فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد/ سال دوم/ شماره ۴/ زمستان ۱۳۹۴/ صفحات ۱۶۸-۱۴۵

عوامل مؤثر بر انتشار گاز دی اکسید کربن در کشورهای در حال توسعه با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی بیزینی

علیرضا تمیزی

استادیار گروه اقتصاد دانشگاه پیام نور، al_tamizi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۹

چکیده

توجه به توسعه پایدار و لزوم حفاظت از محیط زیست و نیز اثرات نامطلوب آلودگی محیط زیست بر کیفیت زندگی سبب شده است که حفظ محیط زیست به یکی از مهمترین دغدغه-های سیاست‌گذاران اقتصادی تبدیل شود. به همین دلیل در طول چند دهه اخیر راه‌های بهبود کیفیت محیط زیست و عوامل تأثیرگذار بر آن، مطالعات نظری و تجربی گسترده‌ای را به خود اختصاص داده و در کانون توجه تحلیلگران اقتصادی قرار گرفته است. مروری بر نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که نداشتن چارچوب مشخص برای انتخاب متغیرهای توضیحی و تخمین مدل‌های مختلف آلودگی به نتایج و توصیه‌های سیاستی متفاوتی منجر شده است. یکی از راه‌های غلبه بر نااطمینانی در انتخاب متغیرها و همچنین نااطمینانی در انتخاب مدل، استفاده از روش‌های اقتصادسنجی بیزینی از جمله روش میانگین‌گیری مدل بیزینی (BMA) است. در این راستا، در این پژوهش سعی شده است با استفاده از داده‌های کشورهای در حال توسعه در یک دوره ۲۳ ساله ۲۰۱۴-۱۹۹۲ و با بهره‌گیری از رویکرد اقتصاد سنجی بیزینی اثر عوامل مؤثر بر انتشار گاز CO_2 (به عنوان مهمترین شاخص آلودگی هوا) مورد بررسی قرار گیرد. نتایج حاصل از روش میانگین‌گیری مدل بیزینی (BMA) نشان می‌دهد که فرضیه زیست محیطی کوزنتس مبنی بر وجود رابطه U معکوس بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در کشورهای در حال توسعه مورد تأیید قرار می‌گیرد. همچنین یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که متغیرهای مصرف انرژی، مصرف برق، و متغیرهای مربوط به صنعتی شدن رابطه مثبت و تقریبا با اهمیتی با انتشار گاز دی اکسید کربن دارند. در مقابل نرخ سواد و نابرابری درآمد نیز اثر کاهنده‌ای بر میزان انتشار CO_2 داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: انتشار گاز CO_2، محیط زیست، منحنی زیست محیطی کوزنتس (EKC)، میانگین گیری مدل بیزینی (BMA).

طبقه‌بندی JEL: C11 B22 O44.

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر، با توسعه فعالیت‌های صنعتی و نیز افزایش رشد جمعیت و نیاز به بهره‌برداری بیشتر از منابع محدود طبیعی، به خصوص در کشورهای در حال توسعه که از تکنولوژی بالایی جهت کاهش آلودگی برخوردار نیستند، نگرانی بشر در رابطه با خطرات تخریب محیط زیست افزایش یافته است (دینسر[۱]، ۱۹۹۹). در این میان آلودگی هوا به عنوان یکی از معزل‌های اساسی زیست محیطی مورد توجه مطالعات تجربی بوده است. یکی از مشکلاتی که در مطالعات مربوط به ارزیابی عوامل مؤثر بر آلودگی هوا وجود دارد، آن است که تنوع نظریه‌ها و فقدان یک مدل معین در این رابطه از یک سو و انبوهی از متغیرهای توضیحی بالقوه تأثیرگذار بر آلودگی از سوی دیگر، امکان استفاده از یک مدل اقتصادسنجی کلاسیک به محقق را نمی‌دهد. مروری بر نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که نداشتن چارچوب مشخص برای انتخاب متغیرهای توضیحی و تخمین مدل-های مختلف آلودگی به نتایج و توصیه‌های سیاستی متفاوتی منجر شده است. یکی از راه‌های غلبه بر نااطمینانی در انتخاب متغیرها و همچنین نااطمینانی در انتخاب مدل، استفاده از روش‌های اقتصادسنجی بیزینی از جمله روش میانگین‌گیری مدل بیزینی[۲] (BMA) است.

بر این اساس، هدف اصلی این مطالعه بررسی عوامل تعیین‌کننده آلودگی هوا در کشورهای در حال توسعه در دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۲ و با استفاده از روش BMA به منظور تعیین شدت و جهت این عوامل می‌باشد. این مقاله در پنج بخش و به شرح زیر سازماندهی شده است. در ادامه، ادبیات نظری و پیشینه تجربی تحقیق مرور شده است. سپس، به معرفی روش میانگین‌گیری مدل بیزینی (BMA) پرداخته شده است. برآورد مدل و تحلیل یافته‌های تجربی تحقیق در بخش چهارم، و خلاصه و نتیجه‌گیری در بخش پنجم ارائه شده است.

۲- مروری بر ادبیات موضوع

آلودگی هوا به علت دلالت‌هایی که بر وضعیت زندگی نسل‌های آینده دارد، یکی از مهم-ترین پیش‌شرط‌های توسعه پایدار است که عوامل بالقوه زیادی ممکن است بر آن تأثیرگذار باشند. مطالعاتی که به بررسی این عوامل پرداخته‌اند، معمولا یک روش تصادفی را بدون هیچ گونه قاعده خاصی اتخاذ کرده و با وارد کردن چند متغیر بالقوه به تخمین مدل‌های

---

[۱] Dincer

[۲] Bayesian Model Averaging

متنوعی پرداخته‌اند. در جدول (۱) و (۲) به برخی از مطالعات تجربی داخلی و خارجی و متغیرهای مورد استفاده درآنها اشاره شده است.

جدول (۱): مروری بر مطالعات داخلی

نویسنده (گان)	داده‌ها و روش	نتایج
فطرس و نسرین دوست (۱۳۸۸)	– ایران (۱۳۸۳-۱۳۵۹) – الگوی خودرگرسیون برداری (VAR) برای بررسی علیت	– رابطه علی یک طرفه از سرانه مصرف انرژی به آلودگی آب وجود دارد. – رد فرضیه EKC برای آلودگی آب و سرانه مصرف انرژی
واثقی و اسماعیلی (۱۳۸۸)	– ایران (۱۳۸۲-۱۳۵۳) – الگوی خود توضیحی با وقفه‌های گسترده	– دو متغیر سهم ارزش افزوده بخش صنعت از GDP و تغییرات دما، اثر معنی‌داری بر میزان انتشار دارند. – رابطه درجه دوم بین درآمد سرانه و میزان انتشار وجوود دارد. بنابراین نظریهٔ زیست محیطی کوزنتس در ارتباط با انتشار CO_2 صادق است.
بهبودی و همکاران (۱۳۸۹)	– ایران (۱۳۸۳-۱۳۴۶) – روش هم انباشتگی جوهانسون - جوسیلیوس و مدل تصحیح خطای برداری	– رابطه‌ای مثبت بین متغیرهای مستقل همانند مصرف انرژی، رشد اقتصادی، آزاد سازی تجاری، جمعیت شهرنشینی و متغیر انتشار سرانه دی اکسید کربن در ایران وجود دارد.
صالح و همکاران (۱۳۹۰)	– ایران (۱۳۸۶-۱۳۵۸) – الگوی تصحیح خطای برداری (VECM) ارزیابی نمودند.	– تولید ناخالص داخلی سرانه رابطه معنادار و مثبتی با آلودگی آب دارد. – شدت مصرف انرژی و آلودگی آب، ارتباط معناداری با یکدیگر ندارند.
محمدزاده و اکبری (۱۳۹۱)	– کشورهای منطقه منا (۲۰۰۹-۱۹۹۰) – مدل مختلط- خودرگرسیون فضایی در داده‌های تابلویی	– منحنی زیست محیطی کوزنتس برای کشورهای مورد مطالعه تأیید می‌گردد. – متغیر تأخیر یا وابستگی فضایی تأثیر مثبت و معنی-دار بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن داشته است. بنابراین وجود اثرات فضایی تأیید می‌شود.
حسینی نسب و پایکاری (۱۳۹۱)	– دو گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه (۲۰۰۰-۱۹۸۰) – روش داده‌های تلفیقی	– فرضیه EKC برای هر دو نوع آلودگی ه.وا و آب در کشورهای توسعه یافته برقرار است. – در کشورهای درحال توسعه، منحنی کوزنتس فقط برای آلودگی آب صادق است
فلاحی و حکمتی (۱۳۹۲)	– استان‌های ایران (۱۳۸۶-۱۳۸۲) – روش داده‌های پانلی	– شدت انرژی، درآمد سرانه واقعی، میزان جمعیت و نرخ شهرنشینی به عنوان مهم ترین عوامل اقتصادی و اجتماعی تاثیرگذار بر آلودگی محیط زیست می باشند.
امامی میبدی و همکاران (۱۳۹۴)	– ایران (۲۰۰۵-۱۹۸۰) – روش خودرگرسیون برداری (VAR) و روش همجمعی یوهانسون- جوسیلیوس	– در بلند مدت رشد اقتصادی و فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی بر انتشار آلودگی آب تأثیر مستقیم دارند. – آزادسازی تجاری با انتشار آلودگی آب رابطه عکس دارد.

جدول (۲): مروری بر مطالعات خارجی

نویسنده (گان)	داده‌ها و روش	نتایج
توراس و بویجه[۱] (۱۹۹۸)	– روش OLS	– تأیید فرضیه کوزنتس – نرخ سواد و حقوق پیش‌بینی کننده‌های قوی آلودگی در کشورهای با درآمد پایین هستند. – اثرات تخمین زده شده درآمد سرانه بر آلودگی با در نظر گرفتن اثرات نابرابری، تضعیف می‌گردد، اما از بین نمی‌رود.
لاملا[۲] (۲۰۰۹)	– ۴۷ کشور (۲۰۰۰-۱۹۸۰) – رویکرد میانگین‌گیری بیزینی با استفاده از ۳۴ متغیر مستقل	– تأیید فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس – تکنولوژی تولید کارای انرژی در توضیح میزان آلودگی اهمیت بسزایی دارد.
شارما[۳] (۲۰۱۱)	– ۶۹ کشور (۲۰۰۵- ۱۹۸۵) – مدل داده‌های تابلویی پویا – همچنین جهت همگن-سازی تحلیل به بررسی عوامل مؤثر در سه زیر گروه با درآمد پایین، متوسط و بالا پرداخته شده است.	– باز بودن تجاری، GDP سرانه و مصرف انرژی که باشاخص مصرف برق سرانه و مصرف انرژی اولیه سرانه اندازه‌گیری شده است، اثر مثبتی بر انتشار CO2 دارد. – شهرنشینی در هر سه گروه درآمدی اثر منفی بر متغیر وابسته دارد. – در تخمین کلی، GDP سرانه و مصرف انرژی اولیه سرانه به طور معنی‌داری جزو عوامل مؤثر بر CO2 می‌باشند. – در تخمین کلی، شهرنشینی، باز بودن تجاری و مصرف سرانه برق اثرات منفی بر انتشار دی اکسید کربن داشته‌اند
عالم[۴] و همکاران (۲۰۱۱)	– پاکستان	– صنعتی شدن، مصرف کود و شهرنشینی با انتشار آلودگی آب رابطه مستقیم دارد. – آزادسازی تجاری و توسعه انسانی بر انتشار آلودگی آب اثر معکوس دارد.
آپرگیس[۵] (۲۰۱۶)	– ۱۵ کشور جهان (۲۰۱۳-۱۹۶۰) – روش هم انباشتگی تابلویی و سری زمانی	– تأیید فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس در ۱۲ کشور

[۱] Torras and Boyce
[۲] Lamla
[۳] Sharma
[۴] Allam
[۵] Apergis

با دقت در مطالعات پیشین، مشاهده می‌گردد عوامل بالقوه بسیار زیادی وجود دارد که می‌توانند آلودگی را تحت تأثیر قرار دهند. حال مسئله‌ای که در ارزیابی عوامل مؤثر بر میزان آلودگی وجود دارد، این است که تنوع نظریه‌ها و فقدان یک مدل معین در این زمینه از یک سو و انبوهی از متغیرهای توضیحی بالقوه تأثیرگذار بر آلودگی از سوی دیگر، استفاده از یک مدل اقتصادسنجی کلاسیک را دچار شبهه می‌نماید. یکی از راه‌های غلبه بر نااطمینانی در انتخاب متغیرها و همچنین نااطمینانی در انتخاب مدل مناسب، استفاده از روش‌های مرسوم در اقتصادسنجی بیزینی از جمله روش میانگین‌گیری مدل بیزینی[۱] (BMA) است. این روش با بکارگیری قوانین احتمال در الگوسازی به آزمون مدل‌های مختلف در مقابل هم پرداخته و از میان انبوه متغیرهای توضیحی، مهمترین و موثرترین متغیرهای موثر بر متغیر وابسته را مشخص می‌نماید. مطالعه حاضر نیز با توجه به اهمیت ویژه CO_2 در آلودگی هوا، به پیروی از اغلب مطالعات تجربی پیشین، میزان انتشار گاز CO_2 را به عنوان معیار آلودگی محیط‌زیست در نظر گرفته و بر اساس رویکرد اقتصادسنجی بیزینی و با الهام از مطالعات پیشین، بخصوص سالای مارتین[۲] و همکاران (۲۰۰۴) اثر مجموعه وسیعی از عوامل بالقوه بر آن را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. در این بخش مکانیسم اثر هر یک از این متغیرها به صورت اجمالی مرور می‌شود.

۲-۱- رشد اقتصادی

یکی از مهمترین متغیرهای مورد توجه در ادبیات زیست محیطی، درآمد و رشد اقتصادی می‌باشد. فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس[۳] (EKC) برای توضیح رابطه بین فعالیت-های اقتصادی و آلودگی محیط زیست به کار می‌رود. این ایده که با انتشار مقاله گراسمن و کروگر[۴] (۱۹۹۱) در خصوص رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت زیست محیطی ارائه شد، از مطالعه مشهور کوزنتس[۵] (۱۹۵۵ و ۱۹۶۳) اقتباس شده و پیش‌بینی می‌کند که در مراحل اولیه رشد اقتصادی، رشد بالاتر با افزایش آلودگی همراه است، اما بعد از مدتی به علت استفاده از تکنولوژی‌های دوست‌دار محیط زیست، با افزایش رشد، آلودگی کاهش می‌یابد. این امر منجر به وجود یک رابطه به شکل U معکوس بین رشد اقتصادی و آلودگی

---

[۱] Bayesian Model Averaging

[۲] Sala-i-Martin

[۳] Environmental Kuznets Curve

[۴] Grossman and Krueger

[۵] Kuznets

می‌شود. بعد از مطالعه گراسمن و کروگر (۱۹۹۱))، بخش عظیمی از ادبیات اقتصاد محیط زیست به بررسی رابطه آلودگی و رشد پرداخته و به نتایج متناقضی رسیده‌اند. هتیگ[۱] و همکاران (۲۰۰۰)، کراپر و گریفیتز[۲] (۱۹۹۴)، سلدن و سانگ[۳] (۱۹۹۴) و گراسمن و کروگر [۴] (۱۹۹۱) فرضیه EKC را تأیید شفیق[۵] (۱۹۹۴) و هالتز-ایکین و سلدن[۶] (۱۹۹۵) نشان می‌دهند که انتشار آلاینده‌ها به طور یکنواخت با افزایش درآمد افزایش می‌یابند. همچنین آک بوستانچی[۷] و همکاران (۲۰۰۹) نشان داده‌اند که یک رابطه یکنواخت بین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و درآمد وجود دارد.

۲-۲- آزادسازی تجاری

تجارت بین‌المللی نیز به شیوه‌های مختلفی بر آلودگی محیط زیست اثرگذار است. از طرفی فرضیه پناهگاه آلودگی[۸] (PHH) پیشنهاد می‌کند که سخت‌گیری‌های زیست محیطی بین کشورهای در حال توسعه و کشورهای توسعه یافته، کشورهای در حال توسعه را به تخصص یافتن و بدست آوردن مزایای نسبی در تولیدات کالاهای آلوده‌کننده محیط زیست تشویق می‌کند. به عبارتی دیگر بر اساس این فرضیه از آنجایی که کشورهای توسعه یافته سیاست‌های زیست محیطی شدیدی را نسبت به کشورهای در حال توسعه اعمال می‌کنند، از این رو صنایع آلوده‌کننده فعال در کشورهای توسعه یافته عملیات و فرآیند خود را به کشورهای در حال توسعه با سیاست‌های زیست محیطی ملایم انتقال می‌دهند. بدین ترتیب کشورهای در حال توسعه به پناهگاهی برای جذب صنایع آلوده کننده تبدیل می‌شوند (دلفان، ۱۳۹۱). از طرف دیگر همان طور که کول[۹] (۲۰۰۴) اشاره کرده است، تجارت می‌تواند به علت فشار رقابتی بیشتر یا دسترسی بیشتر به تکنولوژی‌های سبز، انتشار گازهای آلاینده را کاهش دهد. همچنین نظریه دیگری نیز وجود دارد که این گونه مطرح می‌شود که سه سازوکار اثرگذاری تجارت بر کیفیت زیست محیطی قابل شناسایی

---

۱ Hettige
۲ Cropper and Griffiths
۳ Selden and Song
۴ Grossman and Krueger
۵ Shafik
۶ Holtz-Eakin and Selden
۷ Akbostanci
۸ Pollution Haven Hypothesis
۹ Cole

است که به ترتیب عبارتند از اثر مقیاس[۱]، اثر فنی[۲] و اثر ترکیب[۳]. درسازوکار افزایش مقیاس تولید، سطوح بالاتر تجارت به معنای نیاز هر چه بیشتر به نهاده‌ها و در نتیجه منابع طبیعی برای افزایش تولید است. سازوکار رشد فنی به معنای استفادهٔ کاراتر از نهاده ها، جایگزینی نهاده‌ها، یا فرایندهای تولیدکنندهٔ آلاینده با نهاده‌ها و یا فرایندهای کمتر آلاینده، حرکت به سوی محصولات بوم‌گرا، تولید کمتر ضایعات و یا تبدیل آنها به اشکال کمتر آلاینده است. آخرین سازوکار با تغییر ترکیب و ساختار اقتصادی عمل می‌کند. درنخستین گام‌های توسعه اقتصادی، تجارت از بخش کشاورزی به بخش صنعت منتقل می شود. که نتیجهٔ آن افزایش آلودگی و کاهش کیفیت زیست محیطی است. اما با تداوم فرایند صنعتی شدن، بهبود نهادهای عمومی و تغییر نیازهای مصرف‌کنندگان، تولید درگذر زمان از صنایع انرژی بر به صنایع دانش محور و بخش خدمات انتقال می‌یابد که این تغییر ساختار، نرخ افزایش آلاینده‌ها را کاهش می‌دهد. درحالی که سازوکار افزایش مقیاس تولید اثری منفی بر محیط زیست کشورها دارد، دو سازوکار دیگر با کاهش آلاینده ها کیفیت زیست محیطی کشورها را بهبود می‌بخشند (گراسمن و کروگر[۴]، ۱۹۹۱). بنابراین می‌توان گفت که نوع اثرگذاری آزادسازی تجاری بر آلودگی به برآیند سه ساز و کار مذکور بستگی دارد. به همین علت متغیر باز بودن تجاری (نسبت مجموع صادرات و واردات به GDP) وارد مدل می‌گردد.

۲-۳- سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI)

تحرکات بین‌المللی سرمایه نیز می‌تواند بر سطوح آلودگی ملی اثر بگذارد. فرضیه لنگرگاه آلودگی[۵] بیان می‌کند که ورود FDI به کشورهای در حال توسعه منجر به افزایش آلودگی و تخریب محیط زیست می‌شود. چرا که فرضیه لنگرگاه آلودگی، اشاره به این وضعیت دارد که کشورهای توسعه یافته، به ویژه آنها که در صنایع آلاینده فعالیت دارند عمدتاً تمایل دارند صنایع آلاینده خود را به کشورهایی گسیل دارند که استانداردهای زیست محیطی ضعیف‌تری دارند (کوپلند و تایلور[۶]، ۲۰۰۵).

---

[1] Scale Effect
[2] Technique Effect
[3] Composition Effect
[4] Grossman and Krueger
[5] Pollution Haven Hypothesis
[6] Copeland and Taylor

مطالعاتی از قبیل انتویلر[۱] و همکاران (۲۰۰۱) نسبت سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی ورودی به GDP را به عنوان یکی از عوامل آلودگی وارد تحلیل خود نموده‌اند. تحقیق حاضر نیز شاخص سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را وارد مدل خواهد کرد.

۲-۴- صنعتی شدن

یکی دیگر از متغیرهای مورد بررسی در ادبیات پیشین اثر سهم صنعت در اقتصاد کشور بر میزان آلودگی است. نمایر[۲] (۲۰۰۳) اشاره می‌کند که معمولا بخش تولید آلوده‌کننده‌تر از بخش خدمات است. در واقع صنعتی شدن از یک سو فرآیند توسعه اقتصادی یک کشور را تسریع می‌کند و از سوی دیگر منبع اصلی آلودگی و ضایعات نیز است (امامی میبدی و همکاران، ۱۳۹۳). در این راستا، دو متغیر سهم صنعت از کل تولید و سهم اشتغال در بخش صنعت وارد تجزیه و تحلیل می‌گردد. متغیر اول (سهم صنعت از کل تولید) اهمیت بخش صنعت در اقتصاد و متغیر دوم (سهم اشتغال در بخش صنعت از کل اقتصاد) نوع ترکیب نهاده‌ها در بخش صنعت یعنی کاربر یا سرمایه‌بر بودن بخش را تبیین می‌کند. می‌توان گفت هرچه بخش صنعت کاربرتر باشد، مقاومت کارگران صنعتی در مقابل قوانین زیست محیطی بیشتر بوده و این مقاومت منجر به کاهش این قوانین و افزایش آلودگی می‌گردد. علت این مقاوت این است که قوانین زیست محیطی معمولا به ضرر بخش صنعت بوده و ممکن است منجر به اخراج کارگران شود (لاملا[۳]، ۲۰۰۹). بنابراین انتظار می‌رود هر دو متغیر مذکور با میزان آلودگی رابطه مثبت داشته باشند.

۲-۵- سهم تولید برق از منابع ذغال سنگ و نفت

ترکیب بخش انرژی نیز می‌تواند نقش مهمی در تعیین آلودگی هوا ایفا کند. در این راستا، با الهام از نمایر[۴] (۲۰۰۳) سهم تولید برق از منابع زغال سنگ و نفت از کل تولید برق وارد مدل می‌گردد. انتظار می‌رود. این نسبت اثر منفی بر کیفیت آلودگی هوا داشته باشد. همچنین به پیروی از نمایر (۲۰۰۳) متغیر میزان مصرف انرژی تجاری برای تولید یک دلار محصول نیز به عنوان یک شاخص کارایی انرژی در فرآیند تولید وارد مدل می‌گردد. هرچه این متغیر بیشتر باشد، کارایی انرژی در تولید کمتر است و بنابراین انتظار می‌رود تخریب محیط زیست و از آن جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتر باشد.

---

[۱] Antweiler

[۲] Neumayer

[۳] Lamla

[۴] Neumayer

۲-۶- مصرف کود

از دیگر فعالیت‌های بشر که باعث تخریب محیط زیست و در عین حال توسعه اقتصادی می‌شود، مصرف کود در فعالیت‌های کشاورزی است. اثر میزان مصرف کود بر آلودگی نیز در برخی مطالعات تجربی داخلی و خارجی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. کول و الیوت[۱] (۲۰۰۳) ادعا می‌کنند که مصرف بیشتر کود می‌تواند سطح آلودگی را افزایش دهد. مطالعات اکولوژیکی اخیر مثل نف[۲] و همکاران (۲۰۰۲) از کود به عنوان یک عامل برجسته انتشار CO_2 یاد می‌کنند.

۲-۷- تراکم جمعیت و شهرنشینی

بر اساس مطالعات پیشین، ویژگی‌های جمعیت شناختی از قبیل تراکم جمعیت و درجه شهرنشینی نیز می‌تواند بر میزان آلودگی هوا مؤثر باشند. مطابق با مطالعاتی همچون بورقسی[۳] (۲۰۰۰) و کلیک[۴] (۲۰۰۲) لگاریتم تراکم جمعیت و رشد جمعیت وارد مدل این مطالعه می‌گردد. انتظار می‌رود که تراکم جمعیت اثر منفی بر محیط زیست داشته باشد. چرا که تراکم جمعیت و رشد جمعیت بالا منجر به افزایش تقاضای زمین‌های کشاورزی، منابع انرژی و منابع آبی شده و این امر از بین رفتن جنگل‌ها و مراتع، کاهش حاصلخیزی زمین‌ها و آلودگی محیط‌زیست را در پی دارد. نتایج تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که عامل انسانی و رشد جمعیت، از عوامل مهم افزایش آلودگی زیست محیطی است (صادقی و سعادت، ۱۳۸۳). برخی مطالعات از قبیل استولیاروا[۵] (۲۰۱۳) به متغیرهایی از قبیل اندازه کشور نیز به عنوان عوامل مؤثر بر انتشار گاز CO_2 اشاره کرده‌اند.

۲-۸- نابرابری

متغیر مهم دیگر در بحث آلودگی محیط زیست، نابرابری درآمد است. یک دیدگاه رایج که توسط توراس و بویجه[۶] (۱۹۹۸) ارائه شده، این است که نابرابری منجر به تخریب محیط زیست می‌گردد. علت این امر آن است که افراد با درآمد بالا علاقه به تولید دارند و از آنجایی که فعالیتهای افزایش دهنده کیفیت محیط زیست معمولا توانایی تولید آنها

---

[۱] Cole and Elliott
[۲] Neff
[۳] Borghesi
[۴] Klick
[۵] Stolyarova
[۶] Torras and Boyce

را کاهش می‌دهد، آنها انگیزه شخصی برای رعایت قوانین زیست محیطی را ندارند. اما محققانی همچون مکاسلند[۱] (۲۰۰۳) ادعا می‌کنند که بسته به نوع مالکیت و باز بودن کشور هر دو جهت می‌تواند اتفاق بیفتد. اگر مالکان ظرفیت پاک گروه ثروتمند جامعه باشند، آلودگی می‌تواند با نابرابری کاهش یابد. گاسبنر[۲] و همکاران (۲۰۰۸) نیز نتیجه مشابهی را گزارش کرده اند. بنابراین متغیر نابرابری درآمد نیز وارد مدل می‌گردد.

۲-۹- آموزش

آموزش متغیری است که مطالعات متعددی به بررسی اثر آن بر آلودگی پرداخته‌اند. توراس و بویجه[۳] (۱۹۹۸) و کلیک[۴] (۲۰۰۲) سطح آموزش را به عنوان متغیرهای کنترل در مدل خود وارد نموده‌اند. لیپست[۵] (۱۹۵۹) بیان می‌کند که آموزش بالاتر یک پیش شرط برای افزایش تقاضای بهبود محیط زیست است. بنابراین متغیر آموزش نیز وارد مدل می‌گردد.

۲-۱۰- مصرف انرژی

مایر و کنت[۶] (۲۰۰۰)، در رابطه با ارتباط بین مصرف انرژی و تخریب محیط‌زیست بر این باورند که پس از انقلاب صنعتی، به ویژه در دهه‌های اخیر، مصرف انرژی افزایش یافته و بنابراین تأمین انرژی مصرفی از منبع سوخت‌های فسیلی افزایش چشم‌گیری داشته است. از آنجایی‌که انتشار گاز CO_2 ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی می‌باشد، این امر منجر به تخریب محیط زیست گردیده است. از این رو بخش انرژی بیشترین سهم را در مسائل تغییر شرایط محیط‌زیست دارد (شیم[۷]، ۲۰۰۶).

۳- روش تحقیق

در سال‌های اخیر اقتصادسنجی بیزینی با بسط قوانین احتمال در الگوسازی تحولی عظیم در اقتصادسنجی بوجود آورده است. این تحولات را می‌توان در موارد ذیل خلاصه نمود:

۱. برای داشتن یک الگوی خوب، همواره دو نوع نا اطمینانی وجود دارد. اول، نااطمینانی در انتخاب متغیر و دوم، نااطمینانی در انتخاب مدل (نوع، تعداد و ترکیب متغیرها).

---

۱ McAusland

۲ Gassebner

۳ Torras and Boyce

۴ Klick

۵ Lipset

۶ Maier & Kent

۷ Shim

اقتصاد سنجی بیزینی علاوه بر غلبه بر نااطمینانی در انتخاب متغیرهای مؤثر، توانسته بر نااطمینانی انتخاب مدل نیز غلبه کند. این مهم با استفاده از روش "متوسط‌گیری مدل بیزینی(BMA)" صورت گرفته که در بخش‌های بعدی به توضیح آن خواهیم پرداخت.

۲. اقتصاد سنجی بیزینی با وارد کردن «اطلاعات پیشین» نقش محقق را در تصمیم‌گیری و محاسبه تخمین ضرایب پررنگ‌تر می‌کند. از آنجایی که اطلاعات بدست آمده از داده‌ها به تنهایی برای بدست آوردن تخمینی مطمئن از ضرایب کافی نیست، روش بیزینی با وارد کردن اطلاعات قبلی محقق، نااطمینانی ناشی از انتخاب و نحوه تأثیرگذاری متغیرها را تا حد زیادی کاهش داده است. از طرف دیگر، داشتن اطلاعات بیشتر در مورد متغیرها نسبت به نداشتن آن بهتر است و این اطلاعات باعث تصریح بهتر مدل خواهد شد. البته در صورت عدم تمایل به استفاده از این اطلاعات و یا نداشتن چنین اطلاعاتی، امکان در نظر نگرفتن آن در تخمین ضرایب نیز در اقتصادسنجی بیزینی فراهم شده است.

۳. در اقتصادسنجی بیزینی برای هر پدیده‌ای که از آن اطلاعات وجود ندارد (مثل پارامترها، ضرایب متغیرها و یا حتی خود مدل بهینه و...) یک توزیع در نظر گرفته و با انجام نمونه‌گیری فراوان بر مبنای الگوریتم‌ها، اقدام به برآورد آن عامل می‌شود.

موارد فوق و بسیاری دیگر از مزیت‌های اقتصادسنجی بیزینی نسبت به اقتصادسنجی کلاسیک باعث شده تا محققان بیش از پیش به این رویکرد توجه نشان دهند. ضمن اینکه استفاده از کامپیوتر و برنامه‌های نرم‌افزاری پیشرفته محاسباتی نیز زمینه را برای بکارگیری این روش در تحقیقات کاربردی بسیار هموار ساخته است (شیریجیان، ۱۳۸۸).

برای آشنایی بیشتر با روش اقتصادسنجی بیزینی، با در نظر گرفتن دو پیشامد تصادفی A وB و با توجه به قوانین احتمال، می‌توان نوشت:

$$P(A,B) = P(A|B)P(B) \qquad (۱)$$

که P(A,B) احتمال مشترک A وB، P(A|B) احتمال رخ دادن A به شرط B و P(B) احتمال حاشیه‌ای B می‌باشد. بر این اساس می‌توان قانون بیز، که عنصر اصلی اقتصادسنجی بیزینی می‌باشد را به صورت زیر نوشت:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \qquad (۲)$$

حال با این فرض که y ماتریس داده‌ها (متغیرهای توضیحی و وابسته) و θ بردار پارامترها باشد، می‌توان در قانون بیز A و B را به صورت $B = \theta$ و $A = Y$ تعریف نموده و معادله فوق را به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$P(\theta|Y) = \frac{P(Y|\theta)P(\theta)}{P(Y)} \quad (۳)$$

بر این اساس در این معادله می‌توان از $P(Y)$ به دلیل اینکه اطلاعاتی راجع به θ نمی‌گوید صرف‌نظر کرد. یعنی:

$$P(\theta, Y) \propto P(Y|\theta)P(\theta) \quad (۴)$$

در این معادله $P(Y|\theta)$ نشان دهنده تراکم داده‌ها بر روی پارامترهای مدل است که در واقع به فرآیند تولید داده‌ها اشاره دارد. به عنوان مثال از آنجایی که در مدل‌های خطی اغلب فرض می‌شود که خطاها دارای توزیع نرمال‌اند، لذا این موضوع ایجاب می‌کند که $P(Y|\theta)$ نیز دارای چگالی نرمال باشد. به $P(Y|\theta)$، تابع درستنمایی گفته می‌شود که دارای توزیع نرمال-گاما می‌باشد. $P(\theta)$ چگالی پیشین می‌باشد که نشان دهنده مجموعه‌ای از اطلاعات مربوط به پارامترهای مدل بدون توجه به داده‌ها می‌باشد. $P(\theta|Y)$ نیز همان چیزی است که با توجه به تابع پیشین و تابع درستنمایی می‌خواهیم بدست آوریم (نحوه بدست آوردن آن را در قسمت‌های بعدی توضیح خواهیم داد). در واقع هر آنچه را که ما راجع به بعد از دیدن داده‌ها کسب می‌نمائیم، بر اساس تابع $P(\theta|Y)$ می‌باشد. از این رو به آن، تابع پسین[۱] گفته می‌شود (کوپ[۲]، ۲۰۰۳، صص ۲-۱).

در اقتصادسنجی بیزینی برای هر پدیده‌ای که از آن اطلاع نداشته باشیم (مثل ضرایب متغیرها و یا حتی خود مدل بهینه و...) یک توزیع در نظر گرفته و با انجام نمونه‌گیری فراوان بر مبنای الگوریتم‌های مناسب اقدام به برآورد آن عامل می‌نماییم. روش میانگین-گیری مدل بیزین (BMA) عبارت است از میانگین‌گیری از مدلهای خطی ممکن، زمانی که تعداد زیادی متغیر مستقل بالقوه وجود دارد. همانطور که اشاره شد، در این روش هم بر نااطمینانی انتخاب متغیرها و هم بر نااطمینانی مدل غلبه می‌شود. جفریز[۳] (۱۹۶۱) بنیان‌گذار روش BMA است و این روش توسط لیمر[۴] (۱۹۷۸) توسعه داده شده است. یورک[۵] و همکاران (۱۹۹۵)، هاتینگ[۶] و همکاران (۱۹۹۹) و کوپ (۲۰۰۳) برای حل

---

[۱] Posterior Function
[۲] Koop
[۳] Jeffreys
[۴] Leamer
[۵] York
[۶] Hoeting

مشکلات مختلف مباحث جامعی را در این رابطه مطرح کرده‌اند (سالای مارتین[۱] و همکاران، ۲۰۰۴). شایان ذکر است که وقتی از روش BMA استفاده می‌شود، انتخاب تابع پیشین بسیار مهم است. با این حال تابع پیشینی مورد نیاز است که به اطلاعات ورودی محقق نیاز نداشته باشد. در این مطالعه، با در نظر گرفتن نیازهای محاسباتی روش BMA، از یک تابع پیشین مزدوج طبیعی استفاده می‌شود. یکی از ویژگی‌های این تابع آن است که دارای همان توزیع تابع درستنمایی، یعنی توزیع نرمال-گاما است (کوپ، ۲۰۰۳، ص ۱۸).

فرض کنیم k متغیر بالقوه داریم و M_r مدل rام است. طبق قانون بیز تمام آنچه در رابطه با پارامترها می‌دانیم را می‌توان در تابع پسین $P(\theta|Y)$ به صورت زیر خلاصه کرد:

$$P(\theta|Y) = \sum_{r=1}^{2^k} P(M_r|Y) \cdot P(\theta|Y, M_r) \quad (۵)$$

که $P(\theta|Y)$ توزیع پسین با فرض در دست داشتن مجموعه داده‌ها، $P(\theta|Y, M_r)$ توزیع با فرض در دست داشتن مجموعه داده‌ها و معلوم بودن مدل M_r و $P(M_r|Y)$ احتمال پسین مدل rام با فرض در دست داشتن مجموعه داده‌ها است. حال اگر از این رابطه نسبت به امید بگیریم خواهیم داشت:

$$E(\theta|Y) = \sum_{r=1}^{2^k} P(M_r|Y)\, \widehat{\theta_r} \quad (۶)$$

که در آن $\widehat{\theta_r} = E(\theta|Y, M_r)$ تخمین OLS از با مجموعه متغیرهای توضیحی موجود در مدل r، می‌باشد. در عبارت‌های بیزینی، $\widehat{\theta_r}$ متوسط پسین به شرط مدل r می‌باشد. واریانس پسین نیز به این صورت تعریف می‌شود:

$$Var(\theta|Y) = \sum_{r=1}^{2^k} P(M_r|Y)\, Var(\theta|Y, M_r) + \sum_{r=1}^{2^k} P(M_r|Y)\, (\widehat{\theta_r} - E(\theta|Y))^2 \quad (۷)$$

این معادله نشان می‌دهد که واریانس پسین در برگیرنده واریانس‌های تخمین زده شده برای تک تک مدل‌ها و نیز واریانس ضرایب تخمین زده شده در مدل‌های مختلف است (سالای مارتین و همکاران، ۲۰۰۴). حال این نکته قابل ذکر است که با در نظر گرفتن K متغیر توضیحی بالقوه، تعداد مدل‌های ممکن 2^K خواهد بود؛ و اگر K عدد بزرگی باشد، تعداد مدل‌های ممکن بسیار بزرگ است. بنابراین انجام مستقیم روش BMA با محاسبه همه عبارات معمولاً غیرممکن است. برای برطرف کردن این مشکل بهتر است از یک الگوریتم نمونه‌گیری مناسب استفاده شود. در اقتصاد سنجی بیزینی تعداد زیادی

[۱] Sala-i-Martin

الگوریتم وجود دارد که میانگین‌گیری مدل را بدون در نظر گرفتن همه مدل‌ها انجام می‌دهند. یکی از رایج‌ترین الگوریتم‌های نمونه‌گیری در اقتصادسنجی بیزینی، الگوریتم MC^3 می‌باشد. معمولاً الگوریتم‌های MC^3 برای نمونه‌گیری بر اساس الگوریتم "متروپولیست-هاستینگز"[۱] عمل می‌کنند. این الگوریتم زنجیره‌ای از مدل‌های $M^{(s)}$ را شبیه‌سازی می‌کند. در واقع $M^{(s)}$ مدل به دست آمده از تکرار sام است. ($M^{(s)}$ یکی از M_1 تا M_r مدل است.) برای درست کردن این زنجیره نحوه کار به این صورت است که ابتدا یک مدل ابتدایی M_0 را به عنوان مدل جاری M^* انتخاب می‌کنیم. در این تحقیق نحوه انتخاب مدل ابتدایی به این صورت بوده است که متغیرهایی که برای آن‌ها آماره‌ی آزمون t برای ضرایب OLS بیشتر از ۰/۵۰ بوده است، در درون مدل قرار می‌گیرند. سپس به صورت تصادفی یک متغیر به این مدل اضافه و یا از آن کم می‌کنیم. سپس احتمال پذیرش مدل جدید به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\alpha\left(M^{(s)}, M^*\right) = \min\left[\frac{P(y|M^s)P(M^s)}{P(y|M^*)P(M^*)}, 1\right] \quad (۸)$$

احتمال پذیرش بهینه معمولا ۵۰ درصد است. یعنی اگر $\alpha \leq ۵۰$ باشد، مدل جدید قبول و به عنوان مدل جاری M^* جایگزین می‌شود. در غیر این صورت همان M_0 به عنوان مدل جاری باقی می‌ماند. این کار s بار تکرار می‌شود. در پایان زنجیره‌ای از مدل‌ها را می‌توان به وجود آورد که در آن بیشترین مدل‌ها از نقاطی انتخاب شده‌اند که احتمال مدل پسین در آنها بیشتر باشد. همچنین در هر تکرار پس از تعیین مدل جاری، میانگین و واریانس تابع پسین برای هر کدام از متغیرها را بدست آورده و در پایان پس از تعیین زنجیره، از آن‌ها به عنوان "میانگین مدل بیزینی" متوسط‌گیری می‌کنیم. برای اطمینان از همگرایی این میانگین‌ها با مقادیر واقعی آن‌ها و حذف اثر انتخاب مدل آغازین تعداد S_0 تکرار اولیه را برای متوسط‌گیری در نظر نمی‌گیریم (کوپ، ۲۰۰۳، صص ۲۷۳-۲۷۲).

۴- تخمین و نتایج

از آنجایی که نااطمینانی‌هایی در رابطه با مدل و یا ترکیب مناسب متغیرهای توضیحی بالقوه وجود دارد، در این تحقیق از روش میانگین‌گیری مدل بیزینی جهت تحلیل و بررسی اثر این عوامل بالقوه مؤثر بر انتشار آلودگی در کشورهای در حال توسعه استفاده می‌شود. تعداد ۲۲ متغیر توضیحی در این تحقیق به عنوان عوامل تعیین کننده انتشار CO_2 مورد استفاده قرار می‌گیرد که در جدول (۱) نشان داده شده است.

---

[۱] Metropolis-hastings

جدول (۱): معرفی متغیرهای الگوی عوامل موثر بر توزیع درآمد

متغیر وابسته			
نام متغیر	تعریف	علامت انتظاری	منبع آماری
CO2	لگاریتم میزان انتشار سرانه گاز CO_2		WDI
متغیرهای توضیحی			
ELC	لگاریتم مصرف سرانه برق (kwh)	مثبت	WDI
EPOC	درصد تولید برق از منابع نفت و ذغال سنگ از کل تولید برق	مثبت	
INVA	ارزش افزوده بخش صنعت (درصد از GDP)	مثبت	
INE	درصد اشتغال در بخش صنعت از کل اشتغال	مثبت	
ENC	لگاریتم مصرف سرانه انرژی (kg)	مثبت	
FERC	لگاریتم مصرف کود در هر هکتار زمین قابل کشت (kg)	مثبت	
FDII	درصد FDI از GDP (جریان به داخل)	مثبت	
FDIO	درصد FDI از GDO (جریان به خارج)	نامعلوم	
GR	رشد اقتصادی (توان دوم این متغیر نیز جهت آزمون فرضیه کوزنتز در نظر گرفته شده است)	طبق فرضیه کوزنتس	
GDP	لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه (ثابت ۲۰۱۱) (توان دوم این متغیر نیز جهت آزمون فرضیه کوزنتس وارد شده است)	طبق فرضیه کوزنتس	
GDPEU	لگاریتم مصرف انرژی به ازای هر واحد GDP (ثابت ۲۰۱۱)	مثبت	
GINI	ضریب جینی	نامعلوم	
LAND	لگاریتم مساحت کشور (کیلومتر مربع)	نامعلوم	
LIT	نرخ سواد (درصد از جمعیت ۱۵ سال و بالاتر)	منفی	
POPD	لگاریتم تراکم جمعیت (در هر کیلومتر مربع)	منفی	
POPG	رشد جمعیت	منفی	
POP	لگاریتم کل جمعیت	منفی	
PRI	درصد ثبت نام ناخالص مدارس دوره اول از کل	منفی	
SEC	درصد ثبت نام ناخالص مدارس دوره دوم از کل	منفی	
TRI	درصد ثبت نام ناخالص مدارس دوره سوم از کل	منفی	
TR	درصد تجارت از GDP	نامعلوم	
URB	نرخ شهرنشینی	نامعلوم	

با توجه به محدودیت داده‌ها، برخی از کشورها حذف و ۵۵ کشور جهت بررسی انتخاب شده است[1]. همچنین در این مقاله به منظور بررسی اثر متغیرهای توضیحی بر آلودگی

[1] آنگولا، آلبانی، ارمنستان، جمهوری آذربایجان، بنین، بنگلادش، بلغارستان، بلاروس، بولیوی، بوتسوانا، شیلی، کلمبیا، کاستاریکا، جمهوری دومینیکن، الجزایر، مصر، گرجستان، غنا، گواتمالا، کرواسی، مجارستان، اندونزی، ایران، جامائیکا، اردن، قزاقستان، کنیا، جمهوری قرقیزستان، کامبوج، سریلانکا، مراکش، مولدووا، مکزیک، مقدونیه،

از میانگین ۲۳ ساله داده‌ها در دوره زمانی ۲۰۱۴-۱۹۹۲ استفاده شده که آمار مربوطه از بانک اطلاعات شاخص‌های توسعه جهانی (WDI) جمع‌آوری شده است. پس از انجام میانگین‌گیری مدل بیزینی توسط نرم افزار MATLAB می‌توان ۱۰ مدل بهینه‌ای را که از بالاترین میزان لگاریتم درستنمایی نهایی در بلندمدت برخوردار بوده و یا به عبارت دیگر دارای بیشترین وقوع احتمال تحلیلی می‌باشند، بصورت جدول (۲) استخراج نمود.

جدول (۲): مدل های بهینه‌ی بلندمدت

مدل / متغیر	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم
ELC	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
EPOC	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
INVA	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰
INE	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ENC	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰
FERC	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
FDII	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
FDIO	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
GR^2	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
GR	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
GDP^2	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
GDP	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
GDPEU	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱
GINI	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
LAND	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
LIT	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱
POPD	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
POPG	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
POP	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
PRI	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
SEC	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
TRI	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
TR	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
URB	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

منبع: یافته‌های تحقیق

متغیرهایی که دارای کد ۱ هستند، متغیرهایی هستند که پس از ۱۰۰۰۰۰ بار تکرار مؤثر در ستون متغیرهای مربوط به ۱۰ مدل اول قرار گرفته‌اند. احتمال وقوع هر یک از ۱۰

مغولستان، موزامبیک، مالزی، نامیبیا، نیکاراگوئه، پاکستان، پاناما، پرو، فیلیپین، لهستان، پاراگوئه، رومانی، سنگال، السالوادور، توگو، تایلند، ترکیه، اوکراین، اروگوئه، ونزوئلا، آفریقای جنوبی.

مدل بهینه که بر مبنای دو روش تحلیلی[۱] و عددی[۲] محاسبه می شوند، در جدول (۳) ارائه شده است. بر این اساس، احتمال آن که بهترین مدل ارائه شده در جدول (۲) (مدل اول) بتواند در بین ۱۰ مدل برآورد شده بهترین توضیح‌دهنده میزان آلودگی باشد، تقریبا ۱۷ درصد می‌باشد. نتایج همچنین نشان می‌دهند که مجموع دفعات انتخاب شدن یا تکرارهای ۱۰ مدل بهینه در فرآیند نمونه‌گیری، تعداد ۱۳۴۷۰ از ۱۰۰۰۰۰ تکرار مؤثر بوده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که احتمال وقوع ۱۰ مدل بهینه فوق در بین ۱۰۰۰۰۰ مدل طراحی شده ۰/۴۷۱۳ درصد است.

جدول (۳): احتمال وقوع مدل‌های بهینه بلندمدت

مدل ها	احتمال پسین (تحلیلی)	احتمال پسین (عددی)
۱	۰/۱۷۵۱۰	۰/۱۷۴۳۰
۲	۰/۱۳۱۱۰	۰/۱۱۷۷۰
۳	۰/۱۱۵۹۰	۰/۱۰۳۲۰
۴	۰/۱۰۹۳۰	۰/۰۹۱۱۰
۵	/۰۹۸۶۰	۰/۱۱۵۸۰
۶	/۰۹۳۶۰	/۰۹۵۸۰
۷	/۰۷۲۹۰	/۰۶۹۳۰
۸	/۰۶۸۴۰	/۰۸۳۴۰
۹	/۰۶۸۱۰	/۰۶۴۵۰
۱۰	/۰۶۶۹۰	/۰۸۴۸۰

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۴) نتایج مربوط به میانگین وزنی ضرایب، میانگین انحراف معیار و احتمال تأثیرگذاری هر یک از متغیرهای مورد نظر را نشان می‌دهد. با دقت در متغیرهای مربوط به آموزش مشاهده می‌شود که نرخ سواد در توضیح میزان آلودگی دارای اهمیت قابل توجهی است. احتمال تأثیر این متغیر ۰/۴۲۵۷ درصد بوده و جزء اجزاء ۷ مدل از ۱۰ مدل بهینه می‌باشد. اما شاخص‌های نرخ ثبت نام اهمیت کمتر و دارای علامت مخالف انتظار هستند.

همچنین با توجه به منفی بودن میانگین وزنی ضریب مربع رشد، می‌توان فرضیه کوزنتس را با اطمینان بسیار بالایی تأیید نمود. چرا که GDP سرانه و مربع آن جزئی از اجزاء هر ۱۰ مدل بهینه بوده و حائز اهمیت فراوانی در توضیح میزان انتشار گاز CO_2 است. این

[۱] Analytical

[۲] Numerical

فرضیه در اینجا اینگونه تفسیر می‌شود که در مراحل اولیه رشد اقتصادی (یعنی در بین کشورهای با درآمد پایین)، کشورهای با درآمد سرانه نسبی بالاتر، از آلودگی بیشتری رنج می‌برند. اما در مراحل بالاتر رشد اقتصادی (یعنی در بین کشورهای با درآمد بالا)، درآمد سرانه نسبی بالاتر، پایین بودن آلودگی را به دنبال داشته است.

در رابطه با مصرف انرژی، مشاهده می‌گردد که هر دو شاخص مصرف سرانه انرژی و مصرف سرانه برق تأثیر بسیار حائز اهمیتی در انتشار CO_2 دارند. به طوری که شاخص اول با احتمال تأثیر ۰/۳۲۶۹ درصد یکی از عناصر ۷ مدل از ۱۰ مدل بهینه بوده و شاخص مصرف سرانه برق با احتمال تأثیر ۰/۴۸۷۷ یکی از اجزاء هر ۱۰ مدل بهینه بوده است. رابطه مثبت بین مصرف برق و انتشار گاز دی اکسید کربن سازگار با نتایج مطالعاتی از قبیل تول[۱] و همکاران (۲۰۰۶) می‌باشد.

از میان متغیرهای مربوط به بخش صنعت، ارزش افزوده بخش صنعت اثر تقریبا با اهمیتی بر افزایش آلودگی کشورها دارد. احتمال این تأثیر ۰/۸۶۳۹ درصد بوده و جزئی از اجزاء ۴ مدل از ۱۰ مدل بهینه می‌باشد. نسبت اشتغال بخش صنعت به کل اشتغال نیز با وجود کم اهمیت بودن، دارای علامت مورد انتظار بوده و اثر مثبتی بر میزان انتشار CO_2 داشته است.

نتایج نشان می‌دهد که نابرابری درآمد با احتمال تأثیر ۰/۴۶۳۴ درصد اثر منفی بر آلودگی دارد. بدین معنی که نابرابری بیشتر، آلودگی کمتر را بدنبال دارد. این نتیجه هم راستا با نظریه مکاسلند[۲] (۲۰۰۳) و گاسبنر[۳] و همکاران (۲۰۰۸) است که بیان می‌کنند نابرابری همیشه باعث تخریب محیط زیست نمی‌شود و بسته به نوع کشورها می‌تواند تأثیر کاهشی بر میزان آلودگی نیز داشته باشد.

همان طور که انتظار می‌رفت مصرف انرژی به ازای هر واحد GDP که به عنوان شاخصی برای کارایی وارد مدل شده بود، اثر مثبتی بر میزان آلودگی دارد. بدین معنی که هرچه متغیر مذکور بیشتر باشد به مفهوم کارایی کمتر بوده و منجر به انتشار گاز CO_2 بیشتری می‌گردد. میزان اهمیت این متغیر تقریبا بالا و حدود ۰/۸۳۵۴ درصد است.

---

[۱] Tol

[۲] McAusland

[۳] Gassebner

سایر متغیرها از جمله متغیرهای جمعیت شناختی، جریان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، درصد تجارت و مصرف کود تأثیر به مراتب کم اهمیتی بر میزان آلودگی داشته‌اند.

جدول (۴): میانگین وزنی ضرایب بلند مدت متغیرهای الگو

متغیر*	میانگین وزنی ضرایب پسین	میانگین انحراف معیار ضرایب پسین	احتمال متغیرها
مربع لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه (ثابت ۲۰۱۱)	-۰/۲۱۷۸۰	۰/۰۸۷۳۰	۰/۰۷۹۵
درصد تولید برق از منابع نفت و ذغال سنگ از کل تولید برق	۰/۰۰۳۲۰	۰/۰۰۱۹۰	۰/۴۷۸۲
لگاریتم مصرف سرانه برق (kwh)	۰/۲۱۰۷۰	۰/۱۳۸۵۰	۰/۴۸۷۷
لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه (ثابت ۲۰۱۱)	۰/۶۳۸۹۳	۰/۳۸۷۹۲	۰/۴۸۷۷
لگاریتم مصرف سرانه انرژی (kg)	۰/۰۲۸۸۳	۰/۷۶۶۹۳	۰/۳۲۶۹
نرخ سواد (درصد از جمعیت ۱۵ سال و بالاتر)	-۰/۰۰۵۹۰	۰/۰۰۵۹۰	۰/۴۲۵۷
لگاریتم مصرف انرژی به ازای هر واحد GDP (ثابت ۲۰۱۱)	۰/۴۵۴۰۰	۰/۶۵۳۸۱	۰/۸۳۵۴
ارزش افزوده بخش صنعت (درصد از GDP)	۰/۰۰۴۸۰	۰/۰۰۶۷۰	۰/۸۶۳۹
ضریب جینی	-۰/۰۰۳۰۰	۰/۰۰۴۷۰	۰/۴۶۳۴
درصد ثبت نام ناخالص مدارس دوره اول از کل	۰/۰۰۱۵۰	۰/۰۰۳۴۰	۰/۳۲۲۱
لگاریتم کل جمعیت	-۰/۰۰۱۴۰	۰/۰۰۳۹۰	۰/۶۵۱۵
درصد ثبت نام ناخالص مدارس دوره دوم از کل	۰/۰۰۰۴۰	۰/۰۰۱۸۰	۰/۳۷۹
رشد اقتصادی	-۰/۰۰۲۲۰	۰/۰۱۲۲۰	۰/۶۳۷
مربع رشد اقتصادی	-۰/۰۰۰۳۰	۰/۰۰۱۶۰	۰/۵۰۷
لگاریتم مصرف کود در هر هکتار زمین قابل کشت (kg)	-۰/۰۰۲۱۰	۰/۰۱۰۹۰	۰/۰۹۷
درصد ثبت نام ناخالص مدارس دوره سوم از کل	۰/۰۰۱۷۰	۰/۰۲۷۰۰	۰/۶۴۶
رشد جمعیت	۰/۰۰۳۳۰	۰/۰۲۲۲۰	۰/۴۷۶
درصد اشتغال در بخش صنعت از کل اشتغال	۰/۰۰۰۵۰	۰/۰۰۳۱۰	۰/۴۰۶
لگاریتم مساحت کشور (کیلومتر مربع)	۰/۰۰۱۶۰	۰/۰۲۶۵۰	۰/۱۶۶
درصد FDI از GDO (جریان به خارج)	-۰/۰۰۰۴۰	۰/۰۰۳۹۰	۰/۷۳۵
درصد FDI از GDP (جریان به داخل)	۰/۰۰۰۴۰	۰/۰۰۴۰۰	۰/۲۹۵
درصد تجارت از GDP	-۰/۰۰۳۰۰	۰/۰۰۰۳۰	۰/۶۶۴
لگاریتم تراکم جمعیت (در هر کیلومتر مربع)	-۰/۰۰۰۲۰	۰/۰۲۶۰۰	۰/۴۷۴
نرخ شهرنشینی	۰/۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۶۰	۰/۱۴۴

* بر اساس نتایج، متغیر میزان مصرف انرژی تجاری برای تولید یک دلار محصول تأثیری بر انتشار آلودگی نداشته و از این رو از جدول نتایج نهایی حذف شده است.

منبع: یافته‌های تحقیق

۵- نتیجه گیری و توصیه‌های سیاسی

موضوع آلودگی محیط زیست یک شرط اساسی برای دستیابی به توسعه پایدار در هر کشوری است. از سوی دیگر پیش‌نیاز اقدامات مؤثر در راستای بهبود کیفیت محیط زیست، آگاهی از تأثیر عوامل تعیین‌کننده آن است تا بتوان با اتخاذ سیاست‌های منطقی و علمی،

عملکرد مؤثری را در جهت کاهش آلودگی در جامعه داشت. بنابراین مطالعه حاضر با استفاده از رویکرد اقتصاد سنجی بیزینی و با بکارگیری روش میانگین گیری مدل بیزینی (BMA) به بررسی اثرات عوامل بالقوه مؤثر بر انتشار گاز دی اکسید کربن به عنوان یکی از شاخص‌های مهم آلودگی هوا در کشورهای در حال توسعه در دوره ۲۳ ساله ۲۰۱۴-۱۹۹۲ پرداخته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که فرضیه U معکوس کوزنتز در رابطه با ارتباط بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست تأیید می‌شود. همچنین متغیرهای مصرف انرژی، مصرف برق، و متغیرهای مربوط به صنعتی شدن کشورها نیز باعث افزایش آلودگی هوا در کشورهای مورد بررسی می‌شوند. در مقابل، نرخ سواد و نابرابری درآمد اثر کاهنده‌ای بر میزان انتشار CO_2 داشته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می-دهند که شاخص‌های نرخ سواد و میزان ثبت نام مدارس اثر متناقضی بر سطح آلودگی داشته است. علت این امر را می‌توان به عدم کارایی نظام آموزشی کشور نسبت داد.

در پایان با توجه به نتایج بدست آمده، پیشنهادات زیر جهت سیاست‌گذاری ارائه می‌گردد:

- با توجه به رابطه مثبت بین مصرف انرژی و آلودگی، اندیشیدن تمهیداتی در راستای ارتقای تکنولوژی تولید و تدوین الگوهای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، واقعی سازی قیمت انرژی و اتخاذ سیاست‌های اقتصادی و اجتماعی مناسب جهت اصلاح الگوی مصرف انرژی ضروری به نظر می‌رسد.
- از آنجایی که بعد از رسید به رشد اقتصادی مناسب، بهبود کیفیت محیط زیست اهمیت می‌یابد، لذا توصیه می‌شود کشورها به دنبال رشد اقتصادی پایدار باشند که از هم‌اکنون از تخریب محیط زیست جلوگیری شود.
- با توجه به تأیید منحنی کوزنتس، پیشنهاد می‌گردد در آن دسته از کشورهای در حال توسعه که دارای درآمد سرانه پایین‌تری هستند، سیاست‌های جدی‌تری در رابطه با بهبود محیط زیست اعمال گردد.
- با توجه به تأثیر کاهشی سطح سواد بر میزان آلودگی، پیشنهاد می‌شود در راستای کاهش تخریب محیط زیست، به افزایش سواد زیست محیطی در مدارس اهمیت بیشتری داده شود.
- با توجه به نتایج متناقض در رابطه با تأثیرات آموزش بر محیط زیست، توسعه کارآمد نظام آموزش رسمی مرتبط با رشته‌های محیط زیست و همچنین پرداختن کافی به اهمیت محیط زیست و توسعه پایدار در محیط‌های علمی توصیه می‌گردد.

فهرست منابع

۱. امامی میبدی، علی، خورسندی، مرتضی، و مرشدی، بهنام (۱۳۹۳). بررسی عوامل مؤثر بر تخریب محیط زیست با استفاده از شاخص آلودگی آب: مطالعه موردی ایران. *مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*. سال چهارم، ۱۳، ۸۴-۶۹.

۲. بهبودی، داود، فلاحی، فیروز، و برقی گلعذانی، اسماعیل (۱۳۸۹). عوامل اقتصادی اجتماعی موثر بر انتشار سرانه دی اکسید کربن در ایران. *تحقیقات اقتصادی*، ۹۰، ۱۷-۱.

۳. حسینی نسب، ابراهیم، و پایکاری، سمیه (۱۳۹۱). بررسی تأثیر رشد اقتصادی و آزادسازی تجاری بر آلودگی محیط زیست. *دو ماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی*، ۹ و ۱۰، ۸۲-۶۱.

۴. دلفان، محبوبه (۱۳۹۱). آزمون فرضیه پناهگاه آلودگی از سوی کشورهای عضو گروه جی ۸ به کشورهای عضو گروه دی ۸ با استفاده از داده های پانل. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده اقتصاد.

۵. شیریجیان، محمد. (۱۳۸۸). تأثیر هزینه‌های بهداشتی و سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.

۶. صادقی، حسین، و سعادت، رحمان (۱۳۸۳). رشد جمعیت، رشد اقتصادی و اثرات زیست محیطی در ایران (یک تحلیل علی). *تحقیقات اقتصادی*، سال ۹، ۳۶، ۱۸۰-۱۶۹.

۷. صالح، ایرج، جهانگرد، حلیمه، رفیعی، حامد، و امیرنژاد، حمید (۱۳۹۰). بررسی اثر متغیرهای کلان اقتصادی بر آلودگی آب در ایران. *مهندسی آبیاری و آب*، ۶، ۶۵-۵۸.

۸. فطرس، محمد حسن، و نسرین دوست، میثم (۱۳۸۸). بررسی رابطه آلودگی هوا، آلودگی آب، *مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران*: ۸۳-۱۳۵۹. *مطالعات اقتصاد انرژی*، سال ششم، ۲۱، ۱۳۵-۱۱۳.

۹. فلاحی، فیروز، و حکمتی فرید، صمد (۱۳۹۲). بررسی عوامل موثر بر میزان انتشار گاز دی اکسیدکربن در استان های کشور (رهیافت داده-های تابلویی). *اقتصاد انرژی ایران*، سال دوم، ۶، ۱۵۰-۱۲۹.

۱۰. محمدزاده، پرویز، و اکبری، اکرم (۱۳۹۱). آزمون فرضیه زیست محیطی کوزنتس در کشورهای منطقه MENA (کاربرد اقتصاد سنجی فضایی). *اولین همایش بین المللی اقتصاد سنجی، روشها و کاربردها*، شهریور ۱۳۹۱.

۱۱. واثقی، الهه، و اسماعیلی، عبدالکریم (۱۳۸۸). بررسی عوامل تعیین‌کنندهٔ انتشار گاز CO2 در ایران(کاربرد نظریهٔ زیست‌محیطی کوزنتس). *محیط شناسی*، دوره ۳۵، ۵۲، ۹۹-۱۱۰.

1. Akbostanc , E., TاختخA k, S., and Tunئ, G . (2009). The relationship between income and environment in Turkey: is there an environmental Kuznets curve? *Energy Policy*, 37, 861˚867.
2. Allam, S., Rehman, S., and Butt M. S. (2011). Trade liberalization, environmental degradation and sustainable development in Pakistan. *European Journal of Social Sciences*, 19, 84-96.
3. Antweiler, W., Copeland, B. R., and Taylor, M.S. (2001). Is free trade good for the environment? *American Economic Review*, 91 (4), 877˚908.
4. Apergis, N. (2016). Environmental Kuznets curves: new evidence on both panel and country-level CO2 emissions. *Energy Economics*, 54, 263-271
5. Borghesi, S. (2000). Income inequality and the environmental Kuznets curve. *Fondazione Eni Enrico Mattei, Italy, Nota di Lavoro 83.2000.*
6. Cole, M. A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological Economics*, 48, 71˚81.
7. Cole, M. A., Elliott, R. J. R., and Fredriksson, P. G. (2006). Endogenous pollution havens: does FDI influence environmental regulations? *Scandinavian Journal of Economics*, 108 (1), 157˚178.
8. Copeland, B. R., and Taylor M.S. (2005). Free trade and global warming: a trade theory view of the Kyoto Protocol, Journal of Environmental Economics and Management, 49 (2), 205-234.
9. Cropper, M., and Griffiths, Ch. (1994). The interaction of population growth and environmental quality. *American Economic Review Papers and Proceedings*, 84 (2), 250˚54.
10. Dincer, I. (1999). Environmental Impacts of Energy. *Energy Policy*, 27, 845-854.
11. Gassebner, M., Gaston, N., and Lamla, M. J. (2008). Relief for the environment? The importance of an increasingly unimportant industrial sector. *Economic Inquiry*, 46 (2), 160˚178.
12. Grossman, G. M., and Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. *National Bureau of Economic Research Working Paper 3914, NBER*, Cambridge MA.
13. Hettige, H., Mani, M., and Wheeler, D. (2000). Industrial pollution in economic development: the environmental Kuznets curve revisited. *Journal of Development Economics*, 62, 445˚476.

14. Hoeting, Jennifer A., Madigan, D., Raftery, Adrian E., and Volinsky, Chris T. (1999). Bayesian Model Averaging: a tutorial. *Statistical Science*, 14 (4), 382˚417.
15. Holtz-Eakin, D., and Selden, T. M. (1995). Stoking the fires? CO2 emissions and economic growth. *Journal of Public Economics*, 57, 85-101.
16. Jeffreys, H. (1961). *Theory of probability*, 3rd Ed. London: Oxford University Press.
17. Klick, J. (2002). Autocrats and the environment or it's easy being green. *Working Paper Series 02-16.* George Mason University.
18. Koop, G. (2003). *Bayesian econometrics*, John Wiley & Sons Ltd, England.
19. Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *American Economic Review*, 45 (1), 1-28.
20. Kuznets, S. (1963). Quantitative aspects of the economic growth of nations, economic development and cultural change. *University of Chicago Press*, Chicago.
21. Lamla, M. J. (2009). Long-run determinants of pollution: a robustness analysis. *Ecological Economics*, 69, 135-144.
22. Leamer, Edward E. (1978). *Specification searches*. New York: John Wiley and Sons.
23. Lipset, S. M. (1959). Some social requisites of democracy: economic development and political legitimacy. *American Political Science Review*, 53, 69˚105.
24. McAusland, C. (2003). Voting for pollution policy: the importance of income inequality and openness to trade. *Journal of International Economics*, 61 (2), 425˚451.
25. Neff, J.C., Townsend, A. R., Gleixner, G., Lehman, S. J., Turnbull, J., and Bowman, W. D. (2002). Variable effects of nitrogen additions on the stability and turnover of soil carbon. *Nature*, 419, 915˚917.
26. Neumayer, E. (2003). Are left-wing party strength and corporatism good for the environment? evidence from panel analysis of air pollution in OECD countries. *Ecological Economics*, 45, 203˚220.
27. Sala-i-Martin, X., Gernot, D., and Ronald I. M., (2004). Determinants of long-term growth: a bayesian averaging of classical estimates (BACE) approach. *The Amerivan Economic Review*, 94 (4), 813-835.
28. Selden, T. M., and Song, D. (1994). Environmental quality and development: Is there a Kuznets curve for air pollution? *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 27, 147-162.
29. Shafik, N. (1994). Economic development and environmental quality: an econometric analysis. *Oxford Economic Papers*, 46, 757-773.
30. Sharma, S. S. (2011). Determinants of carbon dioxide emissions: empirical evidence from 69 countries. *Applied Energy*, 88, 376-382.
31. Shim, J. H. (2006). The reform of energy subsides for the enhancement of Marine sustainability, case of South Korea. University of Delaware.

32. Stolyarova, E. (2013) Carbon dioxide emissions, economic growth and energy mix: empirical evidence from 93 countries. *Climate Economics Chair*, Working Paper.
33. Tol, S. J. R., Pacala, S. W., and Socolow, R. (2006). Understanding long-term energy use and carbon dioxide emissions in the USA, Humborg University.
34. Torras, M. and Boyce, J. K. (1998). Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25, 147˚160.
35. York, J. C., Madigan, D., Heuch, I. I., and Lie, R. T. (1995). Birth defects registered by double sampling: a bayesian approach incorporating covariates and model uncertainty. *Applied Statistics*, 44 (2), 227˚242.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی