پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
سال سوم، شماره ۱۱، تابستان ۱۳۹۳، صفحات ۱۱۶-۹۱

تحلیل رابطه علیت بین انتشار کربن، مصرف انرژی و تولید سرانه در ایران: با استفاده از روش بوت استرپ حداکثر انتروپی

سیدکمال صادقی[۱]، سید مهدی موسویان[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳

چکیده:

بدون‌شک هر گونه برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در زمینه رشد اقتصادی به عنوان یکی از اهداف کلان اقتصادی، نیازمند توجه ویژه به بخش انرژی و محیط‌زیست و ارتباط آن‌ها با تولید است. از این رو در پژوهش حاضر، با هدف بررسی دقیق‌تر علیت بین انتشار کربن، مصرف انرژی و رشد اقتصادی نسبت به آزمون فرض‌های سنتی که بر پایه تئوری حدی صورت می‌گرفت از روش بوت استرپ حداکثر انتروپی استفاده شده است. به این منظور با استفاده از فواصل اطمینان بوت استرپی، علیت بین انتشار کربن سرانه و تولید ناخالص داخلی، ابتدا در یک الگوی دو متغیره و سپس در چارچوب الگوی چند متغیره با لحاظ متغیرهای مصرف سرانه انرژی، توسعه مالی و درجه باز بودن اقتصاد، مورد آزمون قرار گرفت. مطابق نتایج به‌¬دست آمده طی دوره ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۹ در الگوی دو متغیره، رابطه علیت یک طرفه از تولید ناخالص داخلی به انتشار کربن برقرار بود اما در چارچوب الگوی چند متغیره، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه علیت بین انتشار کربن و تولید ناخالص داخلی رد نشد. همچنین بین متغیرهای مصرف انرژی سرانه و رشد اقتصادی نیز رابطه علیت یک طرفه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی برقرار بود، بنابراین امکان اجرای سیاست‌های مربوط به کاهش آلودگی هوا و مصرف انرژی، بدون کم کردن رشد اقتصادی وجود دارد.

۱- دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تبریز/ نویسنده مسئول
E-mail: sadeghiseyedkamal@gmail.com
۲- دانشجوی دکترای علوم اقتصادی دانشگاه تبریز
E-mail: me.mousavian@gmail.com

طبقه‌بندی *JEL: N70, Q53, Q56, P28*

واژه‌های کلیدی: آزمون علیت، انتشار کربن، بوت استرپ، رشد اقتصادی

۱- مقدمه

از دهه ۱۹۶۰ به بعد آگاهی‌ها در مورد کاهش کیفیت محیط‌زیست و اثرات مخرب آن روی تغییرات آب و هوایی در بین اقتصاددانان و سیاست‌گذاران افزایش یافت (شهباز و همکاران[1]، ۲۰۱۳). اهمیت این موضوع و تأثیر رو به تزاید آلودگی‌های زیست‌محیطی بر زندگی بشر منجر به مطالعات بسیاری در این حیطه شده است. از سوی دیگر، با عنایت به تبادل (بده-بستان) بین حفظ کیفیت محیط‌زیست و رشد اقتصادی نمی‌توان انتظار داشت که فعالیت‌های بشر بتواند بدون توجه به محدودیت‌های منابع طبیعی و آلودگی‌های زیست‌محیطی ادامه یابد (عباسپور، ۱۳۸۶) بنابراین هرگونه برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری جهت دستیابی به رشد اقتصادی و ثبات آن به عنوان یکی از اهداف کلان اقتصادی، نیازمند بررسی و مطالعه همه جانبه ارتباط رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار کربن (به عنوان یکی از شاخص‌های اصلی آلودگی) می‌باشد. در این بین، مطالعه رابطه علیت بین این متغیرها می‌تواند نقش بسزایی در راه رسیدن به توسعه پایدار و توجه به ملاحظات زیست‌محیطی در فرایندهای تصمیم‌گیری ایفا کند.

در ادبیات اقتصادسنجی، چنانچه لحاظ یک متغیر در مجموعه اطلاعات، پیش‌بینی مربوط به متغیر دیگر را نسبت به حالت عدم در نظر گرفتن متغیر اول، بهبود نبخشد، گفته می‌شود که متغیر اول، علیت گرنجری متغیر دوم نیست. در چارچوب مدل خود رگرسیو برداری، آماره‌های مرسوم آزمون همچون والد، نسبت راستنمایی و ضریب لاگرانژ، برای آزمون علیت گرنجر، ممکن است خصوصیات حدی استاندارد را

1- Shahbaz & et al.

نداشته باشند (بالسیلار[1]، ۲۰۱۰). زمانی که تعداد اعضای نمونه یا همان طول دوره سری زمانی کم باشد، آزمون فرضیه‌ها و فاصله اطمینان‌های مبتنی بر تئوری حدی، می‌تواند منجر به نتایج گمراه‌کننده شود (یلتا[2]، ۲۰۱۱). به عنوان مثال، ککینون (۲۰۰۲) روی اینکه چطور یک آزمون J حدی درنمونه‌ای به اندازه ۵۰، بیش از ۸۰ درصد موارد می‌تواند منجر به رد یک فرضیه درست درسطح ۵ درصد شود، بحث می‌کند (یلتا، ۲۰۱۱). اما با پیشرفت مدل‌ها و الگوهای اقتصادسنجی، الگوریتم‌های جدیدی در مدل‌های سری زمانی که دارای وابستگی شدیدی هستند، به‌کار برده شد. در این بین، فرایند ایجاد داده بوت استرپ حداکثر انتروپی[3] که اخیراً توسعه داده شده است به طور خاص به منظور استفاده در مدل‌های سری زمانی، طراحی شده است. از مزایای این فرایند می‌توان به کاربرد آن در تمام حالات شکست ساختاری و نامانایی بدون تبدیل داده‌ها اشاره کرد.

هرچند تا کنون مطالعاتی در مورد علیت بین مصرف انرژی، انتشار کربن و رشد اقتصادی در ایران صورت گرفته است اما می‌توان گفت این مطالعات عمدتاً مبتنی بر تئوری حدی صورت گرفته است. با توجه به ایرادات مطروحه برای این مدل‌ها و نتایج متفاوت این مطالعات و از سوی دیگر نظر به اهمیت موضوع، در این پژوهش با هدف بررسی دقیق‌تر علیت بین انتشار کربن و رشداقتصادی و همچنین علیت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی، روش بوت استرپ حداکثر انتروپی مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین به منظور پیشگیری از مشکلات ناشی از حذف متغیر مهم، مطابق با مبانی نظری و مطالعات انجام شده، اثر متغیرهایی همچون توسعه مالی و باز بودن اقتصاد نیز مد نظر قرار گرفته است. در ادامه، ابتدا ادبیات موضوع بیان شده و پس ازآن، ضمن شرح روش‌شناسی تحقیق، نتایج تجربی بیان شده است و در انتها، جمع‌بندی ونتیجه‌گیری تحقیق ارائه شده است.

1- Balcilarand & et al.
2- Yalta
3-.Maximum Entropy Bootstrap

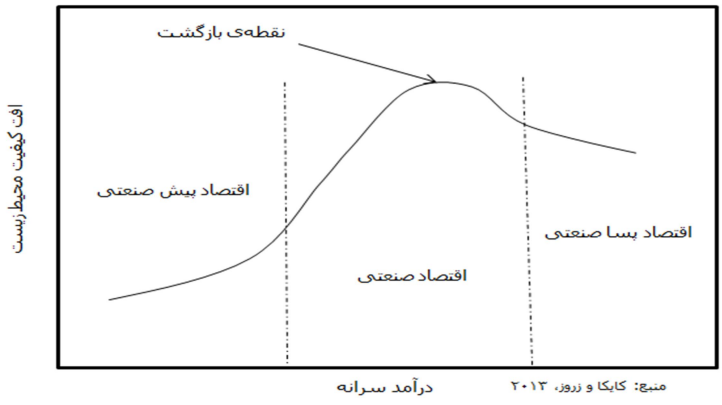
۲- ادبیات موضوع

۱-۲- مبانی نظری

در زمینه ارتباط بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست، مطالعات بسیاری صورت گرفته است که از مشهورترین آن‌ها می‌توان به منحنی زیست‌محیطی کوزنتس اشاره کرد. مفهوم منحنی زیست‌محیطی کوزنتس، برگرفته از ایدهی کوزنتس[1] (۱۹۹۵) در زمینه وجود رابطه‌ای ∩ شکل بین درآمد سرانه و نابرابری توزیع درآمد است. این مفهوم اولین بار در دهه ۱۹۹۰ و همزمان با مطالعه اثرات بالقوه انعقاد موافقت‌نامه تجارت آزاد آمریکای شمالی[2] بر محیط‌زیست توسط گروسمن وکروگر[3] (۱۹۹۱) و همچنین مطالعه شفیک و باندیوپادهیای[4] (۱۹۹۲) که در گزارش توسعه جهانی سال ۱۹۹۲ منتشر شد، ظهور یافت (بهبودی و همکاران، ۱۳۸۹).

مفهوم پایه تئوری منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در نگرش بکرمن پیرامون اثر رشد اقتصادی روی افت کیفیت محیط‌زیست، منعکس شده است (کایکاوزروز[5]، ۲۰۱۳). بکرمن[6] (۱۹۹۲) بیان داشته که شواهد روشنی وجود دارد که اگرچه رشد اقتصادی در مراحل اولیه خود منجر به افت کیفیت محیط‌زیست می‌شود اما در نهایت بهترین و شاید تنها راه برای دستیابی به محیط‌زیست پاک در اکثر کشورها، ثروتمند شدن است بنابراین منحنی زیست‌محیطی کوزنتس را می‌توان به صورت نمودار (۱) نشان داد.

1- Kuznets
2- North American Free Trade Agreement (NAFTA)
3- Grossman & Krueger
4- Shafik & Bandyopadhyay
5- Kaika &Zervas
6- Beckerman



نمودار(۱)- منحنی زیست‌محیطی کوزنتس

در نمودار (۱) ابتدا رابطه بین درآمد و کاهش کیفیت محیط‌زیست مثبت بوده و همزمان با رشد اقتصادی، تخریب محیط‌زیست نیز افزایش می‌یابد. ابتدا روند تخریب محیط‌زیست شتابان است اما رفته‌رفته شیب نمودار کاهش‌یافته و با افزایش تکنولوژی نهایتاً رشد اقتصادی سبب کاهش تخریب محیط‌زیست می‌گردد.

مطالعات تجربی پیرامون منحنی زیست‌محیطی کوزنتس، وجود یک رابطه ∩ شکل بین سطح آلودگی و سطح درآمد را مورد بررسی قرار می‌دهند. به طور معمول در نمودار مربوط به این منحنی، سطح درآمد روی محور افقی و سطح آلودگی روی محور عمودی نشان داده می‌شود بنابراین به طور پیش‌فرض، ارتباط بین درآمد و آلودگی به صورت یک رابطه علیت یک طرفه از درآمد به آلودگی در نظر گرفته می‌شود. اعتبار این پیش‌فرض اکنون مورد سؤال است. ادعا می‌شود که ماهیت و جهت علیت ممکن است از کشوری به کشور دیگر متفاوت باشد. (کندوو و دیندا[1]، ۲۰۰۲). چنانچه در طی فرایند تولید، دی اکسید کربن نیز تولید شود، ممکن است رشد اقتصادی پیرو انتشار کربن باشد تا اینکه مقدم بر آن باشد (سویتس و همکاران[2]، ۲۰۰۷) بنابراین وجود انتشار کربن به عنوان یک پیامد خارجی می‌تواند جهت علیت از انتشار کربن به رشد اقتصادی را سبب شود. از طرفی

1- Coondoo and Dinda
2- Soytas & et al.

ارتباط بین انتشار کربن و رشد اقتصادی را می‌توان با قرار دادن میزان آلودگی (انتشار کربن) در مدل رشد اقتصادی و در کنار عوامل سنتی ارائه‌شده در مدل‌های رشد درون‌زا و نئوکلاسیک، بررسی کرد. از این دیدگاه، کیفیت محیط‌زیست می‌تواند به عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده رشد عمل کند بنابراین بهبود در کیفیت محیط‌زیست منجر به رشد اقتصادی بالاتر خصوصاً در کشورهای توسعه‌یافته می‌شود. به عبارت دیگر، از این دیدگاه، آلودگی اثر منفی بر رشد اقتصادی دارد (لاو و همکاران[1]، ۲۰۱۴).

بر اساس نظر روکا و همکاران[2](۲۰۰۱) رابطه بین سطح درآمد و انواع آلودگی‌ها به عوامل زیادی بستگی دارد و این نمی‌تواند فکر درستی باشد که رشد اقتصادی به تنهایی مسائل محیطی را حل خواهدکرد. بدین ترتیب در مقاله‌ای با عنوان رشد اقتصادی و آلودگی‌های اتمسفر در اسپانیا، روند انتشار سالیانه ۶ نوع آلودگی در اسپانیا بررسی و تنها آلودگی از نوع $SO2$ به صورت تدریجی با فرضیه منحنی کوزنتس سازگار شد (واثقی و اسماعیلی، ۱۳۸۸). از دیگر عوامل اثرگذار بر رشد اقتصادی و انتشار کربن می‌توان به متغیرهای مصرف انرژی، درجه باز بودن اقتصاد و توسعه مالی اشاره کرد.

در ادبیات اقتصادی، سه عامل نیروی کار، زمین و سرمایه عموماً به عنوان عامل تولید مطرح هستند. در مقابل برخی از اقتصاددانان و نظریه‌پردازان توسعه، انرژی را نیز به عنوان یکی از عوامل تولید در نظر می‌گیرند. از آنجا که هریک از عوامل کار، زمین و سرمایه برای تولید و نگهداری، خود نیاز به انرژی دارند برخی از اقتصاددانان مانند کلیولند[3] اهمیت بیشتری برای انرژی در تولیدات اقتصادی مطرح می‌کنند و انرژی را به عنوان عامل اصلی و مقدم بر سایر عوامل می‌دانند. طرفداران نظریه فوق بحث‌های خود را عموماً با فرض مهم تر بودن انرژی نسبت به سایر عوامل شروع کرده و سهم کمتری برای سایر عوامل تولید قائل‌اند، اما دیدگاه اغلب اقتصاددانان نئوکلاسیک مانند برندت و دنیسون[4]،

1- Lau & et al.
2- Roca & et al.
3- Clevland
4- Berndt and Denison

مخالف اقتصاددانان اکولوژیک است. آن‌ها معتقدند که انرژی از طریق تأثیری که روی نیروی کار و سرمایه می‌گذارد به طور غیرمستقیم بر رشد اقتصادی مؤثر است و مستقیماً اثری بر رشد اقتصادی ندارد. اغلب اقتصاددانان نئوکلاسیک بر یک اصل معتقدند و آن این است که انرژی نقش کوچکی در تولید اقتصادی داشته و یک نهاده واسطه‌ای است و عوامل اساسی تولید تنها نیروی کار، سرمایه و زمین هستند (بهبودی، ۱۳۸۷). از طرف دیگر با احتراق سوخت‌های فسیلی، کربن اکسیدشده در جو رها می‌شود و سوخت‌های مختلف مقادیر متفاوتی از این گاز را به ازای هر واحد انرژی حرارتی آزاد می‌کنند. با رشد سریع فعالیت‌های صنعتی و شهرنشینی، مصرف انرژی در انواع مختلف، نقش مهمی را در اثرگذاری بر محیط‌زیست محلی و تغییر آب و هوای جهانی ایفا می‌کند به نحوی که اخیراً بیشتر آلودگی هوا در شهرها به دلیل حمل و نقل درون‌شهری است. سوخت‌های فسیلی در بخش حمل و نقل و نیز فرآیندهای صنعتی با مصرف مواد خام و محصولات تولیدی از عوامل عمده آلودگی شهرها به شمار می‌روند (لطفعلی‌پور وآشنا، ۱۳۸۹).

اثر توسعه مالی روی محیط‌زیست مبهم است و بستگی به این دارد که این بخش به بلوغ خود رسیده باشد یا خیر. توسعه مالی از طریق باز توزیع منابع به بخش‌ها و صنایع پاک می‌تواند از محیط‌زیست حفاظت کند. علاوه بر این، بخش بنگاه‌ها را به استفاده از فناوری‌های بالاتر به منظور افزایش تولید با ایجاد آلودگی کمتر تشویق می‌کند (تامازیان و همکاران[1]، ۲۰۰۹). جنسن[2] (۱۹۹۶) بیان داشته که توسعه مالی ممکن است موجب افزایش فعالیت‌های صنعتی شود و از این طریق منجر به افزایش آلودگی صنعتی شود. از سوی دیگر، فرانکل و رومر (۱۹۹۹) بیان می‌دارند که توسعه مالی ممکن است منجر به جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و افزایش هزینه‌های تحقیق و توسعه شود و با افزایش سطح رشد اقتصادی بر پویایی‌های عملکرد زیست‌محیطی اثر بگذارند (جلیل و فریدون[3]، ۲۰۱۱).

1- Tamazian & et al.
2- Jensen
3- Jalil andFeridun

آنتویلر و همکاران[1] (۲۰۰۱) بیان می‌دارد که باز بودن اقتصاد از سه طریق می‌تواند بر افزایش و یا کاهش کیفیت محیط‌زیست اثر بگذارد. این سه طریق شامل اثر مقیاس، فنی و ترکیب هستند. اثر مقیاس دلالت بر این دارد که آزادسازی تجارت به دلیل ایجاد توسعه اقتصادی که بر محیط‌زیست اثر منفی دارد، منجر به آلودگی محیط‌زیست می‌شود. اثر فنی نیز به دلیل واردات کالاهای با کارایی بالاتر و با استاندارد زیست‌محیطی بالاتر منجر به کاهش آلودگی می‌شود. سرانجام اثر ترکیبی بسته به این که کشور در صنایع پاک و یا آلاینده مزیت رقابتی داشته باشد، می‌تواند منجر به افزایش کیفیت محیط‌زیست و یا کاهش آن شود. بنابراین اثر ترکیبی هم می‌تواند اثرات مثبت زیست‌محیطی داشته باشد و هم اثرات منفی (شهباز و همکاران[2]، ۲۰۱۳).

با توجه به نظریات مطرح شده، در مورد رابطه بین متغیرهای سرانه انتشار کربن، مصرف سرانه انرژی و رشد اقتصادی و جهت علیت بین آن‌ها اجماعی وجود ندارد. همچنین متغیرهای توسعه مالی و درجه باز بودن اقتصاد نیز می‌توانند بر نوع رابطه بین آنها اثر گذار باشند.

۲-۲- مطالعات انجام‌شده

هاتزجورجیو و همکاران[3] (۲۰۱۱) رابطه علیت بین تولید ناخالص داخلی، شدت انرژی و انتشار کربن را در کشور یونان بررسی کردند. آن‌ها برای این منظور از آزمون هم انباشتگی جوهانسن[4] و آزمون علیت تصحیح خطای برداری (*VECM*)[5] بهره بردند. بر اساس نتایج آن‌ها بین شدت انرژی و انتشار کربن رابطه علیت دوطرفه برقرار بود و بهبود شدت انرژی، کاهش انتشار کربن را در پی داشت و عکس آن نیز برقرار بود. نتایج

1- Antweiler et al.
2- Shahbaz et al.
3- Hatzigeorgiou et al.
4- Johansen cointegration tests
5-Vector Error Correction Model

آزمون علیت بین تولید ناخالص داخلی و انتشار کربن نیز حاکی از رابطه علیت یک‌طرفه از تولید به انتشار کربن بود.

یلتا[1] (۲۰۱۱) رابطه علیت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در کشور ترکیه را با بهره‌گیری از روش بوت استرپ حداکثر انتروپی مورد تحلیل قرار داد که مطابق نتایج وی، شواهدی مبنی بر وجود رابطه علی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی یافت نشد.

قوش[2] (۲۰۱۰)، در چارچوب یک الگوی چند متغیره شامل عرضه انرژی، سرمایه‌گذاری، اشتغال، انتشار کربن و رشد اقتصادی، رابطه علیت بین انتشار کربن و رشد اقتصادی را در مورد کشور هند مورد بررسی قرارداد. مطابق نتایج وی، در کوتاه‌مدت رابطه علیت دو طرفه بین رشد اقتصادی و انتشار کربن برقرار بود اما در بلندمدت بین دو متغیر هیچ رابطه علیتی یافت نشد.

کندوو و دیندا[3] (۲۰۰۲) با استفاده از آزمون علیت گرنجر رابطه علیت بین سرانه انتشار کربن و سطح درآمد سرانه را مورد بررسی قرار دادند. مطابق نتایج آن‌ها، در گروه کشورهای توسعه‌یافته آمریکای شمالی و غرب اروپا، جهت علیت از آلودگی به درآمد است و برای کشورهای آمریکای جنوبی و مرکزی، اقیانوسیه و ژاپن، جهت علیت از سمت درآمد به آلودگی برقرار بود. همچنین در گروه کشورهای آسیا و آفریقا، رابطه علیت دو طرفه برقرار بود بنابراین بر اساس نتایج وی، جهت علیت در بین کشورهای مختلف، متفاوت بود.

صادقی و همکاران (۱۳۹۱) با بهره‌گیری از آزمون علیت تودا و یاماموتو، رابطه علی بین انتشار دی اکسید کربن، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی را مورد بررسی قرار دادند. مطابق نتایج آن‌ها هیچ گونه رابطه علیتی بین انتشار کربن و تولید ناخالص داخلی تایید نشد.

1- Yalta, A. T
2- Ghosh
3- Coondoo and Dinda

فطرس و محمودی (۱۳۸۹) با در نظر گرفتن متغیرهای انتشار کربن، تولید ناخالص داخلی، جمعیت شهرنشین و مصرف انرژی و انجام آزمون علیت تودا و یاماموتو، وجود رابطه علیت یک طرفه از تولید ناخالص داخلی به انتشار کربن را نتیجه گرفتند.

صالح و همکاران (۱۳۸۸) این رابطه را با استفاده از آزمون علیت گرنجر و آزمون علیت هیسائو مورد آزمون قراردادند. نتایج آن‌ها حاکی از وجود رابطه علیت یک‌طرفه از حجم گازهای گلخانه‌ای به تولید ناخالص داخلی بود.

ابریشمی و مصطفایی (۱۳۸۰) رابطه بین مصرف فرآورده‌های عمده نفتی و رشد اقتصادی در ایران را طی دوره ۱۳۳۸ تا ۱۳۷۸ با استفاده از مدل تصحیح خطا بررسی کردند. مطابق نتایج آن‌ها، تنها در بلندمدت مصرف این فرآورده‌ها علیت گرنجری تولید است اما هم در بلندمدت و هم در کوتاه مدت تولید عامل مصرف این فرآورده‌ها است.

در جمع‌بندی نتایج مربوط به مطالعات داخلی پیرامون علیت بین انتشار کربن و رشد اقتصادی و مصرف انرژی و رشد اقتصادی، می‌توان گفت اجماعی وجود نداشته و به علت استفاده از متغیرهای متفاوت، دوره زمانی و یا ابزارهای اقتصادسنجی متفاوت نتایج متفاوتی را در پی داشته‌اند از این رو همچنان نیازمند مطالعات تجربی است. نظر به اهمیت موضوع و کاربرد رو به گسترش روش‌های بوت استرپ به دلیل برتری آزمون‌های مبتنی بر آن، نسبت به آزمون‌های سنتی مبتنی بر تئوری حدی در این پژوهش ضمن استفاده از متغیرهای تأثیرگذار همچون توسعه مالی و درجه باز بودن اقتصاد از روش بوت استرپ حداکثر انتروپی جهت آزمون علیت بین مصرف سرانه انرژی، سرانه انتشار کربن و رشد اقتصادی استفاده شده است.

۳- روش‌شناسی

بوت استرپ فرایندی است که ارتباط بین نمونه و جامعه ناشناخته را از طریق ارتباط بین نمونه در دسترس و باز نمونه‌گیری‌های مناسب، مورد مطالعه قرار می‌دهد. استفاده از روش

بوت استرپ به منظور برآورد توزیع برآوردگرهای ضرایب رگرسیون خطی، اولین بار توسط افرون[۱] (۱۹۷۹) مطرح شد، سپس توسط فریدمن[۲] (۱۹۸۱) توسعه یافت. همچنین نویدی[۳](۱۹۸۹) عملکرد مجانبی روش‌های بوت استرپ در مدل‌های رگرسیون خطی را مورد بررسی قرارداد و بیان داشت که بسط‌های اجورث نشان می‌دهند که به طور مجانبی، همواره روش‌های بوت استرپ به خوبی و در برخی موارد، بهتر از تقریب نرمال کلاسیک هستند[۴] (طبیبیان، ۱۳۸۸).

به دلیل اینکه نمونه بوت استرپی باید ویژگی‌های نمونه واقعی را دارا باشد، در مشاهدات وابسته همچون سری زمانی، روش بوت استرپ بر پایه استقلال مشاهدات، کارایی ندارد. سیستم استنتاج تئوری نرمال فرض می‌کند که آماره مشاهده شده‌ای همچون میانگین، درکی از یک جامعه نرمال بزرگ و نامحدود است. بوت استرپ سنتی بر اساس توزیع یکسان و مستقل (iid)، مستقیماً با بازنمونه‌گیری با جایگذاری از مشاهدات به صورت درهم، باز نمونه‌ها را می‌سازد؛ بنابراین به دلیل اینکه بوت استرپ (iid) در مورد مشاهدات سری زمانی وابسته، دچار شکست می‌شود، روش بوت استرپ بلوکی (BB) معرفی شد. چون روش BB از بلوک‌هایی با اندازه m استفاده می‌کند، روش BB مشاهدات را به صورت بلوکی در هم می‌آمیزد و بازنمونه‌گیری را انجام می‌دهد. اما روش بوت استرپ حداکثر انتروپی ($meboot$)[۵] یک جایگزین جدید برای روش BB معرفی کرده است (وینود[۶]، ۲۰۱۰). در ادبیات اقتصاد انرژی فرایند بوت استرپ به ندرت به‌کاربرده شده است که این مورد تا حدی به دلیل فقدان یک تکنیک مناسب بوت استرپ برای داده‌های سری زمانی به شدت وابسته به هم بوده است. فرایند ایجاد داده $meboot$ که اخیراً توسعه داده شده است، به طور خاص به منظور پر کردن این شکاف طراحی شده است (یلتا[۷]،

1- Efron
2- Freedman
3- Navidi

۴- به منظور بررسی دقت این برآوردها از بسط های اجورث استفاده می‌شود.

5- Maximum Entropy Bootstrap
6- Vinod
7- Yalta

۲۰۱۱). این روش به خصوصیات عمومی تحلیل‌های سری زمانی همچون مانایی، نامانایی، حافظه کوتاه مدت و حافظه بلندمدت، نیازی ندارد (چایبونشری و همکاران[1]، ۲۰۱۲). علاوه بر این، فرایند *meboot* را در تمام حالات شکست ساختاری و نامانایی، بدون تبدیل داده‌ها می‌توان به کاربرد.

الگوریتم *meboot* شامل هفت مرحله زیر است:

۱) مرتب کردن داده‌های اصلی از کمتر به بیشتر و ذخیره کردن بردار مرتبه‌ها.

۲) محاسبه نقاط حد واسط در سری‌های مرتب شده به صورت $z_t=\left(x_{(t)}+x_{(t+1)}\right)/2$ برای $t=1,\ldots,T-1$.

۳) محاسبه میانگین تریم انحرافات $x_t - x_{t-1}$ در میان تمام مشاهدات پشت سر هم. محاسبه حد پایین برای دنباله سمت چپ به صورت $z_0 = x_{(1)} - m_{trm}$ و حد بالا برای دنباله سمت راست به صورت $z_T = x_{(T)} - m_{trm}$.

۴) محاسبه میانگین توزیع حداکثر انتروپی در درون هر فاصله، به گونه‌ای که محدودیت حفظ میانگین برقرار باشد.

۵) ایجاد شماره‌های تصادفی در بازه $[0,1]$ به صورت یکنواخت و محاسبه چندک های نمونه مربوط به توزیع حداکثر انتروپی در آن نقطه‌ها و مرتب کردن آن‌ها.

۶) مرتب‌سازی دوباره چندک های نمونه مرتب شده، با استفاده از بردار مرتبه‌های مرحله اول؛ این کار روابط وابسته به زمان داده‌های اصلی را بازگردانی می‌کند.

۷) تکرار مراحل ۲ تا ۶ به تعداد دفعات باز نمونه‌گیری.

به منظور تشریح فرایند *meboot* باهدف انجام آزمون علیت و با فرض دارا بودن دو متغیر X و Y، ابتدا سیستم معادلات (۱) و (۲) را که به صورت سیستم خود رگرسیو برداری (VAR[2]) است در نظر گرفته می‌شود.

1- Chaiboonsri et al.
2- Vector Auto Regression

(۱)

$$X_t = C_1 + \alpha_{11} X_{t-1} + \alpha_{12} X_{t-2} + \ldots + \alpha_{1k} X_{t-k} + \beta_{11} Y_{t-1} + \ldots + \beta_{1k} Y_{t-k}$$

(۲)

$$Y_t = C_1 + \alpha_{11} Y_{t-1} + \alpha_{12} Y_{t-2} + \ldots + \alpha_{1k} Y_{t-k} + \beta_{11} X_{t-1} + \ldots + \beta_{1k} X_{t-k}$$

که در آن، k تعداد وقفه بهینه مدل می‌باشد و بر اساس معیارهایی همچون شوارتز و آکائیک انتخاب می‌گردد. به منظور انجام آزمون علیت، ابتدا فروض زیر را در نظر می‌گیریم:

$$\begin{cases} H_0 : \beta_{11} = \beta_{12} = \ldots = \beta_{1k} = 0 \\ H_1 : \text{حداقل یکی از ضرایب } \beta_{1i} \text{ مخالف صفر} \quad i = 1,2,\ldots k \end{cases}$$

در آزمون بالا، فرضیه صفر(فرض اولیه) (H_0) در معادله (۱) به این معنی است که Y علیت گرنجر متغیر X نیست. اگر فرض اولیه مبنی بر صفر بودن ضرایب Y در معادله (۱) رد شود به معنی برقراری رابطه علیت از Y به X است. مشابه این آزمون را در مورد ضرایب X در معادله (۲) می‌توان انجام داد و اگر فرض اولیه مبنی بر صفر بودن تمام ضرایب X رد شد به معنی برقراری رابطه علیت از X به Y می‌باشد. همچنین عدم رد فرضیه صفر در هر دو آزمون به معنای نبود رابطه علی بین دو متغیر و رد فرضیه صفر در هر دو آزمون به معنای برقراری رابطه علی دوسویه بین دو متغیر است. به منظور انجام دادن این آزمون با استفاده از فرایند *meboot*، ابتدا Q بار بازنمونه‌گیری (مطابق مراحل هفت گانه ذکر شده) از سری‌های Y و X صورت می‌گیرد. این سری‌ها به عنوان نماینده جامعه داده‌های اصلی نقش ایفا می‌کنند. این باز نمونه‌گیری‌ها صورت گرفته و پس از آن Q بار معادلات (۱) و (۲) برآورد می‌شوند. در ادامه، Q ضریب برآورد شده هر پارامتر در این معادلات، جهت محاسبه فاصله اطمینان بوت استرپی ضرایب Y و X مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نهایت، چنانچه فاصله اطمینان $(1-\alpha)100\%$ برای ضرایب Y در معادله (۱) (ضرایب X در معادله

(۲))، عدد صفر را شامل نشود، فرضیه صفر مبنی بر اینکه Y علیت گرنجری X نیست (X علیت گرنجری Y نیست) رد خواهد شد (یلتا، ۲۰۱۱).

٤- یافته‌های تجربی

اگر چه در بسیاری از مطالعات مربوط به آزمون علیت، از چارچوب دو متغیره استفاده می‌شود اما ارتباط بین دو متغیر می‌تواند توسط متغیرهای دیگر تحت تأثیر قرار بگیرد چرا که حذف متغیر مهم ممکن است موجب ایجاد اریب در نتایج شود بنابراین در این مطالعه ابتدا یک الگوی دو متغیره و سپس یک الگوی چند متغیره مطابق با مبانی نظری و کارهای تجربی انجام شده، در نظر گرفته شد تا بدینوسیله از مشکلات مربوط به حذف متغیر مهم جلوگیری شده باشد. در ادامه نتایج تجربی مربوط به این الگوها بیان شده است (کلیه برآورد های بوت استرپ با استفاده از نرم افزار آماری R صورت گرفته است).

۱-٤- چارچوب دو متغیره

به منظور انجام آزمون علیت با استفاده از روش بوت استرپ حداکثر انتروپی، ابتدا یک مدل خود رگرسیو برداری با متغیرهای درون‌زای انتشار کربن و درآمد سرانه به صورت معادلات (۳) و (۴) در نظر گرفته شد. تعداد وقفه‌های این مدل نیز با استفاده از معیار شوارتز انتخاب شد به این صورت که با شروع از یک وقفه و افزایش آن در مراحل بعد، معیار شوارتز برای هر وقفه محاسبه و در نهایت، تعداد وقفه‌ای که کمترین مقدار شوارتز را نتیجه می‌داد به عنوان وقفه نهایی انتخاب گردید.

(۳)

$$y_t = c_2 + \sum_{i=1}^{m} \beta_{2i} co_{t-i} + \sum_{j=1}^{m} \alpha_{2j} y_{t-j} + u_{2t}$$

(۴)

$$co_t = c_1 + \sum_{i=1}^{m} \beta_{1i} co_{t-i} + \sum_{j=1}^{m} \alpha_{1j} y_{t-j} + u_{1t}$$

در این معادلات، $u_i \ (i = 1,2)$ جمله خطا، $c_i \ (i = 1,2)$ جملات ثابت (عرض از مبدأ)، y لگاریتم تولید ناخالص داخلی حقیقی سرانه و co لگاریتم سرانه انتشار کربن است. داده‌های مربوط به تولید سرانه از تقسیم تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ و بر حسب میلیارد ریال بر جمعیت بر حسب هزار نفر به دست آمده است و هر دو سری زمانی جمعیت و تولید از وب‌سایت بانک مرکزی ایران استخراج شده است. داده‌های مربوط به انتشار کربن نیز از وب‌سایت بانک جهانی و بر حسب هزار کیلوگرم به ازای هر نفر به دست آمده است. دوره زمانی مورد بررسی نیز ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۹ در نظر گرفته شد. با برآورد الگو، تعداد وقفه بهینه بر اساس معیار شوارتز برابر با m=۲ انتخاب شد. به منظور انجام آزمون علیت، تعداد دفعات بازنمونه‌گیری از سری‌های y و co در الگوریتم بوت استرپ، Q=۹۹۹ انتخاب شد. این باز نمونه‌گیری‌ها صورت گرفته و پس از آن Q بار معادلات (۳) و (۴) برآورد شدند. در ادامه ۹۹۹ ضریب برآورد شده هر پارامتر در این معادلات، جهت محاسبه فاصله اطمینان بوت استرپی α_{1j} و β_{1i} مورد استفاده قرار گرفت. یلتا (۲۰۱۳) پیشنهاد می‌کند که چون حدود اطمینان بوت استرپی، دقیقاً مطابق دیدگاه آزمون والد کلاسیک عمل نمی‌کند و بررسی فرضیه‌های صفر بودن ضرایب مربوط به متغیری که فرض علت نبودن آن برای متغیر وابسته بررسی می‌شود، به صورت همزمان صورت نمی‌گیرد و ضرایب به صورت جداگانه بررسی می‌شوند در ازای آن با کاربرد نابرابری بن فرونی[1] سطح خطا برابر با فرمول $\acute{\alpha} = \alpha/m$ انتخاب شد که در آن α سطح خطای پیشین، m تعداد آزمون‌ها و $\acute{\alpha}$ سطح خطای جدید است. مطابق این

1- Bonferroni Inequality

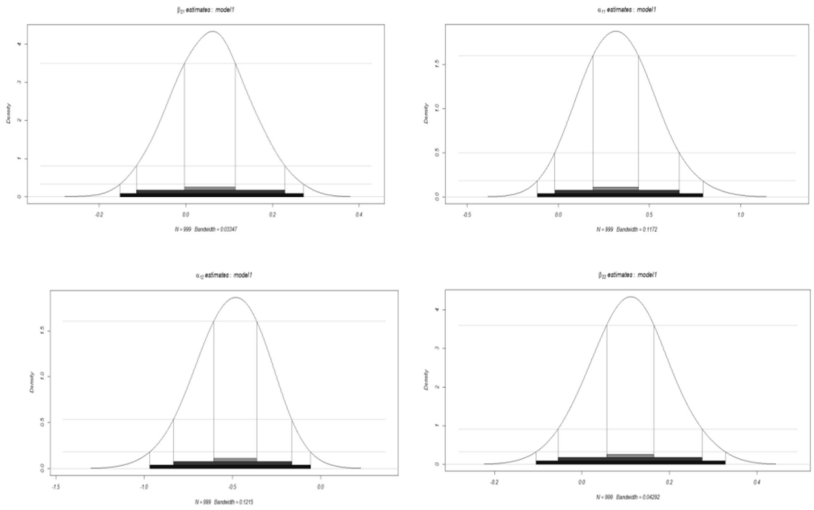
دیدگاه، زمانی که m آزمون به صورت همزمان انجام می‌شوند باید از این سطح خطا استفاده کرد بنابراین در آزمون علیت با وجود دو وقفه بهتر است به‌جای سطح خطای ۵ درصد از سطح خطای ۱۰ درصد جهت ساختن فاصله اطمینان بهره برد. نتایج مربوط به فاصله اطمینان ۹۰ درصدی در جدول (۱) گزارش شده است.

جدول (۱)- فاصله اطمینان ۹۰ درصدی به دست آمده برای ضرایب معادلات (۳) و (٤)

	فاصله اطمینان ۹۰ درصدی			
	متغیر وابسته: GDP		متغیر وابسته: CO	
متغیر مستقل	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین
C	۲,۳۹۰۲۳۹	۱,۵۷۱۵۹۹۸	۲,۰۷۸۹۰٦	۰,۷۹٦۰۷۳٦
$GDP(-1)$	۱,۳۰۲۵۳۷	۰,۸۰۷۸٤۰۰	۰,٦۲۹۵۹۵٤	۰,۰۵۱٤۵۸٤۹
$GDP(-2)$	-۰,۰۸۷۸۲۱۳۷	-۰,۵۲۹۸۱۹۱	-۰,۲٤۷۵۸۵۹	-۰,۷۹۵۷۵٦٤
$CO(-1)$	۰,۲۰۰۱٤۸۸٤	-۰,۰۸٤٦٤۵۸۲	۱,۰۱۰۱٦۰	۰,٦۰۳٦۳۳٤
$CO(-2)$	۰,۲۵٤۳۸۳۳٦	-۰,۰۲۸٤۱۸۹۳	۰,٤۵۷۱۳۰۷	۰,۰۳۱۲۰۵۷۰

منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول (۱)، فاصله اطمینان ۹۰ درصدی به‌دست آمده برای ضرایب $\beta_{۲۱}$ و $\beta_{۲۲}$، عدد صفر را شامل می‌شوند بنابراین فرضیه صفر مبنی بر اینکه سرانه انتشار کربن، علیت رشد نیست در سطح اطمینان ۹۰ درصد رد نمی‌شود اما نتایج به دست آمده در مورد فواصل بوت استرپی برای $\alpha_{۱۱}$ و $\alpha_{۱۲}$، عدد صفر را در بر ندارند بنابراین فرضیه صفر مبنی بر اینکه رشد اقتصادی (تولید ناخالص داخلی سرانه) علیت سرانه انتشار کربن نمی‌باشد، در سطح اطمینان ۹۰ درصد رد می‌شود.



نمودار (۲)- حدود اطمینان بیش‌ترین منطقه تراکم مربوط به ضرایب معادلات (۳) و (٤)
منبع: یافته‌های تحقیق

در نمودار (۲) توزیع‌های مربوط به ضرایب معادلات (۳) و (۴) بر اساس روش بیش‌ترین منطقه تراکم رسم شده است. این روش، حدود اطمینان را به نحوی تعیین می‌کند که حاوی نقاط با تراکم نسبتاً بالا باشند. این روش مخصوصاً زمانی که استاندارد نبودن توزیع‌ها محتمل باشد، مناسب است (یلتا، ۲۰۱۳). در این نمودار، محور عمودی بیانگر چگالی و محور افقی حدود را مشخص می‌کند. همچنین مستطیل‌های کوچک نیز بیانگر سطوح پوشش بر اساس احتمالات ۹۹، ۹۵ و ۵۰ درصد هستند. مطابق با این نمودارها نیز می‌توان نتایج آزمون علیت را مشاهده کرد.

۲-٤- چارچوب چند متغیره

در ادامه به منظور غلبه بر مشکل حذف متغیر مهم که ممکن است به صورت بالقوه وجود داشته باشد، یک الگوی چند متغیره نیز در نظر گرفته شد. متغیرهای این الگو مطابق با کار تجربی انجام‌شده توسط شهباز و همکاران (۲۰۱۳) انتخاب گردیدند. بدین صورت که متغیرهای

مصرف سرانه انرژی، توسعه مالی و درجه باز بودن اقتصاد نیز به الگوی اولیه اضافه شدند و برآوردهابر اساس معادلات (۵) و (۶) مجدداً صورت گرفت. همچنین به منظور بررسی رابطه علیت بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی، معادله (۷) نیز برآورد شد.

(۵)

$$y_t = c_2 + \sum_{i=1}^{m} \beta_{2i} co_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \alpha_{2i} y_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \gamma_{2i} en_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \lambda_{2i} fd_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \theta_{2i} op_{t-i} + u_{1t}$$

(۶)

$$co_t = c_1 + \sum_{i=1}^{m} \alpha_{1i} y_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \beta_{1i} co_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \gamma_{1i} en_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \lambda_{1i} fd_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \theta_{1i} op_{t-i} + u_{2t}$$

(۷)

$$en_t = c_3 + \sum_{i=1}^{m} \alpha_{3i} y_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \beta_{3i} en_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \gamma_{3i} co_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \lambda_{3i} fd_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \theta_{3i} op_{t-i} + u_{3t}$$

در معادلات (۵) تا (۷) en بیانگر مصرف سرانه انرژی، fd شاخص توسعه مالی و op درجه باز بودن اقتصاد است و هر سه متغیر به صورت لگاریتمی به‌کاربرده شدند. داده مصرف سرانه انرژی بر حسب بشکه معادل نفت خام از ترازنامه انرژی وزارت نیرو استخراج شد و نسبت بدهی بخش خصوصی به سیستم بانکی به تولید ناخالص داخلی (هر دو بر حسب میلیارد ریال) به عنوان شاخص توسعه مالی استفاده شد. همچنین نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید به عنوان شاخص درجه باز بودن اقتصاد به‌کار برده شد. متغیرهای بدهی بخش خصوصی، تولید ناخالص داخلی و صادرات و واردات، از وب‌سایت بانک مرکزی و در بازه زمانی ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۹ استخراج شدند.

در این الگو نیز تعداد وقفه بهینه بر اساس معیار شوارتز برابر با $m=2$ انتخاب شد. همچنین تعداد دفعات بازنمونه‌گیری از سری‌ها در الگوریتم بوت استرپ، $Q=999$ انتخاب شد. این باز نمونه‌گیری‌ها صورت گرفته و پس از آن Q بار معادلات (۵)، (۶) و (۷) برآورد شدند. در ادامه ۹۹۹ ضریب برآورد شده هر پارامتر در این معادلات، جهت

محاسبه فاصله اطمینان بوت استرپی α_{1i}، β_{2i}، α_{4i} و سایر ضرایب مورد استفاده قرار گرفت. نتایج مربوط به فاصله اطمینان ۹۰ درصدی در جدول (۲) گزارش شده است.

جدول (۲)- فاصله اطمینان ۹۰ درصدی به دست آمده برای ضرایب معادلات (۵) تا (۷)

متغیر مستقل	فاصله اطمینان ۹۰ درصدی					
	متغیر وابسته: y		متغیر وابسته: CO		متغیر وابسته: en	
	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین
C	۵,۴۳۸۵۴۸	۱,۷۱۶۱۰۴۳	۱,۵۵۷۱۵۷	-۳,۰۶۱۶۵۹	٤,۱۷۸۰۷۰	-۰,٤٥۳۸۸۲۸
$y(-1)$	۱,۰۷۷۶۲۷	۰,٤٦۱۹۲٤٦	۰,۸۳۰۰۲٤٦٥	-۰,۰۹۱۳۲۹٤۱	۰,٤۸٤٦٤۲٤	-۰,۱۹۰۱۰٦٤
$y(-2)$	-۰,۰۰۹۸۸۷۹	-۰,۵۲۷۵۷۹۵	۰,۰۸۲۰۳۷٦۲	-۰,٦٥۲۸٥٤۸۰	-۰,۰٤۲۸۳۳۲٦	-۰,۷۸۱۷۳۷٥
$CO(-1)$	۰,۲۹۳٤٥٦٦۲	-۰,۰۵۹۲۳٤۹۲	۰,۸٦۸۸٦٥	۰,۳۲۳۷٤۹۱۹	۰,۳۲٥٤۱۹۷	-۰,۱۰۰۷۲٤۹
$CO(-2)$	۰,۲٤۸۲۸٤۱٤	-۰,۰۸۷٦۷٦۲۳	۰,۲٥٥۸۲۸۲	-۰,۳۲۸۳٤۱۹	۰,۲۱٥۰۸۰۷۹	-۰,۲٦۷٥۸۷٦
$EN(-1)$	۰,۳۳٦۱۱۲۲	-۰,۱۸۱۰٤۰۷	۰,۳٦۸۳٥۳۳	-۰,۳۰۷٤۹۰۹	۰,۷۲۸۳٤٦٥	۰,۲۰۹۰٥٦۰۸
$EN(-2)$	۰,۱٦۷۰۷٤۰	-۰,۳۲۳٥۱٤۸	۰,٦۰۰۳٦۱۱	-۰,۰٥۳۰۷۸۲	۰,۷۳٥٤٤۳۰	۰,۱۸۰۱۱۳۰
$FD(-1)$	۰,۲٤۹٦٦٦۱٥	-۰,۰۳۹۰۱۲٤۷	۰,۳٦۱۸۲۲٤۲	-۰,۰٤٤۷۱۹۹۳	۰,۲۱۷۸۱٥۹	-۰,۱۸۹٦٦۲٤
$FD(-2)$	۰,۰۲۸۷۸٥۷	-۰,۲۳٥۳٦۹۸	۰,۰۰۷۲۰۷۸	-۰,٤۹٦۱۹۱۰۱	۰,۲۰٤۸۱۰۳	-۰,۱٦۳۸۸۳۸
$OP(-2)$	۰,۱۹٦٥۷٥۰	۰,۰۰۱۹۳٤۱۲۹	۰,۳۱۳٦۹۸۱۱	۰,۰۲٦٦۸۸٦۷	۰,۱۷٤۹۸۹۰	-۰,۰۸۱۸۹۸۷۷
$OP(-2)$	۰,۱٤۰٤٦۱۰۱	-۰,۰۷٥۰۲۸٥٥	۰,۰۹۱٤٤۰٦۱	-۰,۲۰۰۱۰۷۸۲	۰,۲۱٤٤۱۱۸	-۰,۰٦۸۲۲۰۳۸

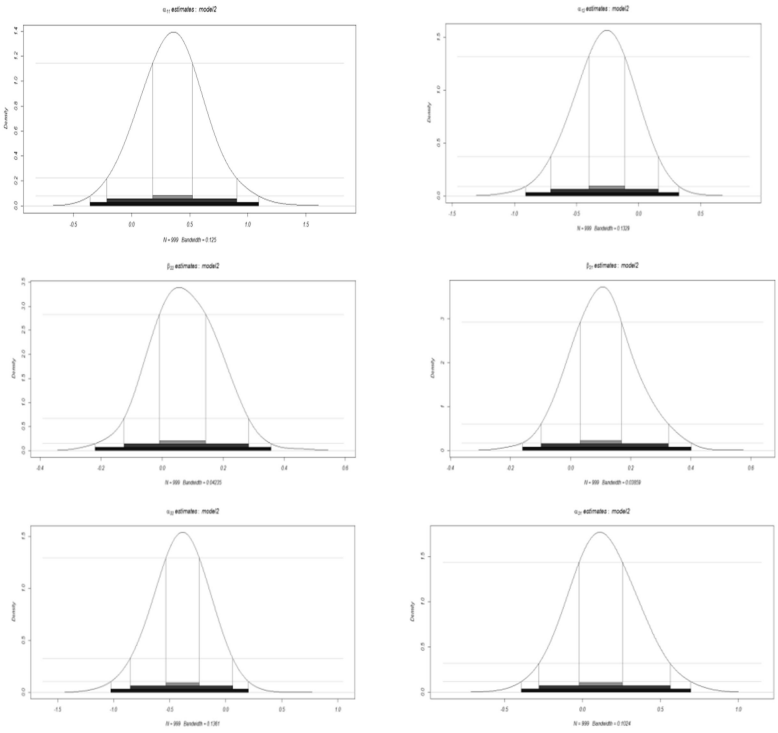
منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول (۲)، فاصله اطمینان ۹۰ درصدی به دست آمده برای ضرایب β_{21} و β_{22}، عدد صفر را شامل می‌شوند. بنابراین فرضیه صفر مبنی بر اینکه سرانه انتشار کربن، علیت رشد نیست در سطح اطمینان ۹۰ درصد رد نمی‌شود. فواصل بوت استرپی به دست آمده برای α_{11} و α_{12} نیز عدد صفر را در بر دارند بنابراین فرضیه صفر مبنی بر اینکه رشد اقتصادی (تولید ناخالص داخلی سرانه) علیت سرانه انتشار کربن نیست در سطح اطمینان ۹۰ درصد رد نمی‌شود. حدود به دست آمده برای ضرایب γ_{21}، γ_{22} و α_{31} عدد صفر را در بر دارند اما حدود مربوط به ضریب α_{32} عدد صفر را شامل نمی شود، بنابراین بین مصرف انرژی

سرانه و رشد اقتصادی، رابطه علیت یک طرفه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی برقرار است. علاوه بر این، رابطه علیت بین متغیرهای درجه بازبودن اقتصاد و رشد اقتصادی و درجه باز بودن اقتصاد و انتشار کربن و همچنین علیت بین توسعه مالی و رشد اقتصادی و توسعه مالی و انتشار کربن نیز بررسی شد اما جهت جلوگیری از طولانی شدن بحث، فقط به ذکر نتایج این آزمون ها به شرح زیر اکتفا شده است.

بین درجه باز بودن اقتصاد و رشد اقتصادی و همچنین بین درجه باز بودن اقتصاد و انتشار کربن نیز رابطه علیت دو طرفه برقرار بود. مطابق این نتایج، رابطه علیت یک طرفه از توسعه مالی به انتشار کربن برقرار بود اما فرضیه صفر مبنی بر عدم برقراری رابطه علیت بین توسعه مالی و رشد اقتصادی، رد نشدند.

نمودار (۳)- حدود اطمینان بیش‌ترین منطقه تراکم مربوط به ضرایب منتخب معادلات (۵) تا (۷)



منبع: یافته‌های تحقیق

در نمودار (۳) نیز توزیع‌های مربوط به برخی از ضرایب معادلات (۵) تا (۷) بر اساس روش بیش‌ترین منطقه تراکم رسم شده است. بر اساس این نمودار نیز می‌توان نتایج قبلی را به دست آورد.

۵- جمع‌بندی، پیشنهادات

توسعه پایدار هر جامعه‌ای مستلزم توجه به محیط‌زیست و حفظ آن برای نسل‌های آتی است. در این بین افزایش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به خصوص گاز دی اکسیدکربن، سبب بروز نگرانی‌هایی در مورد کیفیت محیط‌زیست شده است. از طرف دیگر، رشد اقتصادی پایدار نیز به عنوان یکی از اهداف کلان اقتصادی همواره مورد توجه برنامه‌ریزان بوده است. بدیهی است مطالعه رابطه و جهت علیت بین مصرف انرژی، انتشار کربن و رشد اقتصادی می‌تواند سیاست‌گذاران را در اتخاذ تصمیم‌های صحیح در مقابله با تخریب محیط‌زیست همزمان با رشد اقتصادی یاری رساند. اهمیت این موضوع منجر به تمرکز بسیاری از محققین روی دلالت‌های تجربی این موضوع شده است.

با توجه به ایرادات مطروحه برای مدل‌های مبتنی بر تئوری حدی و همچنین مزایای ذکر شده برای استفاده از روش بوت استرپ، در این پژوهش از روش بوت استرپ حداکثر انتروپی به عنوان روشی جدید در این حیطه و با هدف بررسی دقیق‌تر رابطه علیت بین سرانه انتشار کربن، مصرف سرانه انرژی و رشد اقتصادی (تولید ناخالص داخلی حقیقی سرانه)، استفاده شد؛ ضمن اینکه دوره مورد مطالعه سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۹ را در بر می‌گرفت. جهت انجام آزمون علیت با استفاده از این روش، ابتدا یک الگوی دو متغیره شامل متغیرهای سرانه انتشار کربن و تولید سرانه و سپس جهت جلوگیری از مشکلات مربوط به حذف متغیر مهم یک الگوی چند متغیره با لحاظ متغیرهای مصرف سرانه انرژی، توسعه مالی و درجه باز بودن اقتصاد، ، مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه، فواصل اطمینان بوت استرپی ۹۰ درصدی مربوط به ضرایب متغیرها به دست آمد. مطابق نتایج به‌دست آمده از این آزمون، در الگوی دو متغیره، فرضیه صفر مبنی بر عدم برقراری رابطه علیت از تولید

ناخالص داخلی به انتشار کربن، رد شد اما فرض عدم برقراری علیت از انتشار کربن به تولید، رد نشد بنابراین تنها رابطه علیت یک‌طرفه از تولید به انتشار کربن مورد تایید قرار گرفت اما در چارچوب الگوی چند متغیره با لحاظ کردن متغیرهای مصرف سرانه انرژی، درجه باز بودن اقتصاد و توسعه مالی، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود رابطه علیت بین انتشار کربن و تولید ناخالص داخلی، رد نشد. این نتیجه با مطالعه شرزه‌ای، حقانی (۱۳۸۸) در مورد ایران، کوان و همکاران[1] (۲۰۱۴) در مورد کشورهای هند و چین و سویتاس و ساری[2] (۲۰۰۹) در مورد کشور ترکیه، سازگار است. عدم رابطه علیت بین رشد اقتصادی و انتشار کربن دلایل مختلفی می‌تواند داشته باشد از جمله اینکه مصرف انرژی به عنوان یکی از عوامل تاثیر گذار بر آلودگی، در ایران از کارایی برخوردار نبوده به طوری که شدت انرژی در ایران بسیار بالاتر از کشورهای دیگر است (مطابق آمار منتشر شده توسط آژانس بین المللی انرژی) و این امر سبب شده است آلودگی بیشتر لزوماً به معنای تولید بیشتر نباشد. جدا از رابطه‌ای که توسعه مالی و درجه باز بودن اقتصاد با تولید و انتشار کربن دارند و در ادامه به آن پرداخته خواهد شد، بنا به آمار ترازنامه انرژی کشور در سال‌های اخیر سهم حامل‌های مختلف انرژی نیز از تامین انرژی کشور تغییر کرده است به گونه‌ای که در سال‌های اخیر سهم گاز طبیعی نسبت به سوخت‌های فسیلی که آلودگی بیشتری ایجاد می‌کنند، افزایش داشته‌است و این موضوع می‌تواند دلیلی بر عدم برقراری رابطه علیت از تولید به انتشار کربن تلقی شود.

مطابق این یافته‌ها، سیاست‌های مربوط به کاهش آلودگی هوا را بدون کم کردن رشد اقتصادی می‌توان به کار برد. در این راستا توصیه می‌شود دولت ضمن فراهم کردن زیرساخت های لازم با اجرای سیاست‌هایی همچون مالیات بر کربن، تعیین استانداردهای فنی و تخفیف یا مشوق‌های مالیاتی روی محصولات با درجه آلایندگی کمتر در جهت اصلاح الگوی تولید و مصرف انرژی به نفع انرژی‌های پاک و کمتر آلاینده گام بردارشته

1- Cowan & et al.
2- Soytas, U., & Sari (2009)

و زمینه کاهش میزان آلایندگی را فراهم کند. همچنین نتایج مربوط به آزمون علیت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی نیز حاکی از وجود رابطه علیت یک طرفه از رشد اقتصادی به مصرف سرانه انرژی بود؛ این نتیجه با یافته‌های مطالعات قبلی همچون مهرآرا (۲۰۰۷) در مورد کشورهای صادر کننده نفت شامل ایران سازگار است. شدت انرژی در ایران طی سال‌های گذشته رقم بالایی را داشته است که این امر می‌تواند ملاکی برای کارایی پایین انرژی تلقی شود و به واسطه این کارایی پایین مصرف انرژی بالاتر لزوماً منجر به افزایش تولید نشده است. قیمت انرژی در ایران باوجود اجرای طرح‌هایی همچون هدفمندی یارانه‌ها همچنان منعکس‌کننده قیمت واقعی خود نیستند و این امر می تواند از دلایل استفاده ناکارآمد از انرژی تلقی شود بنابراین قیمت‌گذاری مناسب انرژی و ایجاد مشوق‌های مالیاتی به منظور استفاده کارآمد از انرژی در این زمینه توصیه می‌شود. بین توسعه مالی و انتشار کربن نیز رابطه علیت یکطرفه از توسعه مالی به انتشار کربن برقرار بود. این رابطه ممکن است به واسطه نقش توسعه مالی بر توزیع منابع بین صنایع پاک و آلاینده به وجود آمده باشد از این رو توصیه می شود سیاست گذاران با هدایت صحیح نقدینگی و تسهیلات اعطایی بانک‌ها و همچنین نظارت بر واحدهای تولیدی به منظور استفاده از تکنولوژی‌های جدید با آلایندگی کمتر، زمینه کاهش آلودگی هوا را فراهم کند. بین توسعه مالی و رشد اقتصادی نیز فرضیه صفر مبنی بر عدم برقراری رابطه علیت، رد نشد. عدم رابطه علیت بین توسعه مالی و رشد نیز ممکن است به واسطه کارایی پایین بخش‌های مالی در تخصیص کارای منابع، بوجود آمده باشد. نتایج بررسی رابطه علیت بین درجه باز بودن اقتصاد و انتشار کربن و بین درجه باز بودن اقتصاد و رشد اقتصادی نیز حاکی از وجود رابطه علیت دو طرفه بین آن‌ها بود. درجه باز بودن اقتصاد، بر اساس سهمی که صنایع پاک نسبت به صنایع آلاینده در تجارت دارند، می‌تواند بر انتشار کربن تاثیر گذارد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران ضمن توجه بیشتر به صنایع پاک و صادرات آن‌ها، با نظارت بهینه بر روی واردات، زمینه تجارت محصولات کمتر آلاینده و کمک به کاهش انتشار کربن را فراهم کنند.

٦- منابع

الف) فارسی

۱- ابریشمی، حمید و مصطفایی، آذر (۱۳۸۰)، «بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف فراورده های عمده نفتی در ایران»، *مجله دانش و توسعه*، شماره ۱۴، صص ۴۶-۱۱.

۲- بهبودی، داود، فلاحی، فیروز و برقی گلعذانی، اسماعیل (۱۳۸۹)، «عوامل اقتصادی و اجتماعی موثر بر انتشار سرانه دی اکسید کربن در ایران (۱۳۸۳-۱۳۴۶)»، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۹۰، صص ۱۷-۱,

۳- ترازنامه انرژی، دفتر معاونت و برنامه ریزی وزارت نیرو.

۴- شرزه ای، غلامعلی و حقانی، مجید (۱۳۸۸)، «بررسی رابطه علی میان انتشار کربن و درآمد ملی، با تاکید بر نقش مصرف انرژی»، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۸۷ صص ۹۰-۷۵.

۵- صادقی، سید کمال، متفکر آزاد، محمد علی، پور عبادالهان، محسن و اتابک شهباززاده(۱۳۹۱)، «بررسی رابطه علی بین انتشار دی اکسید کربن، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، سرانه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در ایران (رهیافت آزمون علیت تودا-یاماموتو)»، *فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی*، سال اول، شماره ۴، صص ۱۱۶-۱۰۱.

۶- صالح، ایرج، شعبانی، زهره، سادات باریکانی، سیدحامد و یزدانی، سعید (۱۳۸۸)، «بررسی رابطه علیت بین تولید ناخالص داخلی و حجم گازهای گلخانه ای در ایران، مطالعه موردی گاز دی اکسید کربن»، *فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه*، شماره ۶۶، صص ۴۲-۱۹.

۷- طبیبیان، محسن (۱۳۸۸)، «کاربرد برخی روشهای بوت استرپ در رگرسیون خطی»، پایان نامه کارشناسی ارشد آمار، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۸- عباسپور، مجید(۱۳۸۶)، *«انرژی، محیط‌زیست و توسعه پایدار»*، ویراستار: سمیراخدیوی، تهران: دانشگاه صنعتی شریف، موسسه انتشارات علمی.

۹- فطرس، محمد حسن و معبودی، رضا (۱۳۸۹)، «رابطه علی مصرف انرژی، جمعیت شهرنشین و آلودگی محیط زیست در ایران، ۱۳۸۵-۱۳۵۰»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال هفتم، شماره ۲۷، ۱۷-۱.

۱۰- لطفعلی پور، محمدرضا و آشنا، ملیحه (۱۳۸۹)، «بررسی عوامل موثر بر تغییر انتشار دی اکسید کربن در اقتصاد ایران»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال هفتم، شماره ۲۴، صص ۱۴۵-۱۲۱,

۱۱- واثقی،الهه و اسماعیلی، عبدالکریم (۱۳۸۸)، «بررسی عوامل تعیین‌کننده انتشار گاز *CO2* در ایران (کاربرد نظریه زیست‌محیطی کوزنتس)»، *محیط شناسی*، سال سی و پنجم، شماره ۵۲، صص ۱۱۰-۹۹,

۱۲- وب سایت بانک جهانی *WWW.WORLDBANK.ORG*

۱۳- وب سایت بانگ مرکزی ج.ا.ایران *WWW.CBI.IR*

۱۴- وب سایت آژانس بین المللی انرژی WWW.IEA.ORG

ب) انگلیسی

1- Antweiler, W., Copeland,B.R., Taylor,M.S. (2001), "Is Free Trade Good for the Environment?", *American Economic Review*, 91:877–908.

2- Balcilar, M., Ozdemir, Z. A., &Arslanturk, Y. (2010)."Economic Growth and Energy Consumption Causal Nexus Viewed Through a Bootstrap Rolling Window".*Energy Economics*, 32(6), 1398-1410.

3- Beckerman, Wilfred. (1992), "Economic Growth and the Environment: Whose Ggrowth? Whose Environment?",*World development*,. 20, no. 4: 481-496.

4- Chaiboonsri, C., Chokethaworn, K., &Chaitip, P. (2012). "Frontier of econometrics time series analysis in ICT's Stock Market of Thailand: Maximum Entropy Bootstrap Approach*". Procedia Economics and Finance*, 1, 81-87.

5- Coondoo, D., &Dinda, S. (2002). "Causality Between Income and Emission: a Country Group-Specific Econometric Analysis*". Ecological Economics*, 40(3), 351-367.

6- Cowan, W. N., Chang, T., Inglesi-Lotz, R., & Gupta, R. (2014). "The Nexus of Electricity Consumption, Economic Growth and CO2 Emissions in the BRICS Countries". *Energy Policy*, 66, 359-368.

7- Freedman, D. A. (1981)."Bootstrapping Regression Models". *The Annals of Statistics*, 9(6), 1218-1228.

8- Ghosh, S. (2010)."Examining Carbon Emissions Economic Growth Nexus for India: A multivariate Cointegration Approach". *Energy Policy*, 38(6), 3008-3014.

9- Grossman, Gene M., and Alan B. Krueger. (1991), "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", *National Bureau of Economic Research*, no. w3914.

10- Hatzigeorgiou, Emmanouil, Heracles Polatidis, and Dias Haralambopoulos. (2011), "CO2 Emissions, GDP and Energy Intensity: A

Multivariate Cointegration and Causality Analysis for Greece, 1977–2007.", *Applied Energy*, 88, no. 4: 1377-1385.
11- Jalil, A.; Feridun, M. (2011), "The Impact of Growth, Energy and Financial Development on the Environment in China: A Cointegration Analysis", *Energy Economics*, 33:284-291.
12- Kaika, Dimitra, and EfthimiosZervas. (2013), "The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory—Part A: Concept, Causes and the CO2 emissions case", *Energy Policy*, 62: 1392-1402.
13- Lau, L. S., Choong, C. K., &Eng, Y. K. (2014)."Carbon Dioxide Emission, Institutional Quality, and Economic Growth: Empirical Evidence in Malaysia".*Renewable Energy*, 68, 276-281.
14-Mehrara, M. (2007). Energy Consumption and Economic Growth: the Case of oil Exporting Countries. *Energy policy*, 35(5), 2939-2945.
15- Navidi, W. (1989)."Edgeworth Expansions for Bootstrapping Regression Models".*The Annals of Statistics*, 1472-1478.
16- Roca,J.and et al. (2001), "Economic Growth and Atmospheric Pollution in Spania: Discussion the Environmental Kuznets Curve hypothesis", *Ecological Economics*, 39: 85-99.
17- Shafik, Nemat, and SushenjitBandyopadhyay. (1992)."*Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross Section Evidence*", Policy Research Working Paper, no. WPS904, the World Bank, Washington, DC, USA.
18- Shahbaz, M.; Tiwari, A.K.; Nasir, M.. (2013), "The Effects of Financial Development, Economic Growth, Coal Consumption and Trade Openness on CO2 emissions in South Africa", *Energy Policy*, 61,PP 1452–1459.
19- Soytas, U., & Sari, R. (2009). "Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Emissions: Challenges Faced by an EU Candidate Member". *Ecological economics*, 68(6), 1667-1675.
20-Soytas, U., Sari, R., & Ewing, B. T. (2007)."Energy Consumption, Income, and Carbon Emissions in the United States". *Ecological Economics*, 62(3), 482-489.
21-Tamazian, Artur, Juan PiñeiroChousa, and Krishna ChaitanyaVadlamannati. (2009),"Does higher Economic and Financial Development Lead to Environmental Degradation: Evidence From BRIC Countries", *Energy Policy*, 37, no. 1, 246-253.
22-Vinod, H. D. (2010). "A New Solution to Time Series Inference in Spurious Regression Problems " (No. dp2010-01). Fordham University, Department of Economics.
23-Yalta, A. T. (2011). "Analyzing Energy Consumption and GDP Nexus Using Maximum Entropy Bootstrap: The Case of Turkey". *Energy Economics*, 33(3), 453-460.
24-Yalta, A. Y. (2013). "Revisiting the FDI-led Growth Hypothesis: the Case of China" .*Economic Modelling*, 31, 335-343.