

محیط شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۶۰، زمستان ۹۰، صفحه ۱۳-۲۲

## بررسی تأثیر شدت انرژی و گسترش شهرنشینی بر تخریب محیط زیست در ایران (تحلیل هم‌جمعیتی)

محمدحسن فطرس<sup>۱\*</sup>، مهدی فردوسی<sup>۲</sup>، حسین مهرپیما<sup>۳</sup>

۱-دانشیار، اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۲-کارشناس ارشد اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

۳-کارشناس ارشد اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۷

### چکیده

امروزه، مسئله آسیب‌های منتهی به تضعیف و تخریب محیط زیست -که بیشتر پیامد اقدامات و فعالیت‌های انسان هستند- از مهم‌ترین مسائل جهانی است که جوامع بشری اعم از توسعه‌یافته و یا توسعه‌یابنده با آنها مواجهند. اهمیت این موضوع نه تنها از جنبه زیست‌محیطی و آثار آن بر روی سامانه‌های (سیستم‌های) منابع طبیعی، بلکه از نظر اقتصادی نیز دارای اهمیت است. بنابراین، کم و کیف محیط زیست در فرایند توسعه پایدار نقش و جایگاه اصلی را دارد. رشد اقتصادی و افزایش جمعیت - بویژه جمعیت شهرنشین - مستلزم مصرف بیشتر انرژی است. ایران به عنوان کشوری در مسیر توسعه و توسعه‌یابنده، برای دستیابی به رشد مستمر توأم با حفظ محیط زیست، لازم است به محث شدت انرژی و گسترش شهرنشینی همراه با مسئله جمعیت توجه کند. این پژوهش با استفاده از روشهای اقتصادسنجی، از جمله رویکرد یوهانسن-یوسیلیوس، به بررسی آثار متغیرهای تولید ناخالص داخلی، شهرنشینی، جمعیت و شدت انرژی بر روی آلودگی هوا در طی دوره ۱۳۴۶-۱۳۸۵ در ایران می‌پردازد. نتایج، مبین تأثیر مثبت و معنادار متغیرهای شدت انرژی، رشد شهرنشینی و جمعیت بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن است. از یافته‌های دیگر تحقیق، تأیید فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در ایران برای دوره مورد بررسی است. به این معنی که رشد اقتصادی در ابتدا -از جمله با افزایش مصرف انرژی- باعث افزایش آلودگی هوا شده است. اما با تداوم رشد که از جمله بهبود روشهای استفاده از انرژی را موجب شده، کاهش شدت انرژی را در پی داشته و میزان آلودگی هوا به آهستگی رو به نقصان گذاشته است.

### کلیدواژه

شدت انرژی، شهرنشینی، منحنی زیست‌محیطی کوزنتس، جمعیت، روش هم‌جمعیتی یوهانسن - یوسیلیوس.

### سر آغاز

آلودگی آب و هوا، انتشار گازهای گلخانه‌ای (برنامه توسعه سازمان ملل، ۱۳۹۰)، از بین رفتن اکوسیستم‌ها و نازک شدن لایه ازن، از مهمترین پیامدهای بهره‌گیری زیاد از طبیعت در راستای فعالیت‌های تولیدی انسان و مصرف کالاها و خدمات هستند که تخلیه مقادیر فراوان آلودگی و پسماند به طبیعت و محیط‌زیست نمود عینی آن است (فطرس، ۱۳۸۵).

این آسیب‌ها "هر روز بیشتر از پیش آشکار شده و این موضوع ناشی از ترکیب عواملی چون رشد اقتصادی، جمعیت و فعالیت‌های صنعتی جوامع انسانی است" (صادقی و سعادت، ۱۳۸۳). به بیان دیگر، رشد اقتصادی و رشد شهرنشینی که نیاز روزافزون به انرژی را به همراه می‌آورد افزایش مسائل زیست‌محیطی را در پی خواهد داشت. از زمانی که رشد اقتصادی به عنوان هدفی مطلوب تلقی شد،

مشکل تخریب محیط‌زیست به واسطه اقدامات و فعالیت‌های انسان یکی از مسائل مهم جهانی است که بسیاری از کشورها با آن مواجهند. این موضوع نه فقط از جنبه زیست‌محیطی و تأثیر آن بر سامانه‌های (سیستم‌های) منابع طبیعی اهمیت دارد، بلکه از نظر اقتصادی نیز مهم است. به طوری که عملکرد و فعالیت‌های اقتصادی ممکن است حتی رفاه و حیات درازمدت انسان‌ها را نیز تحت تأثیر قرار دهد (خورشیددوست، ۱۳۸۶).

پس، در فرایند توسعه پایدار، توجه به محیط‌زیست نقشی انکارناپذیر دارد. توسعه پایدار را می‌توان بیشینه‌سازی توسعه اقتصادی و اجتماعی با حداقل آثار زیان‌آور زیست‌محیطی تعریف کرد (آسافو، ۱۳۸۵). درحال حاضر گرم‌شدن بی‌سابقه کره زمین،

از جمله انتشار سرانه دی‌اکسیدسولفور (SO<sub>2</sub>)، ذرات معلق (SPM)، اکسید نیتروژن (NO) و جنگل‌زدایی با شکل U وارونه کوزنتس همخوانی داشتند. Cropper & Griffiths (1995) با استفاده از داده‌های مجموعه زمانی، سه دوره منحنی‌های معکوس کوزنتس در محیط زیست را برای جنگل‌زدایی در آفریقا، آمریکای لاتین و کشورهای آسیایی برآورد کردند.

رابطه جنگل‌زدایی و رشد اقتصادی در کشورهای آفریقایی و آمریکای لاتین شکل U وارونه داشت و نقطه عطف آنها به ترتیب در درآمدهای ۴۷۰۰ و ۵۴۲۰ دلار بود؛ برای کشورهای آسیایی هیچ رابطه معناداری مشاهده نشد.

Dietz & Rosa (1997) به مطالعه آثار جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی اشخاص بر روی انتشار دی‌اکسیدکربن<sup>۲</sup> در ۱۱۱ کشور جهان برای سال ۱۹۸۹ پرداختند. نتایج الگوی خطی - لگاریتمی تخمینی آنها نشان‌دهنده آثار مثبت و معنادار دو متغیر فوق بر انتشار CO<sub>2</sub> است؛ به طوری که کشش انتشار CO<sub>2</sub> نسبت به جمعیت نزدیک به یک است.

Cole و همکاران (1997) به آزمون فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در کشورهای OECD برای دوره زمانی ۹۲-۱۹۷۰ پرداختند.

در این مطالعه شاخص آلودگی تابعی از درآمد سرانه، مجذور آن، تجارت و سطح تکنولوژی در نظر گرفته شده است. دو الگوی خطی و لگاریتمی برآورد شده، منحنی معکوس زیست محیطی را برای آلاینده‌های مختلف تأیید کردند.

Cramer (1998 & 2002) و Cramer & Cheney (2000) با استفاده از رگرسیون‌های مقطعی و داده‌های بین بخشی، آثار رشد جمعیت بر آلودگی هوا را در کالیفرنیا بررسی کردند و در خصوص برخی از منابع نشر آلودگی به رابطه‌ای مثبت دست یافتند. SHI (2003) در مطالعه خود ۹۳ کشور را برای دوره ۷۵-۱۹۹۶ در نظر گرفت. یافته‌های وی نشان می‌دهند که جمعیت اثر مثبت و معناداری بر انتشار CO<sub>2</sub> داشته‌است. ضمن این‌که فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس نیز در سطح اطمینان بالا تأیید شد.

Cole & Neumayer (2004) به بررسی اثر عوامل جمعیتی و شدت انرژی بر آلودگی هوا در کشورهای منتخب پرداختند. شاخص‌های آلودگی، دی‌اکسیدکربن و دی‌اکسیدسولفور در نظر گرفته شدند. شدت انرژی در همه‌الگوها اثر مثبت و معناداری بر آلودگی هوا داشته‌است؛ در حالی که جمعیت بر انتشار

موضوع تخریب محیط‌زیست هم کانون توجه دستداران طبیعت قرار گرفت. چرا که رشد و توسعه اقتصادی بدون تأثیرات چشمگیر بر محیط‌زیست اتفاق نمی‌افتد. همچنین، اعتقاد بر این است که نیازهای جمعیت رو به رشد عامل عمده تخریب محیط زیست است؛ مهمترین دلیل مطرح ساختن چنین فرضیه‌ای محدود بودن ظرفیت جذب محیط زیست است (آسافو، ۱۳۸۵).

رشد اقتصادی و رشد جمعیت از طرفی، موجب افزایش تقاضای کالاها و خدمات می‌شود که شرایط بهره‌برداری بیشتر از منابع و محیط‌زیست را به وجود می‌آورد؛ بهره‌برداری بیشتر از منابع، یکی از دلایل عمده تخریب محیط‌زیست است.

ازسوی دیگر، جمعیت رو به رشد نیاز بیشتری به انرژی دارد. در این میان، سهم مصرف سوخت‌های سنگواره‌ای افزایش می‌یابد. این افزایش، باعث متضاد شدن گازهای گلخانه‌ای می‌شود؛ این از دلایل عمده تخریب محیط‌زیست است. با توجه به مطالب بالا، این پرسش مطرح می‌شود که ارتباط بین متغیرهای مورد بحث چگونه است؟

اهمیت بررسی ارتباط میان شاخص آلودگی محیط‌زیست با متغیرهای اقتصادی برای پی بردن به نوع و شدت روابط بین آنها، برای اعمال سیاست‌های موافق با توسعه پایدار حائز اهمیت است. براین اساس، این مقاله به بررسی آثار متغیرهای تولید ناخالص داخلی، شهرنشینی، جمعیت و شدت انرژی بر روی آلودگی هوا طی دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۵ در ایران می‌پردازد.

تمایز این پژوهش با پژوهش‌های پیشین وارد کردن متغیر شدت انرژی در الگوست و این متغیر که در تحقیقات قبلی مد نظر قرار نگرفته است. سازماندهی مقاله چنین است که بخش بعدی مروری بر مطالعات پیشین خواهد داشت. بخش سوم، الگوی اقتصادسنجی و روش تحقیق را معرفی می‌کند. بخش چهارم، به برآورد و تفسیر نتایج اختصاص دارد. در بخش پایانی، نتیجه‌گیری ارائه خواهد شد.

### مروری بر مطالعات انجام شده و ادبیات موضوع

درخصوص عوامل مؤثر بر آلودگی و تخریب محیط‌زیست مطالعاتی در خارج و داخل انجام شده است. در این بخش، به برخی از عمده‌ترین آنها اشاره می‌شود: Panayotou در سال‌های 1993 & 1995 با استفاده از داده‌های سالانه ۵۵ کشور در حال توسعه برای دوره ۸۷-۱۹۸۸، با رگرسیون‌های مقطعی، به آزمون فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس<sup>۱</sup> پرداخت. تمامی شاخص‌ها

دگرگونی در مصرف انرژی شده است. از سوی دیگر، همان گونه که پیشتر بیان شد، امروزه رشد اقتصادی همراه با حفظ محیط زیست - یعنی توسعه پایدار- مد نظر کشورها و سازمان های بین المللی قرار دارد. بنابراین، توجه به آثار مصرف انرژی و شدت انرژی بر آلودگی های زیست محیطی ایران برای تدوین و اجرای سیاست های زیست محیطی ضروری می کنند.

این تحقیق به بررسی اثر شدت انرژی بر آلودگی هوا در ایران برای دوره ۴۶ تا ۱۳۸۵ می پردازد. به طور کلی، آلودگی شامل آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی صوتی و آلودگی ناشی از زباله است.

مهمترین آلاینده های هوا منواکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، هیدروکربن ها، اکسیدهای گوگرد، دی اکسید کربن، ذرات معلق در هوا و ازن هستند.

گاز دی اکسید کربن از مهمترین گازهایی است که منجر به تغییرات آب و هوایی و گرمایش کره زمین شده است. به همین دلیل، به عنوان آلودگی فرامرزی معروف است.

همچنین، حدود ۶۰٪ از آثار گازهای گلخانه ای ناشی از انتشار دی اکسید کربن است. این گاز در میان دیگر گازها سهم بالایی در ایجاد آلودگی هوا دارد. از طرفی، جریان صنعتی شدن منجر به بهره برداری فشرده از سوخت های سنگواره ای شده اند و موجب آزاد شدن حجم قابل توجهی از گاز دی اکسید به اتمسفر می شوند (پژویان و مرادحاصل، ۱۳۸۶). به این دلایل، CO<sub>2</sub> به عنوان متغیر وابسته انتخاب شده است.

فطرس و معبودی (۱۳۸۹) با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی یامادو - تودا، وجود و جهت علیت بین مصرف انرژی، شهرنشینی، رشد اقتصادی و انتشار دی اکسید کربن را برای ایران در دوره ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۵ بررسی کرده اند. نتایج بررسی ایشان نشان می دهد که رابطه ای علی از مصرف انرژی، شهرنشینی و تولید ناخالص داخلی به نشر دی اکسید کربن در ایران یافت می شود.

همچنین، رابطه ای علی از مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی وجود دارد؛ و جمعیت شهرنشین نیز اثری مثبت بر تولید ناخالص داخلی دارد. ایشان براساس روابط علی فوق، با استفاده از روش رگرسیون به ظاهر نامرتب، ارتباط بین نشر دی اکسید کربن، مصرف انرژی، جمعیت شهرنشین و تولید ناخالص داخلی بررسی کرده اند.

نتایج برآورد آنها نشان داد که فرضیه کوهانی شکل در مورد آلودگی زیست محیطی و تولید ناخالص داخلی در ایران صادق است.

دی اکسید کربن و دی اکسید سولفور به ترتیب، اثر مثبت و اثر منفی داشته اند.

Alam و همکاران (2007) به بررسی اثر پاره ای متغیرهای مهم بر تخریب محیط زیست در پاکستان پرداختند. یافته های تحقیق ایشان نشان می دهد که شدت انرژی و رشد جمعیت تأثیر مستقیمی بر آلودگی هوا دارد.

عاقلی و صادقی (۱۳۸۰) به برآورد تخریب زیست محیطی در ایران به کمک روش منطق فازی پرداخته اند. نتایج نشان می دهد که در شرایط بحرانی مثل جنگ تحمیلی و شوک نفتی، تخریب زیست محیطی افزایش یافته است. خوش اخلاق و حسن شاهی (۱۳۸۱) به برآورد زبان های وارده به ساکنان شهر شیراز به دلیل آلودگی هوا پرداخته اند. محاسبات ایشان نشان می دهد که مردم شیراز تمایل دارند ۲۹۲۷ ریال از مالیات های سرانه آنها صرف حفظ کیفیت هوا شود.

یافته دیگر تحقیق مبین آن است که با افزایش آلودگی هوا، تمایل افراد به پرداخت برای کاهش آلودگی بیشتر می شود.

صادقی و سعادت (۱۳۸۳) با بهره گیری از داده های سالهای ۸۰-۱۳۴۶ به بررسی رشد جمعیت، رشد اقتصادی و آثار زیست محیطی در ایران پرداخته اند. نتایج، بیان گر وجود رابطه علی یک طرفه ای از رشد جمعیت به تخریب زیست محیطی و همین طور، رابطه دو طرفه ای بین تخریب زیست محیطی و رشد اقتصادی است. پژویان و مرادحاصل (۱۳۸۶) در مطالعه ای به روش پانل دیتا و برای ۶۷ کشور منتخب از جمله ایران به بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا پرداخته اند. نتایج، برقراری منحنی زیست محیطی کوزنتس را در کشورهای مورد بررسی تأیید می کنند.

فطرس و نسرین دوست (۱۳۸۸) در پژوهشی به بررسی رابطه آلودگی هوا، آلودگی آب، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران پرداختند. نتایج آنها نشان داد که فرضیه کوزنتس برای نشر دی اکسید کربن، درآمد سرانه، آلودگی آب، سرانه مصرف انرژی رد می شود و رابطه نشر دی اکسید کربن و سرانه مصرف انرژی رد نمی شود. مطالعات تجربی فوق بیشتر بر آزمون فرضیه زیست محیطی کوزنتس استوار بوده اند.

در ایران در خصوص اثر شدت انرژی بر آلودگی های زیست محیطی توجه خاصی صورت نگرفته است. قرار گرفتن ایران در ردیف کشورهای در حال توسعه و تحولات عظیم اقتصادی و صنعتی در آن و رشد نسبتاً سریع جمعیت و زندگی شهری باعث

GDP<sup>4</sup> تولید ناخالص داخلی به قیمت‌های ثابت است. Holtz-Eakin & Selden (1995) بیان کردند که انتشار CO<sub>2</sub> و متغیر درآمد ملی رابطه مثبتی باهم دارند.

در مقابل، Martinez-Zarzoso و همکاران (۲۰۰۶) نتیجه گرفتند که در سطوح درآمدی پایین رابطه بین انتشار CO<sub>2</sub> و درآمد ملی، منفی است؛ اما، در سطوح درآمدی بالا رابطه‌شان مثبت است. Liua و همکاران (۲۰۰۷) بیان می‌کنند که اگر مصرف انرژی نیز در الگو وجود داشته باشد رابطه بین درآمد ملی و انتشار CO<sub>2</sub> منفی خواهد بود.

GDP<sup>2</sup> بیانگر لگاریتم مجذور تولید ناخالص داخلی است که برای آزمون فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس استفاده می‌شود و بیان می‌کند که ارتباط میان رشد اقتصادی و کیفیت زیست‌محیطی به صورت غیرخطی است.

URBN<sup>5</sup> بیانگر لگاریتم رشد شهرنشینی است. در خصوص شهرنشینی دو دیدگاه وجود دارد. دیدگاه اول بحث می‌کند که افزایش شهرنشینی عامل اصلی آلودگی زیست‌محیطی است.

برای نمونه، Panayotou اشاره می‌کند که همچنان که ساختار اقتصادی از ساختاری روستایی به ساختاری شهری و از ساختاری کشاورزی به ساختاری صنعتی تغییر می‌کند، روند تخریب محیط‌زیست در وهله نخست افزایش می‌یابد. اما، دیدگاه دوم معتقد است آثار شهرنشینی بر محیط‌زیست مطلوب است. زیرا خانوارهای شهری به صورت کارتری از زیرساخت‌ها، حمل و نقل و انرژی استفاده می‌کنند و بروز و گسترش صرفه‌های مقیاس موجب کاهش مصرف سرانه انرژی و در نتیجه کاهش سرانه آلاینده‌های مرتبط با مصرف انرژی می‌شود.

POP<sup>6</sup> لگاریتم رشد جمعیت است. به لحاظ نظری، افزایش رشد جمعیت - از طریق افزایش تقاضا برای انرژی - موجب افزایش انتشار CO<sub>2</sub> می‌شود (Alam, et al., 2007). به کارگیری روش‌های سنتی و معمول اقتصادسنجی در برآورد ضرایب الگو با استفاده از داده‌های سری‌های زمانی بر این فرض استوار است که متغیرهای الگو پایا<sup>۷</sup> هستند.

از سوی دیگر باور غالب آن است که بسیاری از متغیرهای سری زمانی در اقتصاد پایا نیستند. پس، پیش از استفاده از این متغیرها لازم است نسبت به پایایی، یا ناپایایی آنها اطمینان حاصل کرد. در صورت استفاده از متغیرهای مجموعه زمانی ناپایا در الگو، ممکن است نتایج به رگرسیون کاذب<sup>۸</sup> بینجامد.

کشش نشر دی‌اکسیدکربن نسبت به جمعیت شهرنشین، مثبت و کوچکتر از واحد است. هم چنین، کشش نشر دی‌اکسیدکربن نسبت به مصرف انرژی، مثبت و بزرگتر از واحد است.

شدت انرژی به صورت نسبت انرژی مصرفی به تولید ناخالص داخلی اندازه‌گیری می‌شود. این نسبت بیان می‌کند که به طور متوسط برای هر واحد از ارزش تولید، چه مقدار انرژی استفاده می‌شود.

شدت انرژی از مهمترین شاخص‌هایی است که محققان برای نشان دادن وضعیت مصرف انرژی در طول رشد اقتصادی از آن استفاده می‌کنند.

شاخص شدت انرژی در دو سطح کاربرد دارد. در سطح کلان، دانستن شدت انرژی و روند آن برای سیاست‌گذاران بخش انرژی و محیط‌زیست بسیار مهم است؛ در سطح خرد، شدت انرژی صنایع مختلف را بر اساس کارایی‌شان در استفاده از انرژی و مثلاً در جهت اهداف مالیاتی و زیست محیطی طبقه‌بندی می‌کند (نسرین‌دوست، ۱۳۸۸).

به عنوان قاعده‌ای کلی، رشد اقتصادی ارتباط نزدیکی با رشد مصرف انرژی دارد. زیرا، استفاده بیشتر از انرژی می‌باید به رشد بالاتر منجر شود اما، لازم است مصرف انرژی و رشد اقتصادی را تا حدی از هم جدا کرد.

استفاده کارا تر از انرژی ممکن است موجب رشد اقتصادی و در عین حال کاهش در مصرف انرژی شود. کارایی انرژی ممکن است نیروی محرکه رشد اقتصاد شود. استفاده بیشتر از منابع انرژی پایدار ممکن است رابطه بین مصرف انرژی و آلودگی هوا به ویژه انتشار CO<sub>2</sub> را کاهش دهد.

## روش تحقیق و الگوی اقتصادسنجی

الگوی مورد استفاده در این مقاله برگرفته از تحقیق Alam و همکاران (2007) است. در معادله (۱) زیر:

$$CO_2 = F(GDP, GDP^2, EI, URBN, POP)$$

EI<sup>3</sup>، شدت انرژی است. دی‌اکسیدکربن نتیجه مصرف سوخت‌های سنگواره‌ای است. سوخت‌های سنگواره‌ای نیز در فرآیندهای تولیدی و مصرفی حاصل می‌شوند. بنابراین، رابطه بین مصرف انرژی و انتشار CO<sub>2</sub>، مثبت است.

در استفاده از روش یوهانسن، نخست باید با انجام آزمون‌های ریشه واحد، مرتبه هم‌جمعی متغیرها را به دست آورد. اگر چه به لحاظ نظری امکان وجود هم‌جمعی بین متغیرها با درجه انباشتگی دو و بالاتر وجود دارد ولی روش مذکور فقط برای متغیرهایی که انباشته<sup>۱۳</sup> از درجه صفر یا یک (یعنی  $I(0)$  یا  $I(1)$ ) باشند طراحی شده است.

پس از تعیین درجه انباشتگی متغیرها، در مرحله بعد باید تعداد وقفه‌های مناسب در الگوی VAR را با استفاده از معیارهای مرسوم تعیین کرد. در این مرحله، با استفاده از آماره‌های حداکثر مقدار ویژه<sup>۱۴</sup> و اثر<sup>۱۵</sup> می‌توان به تعداد بردارهای هم‌جمعی بین متغیرها پی برد. در آخر نیز می‌توان در صورت وجود هم‌جمعی، به برآورد ضرایب بلندمدت الگو پرداخت.

### برآورد الگو و تفسیر نتایج

در این قسمت با استفاده از داده‌های شدت انرژی (وزرات نیرو. سالهای مختلف)، دی اکسید کربن (World Bank. 2008)، تولید ناخالص داخلی، جمعیت کل و جمعیت شهرنشین (بانک مرکزی، [www.cbi.ir](http://www.cbi.ir)) به برآورد الگوی تصریح شده بخش پیشین می‌پردازیم.

در اکثر تجزیه و تحلیل‌های هم‌جمعی، ابتدا بایستی ساکن بودن متغیرهای مجموعه زمانی را آزمون و درجه انباشتگی آنها را تعیین کرد.

برای این منظور، از آزمون دیکی-فولر تعمیم‌یافته<sup>۱۶</sup> استفاده می‌شود. نتایج آزمون، همان‌طور که در جدول شماره (۱) نشان داده شده است، حاکی است که کلیه متغیرها در سطح غیرساکن هستند؛ اما با یک‌بار تفاضل‌گیری ساکن می‌شوند. یعنی، همه متغیرها  $I(1)$  هستند. به عبارت دیگر، متغیرهای الگو از فرایند گام تصادفی<sup>۱۷</sup> تبعیت می‌کنند.

در انجام آزمون ریشه واحد دیکی-فولر، فرضیه صفر بیانگر عدم ایستایی متغیرهاست. تمامی متغیرهای الگوی ما در سطح، غیر ایستا هستند و فرضیه صفر را در مورد آنها نمی‌توان رد کرد. اما، در تفاضل اول، همگی ایستا شدند.

پس، همان‌طور که اشاره شد، می‌توان آنها را در روش هم‌جمعی یوهانسن به کار گرفت. پس از آگاهی از درجه انباشتگی متغیرها، ابتدا به تعیین تعداد وقفه بهینه در الگوی VAR می‌پردازیم.

روش سنتی برای حل این مشکل قرار دادن متغیر روند به‌عنوان متغیری مستقل در الگوست تا تأثیر روند را از متغیرها حذف کند و بدین ترتیب ضرایب تأثیر خالص متغیرها را نشان دهند. اما، این تنها در حالتی درست است که روند زمانی متغیر از نوع روند قطعی باشد نه تصادفی.

روش دیگر برای پیشگیری از مشکل رگرسیون کاذب این است که تفاضل متغیرها را در الگو قرار گیرد، سپس، برآورد رگرسیون انجام شود. این کار، مشکل رگرسیون کاذب را حل می‌کند. اما، چون بسیاری از تئوری‌های اقتصادی بر اساس رابطه سطح توصیف شده‌اند و نه تفاضل، مشکل دیگری بروز می‌کند. از سوی دیگر، با تفاضل‌گیری، اطلاعات ارزشمندی از متغیرها - خصوصاً در بلندمدت - از دست می‌رود.

در این‌جا، روش هم‌جمعی به کمک می‌آید که بر اساس آن، رگرسیون بدون هراس از کاذب بودن بر روی سطح متغیرهای سری زمانی انجام می‌شود. مفهوم هم‌جمعی<sup>۹</sup> تداعی‌کننده وجود رابطه تعادلی بلندمدتی است که سیستم اقتصادی در طول زمان به سمت آن حرکت می‌کند (نوفرستی، ۱۳۸۷). روشهای مختلفی برای بررسی هم‌جمعی وجود دارد. یکی از ساده‌ترین روشها، روش دو مرحله‌ای انگل - گرنجر<sup>۱۰</sup> است که از روش حداقل مربعات معمولی استفاده می‌کند؛ ولی این روش دارای سه محدودیت مهم است:

(الف) تخمین‌ها کارایی مجانبی ندارند.  
(ب) نمی‌توان آزمون فرضیه را به‌طور مستقیم روی ضرایب انجام داد.

(پ) اگر بیش از یک بردار تعادلی وجود داشته باشد، این روش تخمین‌های سازگاری از هیچ یک از بردارهای هم‌انباشته ارایه نمی‌کند.

یوهانسن و یوسیلیوس<sup>۱۱</sup> با ارائه روش هم‌جمعی خود، محدودیت‌های فوق را برطرف کردند. یعنی،

(الف) برآوردهای حاصل از این روش، کارایی مجانبی دارند؛  
(ب) می‌توان روی مشخصه‌های بلندمدت، آزمون فرض انجام داد؛  
(پ) تعداد روابط بلندمدت را آزمون و شناسایی می‌کند و از مشخصه‌های آن برآوردهای سازگاری به دست می‌دهد (تشکینی، ۱۳۸۴).

در روش یوهانسن، تعیین و برآورد بردارهای هم‌جمعی بین متغیرها با استفاده از ضرایب الگوی خودتوضیح برداری<sup>۱۲</sup> صورت می‌گیرد.

به عبارت دیگر، تعداد بردارهای هم‌جمعی بین متغیرهای الگوست. برای تعیین تعداد بردارهای هم‌جمعی، باید به مقایسه آماره آزمون با مقدار بحرانی ارائه شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد پرداخت. نتایج هر دو آزمون وجود چهار رابطه تعادلی بلند مدت را بین متغیرهای الگو تأیید می‌کنند.

در نتیجه با اطمینان از وجود هم‌جمعی به تخمین روابط تعادلی بلند مدت با متغیر وابسته CO<sub>2</sub> می‌پردازیم. برآورد بردارهای نرمال شده به قرار جدول شماره (۳) زیر است:

برای این کار می‌توان از معیارهای لگاریتم درست‌نمایی<sup>۱۸</sup> (LL)، اطلاعات آکائیک<sup>۱۹</sup> (AIC)، شوارتز-بیزین<sup>۲۰</sup> (SBC) و در صورت تناقض بین این سه معیار، می‌توان از آماره‌های نسبت درست‌نمایی<sup>۲۱</sup> (LR)، یا نسبت درست‌نمایی تعدیل شده<sup>۲۲</sup> (ALR) استفاده کرد.

معیار آخر، تعداد وقفه یک را پیشنهاد می‌کند. حال، می‌توان با استفاده از آماره‌های حداکثر مقدار ویژه و آماره اثر تعداد روابط هم‌جمعی را آزمون. نتایج در جدول شماره (۲) آمده‌اند. باید توجه کرد که در این دو آزمون، فرضیه صفر بیان‌گر تعداد روابط بلندمدت، و با

جدول شماره (۱): آزمون ریشه واحد برای متغیرهای مدل

نام متغیر	آماره ADF (عرض از مبدا)	آماره ADF (عرض از مبدا روند)	نام متغیر	آماره ADF (فقط عرض از مبدا)	آماره ADF (عرض از مبدا و روند)
CO <sub>2</sub> [0]	۱/۴۰	-۰/۶۱	DCO <sub>2</sub> [0]	-۶/۶۸*	-۷/۲۹*
EI[0]	-۰/۷۸	-۱/۳۱	DEI [0]	-۷/۲۰*	-۷/۱۸*
GDP[1]	۰/۲۹	-۱/۲۵	DGDP[0]	-۳/۴۶*	-۳/۵۵*
GDP <sup>2</sup> [0]	-۰/۷۰	-۲/۴۰	DGDP <sup>2</sup> [0]	-۳/۹۲*	-۳/۹۲*
POP[1]	-۰/۶۱	-۲/۱۰	DPOP[1]	-۳/۵۲*	-۳/۵۷*
URBN[1]	-۰/۸۹	-۱/۹۷	DURBN[0]	-۶/۰۴*	-۵/۹۶*

\* معناداری در سطح ۵ درصد است. اعداد داخل کروشه تعداد وقفه‌های بهینه در آزمون ریشه واحد است. D عملگر تفاضل است. (منبع: محاسبات تحقیق)

جدول شماره (۲): آزمون هم‌جمعی یوهانسن بر اساس آماره‌های حداکثر مقدار ویژه و اثر

تعداد روابط بلند مدت	آماره اثر	مقدار بحرانی	آماره حداکثر مقدار ویژه	مقدار بحرانی
r=0	۲۱۰/۸۲	۱۰۲/۵۶	۹۷/۴۵	۴۰/۵۳
r≤1	۱۱۳/۳۸	۷۵/۹۸	۳۶/۹۶	۳۴/۴۰
r≤2	۷۶/۴۱	۵۳/۴۸	۳۲/۳۳	۲۸/۲۷
r≤3	۴۴/۰۸	۳۴/۸۷	۲۴/۲۲	۲۲/۰۴
r≤4	۱۹/۸۵	۲۰/۱۸	۱۳/۶۹	۱۵/۸۷

(منبع: محاسبات تحقیق)

جدول شماره (۳): برآورد ضرایب بلند مدت به روش یوهانسن-یوسیلیوس

نام متغیر	بردار اول	بردار دوم	بردار سوم	بردار چهارم
GDP	-۰/۲۶۳	۶/۱۷۹	۱/۸۳۳	۰/۸۳۹
GDP <sup>2</sup>	۱۱۹۵۸۷۲	-۱۴۵۰۲۳/۱	-۸۹۹۱۳/۵	-۲۱۳۲۰/۷
EI	-۶۲۷۳۱۶/۵	۶۳۱۲۹۵/۶	۴۹۲۵۶	۴۳۰/۲۷
URBN	-۱/۳۴E+۰۸	۹/۷۵E+۰۷	۴۷۹۲۵۶۴	-۶۷۰۴۱۶۹
POP	-۳۳۶۰۳/۳	۶۷۰۲۸۶/۹	-۳۷۰۰۳/۶	-۸۵۰۶۶۰۳
C	-۲/۶۲E+۰۷	-۸۱۹۱۰۵/۳	۱۸۹۶۹۹۸	۷۰۷۲۷۰/۱

(منبع: محاسبات تحقیق)

می‌گذارد. ضریب متغیر مذکور در خصوص ایران موافق با دیدگاه نخست است.

به عبارت دیگر، اگر هر دو دیدگاه را صادق بدانیم به نظر می‌رسد برآیند حاصل از آنها باعث افزایش آلودگی هوا در اثر افزایش شهرنشینی شده است.

آنچه پیداست افزایش جمعیت شهری کشور است؛ ساختار زندگی شهری نیازمند استفاده بیشتر از منابع انرژی و سوخت، بالاخص در زمینه حمل و نقل و جابه‌جایی است. این در حالی است که در مناطق روستایی به خاطر اندازه کوچک و فواصل اندک اکثر جابجایی‌ها بدون نیاز به مصرف بالای انرژی سوخت صورت می‌گیرد.

در این خصوص سیاست‌گذاران می‌توانند با فراهم کردن بسترهای مناسب و توسعه روستاها ضمن برقراری یک توازن جمعیتی مناسب، از آلودگی‌های زیست محیطی نیز بکاهند.

در نهایت، متغیر رشد جمعیت نیز طبق پیش‌بینی اثر مثبت بر انتشار CO<sub>2</sub> داشته است. مهمترین دلیل این موضوع می‌تواند افزایش تقاضا و مصرف انرژی به دلیل افزایش جمعیت باشد.

### خلاصه و نتیجه‌گیری

رشد اقتصادی هدفی مطلوب تلقی می‌شود؛ این رشد با تخریب محیط زیست همراه است. پس مسئله تخریب محیط زیست می‌باید در کانون توجه سیاست‌گذاری، زندگی مدنی و سازمان‌های مختلف قرار گیرد. زیرا رشد اقتصادی بدون آثار زیاد زیست محیطی رخ نمی‌دهد. در واقع توسعه جوامع انسانی، رشد شهرنشینی و جمعیت همراه با نیاز روزافزون به انرژی موجب افزایش مسایل زیست محیطی می‌شود.

ایران به عنوان کشوری در حال توسعه که در مسیر رشد قرار دارد با مصرف بالای انرژی مواجه است. در این تحقیق به بررسی عوامل تعیین‌کننده آلودگی هوا، به ویژه شدت انرژی در ایران برای دوره ۴۶-۱۳۸۵ پرداختیم.

نتایج بردار هم‌جمعی برآورد شده به روش یوهانسن، به این صورت حاصل شد:

- (۱) اثر متغیرهای شدت انرژی، تولید ناخالص داخلی، رشد شهرنشینی و رشد جمعیت بر انتشار CO<sub>2</sub> در ایران مثبت و معنادار است.
- (۲) در دوره مورد بررسی، فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس برای ایران تأیید می‌شود.

از آنجا که هم‌جمعی یک مفهوم کاملاً آماری بر مبنای ویژگی‌های متغیرهای مجموعه زمانی و فاقد مبانی نظری اقتصادی است، روابط هم‌جمعی لزوماً دارای مفهوم اقتصادی نیستند. بنابراین، باید معنادارترین بردار برآورد شده را انتخاب کرد (نوفرستی، ۱۳۸۷). به لحاظ اقتصادی معنادارترین بردار، بردار هم‌جمعی دوم است که نتایج آن به صورت معادله زیر نوشته شده است:

$$CO_2 = 6/179GPD - 145.23/1GDP^2 + 631295/6EI + 9/75E + 0.7URBN + 67.0286/9 POP$$

$$LR = (18/01) \quad (13/63) \quad (14/94) \quad (22/09) \quad (6/53)$$

از معادله برآورد شده مشخص است که علامت‌های تمامی ضرایب بر اساس انتظارات نظری هستند. آماره‌های چی-دو مربوط به نسبت درست‌نمایی (LR) که در پرانتزها ارائه شده‌اند، نشان می‌دهند که تمامی متغیرها در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأثیر معناداری بر روند آلودگی هوا داشته‌اند؛ فقط متغیر رشد جمعیت در سطح اطمینان ۸۴ درصد معنادار است. با فرض ثبات سایر متغیرها، اگر شدت انرژی افزایش یابد، انتشار CO<sub>2</sub> افزایش می‌یابد. ضریب مربوط به شدت انرژی و معناداری آن هشدار جدی به سیاست‌گذاران در خصوص توجه به مصرف انرژی و تأثیر آن بر آلودگی محیط زیست و فرایند توسعه پایدار است.

مصرف بیش از اندازه انرژی در کشور - به ویژه در زیربخش حمل و نقل - که بیشتر سوخت‌های سنگواره‌ای هستند، در مقدار ضریب این متغیر تأثیر دارد. ضریب انتشار CO<sub>2</sub> و تولید ناخالص داخلی مثبت است و نشان دهنده رابطه مثبت این دو متغیر است. نکته دیگر، ضریب متغیر مجذور تولید ناخالص داخلی است؛ معناداری آن تأییدی بر فرضیه زیست محیطی کوزنتس است. به عبارت دیگر، منحنی زیست محیطی کوزنتس در ایران، برای دوره مورد بررسی، تأیید می‌شود. همچنین، افزایش نرخ رشد شهرنشینی باعث افزایش در انتشار CO<sub>2</sub> می‌شود.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد در خصوص اثر شهرنشینی بر آلودگی محیط زیست دو دیدگاه وجود دارد:

دیدگاه نخست، افزایش شهرنشینی را عامل آلودگی زیستی محیطی می‌داند؛

دیدگاه دوم، معتقد است که چون خانوارهای شهری به صورت کاراتری از انرژی استفاده می‌کنند، اثری منفی بر آلودگی هوا

- 4-Gross Domestic Products (GDP)  
 5-Urbanization (URBN)  
 6-Population (POP)  
 7-Stationary  
 8-Spurious Regression  
 9-Cointegration  
 10-Engle- Granger  
 11-Johansen & Juselius  
 12-Vector autoregressive (VAR)  
 13-Integrated  
 14-Maximal eigenvalue  
 15-Trace  
 16-Augmented Dickey- Fuller (ADF) test  
 17-Random walk  
 18-Log- Likelihood (LL)  
 19- Akaike Information Criterion (AIC)  
 20-Schwarz's Bayesian Criterion (SBC)  
 21- Likelihood Ratio (LR)  
 22-Adjusted Likelihood Ratio (ALR)

با توجه به نتایج بالا و اهمیت بحث توسعه پایدار، پیشنهاد می‌شود که سیاست‌گذاران، راهکارهای قانونی برای کاهش آلودگی از منظر مصرف انرژی اتخاذ کنند.

همچنین، با توجه به اینکه بخش اعظم مصرف انرژی در ایران مربوط به امور حمل‌ونقل است که در آن از سوخت‌های سنگواره‌ای مثل بنزین و گازوئیل استفاده می‌کنند، بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل و افزایش استفاده از منابع انرژی‌های نو- که آلودگی کمتری ایجاد می‌کنند- در کل اقتصاد لازم به نظر می‌رسد. به‌طور کلی، ساماندهی مسائل شهرنشینی، کارآمدتر کردن مصرف انرژی در تولید و نیز توجه به مسئله جمعیت با نگاه به الزامات توسعه پایدار در کاهش تخریب محیط زیست و آلودگی هوا مؤثرند.

#### یادداشت‌ها

- 1-Environmental Kuznets Curve (EKC)  
 2-Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)  
 3-Energy Intensity (EI)

#### منابع مورد استفاده

آساف‌آجایی، ج. ۱۳۸۵. اقتصاد محیط زیست برای غیر اقتصاددانان، ترجمه سیاوش دهقان‌یان و زکریا فرج‌زاده، چاپ دوم، دانشگاه فردوسی. مشهد.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، مجموعه آمارهای سری زمانی. سایت: [www.cbi.ir](http://www.cbi.ir)

برنامه توسعه سازمان ملل. ۱۳۹۰. مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی (گزارش توسعه انسانی ۲۰۰۷-۲۰۰۶)، ترجمه محمد حسن فطرس و جواد براتی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا. همدان.

پژویان، ج. مراد حاصل، ن. ۱۳۸۶. بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا، فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی، سال هفتم، شماره چهارم، صفحات ۱۶۰-۱۴۱.

تشکینی، ا. ۱۳۸۴. اقتصادسنجی کاربردی به کمک Micro fit، چاپ اول، مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران. تهران.

خورشیددوست، ع. ۱۳۸۶. زمینه‌های بهبود جایگاه محیط زیست در رویکردهای اقتصادی و توسعه‌ای، مجله اطلاعات سیاسی اقتصادی شماره ۲۳۶-۲۳۵، صفحات ۱۵۹-۱۴۸.

خوش اخلاق، ر.، حسن شاهی، م. ۱۳۸۱. تخمین خسارت وارده به ساکنان شیراز به دلیل آلودگی هوا، مجله تحقیقات اقتصادی شماره ۶۱، صفحات ۷۵-۵۳.

صادقی، ح.، سعادت، ر. ۱۳۸۳. رشد جمعیت، رشد اقتصادی و آثار زیست محیطی در ایران (یک تحلیل علی)، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۶۴، صفحات ۱۶۳ تا ۱۸۰.

عاقلی، ل.، صادقی، ح. ۱۳۸۰. روند تخریب زیست محیطی در ایران کاربرد منطق فازی، مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۳۶، صفحات ۱۷۳-۱۵۱.



فطرس، م. ۱۳۸۵. مباحثی از اقتصاد محیط زیست (مجموعه مقالات)، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا. همدان.

فطرس، م.، نسرین دوست، م. ۱۳۸۸. بررسی رابطه آلودگی هوا، آلودگی آب، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران ۸۳-۱۳۵۹، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال ششم، شماره ۲۱، صفحات ۱۳۵-۱۱۳.

فطرس، م.، معبودی، ر. ۱۳۸۹. رابطه علی مصرف انرژی، جمعیت شهرنشین و آلودگی محیط زیست در ایران ۱۳۵۰-۱۳۸۰، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هشتم، شماره ۲۷، صفحات ۱۷-۱.

مرکز آمار ایران. سالهای مختلف. سالنامه آماری کشور. تهران.

نسرین دوست، م. ۱۳۸۸. بررسی دینامیسم شدت انرژی در کشورهای عضو اپک با استفاده از نظریه آشوب، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه بوعلی سینا همدان.

نوفرستی، م. ۱۳۸۷. ریشه واحد وهمجعی در اقتصادسنجی، چاپ دوم، مؤسسه خدمات فرهنگی رسا، تهران.

وزارت نیرو. سالهای مختلف. ترازنامه انرژی.

Alam, S. & A., Fatima, M.S., Butt. 2007. Sustainable Development in Pakistan in the Context of Energy Consumption Demand and Environmental Degradation. *Journal of Asian Economics*. Vol.18 pp.825-837.

Cole, M.A., A.J. Rayner, J.M. Bates. 1997. The Environmental Kuznets Curve: An Empirical Analysis. *Environment and Development Economics*, 2(Part 4), pp.401-416.

Cole, M.A., & E., Neumayer. 2004. Examining the Impact of Demographic Factors on Air Pollution. *Population and Development Review*, Vol.26, No.1, pp 5-21.

Cramer, C.J. 1998. Population Growth and Air Quality in California. *Demography*, 35(1), pp.45-56.

Cramer, C.J. 2002. Population Growth and Local Air Pollution: Methods, Models and Results. In Lutz, W., Prkawetz, A., Sanderson, W.C. (Eds.), *Population and Environment. A Supplement to Vol. 28, Population and Development Review* (pp. 22-52). New York: Population Council.

Cramer, J.C., & R.P., Cheney. 2000. Lost in the Ozone: Population Growth and Ozone in California. *Population and Environment*, 21(3), pp.315-337.

Cropper, M. & C., Griffiths. 1994. the Interaction of Population Growth and Environmental quality. *The American Economic Review*, Vol. 84, No.2, pp.250-254.

Dietz, T. & E.A., Rosa. 1997. Effects of Population and Affluence on Co2 Emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 94, pp.175-179.

Holtz-Eakin, D., T.M., Selden. 1995. Stoking the fires? CO2 emissions and economic growth. *Journal of Public Economics*, 57, 85-101.

Liua, X., et al. 2007. Interactions between Economic Growth and Environmental Quality in Shenzhen, China's first Special Economic Zone. *Ecological Economics*, 62, 559-570.

Martinez-Zarzoso, I., et al. 2006. The Impact of Population on CO2 Emissions: Evidence From European Countries, *Climate Change Modeling and Policy Working Papers*: <http://purl.umn.edu/12019>.

---

Panayotou, T. 1993. Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different stages of Economic Development. Working paper, WP128, general: International Labour Office.

Panayotou, T. 1995. Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. In Ahmed, J. & A. Doeleman (Eds), Beyond Rio: The Environmental Crisis and Sustainable Livelihoods in the Third World. MacMillan, London.

Shi, A. 2003. The Impact of Population Pressure on Global Carbon Dioxide Emissions, 1975-1996: Evidence from Pooled Cross Country Data. Ecological Economics, 44, pp.29-42.

World Bank. 2008 .World Development Indicators (WDI) 2008 CD-ROM. Washington: The World Bank.