مقاله پژوهشی، صفحات: ۵۹ تا ۸۲

فصلنامه اقتصاد محاسباتی
شاپا ۰۴۳۳-۲۸۲۱

مصرف انرژی و بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش صنعت ایران

سید علی امامی[۱]
سید یحیی ابطحی[۲*]
زهره طباطبایی نسب[۳]
محمد علی دهقان تفتی[۴]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۵/۱۵ **تاریخ پذیرش نهایی:** ۱۴۰۲/۰۷/۰۴

چکیده

در این مطالعه، تأثیر مصرف انرژی بر بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش صنعت در ایران مورد بررسی قرارگرفته است. برای این منظور از شاخص TFP فار – پریمونت و تجزیه آن به اجزای مختلف کارایی بهره گرفته‌شده است. نتایج برآورد یک مدل خودرگرسیون برداری در قالب داده‌های پنل (PVAR) نشان می‌دهد این فرضیه که مصرف انرژی علت گرنجری TFP در بخش صنعت نیست رد می‌شود. اما فرضیه مبنی بر اینکه TFP نمی‌تواند علت گرنجری مصرف انرژی باشد رد نشده است. بنابراین یک رابطه علیت یک‌سویه از مصرف انرژی به TFP در بخش صنعت ایران وجود دارد. همچنین، نتایج الگوی ضربه واکنش دو متغیر مصرف انرژی (EI) و بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) نشان می‌دهد یک شوک وارد شده به اندازه یک انحراف معیار بر متغیر مصرف انرژی می‌تواند تا دو دوره بهره وری کل عوامل تولید بخش صنعت را کاهش دهد اما پس از آن تاثیر منفی مصرف انرژی بر بهره‌وری به تدریج کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج تحقیق، یکی از الزامات مهم افزایش بهره وری در بخش صنعت کشور، توجه به سیاست‌های کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در این بخش است و استراتژی های توسعه صنعتی در ایران بایستی این موضوع را مدنظر قرار دهد.

واژگان کلیدی: مصرف انرژی؛ بهره‌وری کل عوامل تولید؛ بخش صنعت؛ مدل‌های خودرگرسیون برداری؛ ایران
طبقه‌بندی JEL: C33; O47; Q30; Q43

[۱] دانشجوی دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران، پست الکترونیکی: Ali54emami@gmail.com
[۲*] استادیار اقتصاد، گروه اقتصاد، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران، نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: SY.Abtahi@iau.ac.ir
[۳] استادیار اقتصاد، گروه اقتصاد، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران، پست الکترونیکی: Tabatabaienasab@iauyazd.ac.ir
[۴] استادیار اقتصاد، گروه اقتصاد، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران ، پست الکترونیکی: dehghantafti@iauyazd.ac.ir

۱. مقدمه

انرژی به‌عنوان یکی از نهاده‌های اصلی تولید در بخش صنعت ازجمله عوامل ضروری در جهت تداوم تولید و توسعه این بخش و رشد اقتصادی است. افزایش تقاضا و پایان‌پذیری منابع تجدید ناپذیر انرژی، ضرورت کنترل و نظارت بر این نهاده کلیدی را آشکار می‌سازد. از طرف دیگر مصرف انرژی یکی از مهم‌ترین عوامل آلودگی هوا و تغییرات آب و هوایی به شمار می‌رود. بنابراین توجه به ارتقاء سطح بهره‌وری و استفاده بهینه از این عامل همواره به‌عنوان یکی از اهداف مهم مدنظر فرایندهای رشد و توسعه اقتصادی پایدار بوده است (انوشه پور و همکاران، ۱۳۹۹).

امروز بحران انرژی یکی از چالش‌های اساسی و حائز اهمیت در اکثر جوامع می‌باشد. شوک بزرگ نفتی در اوایل دهه هفتاد موجب شد تا توجه برنامه ریزان اقتصادی و نیز مصرف‌کنندگان انرژی به مقوله مصرف بهینه انرژی جلب شود. شواهد تجربی حاکی از آن است که شاخص‌های بهره‌وری مصرف انرژی در کشورهای مزبور با کشورهای توسعه‌یافته فاصله قابل‌توجهی دارد. از طرف دیگر، مصرف فراورده‌های نفتی در ایران، در کمتر از دو دهه اخیر افزایش چشمگیری داشته است که این ارقام مصرف سرانه و اتلاف انرژی بسیار بالا در ایران را نمایان می‌کند. نکته مهم این است که در بخش صنایع تولیدی که بخش مهمی از مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است، بهره‌وری انرژی بسیار پایین است که این امر ناشی از مواردی مانند اتکا به روش‌های سنتی، استفاده از فناوری‌های قدیمی در صنایع، عدم‌اصلاح و نوسازی ساختار قدیمی، فراوانی و ارزان بودن قیمت سوخت و منابع فسیلی و عدم وجود فرهنگ بهره‌وری و بهینه‌سازی مصرف انرژی دانست (نیک نقش و همکاران، ۱۳۹۹).

محدودیت‌های موجود در تولید منابع انرژی و رشد بالای مصرف این عامل در بخش صنعت در کنار سیاست‌های دولت برای اعطای یارانه به حامل‌های انرژی در بخش صنعت ایران نشان می‌دهد که در صورت عدم وجود ارائه سیاست‌های درست مبتنی بر مصرف انرژی، توسعه بخش صنعت با مشکلات جدی روبرو خواهد بود. وجود ناکارایی‌های فنی و اقتصادی مصرف انرژی و هدر رفتن بخش قابل‌توجهی از کل انرژی در فرآیندهای مصرف آن، ضرورت توجه هر چه بیشتر به مدیریت مصرف انرژی و ارتقاء سطح بهره‌وری را در کشور آشکار می‌سازد (مهاجر و محمدی، ۱۳۹۳).

رابطه بین مصرف انرژی ازیک‌طرف و رشد اقتصادی و بهره‌وری کل عوامل تولید از طرف دیگر همواره یکی از موضوعات مورد بررسی و درعین‌حال بحث‌برانگیز در ادبیات اقتصاد انرژی

بوده است. با این‌حال، ازآنجایی‌که انرژی به‌عنوان یک عامل اساسی تولید توسط بسیاری از اقتصاددانان انرژی در نظر گرفته می‌شود. استدلال می‌شود که کاهش مصرف انرژی ممکن است رشد اقتصادی را مختل کند و درنتیجه رشد بهره‌وری را کاهش و بیکاری را افزایش دهد. از سوی دیگر، طرفداران «فرضیه حفاظت» استدلال می‌کنند که رابطه مثبت بین مصرف انرژی و سطح تولید از اثرات مثبت نرخ رشد تولید بر مصرف انرژی ناشی می‌شود و از این‌رو سیاست‌هایی باهدف صرفه‌جویی در مصرف انرژی اثر نامطلوب محدودی بر رشد اقتصادی و بهره‌وری کل عوامل تولید خواهند داشت. به‌طور مشابه، حامیان «فرضیه بی‌طرفی» استدلال می‌کنند که مصرف انرژی و سطح تولید همبستگی ندارند، و بنابراین نه صرفه‌جویی انرژی و نه سیاست‌های ارتقای انرژی بر میزان بهره‌وری و رشد اقتصادی کشورها تأثیر نمی‌گذارند. با توجه به وجود این دیدگاه‌های جایگزین در مورد رابطه بین مصرف انرژی و سطح تولید یا بهره‌وری، کشف ارتباط علت و معلولی بین مصرف انرژی و بهره‌وری کل عوامل در طراحی سیاست‌های انرژی برای هر کشور ضروری به نظر می‌رسد.

اگرچه رابطه علّی بین رشد اقتصادی ، مصرف انرژی و بهره‌وری کل عوامل به‌طور گسترده در ادبیات بررسی‌شده است، اما هنوز توافقی چندانی در این خصوص حاصل نشده است (اوزتورک، ۲۰۱۰). مطالعه توگسو و تیواری (۲۰۱۶) فرانسیس و همکاران. (۲۰۰۷)، آکینلو (۲۰۰۸) نیز پیرامون ارتباط بین مصرف انرژی و بهره‌وری به نتایج متفاوتی برای گروه‌های مختلف کشورها دست‌یافته‌اند. بنابراین علیرغم مطالعات وسیع صورت گرفته در این حوزه توافق چندانی در خصوص اثرات مصرف انرژی بر متغیرهای تولید، رشد اقتصادی و بهره‌وری حاصل نشده است.

شواهد تجربی حاکی از آن است که طی دهه‌های اخیر، مصرف انرژی در ایران افزایش‌یافته است. از طرف دیگر، بخش صنعت ۲۵ درصد از کل انرژی مصرفی اقتصاد ایران را به خود اختصاص می‌دهد. آنچه مشخص است یکی از موضوعات اساسی چالش‌برانگیز امروز اقتصاد ایران، موضوع میزان مصرف انرژی و همچنین قیمت‌گذاری آن در صنایع است چراکه اعطای یارانه انواع حامل‌های انرژی در بخش صنعت، فشار زیادی بر بودجه دولت وارد کرده است. اما سیاست‌های قیمت‌گذاری در بخش انرژی به‌صورت خطی و بدون ملاحظه سطوح بهره‌وری اثرگذاری مصرف انرژی بر عملکرد صنایع صورت می‌گیرد و بر این اساس، حذف تدریجی یارانه حامل‌های انرژی در ایران به‌منظور کاهش اثرات آن بر بودجه عمومی کشور نیازمند توجه به اثرات پویای مصرف آن بر بهره‌وری و عملکرد هر صنعت است.

در این مطالعه، رابطه بین مصرف انرژی و بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش صنعت در ایران با استفاده از داده‌های پنل بخش صنعت و با به‌کارگیری روش خودرگرسیون برداری مورد بررسی قرارگرفته است. برای این منظور ابتدا ، بهره‌وری کل عوامل تولید(TFP) در بخش صنعت به روش فار- پریمونت محاسبه می‌شود و در آن شاخص TFP فار- پریمونت به اجزای مختلف کارایی که توسط ادانل (۲۰۱۱) انجام‌شده، تجزیه می‌شود. سپس تأثیر مصرف انرژی بر TFP بخش صنعت برحسب گروه‌های مختلف صنعتی(برحسب کدهای چهاررقمی ISIC) موردمطالعه قرار می‌گیرد.

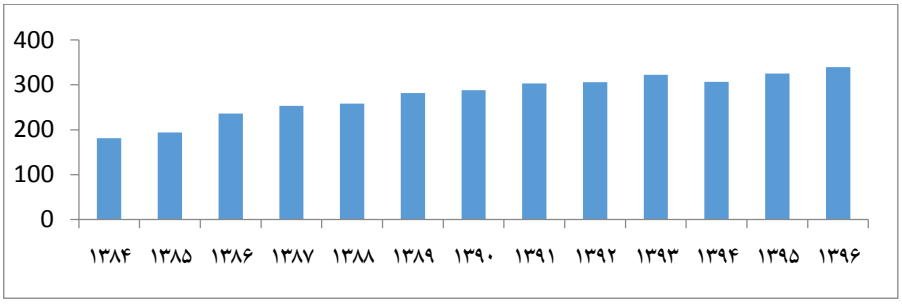
۲. ادبیات موضوع

۲-۱. مبانی نظری

۲-۱-۱. نگاهی به میزان مصرف انرژی در بخش صنعت ایران

نگاهی به میزان مصرف انرژی در بخش صنعت طی دوره ۱۳ ساله ۱۳۹۶- ۱۳۸۴ نشان می‌دهد که مصرف کل انرژی در این بخش از یک افزایش ملایم صعودی برخوردار بوده است و طی این دوره مصرف انرژی از ۱۸۱ واحد(میلیون بشکه معادل نفت خام) به ۳۳۹ واحد(میلیون بشکه معادل نفت خام) افزایش‌یافته است، یعنی طی یک دوره ۱۳ ساله رشد ۸۷ درصدی را تجربه کرده است (نمودار ۱).

نمودار (۱): سری زمانی مصرف انرژی در بخش صنعت ایران (میلیون بشکه معادل نفت خام)

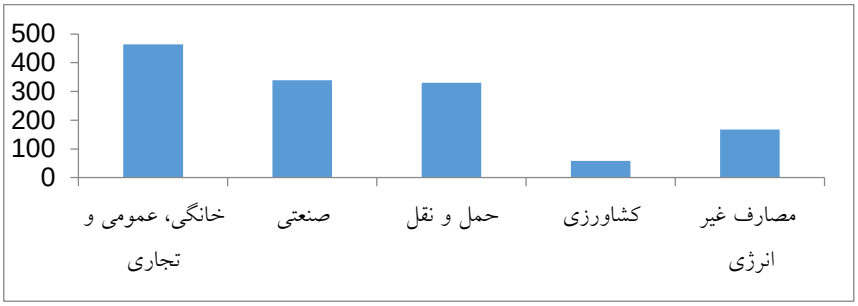


منبع: مرکز آمار ایران

از طرف دیگر همان‌گونه که نمودار۲ نشان می‌دهد بعد از بخش خانگی عمومی و تجاری، بخش صنعت بیشترین میزان انرژی مصرفی کل اقتصاد را به خود اختصاص می‌دهد و سرانجام همانند آنچه در نمودار۳ نشان داده‌شده است سهم مصرف انرژی بخش صنعت از کل مصرف

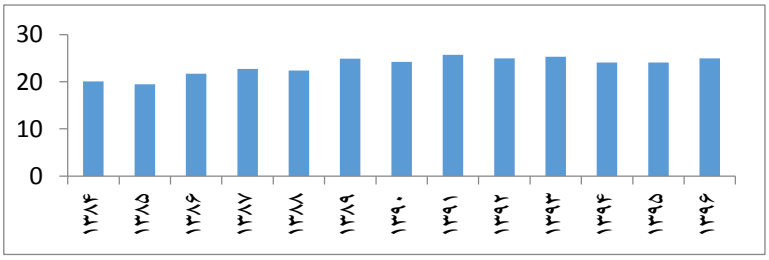
انرژی در ایران طی دوره ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۶ از ۲۰ درصد به ۲۵ درصد افزایش‌یافته است. اگرچه طی سال‌های ۱۳۹۱ تاکنون سهم مصرف انرژی بخش صنعت از کل مصرف انرژی تغییر چندانی نداشته و تقریباً ثابت مانده است.

نمودار (۲): مصرف انرژی به تفکیک بخش‌های مختلف (میلیون بشکه معادل نفت خام)



منبع: مرکز آمار ایران

نمودار (۳): سهم مصرف انرژی بخش صنعت از کل مصرف انرژی در ایران

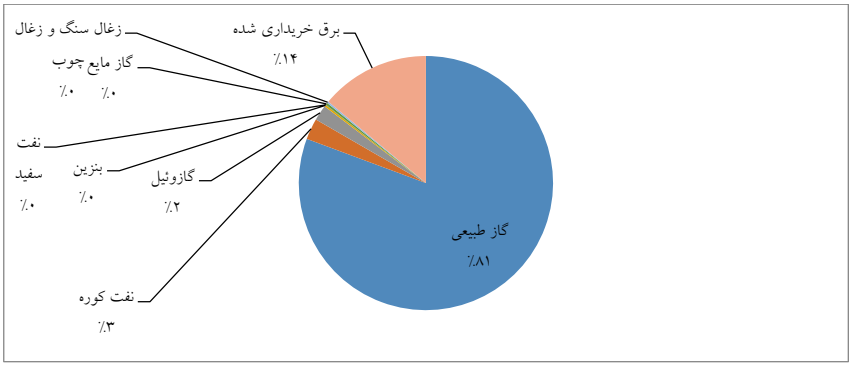


منبع: مرکز آمار ایران

۲-۱-۲. مصرف انرژی در بخش صنعت به تفکیک حامل‌های انرژی

نگاهی به میزان مصرف انرژی در بخش صنعت ایران نشان می‌دهد که عمده انرژی مصرف‌شده در بخش صنعت از دو نهاده گاز طبیعی و انرژی برق تشکیل می‌شود. نمودار ۴ سهم حامل‌های انرژی در کل انرژی برق مصرفی در بخش صنعت را در سال ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص می‌دهد گاز طبیعی ٪۸۱ و نهاده برق ٪۱۴ و درمجموع این دو نهاد ۹۵ درصد از کل انرژی مصرف‌شده در بخش صنعت در این سال‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و سهم سایر نهاده‌های انرژی ناچیز بوده است.

نمودار(۴): سهم مصرف انرژی در بخش صنعت به تفکیک عامل در سال ۱۳۹۸



منبع: مرکز آمار ایران

۲-۲. پیشینه تحقیق

در مدل‌های رشد نئوکلاسیک، نهاده‌های نیروی کار ، انباشت سرمایه و تکنولوژی در توابع تولید کل در نظر گرفته می‌شوند و این مدل‌ها، نقش احتمالی انرژی را به‌عنوان یک عامل تولید نادیده می‌گیرند، زیرا به‌عنوان یک محصول میانی حاصل از به‌کارگیری انباشت سرمایه و نیروی کار به‌جای یک نهاده اولیه در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، نقش مهم انرژی به‌عنوان یک نهاده تولید تا بحران‌های نفتی در دهه ۱۹۷۰ نادیده گرفته‌شده بود. اما بروز این بحران‌ها، توجه را بر نقش انرژی در رشد اقتصادی متمرکز کرد و بنابراین فرصتی را برای محققان فراهم کرد تا انرژی را به‌عنوان نهاده در توابع تولید اضافه کنند. در ادبیات اقتصاد، برخی از مطالعات انرژی را به‌عنوان یک مشکل فنی در نظر می‌گیرند و ازاین‌رو، فرض می‌کنند که با بهبود فناوری‌های تولید (مصرف) موجود یا با ارائه فناوری‌های جدید، می‌توان نیازهای انرژی بالاتری را در مقایسه با امروز برآورده کرد (منکیو، ۱۹۸۱؛ کروگمن و ولز، ۲۰۱۰). بر اساس این فرض، مشکل افزایش تقاضا با پیشرفت تکنولوژی برطرف خواهد شد.

طی دهه‌های اخیر، توجه فزاینده به مسائل انرژی و زیست‌محیطی، احیای مدل‌سازی کلان اقتصادی در این خصوص را برانگیخته است (ژا و ژو، ۲۰۱۴). بنابراین، افزودن انرژی به‌عنوان عامل تولید در توابع تولید کل، رواج گسترده‌ای یافته است. یکی از دلایل احتمالی این موضوع توجه به نقش پررنگ و کاربردی انرژی در فرایندهای تولید است، چراکه به‌عبارت‌دیگر، اثرات انرژی در یک مدل اقتصادی– انرژی را نمی‌توان موردمطالعه قرار داد مگر اینکه انرژی به‌عنوان یک عامل درونزای تولید لحاظ شود. (ورف، ۲۰۰۸). دلیل احتمالی دیگر، شواهد زیادی است که

نشان می‌دهد انرژی با رشد اقتصادی مرتبط است.(برانز و همکاران، ۲۰۱۴). بنابراین در قالب الگوهای حسابداری رشد، نقش انرژی در تشکیل و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید موردتوجه قرارگرفته است. بر اساس چارچوب حسابداری رشد سولو (۱۹۵۶، ۱۹۵۷)، بهره‌وری کل عوامل یک مفهوم مرکزی است که ترکیبی از پیشرفت در فناوری تولید و کارایی و رشد مهارت‌های مدیریتی را نشان می‌دهد.

مطالعه رابطه بین مصرف انرژی و بهره‌وری کل عوامل که برای اولین بار توسط جورگنسون (۱۹۸۴) انجام شد، نشان می‌دهد که مصرف انرژی به‌طور مثبت به بهره‌وری کل عوامل کمک می‌کند. چراکه رشد بهره‌وری در درازمدت، رشد بهره‌وری نیروی کار و مصرف انرژی ارتباط نزدیکی با هم دارند (جارویس، ۲۰۱۸). برخی از مطالعات استدلال می‌کنند که تأثیر مصرف انرژی بر بهره‌وری کل عوامل به این دلیل است که رشد بهره‌وری نیروی کار به استفاده از انرژی متکی است.(وریگلی، ۲۰۱۶). علاوه بر این، سیاست‌های انرژی و زیست‌محیطی ممکن است بر نرخ انباشت سرمایه و نرخ رشد بهره‌وری در طول مسیر رشد اقتصادی اثرگذار باشد. بنابراین، امروزه انرژی هنوز هم گاهی اوقات به‌عنوان پاسخی به معمای بهره‌وری پیشنهاد می‌شود.

درحالی‌که تعداد زیادی از مطالعات تجربی ارتباط بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را موردبررسی قرار داده‌اند، بااین‌حال، ادبیات مربوط به رابطه بین مصرف انرژی و بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) اندک است و تنها مطالعات کمی وجود دارد که مستقیماً ارتباط بین مصرف انرژی و بهره‌وری کل عوامل را بررسی می‌کنند. رحمان و همکاران، (۲۰۱۷) رابطه متقابل بین بهره‌وری بخشی و مصرف انرژی را در مالزی با استفاده از روش چرخش رژیم مارکوف بررسی می‌کنند و وجود روابط غیرخطی و چرخش رژیم بین مصرف انرژی و بهره‌وری بخشی را تائید می‌کنند. مطالعه توگسو و تیواری (۲۰۱۶) رابطه علی بین انواع مختلف مصرف انرژی و رشد TFP در اقتصادهای نوظهور را مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که هیچ ارتباط علی قابل‌توجهی بین مصرف انرژی تجدید پذیر و رشد TFP در این کشورها وجود ندارد. بااین‌حال، در مورد انرژی‌های تجدید ناپذیر، مصرف انرژی یک اثر خارجی مثبت در رشد TFP ایجاد می‌کند. همچنین، مصرف انرژی به توسعه اقتصادی در برزیل و آفریقای جنوبی کمک می‌کند.

لادو و ملدو[1] (۲۰۱۴) رابطه بلندمدت بین بهره‌وری کل عوامل و مصرف انرژی را در ایتالیا بررسی کرده‌اند. در مطالعه آن‌ها، TFP به‌عنوان معیاری برای رشد اقتصادی و درنتیجه تغییرات تکنولوژیکی به کار گرفته‌شده است. نتایج این مطالعه یک علیت دوطرفه را بین بهره‌وری کل عوامل و مصرف انرژی برای مناطق ایتالیا نشان می‌دهد. آلتینوز[2] (۲۰۲۱) تأثیر مصرف انرژی تجدید پذیر و سوخت فسیلی بر بهره‌وری کل عوامل در کشورهای G20 را مطالعه نموده‌اند. نتایج تحلیل آن‌ها نشان می‌دهد که مصرف انرژی تجدید پذیر تأثیر مثبتی بر بهره‌وری کل عوامل در بلندمدت دارد همچنین نتایج مطالعه راس و همکارن(۲۰۱۹) نشان می‌دهد که مصرف سوخت فسیلی رشد TFP را کاهش می‌دهد، درحالی‌که مصرف انرژی‌های تجدید پذیر رشد TFP را افزایش می‌دهد.

توگسو (۲۰۱۳) روابط بلندمدت و کوتاه‌مدت بین مصرف انرژی تفکیک‌شده (یعنی جایگزین و هسته‌ای، فسیلی و تجدید پذیر) و رشد بهره‌وری کل عوامل را در اقتصاد ترکیه برای دوره ۱۹۷۰-۲۰۱۱ بررسی نموده است. نتایج مطالعه وی نشان می‌دهد که رابطه همجمعی بین مصرف انرژی تفکیک‌شده با رشد بهره‌وری کل عوامل وجود دارد و بین متغیرهای موردنظر روابط علی دوسویه وجود دارد. همچنین، دانمارایا و صلاح الدین (۲۰۱۶) در مطالعه خود نشان می‌دهند هنگامی که مصرف برق، تشکیل سرمایه و بهره‌وری تولید به عنوان متغیر(های) وابسته به کار می‌روند، آزمون کرانه‌ها شواهدی از همجمعی بین مصرف برق، بهره‌وری تولید و سرمایه ارائه می‌دهد. به طور مشابه، یافته ها علیت دوسویه بین بهره وری تولید و مصرف انرژی را نشان می دهد.

در حوزه مطالعات داخلی پیرامون ارتباط بین مصرف انرژی و بهره‌وری کل عوامل نیز مطالعات بسیار اندکی صورت گرفته است. انوشه پور و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه خود تأثیر برخی از متغیرهای کلیدی اقتصاد کلان و مصرف انرژی بر بهره‌وری کل عوامل تولید بخش کشاورزی در ایران را بررسی کرده‌اند و نتایج نشان می‌دهد که مصرف انرژی و نرخ تورم با یک دوره وقفه دارای اثر منفی و معناداری بربهره وری کل عوامل تولید می‌باشند. همچنین نتایج مطالعه اویسی و همکاران (۱۴۰۰) پیرامون تأثیر تغییرات بهره‌وری بخش‌های اقتصادی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر، انرژی گرمایی، رشد و توسعه اقتصادی نشان داد

[1] ladu & meleddu
[2] altinoz

بخش‌های نه‌گانه اقتصاد کل و میزان بهره‌وری آن‌ها در بازه زمانی ۱۳۹۳ – ۱۳۵۳ بین ۳/۱۷۵ تا ۴/۵۹ میلیون ریال است؛ بنابراین، نقطه شروع بهره‌وری کران پائین بهره‌وری بازه عملکردی ۳/۱۷۵ قرار می‌گیرد. نقوی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه خود اثر مصرف انرژی بر روی اجزاء کوتاه مدت و بلند مدت بهره‌وری کل عوامل تولید در کل کشور و زیربخش‌های اصلی اقتصاد ایران را بررسی کرده‌اند. نتایج مطالعه آنها نشان می دهد که مصرف کل انرژی بر جزء بلندمدت (روند) بهره‌وری کل اقتصاد تأثیر مثبت دارد؛ اما بر جزء کوتاه مدت (نوسان) آن تأثیر منفی دارد همچنین، مصرف انرژی بخش صنعت بر جزء بلندمدت (روند) بهره وری تأثیر مثبت دارد و بر جزءکوتاه مدت (نوسان) تأثیر مثبت دارد. و مصرف انرژی بخش کشاورزی بر جزء بلندمدت (روند) و کوتاه مدت (نوسان) بهره‌وری تأثیر مثبت دارد.

عباسی (۱۳۹۴) در مطالعه خود رابطه بین مصرف انرژی تجدیدپذیر و بهره وری کل عوامل تولید در اقتصاد ایران را بررسی نموده اند. در این مطالعه بهره‌وری کل عوامل بر حسب تابع تولید محاسبه شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که یک رابطه علیت یک طرفه از بهره وری به مصرف انرژی تجدیدپذیر وجود دارد. اما این مطالعه وجود رابطه علیت از مصرف انرژی تجدیدپذیر به بهره وری کل را تایید نکرده است. همچنین، حسینی (۱۳۹۱) اثر باز بودن تجارت و مصرف انرژی بر بهره وری کل عوامل تولید در صنایع بزرگ ایران را مطالعه نموده اند در این مطالعه بهره‌وری کل عوامل با استفاده از روش دیویژیا اندازه گیری شده است. نتایج حاصل از برآوردهای مطالعه به روش داده‌های تابلویی در سطح کدهای دورقمی آیسیک نشان می‌دهد که باز بودن تجاری، مصرف انرژی و سرمایه انسانی تاثیر مثبت و معنی‌داری بر بهره‌وری کل عوامل تولید دارند.

۳. روش تحقیق

در این مطالعه، برای محاسبه بهره‌وری کل عوامل در بخش صنعت از روش تحلیل پوششی داده‌ها و از تجزیه شاخص بهره‌وری کل عوامل (TFP) فار – پریمونت[1] به اجزای مختلف کارایی که توسط ادانل[2] (۲۰۱۱) انجام‌شده، بهره گرفته‌شده است. روش‌شناسی ادانل، که بر اساس چارچوب مقدار کل ایجادشده است. به داده‌های قیمت متکی نیست و به فروض درجه رقابت در

[1] Fare- Primont
[2] O'Donnell

بازار محصول یا رفتار بهینه‌سازی بنگاه نیازی ندارد. به‌عبارت‌دیگر زمانی که اطلاعات قیمت در دسترس نیست و یا صنایع رقابتی نیستند می‌توان با استفاده از این روش به تجزیه‌وتحلیل تغییر بهره‌وری و انواع مختلف کارایی پرداخت.

بهره‌وری در بنگاهی که با استفاده از یک نهاده، یک ستانده تولید می‌کند به‌صورت نسبت ستانده به نهاده بیان می‌شود. اما برای یک بنگاه در حالت چند نهاده – چند ستانده می‌توان این مفهوم را با تعریف بهره‌وری کل عوامل (TFP) به‌صورت نسبت ستانده کل به نهاده کل تعمیم داد. حال اگر بردار مقادیر نهاده و ستانده یک بنگاه i در زمان t به ترتیب Xit و Qit باشد، TFP بنگاه موردنظر عبارت است از:

$$TFP_{\mathrm{it}} = \frac{\mathrm{Q_{it}}}{\mathrm{X_{it}}} \qquad (۱)$$

به‌طوری‌که $Q_{it} = Q(q_{it})$ ستانده کل، $X_{it} = X(x_{it})$ نهاده کل و $Q(\cdot)$ و $X(\cdot)$ توابع کل هستند که دارای ویژگی‌های غیر منفی، غیر کاهنده و همگن خطی می‌باشند. حال جهت اندازه‌گیری مقدار TFP بنگاه i در دوره t نسبت به TFP بنگاه h در دوره s از عدد شاخص زیر استفاده می‌نماییم:

$$TFP_{hs,it} = \frac{TFP_{it}}{TFP_{hs}} = \frac{Q_{it}/X_{it}}{Q_{hs}/X_{hs}} = \frac{Q_{hs,it}}{X_{hs,it}} \qquad (۲)$$

در رابطه بالا $Q_{hs,it} = Q_{it}/Q_{hs}$ شاخص مقداری ستانده و $X_{hs,it} = X_{it}/X_{hs}$ شاخص مقداری نهاده است. بنابراین می‌توان این‌گونه بیان نمود که رشد TFP برابر با نسبت مقدار رشد ستانده بر نهاده است. با استفاده از توابع تجمیع می‌توان شاخص‌های TFP مختلفی را به دست آورد. یکی از انواع توابع تجمیع غیر منفی، غیر کاهنده و همگن خطی تابع فار – پریمونت است که به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Q(q) = D_o(x_0, q, t_0) \qquad (۳)$$
$$X(x) = D_I(x, q_0, t_0)$$

در رابطه (۳)، $D_o(\cdot)$ و $D_I(\cdot)$ توابع مسافت ستانده و نهاده شفارد (۱۹۵۳) هستند. با جایگزین نمودن تابع تجمیع (۳) در روابط (۱) و (۲) شاخص TFP متناظر با آن به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$TFP_{hs,it} = \frac{D_o(x_0,q_{it},t_0)}{D_o(x_0,q_{hs},t_0)} \frac{D_I(x_{hs},q_0,t_0)}{D_I(x_{it},q_0,t_0)} \qquad (۴)$$

شاخص بالا اولین بار توسط ادانل (۲۰۱۱) مطرح شد و شاخص فار – پریمونت نامگذاری شده، زیرا به عنوان نسبتی از دو شاخص تعریف شده توسط فار و پریمونت (۱۹۹۵) ارائه شده است.

همچنین، انواع شاخص‌های کارایی در اقتصاد می‌تواند به‌صورت نسبتی از مقادیر TFP تعریف شود. انواع مختلف کارایی را که می‌توان در مورد ستانده و نهاده محاسبه نمود عبارتند از:

$TFPE_{it} = \frac{TFP_{it}}{TFP_t^*} \leq 1$ کارایی TFP (۵)

$OTE_{\mathrm{it}} = \frac{\mathrm{Q_{it}}/\mathrm{X_{it}}}{\bar{\mathrm{Q}}_{\mathrm{it}}/\mathrm{X_{it}}} = \frac{\mathrm{Q_{it}}}{\bar{\mathrm{Q}}_{\mathrm{it}}} = \mathrm{D_o}(\mathrm{x_{it}}, \mathrm{q_{it}}, \mathrm{t}) \leq 1$ کارایی فنی مربوط به ستانده (۶)

$OSE_{it} = \frac{\bar{Q}_{it}/X_{it}}{\bar{Q}_{it}/\bar{X}_{it}} \leq 1$ کارایی مقیاس مربوط به ستانده (۷)

$ROSE_{\mathrm{it}} = \frac{\widehat{\mathrm{Q}}_{\mathrm{it}}/\mathrm{X_{it}}}{TFP_t^*} \leq 1$ کارایی مقیاس مربوط به پسماند ستانده (۸)

در روابط بالا $\mathrm{TFP_t^*}$ نشان‌دهنده حداکثر مقدار TFP ممکن با تکنولوژی در دسترس در دوره t است؛ $\bar{Q}_{it} = Q_{it}D_o(x_{it}, q_{it}, t)^{-1}$ حداکثر ستانده کل ممکن با استفاده از x_{it} جهت تولید یک بردار عددی از q_{it} است؛ $\bar{X}_{it} = X_{it}D_I(x_{it}, q_{it}, t)^{-1}$ حداقل نهاده کل ممکن با استفاده از یک بردار عددی x_{it} برای تولید q_{it} است؛ $\widehat{\mathrm{Q}}_{\mathrm{it}}$ حداکثر ستانده کل ممکن برای تولید هر بردار ستانده با استفاده از x_{it} است؛ $\widehat{\mathrm{X}}_{\mathrm{it}}$ حداقل نهاده کل ممکن برای تولید q_{it} با استفاده از هر بردار نهاده است؛ $\widetilde{\mathrm{Q}}_{\mathrm{it}}$ و $\widetilde{\mathrm{X}}_{\mathrm{it}}$ نیز ستانده و نهاده کل به‌دست‌آمده با استفاده از بیشترین مقدار TFP هستند با این محدودیت که بردارهای ستانده و نهاده به ترتیب مقادیر عددی q_{it} و x_{it} هستند.

ادانل شاخص‌های TFP را برحسب اجزاء مقادیر کل همانند معادله(۲) به‌صورت مقادیر حاصل‌ضرب بیان کرد. تمام شاخص‌های TFP مانند این را می‌توان به معیارهای تغییرات فنی و سایر معیارهای تغییر کارایی تجزیه کرد.

بنابراین معادله (۵) را می‌توان به‌صورت $\mathrm{TFP_{it}} = \mathrm{TFP_t^*} \times \mathrm{TFPE_{it}}$ بازنویسی کرد همین‌طور معادل مشابهی برای بنگاه h در دوره s به صورت $\mathrm{TFP_{hs}} = \mathrm{TFP_s^*} \times \mathrm{TFPE_{hs}}$ برقرار است. بنابراین می‌توان شاخص TFP رابطه (۲) را به‌صورت زیر بازنویسی نمود:

$TFP_{hs,it} = \left(\frac{TFP_t^*}{TFP_s^*}\right)\left(\frac{TFPE_{it}}{TFPE_{hs}}\right)$ (۹)

جمله نخست در پرانتز در سمت راست معادله (۹) تغییر در حداکثر TFP را طی زمان اندازه‌گیری می‌کند. این یک معیار طبیعی تغییر فنی است. جمله دوم معیاری از تغییر کارایی کلی

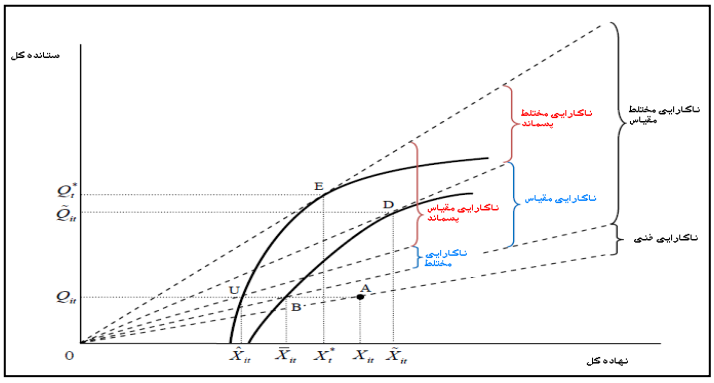
است. معادلات ۲۸ تا ۴۲ را می‌توان برای تجزیه جزئی‌تر تغییر TFP به کاربرد. ادانل سه تغییر مبتنی بر ستانده را از شخص TFP به‌صورت زیر ارائه کرده است:

$$TFP_{hs,it} = \left(\frac{TFP_t^*}{TFP_s^*}\right)\left(\frac{OTE_{it}}{OTE_{hs}}\right)\left(\frac{OME_{it}}{OME_{hs}}\right)\left(\frac{ROSE_{it}}{ROSE_{hs}}\right) \quad (۱۰)$$

جهت توضیح رابطه بین مقادیر کرایی و بهره‌وری تعدادی از مقادیر معرفی شده در معادلات بالا در نمودار شماره (۵)، نشان داده شده است. در این نمودارها منحنی که از نقطه D می‌گذرد به مرز محدودیت ترکیبی اشاره دارد.

در اینجا به‌منظور تحلیل تأثیرات مصرف انرژی بنگاه‌ها بر بهره‌وری کل عوامل تولید با استفاده از تجزیه ادانل در شاخص TFP، عوامل کارایی فنی مبتنی بر ستانده(OTE)، کارایی مقیاس مبتنی بر ستانده (OSE) و کارایی پسماند مبتنی بر ستانده(ROSE) به‌عنوان عوامل توضیح‌دهنده TFP در نظر گرفته‌شده است و سپس مصرف انرژی بنگاه‌ها نیز جهت تحلیل تأثیر مصرف انرژی بر TFP در تصریح مدل واردشده است.

نمودار (۵): تابع تولید و شاخص های کارایی



در این مطالعه، تعاملات بین بهره وری کل عوامل (TFP) و اجزای کارایی و مصرف انرژی با استفاده از یک چارچوب VAR پانل (PANEL VAR) تجزیه و تحلیل می شود، به گونه ای که ناهمگونی هر صنعت در نظر گرفته شود و در عین حال اجازه می دهد روابط پویا بین متغیرهای درونزای متعدد برقرار شود. به طور کلی، مدل‌های VAR ابزاری مفید برای تخمین تعاملات پویا بین متغیرهای درون‌زای مد نظر هستند. با وجود N صنعت i=1,2,…,N و در دوره t=1,2,…,T این مدل به صورت زیر تعریف می شود:

$$X_{it} = \mu_i + \Theta(L)X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱۱)$$

که در آن بردار $X_{it} = \left[TFP_{it}, OTE_{it}\ ,\ OSE_{i,t}, ROSE_{i,t}, EI_{i,t}\right]$ ماترس متغیرهای درونزا را تشکیل می دهد، $\emptyset$(L) ماتریس ضرایب و L عملگر با وقفه است. μ_i بردار نامتغیر با زمان است که اثرات صنایع را در بر می گیرد و ε_{it} جمله خطا است. این مدل از طریق روش گشتاورهای تعمیم یافته (GMM) برآورد می شود.

۳-۱. داده‌ها

در این مقاله جهت تحلیل رابطه مصرف انرژی و بهره‌وری عوامل در بخش صنعت در ایران از داده‌های لگاریتم نهاده‌های تولیدی شامل نیروی کار، موجودی سرمایه، مواد اولیه و انرژی مصرف‌شده و داده‌های ستانده ارزش محصولات تولید شده در ۱۱۰ شاخه صنعتی برحسب کدهای چهاررقمی ISIC و بر اساس نتایج طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر کشور در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۸۱ استفاده‌شده است. بنابراین در تحقیق حاضر، داده های یک پنل متوازن شامل ۱۹۸۰ مشاهده بکار برده می شود. به‌منظور استخراج داده‌های موجودی سرمایه از آمار سرمایه‌گذاری کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر استفاده‌شده است. برای این منظور، از روش تابع‌نمایی استفاده شده و موجودی سرمایه توسط رابطه زیر برآورد می‌شود:

$$K_{it} = K_{i0} + \sum_{t=1}^{T}(I_{it} + dI_{it}) \quad (۱۲)$$

که در آن K_{it} موجودی سرمایه صنعت i در زمان t و K_{i0} موجودی سرمایه اول دوره است. I_{it} میزان سرمایه‌گذاری صنعت i در زمان t و dI_{it} میزان استهلاک است. برای محاسبه موجودی سرمایه اول دوره نیز از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$I_t = I_0 e^{\lambda t} \quad (۱۳)$$

که در آن I_t میزان سرمایه‌گذاری در زمان t است. I_0 ارزش سرمایه‌گذاری دوره اول یا آغاز دوره وλ نرخ رشد سرمایه‌گذاری است. پس از استخراج داده‌های انباشت سرمایه صنایع، بهره‌وری کل صنایع کشور طی سال‌های موردمطالعه به روش شاخص فار – پریمونت محاسبه می‌شود.

۴. یافته‌ها

- محاسبه TFP به روش فار- پریمونت

در گام نخست با استفاده از داده‌های نهاده‌ها و ستانده‌های معرفی‌شده در بخش داده‌ها، شاخص‌های بهره‌وری و اجزاء آن یعنی کارایی‌های فنی و کارایی‌های مقیاس در تمام صنایع کشور محاسبه‌شده و در جدول ۱ آورده شده است . نتایج محاسبه TFP برحسب روش فار- پریمونت نشان می‌دهد که صنایع تولیدی مولدهای بخار، همچنین چکش‌کاری و پرسکاری و قالب‌زنی، تولید ماشین‌آلات، تولید رایانه و تجهیزات جانبی و تولید قالی و قالیچه دارای بیشترین بهره وری کل عوامل طی دوره موردبررسی بوده‌اند و صنایع تکمیل منسوجات، تولید پوشاک ، تولید وسایل بازی و اسباب‌بازی ، تولید مواد شیمیایی اساسی و تولید لوکوموتیو و راه‌آهن به ترتیب از کمترین میزان TFP در دوره موردبررسی برخوردار بوده‌اند. درمجموع طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۸۱، ۲۷ صنعت از رشد TFP و ۸۳ صنعت از کاهش شاخص TFP برخوردار بوده‌اند.

جدول۱: محاسبه TFP درصنایع مختلف برحسب کدهای چهاررقمی ISIC و به روش فار- پریمونت

نام صنعت	TFP	نام صنعت	TFP
تولیدالیاف مصنوعی	۰٫۹۸۳	تولید مولدهای بخار، بجزدیگ‌های آب گرم حرارت مرکزی	۱٫۰۱۵۱
تولید قطعات و لوازم الحاقی وسایل نقلیه موتوری	۰٫۹۸۳	چکش کاری، پرسکاری، قالب زنی، پتک کاری، شکل دهی فلزات با غلتک ومتالوژی پودرها	۱٫۰۰۵۴
تولید ماکارونی، نودل و ورمیشل وفراورده‌های نشاسته ای	۰٫۹۸۳	تولید ماشین آلات و تجهیزات دفتری(بجز رایانه و وسایل جانبی)	۱٫۰۰۴۸
تولید فرآورده‌های لبنی	۰٫۹۸۲	تولید سایرماشین آلات باکاربردخاص	۱٫۰۰۴۴
تولید کالاها ازبتون وسیمان وگچ	۰٫۹۸۱	تولید رایانه و تجهیزات جانبی	۱٫۰۰۴۱
تولید سایر فراورده های شیمیایی طبقه بندی نشده در جای دیگر	۰٫۹۸۱	تولید قالی و قالیچه	۱٫۰۰۴۱
تولید پوشاک کشباف و قلاب‌بافی شده	۰٫۹۷۹	تولید فراورده‌های پالایش شده نفت	۱٫۰۰۳۴
تولید ورق‌های روکش شده و صفحه هایی که اصل آن چوب است	۰٫۹۷۹	تولید صابون وشوینده ها، ترکیبات تمیزکننده وبراق کننده ، عطرها ومواد آرایشی	۱٫۰۰۳۳
ساخت تجهیزات مخابراتی	۰٫۹۷۸	تولید فراورده های نسوز	۱٫۰۰۲۲
تولید ماشین آلات متالوژی - ذوب فلزات	۰٫۹۷۸	تولید محصولات فلزی سازه ای	۱٫۰۰۲۱
تعمیر تجهیزات حمل ونقل- بجز وسایل نقلیه موتوری	۰٫۹۵	تولیدماشین آلات کشاورزی وجنگلداری	۰٫۹۹
تولید خمیرکاغذ، کاغذ و مقوا	۰٫۹۵	تولید فراورده های پلاستیکی- به جزکفش	۰٫۹۹
تولید کودشیمیایی و ترکیبات نیتروژن	۰٫۹۵	تولیدسایر فراورده های معدنی غیرفلزی طبقه‌بندی نشده درجای دیگر	۰٫۹۸۹
تعمیر ماشین آلات	۰٫۹۴۶	تولید فراورده های توتون و تنباکو	۰٫۹۸۸
تولید پلاستیک و لاستیک مصنوعی در شکل نخستین	۰٫۹۴۴	تولید سایرمحصولات فلزی ساخته شده طبقه‌بندی نشده درجای دیگر	۰٫۹۸۶
تولیدکاغذ فانوسی و مقوای زنبوری و سایر وسایل بسته‌بندی کاغذی و مقوایی	۰٫۹۴۴	تولید موتوروتوربین-بجز موتورهای وسایل نقلیه هوایی، خودرو و موتورسیکلت	۰٫۹۸۶

نام صنعت	TFP	نام صنعت	TFP
تولید یاتاقان، چرخ دنده ودیفرانسیل	۰،۹۴	تولید سایر فراورده‌های غذایی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر	۰،۹۸۵
تولید لوکوموتیو های راه آهن و وسایل نقلیه ریلی	۰،۹۳۷	تولید کاکائو، شکلات و شیرینی‌های شکری	۰،۹۸۵
تولید مواد شیمیایی اساسی	۰،۹۳۲	تولید روغن‌ها و چربی‌های گیاهی و حیوانی- بجز روغن ذرت	۰،۹۸۵
تولید وسایل بازی و اسباب بازی	۰،۹۱۳	تولید کالاهای نساجی آماده- به‌جز پوشاک	۰،۹۸۴
تولید پوشاک، به جز پوشاک از پوست خزدار	۰،۹۱۲	تولید کالاهای نجاری درودگری ساختمان	۰،۹۸۴
تکمیل منسوجات	۰،۹۱۱	ساخت کالاهای مصرفی الکترونیکی	۰،۹۸۴

منبع: محاسبات تحقیق

با محاسبه شاخص TFP فار- پریمونت، تجزیه این شاخص به انواع شاخص‌های کارایی در ۱۰ صنعت دارای بیشترین TFP و ۱۰ صنعت دارای کمترین TFP در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: تجزیه شاخص TFP فار- پریمونت درصنایع مختلف به انواع شاخص های کارایی

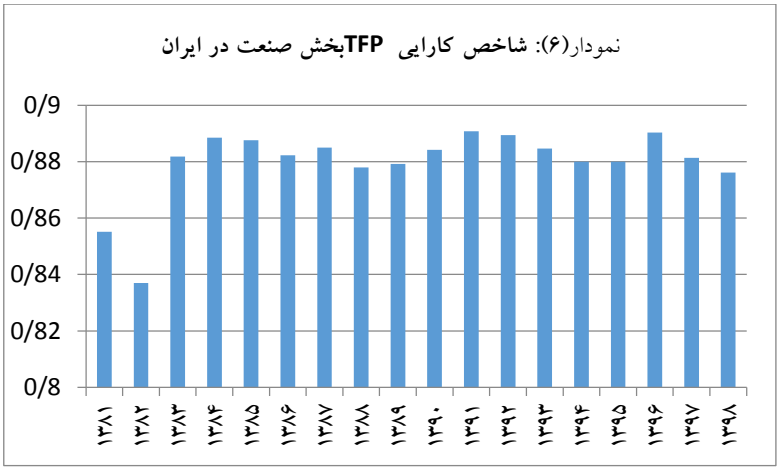
صنعت	TFP	OTE	OSE	ROSE	OSME	ITE	ISE	RISE	RME
تولید ماشین آلات متالوژی - ذوب فلزات	۱،۱۱۲	۰،۹۹۸	۰،۹۹۴	۰،۶۸	۰،۶۸	۰،۹۹۸	۰،۹۹۴	۰،۷۳	۰،۶۸۴
تولید غذای آماده حیوانات	۱،۱۰۸	۱	۱	۰،۸۷۲	۰،۸۷۲	۱	۱	۰،۸۷۴	۰،۸۷۲
تولید آفات کش هاو سایر فراورده‌های شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی	۱،۰۷۳	۱	۱	۰،۹۰۷	۰،۹۰۷	۱	۱	۰،۹۰۷	۰،۹۰۷
تولید کودشیمیایی و ترکیبات نیتروژن	۱،۰۷	۱	۰،۹۴۲	۰،۷۹۲	۰،۷۹۲	۱	۰،۹۴۲	۰،۷۹۲	۰،۸۴۱
تولید فلزهای پایه گرانبها و سایر فلزهای غیرآهنی	۱،۰۶۶	۱	۰،۹۵۱	۰،۷۳۳	۰،۷۳۳	۱	۰،۹۵۱	۰،۷۳۳	۰،۷۷۱
تولید مواد شیمیایی اساسی	۱،۰۵۷	۱	۰،۹۳	۰،۶۴۶	۰،۶۴۶	۱	۰،۹۳	۰،۶۴۶	۰،۶۹۴
تولیدمواد ساختمانی از خاک رس	۰،۹۴۵	۰،۹۵۹	۰،۹۸۷	۰،۹۴۳	۰،۹۴۳	۰،۹۵۴	۰،۹۹۱	۰،۹۵۲	۰،۹۵۶
تولید لوکوموتیو های راه آهن و وسایل نقلیه ریلی	۰،۹۴۴	۰،۹۷۴	۰،۹۸۱	۰،۹۰۲	۰،۹۰۲	۰،۹۶۵	۰،۹۹	۰،۹۵۱	۰،۹۱۹
تولید سایرپمپ ها،کمپرسورها، شیرها وسوپاپ ها	۰،۹۴۱	۰،۹۶۲	۰،۹۵۱	۰،۹۴۴	۰،۹۴۴	۰،۹۵۷	۰،۹۵۶	۰،۹۵۶	۰،۹۹۲
تولید یاتاقان، چرخ دنده ودیفرانسیل	۰،۹۲۸	۰،۹۶۵	۰،۹۹۵	۰،۹۷۲	۰،۹۷۲	۰،۹۶۱	۱	۰،۹۸۸	۰،۹۷۷
ریخته گری آهن وفولاد	۰،۹۲۵	۱	۰،۹۷۲	۰،۹۱۹	۰،۹۱۹	۱	۰،۹۷۲	۰،۹۳۱	۰،۹۴۶
تولیدکاغذ فانوسی و مقوای زنبوری و سایر وسایل بسته‌بندی کاغذی و مقوایی	۰،۹۱۸	۰،۹۹۵	۰،۹۰۸	۰،۷۸۷	۰،۷۸۷	۰،۹۹۳	۰،۹۱	۰،۸۱۷	۰،۸۶۶
تولید پوشاک، به جز پوشاک از پوست خزدار	۰،۹۰۷	۰،۹۱۲	۰،۹۹۳	۰،۹۲۲	۰،۹۲۲	۰،۹۵۱	۰،۹۵۲	۰،۸۹۹	۰،۹۲۸
تعمیر تجهیزات حمل ونقل- بجز وسایل نقلیه موتوری	۰،۷۹۵	۰،۷۸۵	۰،۹۹۶	۰،۹۴۸	۰،۹۴۸	۰،۹۴۲	۰،۸۳	۰،۸۶۸	۰،۹۵۲

منبع: محاسبات تحقیق

با محاسبه شاخص TFP صنایع، اجزای این شاخص به تفکیک شامل کارایی های فنی و مقیاس محاسبه می‌شود. با مرتب کردن نتایج شاخص TFP فار – پریمونت و محاسبه شاخص کارایی TFP در شاخه‌های مختلف صنعتی، نمودار ۶ نتایج محاسبه میانگین این شاخص برای کل بخش صنعت در سال‌های مختلف را به تصویر کشیده است.

نگاهی به روند شاخص کارایی TFP بخش صنعت نشان می دهد که حداکثر مقدار این شاخص در ایران تا کنون ۰/۸۹ بوده است. به عبارت دیگر، بخش صنعت تا کنون توانسته است به ۸۹ درصد از حداکثر بهره وری ممکن (با تکنولوژی در دسترس) دست پیدا کند. و در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ حداکثر این شاخص برای بخش صنعت حاصل شده است اما در دو سال انتهایی داده‌های مورد مطالعه یعنی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ افت قابل توجهی در این شاخص حاصل شده است به گونه‌ای که این شاخص در سال ۱۳۹۸ به کمترین مقدار خود از سال ۱۳۸۳ رسیده است.

نمودار(۶): شاخص کارایی **TFP**بخش صنعت در ایران



- **آزمون ریشه واحد**

جدول (۱) نتایج آزمون وجود ریشه واحد متغیرها را برحسب آزمون‌های ایم، پسران و شین و ADF فیشر نشان می‌دهد. آزمون ADF فیشر، فرض می‌کند استقلال مقطعی در مشاهدات وجود دارد در حالیکه آزمون ایم،پسران و شین وابستگی مقطعی بین مشاهدات را در نظر می‌گیرد. در محاسبه مقادیر آماره‌های جدول از معیار اطلاعاتی AIC به‌منظور تعیین طول وقفه

استفاده‌شده است. مطابق با نتایج جدول، تمامی متغیرهای به‌کاررفته در مدل‌ها از درجه جمعی صفر برخوردار بوده ($I(0)$) و در سطح ایستا هستند.

جدول (۳): آزمون های ریشه واحد

متغیر	ایم،پسران و شین	فیشر ADF
TFP	-۶/۴۳ (۰)	۳۵/۲۱ (۰)
OTE	-۴/۴۵ (۰)	۳۵/۷۴ (۰)
OSE	-۵/۲۱ (۰)	۳۳/۴۱ (۰/۰۲۲)
$ROSE$	-۱۴/۲۱ (۰)	۴۱/۰۲ (۰)
EI	-۸/۲۶ (۰)	۲۸/۳۱ (۰)
- مقادیر داخل پرانتز معرف P-Value آزمون هستند.		

منبع: یافته‌های تحقیق

- ارزیابی رابطه علیت بین مصرف انرژی و TFP

قبل از برآورد مدل و روابط بین مصرف انرژی و TFP در بخش صنعت، این سوال مطرح شده است که آیا اساساً در مدل‌هایی با داده‌های بکار رفته، مصرف انرژی می تواند علت TFP باشد؟ برای پاسخ به این سوال یک مدل خودرگرسیون برداری در قالب داده‌های پنل(PVAR) با استفاده از متغیرهای مدل تحقیق برآورد شده است. برای این منظور، در نخستین گام به منظور تعیین وقفه بهینه، مدل PVAR با چهار وقفه برآورد شده و مقادیر آمارهای اطلاعاتی مدل‌های برآورد شده در جدول ۴ آورده شده است.

جدول (۴): تعیین وقفه بهینه مدل PVAR با استفاده از مقادیر آمارهای اطلاعاتی

lag	MBIC	MAIC	MQIC
۱	-۵۸۷،۰۰۲	-۹۷،۲۴۹	-۲۸۳،۴۸۷
۲	-۴۵۴،۸۴۳	-۸۷،۵۱۵	-۲۲۷،۱۹۳
۳	-۳۱۶،۲۳۲	-۷۱،۳۴۷	-۱۶۴،۴۶۶
۴	-۱۶۱،۲۱۵	-۳۸،۷۷۲	-۸۵،۳۳۲

منبع: یافته های تحقیق

با توجه به مقادیر تمام معیارهای اطلاعاتی جدول ۴، وقفه بهینه مدل یک تعیین شده و مدل با یک وقفه برآورد شده است. نتایج بررسی شرایط ثبات مدل برآورد شده در جدول۵ نیز نشان می‌دهد که تمامی مقادیر مشخصه های مدل برآورد شده در داخل دایره واحد قرار دارد و مدل برآورد شده از شرط ثبات برخوردار است.

جدول (۵): مقادیر مشخصه های مدل برآورد شده

۰٫۰۰۷۲۸۱۱	۰٫۰۳۸۴۵۴۸	۰٫۵۲۶۸۷	۰٫۷۱۷۷۵	۰٫۹۹۹۵۲

منبع: یافته های تحقیق

با برآورد مدل PVAR(1) از متغیرهای تحقیق، نتایج آزمون علیت گرنجر در جدول۶ آورده شده است. همانگونه که نتایج جدول نشان می‌دهد فرضیه صفر مبنی بر اینکه مصرف انرژی علت گرنجری TFP در بخش صنعت نیست رد می شود. اما فرضیه صفر مبنی بر اینکه TFP نمی‌تواند علت گرنجری مصرف انرژی باشد رد نشده است. بنابراین این نتایج مدل برآورد شده نشان می‌دهد که مصرف انرژی در بخش صنعت علت گرنجری TFP است اما TFP علت گرنجری مصرف انرژی نیست. بنابراین یک رابطه علیت یک سویه از مصرف انرژی به TFP در بخش صنعت ایران وجود دارد.

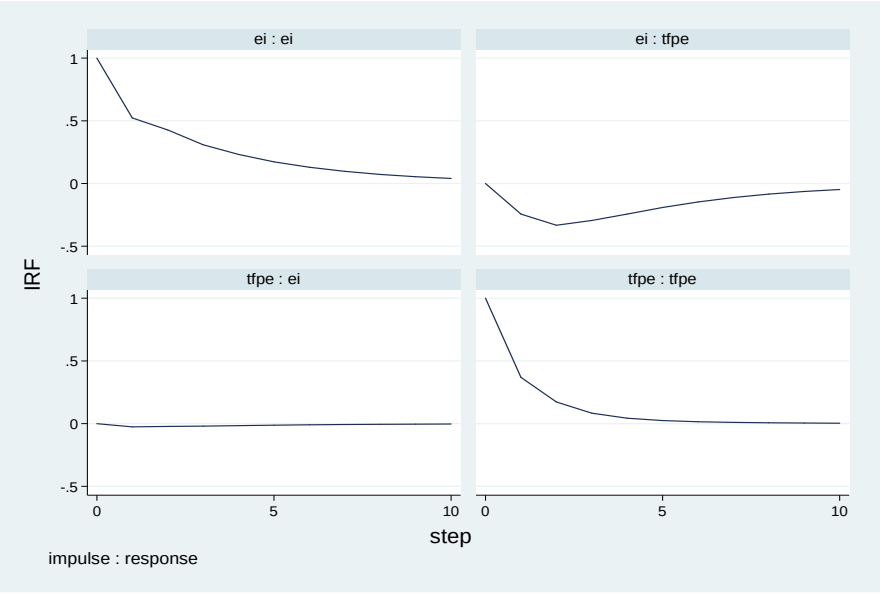
جدول (۶): آزمون علیت گرنجر مدل PVAR(1) از متغیرهای تحقیق

Equation \ Excluded	chi2	df	Prob > chi2
TFP			
EI	۶٫۲۲۱	۱	۰٫۰۱۳
OTE	۳٫۴۵۴	۱	۰٫۰۶۳
OSE	۵٫۹۴۴	۱	۰٫۰۱۵
OSME	۲٫۲۴۳	۱	۰٫۱۳۴
ALL	۱۱٫۰۷۱	۴	۰٫۰۲۶
TFP			
EI	۰٫۵۴۵	۱	۰٫۴۶
OTE	۱٫۱۱۹	۱	۰٫۲۹
OSE	۰٫۵۴۹	۱	۰٫۴۵۹
OSME	۱٫۰۵۶	۱	۰٫۳۰۴
ALL	۶٫۳۸۱	۴	۰٫۱۷۲

منبع: یافته های تحقیق

نمودار (۷)، نتایج الگوی ضربه واکنش دو متغیر مصرف انرژی (EI) و بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) را در چارچوب معادله پنج متغیره بالا نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود یک شوک وارد شده به اندازه یک انحراف معیار بر متغیر مصرف انرژی می‌تواند تا دو دوره بهره وری کل عوامل تولید بخش صنعت را کاهش دهد اما پس از آن تاثیر منفی مصرف انرژی بر بهره‌وری به تدریج کاهش می یابد.

نمودار(۷): الگوی ضربه واکنش دو متغیر مصرف انرژی(EI) و بهره وری کل عوامل تولید(TFP)



جدول (۷)، نتایج الگوی تجزیه واریانس خطای پیش بینی مدل برآورد شده را ارائه می‌دهد. نتایج این الگو بر حسب متغیر TFP نشان می‌دهد که سهم مصرف انرژی در تغییرات TFP طی یک دوره ۱۰ ساله به ۱۰ درصد می‌رسد و در نهایت مصرف انرژی ۱۰ درصد از تغییرات TFP را توضیح می‌دهد اما سهم مصرف انرژی در توضیح تغییرات کارایی فنی بنگاه‌های صنعتی طی دوره ۱۰ ساله ۱۴,۵ درصد است. به همین ترتیب مصرف انرژی ۵,۳ درصد از تغییرات مربوط به کارایی مقیاس بخش‌های صنعتی کشور را طی یک دوره ۱۰ ساله توضیح می‌دهد.

جدول (۷): واکنش متغیرهای بهره وری و کارایی بخشهای صنعتی به شوک مصرف انرژی در قالب یک الگوی تجزیه واریانس خطای پیش بینی

دوره	tfp	ote	ose	rose
۰	۰	۰	۰	۰
۱	۰	۰٫۱۹۹	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۱
۲	۰٫۰۱۷	۰٫۲۱۱	۰٫۰۰۲	۰٫۰۱۳
۳	۰٫۰۴	۰٫۲۰۵	۰٫۰۰۶	۰٫۰۳۳
۴	۰٫۰۵۸	۰٫۱۹۳	۰٫۰۱۳	۰٫۰۵۱
۵	۰٫۰۷۲	۰٫۱۸۱	۰٫۰۲	۰٫۰۶۵
۶	۰٫۰۸۲	۰٫۱۷۱	۰٫۰۲۸	۰٫۰۷۵
۷	۰٫۰۸۹	۰٫۱۶۳	۰٫۰۳۵	۰٫۰۸۲
۸	۰٫۰۹۴	۰٫۱۵۶	۰٫۰۴۲	۰٫۰۸۸
۹	۰٫۰۹۸	۰٫۱۵	۰٫۰۴۸	۰٫۰۹۲
۱۰	۰٫۱	۰٫۱۴۵	۰٫۰۵۳	۰٫۰۹۵

منبع: یافته های تحقیق

۵. بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه، رابطه بین مصرف انرژی و بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش صنعت در ایران با استفاده از داده های پنل ۱۱۰ شاخه صنعتی برحسب کدهای چهار رقمی ISIC و با بکارگیری روش خودرگرسیون برداری موردبررسی قرارگرفته است. نگاهی به میزان مصرف انرژی در بخش صنعت طی دوره ۱۳ ساله ۱۳۹۶- ۱۳۸۴ نشان می‌دهد که مصرف کل انرژی طی این دوره رشد ۸۷ درصدی را تجربه کرده است. از طرف دیگر بعد از بخش خانگی عمومی و تجاری، بخش صنعت بیشترین میزان انرژی مصرفی کل اقتصاد را به خود اختصاص می‌دهد و سهم مصرف انرژی بخش صنعت از کل مصرف انرژی در ایران طی دوره ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۶ از ۲۰ درصد به ۲۵ درصد افزایش‌یافته است. نگاهی به میزان مصرف انرژی در بخش صنعت ایران نشان می‌دهد که عمده انرژی مصرف‌شده در بخش صنعت از دو نهاده گاز طبیعی و انرژی برق تشکیل می‌شود. به گونه‌ای که گاز طبیعی ٪۸۱ و نهاده برق ٪۱۴ و درمجموع این دو نهاد ۹۵ درصد از کل انرژی مصرف‌شده در بخش صنعت در این سال‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و سهم سایر نهاده‌های انرژی ناچیز بوده است.

نتایج محاسبه TFP برحسب روش فار – پریمونت نشان می‌دهد که صنایع تولیدی مولدهای بخار، چکش‌کاری و پرسکاری و قالب‌زنی، تولید ماشین‌آلات، تولید رایانه و تجهیزات جانبی و تولید قالی و قالیچه دارای بیشترین بهره وری کل عوامل طی دوره موردبررسی بوده‌اند و صنایع

تکمیل منسوجات، تولید پوشاک ، تولید وسایل بازی و اسباب‌بازی ، تولید مواد شیمیایی اساسی و تولید لوکوموتیو و راه‌آهن به ترتیب از کمترین میزان TFP در دوره موردبررسی برخوردار بوده‌اند. درمجموع طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۸۱، ۲۷ صنعت از رشد TFP و ۸۳ صنعت از کاهش شاخص TFP برخوردار بوده‌اند.

نگاهی به روند شاخص کارایی TFP بخش صنعت نشان می‌دهد که حداکثر مقدار این شاخص در ایران تا کنون ۰/۸۹ بوده است. به عبارت دیگر، بخش صنعت تا کنون توانسته است به ۸۹ درصد از حداکثر بهره وری ممکن (با تکنولوژی در دسترس) دست پیدا کند. و در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ حداکثر این شاخص برای بخش صنعت حاصل شده است اما در دو سال انتهایی داده های مورد مطالعه یعنی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ افت قابل توجهی در این شاخص حاصل شده است به گو نه ای که این شاخص در سال ۱۳۹۸ به کمترین مقدار خود از سال ۱۳۸۳ رسیده است.

نتایج برآورد یک مدل خودرگرسیون برداری در قالب داده‌های پنل (PVAR) نشان می‌دهد فرضیه صفر مبنی بر اینکه مصرف انرژی علت گرنجری TFP در بخش صنعت نیست رد می‌شود. اما فرضیه صفر مبنی بر اینکه TFP نمی‌تواند علت گرنجری مصرف انرژی باشد رد نشده است. بنابراین مصرف انرژی در بخش صنعت علت گرنجری TFP است اما TFP علت گرنجری مصرف انرژی نیست. از اینرو، یک رابطه علیت یک سویه از مصرف انرژی به TFP در بخش صنعت ایران وجود دارد. این موضوع توسط نتایج مطالعات توگسو و تیواری (۲۰۱۶)، آلتینوز (۲۰۲۱) و حسینی (۱۳۹۱) نیز تایید شده است. نتایج الگوی ضربه واکنش نیز نشان می‌دهد. یک شوک وارد شده به اندازه یک انحراف معیار بر متغیر مصرف انرژی می تواند تا دو دوره بهره وری کل عوامل تولید بخش صنعت را کاهش دهد اما پس از آن تاثیر منفی مصرف انرژی بر بهره‌وری به تدریج کاهش می‌یابد. نتایج مطالعات راس و همکاران (۲۰۱۹) و انوشه پور و همکاران (۱۴۰۰) نیز نشان می دهند که مصرف انرژی های تجدید ناپذیر می تواند رشد TFP را کاهش دهد. همچنین، نتایج الگوی تجزیه واریانس خطای پیش بینی بر حسب متغیر TFP نشان می‌دهد که سهم مصرف انرژی در تغییرات TFP طی یک دوره ده ساله به ۱۰ درصد می‌رسد و در نهایت مصرف انرژی ۱۰ درصد از تغییرات TFP را توضیح می‌دهد اما سهم مصرف انرژی در توضیح تغییرات کارایی فنی بنگاه‌های صنعتی طی دوره ده ساله ۱۴,۵ درصد است. به همین ترتیب مصرف انرژی ۵,۳ درصد از تغییرات مربوط به کارایی مقیاس بخش‌های صنعتی کشور را طی یک دوره ده ساله توضیح می‌دهد. با توجه به نتایج تحقیق، یکی از الزامات مهم

افزایش بهره‌وری در بخش صنعت کشور، توجه به سیاست‌های کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در این بخش است و استراتژی های توسعه صنعتی در ایران بایستی این موضوع را مدنظر قرار دهد.

منابع

- ـ انوشه پور، آمنه.، مقدسی، رضا .، محمدی نژاد، امیر و یزدانی، سعید. (۱۳۹۹). بررسی رابطه مصرف انرژی و بهره‌وری کل عوامل تولید کشاورزی با کاربرد رهیافت رگرسیون چندک در بخش کشاورزی ایران. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران.
- ـ اویسی, محمد.، همایونی فر، مسعود.، مصطفوی، سیدمهدی و ناجی میدانی، علی اکبر. (۱۴۰۰). اثر تغییرات بهره‌وری بخش‌های اقتصادی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، انرژی گرمایی، رشد و توسعه اقتصادی. فصلنامه علمی مدلسازی اقتصادی. ۷۶-۶۷، ۱۵(۵۴).
- ـ آقایی، مجید و رضاقلی زاده مهدیه (۱۳۹۴). مصرف انرژی و رشد ارزش افزوده در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران: رویکرد هم انباشتگی و تصحیح خطای پانل. مجله اقتصاد و توسعه منطقه‌ای سال ۲۲، شمارهٔ ۹، بهار و تابستان.
- ـ نیک نقش، ابراهیم.، شجاع، نقی.، موحدی، محمدمهدی.، و ابری، امیرغلام. (۱۳۹۹). کارایی انرژی و اولویت بندی آن در صنایع تولیدی ایران. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضیات کاربردی)، ۱۷(۳ (پیاپی ۶۶))، ۱۳۵-۱۴۷.
- عباسی، ابراهیم (۱۳۹۴). پیش‌بینی مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران. فصلنامه اقتصاد مالی. دوره ۹، شماره ۳۲، صفحات ۱۰۲-۸۱.
- حسینی، سیدسعید. (۱۳۹۱). اثر باز بودن تجاری و مصرف انرژی بر بهره‌وری کل عوامل تولید در صنایع بزرگ ایران (دوره ۱۳۸۸-۱۳۸۲). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی، مشهد.
- Akinlo A. E. (2008). Energy consumption and economic growth: evidence from 11 Sub-Sahara African countries. Energy Economics, 30 (5), 2391–2400.
- Altınöz., B. (2021). "The Effect of Renewable and Fossil Fuel Energy Consumption on Total Factor Productivity in G20 Countries," Journal of Research in Economics, Politics & Finance, Ersan ERSOY, vol. 6(SI), pages 54-64.
- Apergis, N., Payne J. E. (2009). Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel cointegration and error correction model. Energy Economics, 31 (2), 211–216.

- Berndt, E. R. (1990). Energy use, technical progress and productivity growth: A survey of economic issues. Journal of Productivity Analysis, volume 2, pages 67–83.
- Bruns, S. B., Gross, C. & Stern, D. I. (2014). Is There Really Granger Causality Between Energy Use and Output? Energy Journal. 35, 101–134.
- Danmaraya, I. & Sallahuddin H, (2016). Electricity Consumption and Manufacturing Sector Productivity in Nigeria: An Autoregressive Distributed Lag-bounds Testing Approach. International Journal of Energy Economics and Policy, 2016, 6(2), 195-201
- Easterly, W. & Levine, R. (2001). It's Not Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models. World Bank Economic Review, 15(2), 177–219.
- Jarvis, A. (2018) 'Energy Returns and The Long-run Growth of Global Industrial Society', Ecological Economics, 146, pp. 722-729.
- Kraft J. & Kraft A. (1978). On the relationship between energy and GNP. Journal of Energy and Development, 3, 401–403.
- Ladu, M. G. & Meleddu, M., (2014). Is there any relationship between energy and TFP (total factor productivity)? A panel cointegration approach for Italian regions, Energy ,Volume 75 ,Pages 560-567.
- Ozturk ,I. (2010). A literature survey on energy-growth nexus. Energy Policy, 38 (1), 340–349.
- Rahman, M. S., Shahari, f. & Noman, A. H., (2017). The interdependent relationship between sectoral productivity and disaggregated energy consumption in Malaysia: Markov Switching approach ,Renewable and Sustainable Energy Reviews ,Volume 67 ,Pages 752-759.
- Rath, B. N., Vaseem A., D., Prasad, D., & Mahalik, M, K., (2019). Do fossil fuel and renewable energy consumption affect total factor productivity growth? Evidence from cross-country data with policy insights. Energy Policy ,Volume 127 ,Pages 186-199.
- Stern, D. I. (2000). A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy. Energy Economics, 22 (2), 267–283.
- Tugcu, C. & Tiwari, A. (2016). Does renewable and/or non-renewable energy consumption matter for total factor productivity (TFP) growth? Evidence from the BRICS, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 65, issue C, p. 610-616.
- Tugcu (2013). Disaggregate Energy Consumption and Total Factor Productivity: A Cointegration and Causality Analysis for the Turkish Economy. International Journal of Energy Economics and Policy. Vol. 3, No. 3, 2013, pp.307-314.
- Van der Werf, E. (2008). Production functions for climate policy modeling: An empirical analysis. Energy Economics. 30, 2964–2979.
- Wrigley, E. (2016) The Path to Sustained Growth: England's Transition from Organic Economy to an Industrial Revolution. United Kingdom: Cambridge University Press.

- Zha, D. & Zhou, D. (2014). The elasticity of substitution and the way of nesting CES production function with emphasis on energy input. journal of Applied Energy. 130, 793–798.

Computational Economics
ISSN 2821-0433

Energy Consumption and Total Factor Productivity of Industrial Sector in Iran

Seyed Ali Emami[1]
Seyed Yahya Abtahi[2]*
Zohreh Tabatabaienasab[3]
Mohamadali Dehghan Tafti[4]

Abstract

In this paper, the effects of energy consumption on the total factor productivity (TFP) have been examined in the industrial sector in Iran. For this purpose, Far-Primont's TFP index and its decomposition into different efficiency components have used. The results of a vector autoregressive model in the form of panel data (PVAR) show that the null hypothesis that energy consumption is not the Grange cause of TFP in the industry sector is rejected. However, the null hypothesis that TFP cannot be the Granger cause of energy consumption is not rejected. Therefore, there is a one-way causality relationship between energy consumption to TFP in Iran's industrial sector. Also, the results of the impulse-response of two energy consumption (EI) and TFP show that a shock of one standard deviation on the energy consumption can increase the TFP of the industry sector for up to two periods. However, after that the negative impact of energy consumption on TFP gradually decreases.

Keywords

Energy consumption; Total factor productivity; Industrial sector; Panel vector autoregressive; Iran.

***JEL Classification*:** C33; O47; Q30; Q43

[1] Ph.D. student in Economics, Department of Economics, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran, Email: Ali54emami@gmail.com
[2*] Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran. Corresponding Author, Email: SY.Abtahi@iau.ac.ir
[3] Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran, Email: Tabatabaienasab@iauyazd.ac.ir
[4] Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran, Email: dehghantafti@iauyazd.ac.ir