

## بررسی ارتباط مصرف برق با ادوار تجاری در ایران با تأکید بر بخش صنعت

زانا مظفری<sup>۱</sup>، محمدعلی متفکر آزاد<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری علوم اقتصادی دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

zana.mozaffari@yahoo.com

<sup>۲</sup> استاد گروه علوم اقتصادی دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

m.motafakker@gmail.com

**چکیده:** هدف این مطالعه، بررسی مصرف برق در افق سیکل‌های تجاری تولیدات صنعتی ایران طی دوره ۱۳۴۶-۱۳۹۲ است. در این مقاله ابتدا وجود هم‌انباشتگی بین مصرف برق بخش‌های مختلف و تولیدات صنعتی با استفاده از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیع شده (ARDL) بررسی گردید؛ سپس با توجه به وجود رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها، رابطه علیت بین مصرف برق و تولیدات صنعتی بررسی شد؛ که نتایج بیانگر وجود رابطه علیت دوطرفه بین مصرف برق و تولیدات صنعتی است. در مرحله بعدی با استفاده از فیلتر هودریک - پرسکات (HP) اجزای سیکلی و روندی تولیدات صنعت و مصرف برق از هم جدا شد. بررسی رابطه علیت بین روند و اجزای سیکلی متغیرها نشان‌دهنده وجود علیت بلندمدت است. نتایج نشان داد که سال ۱۳۹۰ اوج و سال ۱۳۹۲ پایین‌ترین مقدار ارزش افزوده بخش صنعت بوده است؛ با وجود دوره‌های رکود شدیدی که در بخش صنعت بوده، در این دوره‌ها مصرف برق کاهش متناسب با آن نداشته است. حتی در برخی از دوره‌های رکود، مصرف برق افزایش یافته است که این خود می‌تواند تأییدی بر عدم توجه بنگاه‌های صنعتی به هزینه حامل‌های انرژی به‌ویژه برق در تولید، به دلیل پایین بودن قیمت آن تا قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها باشد. اما با اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها مصرف برق بخش صنعت و سایر بخش‌ها واکنش نشان داده و از مصرف برق خود کاسته‌اند که می‌تواند نشان‌دهنده موفقیت اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در بُعد بهینه‌سازی مصرف برق در جهت ارتقای بهره‌وری آن باشد.

واژه‌های کلیدی: سیکل‌های تجاری، مصرف برق، صنعت، هودریک - پرسکات، علیت گرنجر.

## ۱. مقدمه

سیر تحولات اقتصادی در قرون اخیر با کاربرد متنوع انرژی همراه بوده است، اما در دهه هفتاد میلادی تکانه‌های نفتی همراه با رکود اقتصادی در غرب سبب شد تا نقش انرژی در تحولات اقتصادی جایگاه ویژه‌ای پیدا کند. امروزه انرژی یکی از عوامل و ارکان ضروری تولید محسوب شده و در پی آن، مصرف انرژی به‌طور مستقیم بر روی تولید ناخالص داخلی تأثیرگذار خواهد بود. با توجه به اینکه ایران دارای منابع غنی و گسترده انرژی، مخازن بزرگ نفتی و گاز طبیعی، معادن عظیم زیرزمینی و پتانسیل بالقوه انرژی است، به‌عنوان یکی از مصادیق الگوی رشد با فشار بر منابع طبیعی محسوب می‌شود. بنابراین، برنامه‌ریزی برای تولید و مصرف انرژی، اهمیت فراوان داشته و باید با دقت انجام گیرد [۱].

انرژی برق یکی از ارکان مهم توسعه اقتصادی جوامع است. امروزه با توجه به مطرح شدن خصوصی‌سازی و حذف یارانه‌ها، ارائه راهکارهای مناسب و عملی برای اصلاح الگوی مصرف برق نقش مهمی در اقتصاد انرژی دارد. از این رو، بررسی تغییرات تقاضای آن در بخش‌های مختلف اقتصادی اهمیت بسیاری دارد. بنابراین، می‌توان دریافت که تغییرات در تقاضای برق تا چه اندازه می‌تواند بر تغییر شاخص‌های کلان اقتصادی و اجتماعی اثرگذار باشد [۲].

تحلیل تقاضای انرژی در بخش صنعت، یکی از موضوعات مهم در کشورهای در حال توسعه است. بنابراین، به‌کارگیری روش‌های تحلیلی برای شناخت و درک بیشتر از تقاضای انرژی اهمیت می‌یابد. تحلیل و تفسیر تاریخی تحولات تقاضای انرژی، بخش مهمی از تحلیل تقاضای انرژی است. چنین تحلیل‌هایی امکان شناسایی عوامل مهم تأثیرگذار بر تقاضای انرژی را فراهم می‌کند. در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی، لازم است تحلیل عوامل مؤثر و میزان اثر آن بر تقاضای انرژی در سطح کلان، بخش و به‌تفکیک حامل‌های انرژی صورت پذیرد [۳]. از سیاست‌های مدیریت طرف تقاضای برق مانند قیمت‌گذاری اوج بار برق مصرفی و مدیریت بار مصرفی جهت کاهش تقاضای برق مصرفی در طول نوسانات ادوار تجاری و چرخه‌های مصرف انرژی روزانه، ماهانه و سالانه می‌توان استفاده کرد. اجرای کارآمد این سیاست‌ها به تحقیق و داشتن دانش دقیق از مصرف انرژی در هر یک از این چرخه‌ها (سیکل‌ها) بستگی دارد. حال اگر مصرف انرژی و برق با تغییرات در اقتصاد کلان و در طول ادوار تجاری تحت تأثیر قرار می‌گیرد و چنانچه این رابطه مورد بررسی قرار نگرفته باشد و در مورد

نحوه تغییر مصرف برق در افق سیکل‌های تجاری اطلاعاتی وجود نداشته باشد، تصمیم‌گیری در مورد اجرای سیاست‌های طرف تقاضای مصرف برق و برآورد مصرف برق در آینده دارای نقص است. لذا اجرای سیاست‌های مدیریت انرژی نمی‌تواند مؤثر و کارا باشد. پس تصمیم‌گیری درباره آینده بازار برق و تخصیص بهینه آن به پیش‌بینی آینده اقتصاد کلان بستگی خواهد داشت.

تولیدات صنعتی و مصرف برق در طول زمان با هم حرکت می‌کنند. مسئله اینجاست که آیا رابطه علیت بین تغییرات در تولیدات صنعتی و مصرف برق در طول دوره‌های رونق و رکود اقتصادی یا همان ادوار تجاری در اقتصاد وجود دارد؟ شدت مصرف برق به‌صورت فزاینده‌ای در حال افزایش است به این معنا که صنعت برای تولید هر واحد ارزش افزوده، از برق بیشتری به‌عنوان نهاده تولید استفاده کرده است. بنابراین نحوه مصرف برق با توجه به تولیدات صنعتی (به‌عنوان شاخصی از کارکرد اقتصادی) باید بررسی شود تا بتوان در جهت برنامه‌ریزی‌های بعدی تولید مدنظر قرار داده شود.

مطالعات انجام‌شده در کشور اغلب به این نتیجه رسیده‌اند که باید در مصرف برق صرفه‌جویی انجام شود و صرفه‌جویی در مصرف برق، عامل بازدارنده رشد اقتصادی کشور نیست. تمامی مطالعات قبلی انجام‌شده تنها رابطه روندی بین مصرف برق و تولید ناخالص داخلی را در ایران مورد بررسی قرار داده و توجهی به بخش سیکلی متغیرها نداشته‌اند. در حقیقت، رابطه علی بین دوره رونق و رکود بخش صنعت و مصرف برق از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است؛ زیرا مصرف برق به نوسانات تولیدات صنعتی وابسته است و این پدیده مهمی در اقتصاد کلان است. نوآوری مقاله حاضر در این است که رابطه بین مصرف برق و نوسانات تولیدات صنعتی را بدون در نظر گرفتن جزء روند این متغیرها مورد بررسی قرار می‌دهد. شواهد و مطالعات سری زمانی اندکی در خصوص رابطه مصرف برق در طول ادوار تجاری و یا در مورد چگونگی تحت تأثیر قرار گرفتن تغییر در تولید و محصولات از مصرف برق وجود دارد. در این مقاله، با توجه به اهمیت بخش صنعت در ایران به بررسی روابط هم‌جمعی و روند و سیکل عمومی بین تولید بخش صنعت و مصرف برق در این بخش و بخش‌های دیگر پرداخته شده است. از ویژگی‌های مدل ارائه‌شده در این مطالعه این است که اثرات تغییرات مورد انتظار در تولید با توجه به ادوار تجاری محاسبه شده (مثلاً تغییر یک درصدی از تولید کل توسط بخش صنعتی) را بر مصرف برق می‌سنجد. در بخش دوم مقاله، مبانی نظری تبیین شده است. بخش سوم به مرور مطالعات پیشین

پرداخته است. بخش چهارم دربرگیرنده آزمون هم‌انباشتگی و علیت گرنجر<sup>۱</sup> است. در بخش پنجم، نتایج داده‌های فیلترشده ارائه شده است. در بخش ششم نتیجه‌گیری کلی اختصاص یافته و نیز توصیه‌های سیاستی ارائه شده است.

## ۲. مبانی نظری

انرژی به‌عنوان یک عامل مؤثر در رشد و توسعه اقتصادی تلقی می‌گردد و در کارکرد بخش‌های مختلف اقتصادی نقش چشمگیری ایفا می‌کند. از زمان بروز تکانه‌های قیمتی نفت که از طرفی منجر به رکود اقتصادی کشورهای واردکننده نفت و از طرف دیگر موجب شکل‌گیری درآمد‌های مازاد در اقتصادهای صادرکننده نفت و نیز تغییر الگوی مصرف انرژی در آن‌ها شد، نقش و جایگاه انرژی در اقتصاد اهمیت بیشتری یافت. با شروع انقلاب صنعتی و شکل گرفتن صنایع، حامل‌های انرژی به‌عنوان یکی از عوامل مهم تولید شناخته شده‌اند. به این ترتیب با تداوم روند رشد و توسعه اقتصادی و صنعتی، مصرف حامل‌های انرژی پس از تکانه نفتی ۱۹۷۳ به‌صورت بسیار جدی مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سال‌های اخیر نوعی آگاهی و توجه به افزایش بی‌رویه مصرف انرژی و وجود محدودیت‌های متعدد در توسعه منابع تولید سبب شده است که مطالعات همه‌جانبه‌ای در سطح جهان در مورد راهکارهای کاهش مصرف انرژی به عمل آید و در عین حال به روند توسعه و رشد کشورهای لطمه‌ای وارد نیاید. از طرفی با اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها، قیمت حامل‌های انرژی افزایش یافته است. این افزایش فرصت‌ها و تهدیدهای جدیدی را برای صنایع کشور به همراه خواهد داشته است.

تغییر در قیمت انرژی و برق به‌صورت کم و محدود در ارتباط با سیکل‌های تجاری می‌باشد. اثرات شوک‌های قیمت انرژی بر مدل ادوار تجاری واقعی باعث ارتقای کارایی این مدل‌ها گردیده، اما این شوک‌ها نمی‌توانند به‌عنوان عامل اصلی نوسانات مطرح گردند. اگرچه قیمت انرژی تغییرپذیری بالایی دارد، هزینه‌های مربوط به انرژی کمتر از آن هستند که به‌عنوان مقدار قابل توجه در تغییرات قیمت انرژی برای داشتن اثر اساسی بر فعالیت‌های اقتصادی به حساب آیند [۴].

یکی از ویژگی‌های دنیای امروز استفاده گسترده از انرژی الکتریکی است. در طول سال‌های اخیر، مصرف برق در بخش‌های مختلف، رشد چشمگیری داشته است. صنعت برق به سرمایه‌گذاری سنگین و صرف زمان طولانی جهت احداث تأسیسات تولید انتقال نیازمند است.

رابطه بین انرژی و ارزش افزوده بخش صنعت، می‌تواند به‌وسیله عوامل زیر تحت تأثیر قرار گیرد [۵]:

- جانشینی بین انرژی و عوامل دیگر؛ برای مثال در بلندمدت جانشینی عامل سرمایه به‌جای انرژی در اثر افزایش در قیمت حامل‌های انرژی؛
- تغییرات تکنولوژیکی؛
- تغییر در ترکیب حامل‌های انرژی؛
- تغییر در ترکیب محصول تولیدی؛
- تغییر در میزان و ترکیب عوامل تولید.

## ۱.۲. سیکل‌های تجاری

تعاریف زیادی درباره ادوار تجاری مطرح شده است، اما تقریباً تمامی تعاریف معنای مشابه دارند. به همین دلیل، کمتر مجادله‌ای پیرامون این موضوع انجام گرفته است. برنز و میچل تعریفی علمی از ادوار تجاری به این صورت ارائه داده‌اند [۶]:

«ادوار تجاری نوعی نوسان‌های باقاعده و منظم در فعالیت‌های کلان اقتصادی کشورهاست که بیشتر به‌وسیله بنگاه‌های تجاری سازمان‌دهی می‌شوند. یک چرخه، با یک دوره رونق اقتصادی که هم‌زمان در فعالیت‌های متعدد اقتصادی رخ می‌دهد، شروع شده و به دوره رکود و انقباض منتهی می‌شود. این سلسله از تغییرات بارها و بارها تکرار می‌شوند، ولی حالت منظم و دوره‌ای ندارند. به عبارتی، مدت‌زمان ادوار تجاری ممکن است از یک تا ۱۰ یا ۱۲ سال متغیر باشد. این چرخه، قابل تقسیم به چرخه‌های کوتاه‌تری نیست.»

در تعریفی مشابه، ادوار تجاری را فرازونشیب‌های منظم از رونق و رکود در فعالیت‌های اقتصادی پیرامون مسیر رشد اقتصادی می‌دانند. لوکاس نیز ادوار تجاری را انحرافات تکرارپذیر تولید ناخالص داخلی واقعی حول روند بلندمدت آن می‌داند.

- تعریف برنز و میچل، توصیف واضح و روشن از ویژگی‌های اصلی ادوار تجاری است. در این تعریف، سه نکته اساسی دیده می‌شود:
  - این نوسان‌ها در فعالیت‌های مهم اقتصادی فقط مربوط به تولید ملی نمی‌شوند، بلکه برای بعضی متغیرهای دیگر نظیر اشتغال، سطح قیمت‌ها و متغیرهای بازار مالی نیز بااهمیت تلقی می‌شوند.
  - ادوار تجاری اختصاص به بخش‌های خاصی از اقتصاد یا تعداد مشخصی از متغیرها ندارند، بلکه رونق و رکود به‌صورت هم‌زمان در بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی

عبارت دیگر، زمانی است که روند نزولی تولید ناخالص داخلی واقعی متوقف شده و می‌بایست در انتظار آغاز دوره رونق و بهبود اقتصادی بود [۸].

اهمیت نوع علیت مابین متغیرهای مصرف انرژی و ارزش افزوده از آنجا ناشی می‌شود که اگر رابطه علیت یک طرف از سمت ارزش افزوده به سمت مصرف انرژی وجود داشته باشد و رابطه عکسی مشاهده نشود، شوک‌های طرف عرضه که ناشی از تغییرات انرژی باشد، هزینه پایین‌تری ایجاد می‌کند و صرفه‌جویی در مصرف انرژی تهدیدی برای رشد ارزش افزوده قلمداد نمی‌گردد.

### ۲.۲. ارتباط سیکل‌های تجاری، پیشرفت فناوری و مصرف انرژی

روند تغییرات بازار انرژی نشان می‌دهد که قیمت و انتظارات قیمتی، درآمد، ساختار اقتصادی، تعداد وسایل و تجهیزات مصرف‌کننده انرژی (با توجه به اشتقاقی بودن تقاضای انرژی) و تغییرات تکنولوژیکی از عوامل تأثیرگذار بر تقاضای انرژی است. در خصوص تأثیر قیمت انرژی بر شدت مصرف انرژی می‌توان گفت که رابطه میان قیمت انرژی و شدت مصرف انرژی به صورت معکوس است و با افزایش قیمت انرژی، شدت مصرف انرژی در سطح کلان کاهش می‌یابد. تأثیر تولید ناخالص داخلی بر شدت مصرف انرژی، در مراحل مختلف رشد و توسعه اقتصادی متفاوت است. در مراحل اولیه رشد اقتصادی، نرخ رشد مصرف انرژی بیشتر از نرخ رشد اقتصادی است، ولی به تدریج این روند معکوس شده و نرخ رشد اقتصادی از نرخ رشد مصرف انرژی بیشتر خواهد بود. در مراحل اولیه رشد و توسعه اقتصادی، رشد اقتصادی بیشتر متأثر از نهاده‌های فیزیکی و نهاده انرژی است، در حالی که در مراحل بعدی، سهم عوامل فنی و تکنولوژیکی در روند رشد و توسعه بیشتر می‌شود. بنابراین شدت انرژی یک اقتصاد، وقتی سطوح درآمد سرانه فزاینده است، دارای منحنی U شکل معکوس است و این مسئله از تغییرات ساختاری و تکنولوژیکی ناشی می‌شود [۹].

بهبود فناوری شیوه جدید کاهش مصرف انرژی بوده و رشد اقتصادی کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. جریان فناوری از دو کانال، مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد: کانال اول به این صورت است که جریان بهبود فناوری موجب افزایش رشد اقتصادی شده که به تبع آن مصرف انرژی افزایش می‌یابد (زیرا وقتی رشد اقتصادی بیشتر می‌شود، به انرژی بیشتری برای تولید نیاز است). کانال دوم بدین صورت است که با پیشرفت فناوری، ابزارها و تکنیک‌های

مطرح می‌شوند. به این ویژگی، هم‌حرکتی<sup>۱</sup> گفته می‌شود. - الگوهای کساد و رونق به‌طور پیوسته تکرار می‌شوند، اما الگوی متناوب پدید نمی‌آورند. به این معنی که گسترش و شدت نوسان‌ها همواره برابر نیستند و دنباله رونق و رکود بارها و بارها در اقتصاد مشاهده می‌شود.

بنا به تعریف، ادوار تجاری نوعی نوسان‌های باقاعده و منظم در فعالیت‌های کلان اقتصاد کشور است. این ویژگی در اصل به این معنی است که هر نوسان مشاهده‌شده در اقتصاد، منعکس‌کننده ادوار تجاری نیست. نوسان‌ها در اقتصاد یک کشور می‌توانند تصادفی باشند مانند جنگ، اعتصاب‌ها، انقلاب‌ها یا اینکه فصلی باشند. وجه تمایز نوسان‌های فصلی و ادواری در این است که نوسان‌های فصلی (مانند افزایش تقاضا برای بسیاری از کالاها در نزدیکی سال نو) در فواصل معینی از زمان اتفاق می‌افتند؛ حال آنکه وقوع ادوار تجاری را نمی‌توان در فواصل معینی از زمان پیش‌بینی کرد. چهار مرحله ادوار تجاری را می‌توان به‌طور خلاصه به صورت رونق و بهبود<sup>۲</sup>، نقطه اوج<sup>۳</sup>، رکود و نقطه حوض<sup>۴</sup> بیان کرد [۷].

رونق و بهبود به آن دوره زمانی اطلاق می‌شود که تولید ناخالص داخلی واقعی آغاز به رشد می‌کند. نقطه اوج نقطه‌ای است که در آن روند افزایش تولید ناخالص داخلی متوقف و سیر نزولی آن آغاز می‌شود. در نقطه اوج، اشتغال، مخارج مصرف‌کنندگان و تولید به بالاترین سطح خود می‌رسد. نقطه اوج می‌تواند برای مدت کوتاه یا طولانی به طول انجامد. زمانی که اقتصاد برای مدت مدیدی در نقطه اوج قرار می‌گیرد، گفته می‌شود که اقتصاد در دوره رفاه قرار دارد. رکود یا کساد به دوره‌ای اطلاق می‌شود که با کاهش مقدار تولید ناخالص داخلی واقعی همراه بوده و طی آن به دلیل افت میزان فروش، بنگاه‌ها تصمیماتی بر کاهش تعداد کارگران، خرید کمتر مواد اولیه و توقف طرح‌های توسعه‌ای به منظور کاهش مخارجشان را اتخاذ می‌کنند. به این صورت کارگری که درآمد کمتری دریافت می‌کند، مخارج کمتری داشته و این نیز به نوبه خود بر سوددهی بنگاه‌ها تأثیر گذاشته و سبب کاهش هرچه بیشتر نیروی کار شاغل می‌شود و به این ترتیب، اقتصاد سیر قهقرایی خود را ادامه می‌دهد. در نهایت نقطه حوض یا بحران به موقعیتی اطلاق می‌شود که در آن اقتصاد با نرخ بالای بیکاری و نزول درآمد سالیانه و مزاد عرضه مواجه می‌شود. به

1. Commovment
2. Expansion and Recovery
3. Prosperity
4. Trough or Depression

سیکل های تجاری کشورهای در حال توسعه آفریقای مورد بررسی قرار داده است. بدین منظور از روش فیلتر هودریک پرسکات<sup>۳</sup> و علیت گرنجر استفاده کرد و نتیجه گرفت که مصرف انرژی تحت تأثیر ادوار تجاری و چرخه های کسب و کار قرار می گیرد.

شوارک [۱۳] در مطالعه ای به بررسی روند میان مدت شوک های قیمتی انرژی در طول ادوار تجاری ایالت متحده آمریکا در طی دوره قبل و بعد از شوک های نفتی پرداخته است. نتایج نشان داد که شوک های قیمتی انرژی در طول سیکل های تجاری اثرات قابل توجهی بر تولید داشته و این روند در اواخر دوره مورد بررسی کاهش یافته است.

کوچر و کورو [۱۴] در مقاله ای، به بررسی اثرات ذخیره سازی انرژی و قیمت انرژی در طول ادوار تجاری بر بازدهی در اقتصاد کلان پرداخته اند. نتایج رگرسیون بر پایه نرخ بهره تعدیلی نشان داد که برای کالاهای نفتی، موجودی انرژی دارای اثر قابل توجهی در نرخ بهره تعدیلی در سطوح پایین موجودی، در حالی که در سطوح موجودی بالا این اثر ضعیف است.

پارک [۱۵] به بررسی هم حرکتی ادوار تجاری و تعیین کننده های آن در آسیای شرقی با استفاده از داده های فصلی در دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۱ و روش تجزیه واریانس پرداخته و نشان دادند هم حرکتی ادوار تجاری منطقه ای بین کره جنوبی، مالزی و فیلیپین قوی است، در حالی که ژاپن هم حرکتی ضعیفی با کشورهای شرق آسیا دارد. همچنین، در کشورهای اندونزی، تایلند، سنگاپور و چین هم حرکتی ادوار تجاری منطقه ای مشاهده نشده است. علاوه بر آن، بر اساس نتایج، تشابه سیاست پولی مهم ترین عامل تعیین کننده نوسانات اقتصاد کلان در سطح منطقه محسوب می شود، در حالی که قیمت نفت و بهره وری مهم ترین عوامل تعیین کننده نوسانات اقتصاد کلان در هر کشور خاص است.

کومار [۱۶] در مقاله ای به بررسی مصرف انرژی در افق های سیکل تجاری در آمریکا پرداخته و با تجزیه واریانس شوک ها در چارچوب روند و سیکل عمومی با یک مدل<sup>۴</sup> VECM نشان داده است که شوک های دائمی مقداری از تغییرات مصرف انرژی و تولید را در افق سیکل تجاری برای US توضیح می دهند.

یوان و همکاران [۱۷] در مطالعه خود، به بررسی رابطه هم جمعی و آنالیز ویژگی های عمومی مصرف الکتریسیته و رشد اقتصادی در

جدیدی حاصل می آید که این ابزارها و تکنیک ها به انرژی کمتری در تولید نیاز دارند. لذا بهره وری تولید افزایش یافته و ابزارآلات جدید در عرصه تولید موجب کاهش مصرف انرژی و سبب افزایش کارایی انرژی می گردد [۱۰]. پس، از یک طرف پیشرفت فناوری ممکن است موجب افزایش مصرف انرژی و از سوی دیگر ممکن است موجب کاهش مصرف انرژی گردد. لذا اثرگذاری آن بر مصرف انرژی مبهم است و بایستی برآیند این دو کانال اثرگذاری محاسبه گردد. از سوی دیگر، در دوره رونق اقتصادی، شرایط برای ورود و ایجاد فناوری های جدید و پیشرفته در تولید فراهم می شود که این می تواند بخش مصرف انرژی و به خصوص برق را تحت تأثیر قرار دهد؛ بالعکس در دوره رکود اقتصادی ممکن است شرایط لازم برای جریان پیشرفت فناوری فراهم نشود؛ لذا رکود اقتصادی نیز فناوری را تحت تأثیر قرار می دهد و پیرو آن مصرف انرژی نیز تحت تأثیر قرار می گیرد. از این رو سیکل های تجاری می توانند تحت تأثیر پیشرفت فناوری قرار بگیرند و از سوی دیگر خود نیز موجب پیشرفت جریان فناوری گردند. و همان طور که بیان شد، به طور غیرمستقیم و مستقیم مصرف انرژی نیز تحت تأثیر قرار می گیرد.

### ۳. پیشینه تحقیق

اکثر مطالعات در خصوص مصرف انرژی در افق سیکل های تجاری، با استفاده از داده های پانل بوده، به طوری که هر کدام از آن ها به نتایج متناقضی رسیده اند. اما درباره مصرف برق در طول ادوار تجاری، مطالعات اندکی انجام شده است؛ چنان که در سطح داخلی اصلاً چنین مطالعه ای انجام نشده و در خارج نیز مطالعات اندکی وجود دارند. در ادامه به مهم ترین مطالعات انجام شده در این زمینه اشاره خواهد شد.

شلدون [۱۱] در مطالعه ای با استفاده از روش<sup>۱</sup> GLS نامتقارن به بررسی رابطه نامتقارن مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن در طول ادوار تجاری ایالات متحده آمریکا پرداخت. نتایج نشان داد که تغییرات آب و هوا، دوره های رونق و رکود بخش صنعت و رشد<sup>۲</sup> GDP از جمله متغیرهای تأثیرگذار بر انتشار آلودگی هوا هستند. به طوری که در دوره رونق بخش صنعت شدت انرژی افزایش یافته و به تبع آن انتشار دی اکسید کربن نیز افزایش یافته است و در دوره رکود تولیدات صنعتی به عکس.

آدام [۱۲] در مقاله خود، سیاست های حفاظت از انرژی در طول

3. Hodrick-Prescott Filter

4. Vector Error Correction Model

1. Generalized Least Square

2. Gross Domestic Product

فطرس و منصوری گرگری [۲۰] در مقاله‌ای با به‌کارگیری مدل لجستیکی، مدل لجستیکی هاروی و مدل هاروی به پیش‌بینی مصرف برق در ایران پرداخته‌اند. مدل‌های رشد لجستیک<sup>۳</sup>، لجستیک هاروی<sup>۴</sup> و هاروی<sup>۵</sup>، برای پیش‌بینی مصرف برق در ایران برای بخش‌های خانگی، غی خانگی و کل برق به‌کاررفته و کارآمدی این مدل‌ها برای پیش‌بینی ارزیابی شده است. مقایسه نشان می‌دهد که مدل هاروی بهتر از مدل‌های دیگر مصرف برق ایران را پیش‌بینی می‌کند.

هوشمند و همکاران [۲۱] در مقاله‌ای به تحلیل ادوار تجاری در اقتصاد ایران با استفاده از فیلتر هودریک - پرسکات از سال ۱۳۳۸ تا سال ۱۳۸۴ پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ادوار تجاری اقتصاد ایران پدیده‌ای غیرپولی است. متغیرهای قیمتی در اقتصاد ایران مخالف جهت ادوار تجاری نوسان می‌کنند و دستمزد واقعی در جهت موافق با ادوار است و نوسانات صادرات نفت و گاز می‌تواند به‌عنوان منبع اصلی ادوار تجاری در اقتصاد ایران شناخته شود.

مطالعات بسیاری در زمینه عوامل مؤثر بر مصرف برق انجام شده است که در آن‌ها عوامل کلان اقتصادی مانند رشد اقتصادی، قیمت انرژی و تجارت مورد توجه قرار گرفته است. هریک از این مطالعات به نتایج مختلفی رسیده‌اند که بعضاً مشابه و در برخی موارد نتایج مطالعات با همدیگر سازگار نبوده‌اند و اصلاً توجهی به اجزای سیکل‌های تجاری ایران توجه نداشته‌اند. چنان‌که از نتایج مطالعاتی مانند کومار [۱۶] و توما [۱۸] آمده است می‌توان استنباط کرد که مصرف برق تحت تأثیر ادوار تجاری قرار می‌گیرد. در این رابطه، توجه به صنعتی شدن کشور درخور توجه است؛ زیرا ادوار تجاری تولیدات صنعتی بیشترین تأثیر را بر مصرف برق می‌گذارد. دلیل این امر این است که ادوار تجاری در بخش‌های دیگر به‌جز صنعت کمتر می‌تواند الگوی مصرف را تغییر دهد، اما در بخش صنعت انتظار می‌رود با رکود اقتصادی این بخش مصرف برق کاهش بیابد و با رونق تولیدات این بخش، مصرف برق افزایش یابد. لذا مطالعه حاضر در پی بررسی نحوه مصرف برق در دوره‌های رکود و رونق بخش صنعت در اقتصاد ایران است. جنبه نوآوری مطالعه حاضر این است که:

۱. تاکنون در هیچ مطالعه‌ای،<sup>۴</sup> ویژگی کلیدی ذکر شده در جدول (۱) به‌طور همزمان بررسی نشده است؛
۲. اولین تحقیقی است که ویژگی کلیدی، ارتباط ادوار تجاری صنعت و مصرف برق بخش‌های مختلف اقتصادی را مورد ارزیابی

چین برای بازه زمانی ۲۰۰۴-۱۹۷۸ پرداخته است. نتایج نشان داد که GDP<sup>۱</sup> حقیقی و مصرف الکتریسیته برای چین دارای رابطه هم‌جمعی هستند و فقط رابطه علیت یک‌طرفه از مصرف الکتریسیته به GDP حقیقی وجود دارد، اما رابطه عکس آن وجود ندارد. همچنین با استفاده از فیلتر HP بخش‌های روندی و سیکلی GDP و مصرف الکتریسیته را تجزیه نموده و نشان داد که رابطه هم‌جمعی نه‌تنها بین بخش‌های روندی وجود دارد، بلکه بین بخش‌های سیکلی نیز وجود دارد که این مطلب به این نکته اشاره دارد که رابطه علیت گرنجری با سیکل تجاری در ارتباط است.

توما [۱۸] در مقاله‌ای، به بررسی تغییرات شرایط اقتصاد کلان و مصرف برق در طول سیکل‌های تجاری و ادوار تجاری بخش صنعت پرداخته است. در این مطالعه، رابطه علیت بین مصرف برق در بخش‌های مختلف اقتصاد کلان و تولیدات صنعتی مورد بررسی قرار گرفته و مصرف برق در طول ادوار تجاری بررسی شده است که نتایج حاکی از آن است که در دوره رکود مصرف برق در بخش صنعت با افت شدیدی مواجه شده است و اثرات نامتقارنی بر تولید داشته است. مزینی و همکاران [۱۹] در مطالعه‌ای، به بررسی ارتباط میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی کشور به‌صورت بخشی و بر حسب داده‌های استانی به‌وسیله رویکرد راه‌گزینی مارکوف<sup>۲</sup> طی دوره ۱۳۷۹-۱۳۸۹ پرداخته‌اند. نتایج تحقیق حکایت از تأثیر مثبت رشد مصرف انرژی بر رشد ارزش افزوده بخش صنعت و حمل‌ونقل، هم در استان‌های توسعه‌یافته و هم در استان‌های در حال توسعه دارد. اما میزان اثرگذاری مثبت مصرف انرژی با حرکت از فاز رکود اقتصادی به فاز رونق اقتصادی افزایش می‌یابد. این موضوع در بخش صنعت در دوره رونق شدیدتر و معنادارتر است.

محمدی و همکاران [۳] در مطالعه‌ای با عنوان «مدل‌سازی تقاضای برق در بخش صنعت ایران: رویکرد مدل سری زمانی ساختاری» با توجه به عوامل اقتصادی و عوامل برونزای غیراقتصادی، به الگوسازی و تخمین تقاضای انرژی برق در بخش صنعت ایران طی دوره ۱۳۵۳-۱۳۹۱ با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه توزیعی پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که نقش عوامل برونزایی مانند پیشرفت تکنولوژی، تغییرات ساختاری، اجرای برخی از استانداردهای کارایی و صرفه‌جویی انرژی و همچنین دولتی بودن فعالیت‌ها، در رشد مصرف برق در بخش صنعت تأثیرگذار بوده‌اند.

3. Logistic Growth  
4. Logistic Growth Harvesting  
5. Harvesting

1. Gross Domestic Product  
2. Markov Switching Approach

قرار می‌دهد؛

تولید در بخش صنعت را با مصرف برق در بخش‌های مختلف

۳. اولین تحقیق انجام شده در ایران است که ارتباط رکود و رونق اقتصادی مورد بررسی قرار می‌دهد.

جدول (۱): جدول مرور ادبیات و جنبه‌های متمایز مقاله حاضر

ویژگی‌های کلیدی تحقیق				
محقق یا محققین (سال)	رابطه مصرف برق (انرژی) با ارزش افزوده بخش صنعت	رابطه مصرف برق (انرژی) با ادوار تجاری بخش صنعت	ارتباط ادوار تجاری صنعت و مصرف برق (انرژی) بخش‌های مختلف اقتصادی	رابطه ادوار تجاری با مصرف کل برق (انرژی)
شلدون [۱۱]	-	✓	-	-
آدام [۱۲]	-	-	-	✓
شوارک [۱۳]	-	-	-	✓
کوجر و کورو [۱۴]	-	-	-	✓
کومار [۱۶]	-	-	-	✓
یوان و همکاران [۱۷]	-	-	-	✓
توما [۱۸]	✓	✓	-	✓
مزینی و همکاران [۱۹]	✓	-	-	✓
محمدی و همکاران [۳]	✓	-	-	-
مقاله حاضر	✓	✓	✓	✓

#### ۴. آزمون هم‌انباشتگی و علت گرنجری

متغیرهای استفاده شده در این تحقیق با توجه به مطالعه مراجع [۱۶] و [۱۸] عبارت‌اند از: ارزش افزوده بخش صنعت<sup>۱</sup> (IP) مصرف کل برق<sup>۲</sup> (TOT) و مصرف برق در بخش‌های صنعتی<sup>۳</sup> (IND)، کشاورزی<sup>۴</sup> (AG)، خانگی و تجاری<sup>۵</sup> (TR) و سایر مصارف<sup>۶</sup> (OTH). داده‌های مربوط به این متغیرها از بانک مرکزی و ترازنامه انرژی ایران طی سال‌های مختلف جمع‌آوری شده است. دوره زمانی مطالعه از سال‌های ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۲ می‌باشد.

با توجه به هدف مطالعه حاضر که در بخش‌های قبلی اشاره شد، ابتدا بایستی هم‌جمعی بین متغیرها و در صورت وجود هم‌انباشتگی بین متغیرها رابطه علت بین آن‌ها بررسی گردد و در مورد بخش‌های سیکلی این متغیرها بحث شود. از آنجا که بسیاری از متغیرهای اقتصادی ناپایا هستند، لازم است پیش از هر چیز، متغیرهای مورد

استفاده در مدل، از نظر پایایی آزمون شوند. ابتدا مانایی متغیرها با استفاده از روش دیکی فولر تعمیم یافته<sup>۷</sup> (ADF) و آزمون فیلیپس - پرون<sup>۸</sup> (PP) و آزمون وویت کووسکی، فیلیپس، اشمیت، شین<sup>۹</sup> (KPSS) بررسی شده است. نتایج بیانگر این است که سری‌های زمانی یا از درجه انباشتگی صفر بوده و در سطح ایستا هستند و یا در سطح ایستا نبوده و با یک مرتبه تفاضل‌گیری ایستا شده‌اند. بنابراین مشکلی به لحاظ وجود متغیرهای I(۲) و بیشتر وجود ندارد. بنابراین روش هم‌انباشتگی ARDL برای این مطالعه مناسب است. با توجه به F محاسباتی در روش آزمون هم‌انباشتگی باند، چون مقدار F بین دو کرانه پایین و بالا قرار می‌گیرد، از روش آزمون هم‌انباشتگی باند نمی‌توان استفاده کرد پس باید از آزمون بنرجی، دولادو و مستر (۱۹۹۲) برای بررسی هم‌انباشتگی بین متغیرهای تحقیق استفاده شود (با توجه به طولانی شدن بحث نتایج بررسی ایستایی متغیرها، تخمین پویا، آزمون‌های تشخیص، آزمون ثبات ساختاری، رابطه کوتاه‌مدت و ضریب تصحیح ارائه نشده است).

1. Industry Price
2. Total
3. Industry
4. Agriculture
5. Trade
6. Other

7. Augmented Dickey-Fuller

8. Phillips-Perron

9. Kwiatkowski, Philips, Schmidt, Shin

نتایج علیت برای متغیرهای مورد مطالعه در طی دوره مورد بررسی حاکی از وجود رابطه علیت دوطرفه بین مصرف برق کل (TOT) و مصرف بخش‌های مختلف به تولیدات صنعتی است. برای مثال، رابطه علیت از طرف سایر مصارف برق (OTH) به مصرف کل برقرار است، اما رابطه عکس آن یعنی علیت از طرف مصرف کل به سایر مصارف برقرار نیست.

### ۵. نتایج داده‌های فیلتر شده

در بخش‌های قبلی، ویژگی‌های سری زمانی داده‌ها با دقت مورد بررسی قرار گرفت. در این قسمت با توجه به رابطه علی موجود بین مصرف برق و تولیدات صنعتی چگونگی ارتباط سیکلی و روندی بین مصرف برق و تولیدات صنعتی، با استفاده از فیلتر هودریک - پرسکات<sup>۱</sup> (HP) مورد بررسی قرار می‌گیرد. به منظور آزمون علیت گرنجری میان بخش نوسانی مصرف برق و تولید صنعتی، لازم است اجزای روند و سیکلی سری‌ها تجزیه گردد. فیلتر HP ابزاری است که این تجزیه را انجام می‌دهد و یک تخمین از متغیر مشاهده‌نشده به‌عنوان یک راه‌حل برای حداقل نمودن مسئله زیر ارائه می‌دهد:

$$\text{Min TECT} : \sum_{t=1}^T (EC - T_{ECT}) + \lambda (\Delta^2 T_{ECT})^2 \quad (1)$$

که EC متغیر مشاهده‌شده،  $T_{ECT}$  متغیر مشاهده‌نشده به‌دست‌آمده از فیلتر،  $\sigma_e^2$  واریانس بخش سیکلی EC- $T_{ECT}$  و  $\sigma_f^2$  واریانس نرخ رشد بخش روند است و  $\lambda = \sigma_f^2 / \sigma_e^2$  ضریب هموارسازی<sup>۲</sup> است. بعد از استفاده از فیلتر HP، بخش سیکلی را به دست می‌آوریم:

$$C_{ECT} = EC_t - T_{ECT} \quad t=1,2,\dots,T \quad (2)$$

با تجزیه بخش‌ها می‌توان رابطه هم‌جمعی میان بخش‌های روندی و سیکلی سری‌های اصلی را بررسی کرد. اگر سری‌های اصلی هم‌جمع باشند و بخش‌های سیکلی نیز هم‌جمع باشند، می‌توان گفت سری‌ها هم‌جمع و دارای ویژگی‌های عمومی هستند که نتیجه‌ای محکم‌تر از هم‌جمعی است؛ این رابطه علیت ممکن است با سیکل تجاری مرتبط باشد [۱۷].

با استفاده از فیلتر HP بخش روندی و سیکلی متغیرها تجزیه و هریک از متغیرها تبدیل به دو متغیر، روند و سیکل گردید. سپس باید روابط علی اجزای روندی و سیکلی متغیرها را جدا از هم بررسی کرد. جدول (۴) و (۵) به ترتیب نتایج علیت گرنجری بین اجزای روندی و سیکلی مصرف برق و تولیدات صنعتی را نشان می‌دهند.

شرط اعتبار ضرایب بلندمدت این خواهد بود که قدر مطلق آماره بنرجی - دولادو و مستر از مقادیر بحرانی متناظر بزرگ‌تر باشد. کمیت t موردنظر برای انجام این آزمون به‌صورت زیر محاسبه شده است.

$$t = \frac{\sum_{i=1}^p \hat{\phi}_i - 1}{\sum_{i=1}^p S \hat{\phi}_i} = -4.97$$

جدول (۲) نتایج آزمون هم‌انباشتگی برای مدل مورد بررسی و همچنین مقادیر بحرانی ارائه‌شده توسط بنرجی، دولادو و مستر برای K=6 را نشان می‌دهد.

جدول (۲): نتایج آزمون هم‌انباشتگی		
مقادیر حدود بحرانی t (با عرض از مبدأ و روند)		
تعداد متغیر	۵٪	۱۰٪
K = 6	-۴/۶۰	-۴/۱۹

منبع: یافته‌های تحقیق.

آماره محاسباتی برابر با ۴/۹۷ است، به دلیل اینکه قدر مطلق این آماره از مقدار بحرانی جدول بنرجی، دولادو و مستر بیشتر است. بنابراین فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود هم‌جمعی بین متغیرها رد شده است و وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مصرف برق بخش‌های مختلف و تولیدات صنعتی تأیید شده است.

در جدول (۳)، نتایج آزمون علیت گرنجری برای مصرف برق بخش‌های مختلف و تولیدات صنعتی نشان داده شده است.

جدول (۳): نتایج آزمون علیت گرنجری بین مصرف برق و تولیدات صنعتی

روابط علیت (متغیر وابسته)	منشأ علیت (متغیرهای مستقل)					
	IP	AG	OTH	TOT	TR	IND
IP	---	*	*	*	*	*
AG	*	---	(۰/۲۳)	(۲/۴۰)	(۱/۹۵)	(۳/۰۱)
OTH	(۰/۲۱)	(۰/۳۷)	---	(۰/۰۲)	(۰/۴۲)	(۲/۰۶)
TOT	*	*	*	---	(۲/۴۱)	(۲/۵۰)
TR	(۰/۰۴)	(۱/۴۰)	*	(۱/۳۱)	---	(۰/۷۹)
IND	*	(۱/۵۲)	(۱/۲۳)	*	*	---

منبع: یافته‌های تحقیق

اعداد داخل پرانتز ( ) آماره t را گزارش می‌کنند. علامت \* اهمیت آماری در سطح ۵٪ را بازنمایی می‌کند.



مکملی برای بخش صنعت باشد و مواد اولیه و نهاده‌های لازم برای صنایعی همچون غذایی، دارو سایر صنایع مرتبط فراهم سازد. با رونق بخش صنعت می‌بایست شاهد رشد تولیدات کشاورزی و به تبع آن، کارایی در مصرف برق این بخش باشیم.

نتایج جدول (۵) نشان می‌دهد که رابطه علیت دوطرفه بین اجزای سیکلی تولیدات صنعتی و مصرف برق بخش‌های مختلف وجود دارد و همانند رابطه علیت اجزای روندی در اینجا نیز رابطه علیت یک‌طرفه از اجزای سیکلی تولیدات صنعتی به مصرف برق بخش کشاورزی وجود دارد.

جدول (۵): نتایج آزمون علیت گرنجر بین اجزای سیکلی مصرف برق و تولیدات صنعتی

روابط علیت (متغیر وابسته)	منشأ علیت (متغیرهای مستقل)					
	cy IP	cy AG	cy OTH	cy TOT	cy TR	cy IND
cy IP	---	(۴/۷۳)	(۰/۸۳)	*	*	*
cy AG	*	(۰/۵۷)	---	---	---	---
cy OTH	*	---	---	---	---	---
cy TOT	*	---	---	---	---	---
cy TR	*	---	---	---	---	---
cy IND	*	---	---	---	---	---

منبع: یافته‌های تحقیق

اعداد داخل پرانتز ( ) آماره  $t$  را گزارش می‌کنند. علامت \* اهمیت آماری در سطح ۵٪ را بازنمایی می‌کند.

همان‌طور که نتایج جدول (۵) نشان می‌دهد، تمامی آماره‌های علیت گرنجر به‌دست‌آمده برای آماره‌هایی که با \* مشخص شده‌اند، در سطح معنی‌داری ۵ درصد (فاصله اطمینان ۹۵ درصد) از مقادیر بحرانی بزرگ‌تر بوده و فرض صفر مبنی بر عدم وجود رابطه علیت، رد شده است. در اینجا برعکس جدول (۴) که رابطه علیت دوطرفه بین اکثر متغیرها برقرار بود، برخی متغیرها رابطه علیت بینشان وجود ندارد یا صرفاً یک رابطه علیت یک‌طرفه برقرار است، اما رابطه علیت بین

با توجه به نتایج جدول (۴) می‌توان اظهار کرد که رابطه علیت دوطرفه بین روند مصرف برق بخش‌های مختلف و روند تولیدات صنعتی وجود دارد، اما رابطه علیت یک‌طرفه از روند تولیدات صنعتی به سمت روند مصرف برق بخش کشاورزی (AG) در طول دوره مورد بررسی وجود دارد؛ زیرا آماره محاسبه‌شده آن‌ها بزرگ‌تر از آماره جدول بوده، پس فرض صفر مبنی بر عدم وجود رابطه علیت رد شده است.

جدول (۴): نتایج آزمون علیت گرنجر بین اجزای روندی مصرف برق و تولیدات صنعتی

روابط علیت (متغیر وابسته)	منشأ علیت (متغیرهای مستقل)					
	Trend IP	Trend AG	Trend OTH	Trend TOT	Trend TR	Trend IND
trend IP	---	(۱/۶۳)	*	*	*	*
trend AG	*	(۱۰/۸۱)	---	---	---	---
trend OTH	*	(۱۹/۱۶)	---	---	---	---
trend TOT	*	(۱۲/۸۲)	---	---	---	---
trend TR	*	(۷/۱۱)	---	---	---	---
trend IND	*	(۱/۷۰)	---	---	---	---

منبع: یافته‌های تحقیق.

اعداد داخل پرانتز ( ) آماره  $t$  را گزارش می‌کنند. علامت \* اهمیت آماری در سطح ۵٪ را بازنمایی می‌کند.

برای مثال، آماره علیت گرنجر از سمت اجزای روندی مصرف برق بخش صنعت به سمت ارزش افزوده بخش صنعت برابر ۲۱/۶۴ بوده که این آماره با توجه به سطح احتمال به‌دست‌آمده در نتایج نرم‌افزاری و مقایسه با آماره جدول، بزرگ‌تر از مقدار بحرانی بوده، از این رو فرض صفر مبنی بر عدم وجود رابطه علیت رد می‌گردد و در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توان اظهار کرد که رابطه علیت از طرف اجزای روندی مصرف برق بخش صنعت به سمت ارزش افزوده بخش صنعت وجود دارد. چنان‌که مشاهده می‌گردد، برعکس این رابطه یعنی علیت از طرف اجزای روندی ارزش افزوده بخش صنعت به سمت اجزای روندی مصرف برق بخش صنعت نیز برقرار است. این می‌تواند به دلیل عدم ارتباط مناسب و سازنده بین بخش صنعت و کشاورزی در ایران باشد چنان‌که در یک اقتصاد سالم می‌بایست بخش کشاورزی

مصرف برق بخش کشاورزی و سایر مصارف تقریباً تا سال ۱۳۸۷ بدون نوسان بوده‌اند، اما در اواخر دوره مورد بررسی، مصرف برق این دو بخش نیز دارای نوسان بوده است که این می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر هدفمند کردن یارانه‌ها بر مصرف برق باشد.

نظم آماری سیکل‌های تولیدات صنعتی نشان می‌دهد که در طول سال‌های ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۲، دارای دوره‌های رونق و رکود بسیاری بوده است، به طوری که از سال‌های ۱۳۴۶ تا ۱۳۵۱، صنعت رکود یافته و از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۵۷، صنعت رونق یافته است. از سال‌های ۱۳۵۷ و ۱۳۵۸ به دلیل وقوع انقلاب، تولیدات صنعتی کاهش یافته و بخش صنعت در رکود بوده است، اما در دوره کوتاه دوساله ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۳ بخش صنعت تقریباً رشد داشته و رونق نسبی را تجربه کرده است؛ هرچند که در سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۶۱ به دلیل وقوع جنگ، کاهش تولیدات صنعتی را تجربه کرده‌ایم. اما در کل در دوره جنگ ایران و عراق به دلیل آثار منفی جنگ بر اقتصاد، رکود در بخش صنعت اتفاق افتاده است، به طوری که از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۶۸ بخش صنعت رکود را تجربه کرده است. پس از پایان جنگ در سال ۱۳۶۸ ارزش افزوده بخش صنعت رو به رشد بوده و شاهد رونق نسبتاً بالای این بخش در سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۰ بوده‌ایم، اما پس از این دو سال ابتدایی بعد از جنگ بازم بخش صنعت از سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۴ و ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۶ وارد رکود شدیدی شده است که این می‌تواند به دلیل سیاست‌های دولت و عدم حمایت مناسب دولت از این بخش باشد؛ زیرا تمرکز دولت بر بازسازی کشور بوده است، چنان‌که از این دوران به‌عنوان دوران سازندگی کشور یاد می‌شود. از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۴ بخش صنعت تقریباً در رونق بوده است. در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ باز شاهد رکود بخش صنعت می‌باشیم و پس از آن تا سال ۱۳۸۸ به دلیل افزایش حمایت‌های دولت (یارانه‌ها) از بخش صنعت و افزایش درآمدهای نفتی بخش صنعت بهترین دوران رونق خود را سپری کرده و رشد چشمگیری داشته است، ولی از سال ۱۳۸۸ تا پایان ۱۳۹۱ بیشترین رکود بخش صنعت در دوره مورد بررسی این مطالعه اتفاق افتاده است که می‌توان از جمله دلایل آن به اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها و تحریم‌های اقتصادی اشاره کرد.

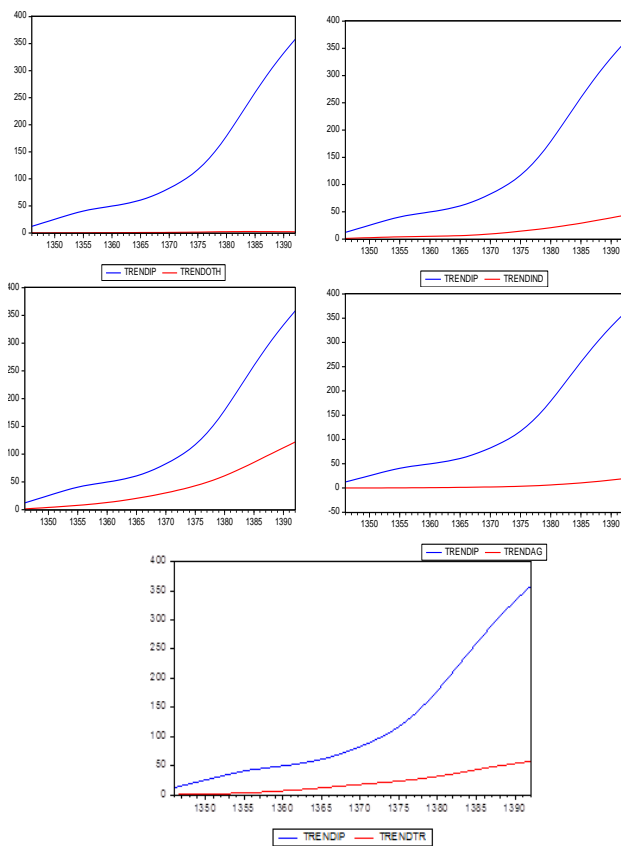
نظم آماری سیکل‌های مصرف برق بخش‌های مختلف نشان می‌دهد اکثر بخش‌های مصرف برق تقریباً بدون نوسان بوده و در این میان مصرف برق بخش صنعت دارای سیکل‌های مقطعی بیشتری نسبت به سایر بخش‌های مصرف برق بوده است. دلیل این امر را می‌توان به نوسانات تولیدات صنعتی در طی این سال‌ها نسبت داد.

با توجه به شکل‌های (۱) و (۲)، با رونق بخش صنعت، مصرف

اجزای سیکلی مصرف برق و اجزای سیکلی ارزش افزوده بخش صنعت مانند حالت روندی برقرار است. به عبارت دیگر، مصرف برق در دوره‌های رکود و رونق (ادوار تجاری) بخش صنعت تحت تأثیر قرار می‌گیرد؛ یعنی مصرف برق تحت تأثیر سیکل‌های تجاری بخش صنعت است. نتایج نشان می‌دهد که شکل‌های (۱) و (۲) اجزای روندی و سیکلی مصرف برق بخش‌های مختلف در مقایسه با تولیدات صنعتی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۱) می‌توان گفت که تولیدات صنعتی دارای روند زمانی بوده و در طول زمان افزایش یافته است. روند مصرف کل برق (TOT) و رشد تولیدات صنعتی تقریباً به صورت همزمان بوده و با افزایش تولیدات صنعتی مصرف برق نیز افزایش یافته است. شکل روند مصرف برق بخش صنعت و روند رشد تولیدات صنعتی نیز نشان می‌دهد که با افزایش تولیدات صنعتی، مصرف برق این بخش نیز افزایش داشته و مصرف برق بخش صنعت نیز دارای روند زمانی بوده است. شکل (۱) همچنین نشان می‌دهد که مصرف برق بخش تجاری و خانگی دارای روند بوده و همزمان با رشد تولیدات صنعتی، مصرف این بخش نیز افزایش (اما با سرعت ملایم‌تری) یافته است. در خصوص مصرف برق بخش‌های کشاورزی و سایر مصارف شکل (۱) نشان می‌دهد که مصرف برق این دو بخش، دارای روند خاصی نبوده و تقریباً بدون روند بوده‌اند.

شکل (۲) نشان‌دهنده رابطه بین اجزای سیکلی (بدون روند) مصرف برق و تولیدات صنعتی بوده است. همان‌طور که در این شکل‌ها دیده می‌شود، اجزای سیکلی مصرف برق کل و مصرف برق بخش صنعت در طول دوره مورد بررسی در مقایسه با اجزای سیکلی تولیدات صنعتی دارای نوسانات کمتری بوده است؛ هرچند که هر دو دارای نوساناتی بوده‌اند اما نوسانات تولیدات صنعتی خیلی بیشتر بوده است. اجزای سیکلی مصرف برق تجاری و خانگی، همان‌طور که دیده می‌شود، دارای نوسانات خفیفی نسبت به اجزای سیکلی تولیدات صنعتی بوده است. اما در اواخر دوره مورد بررسی، یعنی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲، نوسانات مصرف برق این بخش بیشتر بوده است، به طوری که مصرف برق بخش خانگی نسبت به مصرف برق سایر بخش‌های مورد بررسی، واکنش متناسب‌تری در ارتباط با سیکل‌های تجاری بخش صنعت نشان داده است. به عبارت دیگر، با قرار گرفتن بخش صنعت در دوره رونق، مصرف بخش خانگی افزایش یافته، اما در اواخر دوره، به سبب کاهش قدرت خرید مردم به دلیل تحریم‌های اقتصادی و اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها تغییر در نحوه مصرف برق مشترکین خانگی رخ داده و نحوه مصرف برق در جهت کاهش هزینه برق و مدیریت بهتر مصرف برق بوده است. اجزای سیکلی

صنعت به فناوری می‌توان ذکر کرد. اما بهبود فناوری بر شدت مصرف انرژی و به‌خصوص برق بیشتر است، به‌طوری که کارخانه‌ها و کارگاه‌های صنعتی با استفاده بیشتر از ابزارآلات جدید میزان مصرف سوخت‌های فسیلی کاهش یافته و به تبع آن، امکان افزایش مصرف برق بیشتر وجود خواهد داشت. با توجه به اینکه بسیاری از صنایع در اقتصاد ایران با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند، با پیشرفت فناوری ممکن است برق جایگزین مصرف سوخت‌های فسیلی شود و به تبع آن، مصرف برق نیز افزایش یابد. لذا می‌توان اظهار داشت که اثر پیشرفت فناوری بر مصرف برق ایران اثری مثبت باشد. به عبارت دیگر، همان‌طور که در قسمت مبانی نظری تشریح شد، پیشرفت فناوری ممکن است موجب افزایش و کاهش مصرف انرژی شود. اما در مورد مصرف برق می‌توان این نتیجه را گرفت که پیشرفت فناوری موجب ورود ماشین‌آلاتی به خط تولید بخش صنعت شد که با برق کار می‌کنند و جایگزین دستگاه‌های قدیمی گردید که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند. پس پیشرفت فناوری اولاً موجب افزایش رشد اقتصادی می‌شود که به تبع آن مصرف برق افزایش می‌یابد و ثانیاً موجب ورود فناوری جدید تولید می‌شود که با برق کار می‌کند، پس در این حالت هم مصرف برق افزایش می‌یابد.



محور افقی نمودارها: سال (دوره زمانی)، محور عمودی نمودارها: مقدار مصرف

شکل (۱): اجزای روندی مصرف برق و تولید صنعتی

کل برق، بخش صنعت و بخش تجاری خانگی افزایش یافته است. بدین صورت که مصرف برق بخش‌های صنعت و مصرف کل برق و بخش تجاری و خانگی در طول دوره مورد بررسی، دارای روند بوده و با افزایش تولیدات صنعتی، مصرف برق این بخش‌ها نیز افزایش یافته و اجزای سیکلی تولیدات صنعتی و مصرف برق نوسانات زیادی داشته است، به‌طوری که مصرف برق بخش صنعت واکنش مناسبی در برابر دوره‌ای رونق و رکود تولیدات صنعتی نشان نداده است و در برخی سال‌های با وجود بروز رکود شدید در بخش صنعت، شاهد کاهش چشمگیر و متناسب با این رکود در مصرف برق بنگاه‌های صنعتی نبوده‌ایم. حتی در برخی موارد، شاهد کاهش مصرف برق در دوره‌های رونق بوده‌ایم. با وجود اینکه از قبل انتظار داشتیم با کاهش تولیدات صنعتی (رکود)، مصرف برق این بخش نیز متناسب با این رکود کاهش یابد اما در عمل، نتایج بیانگر نامتناسب بودن اجزای سیکلی مصرف برق و تولیدات صنعتی است که این خود می‌تواند با اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها تقریباً مصرف برق بخش صنعت و سایر بخش‌های مورد بررسی در این مطالعه، واکنش نشان داده و از مصرف برق خود کاسته‌اند.

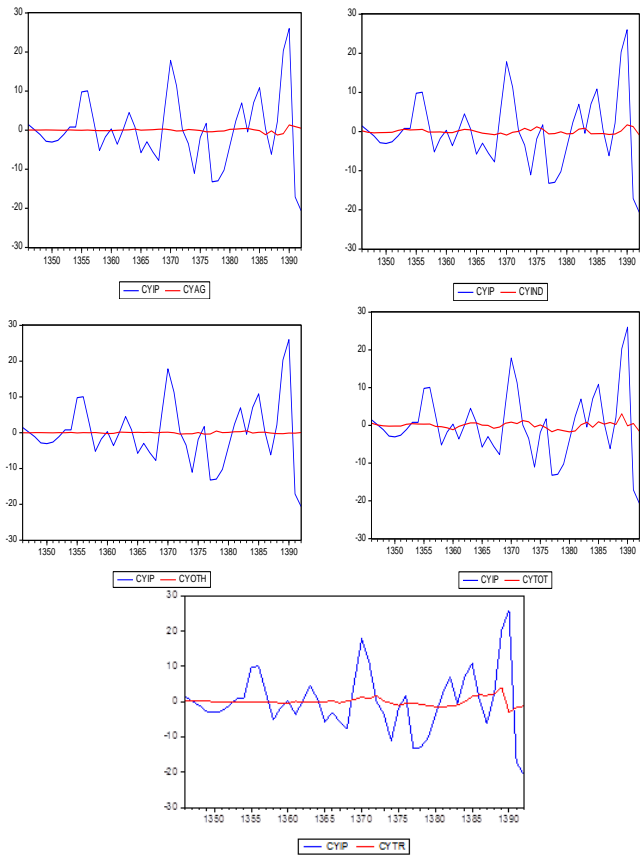
از جمله دلایل دیگر می‌توان به عدم توجه زیاد بنگاه‌ها به هزینه برق در تولید به سبب پایین بودن قیمت برق تا سال ۱۳۸۸ (قبل از اجرای هدفمندی یارانه‌ها) اشاره کرد. نتایج سیکلی مصرف برق نشان داد که با آزادسازی قیمت برق همزمان با اجرای طرح هدفمندی یارانه‌ها از مصرف کل برق و مصرف برق بخش صنعت کاسته شده است. طی دوره اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها مصرف برق ۲ درصد کاهش یافته است. این در حالی است که طی ۳۱ سال گذشته مصرف برق به‌طور متوسط، سالانه ۸ درصد رشد را تجربه کرده است. با این حال، کاهش مصرف برق عمدتاً در بخش خانگی به وقوع پیوسته است که این پدیده می‌تواند حاکی از اثربخش بودن اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در بهینه‌سازی مصرف برق خانگی باشد. استفاده از انرژی در بخش کشاورزی در مقایسه با سابقه انرژی در بخش‌های صنعتی و تجاری چندان بالا نیست، اما در میان منابع انرژی که در این بخش استفاده می‌شود، برق از اهمیت بالایی برخوردار است. این منبع انرژی به‌وسیله الکتروپمپ‌ها و ماشین‌آلات صنایع غذایی، دامپروری و گلخانه‌ها و همچنین از طریق پمپ‌های آبیاری و جابه‌جا کردن مواد در مزرعه مصرف می‌شود.

میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی با پیشرفت فناوری در بخش صنعت، بیشتر از سایر بخش‌های اقتصادی بوده و دلیل آن نیز به کار بردن ماشین‌آلات کارآمدتر در بخش صنعت و وابسته بودن بیشتر

صنعتی بررسی شد که نتایج نشان‌دهنده وجود رابطه علیت بلندمدت بین مصرف برق و تولیدات صنعتی است. مرحله بعد با توجه به تجزیه هر متغیر به دو بخش روندی و سیکلی، شکل‌های روند و اجزای سیکلی مصرف برق بخش‌های مختلف در مقابل روند و اجزای سیکلی تولیدات صنعتی، حرکت متغیرها در طول زمان و نوسانات آن‌ها مشخص شد و مصرف برق در طول ادوار تجاری صنعت مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج مطالعه حاضر بیانگر این است که مصرف کل برق، مصرف برق بخش صنعت، مصرف برق بخش خانگی و تجاری در بلندمدت دارای روند صعودی بوده، اما مصرف برق بخش کشاورزی و سایر مصارف برق دارای روند تقریباً ثابت بوده است. همچنین بخش سیکلی متغیرها نشان می‌دهد که بخش صنعت در طول دوره مورد بررسی، به‌طور فزاینده‌ای دارای دوره‌های رونق و رکود بوده است. این دوره‌های رکود به دلایلی همچون انقلاب، جنگ، اجرای هدفمندی یارانه‌ها و تحریم‌های اقتصادی به وجود آمده است. آثار خوب اتمام جنگ مانند امنیت سرمایه‌گذاری و سیاست‌های حمایتی (مانند یارانه) مقطعی دولت از بخش صنعت در برخی دوره‌ها، باعث رونق بخش صنعت شد. نتایج اجزای سیکلی بخش صنعت نشان داد که در اواخر دوره مورد بررسی، یعنی سال‌های اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها و تحریم‌های اقتصادی، بخش صنعت دچار بیشترین رکود شده است. سال ۱۳۹۰ اوج و سال ۱۳۹۲ دوره حوضیض تولید بخش صنعت بوده است. بخش سیکلی مصرف برق نشان داد که مصرف برق همزمان و متوازن با رونق و رکود بخش صنعت حرکت نکرده است؛ یعنی در سال‌هایی که بخش صنعت رکود را تجربه کرده، مصرف برق این بخش متناسب با آن کاهش نیافته است و در بعضی دوره‌های رکود صنعت حتی مصرف برق افزایش نیز داشته است که این می‌تواند نشان‌دهنده مسائل مختلفی در تولید باشد؛ از جمله ممکن است بنگاه‌های صنعتی استفاده از تجهیزات و ابزارآلات (مصرف برق بالایی دارند) را به جای نیروی انسانی افزایش داده باشند که بدین ترتیب به تبع آن، مصرف برق نیز افزایش یافته است.

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، می‌توان گفت که هدفمند کردن یارانه‌ها بر مصرف برق در بخش‌های مختلف، به‌خصوص بخش صنعت، تأثیر قابل توجهی داشته است و در واقع بنگاه‌ها هزینه برق را به‌عنوان هزینه‌ای اساسی ملحوظ کرده‌اند و با توجه به اهتمام مدیران بنگاه‌ها به حداکثر کردن سود یا به حداقل رساندن زیان، به‌سمت مصرف بهینه برق حرکت کرده‌اند. این شواهد می‌تواند به شرکت برق کمک کند که با تنظیم بازار برق، تخصیص برق به بخش‌های مختلف



محور افقی نمودارها: سال (دوره زمانی)؛ محور عمودی نمودارها: نوسانات مصرف

شکل (۲): اجزای سیکلی مصرف برق و تولید صنعتی

## ۶. بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

برق یکی از نهاده‌های مهم تولید در بخش‌های مختلف اقتصاد به‌ویژه صنعت است. بحران انرژی و کمبود برق ممکن است در طول ادوار تجاری به وجود بیاید. در این مطالعه، به بررسی مصرف برق در طول سیکل‌های تجاری صنعت ایران در طول سال‌های ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۲ پرداخته شد. ابتدا با توجه به نتایج بررسی ایستایی متغیرها، رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها به‌وسیله روش خود رگرسیون با وقفه‌های توزیع‌شده<sup>۱</sup> بررسی گردید و وجود هم‌جمعی بین مصرف برق بخش‌های مختلف و تولیدات صنعتی تأیید شد و رابطه علیت بین مصرف برق بخش‌های مختلف اقتصادی و تولیدات صنعتی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان‌دهنده وجود رابطه علیت دوطرفه بین تولیدات صنعتی و مصرف برق است. سپس متغیرها با استفاده از روش هودریک پرسکات روندزدایی شد و بخش روندی و اجزای سیکلی متغیرهای تحقیق از همدیگر جدا شد. سپس رابطه علیت بین اجزای روندی و سیکلی مصرف برق بخش‌های مختلف و تولیدات

فراهم گردد که صنعتگران بتوانند از ابزارآلات و فناوری‌های پیشرفته در خطوط تولید خود بهره گیرند. یک پیشنهاد برای این کار، اعطای تسهیلات مناسب به واحدهای صنعتی و پیشنهاد دیگر ایجاد شرایط و زمینه‌های لازم برای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در ایران است تا تولیدکنندگان برجسته جهان در بازار ایران حضور یابند. پیشنهاد پایانی برای کاهش مصرف برق در بخش صنعت، می‌تواند این باشد که به‌طور منظم و مداوم، تعمیر و نگهداری صحیح ماشین‌آلات تولیدی انجام شود و ساختمان‌ها تولیدی طراحی مناسب به‌منظور استفاده بیشتر از نور طبیعی را داشته باشند.

را بهینه‌سازی کند. همچنین با توجه به نتایج تحقیق، تعادل بلندمدت نشان می‌دهد که بخش عرضه‌کننده برق (وزارت نیرو) می‌بایست عرضه برق را با سیکل‌های تجاری هماهنگ نماید که در این صورت می‌توان در بخش صنعت سیاست صرفه‌جویی را بدون نگرانی از اثرگذاری بر ارزش افزوده بخش صنعت اجرا کرد و در نتیجه از میزان شدت برق مصرفی و هزینه‌های تولید کاست. پیشنهاد می‌گردد برای بهبود مصرف برق، سیاست‌هایی فارغ از برنامه‌های اصلاح قیمت انرژی در پیش گرفته شود. همچنین سیاست‌هایی در راستای بهبود فرهنگ مصرف انرژی اتخاذ شود و در بخش صنعت نیز علاوه بر پشتیبانی از تولیدکنندگان، ضروری است شرایط و زیرساخت‌هایی

## مراجع

- فناوری اطلاعات و ارتباطات بر شدت مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل»، پژوهشنامه اقتصاد انرژی، دوره ۴، شماره ۱۳، صفحه ۱۶۹-۱۹۰، ۱۳۹۳.
- [۱۰] عبدلی، قهرمان، وهرامی، ویدا، «بررسی اثر پیشرفت تکنولوژی بر صرفه‌جویی مصرف انرژی در بخش صنعت و کشاورزی با استفاده از تابع کاب داگلاس»، مطالعات اقتصاد انرژی، دوره ۶، شماره ۲۳، صفحه ۲۳-۴۱، ۱۳۸۸.
- [11] Sheldon, T. L. "Asymmetric Effects of the Business Cycle on Carbon Dioxide Emissions", *Energy Economics*, No. 61, pp. 289-297, 2017.
- [12] Adom, P. K. "Business Cycle and economic-wide Energy Intensity: The Implications for Energy Conservation Policy in Algeria", *Energy*, No. 88, 334-350, 2015.
- [13] Schwark, F. "Energy Price Shocks and Medium-Term Business Cycles", *Journal of Monetary Economics*, No. 64, pp. 112-121, 2014.
- [14] Kucher, O., & Kurov, A. "Business Cycle, Storage, and Energy Prices", *Review of Financial Economics*, Vol. 23, No.4, pp. 217-226. 2014.
- [15] Park, Y. J. "Regional Business Cycles in East Asia: Synchronization and its Determinants", 2013.
- [16] Kumar Narayan, P. "Understanding the Importance of Transitory Shocks at Business Cycle Horizons for the UK", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 387, No.12, pp. 2879-2888, 2008.
- [17] Yuan, J., Zhao, C., Yu, S., & Hu, Z. "Electricity Consumption and Economic Growth in China: Cointegration and Co-Feature Analysis", *Energy Economics*, Vol. 29, No. 6, pp. 1179-1191, 2007.
- [18] Thoma, M. "Electrical Energy Usage Over the Business Cycle", *Energy Economics*, Vol. 26, No.3, pp. 463-485, 2004.
- [۱۹] مزینی، امیرحسین، عساری آرانی، عباس، افشاریان، بهناز، رسولی، احمد، «بازتعریف رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران (رویکرد بخشی - استانی)»، فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، دوره ۹
- [۱] آرمن، سید عزیز، زارع، روح‌الله، «بررسی رابطه علیت گرنجری بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران طی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۱»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۲۴، صفحه ۱۱۵-۱۴۲، ۱۳۸۴.
- [۲] امامی‌میدی، علی، اعلمی، رباب، مردان‌تبار، حسام، صادق‌زاده، محمدامین، فروغی‌دهر، شرمینه، «بررسی علل تغییرات مصرف برق در بخش‌های اقتصاد ایران»، مجله اقتصاد ایران، سال ۱۱، شماره ۱۱، صفحه ۶۱-۷۲، ۱۳۹۰.
- [۳] محمدی، تیمور، خورسندی، مرتضی، امیر معینی، مهران، «مدل‌سازی تقاضای برق در بخش صنعت ایران: رویکرد مدل سری زمانی ساختاری»، تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، سال پنجم، شماره ۱۸، صفحه ۸۷-۱۱۷، ۱۳۹۳.
- [۴] صامتی، مجید، دایی کریم‌زاده، سعید، نیلفروشان، لیلیا، «ادوار تجاری و آزمون علیت گرنجر در اقتصاد ایران»، بیستمین کنفرانس سالانه سیاست‌های پولی و ارزی، بانک مرکزی، تهران، ۱۳۸۹.
- [۵] فطرس، محمدحسن، منصوری گرگری، حامد، «بررسی رابطه علی بین مصرف حامل‌های انرژی و ارزش افزوده در بخش صنعت ایران طی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۵»، فصلنامه اقتصاد مقداری، دوره ۶، شماره ۳، صفحه ۲۷-۵۳، ۱۳۸۸.
- [6] Burns, A. F., & Mitchell, W. C. "Measuring Business Cycles", NBER Books, 1946.
- [۷] گرجی، ابراهیم، اقبالی، علیرضا، «بررسی و برآورد سیکل‌های تجاری در ایران»، پژوهشنامه اقتصادی، شماره ۳۳، صفحه ۷۱-۹۷، ۱۳۸۸.
- [۸] امامی، کریم، محرابیان، آزاده، «تأثیر نوسان‌های چرخه‌های تجاری بر رشد اقتصادی در ایران»، پژوهشنامه اقتصادی، سال ۱۰، شماره ۳۶، صفحه ۵۹-۸۶، ۱۳۸۹.
- [۹] قاسمی، عبدالرسول، محمد خان‌پور اردبیل، رقیه، «بررسی تأثیر

## بررسی ارتباط مصرف برق با ادوار تجاری در ایران با تأکید بر بخش صنعت ۲۷

شماره ۳۰، صفحه ۶۷-۸۹، ۱۳۹۴.

[۲۰] فطرس، محمدحسن، منصوری گرگری، حامد، «مقایسه مدل

لجیستیک و مدل‌های هاروی در پیش‌بینی مصرف برق ایران»،

مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۲۴، صفحه ۶۳-۹۰، ۱۳۸۹.

[۲۱] هوشمند، محمود، فلاحی، محمدعلی، توکلی قوچانی، سپیده، «تحلیل

ادوار تجاری در اقتصاد ایران با استفاده از فیلتر هادریک پرسکات»،

دانش و توسعه، سال پانزدهم، شماره ۲۲، صفحه ۲۳-۴۸، ۱۳۸۷.