فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی
سال بیست و یکم، شماره ۶۷، پاییز ۱۳۹۲، صفحات ۲۴ - ۵

رابطه شدت انرژی و کارایی اقتصادی در کشورهای منتخب با استفاده از الگوی گشتاور تعمیم‌یافته: کاربردی از تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها

سعید راسخی
دانشیار اقتصاد دانشگاه مازندران (نویسنده مسئول)
srasekhi@umz.ac.ir

پروین سلمانی
کارشناس‌ارشد اقتصاد
parvin.salmani@gmail.com

تحقیق حاضر رابطه میان شدت انرژی و کارایی اقتصادی و مشخصاً وجود رابطه U برعکس میان این دو را برای مجموعه کشورهای منتخب (۱۷ کشور توسعه‌یافته و ۱۴ کشور در حال توسعه شامل ایران) طی بازه زمانی (۲۰۱۱-۱۹۹۱) مورد بررسی قرار داده است. برای محاسبه کارایی اقتصادی از روش تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها استفاده شده و در ادامه برای برآورد اثر شدت انرژی بر کارایی اقتصادی از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته بهره گرفته شده است. نتایج حاکی از آن است که با افزایش شدت انرژی تا حد آستانه کارایی اقتصادی افزایش می‌یابد، اما پس از آن نقطه افزایش شدت انرژی کاهش کارایی اقتصادی را به‌دنبال دارد، بنابراین برای کشورهای منتخب طی دوره موردنظر رابطه U برعکس بین شدت انرژی و کارایی اقتصادی تأیید می‌گردد.

طبقه‌بندی JEL: *P28, Q49.*
واژه‌های کلیدی: *شدت انرژی، کارایی اقتصادی، تحلیل پنجره‌ای داده‌ها، روش گشتاورهای تعمیم‌یافته، ایران.*

***تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۱۴**

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

۱. مقدمه

تا اواخر دهه ۱۹۷۰ در تابع تولید محصول ملی انرژی به‌عنوان عامل تولید در نظر گرفته نمی‌شد. همزمان شدن تکانه‌های نفتی سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۷۹ با رکود اقتصادی در غرب فصل جدیدی در ارتباط بااهمیت انرژی به‌عنوان یکی از عوامل رشد اقتصادی گشود (مهرآرا و زارعی، ۱۳۹۰). بر اساس نظریه رشد استاندارد[1] (سولو، ۱۹۵۶و ۱۹۵۷) تولید تابعی از سرمایه و نیروی کار در نظر گرفته می‌شود. این در حالی است که مهم‌ترین عامل رشد اقتصادی عامل ناشناخته‌ای برون‌زا یعنی پیشرفت‌های فناوری است. از سوی دیگر، با توجه به مطالعه آیرس (۱۹۹۸) کارایی اقتصادی[2] با پیشرفت‌های فناوری مرتبط است، زیرا کارایی اقتصادی ترکیبی از حداقل نهاده و حداقل هزینه است (چارنز و همکاران، ۱۹۷۸). به این ترتیب، رابطه مثبتی میان کارایی اقتصادی و رشد اقتصادی وجود دارد.

به‌نظر می‌رسد مصرف انرژی در مراحل اولیه رشد و توسعه اقتصادی موجب افزایش رشد و کارایی اقتصادی می‌شود، اما با گذشت زمان به‌دلیل کاهش بهره‌وری انرژی مصرف انرژی با کاهش کارایی اقتصادی همراه می‌شود. هر چند مبانی نظری کامل و جامع در خصوص رابطه غیرخطی میان کارایی اقتصادی و مصرف انرژی ارائه نشده است، اما رابطه U برعکس توسط برخی مطالعات تجربی مورد تأیید قرار گرفته است.

هالکوس و زرمیس (۲۰۱۳) ارتباط بین مصرف انرژی تجدیدپذیر[3] و کارایی اقتصادی را با استفاده از برآوردگرهای شرطی تحلیل پوششی داده‌ها[4] همراه با رگرسیون‌های ناپارامتریک[5] برای یک نمونه ۲۵ عددی از کشورهای اروپایی در سال ۲۰۱۰ مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این مطالعه حاکی از اثر مثبت مصرف انرژی تجدیدپذیر بر کارایی اقتصادی کشورهای مورد بررسی در سطوح پایین مصرف انرژی است، در حالی‌که در سطوح بالاتر مصرف انرژی نتیجه مشخصی به‌دست نیامده است.

بوجنس و پاپلر (۲۰۱۱) با بهره‌گیری از تجزیه‌وتحلیل همبستگی، تحلیل رگرسیون و تحلیل عاملی چندمتغیره[6] شاخص‌های ساختاری کارایی اقتصادی و شدت انرژی را به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده توسعه پایدار اقتصادی برای ۳۳ کشور منتخب اروپایی در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۵ بررسی کردند. بر اساس نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سیاست‌های مشوق تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی

1. Standard Growth Theory
2. Economic Efficiency
3. Renewable Energy
4. Conditional Data Envelopment Analysis (DEA) Estimators
5. Nonparametric Regressions
6. Multivariate Factor Analysis

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

و محصولات صادراتی تکنولوژی‌بر سبب بهبود عملکرد کارایی اقتصادی و صرفه‌جویی انرژی و توسعه اقتصادی پایدار می‌شود. علاوه بر این، نتایج به‌دست آمده در این تحقیق به وضوح تأیید می‌کند که توسعه اقتصادی پایدار را می‌توان با ترکیبی از کارایی اقتصادی و در عین حال مصرف کارامد انرژی به‌دست آورد.

هالکوس و زرمیس (۲۰۱۱ الف) به بررسی رابطه مصرف نفت و کارایی اقتصادی ۴۲ کشور طی دوره زمانی (۲۰۰۶-۱۹۸۶) پرداختند. آنان در مرحله نخست با استفاده از تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها[1] کارایی اقتصادی کشورها را محاسبه کردند و در مرحله دوم با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)[2] ارتباط U معکوس شکل را میان مصرف نفت و کارایی اقتصادی بررسی و تأیید کردند.

هالکوس و زرمیس (۲۰۱۱ب) اثر مصرف انرژی بر کارایی اقتصادی را برای ۱۸ کشور اتحادیه اروپا طی سال‌های ۱۹۸۰، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ مورد مطالعه قرار دادند. آنان با به‌کارگیری مرزهای ناپارامتریک قوی شرطی و غیرشرطی[3] و رگرسیون ناپارامتریک به محاسبه اثر مصرف انرژی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد افزایش قابل توجه مصرف انرژی می‌تواند اثر منفی بر کارایی اقتصادی داشته باشد. با این وجود، پس از یک حد مشخص اثر مصرف انرژی بر کارایی اقتصادی خنثی خواهد بود.

با مرور مطالعات تجربی مشخص می‌شود که اولاً مطالعات محدودی درباره رابطه مصرف انرژی و کارایی اقتصادی و برای کشورهای توسعه‌یافته صورت گرفته است. ثانیاً اغلب این مطالعات اندک نیز درباره رابطه میان مصرف انرژی (نه شدت انرژی) و کارایی اقتصادی انجام شده‌اند.

هدف اصلی این مقاله بررسی اثر شدت انرژی بر کارایی اقتصادی برای ۳۱ کشور منتخب توسعه‌یافته و در حال توسعه[4] شامل ایران طی دوره زمانی (۲۰۱۱-۱۹۹۱) است. به‌طور مشخص، فرضیه پژوهش حاضر این است که رابطه U برعکس میان شدت انرژی و کارایی اقتصادی وجود دارد.

این مقاله در پنج بخش ارائه شده است. پس از مقدمه که در بخش اول ارائه شده است، در بخش دوم مبانی نظری مطرح می‌شود. بخش سوم به روش‌شناسی تحقیق اختصاص دارد. در بخش چهارم برآورد و تحلیل نتایج تجربی ارائه شده است. بخش پنجم نیز به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری اختصاص دارد. در نهایت، منابع در انتهای مقاله آمده است.

---

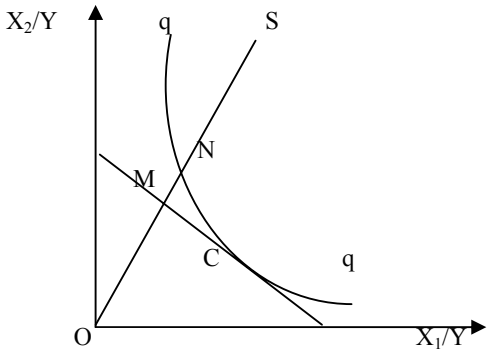
1. DEA Window Analysis
2. Generalized Method of Moments
3. Conditional and Unconditional Robust Nonparametric Frontiers

۴. این کشورها عبارتند از آمریکا، کانادا، استرالیا، ژاپن، انگلستان، نروژ، آلمان، فرانسه، فنلاند، سوئد، اسپانیا، اتریش، ایتالیا، ایرلند، یونان، مجارستان، دانمارک، برزیل، کلمبیا، پرو، مکزیک، آرژانتین، شیلی، چین، هند، اندونزی، مالزی، تایلند، ترکیه، رومانی و ایران.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

۲. مبانی نظری

در این بخش ضمن مرور مختصر انواع کارایی دلایل نظری رابطه شدت انرژی و کارایی اقتصادی ارائه می‌شود. بر اساس فارل (۱۹۵۷) اندازه‌گیری کارایی یک بنگاه با مقایسه عملکرد آن بنگاه با عملکرد بهترین بنگاه‌های موجود در آن صنعت صورت می‌گیرد. برای روشن شدن مطلب، وی با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس (CRS)[1] و بر مبنای حداقل‌سازی نهاده بنگاه‌هایی را در نظر می‌گیرد که با استفاده از دو عامل تولید(X_1,X_2) به تولید یک ستانده (Y) می‌پردازند. در این چارچوب، فارل سه نوع کارایی را برای بنگاه مطرح می‌کند: کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی. نمودار (۱) انواع کارایی از دیدگاه فارل را به تصویر می‌کشد.



نمودار ۱. انواع کارایی از دیدگاه فارل

کارایی فنی[2] منعکس‌کننده توانایی بنگاه در کسب حداکثر محصول از مقدار معین نهاده‌ها یا استفاده از حداقل نهاده برای دستیابی به میزان مشخص ستانده است. این نوع کارایی معادل TE در نمودار (۱) است.

$$TE=ON/OS \qquad (۱)$$

1. Constant Return to Scale (CRS)
2. Technical Efficiency (TE)

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

کارایی تخصیصی[1] توانایی بنگاه برای استفاده از ترکیب بهینه عوامل تولید با توجه به قیمت آنها را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه قیمت عوامل تولید با خط هزینه یکسان (AA) نشان داده می‌شود کارایی تخصیصی بنگاه S به‌صورت زیر قابل اندازه‌گیری است:

$$ALE=OM/ON \quad (۲)$$

سرانجام کارایی اقتصادی که از حاصلضرب دو کارایی فنی و کارایی تخصیصی به‌دست می‌آید. حداکثر کارایی اقتصادی زمانی محقق می‌شود که منحنی q بر خط هزینه یکسان مماس شود. کارایی اقتصادی از رابطه زیر به‌دست می‌آید (امامی‌میبدی، ۱۳۹۰):

$$ECE=TE*AE=ON/OS*OM/ON=OM/OS \quad (۳)$$

شایان ذکر است که مدلDEA[2] با فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS)[3] کارایی فنی را ارائه می‌کند که شامل کارایی فنی خالص (کارایی ناشی از مدیریت) و کارایی ناشی از صرفه‌جویی مقیاس یک بنگاه است (کارایی مقیاس) (مؤذنی و کرباسی، ۱۳۸۷). کارایی ساختاری یک صنعت نیز از متوسط کارایی بنگاه‌های آن به‌دست می‌آید (مهرگان، ۱۳۸۳).

همانگونه که عنوان شد متأسفانه ادبیات مناسب به‌ویژه در خصوص رابطه نظری میان مصرف انرژی و کارایی اقتصادی وجود ندارد. با این حال، تلاش شده است با استفاده از مستندات موجود این رابطه تبیین و تحلیل شود.

انرژی عاملی تأثیرگذار در فرایند رشد اقتصادی است، اما تأثیر مصرف انرژی بر رشد اقتصادی در سطوح مختلف آن یکسان نیست، در صورتی‌که مصرف انرژی به‌عنوان یک عامل تولید افزایش یابد می‌تواند موجبات افزایش رشد اقتصادی را فراهم آورد، اما باید توجه داشت که افزایش مصرف انرژی آثار غیرمستقیم منفی را نیز به‌دنبال دارد. در واقع، تولید و مصرف بیشتر انرژی تنها به هزینه کاهش سرمایه‌گذاری و نیروی کار در سایر بخش‌ها و کاهش تولید آنها امکان‌پذیر است (مهرآرا و زارعی، ۱۳۹۰). این امر می‌تواند به‌دلیل جانشینی انرژی و کار یا جانشینی انرژی و سرمایه باشد (هالکوس و زرمیس، ۲۰۱۱الف). در نتیجه نکته اصلی میزان قابلیت، سهولت، سرعت جانشینی و همچنین درجه جایگزینی عوامل غیرانرژی

1. Allocation Efficiency (ALE)
2. Data Envelopment Analysis
3. Variable Return to Scale

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

به‌جای انرژی است (عمادزاده و همکاران، ۱۳۸۲)، بنابراین افزایش مصرف انرژی همواره رشد اقتصادی را با یک نرخ ثابت افزایش نمی‌دهد (مهرآرا و زارعی، ۱۳۹۰). در توضیح دقیق‌تر مطلب اخیر چنین می‌توان گفت که در کوتاه‌مدت انرژی و سایر نهاده‌ها مکمل یکدیگرند، زیرا در کوتاه‌مدت از لحاظ تکنولوژیکی امکان جایگزینی کمتری میان انرژی و سایر عوامل تولید وجود دارد (ابریشمی و همکاران، ۱۳۸۹). از سوی دیگر، در اغلب تحقیقات انجام شده انرژی، کار و سرمایه در بلندمدت جانشین یکدیگرند، زیرا در بلندمدت این امکان وجود دارد که در طراحی کالاهای سرمایه‌ای موجود تغییراتی ایجاد شود و تجهیزاتی با کارایی بیشتر از نظر مصرف انرژی ساخته شود. اغلب تحقیقات صورت‌گرفته نشان می‌دهند که کشش جانشینی بین سرمایه و انرژی و همچنین کار و انرژی در بلندمدت مثبت است و نهاده‌های سرمایه و کار جانشین انرژی هستند (برنت و وود، ۱۹۷۵ و ۱۹۷۹، گریفین و گریگوری، ۱۹۷۶، یورگسون و ویلکوکسن، ۱۹۹۰ و وار و آیرس، ۲۰۰۶).

علاوه بر این، با افزایش مصرف انرژی، بهره‌وری آن کاهش می‌یابد و همزمان تولید سایر بخش‌ها با نرخ بیشتری کاهش می‌یابد (با نرخ فزاینده‌ای فدای مصرف بیشتر انرژی می‌شوند). به این ترتیب، حتی ممکن است افزایش بیش از حد مصرف انرژی آثار بسیار اندکی (منفی) بر رشد اقتصادی داشته باشد. این بحث دلالت بر آن دارد که ارتباط میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی غیرخطی است (مهرآرا و زارعی، ۱۳۹۰).

با توجه به مون و سون (۱۹۹۶) نیز دو نیروی متفاوت رابطه بین انرژی و رشد اقتصادی را تعیین می‌کنند. به‌طور مشخص، مصرف انرژی در بخش تولید، بهره‌وری سایر نهاده‌های تولید را افزایش می‌دهد که موجب افزایش رشد اقتصادی می‌شود. به این ترتیب، رابطه مثبت میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی وجود دارد. در مقابل، مصرف انرژی در تولید درآمد قابل تصرف را کاهش می‌دهد. متعاقب آن و با کاهش سرمایه‌گذاری رشد اقتصادی کاهش می‌یابد. در این صورت، رابطه منفی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی به‌وجود می‌آید. اگر نیروی اول (نیروی دوم) غالب باشد رابطه مثبت (منفی) میان مصرف انرژی و نرخ رشد اقتصادی وجود خواهد داشت.

رابطه میان مصرف انرژی و کارایی اقتصادی را می‌توان از ابعاد دیگری بررسی نمود. برای آغاز می‌توان نشان داد که رابطه مثبتی میان رشد و کارایی اقتصادی می‌تواند برقرار باشد. به‌طور مشخص، در نظریه رشد استاندارد (سولو، ۱۹۵۶ و ۱۹۵۷) تولید تابعی از سرمایه و نیروی کار است. در عین حال، مهم‌ترین عامل رشد، عامل برون‌زای پیشرفت‌های فناوری است. بر اساس مطالعه آیرس (۱۹۹۸) پیشرفت فناوری موجب می‌شود از سطح معینی از نهاده‌ها محصول بیشتری حاصل شود که این همان تعریف کارایی فنی است. به این ترتیب، رابطه مثبت میان کارایی اقتصادی و رشد اقتصادی وجود دارد و بر این اساس

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

به‌نظر می‌رسد (همچون رابطه میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی) رابطه غیرخطی میان کارایی اقتصادی و مصرف انرژی وجود داشته باشد.

در مجموع، در سطح پایین مصرف انرژی با افزایش مصرف انرژی کارایی اقتصادی نیز افزایش می‌یابد و این رابطه می‌تواند ناشی از بهره‌وری بالاتر انرژی باشد، در حالی‌که در سطوح بالاتر مصرف انرژی به‌دلیل کاهش تولید نهایی این عامل تولید انتظار می‌رود رابطه میان مصرف انرژی و کارایی اقتصادی منفی باشد، همچنین مصرف انرژی از طریق سطح توسعه‌یافتگی با کارایی اقتصادی ارتباط دارد. در سطوح پایین‌تر توسعه‌یافتگی که کارایی اقتصادی و مصرف انرژی در سطح پایینی قرار دارند این رابطه مثبت است، در حالی‌که در سطوح بالای توسعه‌یافتگی مصرف انرژی به نسبت کمتر و کارایی اقتصادی به نسبت بالاتر است و بر این اساس به‌نظر می‌رسد رابطه منفی میان این دو وجود داشته باشد.

برخی دیگر از دلایل اثرگذاری متفاوت مصرف انرژی بر کارایی اقتصادی کشورها می‌تواند به‌دلیل تفاوت قیمت انرژی بین کشورها یا الگوهای مصرف متفاوت و منابع انرژی مختلف باشد (هالکوس و زرمیس، ۲۰۱۱ب).

علاوه بر مصرف انرژی عوامل دیگری نیز بر کارایی اقتصادی مؤثرند. از آن جمله می‌توان به درجه باز بودن تجاری اشاره نمود. بیشتر اقتصاددانان معتقدند که تجارت، موتور رشد و توسعه در جوامع امروزی است. آنان ادعا می‌کنند که تجارت بین‌الملل امکان بهره‌گیری از توانمندی‌های اقتصادی بالقوه را با توجه به مزیت‌های نسبی موجود و قابل خلق به‌وجود می‌آورد و علایم روشنی برای سرمایه‌گذاری در طرح‌های اقتصادی قابل رقابت در عرصه جهانی پدیدار می‌کند. همچنین، تجارت بین‌الملل نرخ رشد اقتصادی را از طریق دسترسی به بازارهای خارجی، تکنولوژی و منابع تحت تأثیر قرار می‌دهد. تجارت خارجی سبب تغییر دادن تخصیص منابع از بخش‌ها و صنایع با بهره‌وری پایین به صنایع با بهره‌وری بالا شده و منابع را به‌سوی فعالیت‌هایی که بیشترین کارایی را دارند هدایت می‌کند. با گسترش تجارت خارجی، تشکیلات تجاری و نیز اقتصاد به کشف‌های جدید در مدیریت اقتصادی، بهبود تکنولوژی و شیوه‌های بهتر تولید تشویق می‌شوند، بنابراین فرصت‌هایی که در گذشته مورد چشم‌پوشی قرار می‌گرفتند به منابع اصلی برای رشد اقتصادی تبدیل می‌شوند. به‌علاوه، گسترش تجارت خارجی به صنعتگران داخلی منابع نهاده متعددی با هزینه کمتر ارائه می‌دهد که آنان را قادر به تولید محصولات نهایی می‌کند که نه تنها در بازارهای داخلی بلکه در بازارهای بین‌المللی نیز قدرت رقابت‌پذیری بیشتری داشته باشند. با توجه به مجموع مطالب بیان شده تبعات تجارت بین‌الملل به منزله ارتقای بهره‌وری و افزایش رشد اقتصادی خواهد بود(طیبی و همکاران، ۱۳۸۷).

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

۳. روش‌شناسی تحقیق

با توجه به اینکه در این تحقیق برای اندازه‌گیری کارایی اقتصادی از تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها و برای آزمون فرضیه تحقیق از الگوی گشتاورهای تعمیم‌یافته استفاده شده است، در ادامه به معرفی این دو روش می‌پردازیم.

۳-۱. تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها

روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به اختصار به روش ناپارامتریک اندازه‌گیری کارایی واحد تصمیم‌گیرنده[۱] (DMU)[۲] که دارای چندین نهاده و ستانده است گفته می‌شود (سخنور و همکاران، ۱۳۹۰). در اغلب مدل‌های DEA، DEA تحت شرایط ایستا به‌کار گرفته شده است که این موضوع ممکن است به انحراف منجر شود، زیرا شرایط پویا می‌تواند به استفاده انحصاری از منابعی منجر گردد که برای سودآوری در دوره‌های آتی لازم است. تحلیل پنجره‌ای DEA، چگونگی به‌کارگیری DEA در شرایط وابسته به زمان را توضیح می‌دهد. تحلیل پنجره‌ای DEA این امکان را فراهم می‌آورد تا رفتار بلندمدت و پایداری نتایج را مورد بررسی قرار دهیم (کوپر و همکاران، ۲۰۰۷).

در تحلیل پنجره‌ای که برای نخستین بار توسط چارنز معرفی شد، عملکرد هر واحد تصمیم‌گیرنده (DMU) در طول زمان به گونه‌ای ارزیابی می‌شود که گویی در هر دوره زمانی دارای هویت متفاوتی است. این روش کمک می‌کند عملکرد هر DMU را بتوان در طول زمان ردیابی نمود (ازمایلد وهمکاران، ۲۰۰۴). از سوی دیگر، این روش برای اندازه نمونه‌های کوچک از آنجایی که باعث ایجاد درجه آزادی بزرگتری برای نمونه می شود بسیار مناسب است.

همانطور که عنوان شد تحلیل پنجره‌ای DEA جهت یافتن روند عملکرد یک واحد در طول زمان مفید است و عملکرد یک واحد در یک دوره خاص در مقابل عملکرد خود آن واحد در سایر دوره‌ها علاوه بر عملکرد سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده قرار می‌گیرد. همچنین در این روش به‌طور ضمنی فرض می‌شود که هیچ تغییر تکنیکی در هر یک از پنجره‌ها وجود ندارد. البته با کاهش عرض پنجره این مشکل کاهش می‌یابد و برای اعتبار بخشیدن به تحلیل پنجره‌ای عرض پنجره می‌بایست به گونه‌ای انتخاب شود که چشم‌پوشی از تغییرات تکنیکی منطقی باشد. در روش تحلیل پنجره‌ای فرض بر این است که با اغماض از روند تغییر بهره‌وری بنگاه‌ها تلفیق بین مشاهدات سری زمانی و مقطعی با یک دوره زمانی معقول که در آن امکان تغییر در بهره‌وری را ناچیز فرض می‌کنند (معمولاً بین ۳ تا ۵ سال)

---

۱. در روش DEA واحد یا سازمان تحت بررسی واحد تصمیم‌گیرنده (DMU) نامیده می‌شود (کوپر و همکاران، ۲۰۰۷).

2. Decision Making Unit (DMU)

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

وجود دارد که این تلفیق امکان گسترش مشاهدات را فراهم می‌سازد و با فرض استقلال بین مشاهدات کارایی سنجیده می‌شود. در مورد تعریف و اندازه پنجره هیچ نوع تئوری یا منطقی وجود ندارد. اساس کار تحلیل پنجره‌ای میانگین متحرک[1] است. در پژوهش مدنظر n واحد تصمیم‌گیرنده (در اینجا کشور) را در نظر می‌گیریم و درصدد خواهیم بود تا کارایی اقتصادی این کشورها را در طول t سال ارزیابی نماییم. با توجه به موضوع مورد بررسی پنجره‌هایی به طول ۳ سال را در نظر می‌گیریم. در این صورت پنجره اول شامل سال‌های اول، دوم و سوم است. در پنجره دوم سال اول حذف و سال چهارم اضافه می‌شود (پنجره دوم: سال دوم، سال سوم و سال چهارم). به این ترتیب، این کار تا پنجره[2] آخر ادامه می‌یابد.

با توجه به اینکه کشورهای مورد استفاده در این بررسی دارای مقیاس‌های مختلف اقتصادی هستند بهتر است از بازده متغیر به مقیاس استفاده شود. اگر این احتمال وجود داشته باشد که اندازه کشورهای موردنظر توانایی‌های آنها را در تولید محصول کارامدتر تحت تأثیر قرار دهد، آنگاه فرض بازده ثابت به مقیاس مناسب نخواهد بود و می‌بایست از بازده متغیر به مقیاس استفاده نمود (هالکوس و زرمیس، ۲۰۱۱ الف). از آنجایی که در واقعیت با کمیابی منابع و عوامل تولید روبرو هستیم، همواره سعی بر این است تا حداقل نهاده ممکن مورد استفاده قرار گیرد و از آنجایی که کارایی اقتصادی نیز حداقل نهاده را مدنظر قرار می‌هد رویکرد ورودی‌محور برای این بررسی اتخاذ شده است. در نهایت، با توجه به اهداف و شرایط پژوهش مدل مناسب جهت استفاده در این پژوهش مدل BCC ورودی محور (مدل بازدهی متغیر نسبت به مقیاس) است. مقادیر کارایی در هر پنجره به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (ازمایلد و همکاران، ۲۰۰۴):

$$\theta^{\square}_{kw,t} = \min_{\square,\lambda}$$
$$\text{s.t.}$$
$$-X_{kw}\,\lambda + \theta\, x'_t \geq 0$$
$$Y_{kw}\lambda - y'_t \geq 0 \qquad (۴)$$
$$\lambda_n \geq 0 \;(\, n = 1,\ldots, N*w)$$
$$NI\lambda = 1$$

1. Moving Average

۲. تعداد پنجره از فرمول (T-W+1) که در آن T تعداد دوره مورد بررسی و W طول پنجره است محاسبه می‌گردد (کوپر و همکاران، ۲۰۰۷). در پژوهش حاضر با توجه به ۲۱ دوره و طول پنجره ۳ تعداد پنجره‌ها برابر با ۱۹ خواهد بود.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

که در این مدل، θ یک اسکالر است که نرخ کاهش در نهاده‌ها را مشخص می‌کند ($\theta = 1$ واحد تصمیم‌گیرنده کاراست). همچنین، X_{kw} ماتریس ورودی (نهاده) تحلیل پنجره‌ای (در زمان k با طول w) Y_{kw} ماتریس خروجی (ستانده) تحلیل پنجره‌ای (در زمان k با طول w)، λ بردار (N*1) شامل اعداد ثابت (وزن‌های مجموعه مرجع)، NI بردار (N*1) از یک و λNI نشان‌دهنده مجموع λ ها است.

۳-۲. معرفی الگوی گشتاور تعمیم‌یافته

زمانی‌که در مدل داده‌های تابلویی متغیر وابسته به‌صورت وقفه در سمت راست مدل ظاهر می‌شود، دیگر برآوردهای OLS[1] سازگار نخواهد بود (بالتاجی، ۲۰۰۵). در چنین شرایطی لازم است از روش‌های برآورد دو مرحله‌ای (2SLS)[2] یا روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) استفاده شود. در این تحقیق نیز به‌دلیل وجود آثار غیر قابل مشاهده خاص هر کشور و وجود متغیر وابسته با وقفه در متغیرهای توضیحی از برآوردگر گشتاور تعمیم‌یافته (GMM) استفاده شده است.

روش GMM مبتنی بر این فرض است که جملات اخلال در معادلات با مجموعه متغیرهای ابزاری[3] غیرهمبسته هستند. به این ترتیب، برای برآورد مدل به‌وسیله روش گشتاور تعمیم‌یافته لازم است ابتدا متغیرهای ابزاری مناسب مشخص گردند. برای بررسی معتبر بودن ماتریس ابزارها از آزمون سارگان[4] استفاده می‌شود. به‌طور کلی، در صورتی‌که حدس زده شود به دلایلی (مانند وجود متغیر حذف شده یا وجود وقفه متغیر وابسته به‌عنوان متغیر توضیحی) بین جمله اخلال و یکی از متغیرهای توضیح‌دهنده همبستگی وجود دارد می‌بایست به جای آن متغیر توضیحی از یک متغیر ابزاری استفاده گردد؛ یعنی متغیری که با آن متغیر توضیح‌دهنده همبستگی بالایی دارد اما نسبت به جمله اخلال مستقل است.

به‌منظور بررسی اثر شدت انرژی بر کارایی اقتصادی و همچنین وجود رابطه U بر عکس میان این دو متغیر در کشورهای منتخب مدل زیر برآورد شده است:

$$Eff_{it}=ß_0+ß_1Eff_{it-1}+ß_2EI_{it}+ß_3EI_{it}^2+ß_4XM_{it}+\varepsilon_{it} \quad (۵)$$

1. Ordinary Least Squares
2. Two-Stage Least Squares
3. Instrumental Variables
4. Sargan Test

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

که در آن Eff_{it} کارایی اقتصادی کشور iام در سال t ، Eff_{it} کارایی اقتصادی کشورiام در سال t-1، EI_{it} شدت انرژی کشور iام در سال t، EI^2_{it} مجذور شدت انرژی در کشور iام برای سال، XM_{it} درجه باز بودن تجاری برای کشوریام در سال t و ε_{it} جزء خطای کشور iام در سال t می‌باشد.

مقادیر مربوط به کارایی اقتصادی از روش تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها و به گونه‌ای که در بخش پیشین مطرح شد محاسبه شده است. به‌طور مشخص، در این تحقیق تحت شرایط بازدهی متغیر نسبت به مقیاس مقادیر کارایی اقتصادی با تکنیک تحلیل پنجره‌ای محاسبه شده است. در محاسبه کارایی اقتصادی کشورها از تشکیل سرمایه ثابت ناخالص بر حسب دلار آمریکا و کل نیروی کار به‌عنوان دو نهاده (ورودی) و از تولید ناخالص داخلی بر حسب میلیارد دلار آمریکا به‌عنوان ستاده (خروجی) استفاده شده است. پنجره اول شامل سال‌های ۱۹۹۱، ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ است. پنجره دوم یک سال به جلو رانده شده و از سال ۱۹۹۲ به مدت ۳ سال ادامه می‌یابد. این روند تا پنجره آخر که شامل سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ است ادامه می‌یابد. از آنجایی‌که برای تعیین طول پنجره روش خاصی وجود ندارد و در مطالعاتی که از این روش استفاده شده اغلب طول پنجره بین ۳ تا ۵ سال انتخاب شده است در تحقیق حاضر برای حصول اطمینان از انتخاب طول پنجره (۳ سال) مقادیر کارایی اقتصادی کشورهای موردنظر طی سال‌های (۲۰۱۱-۱۹۹۱) با طول ۴ و ۵ سال نیز محاسبه گردیده است.

همچنین، شدت انرژی از طریق مقدار انرژی مصرف شده به ازای یک واحد تولید ناخالص داخلی اندازه گیری شده است. درجه باز بودن تجاری نیز از مجموع صادرات و واردات کالا و خدمات به صورت درصدی از تولید ناخالص داخلی اندازه گیری شده است.

داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی وتشکیل سرمایه ثابت ناخالص[1] و شاخص مرسوم درجه بازبودن اقتصاد از سایت بانک جهانی[2] اطلاعات مربوط به نیروی کار کل[3] از پایگاه داده‌ای کنفرانس ملل متحد در خصوص تجارت و توسعه[4] و داده‌های مربوط به شدت انرژی (در این بررسی از شدت انرژی کل اولیه[5] استفاده شده است) از سایت سازمان اطلاعات انرژی ایالات متحده[6] مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در ضمن انتخاب کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه بر اساس تقسیم‌بندی کشورها توسط صندوق بین‌المللی پول[7] در سال ۲۰۱۱ صورت گرفته است.

1. Gross Fixed Capital Formation
2. World Bank
3. Total Labor Force
4. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)
5. Total Primary Energy Intensity
6. U.S. Energy Information Administration (EIA)
7. International Monetary Fund (IMF)

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

٤. برآورد مدل و تحلیل نتایج

در این بخش ابتدا با استفاده از تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها کارایی اقتصادی کشورهای منتخب را محاسبه نموده[1]، سپس با داشتن اطلاعات مربوط به کارایی اقتصادی به‌عنوان متغیر وابسته با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته به برآورد مدل[2] موردنظر جهت بررسی اثر شدت انرژی بر کارایی اقتصادی می‌پردازیم.

نتایج تحلیل پنجره‌ای داده‌ها را می‌توان از دو راه مختلف تفسیر نمود. روش نخست، دیدگاه ستونی است. مشاهده ستونی نتایج پایداری آنها را در طول مجموعه داده‌های مختلف که با حذف و اضافه (جایگزینی) به‌دست آمده است نشان می‌دهد. روش دوم، دیدگاه سطری است که اجازه می‌دهد تا رفتار بلندمدت را در مجموعه یکسانی از داده‌ها بررسی کنیم (کوپر و همکاران، ۲۰۰۷). تحلیل حساسیت کارایی اقتصادی نسبت به طول پنجره برای کشور ایران طی دوره زمانی (۲۰۱۱-۱۹۹۱) در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. تحلیل حساسیت کارایی اقتصادی نسبت به طول پنجره برای کشور ایران طی دوره زمانی (۲۰۱۱-۱۹۹۱)

سال شاخص	۱۹۹۱	۱۹۹۶	۲۰۰۱	۲۰۰۶	۲۰۱۱
کارایی اقتصادی با طول پنجره ۳	۰/۴۵۷۸	۰/۶۲۲۳	۰/۵۵۳۷	۰/۷۰۳۹	۰/۶۷۰۱
کارایی اقتصادی با طول پنجره ۴	۰/۴۵۷۸	۰/۶۰۶۷	۰/۵۵۰۷	۰/۶۷۲۸	۰/۶۷۰۱
کارایی اقتصادی با طول پنجره ۵	۰/۴۵۷۸	۰/۵۹۵۱	۰/۵۴۸۲	۰/۶۲۳۶	۰/۶۷۰۱

مأخذ: نتایج تحقیق.

با توجه به مقادیر کارایی اقتصادی در هر یک از ۳ پنجره در سال موردنظر(در هر ۳۱ کشور مورد بررسی) مشخص می‌شود که انتخاب طول پنجره تأثیر ناچیزی (در حد صدم یا هزارم واحد) بر کارایی اقتصادی محاسبه‌شده دارد. در واقع، رابطه معناداری بین طول پنجره و کارایی اقتصادی وجود ندارد. البته با مقایسه کارایی‌ها در پنجره‌های مختلف می‌توان دریافت که با افزایش طول پنجره کارایی اقتصادی به میزان ناچیزی (در حد صدم یا هزارم واحد) کاهش می‌یابد. برای آزمون فرضیه تحقیق محاسبه کارایی اقتصادی کشورها به روش تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها با طول ۳ انجام شده است.

۱. جهت محاسبه کارایی اقتصادی از نرم‌افزار بهینه‌سازی GAMS (General Algebraic Modeling System) استفاده شده است.

۲. انجام آزمون‌ها و برآورد مدل در نرم‌افزار EViews7 انجام می‌شود.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

خلاصه اطلاعات مربوط به میانگین کارایی اقتصادی و شدت انرژی کشورها طی بازه زمانی (۲۰۱۱-۱۹۹۱) در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲. خلاصه اطلاعات مربوط به میانگین کارایی اقتصادی و شدت انرژی کشورها طی بازه زمانی (۲۰۱۱-۱۹۹۱)

سال	۱۹۹۱		۱۹۹۶		۲۰۰۱		۲۰۰۶		۲۰۱۱	
متغیر	کارایی اقتصادی	شدت انرژی	کارایی اقتصادی	شدت انرژی	کارایی اقتصادی	شدت انرژی	کارایی اقتصادی	شدت انرژی	کارایی اقتصادی	شدت انرژی
ایران	۰/۴۵۷۸	۸۱۳۲/۵۸	۰/۶۲۲۳	۸۸۵۶/۳۱	۰/۵۵۳۷	۱۰۲۰۴/۰۸	۰/۷۰۳۹	۱۰۵۵۸/۵۶	۰/۶۷۰۱	۱۱۱۰۶/۵۹
بیشترین	۱	۱۹۷۷۶/۰۹	۱	۱۴۷۰۷/۸۹	۱	۱۲۲۹۷/۸۰	۱	۱۲۱۱۷/۸۵	۱	۱۱۱۰۶/۵۹
کمترین	۰/۳۵۱۰	۳۸۸۴/۳۵	۰/۳۸۶۰	۳۹۰۹/۶۰	۰/۴۸۲۰	۳۷۷۷/۱۴	۰/۴۱۷۲	۳۶۰۱/۲۵	۰/۳۱۵۹	۳۷۷۷/۳۰
میانه	۰/۸۵۴۴	۶۳۱۲/۵۶	۰/۸۹۳۸	۶۴۳۹/۷۵	۰/۸۶۵۰	۶۲۳۷/۲۱	۰/۸۲۸۶	۶۰۸۳/۴۵	۰/۷۴۹۶	۴۸۹۱/۵۰
میانگین	۰/۷۹۹۸	۷۸۸۰/۵۴	۰/۸۱۸۹	۷۵۰۰/۷۲	۰/۸۳۳۹	۷۰۵۹/۵۲	۰/۸۲۵۹	۶۵۸۹/۵۶	۰/۷۲۴۲	۴۲۶۹/۰۷
انحراف معیار	۰/۱۸۲۲	۳۴۱۶/۹۵	۰/۱۸۷۰	۲۶۲۱/۹۹	۰/۱۴۷۸	۲۱۱۵/۳۹	۰/۱۵۳۶	۲۰۱۸/۷۲	۰/۲۱۰۶	۳۱۹۱/۵۲
واریانس	۰/۰۳۳۲	۱۱۶۷۵۵۴۶	۰/۰۳۴۹	۶۸۷۴۸۴۶	۰/۰۲۱۸	۴۴۷۴۹۰۰	۰/۰۲۳۶	۴۰۷۵۲۲۸	۰/۰۴۴۳	۱۰۱۸۵۸۵۳

مأخذ: سایت سازمان اطلاعات انرژی آمریکا و نتایج تحقیق.

بر اساس نتایج حاصل از برآورد کارایی اقتصادی در تحقیق حاضر کشورهای ایرلند، ایالات متحده آمریکا، انگلستان، سوئد و فرانسه دارای بالاترین کارایی اقتصادی و کشورهای چین، تایلند، اندونزی، ایران و هند دارای کمترین مقادیر کارایی اقتصادی در نمونه و طی سال‌های مزبور هستند. در مجموع، کشورهای توسعه‌یافته دارای بالاترین کارایی اقتصادی و کشورهای در حال توسعه دارای کمترین کارایی اقتصادی هستند.

همچنین جدول (۲) نشان می‌دهد که کارایی اقتصادی ایران طی دوره بررسی نوسانی بوده و از روند مشخصی پیروی نمی‌کند. لازم به ذکر است که کارایی اقتصادی برای تمام کشورها حالت نوسانی داشته است، اما با شدت و ضعف متفاوت. به‌طور مشخص، با توجه به مقادیر مربوط به واریانس و انحراف معیار کارایی اقتصادی کشورهای ایرلند، آمریکا، انگلستان، نروژ و دانمارک دارای کمترین میزان پراکندگی و کشورهای مالزی، رومانی، شیلی، آرژانتین و کلمبیا دارای بیشترین میزان پراکندگی در کارایی اقتصادی هستند.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

برای شروع تخمین مدل ابتدا مانایی[1] متغیرها از طریق آزمون‌های ریشه واحد[2] در داده‌های تابلویی شامل آزمون‌های لوین لین چو[3]، ایم پسران شین[4]، دیکی–فولر تعمیم‌یافته[5]، فیشر[6] و برتونگ[7] بررسی شده و نتایج در جدول (۳) ارائه گردیده است.

جدول ۳. مانایی متغیرهای تحقیق

آزمون	متغیر	لوین، لین و چو	ایم، پسران و شین	دیکی- فولر تعمیم‌یافته	فیشر	برتونگ
کارایی اقتصادی	سطح	-۰/۹۶۹۸	-۱/۶۹۱۰	۸۷/۳۲۸۸	۸۱/۶۲۷۹	-۰/۱۹۷۶
		(۰/۱۶۶۱)	(۰/۰۴۵۴)	(۰/۰۱۸۷)	(۰/۰۴۸۱)	(۰/۴۲۱۷)
	تفاضل	-۱۰/۶۱۲۴	-۱۱/۴۳۵۹	۲۴۷/۸۸۲۰	۴۸۵/۱۵۷	-۲/۰۳۹۶
		(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۲۰۷)
شدت انرژی	سطح	-۱/۳۶۶۴	۳/۵۰۴۳	۳۶/۸۶۵۶	۵۱/۰۷۵۸	۰/۳۰۸۰
		(۰/۰۸۵۹)	(۰/۹۹۹۸)	(۰/۹۹۵۴)	(۰/۸۳۷۶)	(۰/۶۲۱۰)
	تفاضل	-۱۱/۲۸۶۷	-۱۲/۳۰۰۴	۲۶۴/۷۳۶۰	۵۴۰/۹۸۶۰	-۵/۱۶۳۵
		(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)
شاخص بازبودن	سطح	-۲/۵۶۶۰	۰/۲۵۰۹	۵۸/۶۲۳۱	۶۰/۶۹۶۳	-۱/۵۱۷۹
		(۰/۰۰۵۱)	(۰/۵۹۹۱)	(۰/۵۹۸۲)	(۰/۵۲۳۱)	(۰/۰۶۴۵)
	تفاضل	-۱۰/۱۸۳۲	-۱۰/۲۱۲۷	۲۲۰/۲۶۸۰	۴۳۳/۲۰۴۰	-۱/۸۰۴۲
		(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۳۵۶)
باقیمانده	سطح	-۶/۱۶۴۳	-۱۱/۱۰۸۰	۲۴۱/۹۶۳۰	۸۹۱/۱۶۷۰	-۳/۷۴۷۵
		(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۰)	(۰/۰۰۰۱)

* مقادیر داخل پرانتز مربوط به ارزش احتمال متغیر است.

مأخذ: نتایج تحقیق.

1. Stationary
2. Unit Root Test
3. Levin, Lin and Chut
4. Im, Pesaran and Shin
5. Augmented Dicky Fuller (ADF)
6. Fisher
7. Breitung

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

همانطور که از جدول (۳) ملاحظه می‌شود متغیرهای مدل بر اساس بیشتر آزمون‌ها در سطح نامانا (ناپایا) هستند (بجز شاخص مربوط به درجه باز بودن که تنها بر حسب آزمون لوین، لین و چو در سطح ماناست و متغیر کارایی اقتصادی که بر حسب سه آزمون در سطح ماناست)، در نتیجه آزمون ریشه واحد را با یک بار تفاضل‌گیری تکرار می‌کنیم. مشاهده می‌شود که پس از یک بار تفاضل‌گیری تمام متغیرها طبق آزمون‌های ریشه واحد موردنظر مانا شده‌اند. با توجه به اینکه تمام متغیرها در سطح پایا نیستند و با یک بار تفاضل‌گیری پایا می‌شوند آزمون ریشه واحد پانلی برای باقیمانده انجام شده است. با توجه به مقادیر احتمال‌ها، باقیمانده تخمین، طبق تمام آزمون‌ها در سطح مانا و ساکن است و به این ترتیب، متغیر وابسته و متغیرهای مستقل هم‌انباشته بوده و نوعی رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرها وجود دارد (گجراتی، ۱۹۹۵). همچنین برای اطمینان بیشتر و جهت بررسی رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مدل و حصول اطمینان از کاذب نبودن رگرسیون از آزمون هم جمعی پسماند پدرونی[1] در داده‌های تابلویی استفاده شده و نتایج حاصل از این آزمون در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۴. نتایج آزمون همجمعی پسماند پدرونی

Prob	Weighted Statistic	Prob	Statistic	
۰/۷۵۹۱	-۰/۷۰۳۳	۰/۱۳۹۷	۱/۰۸۱۷	Panel v-Statistic
۰/۹۹۸۷	۳/۰۱۹۵	۰/۹۸۴۴	۲/۱۵۳۹	Panel rho-Statistic
۰/۰۰۰۰	-۷/۲۸۰۸	۰/۰۰۰۰	-۸/۲۸۷۳	Panel PP-Statistic
۰/۰۰۰۰	-۷/۲۸۹۸	۰/۰۰۰۰	-۵/۰۸۳۵	Panel ADF-Statistic

Prob	Statistic	
۱/۰۰۰۰	۵/۰۰۸۱	Group rho-Statistic
۰/۰۰۰۰	-۱۱/۲۰۵۰	Group PP-Statistic
۰/۰۰۰۰	-۷/۰۷۰۳	Group ADF-Statistic

مأخذ: نتایج تحقیق.

با توجه به اینکه احتمال اکثر آماره‌های آزمون (۶ مورد از ۱۱ مورد) به‌ویژه احتمال دو مورد آخر در جدول بالا کمتر از ۰/۰۵ به‌دست آمده است، فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود هم‌انباشتگی رد می‌شود و ؛می‌توان به وجود رابطه تعادلی بلندمدت ؛بین متغیرهای موردنظر پی برد و به تخمین الگو در سطح متغیرها پرداخت.

1. Pedroni Residual Co Integration Test

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

برای انتخاب روش داده‌های تابلویی یا تلفیقی[1] از آزمون F لیمر[2] استفاده شده است که مقدار احتمال حاصل از این آزمون برابر با ۰/۰۰۲ نشان‌دهنده تأیید روش داده‌های تابلویی است. در ادامه، برای استفاده از روش اثرات ثابت[3] یا اثرات تصادفی[4] از آزمون هاسمن[5] استفاده شده که احتمال این آزمون نیز کمتر از ۰/۰۵ و برابر با ۰/۰۰۰ به‌دست آمده است، بنابراین روش اثرات ثابت انتخاب شده است. سرانجام، با توجه به اینکه میزان احتمال آماره سارگان بیشتر از ۰/۰۵ شده است فرضیه صفر این آزمون مبنی بر عدم همبستگی ابزارها و جزء اخلال را نمی‌توان رد کرد و ابزارهای به‌کار گرفته شده معتبرند.

حال با پشت سر گذاشتن آزمون‌های موردنیاز به تخمین مدل (۵) با استفاده از روش GMM می‌پردازیم. نتایج حاصل از تخمین مدل به روش گشتاورهای تعمیم‌یافته در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵. نتایج تخمین مدل با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته

متغیر وابسته(کارایی اقتصادی)			
متغیرهای توضیحی	ضرایب	آماره t	احتمال
وقفه کارایی اقتصادی	۰/۰۰۲۸	۳/۶۵۲۹	۰/۰۰۰۳
شدت انرژی	۰/۰۰۱۰	۳/۹۶۷۲	۰/۰۰۰۱
مجذور شدت انرژی	-۵/۰۷E-۰۸	-۳/۶۳۵۰	۰/۰۰۰۳
شاخص درجه بازبودن	۰/۰۱۰۶	۳/۱۰۹۵	۰/۰۰۲۰
آماره J	۱۳/۷۸۳۵	مرتبه ابزارها	۱۱
احتمال آماره سارگان		۰/۰۵۵۱	

مأخذ: نتایج تحقیق.

نتایج به‌دست آمده از برآورد الگو نشان می‌دهد تمام علایم ضرایب متغیرها سازگار با تئوری و به لحاظ آماری نیز معنادارند. همانگونه که از جدول (۵) بر می‌آید به ازای یک واحد تغییر در کارایی اقتصادی دوره قبل کارایی اقتصادی کشور موردنظر به اندازه ۰/۰۰۲ واحد در همان جهت تغییر می‌کند، همچنین به ازای

1. Pool
2. F-Leamer
3. Fixed Effect
4. Random Effect
5. Hausman Test

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

یک واحد افزایش شدت انرژی، کارایی اقتصادی کشور موردنظر به اندازه ۰/۰۰۱ واحد افزایش می‌یابد. در عین حال، با توجه به ضریب منفی متغیر مجذور شدت انرژی می‌توان چنین برداشت کرد که رابطه U برعکس میان شدت انرژی و کارایی اقتصادی وجود دارد که نشان‌دهنده تأیید فرضیه تحقیق است. به این ترتیب، شدت انرژی تا رسیدن به نقطه معین سبب افزایش کارایی اقتصادی می‌گردد، اما پس از آن نقطه افزایش شدت انرژی کاهش کارایی اقتصادی را به‌دنبال دارد. با توجه به مشتق ضمنی مرتبه اول و دوم معادله (۵) کارایی اقتصادی زمانی‌که شدت انرژی برابر با ۹۸۶۱/۹۳ واحد[1] است به حداکثر می‌رسد و پس از آن کارایی اقتصادی دچار کاهش شده و اثر منفی شدت انرژی بر کارایی اقتصادی نمایان می‌گردد. نتایج پژوهش حاضر با مطالعات هالکوس و زرمیس (۲۰۱۳و۲۰۱۱ الف) سازگار است.

در توجیه نتیجه به‌دست آمده در خصوص رابطه غیرخطی میان شدت انرژی و کارایی اقتصادی برای کشورهای مورد بررسی کافی است نگاهی مجدد به جدول (۲) داشته باشیم. بر اساس این جدول، بیشترین شدت انرژی متعلق به کشورهای چین، کانادا، رومانی، ایران، نروژ و فنلاند و کمترین آن متعلق به کشورهای پرو، ایرلند، ایتالیا، کلمبیا، مکزیک و آرژانتین است. با توجه به این‌که نروژ، فنلاند و کانادا شدت انرژی بالایی دارند و از نظر رتبه کارایی اقتصادی از موقعیت مناسبی در نمونه برخوردارند و از سوی دیگر، چین و ایران نیز شدت انرژی بالایی دارند اما کارایی اقتصادی خوبی ندارند. می‌توان به این موضوع پی برد که شدت انرژی بالاتر لزوماً توأم با کارایی اقتصادی بالاتر نیست. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش می‌بایست این نکته را نیز در نظر داشت که به‌عنوان مثال، کشور ایرلند که دارای کمترین میزان شدت انرژی است کارامدترین کشور نمونه است و از سوی دیگر کشور کلمبیا نیز شدت انرژی کمی دارد، اما جزء کشورهای کارامد اقتصادی نیست، در نتیجه شدت انرژی پایین‌تر لزوماً با کارایی اقتصادی بالاتر همراه نخواهد بود. در مجموع، می‌توان چنین برداشت نمود که بالا و پایین بودن شدت انرژی در تمام کشورها اثر یکسانی بر کارایی اقتصادی آنان ندارد.

همچنین، اثر مصرف انرژی (شدت انرژی) بر کارایی اقتصادی کشورها در طول سال‌های تحت آزمون و در میان کشورها تغییر کرده است، همچنانکه شواهد آماری مربوط به کارایی اقتصادی و شدت انرژی نیز نمایانگر رابطه غیرخطی بین این دو متغیر بوده است. این رابطه پویا بین مصرف انرژی (شدت انرژی) و کارایی اقتصادی مؤید پدیده پویای بین تقاضای انرژی و رشد اقتصادی است (مون و سون، ۱۹۹۶). زیرا افزایش مصرف انرژی (شدت انرژی) از نقطه‌ای به بعد، درآمد قابل تصرف را کاهش می‌دهد

۱. واحد شدت انرژی برابر است با کوآدریلیون (یک با ۱۵تا صفر به توان دو) واحد حرارتی بریتانیا(quadrillion btu).

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

(به‌دلیل افزایش قیمت ناشی از افزایش مصرف انرژی) در نتیجه سرمایه‌گذاری در سرمایه فیزیکی کاهش یافته که به نوبه خود دارای اثر منفی بر کارایی اقتصادی کشورهاست (مون وسون، ۱۹۹۶).

بر اساس سایر نتایج حاصل از برآورد مدل تحقیق، درجه بازبودن اثر مثبت و معنادار بر کارایی اقتصادی دارد که این یافته سازگار با مبانی نظری است. همانطور که در مبانی نظری بیان شد، تجارت خارجی سبب تغییر دادن تخصیص منابع از بخش‌ها و صنایع با بهره‌وری پایین به صنایع با بهره‌وری بالا شده و منابع را به‌سوی فعالیت‌هایی که بیشترین کارایی را دارند هدایت می‌کند (طیبی و همکاران، ۱۳۸۷). این یافته با مطالعه بورنسزتین و همکاران (۱۹۹۸) سازگار است.

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی رابطه شدت انرژی و کارایی اقتصادی با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته برای کشورهای منتخب طی دوره زمانی (۲۰۱۱-۱۹۹۱) است. برای این منظور، ابتدا کارایی اقتصادی کشورهای مورد مطالعه از روش تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها اندازه‌گیری شده، سپس رابطه U برعکس میان شدت انرژی و کارایی اقتصادی این کشورها از مدل GMM آزمون شده است.

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، فرضیه پژوهش تأیید شده است. این یافته قابل توجیه است. به‌طور مشخص، بر اساس مبانی نظری و مطالعات تجربی در صورتی‌که مصرف انرژی به‌عنوان یک عامل تولید افزایش یابد می‌تواند موجبات افزایش رشد اقتصادی را فراهم آورد، اما باید توجه داشت که افزایش مصرف انرژی آثار غیرمستقیم منفی را نیز به‌دنبال دارد. در واقع، تولید و مصرف بیشتر انرژی تنها به هزینه کاهش سرمایه‌گذاری و نیروی کار در سایر بخش‌ها و کاهش تولید آنها امکان‌پذیر است. بنابراین افزایش مصرف انرژی (شدت انرژی) همواره رشد اقتصادی را با یک نرخ ثابت افزایش نمی‌دهد. در واقع، دلیل این رخداد می‌تواند به‌دلیل قانون بازده نزولی[1] در رابطه بین شدت انرژی و کارایی اقتصادی باشد. در پژوهش حاضر، با مصرف انرژی (شدت انرژی) نرخ نهایی[2] کارایی اقتصادی ابتدا افزایش و سپس با مصرف بیشتر انرژی (افزایش بیشترشدت انرژی) کاهش می‌یابد. علاوه بر این، این رخداد می‌تواند به‌دلیل ارتباط پویای بین مصرف انرژی (شدت انرژی) و کارایی اقتصادی باشد، زیرا افزایش مصرف انرژی (شدت انرژی) از نقطه‌ای به بعد درآمد قابل تصرف را کاهش می‌دهد، در نتیجه سرمایه‌گذاری در سرمایه فیزیکی کاهش یافته که به نوبه خود اثر منفی بر کارایی اقتصادی کشورها دارد.

1. Law of Diminishing Returns
2. Marginal Rate

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

همچنین، بر اساس سایر نتایج مقاله حاضر حد آستانه‌ای شدت انرژی که در آن کارایی اقتصادی به حداکثر میزان خود می‌رسد برآورد شده است که در محدوده قابل قبول قرار دارد. سرانجام اینکه اثر باز بودن بر کارایی اقتصادی مثبت برآورد شده و بر این اساس به‌نظر می‌رسد تجارت آزاد می‌تواند موجب افزایش کارایی اقتصادی کشورها شود.

با توجه به نتایج این تحقیق توصیه می‌شود مصرف انرژی تا حدی که کارایی اقتصادی را تضمین نماید افزایش یابد، همچنین به عوامل مؤثر بر مصرف بهینه انرژی از جمله فناوری و بهره‌وری توجه بیشتری شود.

منابع

ابریشمی، حمید، نوری، مهدی و امیر دودابی‌نژاد (۱۳۸۹)،"رابطه قیمت و بهره‌وری انرژی در ایران: بررسی تجربی هم‌انباشتگی نامتقارن"، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، شماره ۵۵، صص ۲۲-۵.

امامی‌میبدی، علی (۱۳۹۰)، *کارایی و بهره‌وری از دیدگاه اقتصادی*، تهران: انتشارات دانشگاه علامه طباطبایی.

سخنور، محمد، صادقی، حسین، عصاری، عباس، یاوری، کاظم و نادر مهرگان (۱۳۹۰)،"استفاده از تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای برای تحلیل ساختار و روند کارایی شرکت‌های توزیع برق ایران"، *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، شماره ۴، صص ۱۸۲-۱۴۵.

طیبی، سیدکمیل، عمادزاده، مصطفی و آزیتا شیخ‌بهایی (۱۳۸۷)،"تأثیر تجارت خارجی و سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی کشورهای عضو سازمان کنفرانس اسلامی"، *تحقیقات اقتصادی*، شماره ۸۵، صص ۲۵۶-۲۳۷.

عمادزاده، مصطفی، شریفی، علیمراد، دلالی‌اصفهانی، رحیم و مهدی صفدری (۱۳۸۲)،"تحلیل از روند شدت انرژی در کشورهای OECD"، *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*،شماره ۲۸، صص ۱۱۸-۹۵.

گجراتی، دامودار (۱۹۹۵)، *مبانی اقتصادسنجی*، ترجمه حمید ابریشمی (۱۳۸۵)، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

مؤذنی، سعیده سادات و علیرضا کرباسی (۱۳۸۷)،"اندازه‌گیری انواع کارایی با استفاده از روش تحلیل فراگیر داده‌ها: مطالعه موردی پسته‌کاران شهرستان زرند"، *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، شماره ۶۱، صص ۱۶-۱.

مهرآرا، محسن و محمود زارعی (۱۳۹۰)،"اثرات غیرخطی مصرف انرژی بر رشد اقتصادی مبتنی بر رویکرد حد آستانه‌ای"، *پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، شماره ۵، صص ۴۳-۱۱.

مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۳)، *مدل‌های کمی برای ارزیابی عملکرد سازمان‌ها (تحلیل پوششی داده‌ها)*، تهران: انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]

Asmild, M., Paradi, J., Aggarwal, V. & C. **Schaffinit** (2004), "Combining DEA Window Analysis with the Malmquist Index Approach in a Study of the Canadian Banking Industry", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 21, PP. 67-89.

Ayres, R. (1998), "Technological Progress: A proposed Measure", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 59, PP. 213-233.

Baltaghi, H. B. (2005)*, Econometric Analysis of Panel Data*, New York: John Wily and Sons Ltd.

Berndt, E. R. & D.O. Wood (1975), "Technology, Prices and the Derived Demand for Energy", *American Economic Review*, Vol. 56, PP. 259-268.

Berndt, E. R. & D. O. Wood (1979), "Engineering and Econometric Interpretations of Energy Capital Complementarily", *American Economic Review*, Vol. 69, PP. 342-354.

Bojnec, S. & D. Papler (2011), "Economic Efficiency, Energy Consumption and Sustainable Development", *Journal of Economics and Management*, Vol. 12, P. 353-374.

Borensztein, E. De Gregorio, J. & J. W. Lee (1998),"How Does Foreign Direct Investment Affect Economics Growth?", *Journal of International Economics*, Vol. 45, PP. 115-135.

Charnes, A., Cooper, W. W. & E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operation Research*, Vol. 2, PP. 429-444.

Cooper, W.W., Seiford, L. M. & K. Tone (2007), *Data Envelopment Analysis, A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Boston: Kluwer Academic Publishers.

Griffin, J. M. & P. R. Gregory (1976), "An Inter Country Tran Slog Model of Energy Substitution responses", *American Economic Review*, Vol. 66, PP. 845-847.

Halkos, G. E. & N. G. Tzeremes (2011a), "Oil Consumption and Economic Efficiency: A Comparative Analysis of Advanced", *Developing and Emerging Economies, Ecological Economics*, Vol. 70, PP. 1354-1362.

Halkos, G. E. & N. G. Tzeremes (2011b), "The Effect of Energy Consumption on Countries Economic Efficiency: A Conditional Robust Non Parametric Approach", *Munich Personal Repec Archive*, 28692.

Halkos, G. E. & N. G. Tzeremes (2013), "Renewable Energy Consumption and Economic Efficiency: Evidence from European Countries", *Journal of Renewable and Sustainable*, Vol. 5, PP. 41803.

Jorgenssen, Dale W. & P. Wilcoxen (1990), "Environmental Regulation and U.S. Economic Growth", *The Rand Journal of Economics*, Vol. 21, No. 2, PP. 314-330.

Moon, Y. S. & Y. H. Sonn (1996), "Productive Energy Consumption and Economic Growth: An Endogenous Growth Model and its Empirical Application", *Resource and Energy Economics*, Vol. 17, PP. 189-200.

Solow, R. M. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, PP. 65-94.

Solow, R. M. (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, PP. 312-320.

Warr, B. & R. Ayres (2006), "REXS: A Forecasting Model for Assessing the Impact of Natural Resource Consumption and Technological Change on Economic Growth", *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 17, PP. 329-378.

www.eia.gov
www.imf.org
www.unctad.org
www.worldbank.org

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-06]