۱۳۸۳-۱۳۵۹ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این مطالعه، بیانگر وجود سه رابطه علی یک‌طرفه از نشر دی‌اکسیدکربن به درآمد سرانه، از نشر دی‌اکسیدکربن به سرانه مصرف انرژی و از سرانه مصرف انرژی به آلودگی آب است. فرضیه کوزنتس برای نشر دی‌اکسیدکربن، درآمد سرانه، آلودگی آب، سرانه مصرف انرژی رد می‌شود و برای

به‌طور عکس، در کشورهای توسعه‌یافته، با افزایش رشد اقتصادی آسیب محیط‌زیستی کاهش می‌یابد (فطرس و نسرین‌دوست، ۱۳۸۸). در این مورد یک دیدگاه وجود دارد که تشدید سیاست‌های محیط‌زیستی براساس فرضیه مامن آلاینده‌گی<sup>(۷)</sup> که توسط (Gallagher, 2004; Bhagwati, 1993) مطرح شد، مکان‌یابی مجدد صنایع، تحرک سرمایه و الگوی تجاری بین کشورهای جهان را تحت تأثیر قرار داده و به تبع آن میزان انتشار آلاینده‌گی را دستخوش تغییر می‌کند. بر اساس این فرضیه، از آنجا که کشورهای توسعه‌یافته سیاست‌های محیط‌زیستی شدیدی را نسبت به کشورهای در حال توسعه اعمال می‌کنند، صنایع آلوده‌کننده فعال در کشورهای توسعه یافته، عملیات و فرایند تولید خود را از کشورهای خود به کشورهای در حال توسعه با سیاست‌های محیط‌زیستی ضعیف انتقال می‌دهند و به این ترتیب کشورهای در حال توسعه به مأمی برای جذب صنایع آلوده‌کننده تبدیل می‌شوند. تبدیل کشورهای در حال توسعه به مامن صنایع آلوده‌کننده، با توجه به دسترسی این کشورها به مزیت نسبی قابل توجیه است. زیرا، بر اساس نظریه مزیت نسبی، کشور موردنظر در تولید کالاها و خدماتی تخصص پیدا خواهد کرد که آن کالاها و خدمات را با هزینه نسبی کمتری نسبت به کشورهای دیگر تولید کند و در مقابل کالاها و خدماتی را وارد خواهد کرد که آن کالاها را به‌طور نسبی با هزینه بیشتری نسبت به کشورهای دیگر تولید کند. از این‌رو هم چنان که وضع استانداردهای محیط‌زیستی پایین در یک کشور به‌عنوان منبع مزیت نسبی مطرح و عاملی جهت انتقال صنایع آلوده‌کننده به این کشورها محسوب شود، در آن صورت فرضیه مامن آلودگی تأیید می‌شود و از این رو است که آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه با رشد صنعتی در کشورهای در حال توسعه در حال افزایش است و در کشورهای توسعه یافته که از قوانین محیط‌زیستی شدیدتری برخوردارند، مقدار نسبی آلودگی همراه با رشد صنعتی در حال کاهش است (کازرونی و فشاری، ۱۳۸۹). در ادامه، به برخی مطالعات که رابطه بخش صنعت و آلودگی محیط‌زیست را بررسی کرده‌اند، اشاره می‌شود.

رابطه بین آزادسازی تجاری و محیط‌زیست در صنایع تولیدی آمریکا در مطالعه‌ای بررسی گردید. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تأثیر آزادسازی تجاری بر کیفیت محیط‌زیست در صنایع تولیدی این کشور به‌محلی و منطقه‌ای بودن صنایع و یا جهانی بودن صنایع بستگی دارد (Fung & Meachler, )

فکر که در سال‌های اخیر مورد قبول صاحب‌نظران قرار گرفته است، این دیدگاه است که رشد اقتصادی، به‌جای آن که محیط‌زیست را تهدید کند، می‌تواند به بهبود آن کمک کند. به این صورت که در ابتدا رشد اقتصادی و صنعتی سبب آلودگی محیط‌زیست می‌شود. اما به تدریج که رشد اقتصادی و صنعتی سبب افزایش کالاها و خدمات شد، انگیزه‌های حمایت از محیط‌زیست نیز تقدم بیشتری یافته و اهمیت آن در برنامه‌های سیاسی بیشتر می‌شود (پرمن و همکاران، ۱۳۷۸). بنابراین، روش‌های مختلفی برای کنترل آلودگی‌ها به‌وجود می‌آید که از جمله می‌توان به جانشینی منابع، ابداعات مربوط به فناوری و تغییر الگوهای تقاضا هنگام تغییر قیمت‌های نسبی و سیاست‌های تنبیهی و تشویقی اشاره کرد. اما شواهد تجربی، فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس را در تمامی مطالعات تأیید نمی‌کنند. علت این موضوع، به نوع انتخاب شاخص‌های آلاینده، فرم تابعی، روش اقتصاد سنجی و متغیرهای توضیحی داخل رگرسیون، دوره زمانی لحاظ شده و تئوری‌های در نظر گرفته شده، باز می‌گردد (فطرس و نسرین‌دوست، ۱۳۸۸). برای فعالیت صنعتی نیز می‌توان منحنی کوزنتس را تصور نمود. به‌این صورت که در ابتدای روند توسعه اقتصادی و رشد صنعتی، با استفاده از تکنولوژی‌های ساده و استفاده گسترده از نهاده‌های تولید و رشد سریع صنعتی، آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به شدت افزایش می‌یابد. پس از دستیابی به توسعه و رشد سریع صنعتی، کمیابی منابع تولیدی، ظرفیت محیط‌زیست در دفع پسماندها و آلودگی‌ها و تهدید سلامت جوامع را به سمت ارزش‌های دیگری سوق می‌دهد که ضمن حفظ رشد صنعتی و توسعه اقتصادی، از روند رو به رشد نابودی محیط‌زیست بکاهند. از این‌رو، بشر به سمت جایگزینی منابع کمتر آلاینده و استفاده از تکنولوژی‌های جدید در جهت کاهش آلاینده‌گی حرکت می‌کند. بنابراین، ابتدا میزان آلاینده‌گی و انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه با رشد صنعتی افزایش می‌یابد و سپس با تغییر نگرش بشر نسبت به محیط‌زیست و رشد اقتصادی، به نقطه عطف رسیده و شروع به کاهش می‌کند که این همان نظریه محیط‌زیستی کوزنتس می‌باشد. با این‌حال، فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی متضمن استفاده از منابع می‌باشد. براساس قانون ترمودینامیک استفاده از منابع به تولید زباله و پسماند منجر می‌شود. فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس بیان می‌دارد که در سطوح پایین توسعه‌یافتگی کشورها به‌موازات رشد، تخریب محیط‌زیستی به‌سرعت افزایش می‌یابد.

سبب افزایش ارزش افزوده بخش صنعت و اشتغال نیز شده است (بهبودی و همکاران، ۱۳۹۰). یکی از ابعاد آلودگی‌های به‌وجود آمده، انتشار گازهای گلخانه‌ای است که همانطور که قبلاً ذکر شد، بیشترین میزان انتشار مربوط به گاز دی‌اکسیدکربن است. به علت انتشار بیش از حد گاز CO<sub>2</sub> از بخش انرژی و سوختن سوخت‌های فسیلی، انتشار این گاز یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر گرم شدن جهانی شناخته شده است (Friedl & Getzner, 2003). هدف اصلی منحنی کوزنتس بررسی رابطه بین آلودگی محیط‌زیست (انتشار گاز CO<sub>2</sub>) و رشد اقتصادی است. ولی باید عوامل دیگری نیز بر وجود این رابطه دخالت داشته باشند. با توجه به این که، نرخ بالای تغییر ساختاری بخش جداناپذیر از فرایند رشد است و جزء مهم این تغییر ساختاری عبارت است از: جابه‌جایی تدریجی فعالیت‌های اقتصادی از کشاورزی به صنعت می‌باشد و با توجه به این که بیشترین میزان انتشار از بخش انرژی و سوخت مصرفی در بخش صنعت و کل اقتصاد است، به‌نظر می‌رسد رشد بخش صنعتی نقش قابل توجهی در انتشار گاز دی‌اکسیدکربن داشته باشد که هدف این مطالعه اثبات این موضوع می‌باشد.

### میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش صنایع ایران

همان‌طور که اشاره شد، یکی از مهمترین منابع آلودگی در بخش‌های اقتصادی کشور، آلودگی هوا در اثر انتشار گازهای آلاینده ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی است. جدول (۱)، میزان و درصد انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و هزینه‌های اجتماعی آن توسط هر یک از بخش‌های اقتصادی مصرف‌کننده انرژی در سال ۱۳۹۰ نشان داده شده است. آمارهای جدول (۱)، بیانگر این است که بیشترین میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن توسط بخش انرژی کشور است. در این میان بخش صنعت با سهم ۱۶/۶ درصدی در انتشار گاز دی‌اکسیدکربن بعد از بخش‌های انرژی، خانگی، تجاری و عمومی و حمل و نقل در جایگاه چهارم قرار دارد و کمترین مقدار انتشار گاز دی‌اکسیدکربن مربوط به بخش کشاورزی است.

در مطالعه‌ای دیگر، با استفاده از تکنیک داده‌های تابلویی به‌بررسی آثار مقیاس، ترکیب و فناوری بر تخریب محیط‌زیست در ایالت‌های کشور چین طی سال ۲۰۰۲-۱۹۹۳ پرداخته شد. نتایج این مطالعه بیانگر این است که فرضیه برخورداری از عوامل تولید<sup>(۸)</sup> برای ایالت‌های کشور چین تایید شده و افزایش صادرات منجر به تخریب محیط‌زیست (انتشار بیشتر آلاینده‌های محیط‌زیست نظیر SO<sub>2</sub> می‌شود (Shen, 2008). تأثیر صادرات صنعتی بر محیط‌زیست ایران طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۵۲ در مطالعه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. از انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به‌عنوان شاخص آلودگی و روش هم‌انباشتی خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی برای بررسی رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل استفاده شد. نتایج برآورد مدل بیانگر این است که رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای صادرات کالاهای صنعتی و شاخص آلودگی هوا برقرار بوده و متغیرهای صادرات کالاهای صنعتی، تولید ناخالص داخلی و تراکم جمعیت تأثیر مثبت و معنی‌دار بر میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن دارند (کازرونی و فشاری، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای دیگر، عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در اقتصادهای منتخب کشورهای صنعتی و کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) بررسی شد. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که اولاً شکل U وارون منحنی محیط‌زیستی کوزنتس برای کشورهای مورد مطالعه، از جمله ایران، مورد تردید است. ثانیاً نسبت ارزش افزوده تولیدات کارخانه‌ای به GDP (شاخصی از توسعه صنعتی)، نسبت تجارت به GDP (شاخصی از اندازه تجاری و باز بودن اقتصاد)، و شدت انرژی (شاخصی از کارایی مصرف انرژی) از عوامل کلان توضیح‌دهنده انتشار به‌شمار می‌آیند (درگاهی و بهرامی غلامی، ۱۳۹۰). بررسی رابطه علی میان انتشار دی‌اکسیدکربن، ارزش افزوده بخش صنعت و مصرف انرژی در ایران از دیگر مطالعاتی است که در داخل کشور انجام پذیرفت. این مطالعه، با استفاده از روش علیت گرنجر، به بررسی وجود یا فقدان رابطه علی بین دی‌اکسیدکربن، ارزش افزوده بخش صنعت و مصرف انرژی، پرداخته است. نتایج حاصل نشان داد که مصرف انرژی با انتشار دی‌اکسیدکربن و ارزش افزوده بخش صنعت رابطه علی دارد. به‌طوری‌که افزایش مصرف انرژی در ایران، در سال‌های مورد بررسی سبب افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن شده است. از سوی دیگر، افزایش مصرف انرژی،

جدول (۱): مقایسه میزان و درصد انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش‌های اقتصادی ایران در سال ۱۳۹۰ (مأخذ: وزارت نیرو، ۱۳۹۰)

هزینه اجتماعی انتشار CO <sub>2</sub>		انتشار CO <sub>2</sub>		بخش‌های اقتصادی
سهام (درصد)	(میلیارد ریال)	سهام (درصد انتشار)	مقدار (تن)	
۲۵	۱۰۶۶۹	۲۵	۱۳۳۳۵۷۵۹۷	خانگی، تجاری و عمومی
۱۶/۶	۷۰۸۴	۱۶/۶	۸۸۵۵۴۲۷۲	صنعت
۲۳/۴	۹۹۷۵	۲۳/۴	۱۲۴۶۸۱۴۸۹	حمل و نقل
۲/۶	۱۰۹۷	۲/۶	۱۳۷۱۸۰۶۳	کشاورزی
۳۲/۳	۱۳۷۶۷	۳۲/۳	۱۷۲۰۱۳۴۲۲	بخش انرژی

مقدار انتشار گاز دی‌اکسیدکربن میزان رشد آن طی سال‌های ۸۹-۸۵ در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران گزارش شده است.

با توجه به جدول (۱)، به لحاظ هزینه‌های اجتماعی انتشار گاز دی‌اکسیدکربن بخش صنعت با وارد کردن ۷۰۸۴ میلیارد ریال هزینه اجتماعی، در جایگاه چهارم قرار دارد. کمترین هزینه اجتماعی مربوط به بخش کشاورزی می‌باشد. در جدول (۲)،

جدول (۲): میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش‌های اقتصادی ایران طی دوره ۸۹-۱۳۸۵ (مأخذ: وزارت نیرو، ۱۳۸۹)

۱۳۸۹		۱۳۸۸		۱۳۸۷		۱۳۸۶		۱۳۸۵	بخش‌های اقتصادی
رشد (درصد)	مقدار (تن)	رشد (درصد)	مقدار (تن)	رشد (درصد)	مقدار (تن)	رشد (درصد)	مقدار (تن)	مقدار (تن)	
-۳/۷	۱۳۳۳۵۷۵۹۷	۲/۵	۱۳۸۴۳۰۶۵۵	-۵/۱	۱۳۵۰۹۸۴۲۰	۱۳/۱	۱۴۲۳۳۵۱۲۵	۱۲۵۸۶۹۲۵۰	خانگی، تجاری و عمومی
۴/۳	۸۸۵۵۴۲۷۲	-۱/۲	۸۴۸۶۲۰۹۰	۸/۲	۸۵۹۲۹۹۰۷	۲۷/۳	۷۹۳۹۸۴۵۸	۶۲۳۵۳۰۶۵	صنعت
-۶/۹	۱۲۴۶۸۱۴۸۹	۹/۶	۱۳۳۹۴۰۴۲۹	۵/۸	۱۲۲۳۳۳۳۸۲	۳/۶	۱۱۵۵۰۲۴۳۸	۱۱۱۵۰۰۹۷۳	حمل و نقل
۰/۴	۱۳۷۱۸۰۶۳	۳/۷	۱۳۶۶۲۲۱۴	۷/۹	۱۳۱۷۱۲۳۷	۹/۸	۱۳۲۱۰۰۱۹	۱۱۱۱۴۲۹۰	کشاورزی
۲/۶	۱۷۲۰۱۳۴۲۲	۰/۵	۱۶۷۶۳۲۵۰۷	۱۶/۸	۱۶۶۸۶۰۶۷۳	۲۹/۴	۱۴۲۸۱۸۹۱۷	۱۱۰۳۲۷۵۸۵	بخش انرژی

دی‌اکسیدکربن منتشر کرده است. اما مجدداً در سال ۸۹، به میزان ۴/۳٪ در انتشار گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به سال ۸۸ دارای رشد بوده است. بنابراین، در بخش صنعت برای کنترل آلودگی سیاست با ثباتی به کار گرفته نشده است. بنابراین، لازم است ضمن بررسی رابطه آلودگی با رشد بخش صنعتی، سیاستی در پیش گرفته شود تا ضمن کاهش میزان آلودگی (کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن)، از روند رشد صنعتی کاسته نشود. زیرا، بخش صنعت نقش قابل توجهی در ایجاد اشتغال و تولید ناخالص ملی دارد. در جدول (۳)، میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن توسط هر یک از حامل‌های انرژی مورد استفاده در بخش صنعت

همان‌طور که از جدول (۲) مشاهده می‌شود، مقدار انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در کلیه بخش‌های اقتصادی، با روند نامنظم رو به کاهش است که با توجه به رشد اقتصادی کشور، نشان از بهبود بهره‌وری مصرف انرژی در کشور دارد و یا به دلیل رشد تکنولوژی میزان انتشار دی‌اکسیدکربن کاهش یافته است. در میان بخش‌های اقتصادی، بخش کشاورزی دارای روند کاهشی شتاب‌داری نسبت به سایر بخش‌ها در روند رشد انتشار گاز دی‌اکسیدکربن می‌باشد. بخش صنعت از سال ۸۵ تا ۸۸ دارای نرخ رشد کاهشی بوده به طوری که در سال ۸۸ دارای نرخ رشد منفی شده و نسبت به سال قبل مقدار کمتری گاز

گزارش شده است.

جدول (۳): میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> (تن) از مصرف انواع حامل‌های انرژی در بخش صنعت طی سال‌های ۸۹-۸۶ (مأخذ: وزارت نیرو، ۱۳۸۹)

سال	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
بنزین	۸۸۰۴۲	۱۲۶۷۸۳	۱۴۴۴۱۲	۱۹۹۳۷۰	۱۸۷۱۰۸
نفت سفید	۱۴۹۰۰۶	۲۴۹۹۵۵	۱۸۹۰۴۸	۱۵۷۰۱۹	۵۲۸۷۶
نفت گاز	۷۸۸۸۶۵۷	۸۷۴۲۸۸۲	۹۳۴۴۵۷۱	۸۶۹۲۵۵۸	۸۲۳۵۶۷۹
نفت کوره	۱۷۴۳۱۴۲۵	۲۰۲۲۹۶۵۶	۲۳۴۴۱۶۵۴	۲۰۲۶۰۹۴۷	۱۷۴۸۴۹۰۶
گاز مایع	۵۲۲۳۵۰	۸۱۶۷۸۷	۸۰۷۱۳۷	۶۷۱۲۳۷	۵۹۰۹۳۰
گاز طبیعی	۳۶۲۷۳۵۸۵	۴۸۳۸۳۶۲۲	۵۱۰۱۶۲۰۲	۵۴۵۶۹۸۴۹	۶۱۸۹۳۵۰۴

با توجه به جدول (۳)، بیشترین میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در سال‌های مورد بررسی در بخش صنعت، مربوط به مصرف گاز طبیعی می‌باشد و پس از آن نفت کوره و نفت گاز در رده‌های بعدی قرار دارند. در سال‌های ۸۵ تا ۸۷، کمترین مقدار آلودگی مربوط به مصرف بنزین و در سال‌های ۸۸ و ۸۹ کمترین مقدار

آلودگی مربوط به مصرف نفت سفید در صنعت بوده است. گاز مایع نیز از سوخت‌های کمتر آلوده کننده در بخش صنعت می‌باشد. برای مقایسه دقیق‌تر بین مقدار آلودگی فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی، میزان مصرف این حامل‌های انرژی و مقدار آلودگی آن‌ها در جدول (۴)، گزارش شده است.

جدول (۴): مقایسه میزان مصرف حامل انرژی و گاز CO<sub>2</sub> منتشر شده از آن در بخش صنعت (واحد‌ها، مصرف حامل انرژی: میلیون بشکه معادل نفت خام و میزان انتشار CO<sub>2</sub>: تن، (مأخذ: وزارت نیرو، ۱۳۸۹))

سال	۱۳۸۷			۱۳۸۸			۱۳۸۹		
	مصرف انرژی	میزان انتشار CO <sub>2</sub>	شاخص: $\frac{CO_2}{energy}$	مصرف انرژی	میزان انتشار CO <sub>2</sub>	شاخص: $\frac{CO_2}{energy}$	مصرف انرژی	میزان انتشار CO <sub>2</sub>	شاخص: $\frac{CO_2}{energy}$
فرآورده‌های نفتی	۷۳	۳۳۹۲۶۸۲۲	۴۶۴۷۵۱	۶۴/۵	۲۹۹۸۱۱۲۱	۴۶۴۸۲۴	۵۷/۲	۲۶۵۵۱۴۹۹	۴۶۴۱۸۷
گاز طبیعی	۱۴۷/۳	۵۱۰۱۶۲۰۲	۳۴۶۳۴۲	۱۵۹	۵۴۵۶۹۸۴۹	۳۴۳۲۰۶	۱۸۰/۳	۶۱۸۹۳۵۰۴	۳۴۳۲۸۰

در جدول (۴)، از یک شاخص استفاده شد که بر اساس آن مقدار انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به ازای استفاده معادل یک میلیون بشکه نفت خام از هر حامل انرژی را نشان می‌دهد. براساس این شاخص، با وجود این که فرآورده‌های نفتی نسبت به گاز طبیعی کمتر در صنعت استفاده می‌شوند، اما به نسبت آلودگی بیشتری ایجاد می‌کنند یعنی گاز CO<sub>2</sub> بیشتری منتشر می‌کنند.

### مواد و روش‌ها

هدف این مقاله، بررسی رابطه علیت بین رشد بخش صنعت و آلودگی هوا (میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن) در اقتصاد ایران است. برای این منظور، از آزمون علیت گرنجری استاندارد و آزمون علیت هیثائو استفاده شد. داده‌های این مطالعه، از طریق

داده‌های سری زمانی در دوره زمانی ۱۳۴۶-۱۳۸۹ از بانک مرکزی جمهوری اسلامی و داده‌های بانک جهانی برای انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به‌دست آمده است. برای بررسی رابطه علی میان متغیرها، ابتدا باید پایایی متغیرها را بررسی کنیم. زیرا که بسیاری از متغیرهای سری زمانی پایا نیستند (Samuelson, 1971). برای این منظور، از آزمون دیکی- فولر (ADF)<sup>(۹)</sup> تعمیم یافته استفاده می‌کنیم که اولین بار توسط (Dickey & Fuller, 1979; Fuller, 1981; Dickey & Fuller, 1981) معرفی شد. آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته به‌صورت زیر می‌باشد:

$$\Delta Y_t = (\rho - 1)Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \theta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

که در آن  $Y_t$  یک متغیر در دوره  $t$  است،  $Y_{t-1}$  وقفه اول متغیر  $Y$ .

سبب می‌شود که برآورد ناکارا باشد. بنابراین، مشکل اصلی آزمون استاندارد علیت گرنجری حساسیت فراوان نسبت به طول وقفه است، به طوری که طول وقفه‌های مختلف، در بیشتر موارد، نتایج متفاوتی را به دنبال خواهد داشت. از این رو، (Hisao, 1981) برای حل این مشکل یک روش خود توضیح منظم<sup>(۱۰)</sup> برای انتخاب طول وقفه بهینه برای هر کدام از متغیرها ارائه داد.

### آزمون علیت گرنجر هیشائو

آزمون علیت گرنجر هیشائو دارای دو مرحله است. در مرحله اول مجموعه‌ای از مدل‌های خود رگرسیونی روی متغیر وابسته برآورد می‌شود. در معادله رگرسیون اول، متغیر وابسته یک وقفه خواهد داشت و در رگرسیون‌های بعدی به ترتیب یک وقفه اضافه خواهد شد. در این مرحله،  $m$  معادله برآورد خواهد شد و معادلات به شکل زیر می‌باشند:

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i Y_{t-i} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

که در آن،  $Y_t$  متغیر وابسته می‌باشد. انتخاب طول وقفه بر اساس حجم نمونه و فرآیند اقتصادی است بهتر است  $m$  به اندازه ممکن بزرگ انتخاب کنیم. سپس برای هر معادله، معیار خطای نهایی پیش‌بینی (FPE) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$FPE = \frac{T + m + 1}{T - m - 1} \cdot \frac{ESS(m)}{T} \quad (4)$$

که در آن،  $T$  حجم نمونه و  $ESS$  مجموع مربعات نشانه‌های پسماند<sup>(۱۱)</sup> است. طول وقفه بهینه ( $M^*$ ) طول وقفه‌ای خواهد بود که حداقل معیار خطای پیش‌بینی را ایجاد کند. در مرحله بعد، تعداد وقفه بهینه متغیر بعدی تعیین می‌شود. در این مرحله، با در نظر گرفتن تعداد وقفه بهینه به دست آمده در مرحله اول، رابطه رگرسیونی زیر برآورد می‌شود:

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^{m^*} \beta_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^n \gamma_j X_{t-j} + \varepsilon_{2t} \quad (5)$$

سپس معیار خطای نهایی پیش‌بینی برای هر دو معادله رگرسیونی  $FPE(m^*, n)$  به روش زیر محاسبه می‌شود:

$$FPE(m^*, n) = \frac{T + m^* + n + 1}{T - m^* - n - 1} \cdot \frac{ESS(m^*, n)}{T} \quad (6)$$

$\Delta Y_{t-i}$  تفاضل مرتبه  $i$ ام و  $\varepsilon_t$  جزء اخلاص با میانگین صفر و واریانس یک می‌باشد. فرض صفر ( $\rho=1$ ) عدم پایایی است و اگر فرض صفر رد شود سری زمانی متغیر  $Y$  پایا می‌باشد. روش‌های متفاوتی به منظور تعیین رابطه علیت در مطالعات اقتصادی وجود دارد که در زیر به اختصار به روش‌های علیت استاندارد گرنجر و علیت هیشائو اشاره می‌شود که در این مطالعه از آن‌ها استفاده شده است.

### روش استاندارد علیت گرنجر

(Granger, 1969) با استفاده از این واقعیت که آینده نمی‌تواند علت حال یا گذشته باشد، بیان می‌کند که چنانچه مقادیر جاری ( $Y_t$ ) با استفاده از مقادیر گذشته ( $X_t$ ) با دقت بیشتری نسبت به حالتی که از آن مقادیر استفاده نمی‌شود، پیش‌بینی شود، در این صورت ( $X_t$ ) را علیت گرنجری ( $Y_t$ ) می‌گویند. در آزمون علیت گرنجری برای اینکه فرضیه « $X_t$  علیت گرنجری  $Y_t$  نیست» آزموده شود؛ یک مدل خود توضیح برداری (VAR) به شکل زیر تشکیل داده می‌شود:

$$Y_t = \sum_{i=1}^k \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_i X_{t-i} \quad (2)$$

اگر برای  $i=1, 2, \dots, k$ ،  $\beta_i = 0$  باشد، در آن صورت  $X_t$  علیت گرنجری  $Y_t$  نیست. البته در این آزمون طول وقفه  $k$  تا حدودی انتخابی است. (Geweke, 1984) معتقد است که اعتبار آزمون به رتبه مدل VAR و پایایی یا ناپایایی متغیرها بستگی دارد. اگر متغیرها ناپایا باشند اعتبار این آزمون کاهش می‌یابد. (Granger, 1986) بیان می‌کند که این آزمون زمانی معتبر است که متغیرها همجمع نباشند. (Granger, 1988) معتقد است که در صورت وجود یک بردار همجمعی بین دو متغیر، علیت به مفهوم گرنجری حداقل در یک جهت (یکطرفه یا دو طرفه) بین آنها وجود خواهد داشت. به هر حال اگر چه آزمون همجمعی می‌تواند وجود یا عدم وجود رابطه علیت گرنجری بین متغیرها را معین کند، اما نمی‌تواند جهت رابطه علیت را مشخص سازد.

نتایج آزمون علیت گرنجری نسبت به انتخاب طول وقفه بسیار حساس است. (Cheng & Lai, 1997)، نشان دادند که اگر طول وقفه انتخابی، کمتر از طول وقفه واقعی باشد، حذف وقفه‌های مناسب، سبب اریب شده و اگر طول وقفه انتخابی بیشتر از طول وقفه واقعی باشد، وقفه‌های اضافی در مدل VAR



تفاضل پایا برای انجام آزمون استفاده کرد (شعبانی و همکاران، ۱۳۸۶).

#### یافته‌ها

در بررسی رابطه بین سری‌های زمانی ابتدا باید پایایی هر سری را بررسی نمود. در جدول (۵) نتایج آزمون دیکی-فولر ارائه شده است.

طول وقفه بهینه متغیر  $X$  طول وقفه‌ای است که حداقل معیار خطای پیش‌بینی را ایجاد کند. در این شرایط، به منظور انجام آزمون علیت گرنجری مقایسه زیر انجام می‌شود:

اگر  $FPE(m^*) < FPE(m^*, n)$  باشد،  $X_t$  علت گرنجری  $Y_t$  نیست و اگر  $FPE(m^*) > FPE(m^*, n)$  باشد،  $X_t$  علت گرنجری  $Y_t$  است. شرط لازم برای انجام این آزمون آن است که، تمام متغیرها پایا باشند. در صورتی که متغیرها ناپایا باشند، ابتدا باید از آن‌ها تفاضل‌گیری کرد تا پایا شوند و سپس از این

جدول (۵): نتایج بررسی پایایی حاصل از آزمون دیکی-فولر

با یکبار تفاضل‌گیری		در سطح		متغیرها
احتمال	آماره $\tau$	احتمال	آماره $\tau$	
۰/۰۰۰	-۵/۸۴۷	۱/۰۰۰	۲/۶۴۶	انتشار گاز CO <sub>2</sub> (EC)
۰/۰۲۴	-۳/۲۵۵	۱/۰۰۰	۲/۷۹۸	ارزش افزوده بخش صنعت (VI)

از این رو از آزمون یوهانسن-جوسیلیوس برای بررسی وجود هم‌جمعی و رابطه بلند مدت استفاده شد که در جدول (۶) نتایج آن ارائه شد.

با توجه به جدول (۵)، هر دو متغیر ناپایا هستند و هر دو متغیر پس از یک بار تفاضل‌گیری پایا شده‌اند و دو متغیر جمعی از مرتبه یک  $I(1)$  می‌باشند. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که ممکن است بین این دو متغیر رابطه بلندمدت وجود داشته باشد.

جدول (۶): نتایج حاصل از آزمون یوهانسن و جوسیلیوس (آزمون اثر)

سطح احتمال	مقدار بحرانی در سطح ۵ درصد	آماره اثر (Trace)	مقدار ویژه (Eigenvalue)	فرض (صفر) تعداد رابطه بلند مدت
۰/۸۱۲	۱۵/۴۹۵	۴/۹۶۴	۰/۱۱۳	صفر
۰/۵۳۴	۳/۸۴۱	۰/۳۸۵	۰/۰۱۰	حداقل یک رابطه

(توجه: آزمون اثر وجود رابطه بلندمدت در سطح ۵ درصد را نشان نمی‌دهد)

هم‌جمع نباشند)، حال می‌توان علیت گرنجری بین دو متغیر را بررسی کرد. نتایج آزمون استاندارد علیت گرنجری در جدول (۷) ارائه شده است.

بر اساس آزمون اثر، وجود بردار هم‌جمعی و رابطه بلند مدت در سطح معنا داری ۵ درصد تایید نمی‌شود. با توجه به نظر (Granger, 1986) (آزمون علیت زمانی معتبر است که دو متغیر

جدول (۷): نتایج آزمون استاندارد علیت گرنجری

تعداد مشاهدات	سطح احتمال	آماره F	فرض صفر	تعداد وقفه
۴۱	۰/۰۴	۴/۳۸	ارزش افزوده صنعت علیت گرنجری انتشار CO <sub>2</sub> نیست	۱
۴۱	۰/۰۸	۳/۱۴	انتشار CO <sub>2</sub> علیت گرنجری ارزش افزوده صنعت نیست	
۴۰	۰/۲۳	۱/۰۵۱	ارزش افزوده صنعت علیت گرنجری انتشار CO <sub>2</sub> نیست	۲
۴۰	۰/۰۶	۲/۷۸۷	انتشار CO <sub>2</sub> علیت گرنجری ارزش افزوده صنعت نیست	

است. در این آزمون، مقدار وقفه بهینه متغیرها تعیین می‌شود و براساس وقفه بهینه تعیین شده رابطه علیت تعیین می‌شود. چون متغیرها در سطح پایا نبودند، از تفاضل آنها برای تعیین معیار خطای نهایی پیش‌بینی استفاده شد که نتایج آن در جداول (۸ و ۹) ارایه شده است.

با توجه به نتایج، با دو وقفه رابطه از ارزش افزوده بخش صنعت به انتشار CO<sub>2</sub> تایید نمی‌شود اما رابطه از انتشار CO<sub>2</sub> به ارزش افزوده بخش صنعت در سطح ۱۰ درصد تایید می‌شود. اگر یک وقفه در نظر گرفته شود، رابطه دو طرفه میان انتشار گاز CO<sub>2</sub> و ارزش افزوده بخش صنعت در سطح ۱۰ درصد تایید می‌شود. با توجه به عدم پایایی متغیرها، از اعتبار آزمون کاسته می‌شود. بنابراین، در این مطالعه از آزمون هیثائو نیز استفاده شده

جدول (۸): بررسی رابطه علیت از ارزش افزوده صنعت به انتشار گاز دی‌اکسید کربن (تعیین FPE)

تعداد وقفه	معادله تخمینی	معیار خطای نهایی پیش‌بینی
۱	$\Delta EC_{t-1} = \alpha + \Delta EC_{t-2}$	FPE(1) = $3/76 \times 10^8$
۲	$\Delta EC_{t-1} = \alpha + \Delta EC_{t-2} + \Delta EC_{t-3}$	FPE(2) = $3/86 \times 10^8$
۳	$\Delta EC_{t-1} = \alpha + \Delta EC_{t-2} + \Delta EC_{t-3} + \Delta EC_{t-4}$	FPE(3) = $4/06 \times 10^8$

جدول (۹): بررسی رابطه علیت از ارزش افزوده صنعت به انتشار گاز دی‌اکسید کربن (تعیین FPE)

تعداد وقفه	معادله تخمینی	معیار خطای نهایی پیش‌بینی
۱	$\Delta EC_{t-1} = \alpha + \Delta EC_{t-2} + \Delta VI_{t-2}$	FPE(1,1) = $3/19 \times 10^8$
۲	$\Delta EC_{t-1} = \alpha + \Delta EC_{t-2} + \Delta VI_{t-2} + \Delta VI_{t-3}$	FPE(1,2) = $3/30 \times 10^8$
۳	$\Delta EC_{t-1} = \alpha + \Delta EC_{t-2} + \Delta VI_{t-2} + \Delta VI_{t-3} + \Delta VI_{t-4}$	FPE(1,3) = $3/45 \times 10^8$

دارد. در جداول (۱۰ و ۱۱) رابطه از انتشار گاز دی‌اکسید کربن به ارزش افزوده بخش صنعت بررسی شده است.

چون مقدار  $FPE(1,1) = 3.19 \times 10^8$  کمتر از  $FPE(1) = 3.76 \times 10^8$  می‌باشد، لذا می‌توان نتیجه گرفت رابطه علیت از ارزش افزوده بخش صنعت به انتشار گاز دی‌اکسید کربن وجود

جدول (۱۰): بررسی رابطه علیت از انتشار گاز دی‌اکسید کربن به ارزش افزوده صنعت (تعیین FPE)

تعداد وقفه	معادله تخمینی	معیار خطای نهایی پیش‌بینی
۱	$\Delta VI_{t-1} = \alpha + \Delta VI_{t-2}$	FPE(1) = $7/35 \times 10^6$
۲	$\Delta VI_{t-1} = \alpha + \Delta VI_{t-2} + \Delta VI_{t-3}$	FPE(2) = $7/64 \times 10^6$
۳	$\Delta VI_{t-1} = \alpha + \Delta VI_{t-2} + \Delta VI_{t-3} + \Delta VI_{t-4}$	FPE(3) = $6/93 \times 10^6$

جدول (۱۱): بررسی رابطه علیت از انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به ارزش افزوده صنعت (تعیین FPE)

تعداد وقفه	معادله تخمینی	معیار خطای نهایی پیش‌بینی
۱	$\Delta VI_{t-1} = \alpha + \Delta VI_{t-2} + \Delta VI_{t-3} + \Delta VI_{t-4} + \Delta EC_{t-2}$	$FPE(3,1) = 7/07 \times 10^6$
۲	$\Delta VI_{t-1} = \alpha + \Delta VI_{t-2} + \Delta VI_{t-3} + \Delta VI_{t-4} + \Delta EC_{t-2} + \Delta EC_{t-3}$	$FPE(3,2) = 6/05 \times 10^6$
۳	$\Delta VI_{t-1} = \alpha + \Delta VI_{t-2} + \Delta VI_{t-3} + \Delta VI_{t-4} + \Delta EC_{t-2} + \Delta EC_{t-3} + \Delta EC_{t-4}$	$FPE(3,3) = 6/38 \times 10^6$

صنعتی و (درگاهی و بهرامی غلامی، ۱۳۹۰)، از شاخص نسبت ارزش افزوده تولیدات کارخانه‌ای به GDP به‌عنوان شاخصی از توسعه صنعتی استفاده کردند. هر دوی این مطالعات رشد بخش صنعت را بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> مؤثر دانسته‌اند. بنابراین، براساس یافته‌های سایر مطالعات، نتایج حاصل از این مطالعه تایید می‌گردد. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، رشد بخش صنعت از عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشند و از طرفی رشد اقتصادی و صنعتی نیازمند مصرف سوخت و نهاده است که به نوبه خود ایجاد آلودگی می‌کنند. از این‌رو، تلاش سیاست‌گذاران اقتصادی باید در جهت افزایش راندمان و بهره‌وری استفاده از نهاده‌های تولیدی در بخش صنعت باشد تا ضمن حفظ تولید و رشد اقتصادی بخش صنعت، از آلودگی‌های رو به افزایش محیط‌زیست کاست. برای این منظور بخش صنعت باید به سمت تکنولوژی‌های سازگار با محیط‌زیست حرکت کند. همچنین سیاست‌گذاران باید در اعطای مجوز واحد صنعتی دقت کنند و از دادن مجوز به واحدهای صنعتی آلوده‌کننده محیط‌زیست خودداری کرده و یا از محدوده شهرها خارج کنند. ایجاد الزامات فنی و محیط‌زیستی در تولید محصولات صنعتی به‌منظور کاهش میزان آلاینده‌های صنایع، اصلاح الگوی تولید و مصرف انرژی از انرژی‌های آلاینده (مانند فرآورده‌های نفتی) به انرژی‌های پاک و کمتر آلاینده و استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر در صنایع از جمله سیاست‌های محیط‌زیستی پیشنهادی این مطالعه می‌باشد. با توجه به میزان بالای آلاینده‌های برخی از حامل‌های انرژی نظیر نفت کوره و نفت گاز، باید تلاش نمود که آنها را با سوخت‌های کمتر آلوده کننده جایگزین نمود. به‌رحال محدود کردن رشد آلودگی، افزایش محصولات صنعتی (رشد) و حفاظت از محیط‌زیست به‌صورت همزمان، نیازمند تدوین یک استراتژی جدید برای توسعه مطلوب صنعت است. رشد تکنولوژی‌های سبز و سازگار با محیط‌زیست، هسته مرکزی

چون مقدار  $FPE(3,2) = 6.05 \times 10^6$  کمتر از  $FPE(3) = 6.93 \times 10^6$  می‌باشد، لذا می‌توان نتیجه گرفت رابطه علیت از انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به ارزش افزوده بخش صنعت وجود دارد. بنابراین، با توجه به کل نتایج آزمون علیت گرنجر هیشائو وجود رابطه علیت دو طرفه بین آلودگی هوا و ارزش افزوده بخش صنعت تایید می‌شود.

### بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه، بررسی رابطه علیت میان انتشار گاز CO<sub>2</sub> و ارزش افزوده بخش صنعت (به‌عنوان شاخص رشد بخش صنعت) طی دوره ۱۳۸۹-۱۳۴۶ در ایران بوده است. نتایج حاصل از برآورد، وجود رابطه علیت دوطرفه میان انتشار گاز CO<sub>2</sub> و ارزش افزوده بخش صنعت را تایید می‌کند. این نتیجه منطبق بر واقعیت بوده زیرا فعالیت‌های صنعتی همراه با آثار جانبی و آلودگی محیط‌زیست می‌باشند. همچنین نتایج این مطالعه، با نتایج سایر مطالعات که رابطه بین رشد اقتصادی و آلودگی هوا را تایید می‌کنند، مطابقت دارد؛ با این تفاوت که سایر مطالعات رشد کل اقتصاد را- که شامل بخش‌های کشاورزی، خدمات و صنعت است- مورد مطالعه قرار داده‌اند. از جمله مطالعاتی که رشد اقتصادی را بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> و آلودگی هوا مؤثر می‌دانند می‌توان به (فطرس و نسرین‌دوست، ۱۳۸۸؛ بهبودی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Hatzigeorgiou et al., 2011; Alam et al., 2007) اشاره کرد. در این مطالعات رشد بخش صنعتی به‌طور مجزا بررسی نشده است. اما، رشد کل اقتصاد که شامل رشد بخش صنعت هم می‌شود مورد مطالعه قرار گرفته و تأثیر آن بر افزایش آلودگی هوا به اثبات رسیده است. البته در برخی از مطالعات دیگر، از شاخص‌هایی به‌عنوان رشد تولیدات صنعتی استفاده شده و سپس تأثیر آن را بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> مورد مطالعه قرار داده‌اند. به‌عنوان نمونه (کازرونی و فشاری، ۱۳۸۹)، از شاخص صادرات

تولیدات و محدودیت انتشار گازها و آلودگی از طریق اعطای مجوز تولید و انتشار آلودگی و اتخاذ سیاست مالیات بر آلودگی، اصلاح الگوی تولید و مصرف انرژی از انرژی‌های آلاینده به انرژی‌های پاک و کمتر آلاینده و اتخاذ سیاست‌های مناسب به‌منظور توسعه تولید انرژی‌های نو و تجدیدپذیر با اعطای انگیزه‌های اقتصادی.

#### یادداشت‌ها

1. Direct
2. Indirect
3. Energy intensity
4. Granger causality
5. Vector error correction model
6. Environmental Kuznets Curve
7. Pollution Heaven Hypothesis
8. Factor Endowment Hypothesis
9. Adjusted Dickey-Fuller
10. Systemic autoregressive method
11. Trace

این استراتژی بوده و به صنایع و کارخانجات این امکان را می‌دهد که آلودگی‌ها و ضایعات مخرب محیط‌زیست خود را کاهش داده و همزمان هزینه‌های تولید را نیز کم کنند و ضمن استفاده کارتر از منابع و نهاده‌های تولید نظیر انرژی، موجب کاهش قیمت محصول تولیدی و فعال‌تر شدن آن‌ها در بازار رقابت صنعتی شود. در این راستا یک مجموعه‌ای از سیاست‌ها باید از طریق دولت برای کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن در بخش صنعت اجرا شود که به آنها اشاره می‌شود:

اتخاذ سیاست‌های مناسب اقتصادی - اجتماعی از قبیل اصلاح قیمت و یارانه حامل‌های انرژی در جهت کنترل میزان مصرف و استفاده کارتر و آلاینده‌های کمتر، پیشرفت تکنولوژیک در تولیدات صنعتی و تدوین الگوهای صرفه‌جویی در مصرف انرژی به‌صورت هدفمند و زمان‌بندی شده، از طریق ارایه بسته‌های حمایتی مناسب، ایجاد الزامات فنی و محیط‌زیستی در تولید محصولات صنعتی بویژه خودروهای شخصی و عمومی، به‌منظور کاهش مصرف انرژی و کاهش میزان آلاینده‌های آنها، محدود کردن

#### فهرست منابع

- بهبودی، د.؛ فلاحی، ف. و برقی گل‌عزانی، ا. ۱۳۹۰. عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن در ایران (۱۳۸۳-۱۳۴۳)، مجله تحقیقات اقتصادی؛ ۹۰: ۱۷-۱.
- پرمن، آر.؛ یوما، م. و مک‌گیلوری، جی. ۱۳۸۷. اقتصاد محیط‌زیست و منابع طبیعی، مترجم: ارباب، حمیدرضا، تهران: نشر نی، چاپ دوم.
- ترنر، آر.ک.؛ پیرس، دی. و باتمن، ای. ۱۳۷۹. اقتصاد محیط‌زیست، مترجمان: دهقانیان، سیاوش، عوض کوچکی و علی کلاهی اهری، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی، چاپ سوم.
- تقدیسیان، ح. و میناپور، س. ۱۳۸۲. تغییر آب و هوا، آنچه باید بدانیم، تهران: انتشارات مرکز تحقیقات زیست محیطی سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر طرح ملی آب و هوا.
- درگاهی، ح. و بهرامی غلامی، م. ۱۳۹۰. عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در اقتصادهای منتخب کشورهای صنعتی و کشورهای صادر کننده نفت (اوپک) و توصیه‌های سیاستی برای ایران: رویکرد داده‌های پانل، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی؛ ۱(۱): ۱۰۰-۷۳.
- شرزه‌ای، غ. و حقانی، م. ۱۳۸۸. بررسی رابطه علی میان انتشارکربن و درآمد ملی، با تأکید بر نقش مصرف انرژی، تحقیقات اقتصادی؛ ۴۴(۸۷): ۹۰-۷۵.
- شعبانی، ز.؛ صالح، ا. و یزدانی، س. ۱۳۸۶. بررسی رابطه علیت بین تولید ناخالص داخلی و حجم گازهای گلخانه‌ای در ایران (مطالعه موردی: گاز دی‌اکسیدکربن)، مجموعه مقالات ششمین کنفرانس دوسالانه اقتصاد کشاورزی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، آبان ماه.
- فطرس، م. ح. و نسرین‌دوست، م. ۱۳۸۸. بررسی رابطه آلودگی هوا، آلودگی آب، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران ۸۳-۱۳۵۹، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی؛ ۶(۲۱): ۱۱۳-۱۳۵.

کازرونی، ع. و فشاری، م. ۱۳۸۹. تأثیر صادرات صنعتی بر محیط‌زیست ایران (۱۳۸۵-۱۳۵۲)، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی؛ ۵۵: ۲۱۲-۱۸۳.

واتقی، ا. و اسماعیلی، ع. ۱۳۸۸. بررسی عوامل تعیین‌کننده انتشار گاز در ایران (کاربرد نظریه زیست‌محیطی کوزنتس)، فصلنامه محیط‌شناسی؛ ۳۵(۵۲): ۹۹-۱۱۰.

وزارت نیرو. ۱۳۸۹. ترازنامه انرژی، سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۶، تهران: معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.

وزارت نیرو. ۱۳۹۰. ترازنامه انرژی، سال ۱۳۹۰، تهران: معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.

Alam, S.H.; Ambreen, F. & Butt, M. 2007. Sustainable Development in Pakistan in the Context of Energy Consumption Demand and Environmental Degradation, *Journal of Asian Economics*; 18: 825-837.

Ang, J. B. 2007. CO2 Emission, Energy Consumption, and Output in France, *Energy Policy*; 35: 4772 – 4778.

Bhagwati, J. 1993. The Case for Free Trade: Environmentalists are Wrong to Fear the Effects of Free Trade; Both Causes can be Advanced by Imaginative Solutions, *Scientific American*; 269(5): 42-49.

Cheng, B.S. & Lai, T.W. 1997. An Investigation of Cointegration and Causality between Energy Consumption and Economic Activity in Taiwan, *Energy Economics*; 19:435-444.

Dickey, D.A. & Fuller, W.A. 1979. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root, *Journal of the American Statistical Association*; 74: 427-431.

Dickey, D.A. & Fuller, W.A. 1981. The Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root, *Econometrica*; 49: 1057-1072.

Friedl, B. & Getzner, M. 2003. Determinants of Co2 Emissions in a Small Open Country, *Ecological Economics*; 45: 133-148.

Fung, K.C. & Meachler, A.M. 2007. Trade Liberalization and the Environment: the Case of Intra-Industry Trade, *Journal of International Trade and Economic Development*; 16(1): 53-69.

Gallagher, K. P. 2004. Free Trade and the Environment: Mexico, NAFTA, and Beyond. Stanford: Stanford Law and Politics, Stanford University Press.

Geweke, J. 1984. Inference and Causality in Economic Time Series Models, *Handbook of Econometrics*, Vol. 2, Amsterdam: North Holland.

Granger, C.W.J. 1969. Investigating Casual Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods, *Econometrica*; 37: 424-438.

Granger, C.W.J. 1986. Development in the Study of Cointegrated Economic Variables, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*; 48: 213-228.

Granger, C.W.J. 1988. Some Result Development in a Concept of Causality, *Journal of Econometrics*; 39: 199-211.

Hatzigeorgiou, E.; Polatidis, H. & Haralambopoulos, D. 2011. CO2 Emissions, GDP and Energy Intensity: A Multivariate Cointegration and Causality Analysis for Greece, 1977-2007, *Applied Energy*; 88: 1377-1385.

Hisao, C. 1981. Autoregressive Modeling and Money Income Causality Detection, *Journal of Monetary Economics*; 7: 85-106.

Kuznets, P. & Simon, P. 1995. Economic Growth and Income Inequality, *American Economic Review*; 7: 45-55.

Panayotou, T. 1993. Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation of Different Stages of Economic Development. Working Paper, 238. Technology and Employment Programe, International Labour Office, Geneva.

Samuelson, P.A. 1971. Stochastic Speculative Price, Proceedings of the National Academy of Sciences; 68(2): 335–337.

Selden, T.M. & Song, D. 1992. Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution?, Development of Economics of Syracuse University, Syracuse.

Shen, J. 2008. Trade Liberalization and Environmental Degradation in China, Journal of Applied Economics; 40(8): 997-1004.