رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلودگی زیست‌محیطی (مطالعه موردی: بخش حمل‌ونقل ریلی کشور)

پریسا بازدار اردبیلی*، مربی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران
پیمان پژمان‌زاد، دانش آموخته کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: parisabazdar@yahoo.com

دریافت: ۹۷/۰٤/۰٦- پذیرش: ۹۷/۰۸/۰۵
صفحه۱۹۸-۱۸۹

چکیده

مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی هر سه اجزای نظام تولیدی اقتصاد هستند که بررسی ارتباط سه‌گانه‌ی آن‌ها برنامه‌ریزان را به ارائه راهکارهای مناسب برای نیل به اهداف اقتصادی همراه با حفظ محیط‌زیست رهنمون می‌کند. هدف مقاله‌ی حاضر بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی است. ازاین‌رو با استفاده از رویکرد الگوی خود بازگشت با وقفه‌های توزیعی و مدل تصحیح خطا به بررسی روابط بین این متغیرها در دوره ۹٤-۱۳۸۳ پرداخته‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که کشش مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی نسبت به آلودگی زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل ریلی کشور در کوتاه‌مدت و بلندمدت به ترتیب ۲۷و ٤۳ می‌باشد و حاکی از آن است که با افزایش مصرف انرژی، شاخص آلودگی زیست محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی کشور افزایش می‌یابد. همچنین کشش تولید ناخالص داخلی نسبت به آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی در کوتاه‌مدت و بلندمدت به ترتیب ۰/٤و ۰/۰۸ می‌باشد که نشان می‌دهد با افزایش تولید ناخالص داخلی در بخش حمل‌ونقل ریلی کشور، آلودگی زیست محیطی در این بخش افزایش می‌یابد. هم‌چنین علامت ضریب جمله‌ی تصحیح خطا مطابق انتظار، منفی است، که نشان می‌دهد عدم تعادل‌ها در کوتاه‌مدت تعدیل می‌شوند تا رابطه‌ی تعادلی بلندمدت ایجاد شود. مقدار این ضریب ۰/۳۶- است که به معنی تعدیل۳۶ درصدی در هر دوره تا برقراری تعادل بلندمدت است.

واژه‌های کلیدی: مصرف انرژی، آلودگی زیست‌محیطی، حمل‌ونقل ریلی، الگوی خود بازگشت با وقفه‌های توزیعی، مدل تصحیح خطا

۱-مقدمه

رشد روزافزون دانش بشری و جریان صنعتی شدن، که با وقوع انقلاب صنعتی سال ۱۸۳۰ در فرانسه آغازشده، منجر به بهره‌برداری فشرده از منابع انرژی به‌ویژه سوخت‌های فسیلی، برای تولید و حمل‌ونقل و درنهایت موجب آزاد شدن حجم قابل‌توجهی از گاز دی‌اکسید کربن به اتمسفر شده است. چشم‌انداز زیبای رشد اقتصادی در دهه‌های ۵۰ و٦۰ موجب غفلت کشورهای جهان نسبت به مسائل زیست‌محیطی و رشد و توسعه‌ی بدون مرز شده، به‌طوری‌که هزینه‌های ناشی از صدمات واردشده به محیط‌زیست خسارات جبران‌ناپذیری را ایجاد کرده است (نیکواقبال و دیگران و ۱۳۹۱). نگرانی جهانی ناشی از تهدید گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی در دو دهه اخیر در حال افزایش بوده است. مقدار فزاینده انتشار گاز دی اکسیدکربن، مهم‌ترین عامل در تأثیر گازهای گلخانه‌ای، دی‌اکسیدکربن، دارای بیشترین تأثیر گاز گلخانه‌ای (بیش از ٦۰ درصد) می‌باشد. به همین دلیل، آثار مخرب گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی روی اقتصاد

جهانی از طرف فعالان زیست‌محیطی و محققان دانشگاهی، به‌صورت گسترده موردبحث قرارگرفته است (جعفری صمیمی، ۱۳۹۲). اما به‌موازات آن ارتباط میان رشد اقتصادی و ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی توسعه‌ی بهتر درک شده، متخصصان و اقتصاددانان بر این مهم هم‌نوا شده‌اند که توجه یک‌جانبه به رشد اقتصادی به‌صورت اجتناب‌ناپذیری توسعه را ناپایدار می‌کند. دغدغه‌های توسعه در پارادایم جدید، خوشبختی چندجانبه‌ی نسل بشر است و بر این نکته تأکید شده که توسعه‌ی پایدار میسر نمی‌شود مگر با توسعه‌ی اقتصادی، توسعه‌ی اجتماعی و حفاظت از محیط‌زیست. بنابراین در دهه‌های اخیر تحقیقات بر روی ارتباط بین استفاده بهینه از انرژی، حفاظت از محیط‌زیست و توسعه پایدار اقتصادی اهمیت ویژه‌ای پیداکرده است (نیکواقبال و دیگران و ۱۳۹۱). در این راستا، این مقاله به بررسی رابطه‌ی میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی می‌پردازد. در این مقاله پس از بیان مقدمه، پیشینه تحقیق ارائه‌شده است. در بخش دوم مبانی تئوریک رابطه‌ی مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی بررسی‌شده است. در ادامه رابطه‌ی بلندمدت و کوتاه‌مدت مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی کشور با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی مورد آزمون قرارگرفته و درنهایت نتیجه‌گیری ارائه گردیده است.

۲-پیشینه تحقیق

مقاله‌ای تحت عنوان"رشد اقتصادی، رشد مصرف انرژی و رشد انتشار دی اکسیدکربن بررسی رابطه علیت با رویکرد داده‌های تلفیقی پویا (DPD)" توسط نیکو اقبال و دیگران به چاپ رسیده است. هدف این مقاله بررسی رابطه علی پویا بین متغیرهای رشد مصرف انرژی، رشد اقتصادی و رشد انتشار دی اکسیدکربن با استفاده از رویکرد داده‌های تلفیقی پویا و تکنیک GMM - SYS در بلندمدت و برای سه گروه درآمدی متفاوت؛ پایین‌تر از متوسط (ML)، بالاتر از متوسط (MH) و درآمد بالا (H) می‌باشد. نتایج تخمین نشان می‌دهد که در همه گروه‌های درآمدی رابطه علی یک‌طرفه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی وجود دارد. نتایج رابطه علی از رشد اقتصادی به رشد انتشار دی اکسیدکربن نشان می‌دهد که در گروه (ML) این رابطه به‌صورت مثبت برقرار است، درحالی‌که در گروه‌های (MH) و (H) این رابطه منفی می‌باشد. در ادامه با توجه به این‌که روند کاهشی شدت انتشار دی اکسیدکربن نسبت به افزایش درآمد در سه گروه درآمدی منحنی زیست‌محیطی کوزنتس را تائید می‌کند، صحت منحنی زیست‌محیطی کوزنتس با استفاده از تکنیک DOLS در تمامی کشورهای موردبررسی، رد و منحنی N شکل را تأئید می‌کند (نیکواقبال و دیگران و ۱۳۹۱).

مقاله‌ای تحت عنوان"بررسی ارتباط متقابل بین متغیرهای رشد اقتصادی، آلودگی محیط‌زیست، توسعه مالی و درجه باز بودن تجارت در ۸ کشور بزرگ اسلامی" توسط حیدری و دیگران به چاپ رسیده است. این مطالعه ارتباط بین چهار متغیر رشد اقتصادی، آلودگی محیط‌زیست، توسعه مالی و درجه باز بودن تجارت را برای هشت کشور بزرگ اسلامی طی دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۸۰ با استفاده از داده‌های تابلویی و مدل سیستم معادلات هم‌زمان موردبررسی قرار می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که رابطه دوطرفه بین رشد تولید و آلودگی محیط‌زیست وجود دارد. درواقع در این گروه از کشورها، با رشد تولید، آلودگی‌های زیست‌محیطی افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد در این کشورها تولید بدون توجه به آثار زیست‌محیطی آن صورت می‌گیرد. توسعه سیستم مالی نیز رشد تولید را در این گروه از کشورها افزایش می‌دهد و بر آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌افزاید. درواقع توسعه مالی باعث افزایش مصرف انرژی و افزایش فعالیت‌های صنعتی می‌شود و از این طریق آلودگی‌های محیط‌زیستی را موجب می‌شود. همچنین درجه باز بودن تجارت در این کشورها می‌تواند به رشد بیشتر و توسعه مالی کمک کند و از طریق این دو کانال آلودگی زیست‌محیطی نیز افزایش می‌یابد. با توجه به یافته‌های این پژوهش، درکشورهای عضو گروه دی ۸، باید بستری فراهم شود تا با گسترش تجارت، توسعه سیستم مالی و به‌تبع آن افزایش رشد تولید، با دست یافتن به فناوری‌های جدید در عرصه محیط‌زیست به رشد پایدار این کشورها کمک کرد (حیدری و پاشازانوسی و کسرایی و ۱۳۹۵). مقاله‌ای تحت عنوان"رشد اقتصادی، مصرف انرژی و توسعه مالی بر آلودگی محیط‌زیست در ایران طی دوره ۹۵-۱۳۶۵" توسط موسوی و

دیگران به چاپ رسیده است. هدف اصلی این مقاله بررسی تأثیر رشد اقتصادی، مصرف فرآورده‌های نفتی، توسعه مالی و باز بودن اقتصاد بر آلودگی محیط‌زیست در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳٦۵ تا ۱۳۹۵ می‌باشد. دراین‌ارتباط ابتدا منحنی محیط‌زیست کوزنتز (EKC) استخراج و در ادامه مدل آلودگی محیط‌زیست با روش‌های جدید اقتصادسنجی نظیر الگوی پویای خود توضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL) و روش جوهانسون – جوسلیوس مورد برازش قرار گرفته است. نتایج وجود رابطه مثبت بین متغیرهای درآمد سرانه و آلودگی محیط‌زیست را نشان می‌دهد. بین مربع درآمد سرانه و آلودگی محیط‌زیست نیز رابطه منفی وجود دارد. لذا فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در ایران صادق بوده و ایران در قسمت صعودی منحنی EKC قرار دارد. بین مصرف فرآورده‌های نفتی و آلودگی محیط‌زیست نیز رابطه مثبت وجود دارد. هرچند بین دو متغیر توسعه مالی و باز بودن اقتصاد با آلودگی محیط‌زیست هیچ رابطه مشخصی به دست نیامد(موسوی و سلمان پور و شکوهی فرد و ۱۳۹٦). مقاله‌ای تحت عنوان "رشد اقتصادی، انرژی و محیط‌زیست: بررسی مدل E3 در ایران" توسط مهدوی عادلی و نظری به چاپ رسیده است. در این مقاله به بررسی مدل E3 (رشد اقتصادی، انرژی و محیط‌زیست) در ایران برای دوره زمانی ۱۳۹۲–۱۳۵۳ با استفاده از روش تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم‌یافته پرداخته شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که اثر مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست بر رشد اقتصادی مثبت و معنی‌دار است. همچنین اثر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی مثبت و معنی‌دار است. درنهایت مصرف انرژی و رشد اقتصادی اثر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی محیط‌زیست در ایران دارند(مهدوی و نظری و ۱۳۹۳). مقاله‌ای تحت عنوان "بررسی رابطه میان آلودگی هوا، شدت انرژی و باز بودن اقتصاد ایران" توسط فطرس و دیگران به چاپ رسیده است. هدف اصلی بررسی رابطه CO_2 و شدت انرژی و درجه باز بودن اقتصاد است. به این منظور، از داده‌های سری زمانی ایران طی سال‌های (۱۳۸٦ – ۱۳٤٦) استفاده شده است. نتایج حاکی از وجود رابطه مثبت و معنادار میان شدت انرژی و آلودگی هوا و ارتباط مثبت بین باز بودن اقتصاد و آلودگی هوا در بلندمدت است(فطرس و نجارزاده و پیروز محمدی و ۱۳۹۱). مقاله‌ای تحت عنوان "بررسی رابطه آلودگی هوا، آلودگی آب، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران ۸۳–۱۳۵۹" توسط فطرس و نسرین دوست به چاپ رسیده است. در این مقاله از روش‌شناسی تودا– یاماموتو برای بررسی علیت متغیرها استفاده و فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC) برآورد گردیده است. نتایج، بیانگر وجود سه رابطه علی یک‌طرفه (الف) از نشر دی‌اکسیدکربن به درآمد سرانه، (ب) از نشر دی‌اکسیدکربن به سرانه مصرف انرژی و (پ) از سرانه مصرف انرژی به آلودگی آب است. فرضیه کوزنتس برای نشر دی‌اکسیدکربن، درآمد سرانه، آلودگی آب، سرانه مصرف انرژی رد می‌شود و برای رابطه‌ی نشر دی‌اکسیدکربن، سرانه مصرف انرژی رد نمی‌شود(فطرس و نسرین دوست و ۱۳۸۸). کاسمن و دیمن با استفاده از داده‌های ۲۰۱۰–۱۹۹۲ به بررسی رابطه علت و معلولی بین مصرف انرژی، انتشار دی‌اکسید کربن، رشد اقتصادی، باز بودن تجارت و شهرنشینی برای کشورهای اتحادیه اروپا پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس مورد تأیید قرار گرفت. همچنین نتایج نشان می‌دهد که یک رابطه علیت یک‌طرفه کوتاه‌مدت از مصرف انرژی، باز بودن تجارت و شهرنشینی به انتشار کربن، از تولید ناخالص داخلی به مصرف انرژی، از تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و شهرنشینی به باز بودن تجارت، از شهرنشینی به تولید ناخالص داخلی، و از شهرنشینی به باز بودن تجاری وجود دارد. یکی دیگر از نتایج این مقاله، نقش مهم چهار متغیر مصرف انرژی، انتشار دی‌اکسیدکربن، رشد اقتصادی و باز بودن تجارت در فرایند تعدیل سیستم به سمت تعادل بلندمدت بود (Kasman, Duman, 2015).

۳- ارائه مدل و روش تخمین آن

۳-۱- ارائه مدل

در بسیاری از مطالعات که به بررسی وجود ارتباط بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در ایران پرداخته‌اند، رهیافت‌های گوناگونی موردتوجه قرارگرفته و نتایج متفاوتی نیز ارائه‌شده‌اند، اما یکی از راه‌های تبیین دقیق ارتباط میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی، الگوی زیر به‌عنوان

الگوی اصلی مدنظر قرار می‌گیرد:

$$CO_2=f(GDP,EC,PD) \quad (۱)$$

CO2: آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی
GDP: تولید ناخالص داخلی در بخش حمل‌ونقل ریلی
EC: مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی
PD: شاخص تراکم جمعیت در بخش حمل‌ونقل ریلی

۳-۲- روش تخمین

۳-۲-۱-الگوی خود بازگشتی با وقفه‌های توزیعی(ARDL)[1]

یکی از الگوهای پویای متناسب با رابطه‌ی ایستای بلندمدت، الگوی خود بازگشتی با وقفه‌های توزیعی(ARDL) است، که برآوردهای به نسبت بدون تورشی از ضرایب بلندمدت به دست می‌دهد. برخلاف سایر تکنیک‌های رایج درروش تحلیل هم انباشتگی، همانند روش انگل–گرنجر، در ابتدا نیازی به آگاهی از درجه‌ی انباشتگی متغیرهای موردمطالعه نیست. هم‌چنین روش ARDL قادر به برآورد هم‌زمان ضرایب بلندمدت و کوتاه‌مدت الگو و تعیین جهت علیّت بین متغیرهای الگوست.

یک الگوی $ARDL(p,q_1,q_2,\ldots q_k)$ در شکل ساده به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\alpha(L,P)Y_t=\alpha_0+\sum_{i=1}^{k}\beta_i(L,q_i)X_{it}+\delta W_t+u_t \quad (۲)$$

که در آن، α_0 مقدار ثابت، Y_tمتغیر وابسته و L عملگر وقفه است، به‌طوری‌که $L^jY_t=Y_{t-j}$ است.W_t، برداری از متغیرهای قطعی(غیر تصادفی)، نظیر عرض از مبدأ، متغیر روند، متغیرهای مجازی و یا متغیرهای برون‌زا با وقفه‌های ثابت است. P، تعداد وقفه‌های به‌کاررفته برای متغیر وابسته و q_i تعداد وقفه‌های مورد استفاده برای متغیرهای مستقل(X_{it}) است. هم‌چنین در الگوی بالا:

$$\alpha(L,P)=1-\alpha_1L-\alpha_2L^2-\alpha_pL^p \quad (۳)$$

$$\beta_i(l,q_i)=1-\beta_{i1}L-\beta_{i2}L^2-\beta_{iq}L^q \quad i=1,2,\ldots,k \quad (٤)$$

تعداد وقفه‌های بهینه برای هر یک از متغیرهای توضیحی را می‌توان با کمک یکی از ضوابط آکائیک، شوارتز–بیزین و حنان–کوئین، تعیین کرد. در بلندمدت $Y_t=Y_{t-1}=\ldots=Y_{t-P}$و $X_{it}=X_{it-1}=\ldots=X_{it-q}$ است که X_{it-q} بیانگر وقفه‌ی qام از متغیر iام است. بدین ترتیب معادله‌ی بلندمدت برای الگوی ARDL به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$Y_t=\alpha+\sum_{i=1}^{k}\theta_iX_i+W_t+V_t \quad (۵)$$

که در این رابطه:

$$\alpha_t=\frac{\alpha_0}{\alpha(1,P)} \quad (٦)$$

$$\gamma=\frac{\delta}{\alpha(1,P)} \quad (۷)$$

$$\theta_i=\frac{\beta_i(1,P)}{\alpha(1,P)}=\frac{\sum_{j=1}^{q}\beta_{ij}}{\alpha(1,P)} \quad (۸)$$

$$V_t=\frac{u_t}{\alpha(1,P)} \quad (۹)$$

برآورد الگوی ARDL، شامل دو مرحله برای برآورد ضرایب بلندمدت است.

در مرحله‌ی اول وجود ارتباط بلندمدت پیش‌بینی‌شده توسط تئوری اقتصادی، بین متغیرهای مسئله، موردبررسی قرارگرفته و در صورت تشخیص وجود ارتباط بلندمدت، در مرحله‌ی دوم ضرایب بلندمدت و کوتاه‌مدت، برآورد می‌شوند. برای توضیح مرحله‌ی اول، فرض کنید در تئوری اقتصادی پیش‌بینی می‌شود رابطه‌ای بلندمدت بین متغیرهای x وy و z وجود دارد. بدون داشتن هر نوع اطلاعات اولیه در مورد مسیر رابطه‌ی بین متغیرها، سه رگرسیون خطای تصحیح نامحدود زیر برآورد می‌شوند که در هر یک از آن‌ها یکی از سه متغیر به‌عنوان متغیر وابسته قرار داده‌شده‌اند.

برای تشخیص رابطه‌ی بلندمدت بین متغیرها از آزمون F استفاده می‌شود. فرض صفر برای آزمون نبود رابطه‌ی بلندمدت نشان داده‌شده در اولین معادله از معادلات ۱۰، ۱۱ و ۱۲، عبارت است از معادله ۱۳ از:

$$\Delta y_t=\alpha_{0y}+\sum_{i=1}^{n}b_{iy}\,\Delta y_{t-i}+\sum_{i=1}^{n}c_{iy}\,\Delta x_{t-i}+\sum_{i=1}^{n}d_{iy}\,\Delta z_{t-i}+\gamma_{1y}\,y_{t-1}+\gamma_{2y}\,x_{t-1}+\gamma_{3y}\,z_{t-1}+\varepsilon_{1i} \quad (۱۰)$$

$$\Delta x_t=\alpha_{0x}+\sum_{i=1}^{n}b_{ix}\,\Delta y_{t-i}+\sum_{i=1}^{n}c_{ix}\,\Delta x_{t-i}+\sum_{i=1}^{n}d_{ix}\,\Delta z_{t-I}+\gamma_{1x}\,y_{t-1}+\gamma_{2x}\,x_{t-1}+\gamma_{3x}\,z_{t-1}+\varepsilon_{2i} \quad (۱۱)$$

$$\Delta zt=\alpha_{0z}+\sum_{i=1}^{n}b_{iz}\,\Delta y_{t-i}+\sum_{i=1}^{n}c_{iz}\,\Delta x_{t-i}+\sum_{i=1}^{n}d_{iz}\,\Delta z_{t-i}+\gamma_{1y}\,y_{t-1}+\gamma_{2y}\,x_{t-1}+\gamma_{3y}\,z_{t-1}+\varepsilon_{3i} \quad (۱۲)$$

$$H0:\gamma 1y=\gamma 2y=\gamma 3y=0 \quad (۱۳)$$

مقدار آماره‌ی F مرتبط با این آزمون، با $F(y/x,z)$ نشان داده می‌شود. هم‌چنین فرض صفر برای آزمون نبود رابطه‌ی بلندمدت بیان‌شده در معادله‌های دوم و سوم از معادلات بالا، به ترتیب به‌صورت زیر بیان می‌شوند:

$$H0:\gamma_{1x}=\gamma_{2x}=\gamma_{3x}=0 \quad (۱٤)$$

$$H0:\gamma_{1Z}=\gamma_{2Z}=\gamma_{3Z}=0 \quad (۱۵)$$

که آماره‌ی F مرتبط با این در آزمون به ترتیب $F_x(x/y,z)$ و $F_z(z/x,y)$ است. آماره‌ی F دارای توزیع غیراستاندارد بوده و به سه پارامتر بستگی دارد؛ نخست این‌که متغیرهای دخیل در الگوی ARDL، دارای درجه‌ی انباشتگی از صفر یا یک I(1)هستند. دوم اینکه الگوی ARDL، دارای عرض از مبدأ و (یا) متغیر روند باشد یا خیر و سوم این‌که متغیرهای توضیحی در الگوی مذکور چه تعداد باشند. دو مجموعه از مقادیر بحرانی (CVs)، برای آماره‌ی F توسط پسران و پسران گزارش‌شده است. این دو مجموعه به ترتیب با فرض این‌که همه‌ی متغیرهای دخیل در الگو دارای درجه‌ی انباشتگی از یک و یا صفر هستند، برای سطوح مختلف اطمینان، محاسبه‌شده‌اند. اگر مقدار آماره‌ی F محاسباتی، خارج از محدوده‌ی مقادیر بحرانی قرار گیرد، بدون دانستن این‌که متغیرهای موردمطالعه دارای درجه‌ی از صفر یا یک هستند، قادر به قضاوت خواهیم بود. به‌عبارت‌دیگر، اگر نتایج تجربی نشان دهد که مقدار $F_y(0)$ بزرگ‌تر از دامنه‌ی بالایی مقادیر بحرانی بوده ولی $F_x(0)$ و $F_z(0)$ کوچک‌تر از دامنه‌ی پایینی مقادیر بحرانی باشد، یک رابطه‌ی بلندمدت و یکتا وجود دارد، که در این رابطه y، متغیر وابسته و x و z متغیرهای توضیحی آن هستند. برعکس، اگر آماره‌ی F محاسباتی در دامنه‌ی مقادیر بحرانی قرار گیرد، نیاز است تا درجه‌ی انباشتگی متغیرهای موردمطالعه تعیین شود، تا بتوان در مورد ارتباط بلندمدت متغیرها اظهارنظر کرد. درصورتی‌که در مرحله‌ی اول روش ARDL، وجود رابطه‌ی بلندمدت پایدار تأیید شود، در مرحله‌ی دوم، دو گام دیگر برای تخمین الگوی ARDL، طی می‌شود. در اولین گام، تعداد وقفه‌های الگوی ARDL، بر اساس یکی از معیارهای ضوابط آکائیک، شوارترز–بیزین و حنان–کوئین، تعیین می‌شود و در گام دوم، الگوی انتخاب‌شده با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی، برآورد می‌شود (آماده و قاضی و عباسی‌فر و ۱۳۸۸).

(۱۶)

به‌هرحال، جزء تصحیح خطا λ_{et-1} در الگوی تصحیح خطا یک مسیر اضافی برای بررسی رابطه‌ی علیّت گرنجری ایجاد می‌کند، چیزی که در آزمون‌های علیّت گرنجر نادیده گرفته‌شده است. اگر متغیرهای موردبررسی مثلاً مانا از

۳-۲-۲-الگوی تصحیح خطا ^{2}(ECM)

گرنجر (۱۹۸۸)، بیان می‌کند که در صورت وجود یک رابطه‌ی هم انباشتگی بین دو متغیر، علیّت به مفهوم گرنجری، حداقل در یک‌جهت (یک‌طرفه یا دوطرفه) بین آن‌ها وجود نخواهد داشت. به‌هرحال اگرچه آزمون هم انباشتگی می‌تواند وجود یا عدم وجود رابطه‌ی علیّت گرنجری بین متغیرها را معین می‌کند، اما نمی‌تواند جهت رابطه‌ی علیّت را مشخص کند. انگل و گرنجر(۱۹۸۷) عنوان می‌کنند، که اگر دو متغیر هم انباشته باشند، همواره یک الگوی تصحیح خطای برداری بین آن‌ها وجود خواهد داشت. درنتیجه می‌توان برای بررسی رابطه‌ی علیّت گرنجری بین متغیرها از یک الگوی تصحیح خطای برداری استفاده کرد. الگوی تصحیح خطا، بیان می‌کند که تغییرات متغیر وابسته، تابعی از انحراف از رابطه‌ی بلندمدت(که با جزء تصحیح بیان می‌شود) و تغییرات سایر متغیرهای توضیحی است. این الگو که رفتار کوتاه‌مدت و بلندمدت دو متغیر را به هم مرتبط می‌کند، به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$DY_t=\alpha+\sum_{i=1}^{m}\beta_i DY_{t-1}+\sum_{i=1}^{m}\gamma_i DX_{t-i}+\lambda\varepsilon_{t-1}+V_t \quad -1\langle\lambda\langle 0$$

درجه‌ی یک و هم انباشته نیز باشند، استفاده از یک الگوی خودتوضیح‌برداری روی تفاضل اول متغیرها به‌جای استفاده از یک مدل تصحیح خطای برداری برای بررسی رابطه‌ی علیّت گرنجری بین متغیرها، به علت حذف جزء تصحیح خطا $(Y_{t-}$

(X_t^*-X_{t-1}^*)، واریانس معادله رگرسیون را افزایش می‌دهد و بنابراین، آماره‌ی والد موردنظر، اریب خواهد بود. این مسئله سبب قضاوت‌های نادرست در مورد جهت رابطه‌ی علیّت می‌شود. علاوه بر تعیین جهت رابطه‌ی علیّت گرنجری بین متغیرها، الگوی تصحیح خطای برداری، ما را قادر می‌کند که بین علیّت گرنجری کوتاه‌مدت و بلندمدت، تفاوت قائل شویم. معنادار نبودن λ می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که رابطه‌ی علیّت گرنجری در بلندمدت بین متغیرهای توضیحی نسبت به متغیر وابسته وجود ندارد، یا این‌که متغیر وابسته یک متغیر برون‌زای ضعیف است. معنادار نبودن مجموع وقفه‌های هرکدام از متغیرهای توضیحی، می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که در کوتاه‌مدت رابطه‌ی علیّت گرنجری بین هرکدام از متغیرهای توضیحی نسبت به متغیر وابسته وجود ندارد. معنادار نبودن مجموع وقفه‌های هرکدام از متغیرهای توضیحی توأم با λ می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که در بلندمدت رابطه‌ی علیّت گرنجری بین هرکدام از متغیرهای توضیحی نسبت به متغیر وابسته وجود ندارد (آماده و قاضی و عباسی‌فر و ۱۳۸۸).

٤- برآورد مدل تجربی رابطه‌ی مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی کشور

٤-۱- آمار و داده‌های مورداستفاده مدل

برای آزمون وجود یک رابطهٔ تعادلی بلندمدت میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی، از روش ARDL استفاده‌شده است. مزیت این روش در آن است که علاوه بر تعیین تعداد بردارهای هم انباشتگی(تعداد روابط بلندمدت میان متغیرها)، نیازی به دانستن درجهٔ انباشتگی متغیرهای موجود در مدل نیست. در این مطالعه، از داده‌های سری زمانی آلودگی زیست‌محیطی، مصرف انرژی، ارزش‌افزوده بخش حمل‌ونقل ریلی و هم‌چنین شاخص تراکم جمعیت در بخش حمل‌ونقل ریلی استفاده‌شده است. برای بررسی رابطهٔ بلندمدت، ابتدا معادلهٔ خودبازگشتی ذیل برآورد می‌گردد:

$$DLCO_{2t} = \alpha_0 + \alpha_1 DL(C0_2)_{t-1} + \alpha_2 DL(GDP)_t + \alpha_3 DL(PD)_t + \alpha_4 DL(EC)_t + \varepsilon_t \quad (۱۷)$$

که در آن LCO_2، لگاریتم آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی، LGDP، لگاریتم تولید ناخالص داخلی در بخش حمل‌ونقل ریلی، LPD، لگاریتم شاخص تراکم جمعیت و LEC، لگاریتم متغیر مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی است. داده‌های مورداستفاده در برآورد مدل از نوع سری زمانی بوده و دوره زمانی نیز طی سال‌های ۱۳۹٤-۱۳۸۳ می‌باشد. نحوه جمع‌آوری آمار و اطلاعات مربوط به برآورد مدل به شرح زیر می‌باشد:

- آمارهای مربوط به آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی و مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی از ترازنامه انرژی استخراج‌شده است (دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی و ۱۳۹٤).

-آمارهای مربوط به ارزش‌افزوده بخش حمل‌ونقل ریلی کشور به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰، از سایت بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران جمع‌آوری‌شده است (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و ۱۳۹٤).

- آمارهای مربوط به شاخص تراکم جمعیت نیز از سایت مرکز آمار ایران استخراج‌شده است (مرکز آمار ایران و ۱۳۹٤).

به‌منظور برآورد مدل از نرم‌افزار Microfit و Eviews استفاده‌شده و مراحل انجام بدین‌صورت است که در مرحله اول با استفاده از آزمون ریشه واحد، درجه هم جمعی هریک از متغیرهای مدل تعیین می‌شود. سپس با انجام آزمون F، وجود و یا عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها بررسی‌شده و ضرایب بلندمدت محاسبه می‌شود. در مرحله بعد به‌منظور بررسی رابطه کوتاه‌مدت بین متغیرها، مدل تصحیح خطای ARDL، برآورد شده و سرعت تعدیل در هر دوره به‌منظور برقراری یک رابطه بلندمدت به دست می‌آید.

٤-۲- آزمون ریشه واحد

قبل از برآورد مدل، باید آزمون مانایی برای تمامی متغیرها انجام شود تا این اطمینان حاصل شود که هیچ‌یک از متغیرها جمعی از مرتبه دو، یعنی I(2) نیستند و بدین‌وسیله از نتایج ساختگی اجتناب شود، زیرا هنگام وجود متغیرهای I(2) در مدل، آماره‌های F محاسبه‌شده، قابل‌اعتماد نیستند. آزمون F مبتنی بر این فرض است که تمامی متغیرهای موجود در مدل، I(0) و یا I(1) هستند. لذا انجام آزمون ریشه واحد در مدل ARDL برای تعیین این‌که هیچ‌یک از متغیرها جمعی از

مرتبه یک یا بیش‌تر هستند یا نه، ضروری است (اسدی و حسینی‌راد و ۱۳۹٤). جهت انجام این آزمون از تست ریشه واحد تعمیم‌یافته دیکی – فولر[3](ADF) استفاده می‌کنیم. جدول شماره۱، نتیجه آزمون ADF برای متغیرهای مورداستفاده در مدل را ارائه می‌نماید. همان‌گونه که از نتایج جدول شماره ۱ ملاحظه می‌گردد تمامی متغیرهای موجود در مدل در سطح و یا تفاضل مرتبه اول آن‌ها مانا است. ازآنجاکه درجه هم جمعی هیچ‌یک از متغیرها بیش از دو نیست، آزمون F برای آن‌ها معتبر بوده و می‌توان از روش ARDL، به‌منظور بررسی رابطه هم جمعی و برآورد مدل استفاده کرد.

جدول۱. نتایج آزمون ADF برای تعیین غیر ساکن بودن متغیرها

متغیرهای مدل	آماره آزمون ADF
LCO_2	I(0)
LGDP	I(0)
LEC	I(0)
LPD	I(1)

جدول۲. نتایج حاصل برآورد مدل پویای ARDL(1,1,0,1)

نام متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره‌ی t
رشد آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی–وقفه اول	۱/۱۷	۰/۲۱۳	٤/۰۱
رشد مصرف انرژی بخش حمل‌ونقل ریلی کشور	۰/۲۷	۰/۳۱۱	۵/۱۹
رشد ارزش‌افزوده بخش حمل‌ونقل ریلی کشور	۰/۵	۰/۳۹۱	۷/۹۳
رشد ارزش‌افزوده بخش حمل‌ونقل ریلی کشور–وقفه اول	-۰/۵۲	۰/٤۱۵	-٤/۸۵
رشد شاخص تراکم جمعیت	-۳۲/۹۰	۳/۲٤	-٤/٦٤
رشد شاخص تراکم جمعیت–وقفه اول	۹/۱۸	٤/۱۲	٦/۰٤

٤-۳- برآورد مدل ARDL

٤-۳-۱- برآورد رابطه‌ی بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی

نتایج برآورد مدل در دو بخش رابطه‌ی پویا، رابطه‌ی بلندمدت ارائه می‌شود:

۱- رابطه‌ی پویا

به‌منظور برآورد، ابتدا با توجه به تعداد محدود مشاهدات، حداکثر وقفه، ۳ لحاظ و تمامی معادلات به روش حداقل مربعات معمولی برآورد شدند. سپس با استفاده از معیار بیزین–شوارترتز، یکی از معادلات برآورد شده به‌عنوان رابطه‌ی پویا بین متغیرها انتخاب شد (جدول۲). در رابطه‌ی پویای به‌دست‌آمده، وقفه بهینه رشد مصرف انرژی بخش حمل‌ونقل ریلی کشور، صفر، وقفه بهینه رشد ارزش‌افزوده بخش حمل ونقل ریلی کشور، یک، وقفه بهینه رشد آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی، یک، وقفه بهینه رشد شاخص تراکم جمعیت یک به دست آمد و مدل به‌صورت ARDL(1,1,0,1) برآورد شد. در تخمین فوق ضرایب تمامی متغیرها از آماره‌ی t بالایی برخوردار بوده و همگی در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار و ازنظر علامتی سازگار با مبانی نظری ارائه‌شده هستند.

۲- نتایج تخمین بلندمدت

نتایج حاصل از برآورد رابطه بلندمدت در جدول ۳ نشان داده‌شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، تمامی ضرایب مدل از معنی‌داری بالایی برخوردار و ازنظر علامتی، سازگار با تئوری‌های نظری هستند. هریک از ضرایب متغیرها، کشش رشد آلودگی زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل ریلی کشور را نسبت به آن متغیر نشان می‌دهد. ضریب متغیر مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی یا همان کشش رشد مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی نسبت به آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی کشور برابر با ۰/٤۳ است و بدین معنی است که با یک درصد افزایش مصرف انرژی در بخش حمل ونقل ریلی، آلودگی زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل ریلی کشور ۰/٤۳ درصد افزایش می‌یابد. ضریب متغیر تولید ناخالص داخلی در بخش حمل‌ونقل ریلی یا همان کشش

رشد تولید ناخالص داخلی بخش حمل‌ونقل ریلی کشور نسبت به آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی برابر با ۰/۰۸٤ است و بدین معنی است که با یک درصد افزایش تولید ناخالص داخلی در بخش حمل‌ونقل ریلی، آلودگی زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل ریلی کشور ۰/۰۸٤ درصد افزایش می‌یابد. ضریب متغیر شاخص تراکم جمعیت یا همان کشش رشد شاخص تراکم جمعیت کشور نسبت به آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی برابر با ۱/۰۵ است و بدین معنی است که با یک درصد افزایش شاخص تراکم جمعیت، آلودگی زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل ریلی کشور ۱/۰۵ درصد افزایش می‌یابد.

جدول۳. نتایج حاصل از برآورد رابطه‌ی بلندمدت مدل ARDL(1,1,0 ,1)

نام متغیر	ضریب	خطای معیار	آماره t
LEC	۰/٤۳۱	۰/۲۸	۹/۱۸
LGDP	۰/۰۸٤	۰/٤۱	۵/۱۸
LPD	۱/۰۵	۰۱/۸٤	٤/٦۳

٤-٤- برآورد الگوی تصحیح خطا

٤-٤-۱-رابطه‌ی بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی

مدل تصحیح خطا برای تبیین رابطهٔ بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی، برای بررسی نیروهای مؤثر در کوتاه‌مدت و سرعت نزدیک شدن به مقدار تعادلی بلندمدت به‌صورت زیر تصریح و برآورد می‌شود:

$$DLCO_2 = \alpha + \sum_{i=1}^{k} \beta_i DLCO_{2t-i} + \sum_{i=1}^{l} \gamma_i DLEC_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \delta_i DLGDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{n} \theta_i DLPD_{t-i} + \lambda ECM_{t-1} + \varepsilon_t \quad (۱۸)$$

جدول٤. نتایج حاصل از برآورد مدل تصحیح خطا ARDL(1,1,0,1)

نام متغیر	ضریب	خطای معیار	آماره t
decتفاضل مرتبه اول مصرف انرژی	۰/۲۷	۰/٤۱	۵/۱۳
dgdp تفاضل مرتبه اول تولید ناخالص داخلی در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای	۰/٤	۰/۳٦۵	۷/۱۲
dpd تفاضل مرتبه اول شاخص تراکم جمعیت	۷/۲۱	۳/۱٤	۵/۲۳
ECM ضریب تصحیح خطا	-۰/۲۹	۰/٤۳	-٤/۲۱

ضریب کشش مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی نسبت به آلودگی زیست‌محیطی در این بخش، مثبت و ۰/۲۷ است که نشان می‌دهد در کوتاه‌مدت با یک درصد افزایش در مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی، آلودگی زیست‌محیطی در این بخش ۰/۲۷ درصد افزایش می‌یابد.

همان‌طور که در جدول شماره ٤ ملاحظه می‌گردد تمامی ضرایب الگوی تصحیح خطا با احتمال بیش از ۹۵ درصد معنی‌دار هستند و علامت تمامی متغیرها، انتظارات تئوریکی و اقتصادسنجی را برآورده می‌کند. همانند ضرایب مدل بلندمدت، ضرایب مدل تصحیح خطا نیز گویای کشش هستند.

ضریب کشش تولید ناخالص داخلی در بخش حمل‌ونقل ریلی نسبت به آلودگی زیست‌محیطی در این بخش، مثبت و ۰/٤ است که نشان می‌دهد در کوتاه‌مدت با یک درصد افزایش در تولید ناخالص داخلی در بخش حمل‌ونقل ریلی، آلودگی زیست‌محیطی در این بخش ۰/٤ درصد افزایش می‌یابد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله رابطهٔ بلندمدت و کوتاه‌مدت بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی طی دوره ۹٤-۱۳۸۳ با استفاده از رویکرد ARDL و نرم‌افزارهای Microfit و Eviews تخمین زده‌شده است. مراحل انجام کار بدین‌صورت است که در مرحله اول با استفاده از آزمون ریشه واحد، درجه هم جمعی هریک از متغیرهای مدل تعیین می‌شود. سپس با انجام آزمون F، وجود و یا عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها بررسی‌شده و ضرایب بلندمدت محاسبه می‌شود. در مرحله بعد به‌منظور بررسی رابطه کوتاه‌مدت بین متغیرها، مدل تصحیح خطای ARDL، برآورد شده و سرعت تعدیل در هر دوره به‌منظور برقراری یک رابطه بلندمدت به دست می‌آید. نتایج نشان می‌دهد که در بلندمدت، ضریب متغیر مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی یا همان کشش مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی نسبت به آلودگی زیست‌محیطی در این بخش برابر با ۰/٤۳ است و بدین معنی است که با یک درصد افزایش مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی، آلودگی زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل ریلی کشور ۰/٤۳ درصد افزایش می‌یابد. ضریب متغیر تولید ناخالص داخلی در بخش حمل‌ونقل ریلی یا همان کشش تولید ناخالص داخلی بخش حمل‌ونقل ریلی کشور نسبت به آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی برابر با ۰/۰۸٤ است و بدین معنی است که با یک درصد افزایش تولید ناخالص داخلی در بخش حمل‌ونقل ریلی، آلودگی زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل ریلی کشور ۰/۰۸٤ درصد افزایش می‌یابد. ضریب متغیر شاخص تراکم جمعیت یا همان کشش رشد شاخص تراکم جمعیت کشور نسبت به آلودگی زیست‌محیطی در بخش حمل‌ونقل ریلی برابر با ۱/۰۵ است و بدین معنی است که با یک درصد افزایش شاخص تراکم جمعیت، آلودگی زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل ریلی کشور ۱/۰۵ درصد افزایش می‌یابد. ضرایب مدل تصحیح خطا نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت ضریب کشش مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی نسبت به آلودگی زیست محیطی در این بخش، مثبت و ۰/۲۷ است که نشان می‌دهد در کوتاه‌مدت با یک درصد افزایش در مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل ریلی، آلودگی زیست محیطی در این بخش ۰/۲۷ درصد افزایش می‌یابد. ضریب کشش تولید ناخالص داخلی در بخش حمل‌ونقل ریلی نسبت به آلودگی زیست‌محیطی در این بخش، مثبت و ۰/٤ است که نشان می‌دهد در کوتاه‌مدت با یک درصد افزایش در تولید ناخالص داخلی در بخش حمل‌ونقل ریلی، آلودگی زیست‌محیطی در این بخش ۰/٤ درصد افزایش می‌یابد. هم‌چنین علامت ضریب جمله‌ی تصحیح خطا مطابق انتظار، منفی است، که نشان می‌دهد عدم تعادل‌ها در کوتاه‌مدت تعدیل می‌شوند تا رابطه‌ی تعادلی بلندمدت ایجاد شود. مقدار این ضریب ۰/۲۹- است که به معنی تعدیل۲۹ درصدی در هر دوره تا برقراری تعادل بلندمدت است.

هم‌چنین علامت ضریب جمله‌ی تصحیح خطا مطابق انتظار، منفی است، که نشان می‌دهد عدم تعادل‌ها در کوتاه‌مدت تعدیل می‌شوند تا رابطه‌ی تعادلی بلندمدت ایجاد شود. مقدار این ضریب ۰/۲۹- است که به معنی تعدیل۲۹ درصدی در هر دوره تا برقراری تعادل بلندمدت است.

٦-پی‌نوشت‌ها

1- Auto Regressive Distributed Lag
2- Error Correction Model
3- Augmented Dickey-Fuller

۷-مراجع

-آماده، ح.، قاضی، م.، عباسی فر، ز. (۱۳۸۸)، "بررسی رابطهٔ مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران"، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره۸٦، بهار، ص.۱-۳۸.

–اسدی، ا.، حسینی‌راد، ر. (۱۳۹٤)، "اقتصاد سنجی کاربردی نرم‌افزار Eviews"، تهران، سازمان چاپ و انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.

– جعفری صمیمی، ا.، محمدی خیاره، م.، (۱۳۹۳)، "رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت بین انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف انرژی و رشد اقتصادی: شواهد جدید در ایران"، فصلنامه پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)، سال چهاردهم، شماره دوم، از ص. ۱–۲۰.

– حیدری، ح.، پاشا زانوسی، م.، کسرایی، ش.، (۱۳۹۵)، "بررسی ارتباط متقابل بین متغیرهای رشد اقتصادی، آلودگی محیط‌زیست، توسعه مالی و درجه باز بودن تجارت در ۸ کشور بزرگ اسلامی"، محیط‌شناسی، دوره ٤۲، شماره ۳، از ص. ٦٤۹ – ٦٦۷.

–دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، (۱۳۹٤)، "ترازنامه انرژی." وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی، تهران، ص.٥٤۱.

– فطرس، م.، نجارزاده، الف.، پیروزمحمدی، ف. (۱۳۹۱)، "بررسی رابطه میان آلودگی هوا، شدت انرژی و باز بودن اقتصاد ایران"، مجله اقتصادی، شماره‌های ۱۱ و ۱۲، ص.٥–۲۲.

–فطرس، م.، نسرین دوست، م. (۱۳۸۸)، "بررسی رابطه آلودگی هوا، آلودگی آب، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران۸۳–۱۳٥۹"، مطالعات اقتصاد انرژی، دوره ٦، شماره ۲۱، ص.۱۱۳–۱۳٥.

– موسوی، ک.، سلمان پور، ع.، شکوهی فرد، س.، (۱۳۹٦)، "رشد اقتصادی، مصرف انرژی و توسعه مالی بر آلودگی محیط‌زیست در ایران طی دوره ۹٥–۱۳٦٥"، مطالعات علوم محیط‌زیست، دوره ۲، شماره ۱، ص.۱۱۱–۱۲۰.

– مهدوی عادلی، م.، نظری، ر. (۱۳۹۳)، "رشد اقتصادی، انرژی و محیط‌زیست: بررسی مدل E3 در ایران"، فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)، دوره ۱۱، شماره۱، بهار، ص. ۱۹–٤۰.

–نیکو اقبال، ع.، اختری، آ.، امینی اسفیدواجانی، م.، عطار کاشانی، م.، (۱۳۹۱)، "رشد اقتصادی، رشد مصرف انرژی و رشد انتشار دی‌اکسید کربن بررسی رابطه‌ی علیت با رویکرد داده‌های تلفیقی پویا (DPD)"، فصلنامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، سال نهم، شماره‌ی ۳۳، از ص. ۱٦۹– ۱۹۷.

- https://www.amar.org.ir.

- http://www.cbi.ir/simplelist/4454.aspx.

– Kasman, A & Y.S. Duman. (2015), "CO2 Emissions, Economic Growth and Energy Consumption.

-“Trade and Urbanization in New EU Member and Candidate Countries: A Panel Data Analysis”. Economic Modelling, 44, pp.97–103.