

دریافت: ۲۹ مرداد ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: ۲۷ آذر ۱۴۰۳ صفحات ۶۹ الی ۸۹

## اثر مصرف برق بر تولید ناخالص داخلی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن در ایران

آقای محمد نورالهی

دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بجنورد

دکتر روح اله بابکی

استادیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بجنورد (نویسنده مسئول)

دکتر بهنام الیاس پور

استادیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بجنورد

**چکیده:** امروزه به منظور افزایش تولید ناخالص داخلی و رشد اقتصادی باید تولیدات صنعتی کشور را گسترش داد و در این راستا باید برق مورد نیاز کارخانه‌جات را تأمین کرد. نیاز روزافزون به برق در جوامع اعم از صنعت گران، کشاورزان، خانوارها و غیره برای افزایش تولید و رفاه زندگی باعث افزایش مصرف از این نوع انرژی شده است و تأمین تقاضای انرژی برق در کشورهای در حال توسعه به ویژه ایران، نیازمند تولید بیشتر آن از منابع تجدیدناپذیر است که به نوبه خود باعث آلودگی هوا و محیط‌زیست می‌شود. براین اساس در این پژوهش به تأثیر مصرف برق بر تولید ناخالص داخلی سرانه و انتشار گاز دی‌اکسید کربن در ایران طی دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۴۹ پرداخته شده است. با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری (VAR)، شوک‌های وارد شده از مصرف برق بر متغیر تولید ناخالص داخلی سرانه و انتشار گاز دی‌اکسید کربن مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج نشان می‌دهد شوک مصرف برق اثر مثبتی بر تولید ناخالص داخلی سرانه داشته است؛ این در حالی است که اثر شوک مصرف برق بر انتشار آلاینده دی‌اکسید کربن در ابتدا منفی و در بلندمدت مثبت بوده است.

**کلید واژه‌ها:** مصرف برق، رشد اقتصادی، دی‌اکسید کربن، الگوی خودرگرسیون برداری (VAR).

## ۱. مقدمه

یکی از نیازهای مهم هر کشوری تامین نیروی الکتریکی کارخانجات برای تولیدات داخلی است. امروزه در دنیای مدرن برای رشد اقتصادی نیاز به مصرف برق وجود دارد و با توجه به الکترونیکی شدن فعالیت‌ها و صنایع، این نیاز بیش از پیش احساس می‌شود. انتشار آلاینده‌های ناشی از احتراق منابع فسیلی برای تولید و مصرف برق، به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر آلودگی هوا بحساب می‌آید. لذا باید در استفاده از برق به اثر آن بر رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست نیز توجه داشت.

صنعتی شدن کشورها، افزایش جمعیت جهانی، تغییر در شیوه زندگی مردم و افزایش سطح مصرف برق، تهدید گرمایش جهانی و تخریب محیط‌زیست در چند دهه اخیر را افزایش داده و همچنین موجب افزایش نگرانی در مورد توانایی عرضه انرژی برای همگام شدن با تقاضای انرژی شده است. از این رو، مطالعه رابطه‌ی بین مصرف برق، رشد اقتصادی و انتشار گازهای گلخانه‌ای<sup>۱</sup> (GHGs) مانند دی‌اکسید کربن<sup>۲</sup> (CO<sub>2</sub>)، توجه فزاینده‌ای را به خود جلب کرده است.

استفاده گسترده از سوخت‌های فسیلی در بخش‌های مختلف حمل‌ونقل، صنعت، مصرف خانگی، نیروگاه‌ها و غیره با انتشار آلاینده‌های متعدد در اتمسفر، بروز تبعات مختلفی را برای محیط‌زیست و سلامتی انسان به دنبال داشته است (آشنا و حسن‌آبادی، ۱۳۹۹). لذا کشورها به فکر سوخت‌های جایگزین از جمله انرژی الکتریکی<sup>۳</sup> (برق) افتادند تا ضمن تامین نیاز سوخت مصرفی جامعه، به هدف افزایش تولید و رشد اقتصادی دست یابند و آلودگی زیست محیطی را نیز کاهش دهند.

رشد روزافزون تقاضای مصرف انرژی الکتریکی، احداث نیروگاه‌های جدید را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. با توجه به سهم عمده نیروگاه‌های حرارتی از جمله نیروگاه‌های گازی در تولید برق کشور، احداث این نیروگاه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجایی که هزینه احداث نیروگاه‌ها بسیار بالا می‌باشد، می‌بایست بهره‌وری نیروگاه‌های موجود را افزایش داد و در مرحله بعد احداث نیروگاه جدید در نظر گرفته شود. یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها در صنعت برق راندمان نیروگاه‌هاست که معمولاً از دغدغه‌های صنعت برق و نیروگاه‌سازی در دنیاست تا بتوان با بالا بردن آن تا حد ممکن، جواب‌گوی نیاز برق مصرفی بود و هدررفت انرژی را به حدی منطقی رساند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۲).

انرژی وارد شده به نیروگاه‌ها که برای تولید نیروی الکتریکی یا همان برق مورد استفاده قرار می‌گیرد، بیشتر به صورت انرژی مازاد به صورت‌های مختلف از جمله آلاینده‌گی به محیط باز می‌گردد. در دهه‌های اخیر انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه گاز دی‌اکسید کربن و نیز بروز آسیب‌های زیست محیطی هم چون گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های جهانی تبدیل شده است. آلودگی هوا یک مسئله‌ی مهم در زندگی کلان شهرهاست، از سوی دیگر کشورهای درحال توسعه با افزایش مصرف برق روبرو هستند که این امر باعث سوخت بیشتر مواد نفتی برای تولید برق و تامین نیاز روزافزون شهرها و کلان شهرها می‌شود و سوخت بیشتر نیروگاه‌ها نیز منجر به انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای از جمله دی‌اکسید کربن می‌شود و در نتیجه باعث آلودگی بیشتر هوا می‌شود.

<sup>1</sup> Green House Gases (GHGs)

<sup>2</sup> Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)

<sup>3</sup> Electrical Energy

برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در زمینه‌ی رشد اقتصادی به‌عنوان یکی از اهداف کلان اقتصادی، نیازمند توجه ویژه به بخش انرژی، محیط‌زیست و ارتباط آنها با تولید است (کهنسال و شایان‌مهر، ۱۳۹۵). به‌طور کلی، اهمیت انرژی در امنیت محیط‌زیست و رشد اقتصادی نمایان می‌شود. کشورها برای رسیدن به رشد اقتصادی باید از انرژی‌های تجدیدپذیر یا تجدیدناپذیر استفاده کنند که این امر ممکن است پیامدهای منفی از قبیل آلودگی هوا را برای آنها به دنبال داشته باشد. زیرا استفاده از این انرژی‌ها می‌تواند باعث افزایش انتشار گاز گلخانه‌ای از جمله گاز دی‌اکسید کربن شود. از آنجا که نفت به خودی خود آثار خارجی منفی از جمله آلودگی هوا را به دنبال دارد، لذا باید راهکاری پیدا شود که از یک‌طرف باعث کاهش آلاینده‌های زیست محیطی شود و آلودگی هوا را کاهش دهد و از طرف دیگر، اختلالی در روند تولید و رشد اقتصادی کشور ایجاد نکند. امروزه با توجه به محدودیت‌ها و هزینه‌های منابع تجدیدناپذیر سوخت، آلودگی‌های زیست محیطی و محدودیت در منابع طبیعی (از جمله نفت، گاز و زغال سنگ)، تمرکز اکثر کشورها بر انرژی الکتریکی پاک تجدیدپذیر و غیرمیرا است.

پس از بخش مالی، بخش انرژی احتمالاً بزرگ‌ترین صنعت جهانی است که بیشترین تاثیر را بر بخش‌های دیگر اقتصاد دارد؛ زیرا تمام فعالیت‌های اقتصادی در مناطق شهری یا روستایی وابسته به انرژی است با توجه به اهمیت تئوریک و عملی بی‌نظیر انرژی، از جمله برق، می‌توان اظهار داشت که این عامل نشان‌دهنده پایه مهمی برای رشد و توسعه اقتصادی است، نه تنها به این دلیل که بهره‌وری کار، سرمایه، فناوری و سایر عوامل تولید را بهبود می‌بخشد، بلکه به این دلیل که افزایش مصرف انرژی به‌ویژه برق بر رشد اقتصادی تاثیر می‌گذارد (آهنگری و بذرافکن، ۱۳۹۷). تولید بدون وجود شبکه‌های زیربنایی اقتصادی در هیچ یک از بخش‌های اقتصادی امکان پذیر نیست. نیروی برق با توجه به تغییرات پدید آمده در صنایع و تبدیل نیروی محرکه مکانیکی به الکتریکی، پدایش موتورهای برقی و گسترش ابزارهای ماشینی، نقش بسیار مهمی در توسعه صنعتی کشورها ایفا می‌کند. به همین دلیل محققان به دنبال بررسی اثر مصرف انرژی الکتریکی بر رشد اقتصادی در نمونه‌های مختلف هستند.

بنابراین بررسی اثر مصرف برق بر رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن بسیار مهم و ضروری است. از آنجا که ایران برای رهایی از اقتصاد تک محصولی و رسیدن به رشد اقتصادی بالا به دنبال صنعتی شدن است و صنعتی شدن نیز به دلیل رونق تولید داخلی افزایش مصرف برق را به دنبال خواهد داشت و آمارها نیز افزایش مصرف برق خانگی و برق در بخش تولیدی کشور را تایید می‌کند، لذا این مساله بیانگر اهمیت و لزوم تحقیق در زمینه‌ی ارتباط مصرف برق، رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست (انتشار گاز دی‌اکسید کربن) در ایران است. از این‌رو این پژوهش به دنبال بررسی اثر مصرف برق بر رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن (به‌عنوان معیاری برای آلودگی محیط‌زیست) در ایران است. مهم‌ترین مشکلات مدل‌های گذشته برای برآورد این بود که نمی‌توانستند پیش‌بینی درستی در طول زمان انجام دهند. در حال حاضر تحقیقات با استفاده از الگوی پارامتر متغیر با زمان و مدل‌های مونت کارلو زنجیره مارکوف، مدل‌ها را با تعداد متغیر زیاد پیش‌بینی می‌کنند (قوامی‌پور، ۱۳۹۷). لذا در این پژوهش، تاثیر مصرف برق بر رشد اقتصادی (با نفت-بدون نفت) و انتشار گاز دی‌اکسید کربن با استفاده از شوک‌های<sup>۱</sup> وارد شده در طول زمان از الگوی TVP-VAR<sup>۲</sup> و بررسی خواهد شد. بر این اساس، این مقاله به پنج بخش تقسیم شده است، که بعد از مقدمه (در بخش اول)، ادبیات مرتبط

<sup>1</sup> shocks

<sup>2</sup> Time Varying Parametrs - Vector Auto Regression (TVP-VAR)

<sup>3</sup> Markov Chain Monte Carlo (MCMC)

با این موضوع در بخش دوم، مرور خواهد شد. بخش سوم به تصریح مدل و بخش چهارم بر اساس خروجی‌های مدل، به بررسی تاثیر مصرف برق بر رشد اقتصادی (با نفت-بدون نفت) و انتشار گاز دی‌اکسید کربن در اقتصاد ایران می‌پردازد. بخش پنجم که بخش پایانی مقاله است، شامل نتیجه‌گیری و پیشنهادات می‌شود.

## ۲. ادبیات موضوع

### ۲-۱. مبانی نظری

نیروی برق با توجه به دگرگونی‌های پدید آمده در صنایع و تبدیل نیروی محرکه‌ی مکانیکی به الکتریکی، پیدایش موتورهای برقی و خودکار شدن ابزارهای ماشینی، نقش بسیار مهمی در رشد صنعتی کشورها ایفا می‌کند. بکارگیری نیروی الکتریکی در ترابری شهری و میان شهری به میزان اهمیت این نیرو افزوده است. همچنین استفاده از نیروی الکتریکی در کشاورزی اعم از بکار انداختن موتور پمپ‌ها و وسایل برقی، نگهداری آنها در سردخانه‌ها و سیلوها، نشان‌دهنده اهمیت برق در رشد کشاورزی می‌باشد. همچنین استفاده از نیروی الکتریکی در بخش خدمات و گسترش وسایل الکترونیکی در زندگی، به همراه افزایش جمعیت و افزایش تقاضا اهمیت برق در تمام جوامع از جنبه‌های مختلف اعم از اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیست را نشان می‌دهد (رزاقی، ۱۳۹۲).

رابطه بین مصرف برق و رشد اقتصادی از دهه ۱۹۷۰ مورد توجه اقتصاددانان و تحلیل‌گران سیاسی بوده است. امروزه سرمایه، نیروی کار و انرژی از عوامل مهم رشد اقتصادی به حساب می‌آید، به همین علت، آژانس بین‌المللی انرژی<sup>۱</sup> (IEA) در سال ۱۹۷۳ پس از شوک نفتی ۱۹۷۰ به عنوان یک سازمان بین‌المللی مستقل برای حفاظت از منابع انرژی، ارتقاء رشد اقتصادی و جلوگیری از بدتر شدن رشد کشورها به دلیل بحران انرژی تأسیس شده است (پاتا و یورتکوران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۷). در دو دهه گذشته، تقاضای جهانی برای مصرف انرژی، به‌ویژه برای نفت و گاز، افزایش یافته است که این امر منجر به افزایش تقاضا برای برق شده است. برق یکی از عوامل اصلی در فرآیند تولید محسوب می‌شود و تأثیر بسزایی در فعالیت‌های اقتصادی کشورها دارد (عثمان و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۶). دلیل اصلی افزایش ناگهانی تقاضا برای مصرف انرژی - عمدتاً برای گاز و نفت - در بیست سال گذشته، افزایش سریع رشد اقتصادی کشورهایمانند ایالات متحده، هند و چین است. این امر منجر به افزایش صنعتی شدن، افزایش استانداردهای زندگی و افزایش نرخ شهرنشینی شده و در نتیجه مستقیماً تقاضای برق را در کل جهان افزایش داده است (سامو و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۹). جهانی شدن از طریق صنعتی شدن که رشد سریع اقتصادی همه کشورها را به همراه دارد، پدید می‌آید. با مصرف انرژی، رشد سریع اقتصادی منجر به افزایش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. مشکل تغییر آب و هوای جهانی ناشی از تشدید انتشار گازهای گلخانه‌ای، بقا و توسعه انسان‌ها را تهدید می‌کند که به یک نگرانی جهانی تبدیل شده است. از دهه ۱۹۶۰، مشکلات زیست محیطی در سرتاسر جهان بروز کرده است و دولت‌ها را مجبور کرده است که توجه بیشتری نسبت به مشکلات زیست محیطی داشته باشند (زو و ژانگ<sup>۵</sup>، ۲۰۲۰).

بخش انرژی یکی از بزرگ‌ترین صنایع در جهان است که بیشترین تاثیر را بر بخش‌های دیگر اقتصاد دارد، زیرا تمام فعالیت‌های اقتصادی در مناطق شهری یا روستایی به انرژی به‌ویژه برق، وابسته است. لذا می‌توان اظهار داشت که این عامل پایه مهمی برای رشد

<sup>1</sup> International Energy Agency (IEA)

<sup>2</sup> Pata and Yurtkuran

<sup>3</sup> Osman et al.

<sup>4</sup> Samu et al.

<sup>5</sup> Zou and Zhang

اقتصادی است، نه تنها به این دلیل که بهره‌وری کار، سرمایه، فناوری و سایر عوامل تولید را بهبود می‌بخشد، بلکه به این دلیل که افزایش مصرف انرژی به‌ویژه مصرف برق می‌تواند تولید و به تبع آن رشد اقتصادی را تحت تاثیر قرار دهد. پیشرفت تکنولوژی در صنایع باعث مصرف انرژی بخصوص مصرف برق شده است، بطوریکه افزایش مصرف خانوارها را نیز به دنبال داشته است. افزایش استفاده از وسایل الکتریکی مختلف در خانه‌ها، مصرف برق را به میزان زیادی افزایش داده است. در واقع می‌توان گفت امروزه رشد اقتصادی بدون مصرف برق امکان‌پذیر نیست.

همان‌طور که تامین انرژی و تقاضای عمومی برای رشد افزایش یافته است، مسائل ناشی از آلودگی بر اثر سوخت‌های فسیلی مشکلات جدیدی بوجود آورده است از این‌رو جامعه جهانی برای حل این مشکلات راه‌حلهایی را به کار برده‌اند از جمله این که از سوخت با آلایندگی کمتر مانند برق استفاده می‌کنند، اما بروزرسانی تکنولوژی، تولیدات صنعتی، گسترش شهرنشینی، افزایش سطح رفاه عمومی باعث افزایش تقاضای مصرف برق شده است (حیدری و همکاران، ۱۳۹۰). با توسعه و رشد شهرنشینی و بکارگیری تجهیزات مصرف‌کننده، مصرف برق در بخش خانگی و صنعتی از رشد فزاینده‌ای برخوردار بوده است. حامل‌های اصلی شامل فرآورده‌های نفتی (گاز مایع، بنزین، سوخت‌های هواپیما، نفت سفید و غیره)، گاز طبیعی و برق می‌باشد که در مجموع ۹۸/۴۱٪ کل مصرف نهایی انرژی کشور را ایجاد می‌کند؛ مصرف بی‌رویه انرژی در کشور به عنوان یکی از کالاهای مصرفی، جدا از تولید انرژی، یک عامل مهم می‌باشد که تجزیه و تحلیل رفتار مصرف حامل‌های انرژی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (شاه‌مرادی، ۱۳۹۷).

از سوی دیگر افزایش مصرف برق در بخش‌های تولیدی و خانگی، می‌تواند تبعاتی را به دنبال داشته باشد. از آنجا که کارخانه‌ها و بنگاه‌های تولیدی برای تولید بیشتر نیاز به مصرف بیشتر برق دارند و خانواده‌ها نیز برای رفاه بیشتر به استفاده بیشتر از وسایل الکتریکی روی می‌آورند، در نتیجه مصرف برق در کل کشور رو به افزایش خواهد بود. افزایش مصرف برق نیازمند افزایش تولید برق است و افزایش تولید برق به نوبه خود می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای و محیط‌زیست را تحت تاثیر خود قرار دهد. لذا افزایش مصرف برق می‌تواند بر انتشار آلاینده‌های محیط‌زیست و گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه گاز دی‌اکسید کربن اثرگذار باشد. لذا باید آلودگی هوا و انتشار گاز دی‌اکسید کربن ناشی از افزایش مصرف برق کنترل شود؛ چراکه این امر باعث تخریب محیط‌زیست می‌شود و آثار خارجی دیگر از جمله بروز انواع بیماری‌ها را به دنبال دارد که باعث به خطر افتادن سلامتی انسان‌ها می‌گردد.

فعالیت‌های روزمره زندگی از جمله تماشای تلویزیون، بازی با کامپیوتر، استفاده از کولر، استریو ضبط صدا، روشن کردن چراغ، شستن و اتو کشیدن لباس‌ها، گرم کردن غذا در ماکروویو و استفاده از بخاری گازی و برقی باعث آلودگی محیط‌زیست می‌شوند، زیرا برای این کارها به برق و سوخت نیاز است و تولید این انرژی‌ها هم در کشورهایی مانند ایران مستلزم استفاده از سوخت‌های فسیلی می‌باشد (اسمعیل‌پور، ۱۳۹۵). افزایش شدت انرژی، افزایش انتشار گازهای آلاینده ناشی از مصرف انرژی همچون سوخت‌های فسیلی اکسیدهای سولفور<sup>۱</sup>، اکسیدهای نیتروژن<sup>۲</sup>، مونواکسید کربن<sup>۳</sup>، ذرات معلق<sup>۴</sup>، هیدرو کربن‌ها<sup>۵</sup> و دی‌اکسید کربن ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی است (مهرآرا و همکاران، ۱۳۹۰). برخی از مشکلات محیط‌زیستی در پیامدهای همچون افزایش دمای زمین،

<sup>1</sup> Sulfur Oxides (SO<sub>x</sub>)

<sup>2</sup> Nitrogen Oxides (NO<sub>x</sub>)

<sup>3</sup> Carbon monoxide (CO)

<sup>4</sup> Suspended Particulate Matter (SPM)

<sup>5</sup> Hydrocarbon (CH)

تخریب لایه‌ی اوزون<sup>۱</sup> و باران‌های اسیدی نمایان می‌شود (بهاگواتی، ۱۳۸۴) که تخریب محیط‌زیست را به دنبال دارد. تخریب محیط‌زیست یک پدیده‌ی محلی یا منطقه‌ای نیست، بلکه یک مسئله جهانی است. تخریب محیط‌زیست از برداشت بی‌رویه از منابع و یا انتشار و ورود آلاینده‌ها به محیط‌زیست ناشی می‌شود (شریفی، ۱۳۹۴). ضرورت استفاده از انرژی برای رشد و توسعه اقتصادی در کنار مسائلی همچون انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش ذخایر انرژی فسیلی و نیاز روزافزون به انرژی باعث شده است که کشورها به دنبال توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید باشند؛ چون علاوه بر اینکه نیازهای آینده برای انرژی را تامین می‌کند، باعث کاهش وابستگی به منابع فسیلی در نتیجه کاهش آلودگی محیط‌زیست و گرمایش جهان می‌شود (چلیانولوویچویه، ۱۳۹۵).

نیروی الکتریکی جزء ضروری‌ترین عوامل فعالیت‌های اقتصادی است، که می‌تواند رشد سریع و پایدار صنعتی، پیشرفت فناوری و امکان ایجاد اشتغال را افزایش دهد. همان‌طور که اقتصادها در حال توسعه هستند، فعالیت‌های اقتصادی نیز گسترش می‌یابند، صنعتی شدن و شهرنشینی نیز افزایش می‌یابد. این مسأله، ارتباط بین رشد اقتصادی و برق را نشان می‌دهد، به طوری که افزایش فعالیت‌های اقتصادی، افزایش نیاز به تامین برق به دنبال دارد (هیرش و کوومی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۵). بنابراین برق، بخش مهم و جداناپذیر از رشد اقتصادی، توسعه و تجارت است؛ چراکه از این منبع انرژی جهت حمایت از بخش‌های کشاورزی، صنعت، حمل‌ونقل و کارآفرینی در جهان استفاده می‌شود. با توجه به اهمیت نظری و عملی قابل توجه انرژی برق، می‌توان گفت که این منبع انرژی، عامل مهمی برای رشد و توسعه اقتصادی است. افزایش مصرف برق بعد از دهه ۱۹۹۰ محققان را به تحقیق در مورد تاثیر برق بر رشد و توسعه اقتصادی سوق داده است (چیک و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۴).

البته باید توجه داشت کشورها از انرژی برق (به عنوان عامل اصلی انرژی) و سایر منابع طبیعی برای دستیابی به حداکثر رشد اقتصادی استفاده می‌کنند که این امر باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه انتشار دی‌اکسید کربن، باعث تخریب محیط‌زیست می‌شود (کامران‌خان و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۹). دلیل این امر به مسائلی همچون تغییرات آب و هوایی، بحران‌های انرژی، انتشار مداوم و پیش‌رونده دی‌اکسید کربن در جو و گرم شدن کره‌ی زمین و موارد دیگر، مربوط می‌شود (لاوال و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۲۰). شواهد تجربی نشان می‌دهد که با افزایش صنعتی شدن، افزایش جمعیت جهانی، تغییر در شیوه زندگی و افزایش سطح مصرف برق، تهدید گرمایش جهانی در چند دهه اخیر افزایش یافته است. در واقع، مصرف برق یک جمعیت، با استانداردهای زندگی آنها مرتبط است؛ این درحالی است که مصرف بالای برق، عواقب نامطلوبی برای محیط‌زیست به دنبال دارد (ایزکایردو و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۱۱). لذا بر این اساس، در این پژوهش اثر مصرف برق بر رشد اقتصادی و انتشار گاز CO<sub>2</sub> در ایران مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

<sup>1</sup> Ozone

<sup>2</sup> Hirsh and Koomey

<sup>3</sup> Chiek et al.

<sup>4</sup> Kamran Khan et al.

<sup>5</sup> Lawal et al.

<sup>6</sup> Izquierdo et al.

## ۲-۲. پیشینه تحقیق

### ۲-۲-۱. مطالعات خارجی

شهباز و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۴) در مقاله‌ای رابطه بین رشد اقتصادی، مصرف برق، شهرسازی و تخریب محیط‌زیست در امارات متحده عربی<sup>۲</sup> را با استفاده از داده‌های سه ماهه طی دوره‌ی ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۱ مورد بررسی قرار داده است. وی در تحقیق خود به این نتیجه رسیده است که بین رشد اقتصادی و انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن رابطه‌ی نمایی وجود دارد، یعنی رشد اقتصادی در ابتدا انتشار انرژی را افزایش می‌دهد و پس از یک آستانه درآمد سرانه آن را کاهش می‌دهد. بررسی وی نشان می‌دهد مصرف برق باعث کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن می‌شود و رابطه بین شهرنشینی و انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن مثبت است. همچنین رشد اقتصادی و شهرنشینی باعث افزایش انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن می‌شود.

کاوان و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۴) در مقاله‌ای رابطه بین مصرف برق، رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن را در کشورهای عضو BRICS<sup>۴</sup> در بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۱۰ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که در سه کشور هند، چین و برزیل بین مصرف برق و رشد اقتصادی رابطه‌ی وجود ندارد، در روسیه رابطه علیت یک‌طرفه بین رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن، و در آفریقا رابطه عکس یعنی انتشار گاز دی‌اکسید کربن به رشد اقتصادی وجود دارد؛ همچنین هیچ رابطه‌ای بین مصرف انرژی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن یافت نشد.

بلید و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای رابطه‌ی بین آلودگی محیط‌زیست، مصرف برق تجدیدپذیر، مصرف برق تجدیدناپذیر و رشد اقتصادی در الجزایر طی دوره زمانی ۱۹۸۰-۲۰۱۲ را مورد تحقیق قرار داده‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد در بلندمدت رشد اقتصادی و مصرف برق تجدیدناپذیر تاثیر مخربی بر محیط‌زیست می‌گذارد، در صورتی که انرژی تجدیدپذیر تاثیر زیست محیطی مفیدی دارد؛ در کوتاه‌مدت علیت یک‌طرفه بین رشد اقتصادی و مصرف برق دارد.

شری و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای رابطه بین اثر مصرف برق و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن را در کشور مالزی طی دوره ۱۹۷۱-۲۰۱۳ مورد بررسی قرار داده‌اند. به این نتیجه رسیده‌اند که از روش خودرگرسیون با تاخیر در کوتاه‌مدت مصرف برق و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن هیچ تاثیری بر یکدیگر ندارند، اما در بلندمدت مصرف برق و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن اثر مثبت دارند.

مزقانی<sup>۷</sup> (۲۰۱۷) در پژوهشی پویایی زمانی بین تولید ناخالص داخلی واقعی (با نفت و بدون نفت)، مصرف برق و میزان انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن را در کشور عربستان با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در طول زمان در بازه زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار داده است. که نتایج بدست آمده نشان می‌دهد، مصرف برق و انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید

<sup>1</sup> Shahbaz et al.

<sup>2</sup> United Arab Emirates

<sup>3</sup> Cowan et al.

<sup>4</sup> Brazil, Russia, India, China and South Africa

<sup>5</sup> Belaida

<sup>6</sup> Shaari et al.

<sup>7</sup> Mezghani et al.

کربن به میزان نوسانات ساختاری تولید ناخالص داخلی واقعی بستگی دارد. همچنین نتایج مطالعه وی بیانگر آن است که نوسانات بالای مصرف برق در دهه ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ تاثیر منفی مداوم در تولید ناخالص داخلی نفت و انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن داشته، اما تاثیر مثبتی در تولید ناخالص داخلی غیر نفتی داشته است. نوسانات کم و زیاد تولید ناخالص داخلی با نفت بر مصرف برق و انتشار دی‌اکسید کربن تاثیر مثبت می‌گذارد. این در حالی است که نوسانات بسیار زیاد تولید ناخالص داخلی بدون نفت احتمالاً بر مصرف برق و انتشار دی‌اکسید کربن تاثیر مثبت می‌گذارد.

کاهولی<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) با استفاده از چند برآورد مدل اقتصاد سنجی شامل ۳SLS<sup>۲</sup> و SUR<sup>۳</sup> و GMM<sup>۴</sup> ارتباط بین مصرف برق، انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن و رشد اقتصادی را در کشورهای مدیترانه‌ای طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶ بررسی کرده است. نتایج وی نشان‌دهنده رابطه یک‌طرفه تاثیرات مصرف برق و رشد اقتصادی در 3SLS است و همچنین رابطه‌ی یک‌طرفه بین تحقیق و توسعه<sup>۵</sup> (R&D) و رشد اقتصادی و همچنین رابطه یک‌طرفه بین تحقیق و توسعه و انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن وجود دارد.

اردوکانی و سیدعلی‌اکبر<sup>۶</sup> (۲۰۱۹) در پژوهشی رابطه بین مصرف برق، رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن را در هفت کشور نفت خیز خاورمیانه و شمال آفریقا: الجزایر، بحرین، ایران، کویت، عمان، قطر و عربستان سعودی طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۱۴ مورد تحقیق قرار داده‌اند. بررسی منحنی زیست محیطی کوزنتس<sup>۷</sup> (EKC) عمان، قطر و عربستان سعودی نشان می‌دهد در این کشورها منحنی U معکوس وجود دارد یعنی وقتی تولید ناخالص داخلی کمتر از نقطه عطف است رشد اقتصادی باعث انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود؛ الجزایر و بحرین از منحنی U شکل پیروی می‌کنند که نشان می‌دهد پس از عبور تولید ناخالص داخلی از نقطه عطف رشد اقتصادی باعث کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن می‌شود. نتایج برای ایران و کویت غیر قابل محاسبه می‌باشد.

بکون و آگبولا<sup>۸</sup> (۲۰۱۹) در تحقیقی رابطه بین مصرف برق، رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن را در کشور نیجریه طی دوره زمانی ۱۹۷۱-۲۰۱۴ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد یک رابطه معنادار و مثبت در بلندمدت بین رشد اقتصادی و مصرف برق وجود دارد و مصرف برق باعث انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود.

سامو و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای رابطه بین مصرف برق، رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن را در کشور زیمبابوه طی دوره ۱۹۷۱-۲۰۱۴ بررسی می‌کنند. نتایج رگرسیون در بلندمدت نشان می‌دهد که بین رشد اقتصادی و مصرف برق رابطه مثبت و معناداری وجود دارد و افزایش مصرف برق باعث افزایش انتشار گاز دی‌اکسید کربن می‌شود.

<sup>1</sup> Kahouli

<sup>2</sup> Three-stage Least Squares (3SLS)

<sup>3</sup> Seemingly Unrelated Regressions (SUR)

<sup>4</sup> Generalized Method of Moments (GMM)

<sup>5</sup> Research and Development (R&D)

<sup>6</sup> Ardakani and Seyedaliakbar

<sup>7</sup> Environmental Kuznets curve (EKC)

<sup>8</sup> Bekun and Agboola

آکادیری و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۲۰) در مقاله‌ای به بررسی رابطه بین انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف برق و رشد اقتصادی در ترکیه طی دوره ۱۹۷۰-۲۰۱۴ پراخته‌اند. آنها با استفاده از روش وقفه‌های توزیعی<sup>۲</sup> (ARDL) نشان می‌دهند که در بلندمدت مصرف برق و رشد اقتصادی باعث انتشار گاز دی‌اکسید کربن می‌شود.

اتوکاکپان و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۲۰) در تحقیقی رابطه بین مصرف برق و تاثیر آن روی رشد اقتصادی و محیط‌زیست در کشور ترکیه طی دوره زمانی ۱۹۷۰-۲۰۱۴ بررسی کرده‌اند. نتایج حاصل از آزمون علیت گرنجر نشان می‌دهد که علیت یک‌طرفه بین مصرف برق و رشد اقتصادی وجود دارد و اینکه مصرف برق باعث تخریب محیط‌زیست می‌شود.

مافیزور رحمان<sup>۴</sup> (۲۰۲۰) به بررسی رابطه بین مصرف برق، رشد اقتصادی و میزان انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن در ده کشور بیشترین مصرف برق در دوره زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۳ با روش همگرایی پانل<sup>۵</sup> حداقل مربعات معمولی<sup>۶</sup> (FMOLS) و حداقل مربعات عادی پویا<sup>۷</sup> (DOLS) پرداخته‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد که ارتباط بین مصرف برق و رشد اقتصادی به صورت مثبت و معنی‌داری بر انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن در این کشورها تاثیر می‌گذارد. یافته‌های فرضیه منحنی کوزنتس، رابطه دوطرفه بین رشد اقتصادی و انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن و همچنین رابطه دوطرفه بین مصرف برق و انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن را تایید می‌کند و رابطه یک‌طرفه بین رشد اقتصادی و مصرف برق نیز مشاهده می‌شود.

آدبایو و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۲۱) در پژوهشی رابطه بین انتشار گاز دی‌اکسید کربن، مصرف برق و رشد اقتصادی را در کشور کره جنوبی طی دوره زمانی ۱۹۶۵-۲۰۱۹ بررسی کرده‌اند. نتایج تجربی آنها نشان می‌دهد که افزایش انتشار گاز دی‌اکسید کربن باعث رشد اقتصادی می‌شود؛ و یک علیت یک‌طرفه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی وجود دارد، همچنین رابطه علیت یک‌طرفه بین انتشار گاز دی‌اکسید کربن و مصرف انرژی بر رشد اقتصادی می‌باشد.

بلال‌خان و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۲۱) در تحقیقی رابطه بین مصرف برق، رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن در کشور منتخب آسیای جنوبی طی دوره زمانی ۱۹۷۲-۲۰۱۷ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدیدناپذیر تاثیر مثبت در انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد، علیت یک‌طرفه بین رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن وجود دارد، همچنین علیت دوطرفه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی هم وجود دارد.

<sup>1</sup> Akadiri et al.

<sup>2</sup> AutoRegressive Distributed Lag (ARDL)

<sup>3</sup> Etokakpan et al.

<sup>4</sup> Mafizur Rahman

<sup>5</sup> panel

<sup>6</sup> Fully Modified Ordinary Least Square (Fully-modified OLS) (FMOLS)

<sup>7</sup> Dynamic Ordinary Least Square (DOLS)

<sup>8</sup> Adebayo et al.

<sup>9</sup> Bilal Khan et al.

## ۲-۲-۲. مطالعات داخلی

بهبودی و همکاران (۱۳۸۷) در مقاله‌ای رابطه بین مصرف برق و رشد اقتصادی ایران را در دوره‌ی ۱۳۴۶ الی ۱۳۸۵ مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها در پژوهش خود از آزمون هم‌جمعی جوهانسون<sup>۱</sup> - جوسیلیوس و انگل - گرنجر<sup>۲</sup> استفاده کرده‌اند که نتایج نشان‌دهنده رابطه بلندمدت و مثبت بین مصرف برق و رشد اقتصادی ایران است.

محمدباقری (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای به بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن با استفاده از داده‌های سری زمانی ۱۹۶۵-۲۰۰۸ در ایران پرداخته است. به منظور تخمین روابط بین متغیرها از روش اقتصادسنجی خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی استفاده کرده است. نتایج وی نشان می‌دهد که انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به تولید ناخالص داخلی بی‌کشش است، اما مقدار آن در بلندمدت بیشتر از کوتاه‌مدت است. همچنین کشش دی‌اکسید کربن نسبت به مصرف انرژی در کوتاه‌مدت و بلندمدت مشابه و نزدیک به یک است.

قنبری و خاکسارآستانه (۱۳۹۰) رابطه بین مصرف برق، انتشار آلاینده‌ها و تولید ناخالص داخلی در کشورهای کم‌درآمد و پر درآمد طی دوره ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۶ را با استفاده از روش هم‌انباشتگی پانلی مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج حاصل از مطالعه آنها نشان می‌دهد که در بلندمدت با توجه به روش خود رگرسیون برداری رابطه‌ی هم‌انباشتگی بین مصرف برق، آلودگی و تولید ناخالص داخلی وجود دارد، ولی با استفاده از تخمین مدل آزمون تودا و یاماموتو<sup>۳</sup> (T&Y)، که یک آزمون کوتاه‌مدت است مشخص شد مصرف برق باعث افزایش دی‌اکسید کربن نمی‌شود. بر اساس نتایج مطالعه آنها، بین تولید ناخالص داخلی و مصرف برق رابطه مثبت و معنادار وجود دارد که می‌توان گفت تولید ناخالص داخلی که تغییرات آن بیانگر رشد اقتصادی است، ناشی از مصرف برق می‌باشد. همچنین بین تولید ناخالص داخلی و انتشار دی‌اکسید کربن تنها یک رابطه یک‌طرفه از دی‌اکسید کربن به سمت تولید ناخالصی در کشورهای کم‌درآمد وجود دارد، یعنی در کشورهای کم‌درآمد افزایش تولید ناخالص داخلی همراه با افزایش آلاینده‌ها انجام می‌گیرد.

نونژاد و روزی‌طلب (۱۳۹۷) در مقاله‌ای رابطه‌ی بین مصرف برق، انتشار آلاینده‌ها در ایران را طی دوره زمانی ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۱ مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها با استفاده از روش خودرگرسیون با وقفه‌های گسترده به این نتیجه رسیده‌اند که فرضیه زیست محیطی و وجود منحنی کوزنتس در ایران مورد تایید می‌باشد و افزایش تولید برق اثر مثبت و معناداری بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد.

بررسی مطالعات داخلی گذشته نشان می‌دهد که مطالعات بسیار کمی به طور خاص اثر مصرف برق بر رشد اقتصادی و انتشار آلاینده دی‌اکسید کربن را برای اقتصاد ایران مورد ارزیابی قرار داده‌اند. این امر بیانگر تازگی پژوهش حاضر است. نوآوری دیگر این پژوهش، استفاده از الگوی خود توضیح برداری و الگوی تصحیح خطای برداری است.

<sup>1</sup> Johansen- Juselius Cointegration

<sup>2</sup> Engel- Grange

<sup>3</sup> Toda & Yamamoto (T&Y)

### ۳. روش تحقیق

بطور کلی، الگوهایی که سعی می‌کنند رفتار یک متغیر را براساس مقادیر گذشته آن متغیر و تعدادی از متغیرهای مختلف دیگر بصورت هم‌زمان توضیح دهند، الگوهای سری زمانی چند متغیره نامیده می‌شوند، که الگوی خود توضیح برداری از این جمله است. در واقع زمانی که رفتار چند متغیر سری زمانی بررسی می‌گردد، باید به ارتباط متقابل این متغیرها در قالب یک الگوی سیستم معادلات هم‌زمان توجه نمود. اگر معادلات این الگو شامل وقفه‌های این متغیرها باشد، به یک الگوی سیستم معادلات هم‌زمان پویا تبدیل خواهد شد. در این الگوها، شناخت در مورد درون‌زا و برون‌زا بودن متغیرها حائز اهمیت است. برای رفع این محدودیت، الگوی خود توضیح برداری توسط سیمز<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۰ ارائه شده است (نوفرستی، ۱۴۰۰). الگوی خود توضیح برداری محقق را درگیر شناسایی متغیرهای درون‌زا و برون‌زای مدل نمی‌کند، زیرا به استثناء عرض از مبدا، متغیر روند و متغیرهای مجازی که گاهی اوقات وارد مدل می‌شوند، همه متغیرها درون‌زا هستند.

فرم ساختاری VAR مشابه معادلات هم‌زمان است؛ اما در آن فقط مقادیر زمان‌های گذشته متغیرها ( $Y_{t-j}$ ) در هر یک از معادلات وارد می‌شود (لوتکپل<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹).

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

از آن‌جا که در معادله (۱) مدل VAR از مرتبه P است، از این رو می‌توان آن را با VAR(p) نشان داد. هر یک از اجزای این

معادله عبارتند از:

$$Y_t = \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ \vdots \\ Y_{mt} \end{bmatrix}, \theta = \begin{bmatrix} 1 & -\theta_{12} & \dots & -\theta_{1m} \\ -\theta_{21} & 1 & \dots & -\theta_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\theta_{m1} & -\theta_{m2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \beta_0 = \begin{bmatrix} \gamma_{10} \\ \gamma_{20} \\ \vdots \\ \gamma_{m0} \end{bmatrix}, \beta_j = \begin{bmatrix} \gamma_{11.j} & \gamma_{12.j} & \dots & \gamma_{1m.j} \\ \gamma_{21.j} & \gamma_{22.j} & \dots & \gamma_{2m.j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \gamma_{m1.j} & \gamma_{m2.j} & \dots & \gamma_{mm.j} \end{bmatrix} \quad (2)$$

بنابراین، معادله ۱ را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$Y_{it} - \sum_{k=1, k \neq i}^m \theta_{ik} Y_{kt} = \gamma_{i0} + \sum_{j=1}^p \gamma_{i1.j} Y_{t-j} + \sum_{j=1}^p \gamma_{i2.j} Y_{2t-j} + \dots + \sum_{j=1}^p \gamma_{im.j} Y_{mt-j} + \varepsilon_{it}, i=1, 2, \dots, m \quad (3)$$

برای تعیین مقدار P (وقفه بهینه مدل VAR) از معیارهای مختلفی استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها معیار آکاییک (AIC)،

معیار شوارتز-بیزین (SBC) و معیار حنان-کویین (HQC) هستند.

در این پژوهش بر اساس مطالعه مزقانی و همکاران (۲۰۱۷)، با توجه به هدف بررسی تاثیر مصرف برق بر انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن و تولید ناخالص داخلی سرانه در اقتصاد ایران در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۳۴۹، از الگوی خود توضیح برداری استفاده خواهد شد. بر این اساس در این پژوهش، با استفاده از مدل VAR توابع واکنش آنی متغیرهای مصرف برق (EC)، تولید ناخالص

<sup>1</sup> Sims

<sup>2</sup> Lütkepohl

داخلی (GDP) و انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) بررسی خواهد شد. لازم به ذکر است که لگاریتم طبیعی متغیرهای مورد استفاده در مدل لحاظ شده است. داده‌های مصرف برق از سایت وزارت نیرو بدست آمده و بر حسب میلیون کیلو وات ساعت می‌باشد؛ داده‌های میزان انتشار دی‌اکسید کربن از سایت بانک جهانی بر حسب متریک (هزار کیلوگرم) بدست آمده و بعد از تبدیل تاریخ سال میلادی به تاریخ سال شمسی در محاسبات استفاده شده است؛ داده‌های تولید ناخالص داخلی سرانه نیز از سایت بانک جهانی بر حسب متریک (هزار کیلوگرم) اخذ شده است.

#### ۴. یافته‌های تحقیق

##### ۴-۱. آمار توصیفی داده‌ها

جدول (۱)، میانگین، میانه، حداکثر، حداقل و انحراف از معیار هر کدام از متغیرها را به صورت جداگانه نشان می‌دهد.

جدول ۱. آمار توصیفی

متغیرها	میانگین	میانه	حداکثر	حداقل	انحراف معیار
LGDP	۸/۴۴	۸/۵	۸/۹۴	۸	۰/۲۳
LEC	۱۰/۹۸	۱۱/۱۵	۱۲/۶۷	۸/۱۴	۱/۲۳
LCO <sub>2</sub>	۰/۰۶	۰/۲۶	۰/۴۴	-۰/۷۱	۰/۳۷

منبع: محاسبات تحقیق

##### ۴-۲. آزمون ریشه واحد

در این پژوهش، مطابق جدول (۲) از دو آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته<sup>۱</sup> (ADF) در دو حالت با عرض از مبدا و با عرض از مبدا و روند، استفاده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف برق در سطح مانا است؛ درحالی‌که تولید ناخالص داخلی سرانه و انتشار دی‌اکسید کربن در سطح، مانا نیستند و با تفاضل مرتبه اول، مانا می‌شوند.

<sup>۱</sup> Augmented Dickey-Fuller (ADF)

جدول ۲. آزمون ریشه واحد (ADF)

نتیجه آزمون	تفاضل				در سطح				متغیر
	آماره آزمون	روند با عرض از مبدا (سطح ۱)	آماره آزمون	با عرض از مبدا (سطح)	آماره آزمون	روند با عرض از مبدا (سطح ۱)	آماره آزمون	با عرض از مبدا (سطح)	
I(1)	-۴/۷۳	۰/۰۰۲	-۴/۵۳	۰/۰۰۶	-۱/۹	۰/۶۳	-۱/۹۱	۰/۳۲	تولید ناخالص داخلی سراجه
I(1)	-۵/۱	۰/۰۰۰	-۶/۳	۰/۰۰۰	-۰/۱۷	۰/۹۹	-۲/۲۲	۰/۲	انتشار دی‌اکسید کربن
I(0)	-	-	-	-	-۶/۵۶	۰/۰۰	-۷/۹۴	۰/۰۰	مصرف برق

منبع: یافته‌های تحقیق

۳-۴. تعیین تعداد وقفه‌ها

برای تعیین تعداد وقفه بهینه الگو از معیار شوارتز بیزین<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. طبق نتایج جدول (۳) تعداد وقفه بهینه الگو، یک است.

جدول ۳. تعداد وقفه‌ها بر اساس معیار شوارتز بیزین

تعداد وقفه	آماره
۰	-۰/۳۲
۱	-۱۰/۵۶*
۲	-۱۰/۱۱
۳	-۹/۶۲
۴	-۹/۵۴

منبع یافته‌های تحقیق

<sup>۱</sup> Bayesian information criterion

#### ۴-۴. آزمون هم‌جمعی (هم‌انباشتگی)

برای تعیین وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها و با ثبات بودن متغیرهای الگو از آزمون هم‌جمعی استفاده می‌شود. از آنجا که تعدادی از متغیرهای مدل در سطح نامانا هستند، احتمال ایجاد رگرسیون کاذب وجود دارد. حال با تفاضل‌گیری (تفاضل مرتبه اول) متغیرها مانا شده، سپس رگرسیون برآورد می‌شود، اما این کار باعث از بین رفتن اطلاعات مربوط به هم‌انباشتگی بین متغیرها در بلندمدت شده و در کوتاه‌مدت کاربرد دارد. برای رفع چنین مشکلی از آزمون هم‌جمعی جوهانسون طبق جدول (۴) استفاده می‌شود که نیازی به مانایی متغیرها نمی‌باشد.

آزمون هم‌انباشتگی را می‌توان از روش‌های متفاوتی انجام داد که یکی از آنها آزمون جوهانسون است، در آزمون جوهانسون حداکثر  $n-1$  بردار هم‌انباشته بین  $n$  متغیر، به همراه یک بردار بلندمدت در سطح با احتمال ۵ درصد بین متغیرها و دو آماره اثر و مقدار ویژه برای تشخیص تعداد بردارهای هم‌انباشته میان متغیرها وجود دارد.

جدول ۴. آزمون هم‌جمعی جوهانسون

مقدار احتمال	مقادیر بحرانی ۵ درصد	آماره اثر	بردار ویژه	فرضیه صفر
۰/۰۰۲	۳۵/۰۱	۴۶/۷۳	۰/۴۸	$R < 0$
۰/۱۹	۱۸/۴	۱۳/۸۲	۰/۲۲	$R \leq 1^*$
۰/۲۵	۳/۸۴	۱/۳۵	۰/۰۳	$R \leq 2$

منبع: یافته‌های تحقیق

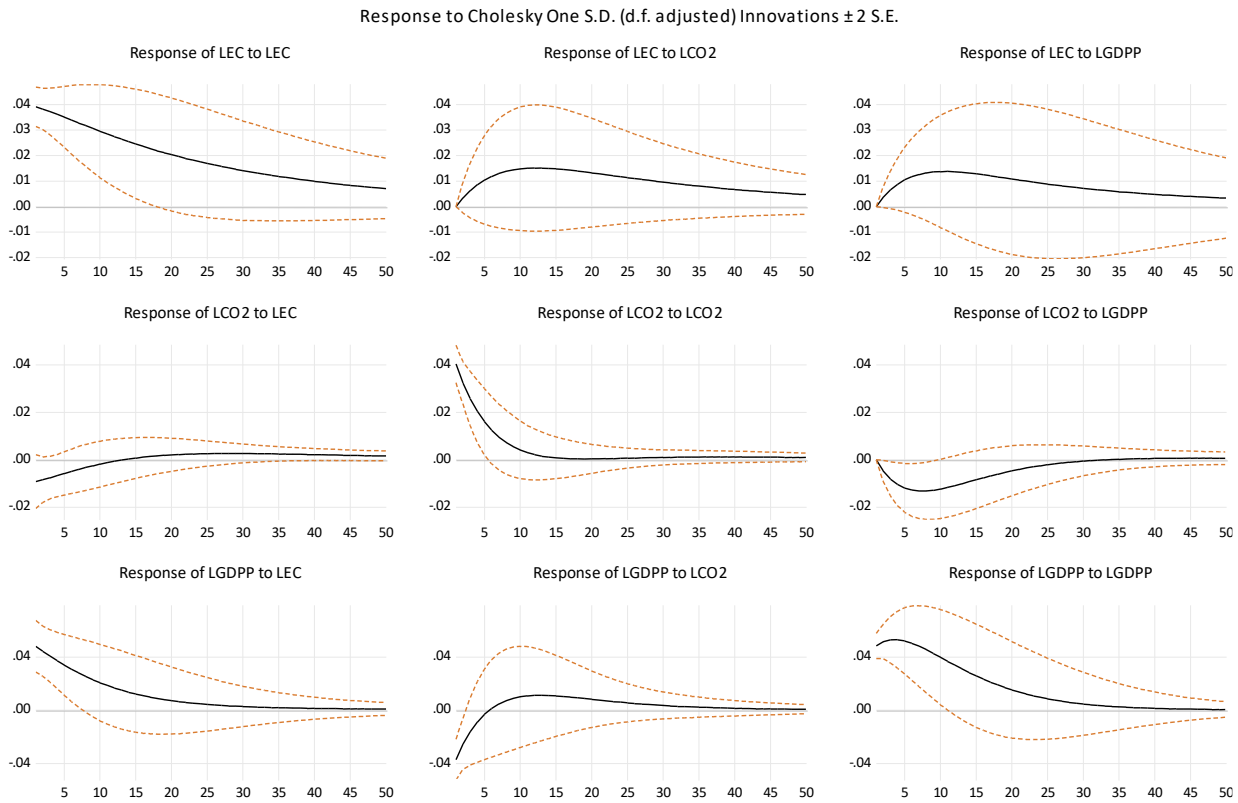
آزمون جوهانسون به بررسی رابطه بلندمدت بین داده‌های سری زمانی می‌پردازد که بر این اساس، رابطه بین دو یا چند متغیر را در بلندمدت تشخیص می‌دهد. جدول (۴) نشان می‌دهد که در مدل، فرضیه صفر برای  $R < 0$  با اطمینان ۹۵ درصد رد و فرضیه صفر  $R \leq 1$ ، تایید می‌شود. پس حداقل یک بردار هم‌جمعی بین متغیرها وجود دارد که بیانگر آن است که یک رابطه تعادلی بلندمدت بین آن‌ها وجود دارد.

#### ۴-۵. نتایج برآورد مدل VAR

##### ۴-۵-۱. تخمین توابع واکنش متغیرها

نمودار (۱) توابع واکنش همه متغیرهای مدل را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد.

### نمودار ۱. توابع واکنش همه متغیرهای مدل نسبت به یکدیگر



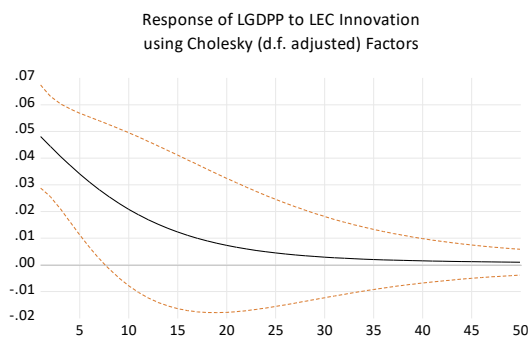
منبع: یافته‌های تحقیق

از آنجا که هدف این پژوهش بررسی اثر مصرف برق بر تولید ناخالص داخلی سرانه و انتشار دی اکسید کربن است، از این رو تابع واکنش تولید ناخالص داخلی سرانه و انتشار دی اکسید کربن نسبت به مصرف برق به صورت مجزا در نمودار (۲) و (۳) گزارش شده است.

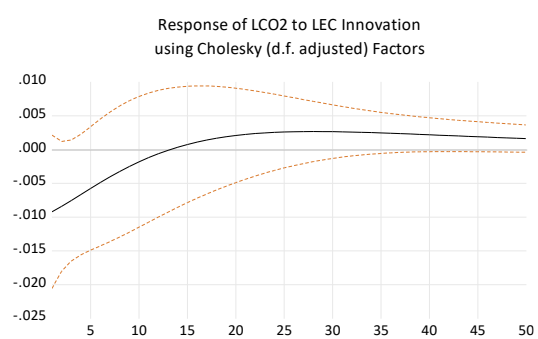
نمودار ۳. تابع واکنش تولید ناخالص داخلی سرانه

نمودار ۲. تابع واکنش انتشار دی اکسید کربن نسبت به مصرف برق

نسبت به مصرف برق



منبع: یافته‌های تحقیق



منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس نمودار (۲) در تحلیل تاثیر شوک مصرف برق، بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن مشخص می‌شود که اثر شوک مصرف برق بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در ابتدا منفی بوده و این اثر تا ۱۳ دوره ماندگار بوده است به طوری که اثر منفی آن طی این مدت کاسته است و از دوره ۱۴ اثر آن مثبت شده است و در بلندمدت هم این اثر میرا بوده است. همچنین بر اساس نمودار (۳) اثر شوک مصرف برق بر تولید ناخالص داخلی سرانه مثبت و کاهشی و میرا بوده است. در واقع شوک مصرف برق در کوتاه‌مدت، تولید ناخالص داخلی سرانه را بسیار زیاد افزایش می‌دهد اما به تدریج اثر مثبت آن کاهش می‌یابد و در بلندمدت از بین می‌رود.

#### جدول ۵. نتایج برآورد مدل به روش VECM

D(LGDPP)	D(LCO2)	D(LEC)	تصحیح خطا (Error ) (Correction)
-۰/۰۲۲ (-۲/۵)	-۰/۰۱۴ (-۲/۶۶)	-۰/۰۱۲ (-۲/۷۳)	ضریب تصحیح خطا (CointEq1)
۰/۶۸۲ (۲/۱۳)	-۰/۲۵۶ (-۱/۳۵)	۰/۳۳۶ (۲/۰۷)	D(LEC(-1))
-۰/۲۶۹ (-۰/۹۱)	۰/۰۱۶ (۰/۰۹)	-۰/۱۸۸ (-۱/۲۶)	D(LCO2(-1))
۰/۱۱۵ (۰/۵۹)	۰/۰۰۲۴ (۰/۰۲)	-۰/۰۱۲ (-۰/۱۲)	D(LGDPP(-1))
-۰/۰۵۶ (-۱/۹۳)	۰/۰۴۲ (۲/۴۶)	۰/۰۵۷ (۳/۸۹)	C
۰/۲۸۲	۰/۱۸۸	۰/۵۹۴	R-squared
۴/۵۳	۲/۶۵	۱۶/۸۸	F-statistic

منبع: یافته‌های تحقیق

مدل‌های تصحیح خطای برداری نوعی از مدل‌های تعادل جزئی هستند، که در آن‌ها با وارد کردن پسماند پایا از یک رابطه بلندمدت، نیروهای مؤثر در کوتاه‌مدت و سرعت نزدیک شدن به مقدار تعادلی بلندمدت اندازه‌گیری می‌شود. در این مدل‌ها چنانچه ضریب تصحیح خطا، با علامت منفی ظاهر شود، نشانگر سرعت تصحیح خطا و میل به تعادل بلندمدت خواهد بود. این ضریب نشان

می‌دهد در هر دوره چند درصد از عدم تعادل متغیر وابسته تعدیل شده و به سمت رابطه بلندمدت نزدیک می‌شود. بر این اساس، با توجه به منفی بودن و معنادار بودن ضریب تصحیح خطا در معادله اول (تولید ناخالص داخلی سرانه به‌عنوان متغیر وابسته) ضریب مزبور نشان‌دهنده تعدیل در جهت بلندمدت است؛ ضریب مزبور نشان می‌دهد که تولید ناخالص داخلی سرانه در هر سال معادل ۲/۲ درصد به سمت تعادل بلندمدت تعدیل می‌شود. همچنین با توجه به منفی بودن و معنادار بودن ضریب تصحیح خطا در معادله دوم (انتشار دی اکسید کربن به‌عنوان متغیر وابسته) ضریب مزبور نشان‌دهنده تعدیل در جهت بلندمدت است؛ ضریب مزبور نشان می‌دهد که انتشار دی اکسید کربن در هر سال معادل ۱/۴ درصد به سمت تعادل بلندمدت تعدیل می‌شود. علاوه بر این با توجه به منفی بودن و معنادار بودن ضریب تصحیح خطا در معادله سوم (مصرف برق به‌عنوان متغیر وابسته) ضریب مزبور نشان‌دهنده تعدیل در جهت بلندمدت است؛ ضریب مزبور نشان می‌دهد که مصرف برق در هر سال معادل ۱/۲ درصد به سمت تعادل بلندمدت تعدیل می‌شود.

#### ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری (VAR) رابطه‌ی بین مصرف برق، تولید ناخالص داخلی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن در کشور ایران طی دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۴۹ مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از این پژوهش بررسی تاثیرات مصرف برق بر تولید ناخالص داخلی سرانه و نیز بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در اقتصاد ایران است. نتایج نشان می‌دهد شوک مصرف برق اثر مثبتی بر تولید ناخالص داخلی سرانه داشته است؛ همچنین اثر شوک مصرف برق بر انتشار آلاینده دی‌اکسید کربن در ابتدا منفی بوده و از دوره چهاردهم به بعد مثبت بوده است. در واقع، مصرف برق یک جامعه، با استانداردهای زندگی آنها مرتبط است؛ این درحالی است که مصرف بالای برق، عواقب نامطلوبی برای محیط‌زیست به دنبال دارد. بنابراین اجرای مدل‌های انرژی کارآمد، علاوه بر رشد اقتصادی، می‌تواند افزایش کیفیت هوا را نیز به دنبال داشته باشد.

توسعه شهرهای بزرگ و افزایش استفاده از فناوری ارتباطات، مدرنیزه شدن، توسعه سریع در بخش‌های صنعتی، توسعه پتروشیمی، صنایع سیمان و زیرساخت‌ها در کشور باعث استفاده روزافزون از برق شده است. از این جهت می‌توان گفت تولید و صنعت کشور به انرژی برق وابسته است. بخش اعظم برق تولیدی کشور از سوخت‌های فسیلی به دست می‌آید و مصرف سوخت فسیلی باعث انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن می‌شود. بنابراین به علت تاثیر مثبت مصرف برق بر انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن در کوتاه‌مدت پیشنهاد می‌شود ابتدا به مقدار ثابت برای خانواده‌ها مقدار برق مصرفی با تعرفه‌های یارانه‌ای حساب شود؛ سپس سیاست آزاد سازی قیمت برق به صورت تدریجی و با توجه به مصرف بیشتر از حد استاندارد آزادسازی شود. برای کنترل مصرف خانوار می‌توان از روش قیمت‌گذاری پلکانی برای مصارف خارج از حد نرمال استفاده کرد.

علاوه‌براین، پیشنهاد می‌شود با اعمال سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف از یک سو و با اصلاح ساختار نیروگاه‌ها از سوی دیگر و با تاکید بر فناوری‌های به‌روز و استفاده از فناوری‌های نوین ذخیره‌سازی، برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری‌های انجام شده اصلاح شود. از آنجا که مصرف برق باعث رشد بخش‌های اقتصادی می‌شود و همچنین رشد بخش‌های مختلف نیازمند تولید برق بیشتر است که در

نتیجه منجر به افزایش مصرف حامل‌های انرژی در تولید برق خواهد شد؛ این مسأله، اهمیت برنامه‌ریزی برای تأمین این حامل‌ها برای تولید برق را نشان می‌دهد. لذا می‌توان سیاست‌های بهبود کارایی اقتصاد با هدف محدود کردن مصرف انرژی را اجرا کرد.

از آنجا که افزایش مصرف برق باعث افزایش انتشار گاز دی‌اکسید کربن و آلودگی محیط‌زیست می‌شود، لذا برای کاهش آلودگی، بهتر است سیاستی برای کاهش تخریب زیست محیط اعمال شود که بر این اساس می‌توان از طریق وضع مالیات بر آلاینده‌های محیطی زمینه‌ی مناسبی برای رشد اقتصادی پایدار ایجاد کرد و همچنین با حمایت مالی از به‌کارگیری فناوری‌های نوین و به‌روز رسانی نیروگاه‌ها، راندمان برق تولیدی را افزایش داد.

همچنین از آنجا که کاهش مصرف انرژی باعث کاهش تولید ناخالص داخلی و در نتیجه منجر به کاهش سرمایه‌گذاری و اشتغال می‌شود، می‌توان به منظور تولید برق از روش‌های پاک برای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن استفاده کرد که نیازی به کاهش مصرف برق نباشد؛ زیرا این امر منجر به افت تولید ناخالص داخلی می‌شود. لذا بهتر است از سوخت‌های پاک و سبز بجای سوخت‌های فسیلی که غیرقابل تجدید هستند، برای تولید برق استفاده شود. این درحالی است که در کشور ایران به علت وجود نفت و گاز از این نوع سوخت برای تولید برق در نیروگاه‌ها استفاده می‌شود که خود باعث آلودگی هوا می‌باشد، میزان تولید برق از نیروگاه‌های خورشیدی بیوگاز و بادی در ایران، کمتر از ده درصد است که نشان‌دهنده عدم برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری در کشور ایران علی‌رغم وجود کویر گسترده در کشور است. ایران جزء کشورهایی است که در حوزه انرژی، توانایی سرمایه‌گذاری دارد و صنعت برق کشور می‌تواند در این زمینه جزء پیشگامان در جهان باشد؛ بنابراین پیشنهاد این است که وزارت نیرو بخشی از درآمد خود را به جای انتقال برق فشار قوی، صرف فعالیت‌های توسعه‌ای در زمینه تولید انرژی پاک کند.

## منابع

- ۱) اسمعیل‌پور، سینا. (۱۳۹۵). بررسی اثرات افزایش تولید ناخالص داخلی و رشد جمعیت بر انتشار گازهای گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> در ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه پیام نور.
- ۲) آشنا، ملیحه و حسین آبادی، سعید. (۱۳۹۹). ارزیابی عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن در ایران با تأکید بر نقش شهرنشینی: روش تحلیل تجزیه. فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۳۴، صص ۱۴۵-۱۶۳.
- ۳) آهنگری، عبدالمجید و بذرافکن، اشکان. (۱۳۹۷). بررسی اثر مصرف انرژی الکتریسته (برق) بر رشد اقتصادی ایران. چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، کارآفرینی و توسعه اقتصادی.
- ۴) بهاگواتی (۱۳۸۴). دفاع از جهانی شدن ترجمه مسعود کرباسیان انتشارات علمی و فرهنگی.
- ۵) بهبودی، داود؛ اصغرپور، حسین و قزوینیان، محمدحسن. (۱۳۸۷). بررسی رابطه‌ی مصرف کل برق و رشد اقتصادی ایران. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۱۷، صص ۵۷-۷۲.

- ۶) چلیانلو و یجویه، نسیم. (۱۳۹۵). بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف برق از منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز دانشکده اقتصاد مدیریت بازرگانی.
- ۷) حیدری، حسن؛ نجار فیروزجایی، محمد و سعیدپور، لسیان. (۱۳۹۰). بررسی رابطه بین مصرف برق، قیمت برق و رشد اقتصادی در ایران. فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۵۹، صص ۱۷۵-۲۰۰.
- ۸) رزاقی، ابراهیم. (۱۳۹۲). اقتصاد ایران زمین. تهران: نشر نی.
- ۹) شاه‌مرادی، زهره. (۱۳۹۷). بررسی تاثیر مصرف میزان انرژی برق بر روی رشد اقتصادی (مطالعه موردی: کشورهای منتخب در حال توسعه). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه پیام نور مرکز کرج.
- ۱۰) شریفی، شیدا. (۱۳۹۴). رابطه بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و انتشار CO<sub>2</sub> در ایران با استفاده از روش مارکوف-سوئیچینگ. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز دانشکده اقتصاد مدیریت بازرگانی.
- ۱۱) صادقی، حسین؛ ناصری، علیرضا و شهریاری، لیلا. (۱۳۹۲). بررسی راه‌های افزایش بهره‌وری در نیروگاه‌های گازی در ایران. فصلنامه اقتصاد انرژی ایران. شماره ۸، صص ۹۳-۱۰۷.
- ۱۲) قنبری، علی و خاکسار آستانه، سمانه. (۱۳۹۰). رابطه‌ی بین مصرف برق، انتشار آلاینده‌ها و تولید ناخالص داخلی، مقایسه بین کشورهای کم‌درآمد و پردرآمد. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۳۱، صص ۱۲۱-۱۴۴.
- ۱۳) قوامی‌پور، مارال. (۱۳۹۷). ارزیابی تاثیر ترکیب سبد مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن بر رشد تولید ناخالص داخلی غیرنفتی ایرانی: مدل TVP-VAR. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه خوارزمی.
- ۱۴) کهنسال، محمدرضا و شایان مهر، سمیرا. (۱۳۹۵). آثار متقابل مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست: کاربرد الگوی معادالت هم‌زمان فضایی داده‌های تابلویی. فصلنامه اقتصاد انرژی ایران. شماره ۱۹، صص ۱۷۹-۲۰۱۶.
- ۱۵) گجراتی، دامودار. (۱۴۰۰). مبانی اقتصاد سنجی (جلد دوم). مترجم: دکتر حمید ابریشمی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۶) محمدباقری، اعظم. (۱۳۸۹). بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و انتشار کربن دی‌اکسید در ایران. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۲۷، صص ۱۰۱-۱۲۹.
- ۱۷) مهرآرا، محسن و فرمیهنی‌فراهانی، راضیه و حسن‌زاده، آیت. (۱۳۹۰). بررسی رابطه میان رشد مصرف برق و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب صادرکننده نفت. مجله مدل‌سازی اقتصادی، شماره ۲، صص ۶۹-۹۰.
- ۱۸) نوفرستی، محمد. (۱۴۰۰). اقتصادسنجی کاربردی داده‌های سری زمانی. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- ۱۹) نونزاد، مسعود و روزی‌طلب، آناهیتا. (۱۳۹۷). اثر رشد اقتصادی و مصرف انرژی بر آلودگی محیط‌زیست: مطالعه موردی ایران. مجله اقتصاد محیط‌زیست و منابع طبیعی، شماره ۳، صص ۹۹-۱۲۴.

20) Adebayo, T. and Awosusi, A. and Kirikkaleli, D. and Akinsola, G. and Mwamba, M. (2021). Can CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption determine the economic performance of South Korea? A time series analysis. *Journal of Environmental Science and Pollution Research*, 28:38969–38984.

- 21) Akadiri, S. and Alola, A. and Williams, G. and Etokakpan, M. (2020). The role of electricity consumption, globalization and economic growth in carbon dioxide emissions and its implications for environmental sustainability targets. *Journal of Science of the Total Environment*, 708: 134653.
- 22) Ardakani, M. and Seyedaliakbar, S. (2019). Impact of energy consumption and economic growth on CO2 emission using multivariate regression. *Journal of Energy Strategy Reviews*, 26: 100428. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100428>
- 23) Bekun, F. and Agboola, M. (2019). Electricity Consumption and Economic Growth Nexus: Evidence from Maki Cointegration. *Journal of Inzinerine Ekonomika-engineering Economics*, 30: 14-23.
- 24) Belaida, F. and Youssef, M. (2017). Environmental degradation, renewable and non-renewable electricity consumption, and economic growth: Assessing the evidence from Algeria. *Energy Policy*, 102: 277-287.
- 25) Belomestny, D. and Krymova, E. and Polbin, A. (2020). Estimating TVP-VAR models with time invariant long-run multipliers. *Journal of Mathematical Economics*, 62: 20-44.
- 26) Bilal Khan, M. and Saleem, H. and Shabbir, M. and Huobao, X. (2021). The effects of globalization, energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions in South Asian countries. *Journal of Energy & Environment*, 0: 1–28.
- 27) Chiek, A. and Kabir, H. and Taufiq, H. and Shamsheer, M. (2014). Productivity and Spillover effect of merger and acquisitions in Malaysia. *Journal of Management Research Review*, 38: 320-344.
- 28) Cowan, W. and Chang, T. and Lotz, R. and Gupta, R. (2014). The nexus of electricity consumption, economic growth and CO2 emissions in BRICS countries. *Journal of Energy Policy*, 66: 359-368.
- 29) Etokakpan, M. and Osundina, O. and Bekun, F. and Sarkodie, S. (2020). Rethinking electricity consumption and economic growth nexus in Turkey: environmental pros and cons. *Journal of Environmental Science and Pollution Research*, 27: 39222–39240.
- 30) Hirsh, A. and Koomey, J. (2015). Electricity Consumption and Economic Growth: A New Relationship with Significant Consequences? *The Electricity Journal*, 28 (9): 72-84.
- 31) Izquierdo, M. and Moreno-Rodríguez, A. and González-Gil, A. and García-Hernando, N. (2011). Air conditioning in the region of Madrid, Spain: An approach to electricity consumption, economics and CO2 emissions. *Journal of Energy*, 36: 1630-1639.
- 32) Kahouli, B. (2018). The Causality Link Between Energy Electricity Consumption, CO2 emissions, R and D Stocks and Economic Growth in Mediterranean Countries (MCs). *Journal of Energy*, 145: 388-399.
- 33) Kamran Khan, M. and Teng, A. and Imran Khan, M. (2019). Effect of energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions in Pakistan with dynamic ARDL simulations approach. *Journal of Environmental Science and Pollution Research International*, 26: 23480-23490.
- 34) Koop, G. and Korobilis, D. (2013). Large time-varying parameter VARs. *Journal of Econometrics*, 177: 158-198.

- 35) Lawal, A. and Ozturk, I. and Olanipekun, I. and Asaleye, A. (2020). Examining the linkages between electricity consumption and economic growth in African economies. *Journal of Energy*, 208: 118363. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118363>
- 36) Lütkepohl, H. (2009). *Econometric analysis with vector autoregressive models* (pp. 281-319). John Wiley & Sons.
- 37) Mafizur Rahman, M. (2020). Environmental degradation: The role of electricity consumption, economic growth and globalization. *Journal of Environmental Management*, 253: 1-8.
- 38) Mezghani, I. and Haddad H. (2017). Energy consumption and economic growth: An empirical study of the electricity consumption in Saudi Arabia. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75: 145-156.
- 39) Osman, M. and Gachino, G. and Hoque, A. (2016). Electricity consumption and economic growth in the GCC countries: Panel data analysis. *Journal of Energy Policy*, 98: 318-327.
- 40) Pata, U. and Yurtkuran, S. (2017). The Relationship between Electricity Consumption and Economic Growth in the Selected Member Countries of the International Energy Agency (IEA): An ARDL Bounds Test Approach. *Journal of Iranian Economic Review*, 21: 341-364.
- 41) Samu, R. and Bekun, F. and Fahrioglu, M. (2019). Electricity consumption and economic growth nexus in Zimbabwe revisited: fresh evidence from Maki cointegration. *Journal of Green Energy*, 16: 540-550.
- 42) Shaari, M. and Abdul Razak, N. and Basri, B. (2017). The Effects of Electricity Consumption and Economic Growth on Carbon Dioxide Emission. *Journal of Energy Economics and Policy*, 7: 287-290.
- 43) Shahbaz, M. and Sbia, R. and Hamdi, H. and Ozturk, I. (2014). Economic growth, electricity consumption, urbanization and environmental degradation relationship in United Arab Emirates. *Journal of Ecological Indicators*, 45: 622-631.
- 44) Zou, S. and Zhang, T. (2020). CO2 Emissions, Energy Consumption, and Economic Growth Nexus: Evidence from 30 Provinces in China. *Journal of Mathematical Problems in Engineering*, 2020: 1-10.