فصلنامه مدلسازی اقتصادی (سال پانزدهم، شماره ۲ «پیاپی ٥٤» تابستان ١٤٠٠، صفحه‌های ٨٦-٦٧)

اثر تغییرات بهره‌وری بخش‌های اقتصادی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، انرژی گرمایی، رشد و توسعه اقتصادی[1]

محمد اویسی[*]، مسعود همایونی‌فر[**]، سیدمهدی مصطفوی[+]، علی اکبر ناجی میدانی[×]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۸/۱۰

چکیده

هدف این مقاله بررسی اثر تغییرات بهره‌وری بخش‌های اقتصادی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، انرژی گرمایی، رشد و توسعه اقتصادی با استفاده از برآورد توابع تولید به روش تانگ و پنگ (۲۰۱۸) در چارچوب تکنیک سناریوسازی (شامل سه سناریو) است. نتایج نشان داد بخش‌های نه‌گانه اقتصاد کل و میزان بهره‌وری آنها در بازه زمانی ۱۳۵۳ - ۱۳۹۳ بین ۳/۱۷۵ تا ٤/٥٩ میلیون ریال است؛ بنابراین، نقطه شروع بهره‌وری کران پائین بهره‌وری بازه عملکردی ۳/۱۷۵ قرار می‌گیرد. هم‌چنین، در بخش‌های اقتصاد، صنعت و معدن، برق (نیروگاه‌ها) و ساختمان حتی با افزایش ۳۰ درصدی کران پائین بهره‌وری کل اقتصاد در بازه عملکردی (۳/۱۷۵) قرار ندارند. بر اساس نتایج، پیشنهاد می‌شود برنامه‌ریزان، مدیران و سیاست‌گذاران اقتصادی با تغییر تکنولوژی بهره‌وری بخش‌های صنعت و معدن، نیروگاه و بخش ساختمان را بیش از ۳۰ درصد افزایش دهند تا مقدار رشد اقتصادی مناسب به دست آید.

طبقه‌بندی JEL: Q42, O44, O13

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، رشد اقتصادی.

---

[1] این مقاله مستخرج از رساله دکتری محمد اویسی به راهنمایی دکتر مسعود همایونی‌فر و دکتر سید مهدی مصطفوی و مشاوره دکتر علی اکبر ناجی میدانی در دانشکده اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد است.

[*] دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، پردیس بین‌الملل، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران، پست الکترونیکی: moveici@yahoo.com

[**] دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی: homayounifar@um.ac.ir

[+] استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران، پست الکترونیکی: mostafavi@um.ac.ir

[×] دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران، پست الکترونیکی: naji@um.ac.ir

۱. مقدمه

در ادبیات اقتصادی، افزایش حجم تولید و ارتقای بهره‌وری دو عامل اصلی رشد اقتصادی دانسته شده است. بالا رفتن کمیت و کیفیت تولید داخلی با نهاده انرژی کم‌تر موجب کاهش انرژی گرمایی و آلایندگی شده و افزایش تولید نیز سبب رشد اقتصادی در زمینه‌هایی چون توسعه اقتصادی، اشتغال، ایجاد درآمد و رفاه خانوارها می‌شود.

می‌توان گفت رشد تولید به دو بخش «افزایش حجم تولید»[1] (= تولید مقادیر زیادی کالا در مدت زمانی کوتاه) و «بالا بردن میزان بهره‌وری» تقسیم‌بندی می‌شود. با توجه به کم‌یابی منابع تولید، بهترین و مؤثرترین روش دست‌یابی به رشد اقتصادی «بهبود بهره‌وری» است. همواره در طول تاریخ، تلاش‌های اقتصادی انسان بر آن بوده است که حداکثر نتیجه را با استفاده از کم‌ترین نهاده تولید و عوامل موجود به دست آورد. این تمایل را می‌توان دست‌یابی به «بهره‌وری بالاتر» نامید. از سوی دیگر، با مزیت نسبی در کالاها، تلاش برای بهبود بهره‌وری به پایه اصلی رقابت در صحنه جهانی تبدیل شده است. از طریق افزایش بهره‌وری، می‌توان سطح کارایی بخش‌ها و میزان فعالیت‌های تولیدی و رشد تولید محصولات را ارتقا بخشید.

اقتصاددانان نئوکلاسیک با اشاره به امکان جانشینی عوامل تولید اظهار می‌کنند که پیشرفت دانش و تکنولوژی از طریق افزایش بهره‌وری در سرمایه و نیروی کار، نیاز به مصرف انرژی در فرایند تولید را کاهش می‌دهد؛ از این‌رو، فرایند رشد و تولید اقتصادی با وجود محدودیت در ذخایر انرژی امکان‌پذیر است؛ بنابراین، انرژی رابطه ضعیف و تفکیک‌پذیری با نیروی کار دارد و به عنوان یک عامل مؤثر و ضروری در رشد اقتصادی مطرح نمی‌شود. در مقابل، اقتصاددانان بوم‌شناختی با بیان اینکه برای تشکیل سرمایه و نگهداری آن به مصرف مقادیر فراوان انرژی و ماده نیاز است و هم‌چنین، در مکانیزم تبدیل ماده از شکلی به شکلی دیگر، انرژی به عنوان یک نهاده ضروری لازم است، بنابراین به اهمیت انرژی و نقش آن در فرایند تولید کالا اشاره دارند.

آنها در نظریات خود به قوانین ترمودینامیک – مبنی بر اینکه انرژی ثابت است، از بین نمی‌رود و ایجاد هم نمی‌شود؛ بلکه از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌شود– استناد می‌کنند. آنها در پاسخ به ادعای نئوکلاسیک‌ها مبنی بر امکان جانشینی میان تکنولوژی و انرژی به عنوان

[1] High-Volume Manufacturing

نهاده‌های تولید، بیان می‌کنند که بهبود بهره‌وری در نهاده‌های نیروی کار و سرمایه موجب رشد مطلوب می‌شود. هم‌چنین به کارگیری این دو نهاده در فرایند تولید نیازمند صرف انرژی است؛ زیرا پیشرفت دانش و تکنولوژی تنها یکی از نهاده‌های شرکت‌کننده در تولید در میان سایر نهاده‌های تولیدی است. بر اساس «نظریه بوم‌شناختی»[1] انرژی عامل و محرک رشد اقتصادی بوده و سیاست‌های تهدیدکننده مصرف انرژی به عنوان عامل بازدارنده رشد اقتصادی دانسته می‌شوند.

رشد اقتصادی[2]، فرایندی است که محور اصلی تولید با تغییرات تولید ناخالص داخلی به قیمت پایه در سال موردنظر نسبت به سال گذشته است. بهره‌وری جزئی یا بهره‌وری عامل نیروی کار و سرمایه مشخص نسبت به تولید سنجیده می‌شود. این عامل تولید می‌تواند انرژی نیز باشد. از دیدگاه اقتصاد تولید، اگر این نسبت به صورت نسبت ارزش افزوده به یکی از نهاده‌ها ارائه شود، «بهره‌وری متوسط» یا «تولید متوسط عامل» گفته می‌شود (تانگ، پنگ و ییلان،[3] ۲۰۱۸).

انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید در حیات اقتصاد صنعتی جوامع، نقش زیربنایی را ایفا می‌کند. استفاده نامناسب و غیرکارا از انرژی، منجر به پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی و حتی غیراقتصادی می‌شود. با توسعه و پیشرفت اقتصادی، اهمیت انرژی هم به طور فزاینده‌ای افزایش می‌یابد. براساس آمار ترازنامه انرژی کشور، مصرف کل انرژی بخش صنعت از سال ۱۳۷٤ – ۱۳۸۹ بیش از ۲٦۲ درصد افزایش یافته است. مصرف کل انرژی بخش صنعت کشور در سال ۱۳۷٤ بالغ بر ۱۰٤/۷ میلیون بشکه معادل نفت خام بود که در سال ۱۳۸۹ این رقم به ۲۷٤/٦ میلیون بشکه افزایش پیدا کرده است (آرمن و تقی‌زاده، ۱۳۹۲).

از آنجا که قدر مطلق میزان مصرف انرژی در بررسی‌ها نمی‌تواند به خودی خود ملاک درستی برای محاسبه بهره‌وری و آگاهی از الگوهای فرهنگی و مصرفی باشد، شاخصی به نام «شدت مصرف انرژی» تعریف شده است. «شدت انرژی» از تقسیم مصرف نهایی انرژی بر تولید ناخالص داخلی به دست می‌آید و نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و

[1] Ecological Systems Theory
[2] Economic Growth
[3] Tang, Peng, Yilan

خدمات، چه مقدار انرژی به کار رفته است. در حال حاضر معیار شدت انرژی از جمله شاخص‌های استراتژیک در کشورهای توسعه‌یافته است (بومان، ۲۰۰۸: ٦). بالا بودن شدت مصرف انرژی در تولید محصولات صنعتی پدیده‌ای است که کشورهای در حال توسعه از جمله ایران با آن روبرو هستند.

با توجه به مطالب یاد شده در بالا و دیگر شواهد نظری موجود در خصوص توجیه وجود ارتباط بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی، می‌توان وجود چنین رابطه‌ای را از دیدگاه نظری تا حدود زیادی منطقی و قابل توجیه تلقی کرد. بر این اساس، سوال‌های کلیدی پژوهش این است که مصرف انرژی چه اثری بر بهره‌وری تولید در اقتصاد ایران دارد. دیگر این که، در صورتی که دولت بخواهد سیاست‌های مربوط به افزایش بهره‌وری انرژی و بهره‌وری کل را اعمال نماید، چه اثراتی بر ستانده کل اقتصاد و نهاده اعم از نهاده‌های ثابت و نهاده‌های واسطه‌ای خواهد داشت. هم‌چنین، با افزایش نهاده‌های تولید میزان مصرف انرژی (گرمایی) در قالب مصرف نهایی خانوار و مصرف واسطه‌ای تولید چگونه خواهد بود.

برای پاسخ به سوال‌های یاد شده مقاله بدین صورت سازمان‌دهی شده است که در ادامه بعد از مقدمه، در بخش دوم، ادبیات پژوهش مرور می‌شود؛ در بخش سوم، روش پژوهش عرضه می‌شود؛ بخش چهارم به یافته‌ها و پنجم به نتیجه‌گیری و پیشنهادها اختصاص دارد.

۲. مروری بر ادبیات پژوهش

۲-۱. مبانی نظری

مدل‌های رشد

مدل سولو[1] بر اساس نسبت‌های ثابت عوامل تولیدی هارود[2] (۱۹۳۹) و دومار[3] (١٩٤٦) و مدل دوبخشی لوئیس، مدل ساده‌شده‌ای از رشد اقتصادی را معرفی می‌کند و برآوردهای اولیه رشد اقتصادی برای نمونه‌ای از کشورهای توسعه‌یافته نشان می‌دهد که در مدل یاد شده، باقیمانده با سهم بالایی بدون توضیح باقی می‌ماند و پیشنهاد می‌کند که سرمایه و نیروی کار تنها بخشی

[1] Solow
[2] Harrod
[3] Domar

از رشد تولید سرانه را توضیح می‌دهد؛ لذا ناتوانی مدل رشد نئوکلاسیکی در تبیین رفتارهای بین کشورها به لحاظ نرخ‌های رشد تولید سرانه، زمینه بروز انتقادها را فراهم ساخت و تحقیقات گسترده با لحاظ انباشت سرمایه انسانی پیشنهاد می‌کنند که عواملی غیر از سرمایه فیزیکی، نیروی کار و سرمایه انسانی بخش عمده‌ای از تفاوت‌های آشکار مابین کشورها را به لحاظ سطح و نرخ رشد تولید ناخالص داخلی توضیح می‌دهد (کمیجانی، پاداش، صادقین و احمدی حدید، ۱۳۹۰: ۳).

شکست مدل‌های نئوکلاسیکی در راستای تبیین دقیق رشد تولید، راه را برای مدل‌هایی که بر تحلیل منابع رشد بهره‌وری کل عوامل تولید تمرکز دارند و در اصطلاح به مدل‌های رشد درون‌زا معروف‌اند، بازکرد. طرفداران نظریه رشد درون‌زا ادعا می‌کنند که رشد سرمایه فیزیکی به تنهایی نمی‌تواند رشد تولید سرانه را توضیح دهد و مدل‌های رشد نئوکلاسیکی توانایی شناسایی عواملی که رشد اقتصادی را توضیح دهند، ندارند. آنها استدلال می‌کنند که باقیمانده سولو به متغیرهایی عکس‌العمل نشان می‌دهند که درون‌زا هستند. مباحثات اصلی آنها نه تنها سرمایه انسانی را مورد ملاحظه قرار می‌دهد؛ بلکه بر نقش تجارت بین‌المللی نیز تأکید دارند (همان).

در تحلیل نظریه‌های جدید رشد، علاوه بر دو نهاده نیروی کار و سرمایه، نهاده انرژی نیز به مدل‌های رشد اضافه شده است؛ اما با وجود این، اقتصاددانان در ارتباط با نقش و اهمیت حضور این نهاده در فرایند تولید اتفاق‌نظر ندارند. به طور کلی، اختلاف دیدگاه‌ها در قالب دو نظریه نئوکلاسیکی و بوم‌شناختی که دلالت‌های سیاستی متفاوتی به همراه دارد، تجلّی می‌یابد.

اقتصاددانان نئوکلاسیک با اشاره به امکان جانشینی میان عوامل تولید ادعا می‌کنند که پیشرفت دانش و تکنولوژی از طریق افزایش بهره‌وری در سرمایه و نیروی کار، نیاز به مصرف انرژی در فرایند تولید را کاهش خواهد داد. از این‌رو، فرایند رشد و تولید اقتصادی با وجود محدودیت در ذخایر انرژی امکان‌پذیر است. بنابراین، انرژی رابطه ضعیف و تفکیک‌پذیری با نیروی کار دارد و به عنوان یک عامل مؤثر و ضروری در رشد اقتصادی مطرح نمی‌شود.

یافته‌های تجربی حاکی از ارتباط علّی یک طرفه یعنی، از مصرف انرژی به رشد اقتصادی و یا علّیت دو طرفه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی است که بیان می‌کند سیاست‌های کاهش مصرف انرژی مبتنی بر حفظ منابع، اثر معکوسی بر رشد اقتصادی دارد. به عبارت

دیگر، یافته‌های تجربی علّیت یک طرفه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی یا عدم وجود رابطه علّی نشان می‌دهد که سیاست‌های حفاظتی در مورد انرژی که مصرف انرژی را کاهش می‌دهند اثر معکوسی بر رشد اقتصادی نخواهند داشت (آپرجیس و پاین[1]، ۲۰۱۱).

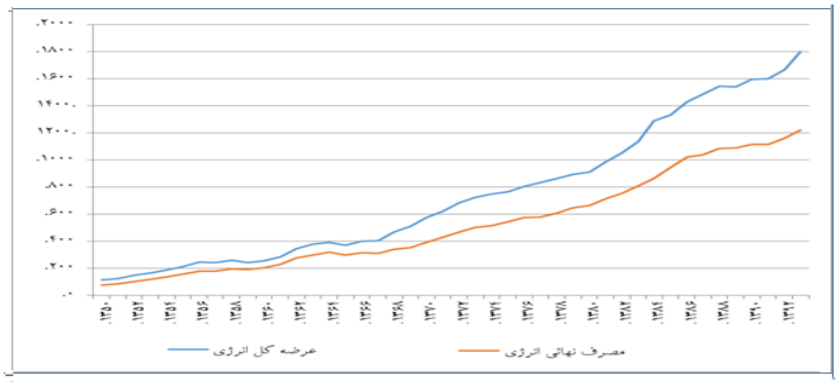
بررسی ادبیات مرتبط با موضوع بحث نشان می‌دهد افزون بر مطالعات مربوط به ارزیابی روابط علّی میان مصرف انواع انرژی و رشد اقتصادی (که از آزمون‌های علّیت مرسوم مانند انگل- گرنجر، تودا و یاماموتو استفاده شده) در سایر پژوهش‌ها، اثر مصرف انرژی بر رشد اقتصادی با استفاده از داده‌ها و الگوهای سری زمانی مورد بررسی قرار گرفته است. هم‌چنین این مطالعات نشان می‌دهند که الگوهای ARDL، VAR، VECM و SVAR نسبت به الگوهای دیگر، کاربرد بیش‌تری داشته‌اند. نکته مهم در خصوص کاربرد آزمون‌های علّیت و الگوهای برآورد روابط رگرسیونی با داده‌های سری زمانی، ماهیت داده‌های سری زمانی است که مبنای اصلی تعیین روش برآورد خواهد بود. در این مقاله برخلاف سایر مطالعات که از روش‌های اقتصادسنجی استفاده کرده‌اند؛ تکنیک‌های ریاضی مبنای بررسی تجربی قرار گرفته است. این مقاله بر این فرضیه تاکید دارد که مصرف انرژی و رشد اقتصادی هم‌بستگی مثبتی دارند.

«بهره‌وری»[2] در معنای لغوی عبارت است از قدرت تولید، باروری و مولد بودن. در ادبیات مرتبط تعریف‌های گوناگونی از بهره‌وری ارائه شده است. بهره‌وری عبارت است از نسبت مقدار محصول به مقدار یک یا چند عامل تولید. بهره‌وری بالاتر به معنای تولید محصول بیش‌تر (کمّی و کیفی) با استفاده از همان مقدار نهاده قبلی است. به طور کلی، بهره‌وری تنها یک رابطه ساده نیست؛ بلکه مجموعه‌ای از روش‌ها برای رسیدن به یک معیار بالای زندگی است. مفهوم بهره‌وری در سیستم‌های مختلف اقتصادی و یا سیاسی با هم فرقی ندارد و به قول ژان فوراستیه، مفهوم بهره‌وری رنگ سیاسی و وطن خاصی ندارد و مللی که از لحاظ ایدئولوژی اجتماعی کاملاً مخالف یکدیگرند، آن را به یک اندازه پذیرفته‌اند (دشتی، یاوری و صباغ کرمانی، ۱۳۸۸).

[1] Apergis & Payne
[2] Productivity

مصرف انرژی به عنوان عامل ضروری تولید در اقتصاد ایران

رابطه بین مصرف انرژی و توسعه اقتصادی به طور گسترده در سراسر جهان مورد مطالعه قرار گرفته است. انرژی، یک عامل ضروری برای تولید است و نقش مهمی در رشد اقتصادی دارد. نمودار (۱) تولید و مصرف انرژی در ایران طی سال‌های ۱۳۵۰ – ۱۳۹۳ را نشان می‌دهد که بر اساس آن، تولید انرژی و مصرف انرژی روندی افزایشی داشته است. بر اساس نمودار (۱) ایران در سال ۱۳۵۰، ۱۱٤/۲ میلیون بشکه نفت خام عرضه کرده و مصرف نهایی آن مقدار ۷٤/۲ میلیون بشکه نفت خام بوده و متوسط نسبت سالیانه مصرف نهایی انرژی به کل عرضه انرژی با ۷۲/۲ درصد در سال ۱۳۹۳ به عرضه ۱۷۹۹/۲ و مصرف نهایی ۱۲۱۹/۲ میلیون بشکه نفت خام رسیده است. از این‌رو، اقتصاد و جامعه ایران به طور فزاینده‌ای به مصرف انرژی متکی هستند.



نمودار ۱. عرضه و مصرف نهایی انرژی طی سال‌های ۱۳۵۰– ۱۳۹۲

منبع: ترازنامه انرژی، ۱۳۹۳.

تولید ناخالص داخلی (GDP) یکی از مقیاس‌های اندازه‌گیری و شاخص تولید در اقتصاد است. تولید ناخالص داخلی در برگیرنده ارزش مجموع کالاها و خدماتی است که طی یک دوره معین، معمولاً یک ساله، در یک کشور تولید می‌شود. در این تعریف، منظور از کالاها و

خدمات نهایی، کالا و خدماتی است که در انتهای زنجیره تولید قرار گرفته‌اند و خود آنها برای تولید و خدمات دیگر خریداری نمی‌شوند.

۲-۲. پیشینه پژوهش

به دلیل اهمیتی که رشد اقتصادی و ارتقای بهره‌وری عوامل تولید در اهداف توسعه اقتصادی کشورها دارد، بررسی عوامل مؤثر بر این متغیرها به عنوان یکی از موضوعات مهم مطرح بوده است. محققان در مطالعات زیادی به ارزیابی اثر مصرف انرژی بر رشد اقتصادی و بهره‌وری پرداخته‌اند که در ادامه به اهمّ این مطالعات اشاره می‌شود.

مهرآرا و زارعی (۱۳۹۰) به بررسی رابطه میان رشد اقتصادی و رشد مصرف برق در برخی از کشورهای منتخب صادرکننده نفت در دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۷۲ پرداختند. نتایج تجربی مبتنی بر روش داده‌های ترکیبی نشان داد که مسیر علّیت میان رشد اقتصادی و رشد مصرف برق در بلندمدت به صورت دو طرفه بوده و در کوتاه‌مدت از طرف رشد مصرف برق به سوی رشد اقتصادی گرایش دارد. هم‌چنین، آنها در مطالعه دیگری (۱۳۹۰) اثرات خطی و غیرخطی مصرف انرژی بر رشد اقتصادی در ایران را طی دوره ۱۳٦۸-۱۳۳۸ مبتنی بر رویکرد رگرسیون حد آستانه‌ای ارزیابی کردند. نتایج نشان داد در رژیم مصرف سرانه پایین انرژی، اثر نهایی مصرف انرژی بر رشد اقتصادی (با ضریب ۰/۰۹) مثبت و به طور قابل ملاحظه‌ای بیش‌تر از سایر رژیم‌هاست.

متفکر آزاد و غلامی (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای رابطه علّی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در بخش حمل و نقل ایران را برای دوره ۸٦-۱۳٤٦ مورد بررسی قرار دادند. یافته‌ها نشان می‌دهد که یک علّیت از رشد اقتصادی به مصرف انرژی در بخش حمل و نقل وجود دارد؛ در حالی که مصرف انرژی علّیت رشد اقتصادی در بخش حمل و نقل نمی‌باشد.

فطرس، آقازاده و جبرائیلی (۱۳۹۱) میزان تأثیر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر رشد اقتصادی را در کشورهای منتخب در حال توسعه (شامل ایران) در دوره ۲۰۰۹-۱۹۸۰ بررسی کردند. نتایج نشان داد بین متغیرها در بلندمدت رابطه هم انباشتگی وجود دارد.

حسینی (۱۳۹۱) نخست بهره‌وری کل عوامل را با استفاده از روش دیویژیا در دوره ۱۳۸۸-۱۳۸۲ اندازه‌گیری و سپس اثر باز بودن تجاری به همراه مصرف انرژی و سرمایه انسانی بر بهره‌وری کل عوامل تولید در زیر بخش‌های صنعت را ارزیابی کرد. نتایج نشان داد باز بودن تجاری، مصرف انرژی و سرمایه انسانی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر بهره‌وری کل عوامل تولید دارند.

فطرس، آقازاده، جبرائیلی (۱۳۹۳) به منظور بررسی روابط بین مصرف انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی در مناطق مختلف جهان در دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۸۰ از آزمون‌های هم انباشتگی و علّیت پانلی استفاده کردند. نتایج نشان داد که رابطه هم انباشتگی بین متغیرها در بلندمدت در مناطق منتخب جهان وجود دارد. میزان اثرگذاری بیشتر مصرف انرژی تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی، به ترتیب در مناطق آسیا اقیانوسیه، آمریکا، اروپا، خاورمیانه و آفریقا است.

چنانچه بررسی نتایج مطالعات قبلی نشان می‌دهد در اغلب موارد انرژی به عنوان یک عامل مهم در دست‌یابی به نرخ‌های رشد بالاتر و بهره‌وری مطلوب نهاده‌های تولیدی می‌باشد. اما در مورد انرژی‌های تجدیدپذیر این محاسن بیشتر نیز است و استفاده بیشتر این نهاده‌ها با تضمین پایداری منابع طبیعی و حفظ محیط زیست منجر به ارتقای بیشتر نرخ رشد و بهره‌وری عوامل تولید می‌شوند.

تیواری[1] (۲۰۱۱) ارتباط پویای بین مصرف انرژی تجدیدپذیر، رشد اقتصادی و آلودگی دی اکسید کربن را در دوره ۲۰۰۹-۱۹٦۵ در کشور هند بررسی کرد. نتایج نشان داد بروز یک شوک مثبت در مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، تولید ناخالص داخلی را افزایش و آلودگی دی اکسید کربن را کاهش می‌دهد. شوک مثبت تولید ناخالص داخلی نیز اثر مثبت بسیار بزرگ‌تری بر آلودگی دی اکسید کربن دارد.

سیلوا و همکاران[2] (۲۰۱۲) اثر افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از تولید الکتریسیته بر تولید ناخالص داخلی و آلودگی دی اکسید کربن را با استفاده از الگوی سه متغیره SVAR در دوره ۲۰۰٤-۱۹٦۰ در کشورهای آمریکا، دانمارک، اسپانیا و پرتغال بررسی کردند. نتایج نشان

[1] Tiwari
[2] Silva et al.

داد که به استثنای آمریکا در دیگر کشورهای مورد بررسی، توسعه مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در مراحل اولیه می‌تواند در فرایند رشد اقتصادی خلل ایجاد کند.

توگسو (۲۰۱۳) رابطه بلندمدت و کوتاه‌مدت بین مصرف انواع انرژی و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید را در دوره ۲۰۱۱-۱۹۷۰ در ترکیه بررسی کردند. نتایج نشان داد مصرف انواع انرژی رابطه هم‌جمعی با رشد بهره‌وری کل عوامل تولید دارد و رابطه علّی بین بهره‌وری و مصرف انرژی دو طرفه است.

هانگ پین[1] (۲۰۱٤) مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی را در کشورهای OECD با استفاده از داده‌های دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۸۲ بررسی کردند. روابط هم‌جمعی و علّی در پنج کشور شامل آمریکا، ژاپن، آلمان، ایتالیا و انگلستان تأیید شد.

مبارک[2] و همکاران (۲۰۱۵) رابطه علّی بین انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای و رشد اقتصادی را در فرانسه با استفاده از داده‌های فصلی ۲۰۱۲-۲۰۰۱ ارزیابی کردند. بر اساس یافته‌های پژوهش، رابطه یک طرفه‌ای بین رشد اقتصادی و تولید انرژی الکتریکی به روش هسته‌ای وجود دارد. در کوتاه‌مدت نیز رابطه علّی از تولید انرژی‌های تجدیدپذیر تأیید شد.

آلپر و اوگوز (۲۰۱٦) ارتباط علّی بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، سرمایه و نیروی کار را برای اعضای جدید اتحادیه اروپا در دوره ۲۰۰۹-۱۹۹۰ مطالعه کردند. نتایج پژوهش نشان داد که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر اثر مثبتی بر رشد اقتصادی در همه کشورهای مورد بررسی دارد. اما در بلغارستان، استونی، لهستان، و اسلوونی این اثر از نظر آماری معنی‌دار است.

توگسو و تیواری (۲۰۱٦) رابطه علّی بین مصرف انواع مختلف انرژی و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید را در کشورهای BRICS در دوره ۲۰۱۲-۱۹۹۲ بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که رابطه علّی قابل‌توجهی بین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی کشورهای BRICS وجود ندارد. اما در مورد دیگر انرژی‌ها، مصرف اثر مثبتی بر رشد بهره‌وری و توسعه اقتصادی کشورهای برزیل و آفریقای جنوبی دارد.

---

[1] Hung-Pin
[2] Mbarek et al.

۳. روش پژوهش

تصریح مدل

مصرف انرژی در طول پنج دهه یا بیشتر به طور مستمر با تولید انرژی افزایش یافته است. در این بازه زمانی، مصرف انرژی به طور عمده برای فعالیت‌های صنعتی مورد استفاده قرار گرفته و مصرف انرژی در بخش مصرف نهایی خانوارها هم تابعی از تقاضای اقتصاد و مطلوبیت آن است؛ بنابراین، مصرف انرژی با رشد اقتصادی افزایش داشته است. برای بررسی بیشتر از متغیرهای بهره‌وری جزیی انرژی که از نسبت انرژی به ستانده هر بخش است و اثر بهره‌وری کل نیز (نسبت ستانده به مصارف واسطه) استفاده می‌شود.

بازه تغییرات بهره‌وری به عنوان متغیر پیوسته در اقتصاد ایران، از دو زیربازه تشکیل می‌شود که عبارتند از: ۱) بازه تغییرات ناشی از عملکرد بخش‌های اقتصادی و ۲) زیربازه قابل قبول حاصل از اعمال پارمترهای ثابت در تابع تولید یک بنگاه اقتصادی.

فعالیت‌های عمده اقتصادی از لحاظ بهره‌وری به دو مجموعه کلی تقسیم می‌شوند که عبارتند از: بخش اول در حوزه بازه بهره‌وری عملکردی و بخش دوم در بازه بالقوه بهره‌وری است. انرژی‌های تجدیدپذیر با محیط‌زیست سازگاری بیش‌تری داشته و آلایندگی زیست‌محیطی ناچیزی دارند. از طرف دیگر، ضرورت استفاده از انرژی برای رشد و توسعه در کنار مسائلی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث شده است که کشورها به دنبال توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و تبیین نقش آنها بر رشد اقتصادی باشند.

در این مقاله ابتدا اثر بهره‌وری انرژی (جزیی) بررسی شده تا بتواند از طریق تحلیل اقتصادی در مقیاس کوچک‌تر بنگاه اقتصادی یک بازه قابل قبول برای بهره‌وری با فرض متغیر پیوسته بودن آن نشان دهد. سپس از طریق داده‌های ثبتی موجود در این الگو یک بازه عملکردی را برای متغیر بهره‌وری (کل) در رشد اقتصاد به دست می‌آورد. در نهایت، با انتخاب یک تابع احتمال از متغیر بهره‌وری تحلیل نظام‌مند از تغییرات مصرف انرژی، نهاده‌ها بر ستانده کل اقتصاد و انرژی گرمایی تخمین زده شده است.

مدل اثر تغییرات بهره‌وری بر مصرف انرژی و رشد اقتصادی

در این پژوهش بدون خدشه به عمومیت مساله فرض بر این است که متغیر مستقل φ را

بهره‌وری بخش‌های اقتصاد ایران یعنی $\varphi \in [\varphi_{00} \ , \ \infty[$ در نظر گرفته می‌شود. که در آن φ_{00} مقداری از بهره‌وری می‌باشد که منجر به سودآوری تولید می‌شود. برای یافتن این پارامتر در اقتصاد کشور نیاز به توابعی است که با استفاده از آن پارامترهای ثابتی را به دست می‌آید که استفاده از آنها منجر به محاسبه کران پائین بهره‌وری می‌شود (تانگ و همکاران، ۲۰۱۸).

تابع مطلوبیت: این تابع گسترشی از تابع تولید یک بنگاه است و این تابع دارای ویژگی‌های است که عبارت است از: ۱) تولید کالاها همگن است؛ ۲. بهره‌وری متغیری پیوسته و زیرمجموعه $]\infty \ , \ 0]$ است؛ ۳. کشش جانشینی بین نهاده‌ها ثابت است؛ ٤. قیمت بر اساس هزینه نهایی تعیین می‌شود. بر اساس رابطه (۱) چنانچه بنگاهی برای ستانده y از n نهاده $x_1, \dots, x_n$ استفاده نماید؛ در این صورت داریم$y = f(x_1, \dots, x_n)$ که به عنوان تابع تولید در نظر گرفته می‌شود.

$$Q = U = (x_1^{\rho} + x_2^{\rho})^{\frac{1}{\rho}} \qquad (۱)$$

اگر بردار قیمت نهاده‌ها $\left(p_{x_1}, \dots, p_{x_n}\right)$ به ازای یک واحد از این نهاده‌ها در نظر گرفته شود؛ آنگاه داریم:

$$\begin{aligned} &Min\ p_{x_1}x_1 + \cdots + p_{x_n}x_n \\ &\text{s.t} \quad y = f(x_1, \dots, x_n) \end{aligned} \qquad (۲)$$

گفتنی است $x_1, \dots, x_n$ متغیر مستقل و پارامترهای $p_{x_1}, \dots, p_{x_n}$ و y ثابت فرض می‌شوند.

$$\text{L}=p_{x_1}x_1 + \cdots + p_{x_n}x_n + \lambda\big(\ y - f(x_1, \dots, x_n)\big) \qquad (۳)$$

با استفاده از ضرایب لاگرانژ و$\frac{\partial L}{\partial x_k} = 0$ و $\frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0$برای $k = 1, \dots, n$ جواب‌های $(x_1^*, \dots, x_n^*)$ که در آن $x_k^* = x_k^*(p_{x_1}, \dots, p_{x_n}, y)$ معروف به «توابع نهاده‌ای» برای تولید بنگاه در نظر گرفته می‌شود. برای تشریح و برآورد پارامترهای توابع و حل آن. مساله در چهار گزاره به شرح زیر بیان می‌شود:

گزاره اول: با در نظر گرفتن تابع تولید (مطلوبیت) $\text{Q} = (\int_{\varphi_0}^{\infty} q(\varphi)^{\rho})^{\frac{1}{\rho}}$ که در آن ثابت ρ را کشش جانشینی ثابت بین نهاده‌ها می‌باشد؛ جایی که $0 < \rho < 1$ و $q(\varphi)$ تولید را به عنوان تابعی از بهره‌وری معرفی می‌شود. در این صورت تابع قیمت آن به‌صورت:

$$\text{P} = (\int_{\varphi_0}^{\infty} (p(\varphi)^{\sigma})^{\frac{1}{\sigma}}$$

و کشش ثابت جانشینی قیمت آن σ در رابطه $\sigma = \frac{1}{1-\rho}$ است.[۱]

گزاره دوم: با استفاده از مفروضات گزاره اول می‌توان توابع نهاده $S(\varphi)$، تابع تولید $q(\varphi)$، تابع قیمت$p(\varphi)$ ، تابع درآمد$r(\varphi)$ ، تابع سود $\pi(\varphi)$ و کران پائین بالقوه بهره‌وری را به صورت زیر محاسبه کرد: $\left(\frac{\gamma^{\sigma} f\sigma}{P^{\sigma}\rho^{\sigma-1}Q}\right)^{\frac{1}{\sigma-1}}$ که در آن توابع قیمت نزولی و توابع تولید، مصرف و سود و درآمد توابع صعودی می‌باشند.

گزاره سوم: با توجه به تعریف بهره‌وری و داده‌های ثبتی بازه عملکردی زیربازه‌ای از بازه بالقوه بهره‌وری است.

گزاره چهارم: بر اساس ستانده $\mathrm{Y}_{\varphi_{01}}$ و نهاده $\mathrm{S}_{\varphi_{01}}$ و با توجه به مقدار بهره‌وری φ_{01} کران پائین بازه عملکرد بهره‌وری به صورت زیر تعریف می‌شود

$$\mathrm{Y}_{\varphi_{01}} = \int_{\varphi_{01}}^{\infty} \mathrm{M}q(\varphi)\mathrm{g}(\varphi)\mathrm{d}\varphi \quad , \quad \mathrm{S}_{\varphi_{01}} = \int_{\varphi_{01}}^{\infty} \mathrm{M}\frac{q(\varphi)}{\varphi}\mathrm{g}(\varphi)\mathrm{d}\varphi \qquad (٤)$$

زمانی که $\mathrm{g}(\varphi)$ تابع احتمال روی بازه $]\varphi_{00}\ ,\ \infty[$ باشد؛ در این صورت به ازای تغییر $\varphi \nearrow (1+\mathrm{x})\varphi$ خواهیم داشت:

$$\mathrm{Y}_{\frac{\varphi_{01}}{1+\mathrm{x}}} - \mathrm{Y}_{\varphi_{01}} = [(1+\mathrm{x})^{\sigma} - 1]\mathrm{Y}_{\varphi_{01}} + M\frac{\mathrm{K}}{\gamma^{\sigma}}(1+\mathrm{x})^{\sigma}\left(\int_{\frac{\varphi_{01}}{1+\mathrm{x}}}^{\varphi_{01}} \varphi^{\sigma}\mathrm{g}(\varphi)\mathrm{d}\varphi\right) \qquad (٥)$$

و

$$S_{\frac{\varphi_{01}}{1+\mathrm{x}}} - \mathrm{S}_{\varphi_{01}} = \mathrm{M}((1+\mathrm{x})^{\sigma-1}\int_{\frac{\varphi_{01}}{1+\mathrm{x}}}^{\varphi_{01}} \frac{q(\varphi)}{\varphi}\mathrm{g}(\varphi)\mathrm{d}\varphi + [(1+\mathrm{x})^{\sigma-1} - 1]\mathrm{S}_{\varphi_{01}} \qquad (٦)$$

بخش سوم: از آنجا که یک بشکه نفت خام معادل ٦/١١ گیگا ژول می‌باشد. لذا مقدار ثابت t=6.11 GJ در این صورت، تقاضای انرژی لازم با توجه به تعریف نهاده در بازه بهره‌وری عملکردی دارای مقدار زیر خواهد بود.

---

[۱] با توجه به محدودیت صفحات مقاله، روش اثبات حذف شده است.

$$E_{\varphi_{01}} = t(\,S_{\varphi_{01}} + Mf(1 - G(\varphi_{01})) \qquad (۷)$$

اگر یکی از بخش‌ها دارای بهره‌وری $\varphi \in [\varphi_{00}\ ,\ \varphi_{01}[$ باشد، میزان رشد بهره‌وری باید حداقل $x > (\frac{\varphi_{01}-\varphi}{\varphi})$ باشد تا بتواند بهره‌وری کل اقتصاد در بازه عملکردی قرار گیرد و در این صورت، میزان افزایش نهاده کل اقتصاد عبارت است از:

$$E_{\frac{\varphi_{01}}{1+x}} - E_{\varphi_{01}} = tM[(1+x)^{\sigma-1} \int_{\frac{\varphi_{01}}{1+x}}^{\varphi_{01}} \frac{q(\varphi)}{\varphi} g(\varphi)d\varphi +$$

$$t[(1+x)^{\sigma-1} - 1]S_{\varphi_{01}}] + t[Mf\left(1 - G\left(\frac{\varphi_{01}}{1+x}\right)\right) - Mf(1 - G(\varphi_{01})]$$

در جایی که M تعداد کل بخش‌ها می‌باشد. مجموع چندجمله‌ای اول و سوم معادله اخیر نشان می‌دهد که مصرف انرژی برای بخش‌هایی افزایش بهره‌وری (انتقال بهره‌وری به بازه عملکردی) داشته و دومین چندجمله‌ای، نشان‌دهنده مصرف انرژی برای شرکت‌کنندگانی است که تولید خود را افزایش دادند. با این شرط که از بهره‌وری عملکردی برخوردار می‌باشند. معادله اخیر می‌تواند به وضوح مشخص کند که مصرف انرژی برای تولیدکنندگان مختلف، افزایش یافته است. جمله چهارم در حقیقت $G(\varphi_{01}) - G\left(\frac{\varphi_{01}}{1+x}\right)$ تابع توزیع احتمال صعودی است.

تصریح مدل

با توجه به توابع تولید، مدل بهره‌وری به صورت زیر تصریح می‌گردد.

الف) میانگین بهره‌وری بخش‌های نه گانه اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۵۳ - ۱۳۹۳ در کران پائین به میزان ۳/۱۷۵ واحد و بالاترین آن ٤/٥۹ میلیون ریال می‌باشد. یعنی نقطه شروع بازه عملکردی کران پائین بهره‌وری از ۳/۱۷۵ که به عنوان بازه عملکردی تعریف شده است. همان‌طور پیش‌تر گفته شد که بهره‌وری از نسبت ستانده کل اقتصاد به داده یا مصرف واسطه کل تعریف شده است یعنی هر یک میلیون ریال مصرف واسطه چه میزان ستانده یا تولید کل صورت می‌گیرد.

ب) مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر برحسب میلیون بشکه نفت خام تبدیل شده است.

ج) سه سناریوی ۱۰، ۲۰، ۳۰ درصد بازه کران پایین بهره‌وری یعنی از نقطه شروع بهره‌وری ۳/۱۷۵ واحد انتخاب شده است.

د) نتایج اولیه بدون در نظر گرفتن مقدار ثابت تابع تولید بررسی شده، سپس مقدار ثابت نیز در مدل لحاظ شده است.

هـ) نتایج در سناریوی حاصل از تغییرات بهره‌وری در بازه کران پائین بر رشد مقدار مصرف نفت خام (تجدیدپذیر، تجدید ناپذیر)، اثر بر رشد تولید (ستانده کل اقتصاد) و مقدار گیگاژول انرژی گرمایی را نشان می‌دهد.

برای برآورد قیمت یک بشکه نفت خام از حاصل ضرب میانگین سالیانه قیمت دلار به ریال سال پایه ۱۳۸۳ در میانگین یک بشکه نفت خام به دلار با ضریب ۰/۰۰۰۵۲ میلیارد ریال برآورد شده است.

کشش ثابت جانشینی بین دو سوخت تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر ۰/۰۶۳ که به وسیله آن کشش جانشینی بین دو قیمت سوخت تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر ۱/۰۶۸برآورد شده است.

برآورد متوسط سالیانه قیمت کل ناشی از قیمت سوخت تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر ۰/۰۰۲۵۷ میلیارد ریال می‌باشد.

کران پائین بازه بالقوه بهره‌وری محاسبه شده برابر است با (۲۳-)^ ۱۰ *۱.۶۷. اما کران پائین بازه عملکردی بهره‌وری عبارتست از ۳/۱۷۵ است.

با توجه به اینکه ٤٤/٤ درصد بخش‌های عمده اقتصادی کمتر از کران پائین بهره‌وری عملکردی قرار دارند؛ لذا تابع احتمال توزیع بهره‌وری نسبت به کران پائین بهره‌وری عملکردی در نظر می‌گیریم. از تابع احتمال منحنی درجه ۲ استفاده شده است. با اجرای مدل سه سناریو نسبت به رشد بهره‌وری با درصدهای مختلف در نظر گرفته شده است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله اثر تغییرات بهره‌وری بخش‌های اقتصادی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، انرژی گرمایی، رشد و توسعه اقتصادی با استفاده از برآورد توابع تولید به روش تانگ و پنگ (۲۰۱۸) در چارچوب تکنیک سناریوسازی (شامل سه سناریو) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج سناریوسازی عبارت است از:

سناریوی اول: چنانچه بخواهیم بهره‌وری از نقطه شروع کران پائین بازه عملکردی بهره‌وری ۳/۱۷۵ به میزان ۱۰ درصد تغییر یابد؛ یعنی ۲/٥٦ واحد باشد، بدون در نظر گرفتن مقدار ثابت، در این صورت، پنج بخش اقتصاد یعنی بخش کشاورزی، صنعت معدن، ساختمان، نیروگاه‌ها و بخش حمل و نقل در بازه عملکردی قرار نمی‌گیرند. در این صورت، میزان مصرف انرژی هم از ١٣٤١٨٤ میلیون بشکه نفت خام درکل اقتصاد به ١٣٧٩٦٣ میلیون بشکه نفت خام یعنی به میزان ۲/۸۱ درصد تغییر خواهد کرد. هم‌چنین، در این سناریوی میزان ستانده کل (تولید کل) از ١٤٣٦٠٧ میلیون ریال به ١٦٧٢٩٥ میلیون ریال یعنی به میزان ١٦/٥ درصد رشد خواهد کرد.
انرژی گرمایی نیز از ۸۱۹۹۹۰ گیگاژول به ۸٤۳۰۸۹ گیگاژول به میزان ۲/۸۲ درصد تغییر خواهد کرد.

سناریوی دوم: چنانچه بخواهیم بهره‌وری بدون درنظر گرفتن مقدار ثابت تولید از نقطه شروع کران پائین ۳/۱۷۵ به میزان ۲۰ درصد تغییر یعنی ۲/٥٤ واحد باشد. چهار بخش اقتصاد یعنی کشاورزی، صنعت و معدن، ساختمان و نیروگاه‌ها در بازه عملکرد قرار نمی‌گیرند. در این صورت، میزان مصرف انرژی هم از ١٣٤١٨٤ میلیون بشکه نفت خام به ١٤٢٠٠٧ میلیون بشکه نفت یعنی ٥/٨٣ درصد تغییر خواهد کرد. هم‌چنین، در این سناریوی میزان ستانده کل (تولید کل) از ١٤٣٦٠٧ میلیون ریال به ۱۹۳۳۰۰ میلیون ریال یعنی به میزان ٣٤/٥ درصد رشد خواهد کرد. انرژی گرمایی نیز از ۸۱۹۹۹۰ گیگاژول به ٨٦٨٧١٠ گیگاژول به میزان ٥/٨٣ درصد تغییر خواهد کرد

سناریوی سوم چنانچه بخواهیم بدون در نظر گرفتن مقدار ثابت اولیه توابد از کران پائین بهره‌وری ۳/۱۷۵ واحد به میزان ۳۰ درصد تغییر یعنی ۲/۲۲ واحد یعنی سه بخش اقتصاد صنعت و معدن، نیروگاه و ساختمان نیز در بازه عملکرد بهره‌وری قرار نمی‌گیرند. میزان مصرف انرژی در این سناریوی ١٣٤١٨٤ بشکه نفت خام به ١٤٥٩٥٥ میلیون بشکه نفت یعنی ۸/۷۷ درصد تغییر خواهد کرد.

در این سناریوی میزان ستانده کل تولید کل (از ۱٤۳٦۰۷ میلیون ریال به ۲۲۰۳۱۳ میلیون ریال یعنی به میزان ۵۳/٤۱ درصد رشد خواهد کرد. انرژی گرمایی نیز از ۸۱۹۹۹۰ گیگاژول به ۸۹۱۹٤٦ گیگاژول به میزان ۸/۷۸ درصد تغییر خواهد کرد.

بر اساس نتایج، پیشنهاد می‌شود سیاستگذاران اقتصادی ترتیبی اتخاذ نمایند تا بهره‌وری بخش‌های مختلف صنعت و معدن، نیروگاه و بخش ساختمان بیش از ۳۰ درصد افزایش یابد. این امر با تغییر تکنولوژی انجام خواهد گرفت.

منابع

- آرمن، سید عزیز، تقی‌زاده، سمیرا. (۱۳۹۲). بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۲ (۸): ۱-۲۰.
- ابریشمی، حمید، مصطفایی، آذر. (۱۳۸۰). بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف فرآورده‌های عمده نفتی. *مجله دانش و توسعه*، ۱٤: ۱۱-٤۵.
- اکبری، نعمت‌اله، رنجکش، مهدی. (۱۳۸۲). بررسی رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش کشاورزی ایران طی دوره ۷۵- ۱۳٤۵. *فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه*، شماره ٤۳ و ٤٤،: ۱۱۷-۱٤۲.
- امینی، علیرضا. (۱۳۸۳). اندازه‌گیری و تحلیل عوامل مؤثر در بهره‌وری کل عوامل در بخش صنعت و معدن. *پیک نور- علوم انسانی*: (٤)۲: ٤۷-۷۳.
- امامی میبدی، علی. (۱۳۸٤). *اصول اندازه‌گیری بهره‌وری و کارایی*. انتشارات موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران.
- ترازنامه انرژی، (۱۳۹۳). معاونت امور برق و انرژی، وزارت نیرو.
- تشکینی، احمد. (۱۳۸٤). اقتصادسنجی کاربردی به کمک Microfit. نشر مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران، چاپ اول، تهران.
- نوفرستی، محمد. (۱۳۸۷). ریشه واحد و همجمعی در اقتصادسنجی، چاپ دوم، انتشارات رسا، تهران.

- آماده، حمید، قاضی، مرتضی، عباسی‌فر، زهره. (۱۳۸۸). بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران. *مجله تحقیقات اقتصادی*، ۸٦: ۱-۳۸.

- دشتی، نادر، یاوری، کاظم, صباغ کرمانی، مجید. (۱۳۸۸). تجزیه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در صنعت ایران با استفاده از رهیافت اقتصادسنجی. فصلنامه اقتصاد مقداری، ٦(۱): ۱۰۱-۱۲۸.

- ولی‌زاده زنوز، پروین. (۱۳۸۸). بهره‌وری نیروی‌کار، سرمایه و کل عوامل تولید. مجموعه پژوهش‌های بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.

- کمیجانی، علی اکبر، پاداش، حمید، صادقین، علی، احمدی حدید، بهروز. (۱۳۸۹). عوامل مؤثر بر ارتقای بهره‌وری کل عوامل تولید در ایران. پژوهش‌های پولی و بانکی، ۲(٥): ۱-۳۸.

- نایبی، حمیدرضا، ابراهیمی، رضا، آزادگان، علی اصغر. (۱۳۸۹). اندازه‌گیری و تحلیل عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری کل عوامل در اقتصاد ایران با استفاده از روش باقیمانده سولو. پژوهشنامه علوم اقتصادی، (۱)۹: ۱۲۱-۱٤۰.

- مهرآرا، محسن، زارعی، محمد. (۱۳۹۰). اثرات غیرخطی مصرف انرژی بر رشد اقتصادی مبتنی بر رویکرد حد آستانه‌ای. فصلنامه پژوهشهای رشد و توسعه اقتصادی، ٥: ۱۱-٤۳.

- مهرآرا، محسن، فرمیهنی فراهانی، راضیه، حسن‌زاده، آیت. (۱۳۹۰). بررسی رابطه میان رشد مصرف برق و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب صادرکننده نفت. فصلنامه مدلسازی اقتصادی، ۱٤: ٦۹-۹۰.

- فطرس، محمدحسن، آقازاده، اکبر، جبرائیلی، سودا. (۱۳۹۱). بررسی میزان تأثیر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب در حال توسعه (شامل ایران) دوره زمانی ۲۰۰۹-۱۹۸۰. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۳۲: ۷۲-٥۱.

- حسینی، سیدسعید. (۱۳۹۱). اثر باز بودن تجاری و مصرف انرژی بر بهره‌وری کل عوامل تولید در صنایع بزرگ ایران (دوره ۱۳۸۸-۱۳۸۲). پایان‌نامه منتشرنشده‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی، مشهد.

- متفکر آزاد، محمدعلی، غلامی حیدریانی، لیلا. (۱۳۹۱). بررسی علّیت متقابل بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در بخش حمل و نقل ایران. مقاله ارائه شده به یازدهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران.

- محمدی، تیمور، ناظمان، حمید، نصرتیان نسب، محسن. (۱۳۹۱). رابطه رشد اقتصادی و مصرف انرژی در ایران (تحلیلی از مدل‌های علّیت خطی وغیرخطی). فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی، ۵: ۱۵۳-۱۷۰.
- فاضلی ویسری، سمیرا، دودابی‌نژاد، امیر. (۱۳۹۲). تحلیل رابطه بین رشد اقتصادی و مصرف برق در ایران. مقاله ارائه شده به نخستین کنفرانس ملی انجمن انرژی ایران، تهران.
- فطرس، محمدحسن، آقازاده، اکبر، جبرائیلی، سودا. (۱۳۹۳). رابطه علّیت پانلی بین مصرف انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی: مقایسه مناطق جهان. پژوهشنامه اقتصاد کلان، شماره ۱۸، ۱۱۶-۹۳.
- صادقی، حسین، آذر، عادل، خاکسار آستانه، سمانه. (۱۳۹٤). بهینه یابی تأمین منابع انرژی با هدف تولید برق، چشم‌انداز ایران در افق ۱٤۰٤. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، ۱۵(۳): ۹۱-۱۱۸.
- آقایی، مجید. (۱۳۹۵). بررسی رابطه علّیت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی به تفکیک حامل‌های مختلف انرژی و بخش‌های مختلف اقتصادی: کاربردی از آزمون کرانه‌ای ARDL. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ٤۹: ۱٦۱-۱۰۳.

- Apergis, N., Payne, J., 2009. Energy consumption and economic growth in Central
- America: evidence from a panel cointegration and error correction model. Energy Economics. 31 (2), 211-216.
- Bastola, U., Sapkota, P., 2015. Relationships among energy consumption, pollution emission, and economic growth in Nepal. Energy. 80, 254-262.
- Binswanger, M., 2001. Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect?. Ecological Economics. 36 (1), 119-132.
- Brockway, P., Steinberger, J., Barrett, J., Foxon, T., 2015. Understanding China's past and future energy demand: an exergy efficiency and decomposition analysis. Applied Energy. 155, 892-903.
- Cai, F., 2010. Demographic transition, demographic dividend, and Lewis turning point in China. China Economic Journal. 3 (2), 107-119.
- Department of Energy Statistics of NBS, 2015. China Energy Statistical Yearbook 2014. China Statistics Press, Beijing, China.
- Acemoglu D., 2008. Introduction to Modern Economic Growth. Princeton University press.
- Guan, D., Liu, Z., Geng, Y., Lindner, S., Hubacek, K., 2012. The gigatonne gap in China's carbon dioxide inventories. Nature Climate Change. 2 (9), 672-675.

- Holz, C., 2014. The quality of China's GDP statistics. China Economic Review. 30, 309-338.
- Jarreau, J., Poncet, S., 2012. Export sophistication and economic growth: evidence from China. Journal of Development Economics. 97 (2), 281-292.
- Lin, B., Liu, J., Yang, Y., 2012. Impact of carbon intensity and energy security constraints on China's coal import. Energy Policy. 48, 137-147.
- Liu, Z., Guan, D., Wei, W., Davis, S., Ciais, P., Bai, J., Peng, S., Zhang, Q., Hubacek, K.,Marland, G., Andres, R., Crawford-Brown, D., Lin, J., Zhao, H., Hong, C., Boden, T.,Feng, K., Peters, G., Xi, F., Liu, J., Li, Y., Zhao, Y., Zeng, N., He, K., 2015. Reduced carbon emission estimates from fossil fuel combustion and cement production in China. Nature. 524 (7565), 335-338.
- Ma, M., Yan, R., Cai, W., 2018. Energy savings evaluation in public building sector during the 10the12th FYP periods of China: an extended LMDI model approach. Natural Hazards, 92 (1), 429-441.
- Ma, M., Yan, R., Du, Y., Ma, X., Cai, W., Xu, P., 2017a. A methodology to assess China's building energy savings at the national level: an IPATeLMDI model approach. Journal of Cleaner Production. 143, 784-793.
- Ma, M., Yan, R., Cai, W., 2017b. An extended STIRPAT model-based methodology for evaluating the driving forces affecting carbon emissions in existing public building sector: evidence from China in 2000e2015. Natural Hazards, 89 (2),741e756.
- Ma, M., Shen, L., Ren, H., Cai, W., Ma, Z., 2017c. How to measure carbon emission reduction in China's public building sector: retrospective decomposition analysis based on STIRPAT model in 2000-2015. Sustainability. 9 (10), 1-16, 1744.
- Mbarek, M.B., Khairallah, R., Feki, R., 2015. Causality relationships between renewable energy, nuclear energy, and economic growth in France. Environment Systems and Decisions. 35(1).133-142.
- Melitz, M., 2003. The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate Tang E., Peng, C., Yilan X., 2018. Change of energy consumption with economic development when an economy becomes more productive. Journal of Cleaner Production. 196. 788-795.
- Silva, S., Soares, I., Pinho, C., 2012. The Impact of Renewable Energy Sources on Economic Growth and CO2 Emissions - a SVAR approach, European Research Studies Journal, European Research Studies Journal. 4. 133-144.