

بررسی اثرات فنی و مقیاسی رشد اقتصادی بر کیفیت محیط زیست در استان های ایران رویکرد Panel VAR

شهرام فتاحی^۱

دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه رازی، sh_fatahi@yahoo.com

مریم حیدریان

دانشجوی دکتری اقتصاد بخش عمومی دانشگاه رازی، yamheidarian.1368@yahoo.com

سارا مرادی

کارشناس ارشد علوم اقتصادی دانشگاه رازی

saramoradi070@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۱۴

چکیده

آثار رشد اقتصادی بر محیط زیست یکی از مهم ترین بحث های مطرح امروز در اقتصاد محیط زیست است. صنعتی شدن جوامع منجر به بهره برداری بیشتر و فشرده تر از سوخت های فسیلی از جمله زغال سنگ، نفت و گاز شده است. احتراق این سوخت ها منجر به افزایش انتشار آلاینده های سمی و خطرناک می شود که آسیب های جهانی نظیر گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی، از پیامدهای غیر قابل اجتناب آن به شمار می رود. از همین رو در مطالعه حاضر تلاش شد با استفاده از روش خودرگرسیون برداری پانلی، به بررسی اثرات فنی، مقیاسی و ترکیبی رشد اقتصادی بر محیط زیست طی دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۸۴ برای استان های ایران پرداخته شود. نتایج برآورد مدل نشان می دهد که تکانه وارده به درآمد سرانه (معیار اثرات فنی) باعث کاهش آلودگی زیست محیطی (میزان انتشار CO₂) شده است، ولی تکانه های وارده به مجذور GDP (معیار اثرات مقیاسی) و نسبت سرمایه به نیروی کار (معیار اثرات ترکیبی) تغییرات افزایشی ناچیزی بر آلودگی زیست محیطی داشته است. نتایج تجزیه واریانس نیز حاکی از آن بود که در ایران، درآمد سرانه افراد نسبت به سایر معیارهای رشد اقتصادی، نقش مهمی در روند کیفیت محیط زیست و افزایش آلودگی دارد.

طبقه بندی JEL: O44, O47, C33

کلیدواژه ها: اثرات فنی، اثرات مقیاسی، اثرات ترکیبی، آلودگی زیست محیطی، روش خودرگرسیون برداری پانلی

۱- مقدمه

تقریباً تمامی فعالیت‌های اقتصادی بشر به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر محیط‌زیست و سیستم اکولوژیک اثر می‌گذارد، به‌نحوی که فعالیت‌های اقتصادی می‌تواند در مراحل مختلف استخراج، تولید، حمل‌ونقل و مصرف به محیط‌زیست آسیب برساند. بحران زیست‌محیطی حال حاضر را با هیچ مشکل دیگری از ابتدای تاریخ تاکنون نمی‌توان مقایسه نمود. تاکنون مشکلی وجود نداشته که تا این حد بر موجودات زنده اثر گذاشته و با آن‌ها در تأثیر و تقابل بوده باشد. تخریب لایه اوزون، گرم شدن زمین، افزایش گازهای گلخانه‌ای و باران‌های اسیدی مثال‌هایی از آثار جهانی زیست‌محیطی هستند (بیسواس و همکاران^۱، ۲۰۱۲).

در صورتی که تکنولوژی، سلابیق و سرمایه‌گذاری در محیط‌زیست ثابت در نظر گرفته شود، افزایش گسترده فعالیت‌های اقتصادی، بدون تردید منجر به تخریب محیط‌زیست خواهد شد. همچنین با افزایش درآمد سرانه، تقاضا برای افزایش سطح کیفی محیط‌زیست و سرمایه‌گذاری در محیط‌زیست افزایش می‌یابد. با توجه به این مسئله به تدریج موضوع تعارض میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست به یکی از موضوعات مورد بحث در حوزه اقتصاد محیط‌زیست تبدیل شده است، به طوری که امروزه کشورها به اهمیت مسائل زیست‌محیطی پی برده و حسب احساس نیاز و متقابلاً خطر نسبت به این مسئله به وضع برخی قوانین در سطح ملی و یا تنظیم توافقنامه‌های بین‌المللی پرداخته‌اند. به نظر می‌رسد کشورها در این راستا به دنبال کاهش ضایعات زیست-محیطی و همزمان طی نمودن مراحل توسعه می‌باشند و به تعبیری ویرایش‌های مختلفی از توسعه پایدار را دنبال می‌کنند (فطرس و همکاران، ۱۳۹۰).

از بعد نظری ارتباط بین رشد اقتصادی و شاخص‌های کیفیت زیست‌محیطی که در قالب منحنی زیست‌محیطی کوزنتس^۲ مطرح می‌شود، در چارچوب سه اثر مقیاس^۳، اثر ترکیبی^۴ و اثر فنی و تکنولوژیکی^۵ قابل بحث است. اثر مقیاس، بیانگر تغییر در اندازه فعالیت‌های اقتصادی، اثر ترکیبی، مبین تغییر در ترکیب یا سبد کالاهای تولیدی و اثر

1. Biswas et al.
2. Environmental Kuznets Curve
3. Scale Effect
4. Composition Effect
5. Technique Effect

فنی، نشان‌دهنده تغییر در تکنولوژی و شیوه تولید و تغییر به سمت استفاده از فناوری‌های پاک است؛ به عبارت دیگر با افزایش رشد اقتصادی، از طریق اثرات مقیاس، آلودگی محیط‌زیست افزایش یافته، در حالی که براساس اثرات ترکیبی و فنی، آلودگی کاهش می‌یابد. بنابراین فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس، بیانگر این مطلب است که با افزایش رشد اقتصادی در مراحل اولیه به دلیل غالب شدن اثر مقیاس بر دو اثر فنی و اثر ترکیبی، آلودگی محیط‌زیست افزایش یافته و سپس در مراحل بعدی، رشد آلودگی محیط‌زیست کاهش می‌یابد (فشاری و همکاران، ۱۳۹۴، ۱۳۲).

از نقطه نظر تجربی، مطالعات متعددی پیرامون آزمون فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه صورت گرفته است. در اغلب این پژوهش‌ها از شاخص‌های کیفیت زیست‌محیطی مختلف و روش‌های تخمین متفاوتی برای آزمون این فرضیه استفاده شده و نتایج متفاوتی در مورد رد و یا عدم رد فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس حاصل شده است. نکته‌ای که اغلب مطالعات نسبت به آن بی‌توجه بوده‌اند، تفکیک اثرات رشد اقتصادی و چگونگی تأثیرگذاری آن‌ها به صورت مجزا بر آلودگی زیست‌محیطی است.

از این رو در مطالعه حاضر تلاش شده، اثرات مختلف رشد اقتصادی در قالب معیارهای فنی، مقیاس و ترکیبی بر میزان آلودگی زیست‌محیطی بررسی شود. در این راستا، از متغیر درآمد سرانه به‌عنوان معیار فنی رشد اقتصادی، از مجذور GDP به‌عنوان معیار مقیاسی و از نسبت سرمایه به نیروی کار نیز به‌عنوان معیار ترکیبی استفاده و همچنین میزان انتشار دی‌اکسید کربن به‌عنوان شاخص بهبود کیفیت زیست‌محیطی در نظر گرفته شده است. به‌منظور بررسی اثرات مختلف رشد اقتصادی بر محیط‌زیست طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۹۵ برای ۳۰ استان ایران، از روش خودرگرسیون برداری پانلی^۱ استفاده شده است.

در ادامه، در بخش دوم مروری بر مبانی نظری شده و در بخش سوم مطالعات تجربی انجام شده در داخل و خارج از کشور خواهد شد. در بخش چهارم روش تحقیق و داده‌ها معرفی و در بخش پنجم یافته‌های پژوهش بررسی خواهند شد. در بخش پایانی نیز، نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی ارائه می‌شود.

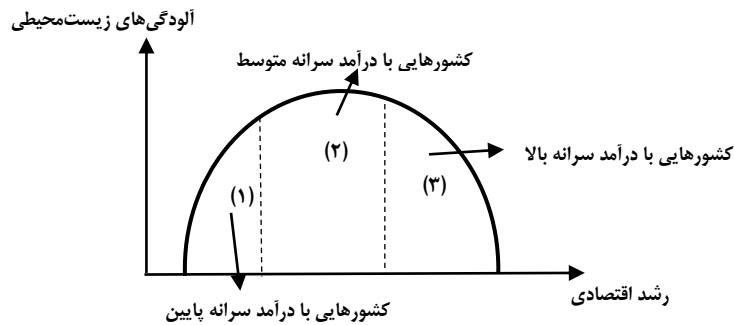
۲- مبانی نظری

طی چند دهه اخیر، سه جریان فکری در حوزه ارتباط میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست شکل گرفته است، رویکرد اول به نوعی به انتخاب میان رشد اقتصادی و حفظ استانداردهای زیست‌محیطی می‌پردازد؛ بدین معنی که اصولاً رشد اقتصادی و به دنبال افزایش تولید و مصرف، بدون شک نیازمند مصرف مواد اولیه و انرژی بیشتر به عنوان داده‌های تولید می‌باشد که این موضوع متقابلاً افزایش تولید زباله را به همراه دارد. همین مسئله این عقیده که افزایش تولید موجب حداکثر شدن رفاه می‌گردد را، مورد تردید قرار داده است. لذا استدلال می‌شود که سیاست‌گذاران در این ارتباط بایستی دست به نوعی انتخاب بزنند، رشد اقتصادی بیشتر در ازای مخاطرات زیست‌محیطی بیشتر یا حفظ محیط‌زیست در ازای سطوح پایین رشد اقتصادی (اسلاملوئیان و همکاران، ۱۳۹۲).

در رویکرد دوم اعتقاد بر این است که مسیر بهبود کیفیت زیست‌محیطی به موازات رشد اقتصادی است و به منظور بهبود استانداردهای زیست‌محیطی باید در جریان رشد اقتصادی گام نهاد. چرا که اصولاً سطح بالاتری از درآمد، موجب افزایش تقاضا برای کالایی می‌شود که از سطح کمتری از مواد اولیه استفاده می‌کند و همچنین افزایش درآمد باعث افزایش تقاضای کیفیت محیط‌زیست می‌شود و این به معنی پذیرش معیارها و ضوابط حفاظتی زیست‌محیطی است (پژویان و مراد حاصل، ۱۳۸۶، ۱۴۴).

رویکرد سوم که از اوایل دهه ۱۹۹۰ مطرح شد، میان رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی رابطه‌ای به صورت U معکوس مطرح نموده که این موضوع به فرضیه انتقال زیست‌محیطی یا فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس معروف شد. شکل این منحنی نشانگر آن است که در مراحل اولیه رشد اقتصادی، آلودگی به سرعت افزایش می‌یابد و پس از آنکه کشور در مراحل پیشرفت اقتصادی قرار گرفت، آلودگی محیط‌زیست کاهش می‌یابد. در مراحل اولیه به خصوص قبل از نقطه برگشت، مردم برای توسعه اقتصادی، شغل و درآمد بالا اهمیت بیشتری قائل‌اند، ولی پس از اینکه کشور به سطح معینی از رفاه و رشد اقتصادی (نقطه آستانه) می‌رسد، مردم توجه بیشتری به

آلودگی و آغاز برنامه‌هایی برای کاهش آلودگی هوا و منابع آب دارند (کیجیم و همکاران^۱، ۲۰۱۰) (شکل ۱).



شکل ۱. رابطه آلودگی‌های زیست‌محیطی و رشد اقتصادی (رویکرد سوم)

به‌طور کلی در مورد ارتباط بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست، برخی از نظریه‌ها را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

۱. کیفیت محیط‌زیست، یک کالای لوکس بوده و کشش درآمدی آن بیشتر از یک است؛ به‌طوری‌که مردم در مراحل اولیه توسعه، ارزش زیادی برای محیط‌زیست قائل نیستند، ولی بعد از رسیدن به سطح درآمد بالاتر که در آن، برخی از نیازهای اساسی برآورده شده، حاضرند هزینه بیشتری برای محیط‌زیست پرداخت نمایند.

۲. از آنجا که با افزایش درآمد، سطح آموزش و تحصیلات در جامعه افزایش می‌یابد، لذا حساسیت مردم نسبت به عواقب فعالیت‌های اقتصادی در مورد مسائل زیست‌محیطی بیشتر می‌شود.

۳. رشد اقتصادی مقررات سخت‌گیرانه زیست‌محیطی را از طریق تقویت نهادهای اجتماعی به دنبال دارد. نتایج برخی از مطالعات بیان‌گر این است که دولت‌های کشورهای توسعه‌یافته نسبت به سایر کشورها مقررات زیست‌محیطی سخت‌گیرانه‌تری وضع می‌نمایند.

۴. بهبود فناوری که با رشد اقتصادی رخ می‌دهد، منجر به کاهش تخریب محیط‌زیست از طریق افزایش بهره‌وری می‌شود (فشاری و همکاران، ۱۳۹۴، ۱۳۲).

در برخی مطالعات اخیر، منحنی کوزنتس به دلیل عدم توانایی در نشان دادن دیدگاه‌های کارایی یا عدم کارایی سیاست‌های زیست‌محیطی کشورها و همچنین به دلیل عدم تفسیر علت روابط آلودگی و درآمد مورد انتقاد قرار گرفته است (آنت و پلر و همکاران، ۲۰۰۱؛ کولپند و تیلور^۱، ۲۰۰۴). در این مطالعات، رابطه رشد اقتصادی و محیط‌زیست در یک ادبیات جدید با شکست رابطه آلودگی و رشد اقتصادی به سه جزء مجزا مطرح شده و با ارائه تفسیر معناداری از اثرات متفاوت رشد اقتصادی بر میزان آلودگی، بر کاستی‌های رویکرد کوزنتس غلبه گردیده است.

۱. **اثر مقیاسی رشد اقتصادی:** رشد اقتصادی بیشتر، باعث استفاده بیشتر از نهاده‌ها می‌شود، در واقع اثرگذاری فعالیت‌های بشر بر محیط‌زیست با افزایش حجم فعالیت‌های اقتصادی در فرایند رشد افزایش می‌یابد زیرا اصولاً رشد اقتصادی و در نتیجه افزایش تولید و مصرف، لزوماً نیازمند مصرف مواد اولیه و انرژی بیشتری است که منجر به تخریب محیط‌زیست می‌شود.
۲. **اثرات فنی رشد اقتصادی:** اثرات فنی رشد اقتصادی باعث برگشت منحنی تقاضای آلودگی می‌شود. به اعتقاد برخی از اقتصاددانان، رشد اقتصادی ممکن است از طریق تغییرات تکنولوژیکی، کیفیت محیط‌زیست را بهبود بخشد؛ بنابراین می‌توان انتظار داشت که انتشار گازهای گلخانه‌ای در مراحل اولیه رشد، افزایش یافته و به اوج رسیده و در نهایت با افزایش درآمد سرانه، آلودگی محیط‌زیست کاهش می‌یابد. البته اجرای این سیاست می‌تواند در شرایطی، عواقب مخربی داشته باشد؛ زیرا این امکان وجود دارد که نقطه آسیب‌پذیر غیرقابل برگشت اکوسیستم خاص همان نقطه برگشت بهبود محیط‌زیست باشد.
۳. **اثرات ترکیبی رشد اقتصادی:** در طول دوره رشد، فعالیت‌های اقتصادی به‌عنوان ساختار اقتصاد تغییر می‌کنند. به‌عنوان مثال، روی آوردن مردم از کشاورزی به

بخش صنعتی و یا تغییر نوع صنایع آلوده‌کننده به صنایع پاک. اثرات ترکیبی رشد می‌تواند اثر مثبت یا منفی بر میزان آلودگی داشته باشد (مدیسون^۱، ۲۰۰۶).

۳- مطالعات تجربی

الف- مطالعات تجربی خارجی

مدیسون و رهدانز^۲ (۲۰۰۸)، در مطالعه خود با عنوان انتشار کربن و رشد اقتصادی: علیت همگن در پانل‌های ناهمگن، با استفاده از آزمون همگن در پانل‌های غیرهمگن در ۱۳۴ کشور جهان طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۰ رابطه علی بین انتشار آلودگی و رشد اقتصادی را بررسی کردند. نتایج حاکی از وجود یک رابطه علیت دوطرفه بین انتشار سرانه دی‌اکسید کربن و تولید ناخالص داخلی سرانه در سطوح مختلف درآمد سرانه و همچنین در مناطق جغرافیایی گسترده می‌باشد. ولی در آسیا به علت وجود کشورهایمانند چین و هند که از آلوده‌کننده‌ترین کشورهای جهان هستند، هیچ رابطه علی بین انتشار سرانه دی‌اکسید کربن و درآمد سرانه یافت نشد.

بیک و کو^۳ (۲۰۰۹)، با استفاده از تحلیل هم‌جمعی و الگوی VECM^۴ روابط کوتاه و بلندمدت بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست را در چین و هند بررسی کردند. براساس نتایج، رشد اقتصادی هر دو کشور آلودگی محیط‌زیست را افزایش داده است.

هان و زو^۵ (۲۰۱۱)، در تجزیه و تحلیلی تجربی بر روی رابطه دینامیک انرژی، اقتصاد و محیط‌زیست در چین طی سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۸۳ و با استفاده از روش VAR^۶، نظریه‌های اقتصادی هم‌انباشتگی جوهانسون و مدل VECM، به این نتیجه رسیدند که یک رابطه بلندمدت پایدار و یک سیستم گردش متقابل بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و محیط‌زیست وجود دارد و آلودگی محیط‌زیست دارای تأثیر منفی بر رشد اقتصادی است. همچنین آلودگی محیط‌زیست یک رابطه بلندمدت انحصاری با رشد

-
1. Maddison
 2. Maddison and Rehdanz
 3. Beak and Koo
 4. Vector error correction model
 5. Han and Zhu
 6. Vector autoregression

اقتصادی دارد و آلودگی محیطی به تدریج تحت تأثیر مصرف انرژی نقش بازدارنده‌ای بر رشد اقتصادی دارد.

آتیل آسیسی^۱ (۲۰۱۳)، در مطالعه خود با عنوان رشد اقتصادی و تأثیر آن بر محیط‌زیست با استفاده از داده‌های پانل به بررسی رابطه بین درآمد سرانه واقعی و فشار واقعی بر طبیعت در ۲۱۳ کشور بین سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۷۰ پرداخت. نتایج حاکی از رابطه مثبت میان درآمد سرانه و فشار سرانه بر طبیعت می‌باشد. این تأثیر در کشورهای با درآمد متوسط از کشورهای کم‌درآمد و با درآمد زیاد شدیدتر است.

ماهاپاترا و همکاران^۲ (۲۰۱۶) در مقاله خود با عنوان "اثرات مقیاس و فنی پویای رشد اقتصادی، روندهای نامتقارن اثرات رشد اقتصادی بر میزان آلودگی کانادا را بررسی کردند. نتایج نشان داد که اثرات فنی و مقیاسی دارای اجزا پویای معناداری هستند و لذا این اثرات پویا برای ارزیابی تأثیر رشد اقتصادی بر محیط‌زیست، ضروری است.

ب- مطالعات تجربی داخلی

فطرس و معبودی، (۱۳۹۰)، در تحقیقی با عنوان رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلودگی هوا در ایران، با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی تودا-یاماموتو به بررسی وجود و جهت علیت گرنجری بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۵۰ در ایران پرداختند. نتایج نشان‌دهنده رابطه علیت دوطرفه‌ای بین رشد تولید ناخالص داخلی و نشر دی‌اکسیدکربن بوده، همچنین وجود رابطه U معکوس بین رشد تولید ناخالص داخلی و نشر دی‌اکسیدکربن تأییدکننده فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در ایران می‌باشد.

اسلاملوئیان و همکاران (۱۳۹۲)، در مطالعه خود با عنوان بررسی ارتباط پویای محصول و آلودگی در چارچوب یک الگوی رشد: آزمون فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس برای اقتصاد ایران، ارتباط رشد اقتصادی و آلودگی برای ایران را طی دوره ۱۳۳۸-۱۳۸۷ از دو منظر تئوریک و تجربی بررسی نمودند، نتایج حاکی از افزایش دی‌اکسیدکربن سرانه همراه با افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه طی زمان می‌باشد.

صادقی، سمیه و صادقی، ثریا (۱۳۹۳)، در مطالعه خود با استفاده از آزمون همگرایی پدرونی و روش FMOLS^۳ به بررسی پیامدهای زیست‌محیطی رشد اقتصادی و

1. Atil Acisi

2. Mohapatra et al.

3. fully modified ordinary least squares

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای در حال توسعه در طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۹۰ پرداختند. طبق نتایج مطالعه آن‌ها، وجود منحنی کوزنتس زیست‌محیطی در کشورهای در حال توسعه تأیید می‌شود.

پهلوانی و همکاران (۱۳۹۳)، در مقاله‌ای با عنوان بررسی تأثیر توسعه تجارت و رشد اقتصادی بر کیفیت محیط‌زیست در ایران، با استفاده از داده‌های سری زمانی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۷۰ و مدل‌های VAR و VECM آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت تأثیر توسعه تجارت و رشد اقتصادی بر کیفیت محیط‌زیست در ایران را بررسی کردند. نتایج تحقیق بیانگر آن است که رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای باز بودن تجاری، تولید ناخالص داخلی، نسبت شهرنشینی، مصرف انرژی و شاخص آلودگی هوا برقرار است. در حالت کوتاه‌مدت، متغیر جمعیت شهرنشین و مصرف انرژی بالاترین تأثیری را بر میزان تولید دی‌اکسید گوگرد داشته است.

فشاری و همکاران (۱۳۹۴) در مقاله‌ای رابطه بین توسعه بخش‌های صنعتی و کشاورزی و آلودگی سرانه آب در ایران را با استفاده از رهیافت تودا و یاماموتو و حداقل مربعات پویا برای سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۷۵ بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که در کوتاه‌مدت، یک رابطه علی یک‌طرفه از سوی متغیرهای ارزش‌افزوده بخش صنعت و مصرف انرژی به متغیر انتشار آلودگی سرانه آب برقرار بوده و در بلندمدت این رابطه مثبت و معنی‌دار می‌باشد.

بررسی مطالعات انجام شده در داخل و خارج از کشور نشان می‌دهد، با توجه به اثرات گسترده و متفاوتی که رشد اقتصادی بر محیط‌زیست دارد، می‌توان با تفکیک اثرات آن، تأثیر این متغیر را بر آلودگی زیست‌محیطی بهتر و شفاف‌تر ارزیابی نمود.

۴- داده‌ها و روش‌شناسی پژوهش

تصریح مدل

در مطالعه حاضر، از روش‌شناسی الگوهای خود توضیح برداری پانل (PVAR) استفاده شده است؛ روشی که ترکیبی از رویکرد الگوهای خود توضیح برداری و داده‌های ترکیبی است. در این روش تمام متغیرهای الگو، با رویکرد داده‌های ترکیبی، درون‌زا خواهند بود. این موضوع به ما اجازه می‌دهد تا ناهمگنی انفرادی نادیده شده نیز مورد

بررسی قرار گیرد (لاو و زینچو^۱، ۲۰۰۶). الگوی PVAR همان ساختار الگوی VAR را دارد، یعنی تمام متغیرها درون‌زا و وابسته فرض شده‌اند، اما بعد سطح - مقطع نیز به الگو اضافه شده است؛ بنابراین Y_t نسخه پیشته شده y_{it} بردار G متغیرهایی برای هر واحد $i = 1, \dots, N$ خواهد بود. $Y_t = (y'_{1t}, y'_{2t}, \dots, y'_{Nt})'$ نماد i کلی است و می‌تواند نشان‌دهنده کشورها، بخش‌ها، بازارها یا ترکیبی از آن‌ها یک الگوی PVAR به صورت معادله (۱) خواهد بود.

$$y_{it} = A_{0i}t + A_iLY_{t-1} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, N \quad (1)$$

که در آن برداری از $G \times 1$ از جملات خطاست^۲.

زمانی که متغیرهای برون‌زا نیز در الگو وجود داشته باشند، الگوی PVAR به صورت معادله (۲) خواهد بود:

$$y_{it} = A_{0i}t + A_iLY_{t-1} + F_iLW_t + u_{it} \quad (2)$$

با توجه به بررسی مطالعات تجربی مختلف و مبانی نظری ارائه شده (از جمله؛ مطالعه موهاپاترا و همکاران، ۲۰۱۶) از تأثیرگذاری رشد اقتصادی بر آلودگی، الگوی مورد استفاده در این تحقیق در چارچوب روش‌شناسی خود توضیح برداری پانلی به شکل معادله (۳) خواهد بود.

$$POLL_{it} = \Gamma(L)Y_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

که در آن، Y_{it} : برداری شامل چهار متغیر؛

INCOME: درآمد واقعی سرانه خانوارها به ازای میانگین تعداد اعضای خانوارها و به قیمت ثابت سال پایه ۱۳۹۰ به‌عنوان معیار اثرات فنی (برحسب میلیون ریال به نفر)،
GDP²: مجذور تولید ناخالص داخلی واقعی به قیمت ثابت سال پایه ۱۳۹۰ به‌عنوان معیار اثرات مقیاسی (برحسب میلیارد ریال)،

KL: سرمایه به نیروی کار به‌عنوان معیار اثرات ترکیبی (برحسب هزار ریال به نفر)،

UR: نرخ بیکاری به‌عنوان متغیر کنترل (برحسب درصد) است.

همچنین $\Gamma(L)$ ماتریس چندجمله‌ای از عملگر وقفه به‌طوری که $\Gamma(L) = \Gamma_1L^1 + \Gamma_2L^2 + \dots + \Gamma_pL^p$ ، برداری از اثرات خاص استان‌ها و ε_{it} بردار جملات خطاست.

1. Love and Zicchino

۲. جهت آشنایی بیشتر با الگوی PVAR به مطالعه لاو و زیکچینو (۲۰۰۶) مراجعه نمایید.

POLL_{it}: حجم انتشار گاز دی‌اکسید کربن به‌عنوان شاخص کیفیت محیط‌زیست برحسب میلیون تن. از آنجایی که هیچ آمار رسمی از انتشار CO₂ برای استان‌های کشور وجود ندارد، لذا از مدل انتشار کربن برمبنای سوخت استفاده شده است (چانگ^۱، ۲۰۱۳؛ فلاحی و حکمتی‌فرید، ۱۳۹۲).

$$CO_2 \text{ انتشار} = \sum A_{it} \cdot CCF \cdot HE \cdot COF \cdot \left(\frac{44}{12}\right) \quad (4)$$

در رابطه (۴)، A مصرف هر سوخت، CCF مقدار کربن، HE ارزش حرارتی، COF کربن اکسیداسیون و $\frac{44}{12}$ نسبت وزنی مولکول‌های CO₂ به کربن می‌باشد. اطلاعات و داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از جمله: درآمد سرانه از طریق تقسیم تولید ناخالص داخلی به میانگین تعداد خانوار به‌دست‌آمده است که اطلاعات آن از حساب‌های منطقه‌ای و گزارشات بودجه خانوار موجود در بانک مرکزی تهیه شده است.

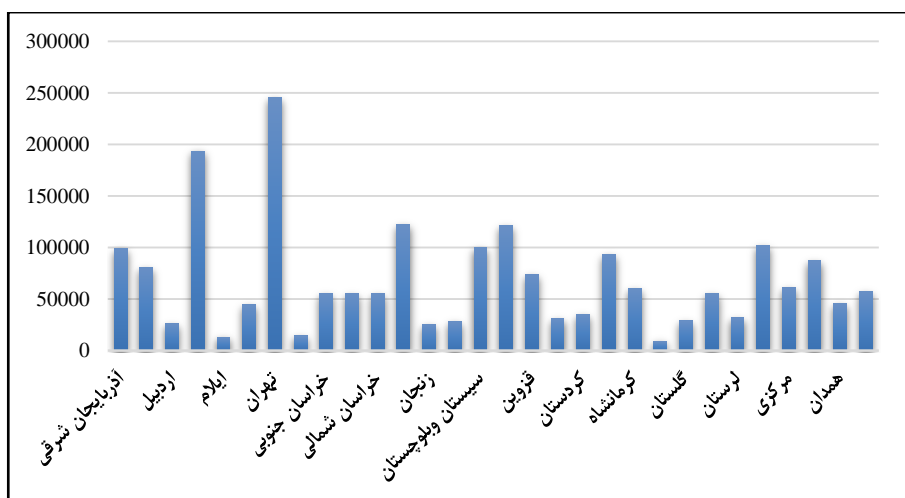
برای توان دوم تولید ناخالص داخلی نیز از اطلاعات حساب‌های منطقه‌ای موجود در مرکز آمار استفاده شده است.

شاخص سرمایه به نیروی کار که نشان‌دهنده اثرات ترکیبی رشد اقتصادی است از تقسیم متغیر تشکیل سرمایه ناخالص که به‌صورت میانگین وزنی از تولید ناخالص داخلی هر استان ضربدر تشکیل سرمایه ناخالص داخلی کشوری به دست آمده است. نرخ بیکاری نیز در نتایج آمارگیری از نیروی کار که توسط مرکز آمار ایران منتشر می‌شود، جمع‌آوری شده است.

این اطلاعات برای ۳۰ استان کشور و در بازه زمانی ۱۳۸۴-۱۳۹۵ گردآوری شده است. لازم به ذکر است تمام متغیرهای پولی برحسب شاخص قیمت کالاها و خدمات استانی، تورم‌زدایی و واقعی شده‌اند.

در شکل زیر میانگین انتشار دی‌اکسید کربن به‌عنوان شاخص آلودگی زیست‌محیطی در استان‌های ایران طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۹۵ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید وضعیت آلودگی در کلان‌شهرهای کشور نسبت به بقیه استان‌ها بیشتر است، دلیل آن هم به‌وضوح به وجود کانال‌های مختلف آلودگی از جمله؛ افزایش تعداد خودروها، کارخانجات انتشار دهنده آلاینده و غیره مربوط می‌شود.

به طوری که استان های تهران، اصفهان و خوزستان به ترتیب دارای ۲۴۵، ۱۹۳ و ۱۲۲ هزار میلیون تن انتشار دی اکسید کربن در دوره زمانی مورد بررسی هستند و به عنوان استان هایی با سطح آلودگی بالا شناخته شده اند؛ و در مقابل استان های کهگیلویه و بویراحمد، ایلام و چهارمحال بختیاری به ترتیب با ۹، ۱۳ و ۱۴ هزار میلیون تن انتشار دی اکسید کربن در طول سال های ۱۳۸۴-۱۳۹۵ مواجه هستند و به استان هایی با سطح آلودگی پایین تر شناخته می شوند.



شکل ۱. میانگین انتشار دی اکسید کربن به عنوان شاخص آلودگی زیست محیطی در استان های ایران طی سال های ۱۳۸۴-۱۳۹۵، بر حسب میلیون تن

منبع: یافته های تحقیق

معیارهای اندازه گیری اثرات فنی، مقیاسی و ترکیبی رشد اقتصادی

همان طور که در مبانی نظری نیز اشاره شد، سه سازوکار اثرگذاری رشد اقتصادی بر کیفیت محیط زیست قابل شناسایی است که به ترتیب عبارتند از: افزایش مقیاس تولید، رشد فنی و تغییرات ساختاری. در مطالعاتی که تاکنون صورت گرفته، شاخص های متعددی برای این اثرات در نظر گرفته شده است، به عنوان مثال؛ پانیوتو^۱ (۱۹۹۷)، از تولید ناخالص داخلی بخش صنعت به کل تولید ناخالص داخلی به عنوان معیار ترکیبی،

1. Panayotou

مجذور GDP به‌عنوان معیار مقیاسی و درآمد سرانه نیز به‌عنوان معیار فنی استفاده کرده است. کول و الیوت^۱ (۲۰۰۳) معیار مقیاسی و فنی را با استفاده از GDP سرانه و مجذور GDP به دست آوردند؛ و اما در مطالعه حاضر، از نسبت سرمایه به نیروی کار برای اندازه‌گیری اثرات ترکیبی، مجذور GDP برای اثرات مقیاسی و درآمد سرانه برای اثرات فنی استفاده شده است (آنت‌ویلر و همکاران^۲، ۲۰۰۱؛ موهاپاترا و همکاران^۳، ۲۰۱۶). هدف اصلی در این پژوهش بررسی تکانه‌های وارده به اثرات رشد اقتصادی و پاسخ آلودگی به آن‌ها می‌باشد تا مشخص شود که در ایران تغییر در چه نوع اثرات رشد اقتصادی موجب تغییر در آلودگی خواهد شد.

۵- یافته‌های پژوهش

آزمون‌های ریشه واحد پانلی

یکی از مشکلات عمده در رگرسیون سری‌های زمانی، پدیده رگرسیون ساختگی است، یعنی با وجود ضریب تعیین بالا، رابطه معناداری بین متغیرها وجود ندارد. مسئله رگرسیون ساختگی می‌تواند برای مدل تلفیقی و پانلی نیز همانند مدل‌های سری زمانی مطرح گردد. لذا قبل از برآورد مدل، لازم است مانایی متغیرهای مورد استفاده در مدل و همچنین وجود هم‌انباشتگی بین متغیرها بررسی شود. به‌منظور بررسی مانایی متغیرها از آزمون‌های ریشه واحد پانلی لوین، لین و چو^۴ (۲۰۰۲)، ایم، پسران و شین^۵ (۲۰۰۳)، فیلیپس و پرون^۶ (۱۹۸۸) و آزمون دیک‌فولر^۷ (۲۰۰۱) استفاده شده است. نتایج این آزمون‌ها در جدول (۱) ارائه شده است. فرضیه صفر این آزمون‌ها، بیانگر نامانایی متغیرهاست.

-
1. Cole and Elliott
 2. Antweiler et al.
 3. Mohapatra et al.
 4. Levin, Lin and Chu (LLC)
 5. Im, Pesaran and Shin (IPS)
 6. Phillips & Perron (PP)
 7. Dicky Fuller (ADF)

جدول ۱. نتایج حاصل از آزمون‌های ریشه واحد پانلی (با در نظر گرفتن عرض از مبدأ)

متغیرها	طول وقفه	آماره آزمون LLC	آماره آزمون IPS	آماره آزمون ADF	آماره آزمون PPF
LGDP ²	۰	* ۲/۵۰۹۳ (۰/۹۹۴۰)	۶/۰۲۶۵ (۱/۰۰۰۰)	۲۸/۲۸۰۸ (۰/۹۹۹۸)	۲۹/۷۱۴۷ (۰/۹۹۹۶)
D(LGDP ²)	۱	-۱۳/۱۲۹۹ (۰/۰۰۰۰)	-۶/۸۴۴۱ (۰/۰۰۰۰)	۱۶۲/۹۶۶ (۰/۰۰۰۰)	۹۶/۷۵۱۰ (۰/۰۰۰۰)
LINCOME	۰	۰/۱۲۹۴ (۰/۵۵۱۵)	۶/۸۰۵۲ (۱/۰۰۰۰)	۷/۸۶۵۶ (۱/۰۰۰۰)	۶/۵۱۱۳ (۱/۰۰۰۰)
D(LINCOME)	۱	-۱۴/۳۱۰۰ (۰/۰۰۰۰)	-۸/۸۰۲۰ (۰/۰۰۰۰)	۱۹۷/۵۳۰ (۰/۰۰۰۰)	۳۰۷/۷۵۴ (۰/۰۰۰۰)
LKL	۰	۴/۱۷۶۵ (۱/۰۰۰۰)	۳/۳۹۷۷ (۰/۹۹۹۷)	۴۵/۷۶۳۸ (۰/۹۱۲۶)	۳۰/۶۲۲۲ (۰/۹۹۹۴)
D(LKL)	۱	-۷/۲۷۱۱ (۰/۰۰۰۰)	-۴/۱۶۰۳ (۰/۰۰۰۰)	۱۴۰/۶۹۸ (۰/۰۰۰۰)	۱۴۵/۸۹۸ (۰/۰۰۰۰)
LPOLL	۰	-۴/۸۶۲۷ (۰/۰۰۰۰)	-۲/۴۴۱۰ (۰/۰۰۰۷۳)	۱۶۹/۳۴۲ (۰/۰۰۰۰)	۲۲۴/۳۳۹ (۰/۰۰۰۰)
LUR	۰	-۴/۶۲۶۲ (۰/۰۰۰۰)	-۲/۷۵۱۶ (۰/۰۰۰۳۰)	۹۲/۴۶۰۷ (۰/۰۰۰۴۵)	۱۰۴/۰۱۰ (۰/۰۰۰۰۴)

*اعداد بالا ضرایب آماره آزمون‌های مربوط به متغیرها و اعداد داخل پرانتز احتمال آن‌ها می‌باشد.

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی مقادیر آماره‌های محاسبه شده و احتمال پذیرش آن‌ها نشان می‌دهد که متغیرهای آلودگی و نرخ بیکاری در سطح مانا بوده و دارای میانگین، واریانس و ساختار خود کوواریانس ثابت هستند. لذا فرضیه صفر مبنی بر نامانایی متغیرها در سطح اطمینان ۹۵ درصد رد می‌شود. سایر متغیرها در سطح مانا نبوده ولی با یک‌بار تفاضل‌گیری مانا شدند.

آزمون هم‌انباشتگی پانلی

اگر نتایج آزمون ریشه واحد دلالت بر این امر داشته باشد که متغیرها هم‌انباشته از درجه ۱ باشند، در گام بعدی به آزمون وجود روابط تعادلی بلندمدت در بین متغیرها

پرداخته می‌شود. با توجه به وجود ناهمگنی در پویایی‌ها و واریانس جملات خطا پانل ما از آزمون هم‌انباشتگی پانل معرفی شده توسط پدرونی^۱ (که امکان بررسی چنین ناهمگنی‌هایی در مدل‌های پانل را فراهم می‌سازد) استفاده می‌شود، زیرا این آزمون امکان وجود ناهمگنی در عرض از مبدأ و شیب معادله هم‌انباشتگی را فراهم می‌سازد. آزمون هم‌انباشتگی پدرونی از پسماندهای تخمین زده شده و حاصله از رگرسیون بلندمدت استفاده می‌کند و شکل کلی آن به صورت معادله (۵) می‌باشد:

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_{1i} x_{1it} + \beta_{2i} x_{2it} + \dots + \beta_{mi} x_{mit} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

که در آن $i=1, 2, \dots, N$ برای هر یک از استان‌های موجود در مدل و $t=1, 2, \dots, T$ اشاره به دوره زمانی دارد و m اشاره به تعداد متغیرهای توضیحی دارد. متغیرهای α_i و δ_i امکان بررسی اثرات ثابت خاص استان‌ها و همچنین روندهای معین را فراهم می‌سازند. ε_{it} پسماندهای تخمین زده شده از روابط بلندمدت می‌باشد. به منظور تشخیص روابط بلندمدت در بین متغیرها، می‌توان معناداری آماری γ_i را از طریق معادله (۶) مورد بررسی قرار داد:

$$\hat{\varepsilon}_{it} = \gamma_i \hat{\varepsilon}_{it-1} + u_{it} \quad (6)$$

در این عبارت $\hat{\varepsilon}_{it}$ پسماند دستی به دست آمده از تخمین رابطه (۵) است. پدرونی هفت آماره مختلف را در دو گروه متمایز جهت بررسی و آزمون فرض صفر مبتنی بر عدم وجود بردار هم‌انباشتگی در مدل‌های پانل ناهمگن معرفی نموده است. گروه اول آزمون‌ها مشهور به درون بعدی است که عوامل زمانی رایج را در نظر می‌گیرد. این گروه از آزمون‌ها امکان ناهمگنی در بین استان‌ها را فراهم می‌سازند. گروه دیگر بین بعدی نام دارد که امکان ناهمگنی بین استان‌ها را فراهم می‌سازد. هفت آماره‌ای که پدرونی برای آزمون هم‌انباشتگی پانل بکار برد، عبارتند از:

گروه اول؛ آماره‌های آزمون درون بعدی:

۱. آماره پانل γ^2

۲. آماره‌های پانل ρ از نوع فیلیپس- پرون^۳

1. Pedroni
2. Panel Phillips-Perron type r-statistics
3. Panel Phillips-Perron type t-statistic

۳. آماره پانل t از نوع فیلیپس- پرون^۱
۴. آماره پانل از نوع دیکی- فولر تعمیم یافته^۲
- گروه دوم؛ آماره‌های آزمون بین بعدی:
۱. آماره‌های ρ فیلیپس- پرون گروهی^۳
۲. آماره t فیلیپس- پرون گروهی^۴
۳. آماره ADF t گروهی^۵

برای آماره‌های درون بعدی و میان بعدی، آزمون فرض صفر مثبتی بر عدم وجود هم‌انباشتگی آزمون بر اساس پسماندهاست. نتایج در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج حاصل از آزمون هم‌انباشتگی پدرونی (با در نظر گرفتن عرض از مبدأ و در سطح)

فرضیه صفر: عدم وجود هم‌انباشتگی (آزمون‌های درون بعدی)				
آزمون‌ها		آماره‌های وزنی		
آماره	احتمال	آماره	احتمال	
-۲/۶۰۰۹	۰/۹۹۵۴	-۳/۵۸۵۴	۰/۹۹۹۸	Panel v-Statistic
۴/۲۵۷۵	۱/۰۰۰۰	۳/۸۱۶۲	۰/۹۹۹۹	Panel rho-Statistic
-۴/۳۳۲۹	۰/۰۰۰۰	-۸/۶۱۴۳	۰/۰۰۰۰	Panel PP-Statistic
-۳/۴۷۱۵	۰/۰۰۰۳	-۶/۱۴۶۷	۰/۰۰۰۰	Panel ADF-Statistic
فرضیه صفر: عدم وجود هم‌انباشتگی (آزمون‌های میان بعدی)				
	آماره	احتمال		
Group rho-Statistic	۶/۲۳۸۱	۱/۰۰۰۰		
Group PP-Statistic	-۱۱/۶۵۶۲	۰/۰۰۰۰		
Group ADF-Statistic	-۵/۷۷۸۳	۰/۰۰۰۰		

منبع: یافته‌های تحقیق

1. Augmented Dickey-Fuller (ADF) type t-statistic
2. Group Phillips-Perron type r-statistics
3. Group Phillips-Perron type t-statistic
4. Group Philips t-statistic
5. Group ADF type t-statistic

با توجه به نتایج جدول (۲)، وجود هم‌انباشتگی بین متغیرهای الگو رد نخواهد شد و فرضیه صفر مبنی بر وجود هم‌انباشتگی تأیید می‌شود؛ بنابراین وجود رابطه تعادلی بلندمدت و عدم وجود رگرسیون کاذب نیز بین متغیرهای الگو تأیید خواهد شد.

آزمون تعیین وقفه بهینه

در یک مدل VAR تشخیص وقفه بهینه از اهمیت زیادی برخوردار است تا بتوان اطمینان حاصل کرد که جملات خطا فرضیات کلاسیک را دارا هستند (ابریشمی، ۱۳۷۸، ۹۵۷). بدین منظور جهت تعیین وقفه بهینه، از معیارهای مختلفی همچون معیار شوارتز^۱ (SC)، آکائیک^۲ (ALC)، حنان کوئین^۳ (HQC) استفاده می‌شود. اگر در برآوردی کمترین مقدار هر یک از آماره‌های فوق حاصل شود، مقدار بهینه وقفه را خواهیم داشت. نتایج آزمون‌های تعیین وقفه بهینه در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج حاصل از تعیین وقفه بهینه

تعداد وقفه	معیار شوارتز	معیار آکائیک	معیار حنان-کوئین
۰	۸/۹۴۸۱	۸/۸۶۸۴	۸/۹۰۰۶
۱	* -۱/۴۰۵۳	-۱/۸۸۳۴	-۱/۶۹۰۱
۲	-۱/۲۲۰۶	-۲/۰۹۷۲	-۱/۷۴۲۹
۳	-۱/۴۰۱۱	-۲/۶۷۶۲	-۲/۱۶۰۷
۴	-۱/۱۸۷۶	* -۲/۸۶۱۲	* -۲/۱۸۴۶

*علامت ستاره بیانگر وقفه‌ی بهینه براساس معیار موردنظر است.

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به این که آماره شوارتز نسبت به سایر آماره‌ها از درجه آزادی کمتری برخوردار است و تعداد داده‌های کمتری نیز در این آماره از دست می‌روند، لذا براساس معیار شوارتز وقفه یک به‌عنوان وقفه بهینه تعیین گردیده است.

1. Schwarz information criterion
2. Akaike information criterion
3. Hannan-Quinn information criterion

مسیرهای پاسخ آلودگی به تغییرات رشد اقتصادی (تحلیل واکنش آنی)

تابع عکس‌العمل، از جمله ابزارهایی است که به وسیله آن می‌توان حرکت‌های پویای متغیر را تشخیص داد. در این تابع، اثر تکانه به اندازه یک انحراف معیار در هر یک از متغیرهای انتخابی سیستم بر کل متغیرهای سیستم ارزیابی می‌شود. در نمودار این توابع محور عمودی میزان انحراف معیار از مقادیر اولیه و محور افقی زمان را اندازه‌گیری می‌کند. (اثرات تکانه‌ها طی ۱۰ دوره مورد بررسی قرار گرفته است).

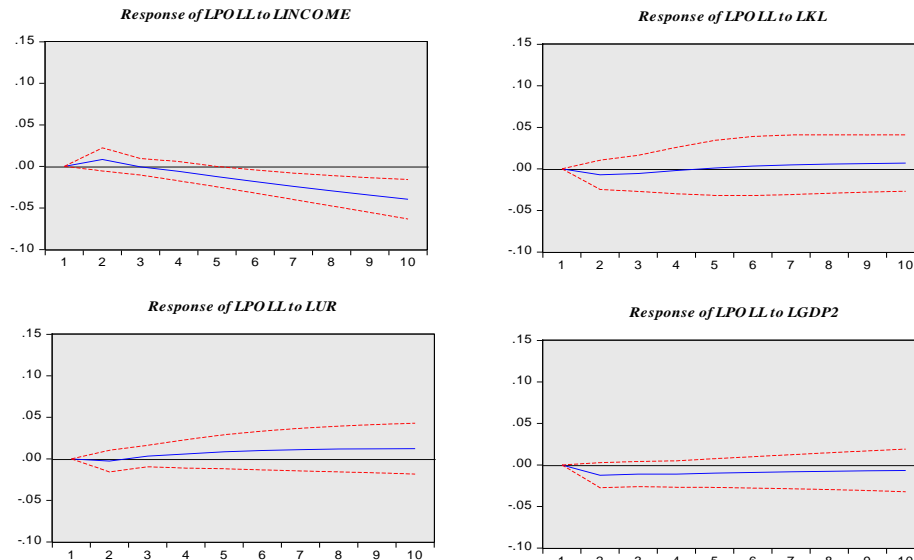
با توجه به نمودار (۱) مشاهده می‌شود، هرگاه تکانه یا تکانه‌ای مثبت، به اندازه یک انحراف معیار به درآمد سرانه (معیار فنی) وارد شود، باعث افزایش آلودگی در دو دوره نخست (۰/۰۰۸ درصد) می‌گردد. ولی از دوره دوم به بعد، تکانه‌های وارد شده باعث کاهش آلودگی زیست‌محیطی خواهد شد. به گونه‌ای که در پایان دوره دهم، انتشار CO₂ به ۰/۰۴- درصد رسیده است؛ بنابراین می‌توان گفت افزایش درآمد سرانه و وجود اثرات فنی در دوره مورد بررسی، موجب تغییرات درون‌زا در سیاست‌های زیست‌محیطی شده، در نتیجه از نهادها به گونه‌ای کارا تر استفاده شده است.

تکانه وارده به مجذور GDP (معیار مقیاسی) باعث کاهش جزئی در دوره‌های اول و دوم (۰/۰۱۲- درصد) شده، ولی بعد از آن به صورت ناچیزی افزایش یافته و تا پایان دوره دهم با یک نرخ ثابت (۰/۰۰۶- درصد) در حرکت است. لذا به صورت کلی می‌توان گفت، تکانه وارده به معیار مقیاسی تأثیر چندانی بر روی آلودگی زیست‌محیطی در استان‌های کشور نداشته است. دلیل آن را می‌توان در نوسانات تولید ناخالص داخلی کشور طی سال‌های مورد بررسی دانست. به عبارتی استفاده چندان زیادی از نهادها و در نتیجه افزایش مقیاس تولید نشده و لذا تأثیر چندانی نیز بر روی آلودگی نداشته است.

تکانه وارده به نسبت سرمایه به نیروی کار (معیار ترکیبی) نیز باعث تغییرات بسیار جزئی در آلودگی شده است، به طوری که پاسخ آلودگی در ابتدا کاهشی معادل ۰/۰۰۷- درصد در دوره دوم داشته است، ولی بعد از آن با یک روند صعودی به ۰/۰۰۷ درصد رسیده است. می‌توان گفت با افزایش نسبت سرمایه به نیروی کار و تغییر ساختار فعالیت‌های اقتصادی، آلودگی به تدریج افزایش خواهد یافت. از آنجایی که تغییر ساختار

اقتصادی را می‌توان در انتقال تولید از بخش کشاورزی به صنعت دانست، لذا نتیجه تبعی آن، افزایش آلودگی و کاهش کیفیت محیط‌زیست بوده است.

Response to Cholesky One S.D. Innovations ± 2 S.E.



نمودار ۱. مسیرهای پاسخ آنی آلودگی به رشد اقتصادی

توضیحات: خطوط پرننگ نشان‌دهنده توابع واکنش و خط چین‌های اطراف آن نشان‌دهنده خطاهای معیار در سطح اطمینان ۵ درصد می‌باشند. خطاها توسط روش مونت کارلو با ۱۰۰۰ بار تکرار برآورد شده‌اند.

منبع: یافته‌های تحقیق

همچنین با توجه به نمودار (۱)، هرگاه تکانه‌ای به نرخ بیکاری وارد شود، در دوره اول و دوم پاسخ آلودگی به آن $-۰/۰۰۳$ درصد است ولی در دوره‌های بعد، تکانه‌های وارده به نرخ بیکاری موجب افزایش آلودگی شده است، به‌گونه‌ای که در پایان دوره دهم، به $۰/۰۱۲$ درصد افزایش یافته است.

تجزیه واریانس آلودگی

تجزیه واریانس روشی برای بررسی پویایی مدل VAR است. این روش، تغییرات متغیرهای وابسته را به علت تکانه‌های وارده بر آن متغیر در مقابل تکانه‌های وارده به

سایر متغیرها بررسی می‌کند؛ بنابراین تجزیه واریانس اطلاعاتی در رابطه با اهمیت نسبی هریک از تکانه‌های تصادفی برای تحت تأثیر قرار دادن متغیرهای مدل آماده می‌کند. در ادامه تجزیه واریانس متغیر آلودگی زیست‌محیطی در یک دوره ۱۰ ساله ارائه شده است.

جدول ۴. تجزیه واریانس انتشار CO₂ به‌عنوان شاخص آلودگی زیست‌محیطی

دوره	انحراف معیار	شاخص آلودگی	معیار ترکیبی (نسبت سرمایه به نیروی کار)	معیار فنی (درآمد سرانه)	معیار مقیاسی (مجدور GDP)	نرخ بیکاری
۱	۰/۱۱۹۰	۱۰۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
۲	۰/۱۵۷۹	۹۸/۸۶۴۲	۰/۲۰۶۶	۰/۲۸۸۸	۰/۶۱۱۰	۰/۰۲۹۱
۳	۰/۱۸۸۵	۹۸/۷۴۷۹	۰/۲۲۷۷	۰/۲۰۳۳	۰/۷۷۰۵	۰/۰۵۰۴
۴	۰/۲۱۳۶	۹۸/۶۰۰۷	۰/۱۸۶۴	۰/۲۳۲۸	۰/۸۶۲۸	۰/۱۱۷۰
۵	۰/۲۳۵۲	۹۸/۲۶۴۸	۰/۱۵۶۰	۰/۴۶۵۷	۰/۸۸۸۱	۰/۲۲۵۱
۶	۰/۲۵۴۶	۹۷/۷۰۸۴	۰/۱۵۱۱	۰/۹۰۹۸	۰/۸۸۲۴	۰/۳۴۸۰
۷	۰/۲۷۲۳	۹۶/۹۳۷۹	۰/۱۶۳۹	۱/۵۶۶۱	۰/۸۶۰۸	۰/۴۷۱۱
۸	۰/۲۸۹۰	۹۵/۹۷۶۰	۰/۱۸۵۶	۲/۴۲۰۹	۰/۸۳۲۳	۰/۵۸۵۰
۹	۰/۳۰۴۸	۹۴/۸۴۱۶	۰/۲۱۱۴	۳/۴۶۰۳	۰/۸۰۱۲	۰/۶۸۵۴
۱۰	۰/۳۲۰۰	۹۳/۵۵۰۹	۰/۲۳۹۴	۴/۶۶۹۵	۰/۷۶۹۶	۰/۷۷۰۵

توضیحات: تجزیه واریانس براساس معیار چولسکی انجام شده و خطاهای آن در سطح اطمینان ۵ درصد و توسط روش مونت کارلو با ۱۰۰۰ بار تکرار برآورد شده است.
منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، در دوره اول تغییرات آلودگی، تنها ناشی از تغییرات خود متغیر است. در دوره‌های بعد، به تدریج اثرگذاری متغیرهای دیگر بر آلودگی افزایش می‌یابد، به طوری که در دوره دهم، ۹۳/۵۵ درصد تغییرات آلودگی ناشی از خود متغیر، ۴/۶۶ درصد ناشی از معیار فنی رشد اقتصادی، ۰/۷۶ درصد ناشی از معیار مقیاسی، ۰/۲۳ درصد ناشی از معیار ترکیبی و ۰/۷۷ درصد ناشی از متغیر کنترل نرخ بیکاری می‌باشد. بنابراین قسمت اعظم تغییرات آلودگی به دلیل خود آلودگی است، بعد از آن اثرگذاری معیار فنی بیشتر از سایر متغیرهاست. به عبارتی می‌توان گفت در

ایران، درآمد سرانه افراد نسبت به سایر معیارهای رشد اقتصادی، نقش مهم‌تری در روند کیفیت محیط‌زیست و افزایش آلودگی دارد.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

طی دو دهه اخیر ارتباط میان سطح توسعه‌یافتگی جوامع و میزان دستیابی به استانداردهای زیست‌محیطی و به تعبیری رعایت ملاحظات زیست‌محیطی در کانون توجه پژوهشگران قرار گرفته است. این موضوع در حوزه اقتصاد نیز با رویکردی خاص مورد توجه بوده و می‌باشد. یکی از موضوعاتی که در این حوزه کمتر مورد توجه بوده، اثرات مختلف رشد اقتصادی بر آلودگی است. در این مطالعه تلاش شده است، اثرات رشد اقتصادی به تفکیک سازوکارهای اثرگذاری بر انتشار CO₂ به‌عنوان شاخص آلودگی سنجیده شود. به عبارتی اثرات رشد اقتصادی بر کیفیت محیط‌زیست، به سه معیار افزایش مقیاس تولید (مجذور GDP)، رشد فنی (درآمد سرانه) و تغییرات ساختاری یا ترکیبی (نسبت سرمایه به نیروی کار) تفکیک و با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری پانلی (Panel VAR) و طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۸۴ برای ۳۰ استان کشور، پاسخ‌های آلودگی به این اثرات سنجیده شده است. نتایج حاصل از آزمون واکنش‌های آنی، دال بر اثرگذاری مثبت رشد فنی بر بهبود کیفیت محیط‌زیست است، به‌گونه‌ای که با افزایش درآمد سرانه به‌عنوان معیار فنی رشد اقتصادی، آلودگی کاهش یافته است؛ بنابراین با جایگزینی نهاده‌ها یا فرایندهای تولید با نهاده‌های کمتر آلاینده، حرکت به سمت محصولات بوم‌گرا، تولید ضایعات کمتر و یا تبدیل آن‌ها به اشکال کمتر آلاینده، رشد فنی محقق شده و به تبع آن اثرات مخرب زیست‌محیطی کاهش می‌یابد. همچنین این نتیجه دال بر مؤثر بودن نقش خانوارها در تغییرات زیست‌محیطی است، زیرا رشد اقتصادی همراه با افزایش درآمد سرانه و اولویت کیفیت زیست‌محیطی، باعث تغییرات درون‌زا در سیاست‌های اقتصادی شده و به تبع آن باعث بهبود روش‌های تولیدی در جهت کاهش آلودگی و رعایت مقررات زیست‌محیطی خواهد بود. نتایج این پژوهش دال بر بازگشت منحنی عرضه آلودگی و اثرگذاری منفی رشد اقتصادی بر آلودگی است. با افزایش مقیاس تولید و سطوح بالاتر تولید ناخالص داخلی، از نهاده‌های تولیدی (اعم از منابع طبیعی) بیشتر استفاده شده و همین امر موجب افزایش آلودگی خواهد

شد. نتایج این پژوهش در حوزه اثرات مقیاسی نشان داد که به دلیل نوسانات کاهشی در رشد اقتصادی و تولید کشور طی دوره مورد بررسی، به‌خصوص رشد منفی که در سال‌های ۸۸-۱۳۸۷ و ۹۲-۱۳۹۱ وجود داشته، تأثیر چندانی بر آلودگی نشان نداده است و تنها موجب افزایش جزئی در آلودگی شده است.

معیار ترکیبی (نسبت سرمایه به نیروی کار) که به نوعی به تغییرات ساختار اقتصادی مربوط می‌شود، نشان‌دهنده فرایند صنعتی شدن، تغییر نیازهای مصرف‌کنندگان و تغییرات تولید در گذر زمان است. نتایج بررسی اثرات ترکیبی رشد اقتصادی بر آلودگی نشان داد که طی ۱۰ دوره، پاسخ آلودگی به این اثرات به‌صورت جزئی روندی افزایشی داشته است. به عبارتی با افزایش نسبت سرمایه به نیروی کار، فرایند صنعتی شدن در جهت انتقال به صنایع انرژی‌بر بوده تا دانش‌محور و خدماتی. این تغییر ساختار، موجب افزایش انتشار CO₂ شده است. البته با توجه به روند کاهشی در سرمایه‌گذاری و اشتغال کشور، این متغیر نیز تأثیر چندانی بر آلودگی نداشته است.

نتایج تجزیه واریانس شاخص آلودگی نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات آلودگی ناشی از خود متغیر بوده و به‌تدریج با افزایش دوره‌ها، درآمد سرانه نیز بیشترین تأثیر را در میان معیارهای مختلف رشد اقتصادی بر آلودگی گذاشته است. همین امر لزوم توجه به نقش خانوارها در بهبود کیفیت محیط‌زیست را بیش از پیش آشکار می‌کند.

علاوه بر این، با توجه به برآوردهای به دست آمده از اثرات مقیاسی و ترکیبی، انتخاب یک معیار دقیق برای سیاست‌گذاران که نشان‌دهنده رابطه بین کیفیت محیط‌زیست و رشد اقتصادی باشد، همچنان از نقاط مبهم مطالعات پژوهشی است. نتایج این مطالعه نیز نشان داد که دلیل اثرات فنی بزرگ‌تر و اثرات مقیاسی کوچک‌تر، همچنان رشد اقتصادی در استان‌های ایران دارای ناهمبستگی بیشتری با آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌باشند.

از آنجایی که بخش عمده‌ای از ادبیات موضوع مربوط به رابطه رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست مربوط به فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس می‌باشد، به دلیل استفاده از یک معیار درآمدی ممکن است نتایج محدودکننده پیامدهای سیاستی باشد. درحالی‌که پژوهش حاضر نشان داد، یک نگاه سطحی و ساده به EKC، بیان‌کننده نقش دولت در افزایش رشد اقتصادی است، ولی بررسی عمیق‌تر EKC موجب می‌شود،

مکانسیم‌های دیگری همچون مقیاس فعالیت‌های اقتصادی و سیاست‌های درون‌زا نیز مطرح شوند.

با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهادات ذیل ارائه می‌شود:

۱- سیاست‌گذاری در جهت ارتقای تکنولوژی‌های موجود در کشور به سمت تکنولوژی‌های سازگار با محیط‌زیست که قابلیت جایگزینی با انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر را داشته باشند، می‌تواند با کاهش شدت مصرف انرژی و همچنین افزایش کارایی انرژی، گامی مؤثر در جهت رشد اقتصادی همراه با آلودگی کمتر به شمار آید.

۲- به دلیل نقش به‌سزایی که خانوارها در مصرف انرژی و به تبع آن انتشار آلاینده‌ها دارند، پیشنهاد می‌شود از مکانیسم‌هایی همچون قیمت‌گذاری کربن در استان‌ها، هماهنگی بین سطوح مختلف دولت در طراحی سیاست‌های و افزایش آگاهی مردم بهره گرفته شود.

۳- با توجه به اهمیت قوانین و ضوابط زیست‌محیطی، پیشنهاد می‌شود با شناخت کامل از وضعیت حاکم بر کشور و در قالب وضع ضوابط و استانداردهای زیست‌محیطی؛ فرایند توسعه را با هزینه زیست‌محیطی کمتری طی نمود. به عبارت دیگر ایران می‌تواند مقابل ضوابط زیست‌محیطی مؤثر و اعمال دقیق آن به‌گونه‌ای رفتار کند که منحنی کوزنتس تعریف شده برای آن‌ها در سطح پایین‌تری از تخریب زیست‌محیطی به نقطه عطف و بازگشت خود برسد.

منابع

اسلاملوئیان، کریم، هراتی، جواد و استادزاد، علی حسین (۱۳۹۲)، بررسی ارتباط پویای محصول و آلودگی در چارچوب یک الگوی رشد: آزمون فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس برای اقتصاد ایران، فصلنامه اقتصاد انرژی ایران، سال دوم، شماره ۷، صفحات ۱۹۷-۱۷۱.

پژویان، جمشید و تبریزیان، مرادحاصل، نیلوفر (۱۳۸۶)، بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، سال هفتم، شماره ۴، صفحات ۱۶۰-۱۴۱.

پهلوانی، مصیب، دهباشی، مهدیه و مرادی، ابراهیم (۱۳۹۳)، بررسی تأثیر توسعه‌ی تجارت و رشد اقتصادی بر کیفیت محیط‌زیست در ایران، تحقیقات اقتصادی، سال چهل و نهم، شماره ۳، صفحات ۴۸۲-۴۶۳.

صادقی، سمیه و صادقی، ثریا (۱۳۹۳)، پیامدهای زیست‌محیطی رشد اقتصادی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی: شواهدی از کشورهای در حال توسعه، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۷۰، صفحات ۹۲-۷۷.

فلاحی، فیروز و حکمتی‌فرید، صمد (۱۳۹۲). بررسی عوامل مؤثر بر میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در استان‌های کشور (رهیافت داده‌های تابلویی)، فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی. سال دوم، شماره ۶، صفحات ۱۵۰-۱۲۹.

فشاری، مجید، محمدی اقدم، کاظم و قمری نوتاش، نیر (۱۳۹۴)، بررسی رابطه بین توسعه بخش‌های صنعتی و کشاورزی و آلودگی سرانه آب در ایران (رهیافت تودا و یاماموتو و حداقل مربعات پویا، فصلنامه سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی دانشگاه الزهراء (س)، سال سوم، شماره ۸، صفحات ۱۵۴-۱۳۱.

فطرس، محمدحسن و معبودی، رضا (۱۳۹۰)، رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلودگی هوا در ایران. فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی، شماره یکم، صفحات ۲۱۱-۱۸۹.

Antweiler, W., Copeland, B.R., and Taylor, M.S. (2001). Is Free Trade Good for the Environment? *Am. Econ. Rev.* 91, pp. 877-908.

Atil, Asici, A. (2013), Economic Growth and its Impact on Environment: A Panel Data Analysis, *Ecological Indicators*. 24.

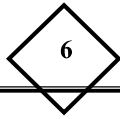
Beak, J., Koo, W.W. (2009). A Dynamic Approach to FDI-Environment Nexus: The Case of China and India, *Journal of International Economic Studies*, 13, pp. 1598-2769.

Chang (2013). Environmental Efficiency Analysis of Transportation System in China: A Non-Radial DEA Approach. *Energy Policy*, 58, pp. 277-283

Cole, M.A., Elliott, R.J.R. (2003). Determining the Trade-Environment Composition Effect: The Role of Capital, Labor and Environmental Regulations. *J. Environ. Econ. Manag.* 46, pp. 363-383.

Copeland, B., Taylor, M.S. (2004) Trade, Growth and the Environment. *Journal of Economic Literature* 42(1): 7-71.

- Han S., Zhu J. (2011). Research on the Dynamic Relationship of the Energy-Economy-Environment (3E) System-Based on an Empirical Analysis of China. *Journal of Energy Procordia*, 5, pp. 2397–2404.
- Kijima, M., Nishide, K., & Ohyama, A. (2010). Economic Models for the Environmental Kuznets Curve: A Survey. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(7), pp. 1187-1201.
- Love, I., & L. Zicchino (2006). Financial Development and Dynamic. Investment Behavior: Evidence from Panel VAR. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 46, pp. 190-210.
- Maddison, D. (2006). Environmental Kuznets Curves: a Spatial Econometric Approach. *Journal of Environmental Economics and management*, 51(2), pp. 218-230.
- Maddison, D., Rehdanz, K. (2008). Carbon Emissions and Economic Growth: Homogeneous Causality in Heterogeneous Panels, Kiel Working Paper, 1437, pp. 1-28.
- Mohapatra, S., Adamowicz, V. and Boxall, P. (2016). Dynamic Technique and Scale Effects of Economic Growth on the Environment. *Energy policy*, 57, pp. 256-264.
- Panayotou, T. (1997). Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool. *Environ. Dev. Econ.* 2, pp. 465-484.



The Technical and Scale Effects of Economic Growth on the Environment in Iranian Provinces; Panel VAR Approach

Shahram Fatahi¹

Associate Professor of Economics, Razi University, sh_fatahi@yahoo.com

Maryam Heidarian

Ph. D. Student of Public Sector Economics, Razi University,
maryamheidarian.1368@yahoo.com

Sara Moradi

M.A in Economics, Razi University, saramoradi070@gmail.com

Received: 2017/09/27 Accepted: 2018/04/03

Abstract

The effects of economic growth on the environment is one of the most important factors in current discussions in environmental economics. Industrialization of societies leads to further exploitation of fossil fuels such as coal, oil and gas. The combustion of these fuels leads to increased emission of toxic and dangerous gases and damages such as global warming and climate change. Therefore, in this study we use the VAR panel method to calculate the technical, scale and combination effects of economic growth on the environment of Iranian provinces for the 2005 to 2016 period. The results show that shocks to per capita income (a measure of technical effects) reduced environmental pollution (CO₂ emissions). However, shocks to GDP² (a measure of scale effects) and capital-labor ratio (a measure of combined effects) increased environmental pollution. Analysis of variance also showed that in Iran, per capita income has greater impact on environmental quality and pollution than other measures of economic growth.

JEL Classification: O44, O47, C33

Keywords: Technical Effects, Scale Effects, Combined Effects, Environmental Pollution, Panel VAR Method.

1. Corresponding Author