––Name of Journal–––––––––
Vol(issue), PP.
.atu.ac.ir
DOI:

ATU PRESS

Original Research / Review / ...
Received:
Accepted:
ISSN:
eISSN:

Energy Efficiency Gap in Oil producing Countries

Dr. Taimur Mohammadi*
Professor, Department of Theoretical Economics, Allamah Tabatabaei University, Tehran, Iran

Azam Abbas Mohsen
Ph.D. Student in Oil & Gas Economic (Markets & Finance) , Allamah Tabatabaei University, Tehran, Iran

Abstract

Energy is a fundamental input in production, and its availability and use are essential for the social, economic, and technological advancement of a nation. Energy consumption and greenhouse gas emissions have been increasing along with rising production, primarily sourced from non-renewable resources. The increase in production and economic development has led to higher greenhouse gas emissions, resulting in climate change, which poses a new challenge for countries. Energy efficiency is the most beneficial way to reduce greenhouse gases and control energy supply. In this regard, one of the responsibilities of governments is to find tools to minimize the national economy's energy efficiency gap by increasing energy efficiency within the economy.

For this purpose, in this study, we used the Shephard energy distance function to define the energy efficiency index and the stochastic frontier analysis technique to estimate the energy efficiency gap in selected oil and gas producing countries from ۱۹۹۰ to ۲۰۲۲. We examined some factors influencing the energy efficiency gap and observed that the energy efficiency gap increased from ٦٪ to ۲۹٪ during the years under review. Additionally, foreign direct investment and total factor productivity have a negative impact, while urbanization has a positive impact on the energy efficiency gap.

Keywords: Energy efficiency gap, Shepard's energy distance function. Stochastic Frontier Analysis

* Corresponding Author: mohammadi@atu.ac.ir
How to Cite: xxxxxxx

شکاف کارایی انرژی در کشورهای تولیدکننده نفت [۱]

جناب آقای دکتر محمدی * استاد گروه اقتصاد نظری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

اعظم عباس محسن دانشجوی دکتری رشته اقتصاد نفت و گاز (مالیه و بازارها)، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

۱۴۰۳/۰۴/۰۶

چکیده

انرژی یک نهاده اساسی در تولید است و در دسترس بودن و استفاده از آن برای رشد اجتماعی، اقتصادی و پیشرفت تکنولوژیکی یک ملت ضروری می‌باشد. مصرف انرژی و انتشار گازهای‌گلخانه‌ای همراه با افزایش تولید در حال افزایش بوده و بیشتر از منابع تجدیدناپذیر به دست می‌آید. افزایش تولید و توسعه اقتصادها، موجب افزایش گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه، تغییرات آب و هوایی شده و چالش جدیدی برای کشورها ایجاد کرده است. کارایی انرژی سودمندترین راه برای کاهش گازهای گلخانه‌ای و کنترل تامین انرژی است. در این راستا یکی از وظایف دولت‌ها، یافتن ابزارهایی برای به حداقل رساندن شکاف کارایی انرژی اقتصاد ملی از طریق افزایش کارایی انرژی در اقتصاد است.

بدین منظور، در این پژوهش از تابع فاصله انرژی شپارد برای تعریف شاخص کارایی انرژی و از تکنیک تحلیل مرز تصادفی (SFA) برای تخمین شکاف کارایی انرژی در کشورهای منتخب تولیدکننده نفت و گاز طی سالهای ۱۹۹۰ الی ۲۰۲۲ استفاده نموده و به بررسی برخی از عوامل تاثیرگذار بر شکاف کارایی انرژی پرداخته ایم و مشاهده گردید شکاف کارایی انرژی طی سالهای مورد بررسی از ۶٪ به ۲۹٪ افزایش یافته است. همچنین متغیرسرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و بهره‌وری کل عوامل دارای تاثیر منفی و شهرنشینی دارای اثر مثبت بر شکاف کارایی انرژی می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: شکاف کارایی انرژی، تابع فاصله انرژی شپارد، تحلیل مرز تصادفی.

---

[۱] مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته اقتصاد نفت و گاز دانشگاه علامه طباطبایی است

* نویسنده مسئول: mohammadi@atu.ac.ir

مقدمه

در طول سالیان، انرژی به عنوان یکی از عوامل مهم تولید مطرح شده به طوری که به همراه سایر عوامل تولید، نقش تعیین‌کننده‌ای در سیستم اقتصادی کشورها داشته و با توسعه اقتصادها، بر اهمیت آن افزوده شده است. از زمان بروز تکانه های قیمتی نفت که از طرفی منجر به رکود اقتصادی کشورهای واردکننده نفت و از طرف دیگر موجب شکل‌گیری درآمدهای مازاد در اقتصاد کشورهای صادرکننده نفت و تغییر الگوی مصرف انرژی در آنها گردیده، نقش و جایگاه انرژی در اقتصاد اهمیت بیشتری یافت.(بهبودی و همکاران۱۳۸۸).

تولید و مصرف سوختهای فسیلی در جهان طی سالهای ۱۹۹۰ الی ۲۰۲۲ به ترتیب ۸۳٪ و ۶۳٪ رشد داشته است. مطابق بررسی سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[۱]، اقتصاد جهان در سال ۲۰۵۰ بسیار بزرگتر از امروز خواهد بود و مصرف کل انرژی ۸۰ درصد افزایش می‌یابد.

تقریباً همه اقتصادهای پیشرفته با کاهش کلی ۱ درصدی تقاضای کل انرژی در سال ۲۰۱۹ مواجه شده‌اند که در راس آنها اتحادیه اروپا (۲ درصد) و ایالات متحده (۰,۸ درصد) قرار دارند. در حالی که کشورهای در حال توسعه به افزایش تقاضای انرژی خود ادامه داده‌اند، چین ۹۰ درصد از رشد خالص تقاضای انرژی جهانی در سال ۲۰۱۹ را به خود اختصاص داده است. تقاضای انرژی در آسیای جنوب‌شرقی به شدت رشد کرده و در سال ۲۰۱۹ به ۳,۴ درصد رسیده است.کاهش تقاضای کل انرژی در کشورهای پیشرفته، به دلیل بهبود کارایی انرژی و تغییر مصرف به منابع انرژی کم کربن است.درمقابل، در کشورهای در حال‌توسعه، مصرف بالای انرژی ممکن است ناشی از رشد سریع صنایع انرژی‌بر و ورود آنها به مرحله توسعه صنعتی و یا ناشی از تکنولوژی عقب‌مانده و راندمان انرژی پایین باشد.

بخش صنعتی همواره بیشترین سهم مصرف انرژی بین بخشهای حمل‌ونقل، خانگی و تجاری طی سالهای ۱۹۹۰ الی ۲۰۲۲ داشته است. سه چهارم افزایش تقاضای انرژی در

۱- Organization for Economic Co-operation and Development(OECD)

بخش صنعتی و ساختمان‌ها ناشی از مصرف انرژی، عمدتاً در اقتصادهای در حال ظهور است[ii].گزارش‌های بخش صنعتی نشان می‌دهد که اجرای فناوری موجود در مقیاس جهانی می‌تواند منجر به صرفه‌جویی بین ۱۸ تا ۲۶ درصد در مصرف انرژی اولیه صنعتی شود[۱].

در مفاهیم اقتصادی، معیار بهینه نبودن کارایی انرژی را شکاف کارایی انرژی[۲] (پارادوکس انرژی) می‌نامند و به معنای عدم همسانی کارایی انرژی بالفعل و اندازه بهینه آن است[□□] (جف و استیونس[۳]،۱۹۹۴) و پیامد نهایی آن کاهش کارایی و در نتیجه افزایش شدت انرژی[۴] می باشد.

از وظایف دولتها، به حداقل رساندن شکاف کارایی انرژی در اقتصاد ملی است. بررسی‌ها نشان می‌دهد با وجود مطالعات علمی قابل توجه در این زمینه، رویکرد واحدی برای ارزیابی کارایی انرژی وجود ندارد. هدف این مقاله ارزیابی شکاف کارایی انرژی در اقتصاد به منظور شناسایی مقادیر اوج، عوامل ایجاد و مکانیسم‌های مناسب برای به حداقل رساندن آن است.

به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات و آزمون فرضیه از آزمونهای اقتصادسنجی نظیر تابع فاصله انرژی شپارد وتحلیل مرز تصادفی به منظور یافتن شکاف کارایی کشورها در سالهای مورد بررسی استفاده شده است.

جامعه آماری، کشورهای منتخب تولیدکننده نفت و گاز[۵] هستند که در دسته کشورهای پیشرفته[۶](کانادا،آمریکا،نروژ) و اقتصادهای نوظهور[۷] (ایران، روسیه، عربستان سعودی، امارات متحده عربی) در دوره زمانی ۱۹۹۰ الی ۲۰۲۲ قرار دارند.

این مطالعه در چهار بخش تنظیم شده است: در بخش اول به مبانی نظری و پیشینه پژوهش اشاره شده است. بخش دوم به ارائه الگوی مورد مطالعه و آزمونهای مورد نظر

۱- IEA ۲۰۰۸
۲- The Energy Efficiency Gap
۳- Jaffe & Stavins
٤- Energy Intensity
٥- Oil producers (مبنای انتخاب کشورهای تولید کننده نفت ، میزان داده های دردسترس می باشد.)
٦- Advanced Economies
۷- Emerging Market Economies

جهت تحقیق تجربی می پردازیم. در بخش سوم به تحلیل یافته های حاصل از تخمین الگو پرداخته شده و سپس در بخش چهارم نتیجه‌گیری و پیشنهادهای مربوطه آمده است.

بخش اول: مبانی نظری

کارایی انرژی[۱] رسیدن به هدف مورد نظر با کمترین هزینه ممکن و کمترین اتلاف منابع می باشد.[۲] افزایش کارایی انرژی یکی از موثرترین استراتژی‌ها به منظور تامین امنیت انرژی و توسعه فناوری می‌باشد. بهبود کارایی انرژی با کاهش میزان منابع انرژی مورد نیاز جهت تامین خدمات انرژی، افزایش پس انداز منابع مالی و کاهش تاثیرات زیست‌محیطی همراه است. دسترسی بیشتر به انرژی، بهبود سمت عرضه، کاهش تلفات فنی تولید و توزیع، افزایش درآمد قابل تصرف به موجب کاهش هزینه‌های انرژی، بهبود کارایی صنعتی و همچنین تحول و کارآمدی بودجه عمومی کشورها از دیگر منافع بهبود کارایی انرژی می‌باشد.

بهره‌وری انرژی[۳] اگر انرژی را به عنوان یکی از عوامل تولید در نظر بگیریم ، بهره‌وری انرژی ارزش اقتصادی که به ازاء استفاده از یک واحد انرژی بدست می آید، می باشد.[۴]

تفاوت بهره‌وری انرژی و کارایی انرژی در این است که بهره‌وری انرژی بیشتر به نسبت بین ستانده و نهاده انرژی توجه دارد، در حالی که کارایی انرژی به کاهش مصرف انرژی بدون کاهش کیفیت ستانده تمرکز دارد.

شکاف کارایی انرژی[۵] (پارادوکس انرژی)

شکاف کارایی انرژی ناهمسانی میان کارایی انرژی بالفعل با اندازه بهینه آن است(جفی[۶] و دیگران ۲۰۰۴). بعبارت دیگر ناهمسانی میان اندازه انرژی مصرفی خانوار و بنگاهها با

۱- Energy Efficiency

۲- "واژه های کلیدی اقتصاد؛رد و کلان"، دکتر رضا نجارزاده و دکتر منیژه نخعی آغمیونی.شرکت چاپ و نشر بازرگانی

۳- Energy Productivity

۴- "اصطلاحات انرژی و محیط زیست"،دفتر برنامه ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی ،وزارت نیرو.

۵- The Energy Efficiency Gap

۶- Jaffe et.al

میزان مصرف بهینه است و کاهش کارایی و متعاقب آن افزایش شدت انرژی را بهمراه دارد.

بر طبق تئوری اقتصادی درصورت عدم وجود شکست بازاری و رفتاری، کارگزاران اقتصادی با اتخاذ تصمیماتی، تعادل میان هزینه‌ها در گزینش‌های خود برقرار نموده و موجب حداکثر شدن منافع شخصی و اجتماعی می‌گردد.[۱]

عدم استفاده از فناوری انرژی کارا نسبت به ظرفیت‌های موجود و عدم سرمایه‌گذاری در کارایی انرژی در نتیجه شکست و موانع بازاری[۲] بالقوه نظیر نوسان قیمت انرژی، قیمتهای پایین انرژی، هزینه فناوری بالا، عدم تقارن اطلاعاتی، ناهمسانی قیمتهای نسبی از قیمتهای کارای اقتصادی، نواقص بازار سرمایه می‌باشد. با وجود موانع موجود، میزان شکاف کارایی انرژی افزایش می‌یابد(جفی و دیگران۲۰۰۴، کلمیک و والورتون [۳]۲۰۱۳).

همچنین عدم کارایی بهینه انرژی و افزایش انرژی‌بری یک اقتصاد در نتیجه وجود شکاف در کارایی انرژی بالفعل و بالقوه (ظرفیت فنی)، ناشی از اختلال مالی و سیاستهای مقرراتی، انگیزه‌های نابجا، هزینه‌ها و کالاهای‌های قیمت‌گذاری نشده بوده که موجب عدم تخصیص بهینه منابع و تصمیمات غیرکارا می‌گردد. این موارد به علت شکست بازار و نواقص آن و یا به دلایل غیربازاری است (جفی ۲۰۰۴، لینارس و لاباندیرا[۴] ۲۰۱۰،گیلینگام و پالمر[۵] ۲۰۱۳، کلمیک و والورتون ۲۰۱۳).

سایر موارد عبارتند از: قیمت انرژی پایین و غیرواقعی، اطلاعات ناقص[۶] و عدم تقارن اطلاعاتی، انگیزه‌های مجزا یا مسئله کارگزار-کارفرما[۷]، نرخ‌های تنزیل[۸] بالا ، محدودیت

۱- منظور از موانع می تواند هرگونه عدم انگیزه برای به کاری گیری یا مصرف یک کالا یا اتخاذ تصمیمی باشد (جفی و دیگران ۲۰۰۴).

۲- Market barriers
۳- H Klemick and A Wolverton
٤- Linares and Labandeira
٥- Gillingham and Palmer
٦- Imperfect information
۷- The principal–agent or split-incentive problem
۸- Discount rate

اعتباری[۱] و نواقص بازار سرمایه[۲] ، هزینه‌های سرمایه‌گذاری فراتر از میزان انتظار[۳] ، نا اطمینانی[۴] و برگشت ناپذیری سرمایه‌گذاری که مختصرا" به برخی از آنها اشاره می‌کنیم:

الف) قیمت پایین انرژی

با پایین بودن قیمت انرژی، سرمایه‌گذاری در کارایی انرژی مناسب نخواهد بود، یارانه‌ها باعث عدم لحاظ قیمتهای حقیقی توسط مصرف‌کنندگان انرژی در تصمیمات خود می‌گردد. لازمه برابری هزینه‌های اجتماعی و خصوصی، قیمتهای واقعی است تا کارگزاران اقتصادی هزینه گزینش‌های خود را متقبل شوند .

ب) اطلاعات ناقص[۵] و عدم تقارن اطلاعاتی

اگر مصرف‌کنندگان کالاهای انرژی‌بر، از میزان صرفه‌جویی انرژی بدست آمده از سرمایه‌گذاری در کالاهای انرژی کارا و منافع آن اطلاعات ناقصی داشته باشند، ممکن است باعث بی‌میلی آنها در سرمایه‌گذاری شود.

ج) انگیزه های مجزا یا مسئله کارگزار-کارفرما[۶]

این مسئله زمانی رخ می‌دهد که عاملین اقتصادی انگیزه‌های مجزا داشته باشند. مثلا فردی که هزینه‌های سرمایه‌گذاری را متقبل شده و سرمایه‌گذاری را انجام می‌دهد همان کسی نباشد که از منافع آن بهره می‌برد. به این ترتیب شخص سرمایه‌گذار در تجهیزات انرژی، انگیزه‌ای مجزا از مصرف‌کننده این تجهیزات خواهد داشت.

د) نرخ های تنزیل[۷] بالا

نرخ تنزیل، ترجیحات زمانی سرمایه‌گذاران را منعکس می‌کند. اگر آینده با نرخی قابل توجه تنزیل شود سرمایه‌گذاریهایی که منافع کنونی و هزینه‌های آتی دارند جذابتر بوده و

۱- Credit Constraints
۲- Capital markets imperfections
۳- Higher than expected investment costs
٤- Uncertainty and irreversibility
٥- Imperfect information
٦- The principal–agent or split-incentive problem
۷- Discount rate

سرمایه‌گذاریهایی که هزینه‌های کنونی و منافع آتی دارند جذابیت خود را از دست خواهند داد. (هتلینگ[۱] ۱۹۳۱).

ه) محدودیت اعتباری[۲] و نواقص بازار سرمایه[۳]

محدودیت اعتباری و نقدینگی می‌تواند توضیحی برای عدم کارایی انرژی باشد(گولو و اتو[۴] ۱۹۹۶). دسترسی محدود به اعتبار، مصرف‌کننده را از خرید کالای انرژی کارا به دلیل هزینه‌های بالای این سرمایه‌گذاری‌ها منصرف کند. بلوم‌اشتاین[۵] و دیگران ۱۹۸۰ اولین محققینی بودند که محدودیت نقدینگی و دسترسی به تأمین مالی را به عنوان مانع بازاری توصیف کردند که سرمایه‌گذاری کارایی انرژی را کم می‌کند.

و) هزینه های سرمایه گذاری فراتر از اندازه انتظاری[۶]

زمانی است که هزینه ایجاد شده برآمده از سرمایه‌گذاری در تجهیزات، برای بهبود کارایی، بیشتر از اندازه پیش‌بینی شده در طرح سرمایه‌گذاری است. اغلب این اتفاق به خاطر هزینه‌های پنهان یا هزینه‌های مبادلاتی است(جاسکو و مارون[۷] ۱۹۹۲).

ز) نا اطمینانی[۸] و برگشت ناپذیری سرمایه گذاری

سرمایه‌گذاری در کارایی انرژی ممکن است یک تصمیم برآمده از برگشت‌ناپذیری سرمایه‌گذاری و نوسان قیمت انرژی باشد. چنانچه نااطمینانی را به قیمت انرژی مرتبط بدانیم، تصمیمات سرمایه‌گذاری را می‌توان دربرگیرنده یک ارزش اختیار[۹] دانست که در هنگام نوسان بیشتر قیمت، بیشتر می‌شود و سرمایه‌گذاری را نسبت به زمانی که ارزش اختیار را در نظر نگیریم، کم منفعت تر می کند(متکالف[۱۰] ۱۹۹۴).

۱- Hotteling
۲- Credit Constraints
۳- Capital markets imperfections
٤- Golove and Eto
٥- Blumstein et.al
٦- Higher than expected investment costs
۷- Joskow, Paul L., and Donald B. Marron
۸- Uncertainty and irreversibility
۹- Option value
۱۰- Metcalf

پیشینه پژوهش

جدول ۱: خلاصه بررسی ادبیات موضوع

ردیف	محقق	موضوع	متغیر	مدل	نتیجه
۱	گولدمبرگ و میلنیک ۲۰۰۲	شدت انرژی و سرمایه‌گذاری خارجی در کشورهای درحال توسعه	شدت انرژی، سرمایه‌گذاری خارجی	پنل دیتا	○ افزایش سرمایه‌گذاری خارجی و بکارگیری تکنولوژی و در نتیجه کاهش شدت انرژی
۲	گلر و دیگران ۲۰۰۶	سیاست‌های افزایش کارایی انرژی درکشورهای OECD	هزینه تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری خارجی	پنل دیتا	○ تحقیق و توسعه با تامین مالی دولتی به توسعه تکنولوژی‌های انرژی کارا منجر می‌شود.
۳	موریکاوا ۲۰۱۲	تراکم جمعیت و کارایی مصرف انرژی	کارایی انرژی و شهرنشینی	داده های تلفیقی	○ افزایش حدود ۱۲٪ کارایی انرژی در نتیجه دوبرابر شدن تراکم جمعیت
٤	یکلاند ۲۰۱۲	افزایش شکاف کارایی انرژی	درآمد ملی، نیروی کار، سرمایه و مصرف انرژی	تحلیل مرزی تصادفی	○ ترکیب سرمایه‌گذاری در فناوری کارآمد انرژی با شیوه‌های مدیریت انرژی جهت افزایش کارایی انرژی و دستیابی به صرفه جویی در انرژی اولیه
٥	انوار ۲۰۱۷	بهره‌وری انرژی ،توسعه مالی، باز بودن تجارت و نوآوری در پاکستان	توسعه مالی، باز بودن تجارت، نوآوری و بهره‌وری انرژی	SVAR	○ اثر مثبت توسعه مالی و فناوری و اثر منفی بازبودن تجارت و رشد اقتصادی بر کارایی انرژی در بلندمدت
٦	تمیمی ۲۰۱۸	چه چیزی باعث کارایی انرژی می شود؟ شواهد بحران های مالی	واردات،سرمایه‌گذاری خارجی،تشکیل سرمایه ناخالص،ارزش افزوده بخش صنعت	پنل دیتا	○ شکل Uمعکوس اثرسرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر صرفه‌جویی در انرژی/ کنترل سطح درآمد کشورها و اثر Uشکل واردات بر صرفه‌جویی انرژی
۷	وسیلیوا ۲۰۲۰	ارزیابی شکاف کارایی انرژی	سرمایه ثابت ناخالص، جمعیت شاغل، تولید ناخالص داخلی، جهانی شدن، سهم جمعیت شهری از کل	تحلیل مرزی تصادفی	○ تأثیر منفی بحران‌مالی و تشدید درگیری نظامی و افزایش صادرات منابع انرژی اولیه و فناوری ناکارآمد و تأثیر مثبت واردات نوآوری انرژی در کارایی انرژی
۸	درگاهی ۱۳۹٦	شدت انرژی و تجارت خارجی در ایران:	کارایی کل عوامل،درآمد سرانه،شدت انرژی	SVAR	○ تاثیر مثبت تولید ناخالص داخلی و شدت انرژی و تاثیر منفی تورم بر مصرف انرژی
۹	فتحی‌زاده	رشد اقتصادی، شدت انرژی و توسعه	درآمد سرانه،بازبودن	ARDL	○ اثر منفی شدت انرژی بر رشد اقتصادی

۱۰ | نام مجله | سال ؟ | شماره ؟ | فصل سال (دولت پژوهی | سال اول | شماره ۴ | زمستان ۱۳۹۵)

	۱۳۹۹	مالی□□□□	تجاری،شدت انرژی		○ سهم رشد شدت انرژی از رشد اقتصادی دو کشور	

--پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران---------
دوره ؟، شماره ؟، نام فصل، سال، ص ص
.atu.ac.ir
DOI:

مقاله پژوهشی/مروری/سخن سردبیر
تاریخ دریافت: ۰۰/۰۰/۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۰/۰۰
ISSN:
eISSN:

بخش دوم: مدل‌های ارزیابی کارایی انرژی

یک روش معمول برای استخراج شاخص کارایی انرژی در سطح اقتصاد، جمع‌آوری اثرات تغییرات شدت انرژی در سطح مصرف نهایی یا زیربخش انرژی برای ارائه یک شاخص عملکرد ترکیبی کارایی انرژی است .تکنیک تجزیه و تحلیل شاخص[۱] (IDA) اساس این عمل است که می تواند برای تجزیه یک تغییر در مصرف انرژی در طول زمان در یک بخش به چندین اثر از پیش تعریف‌شده از جمله اثرات شدت انرژی استفاده شود. این رویکرد مبتنی بر IDA توسط تعدادی از کشورها از جمله کانادا، نیوزلند و ایالات متحده برای یافتن روندهای کارایی انرژی در کل اقتصاد آنها در طول زمان اتخاذ شده است. مطالعه اخیر توسط آنگ و همکاران[۲](۲۰۱۰)، ویژگی‌های اصلی سیستم‌های حسابداری کارایی انرژی مبتنی بر IDA را مقایسه می کند.

به غیر از مطالعات کارایی انرژی مبتنی بر IDA، بسیاری از محققان از رویکرد تحلیل پوششی داده ها[۳] (DEA) برای مقایسه عملکرد کارایی انرژی کشورها از نقطه نظر کارایی تولید استفاده کرده‌اند. نمونه‌هایی از این مطالعات عبارتند از هو و وانگ[۴](۲۰۰۶)، وی و همکاران[۵](۲۰۰۷)، ژو و آنگ[۶](۲۰۰۸)، موکرجی[۷](۲۰۱۰)، چانگ و هو[۸](۲۰۱۰). علیرغم نقاط قوت، DEA یک رویکرد برنامه ریزی ریاضی ناپارامتریک است که خطاهای آماری را در نظر نمی گیرد.

برای گنجاندن خطاهای آماری در تجزیه و تحلیل کارایی انرژی، رویکرد مرزی پارامتریک برای اندازه‌گیری عملکرد کارایی انرژی در سطح اقتصادی ارائه گردید.

۱- Index Decomposition Analysis
۲- Ang et al
۳- Data envelopment analysis
٤ -Hu and Wang
٥- Wei et al
٦- Zhou and Ang
۷- Mukherjee
۸- Chang and Hu

رویکرد پیشنهادی از تابع فاصله شپارد برای تعریف شاخص کارایی انرژی و از تکنیک تحلیل مرز تصادفی[۱] (SFA) برای تخمین شاخص استفاده می‌کند. تفاوت این است که تحلیل رگرسیون معمولی رفتار"گرایش مرکزی"مشاهدات را منعکس می‌کند، در حالی که SFA یک تکنیک آماری"مرزی"برای مقابله با بهترین عملکرد است.

در ادبیات، SFA به منظور انداه‌گیری کارایی انرژی ساختمان‌ها و کارخانه‌های صنعتی استفاده شده است. به عنوان مثال، فجو[۲](۲۰۰۲) از یک مدل SFA کاب-داگلاس[۳] برای تجزیه و تحلیل کارایی انرژی صنعت اسپانیا، باک و یانگ[۴](۲۰۰۷) جهت دستیابی به کارایی انرژی ساختمان‌های تجاری کانادا و بوید[۵] از تحلیل رگرسیون مرزی تصادفی برای تخمین بازده مصرف انرژی در سطح کارخانه استفاده کرده است.□□□

تحلیل مرز تصادفی

محققان در وهله اول تلاش کردند کارایی انرژی را توسعه دهند که هم هزینه ها و هم ستانده های انرژی را به هم مرتبط کند و مدل های تحلیل مرزی تصادفی (SFA) مدل های اساسی هستند. در دهه ۱۹۷۰،پیشگامی از مدل SFA توسط فارل[۶] برای پر کردن شکاف بین مطالعه نظری و کار تجربی ایجاد شد. این روش نشان داد که یک رابطه پارامتری بین نهادهها و ستانده‌های تولید وجود دارد و اولین بار توسط آیگنر و همکاران در تخمین تابع تولید استفاده شد. نویسندگان بیشتر این رویکرد را برای ارزیابی تابع تولید مرزی گسترش دادند. نویسندگان ثابت کردند که نوسانات تصادفی متغیرها می تواند بر ستانده‌ها تأثیر بگذارد. بنابراین، آنها درگیر مشخصات خطای آماری بودند که از دو جزء توزیع یک طرفه و توزیع نرمال تشکیل شده است. این روش بهبود یافته بر معایب غلبه می‌کند و احتمال خطاهای اندازه گیری را حذف می نماید.

۱- Stochastic Frontier Analysis
۲- Feijoo et al.
۳- Cobb-Douglas
٤- Buck and Young
٥- Boyd
٦ -Farrell

مدل SFA همچنین می‌تواند به عنوان ابزاری برای تخمین توابع فاصله زمانی که نهاده های متعدد و ستانده های منفرد وجود دارد استفاده شود.همچنین با گسترش مدل،برای تخمین حداکثر مرز امکان تولید و محاسبه اینکه کدام شرکت زیر مرز قرار می گیرد، استفاده می شود.

استفاده از روش مدل کارایی فرانتیرو تحلیل پوششی داده‌ها هر کدام مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارند. برتری‌های استفاده از روش مدل کارایی فرانتیر نسبت به تحلیل پوششی داده‌ها عبارتند از:

– مدل‌های کارایی فرانتیر، مانند مدل‌های تصادفی مرزی، امکان مدل‌سازی و تفکیک نویز و خطاهای تصادفی از ناکارآمدی را فراهم می‌کنند.همچنین می‌تواند اثرات متغیرهای محیطی و تصادفی را در تحلیل کارایی در نظر بگیرند.

DEA یک مدل ناپارامتریک است که از برنامه‌ریزی خطی استفاده می‌کند و نمی‌تواند به راحتی عوامل تصادفی و نویز را از ناکارآمدی تفکیک کند.

– نتایج مدل تصادفی مرزی و سایر مدل‌های فرانتیر به دلیل وجود مولفه‌های آماری قابل اعتماد و تفسیر دقیق‌تر هستند و می‌توانند تخمین‌های بازه‌ای برای کارایی ارائه دهند که کمک می‌کند تا نتایج قابل اعتمادتر باشند.

نتایج DEA ممکن است به دلیل حساسیت به داده‌های نهاده دقیق نباشند و تحلیل‌های آماری کمتری ارائه دهند.همچنین فقط بازده نسبت به مرز کارا را محاسبه می‌کند و بازه‌های اطمینان ارائه نمی‌دهد.

– مدل‌های SFA به خوبی با داده‌های پانلی کار می‌کنند و می‌توانند تغییرات کارایی در طول زمان را تحلیل کنند و می‌توانند تحلیل‌های پویا و بررسی تغییرات کارایی واحدها در طول زمان را فراهم کنند.

مدل‌های DEA به طور معمول برای داده‌های مقطعی استفاده می‌شود و تحلیل داده‌های پانلی نیازمند استفاده از روش‌های پیچیده‌تر است. تحلیل تغییرات کارایی در طول زمان با DEA کمتر مستقیم و معمولاً پیچیده‌تر است.

– مدل‌های فرانتیر می‌توانند به راحتی متغیرهای نهاده و ستانده چندگانه را در تحلیل‌ها ترکیب کنند و اثرات آن‌ها را به صورت همزمان بررسی کنند.– این مدل‌ها انعطاف‌پذیری بیشتری در تعریف روابط بین متغیرها دارند.

DEA می‌تواند متغیرهای چندگانه نهاده و ستانده را نیز تحلیل کند، اما پیچیدگی و تفسیر نتایج ممکن است مشکل‌ساز شود. در بعضی موارد، DEA نیاز به نرمال‌سازی داده‌ها دارد که ممکن است تفسیر نتایج را پیچیده‌تر کند.

روش فرا_ مرز(متافرانتیر)

هیامی[۱](۱۹۶۹) و هیامی و روتان[۲](۱۹۷۳) اولین کسانی بودند که مفهوم فرامرز[۳] را مطرح کردند. تفکر اساسی فرا_مرز تأکید بر ناهمگونی فناوری تولید با واحدهای تصمیم‌گیری مختلف (DMUs[۴]) است تا منطقه، نوع، مقیاس و سایر ویژگی‌های ذاتی را منعکس کند. تمام DMU ها با توجه به منابع مختلف و ناهمگونی تکنولوژیکی به گروه هایی تقسیم می‌شوند. هر گروه می تواند یک مرز تولید، یعنی مرز گروه تشکیل دهد.در نهایت، مرز تولید جدید از طریق پوشاندن مرزهای گروه های مختلف به دست می‌آید.

باتسه‌ورائو(۲۰۰۲)،باتسه(۲۰۰۴)،اودانل(۲۰۰۸)،اساف(۲۰۱۰)،تیدمن(۲۰۱۱)،لین(۲۰۱۲) ،چیو(۲۰۱۲)،هوانگ (۲۰۱۳) و ژانگ (۲۰۱۳)[۵] شروع به استفاده از مفهوم فرامرز برای مطالعه کارایی در تعدادی از زمینه ها کرده اند.

اندازه گیری کارایی انرژی

با پیروی از چارچوب تولید نئوکلاسیک، انرژی (E)، نیروی کار(L) و سرمایه(K) را به عنوان نهاده و تولید ناخالص داخلی را به عنوان ستانده (Y) در نظر می‌گیریم.

فرض کنید G کشورمختلف وجود دارد که بر اساس سطح فناوری آنها،طبقه بندی شده‌اند.فناوری تولید کشورG را می توان به صورت (۱) توصیف کرد:

۱- Hayami
۲- Hayami and Ruttan
۳- Meta-Frontier
٤- Decision-Making Units
٥-Battese & Rao, Battese ,O'Donnell ,Assaf , Tiedemann ,Lin, Chiu, Huang , Zhang.

$$P^g = \{(E, L, K, Y) : (E, L, K) \text{ can produce } Y\}, g = ۱,...,G. \quad (۱)$$

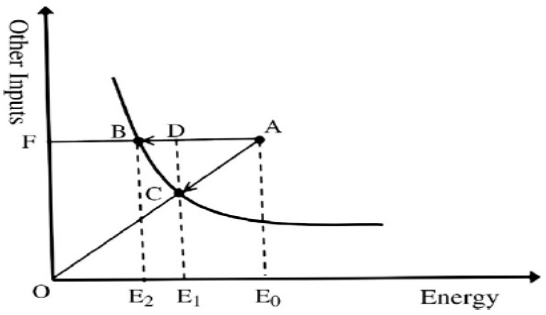
با توجه به سرمایه $\bar{k}$ نیروی کار $\bar{L}$ و ستانده $\bar{Y}$، مجموعه انرژی نهاده مورد نیاز برای کشور g به صورت (۲) تعریف می شود:

$$EI^g = \{E : (E, L, K, Y) \in P^g\} \quad (۲)$$

بر اساس مطالعه ژو و همکاران[۱] (۲۰۱۲)، تابع فاصله انرژی شپارد[۲] نسبت به فناوری هر کشور به صورت (۳) تعریف می‌شود:

$$D_E^g (E, L, K, Y) = \sup \{\beta : (E/\beta, L, K, Y) \in P^g\}, g = ۱,...,G. \quad (۳)$$

برخلاف تعریف هو و وانگ[۳](۲۰۰۶)، تابع فاصله انرژی شپارد نیازی به تنظیم همزمان همه نهاده‌ها ندارد. این نشان می‌دهد که کشورها، تنها انرژی نهاده را تنظیم می‌کنند تا به سمت مرز تغییر کنند در حالی که سایر نهاده‌ها را بدون تغییر نگه می‌دارند. شکل ۱ تصویر تفاوت تابع فاصله معمولی شپارد و تابع فاصله انرژی شپارد را ارائه می‌دهد. منحنی نشان دهنده همسانی تولید است. برای کشور A، تابع فاصله معمولی شپارد نسبت OA/OC است که برابر با FA/FD است در حالی که تابع فاصله انرژی شپارد نسبت FA/FB است. واضح است که در این مورد، تابع فاصله انرژی شپارد بیشتر از تابع فاصله شپارد معمولی است. تنظیم جهت تک انرژی به کشور A اجازه می‌دهد تا حالت صرفه‌جویی انرژی بیشتری به دست آورد.



شکل ۱ :توضیح تفاوت تابع فاصله شپارد و تابع فاصله انرژی

۱-Zhou et al.
۲- Shephard
۳- Hu and Wang

تابع فاصله شپارد از نظر نهاده انرژی به صورت خطی همگن است.(این با مورد تابع فاصله نهاده شپارد که به طور خطی در بردار نهاده همگن است متفاوت است).

بدیهی است $E/D_E^g(E,L,K,Y)$ در صورتی که کشور از فناوری گروه خود بهترین استفاده را بکند، استفاده فرضی انرژی را نشان می‌دهد. مجموعه $\{ E/D_E^g (E,L,K,Y) \}$ که مرز پایینی مجموعه انرژی نهاده EI^g است، به عنوان مرز انرژی نهاده کشور g نامیده می‌شود.

بر این اساس، شاخص کارایی انرژی در کل اقتصاد (که از این به بعد EEI نامیده می‌شود) نسبت به مرزهای خاص کشور را می توان به صورت (۴) تعریف کرد:

$$EEI^g=۱/D_E^g (E, L, K, Y), g=۱,...,G \qquad (٤)$$

علاوه بر این، ما فرض می‌کنیم که فناوری‌های تولید خاص کشور در واقع به یک مجموعه فناوری مشترک P^* تعلق دارند. به این معنی که فناوری تولید کشور را می توان به صورت (۵) و (۶) تعریف کرد:

$$P^*=\{P^۱UP^۲U...UP^G\} \qquad (۵)$$

$$P^*= \{(E, L, K, Y) :(E, L, K) \text{ can produce } Y\} \qquad (٦)$$

به طور مشابه، مجموعه نیاز انرژی نهاده نسبت به فناوری رایج را می‌توان به‌صورت (۷) بیان کرد:

$$EI^*= \{E: (E, \bar{L}, \bar{K}, \bar{Y}) \in P^*\} \qquad (7)$$

مرز پایین این مجموعه انرژی نهاده به"مرزهای فرامرز" اشاره دارد. بر خلاف مرزهای گروهی، فرامرز بر این اساس ساخته می‌شود که تمام مناطق کشور به فناوری یکسان دسترسی دارند.

به طور مشابه، تابع فاصله انرژی شپارد نسبت به فناوری رایج را می‌توان به صورت (۸) تعریف کرد:

$$D_E^* (E, L, K, Y) =\sup \{\beta: (E/ \beta,L,K,Y \in P^*\} \qquad (8)$$

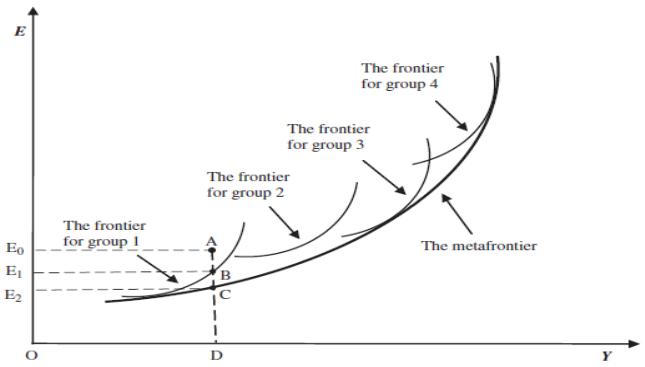
بر این اساس، EEI در سطح اقتصاد نسبت به فرامرز به صورت (۹) تعریف می‌شود:

$$EEI^{*}=1/D_{E}^{*}\ (E, L, K, Y) \qquad (۹)$$

در همین حال، معادله بیانگر این است که فرامرز منحنی پوششی مرزهای کشور است. از این رو، رابطه بین تابع فاصله انرژی شپارد براساس مرزهای فرامرز و کشور خاص به‌صورت (۱۰) است:

$$D_{E}^{*}\ (E, K, L, Y)\geqq D_{E}^{g}\ (E, K, L, Y)\Rightarrow EEI^{*}\leqq EEI^{g} \qquad (۱۰)$$

شکل۲ برای نشان دادن مفاهیم استفاده می‌شود. وقتی L و K ثابت هستند، منحنی همقداری تولید را برای متغیرهای E و Y نشان می‌دهد. فرض کنید که کشور A متعلق به گروه ۱ است. در این مورد، نسبت به مرز گروه۱، بازده انرژی کشور A برابر با نسبت BD/AD است در حالی که نسبت CD/AD نسبت به فرامرز است و TGR نقطه A را می‌توان با نسبت CD/BD اندازه گیری کرد.



شکل۲: توضیح EEI

مدل متافرانتیر پارامتریک

هنگامی که فرم تابعی ترانسلوگ انتخاب می‌شود، رابطه بین تابع فاصله انرژی شپارد و متغیرهای نهاده و ستانده را می‌توان به صورت زیر بیان نمود .(تابع فاصله برای گروه بر اساس مدل ژو و همکاران (۲۰۱۲) با فرم ترانسلوگ)

$$\begin{aligned}\ln D_E^g\left(E_{iit}^g, L_{it}^g, K_{it}^g, Y_{it}^g\right) = \beta_. + \beta_E \ln E_{it}^g + \beta_L \ln L_{it}^g + \beta_K \ln K_{it}^g + \beta_Y \ln Y_{it}^g \\ +\beta_{EL}\left[\ln E_{it}^g \times \ln L_{it}^g\right] + \beta_{EK}\left[\ln E_{it}^g \times \ln K_{it}^g\right] \\ +\beta_{EX}\left[\ln E_{it}^g \times \ln Y_{it}^g\right] + \beta_{UK}\left[\ln L_{it}^g \times \ln K_{it}^g\right] \\ +\beta_{LY}\left[\ln L_{it}^g \times \ln Y_{it}^g\right] + \beta_{KY}\left[\ln K_{it}^g \times \ln Y_{it}^g\right] \\ +\beta_{EE}\left[\ln E_{it}^g\right]^2 + \beta_{KK}\left[\ln K_{it}^g\right]^2 + \beta_{YY}\left[\ln Y_{it}^g\right]^2 \\ +\beta_U\left[\ln L_{it}^g\right]^2 + V_{it}^g\end{aligned} \quad (۱۳)$$

که در آن V_{it}^g یک متغیر تصادفی را برای نشان‌دادن خطای آماری بوده و به عنوان یک توزیع نرمال فرض می‌شود $N\left(0, \sigma v^2\right)$.

از آنجایی که تابع فاصله شپارد به طور خطی در نهاده انرژی همگن است، ما داریم :

$$\begin{aligned}\ln D_E^g\left(E_{it}^g, L_{it}^g, K_{it}^g, Y_{it}^g\right) = & \ln E_{it}^g + \ln D_E^g\left(1, L_{it}^g, K_{it}^g, Y_{it}^g\right) \\ = & \ln E_{it}^g + \beta_. + \beta_L \ln L_{it}^g + \beta_K \ln K_{it}^g + \beta_Y \ln Y_{it}^g \\ & +\beta_{LK}\left[\ln L_{it}^g \times \ln K_{it}^g\right] + \beta_{LY}\left[\ln L_{it}^g \times \ln Y_{it}^g\right] \\ & +\beta_{KY}\left[\ln K_{it}^g \times \ln Y_{it}^g\right] + \beta_{KK}\left[\ln K_{it}^g\right]^2 \\ & +\beta_{YY}\left[\ln Y_{it}^g\right]^2 + \beta_U\left[\ln L_{it}^g\right]^2 + V_{it}^g\end{aligned} \quad (۱۴)$$

با مرتب سازی فرمول فوق داریم:

$$\begin{aligned}-\ln E_{it}^g = & \beta_. + \beta_L \ln L_{it}^g + \beta_K \ln K_{it}^g + \beta_Y \ln Y_{it}^g + \beta_{LK}\left[\ln L_{it}^g \times \ln K_{it}^g\right] \\ & +\beta_{LY}\left[\ln L_{it}^g \times \ln Y_{it}^g\right] + \beta_{KY}\left[\ln K_{it}^g \times \ln Y_{it}^g\right] + \beta_{KK}\left[\ln K_{it}^g\right]^2 \\ & +\beta_{YY}\left[\ln Y_{it}^g\right]^2 + \beta_L\left[\ln L_{it}^g\right|^2 + V_{it}^g - U_{it}^g\end{aligned} \quad (۱۵)$$

که در آن $U_{it}^g \equiv \ln D_E^g\left(E_{it}, L_{it}, K_{it}, Y_{it}\right)$ متغیر غیرمنفی است که نشان‌دهنده ناکارآمدی انرژی است و مستقل از V_{it}^g است . همچنین مطابق تحقیقات بتسه و کولی[۱]

۱- Battese and Coelli

(۱۹۹۲) ، $U_{it}^{g} = U_{i}^{g} \exp(-\eta(t-T))$ فرض می‌کنیم که در آن U_{i}^{g} یک متغیر تصادفی غیرمنفی است و توزیع صفر $N(\mu, \sigma u)$. شاخص کاریی انرژی منطقه i در دوره t، نسبت به مرز گروه آن، $EEI_{it}^{g} = \exp(-U_{it}^{g})$ همانطور که در بتسه و کولی (۱۹۹۲) پیشنهاد شده است، پیش‌بینی شده است.

از معادله بالا مشخص است که مرز گروه پس از برآورد می‌تواند به صورت (۱۶) بیان شود:

$$-\ln E_{it}^{g} = \beta_{.} + \beta_{L}\ln L_{it}^{g} + \beta_{K}\ln K_{it}^{g} + \beta_{Y}\ln Y_{it}^{g} + \beta_{LK}[\ln L_{it}^{g} \times \ln K_{it}^{g}] + \beta_{LY}[\ln L_{it}^{g} \times \ln Y_{it}^{g}] + \beta_{KY}[\ln K_{it}^{g} \times \ln Y_{it}^{g}] + \beta_{KK}[\ln K_{it}^{g}]^{2} + \beta_{YY}[\ln Y_{it}^{g}]^{2} + \beta_{L}[\ln Y_{it}^{g}]^{2} \quad (۱۶)$$

علاوه بر این، با مراجعه به بتسه و همکاران(۲۰۰۴)، فرامرز می‌تواند به صورت (۱۷) نمایش داده شود:

$$-\ln E_{it}^{*} = \beta_{.}^{*} + \beta_{L}^{*}\ln L_{it} + \beta_{K}^{*}\ln K_{it} + \beta_{Y}^{*}\ln Y_{it} + \beta_{LK}^{*}[\ln L_{it} \times \ln K_{it}] + \beta_{LY}^{*Y}\ln L_{it} \times \ln Y_{it}] + \beta_{KY}^{*}[\ln K_{it} \times \ln Y_{it}] + \beta_{KK}^{*}[\ln K_{it}]^{2} + \beta_{YY}^{*}[\ln Y_{it}]^{2} + \beta_{U}^{*}[\ln Y_{it}]^{2} \quad (۱۷)$$

که در آن علامت * پارامترهای تابع متافرانتیر را نشان می‌دهد.

رویکرد مرزی پارامتریک برای اندازه‌گیری عملکرد کارایی انرژی در سطح اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از تابع فاصله شپارد برای تعریف شاخص کارایی انرژی و از تکنیک تحلیل مرز تصادفی(SFA) برای تخمین شاخص استفاده می‌شود. ترکیب سیستماتیک تحلیل مرزی تصادفی[۱](SFA) وتابع فاصله انرژی شپارد برای ارزیابی شکاف‌های کارایی انرژی بکار می‌رود.

۱- Stochastic Frontier Analysis (SFA)

شکاف کارایی انرژی بر اساس تابع شپارد برآورد می‌شود. تفاوت عملکرد شپارد با تابع کاب داگلاس، عمدتاً به این دلیل است که مقدار انرژی مصرف شده را همراه با سرمایه و نیروی کار در نظر می گیرد.

$$EEG = \frac{۱}{D_E(K, L, E, Y)} \qquad (۱۸)$$

D_E (K, L, E, Y) تابع فاصله انرژی شپارد[۱]،K حجم سرمایه ثابت ناخالص در کشور،L اندازه جمعیت فعال،E مقدار انرژی مصرف‌شده در کشور،Y تولید ناخالص داخلی کشور و EEG وجود شکاف کارایی انرژی در اقتصاد ملی را نشان می‌دهد.

۱-Shepard energy distance function

بخش سوم:یافته‌ها

به منظور ارزیابی شکاف کارایی کشورهای منتخب تولیدکننده نفت، ابتدا کارایی کشورها بررسی می‌گردد.این کشورها در لیست ۱۰کشور برتر تولیدکننده انرژی و تولیدکنندگان نفت‌وگاز هستند. با عنایت به محدودیت آمارهای سری‌زمانی، کشور کانادا، ایران، نروژ، روسیه، عربستان سعودی، امارات و آمریکا بعنوان کشورهای منتخب برگزیده شده‌اند.متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق در جدول ذیل آمده است:

جدول ۲ : متغیرهای استفاده شده

ردیف	شرح	نماد	شاخص	منبع
۱	تولید ناخالص داخلی(به قیمت ثابت سال۲۰۱۵)	**Y**	GDP (constant ۲۰۱۵ US$), میلیارد دلار	World Bank .org
۲	حجم تشکیل سرمایه ثابت ناخالص در کشور(به قیمت ثابت سال۲۰۱۵)*	**K**	Gross fixed capital formation (constant ۲۰۱۵ US$), میلیارد دلار	World Bank .org
۳	جمعیت فعال	**L**	Labor force, میلیون نفر	World Bank .org
٤	مقدار انرژی مصرف شده در کشور	**E**	Energy Consumption (quad Btu)	Eia.gov
٥	سرمایه گذاری مستقیم خارجی	**FDI**	Foreign direct investment (% of GDP), میلیارد دلار	UNCTAD. org
٦	بهره‌وری کل عوامل	**TFP**	Total factor productivity index (using national accounts) (۲۰۱۷=۱), درصد	ourworld indata.or g
۷	تجارت خارجی	**TRADE**	Trade (% of GDP)	World Bank .org
۸	شهرنشینی	**URBAN**	Urban population (% of total population)	World Bank .org

***آمار موجودی سرمایه که در مدل می بایست مورد استفاده قرار گیرد، بوسیله بخشی از کد Stockcapit در نرم افزار استاتا محاسبه می شود.**

**** سطح بهره‌وری کل عوامل، از طریق تولید ناخالص داخلی (با استفاده از نرخ‌های رشد حساب‌های ملی)، موجودی سرمایه (با استفاده از حساب‌های ملی)، داده‌های ورودی نیروی کار و سهم نیروی کار در تولید ناخالص داخلی، سهم درآمد نیروی کار شاغلان و کارگران خوداشتغال در تولید ناخالص داخلی محاسبه‌شده است.[۱]**

۱- توضیحات ارائه شده در سایت ourworldindata.org

به منظور محاسبه شاخص شکاف کارایی انرژی، ابتدا آزمونهای ذیل جهت بررسی متغیرها مورد بررسی قرار می گیرند:

جدول ۳: آزمون اسقلال مقطعی پسران

متغیرها	آماره آزمون در سطح۵٪	نتیجه
LnE LnY LnK LnL	Pesaran's test= -۱,۱۰۷ Pr = ۱,۷۳۱٦	سطح احتمال آزمون از ۵درصد بزرگتر است، فرضیه H۰ مبنی بر استقلال مقطعی رد نمی‌شود و مدل دارای استقلال بین مقاطع می‌باشد.

جدول ٤: آزمون ریشه واحد لوین، لین و چو LLC

نام متغیر	سطح	I(۰)مقدار آماره p-value	نتیجه*
lnE	-۳,٤٦۸۳	-۲,۷۰۱۸ ۰,۰۰۳٤	متغیر در سطح مانا
lnY	-۳,۸٥٤٤	-۳,۱۷٦۰ ۰,۰۰۰۷	متغیر در سطح مانا
lnK	-۲۱,٤۳۹۲	-۲۳,۷۱۳۸ ۰,۰۰۰۰	متغیر در سطح مانا
lnL	-۲,٤۳۳٤	-۱,۷۲۹۱ ۰,۰٤۱۹	متغیر در سطح مانا
LnFDI	-٦,۹۹٤۸	-۳,٦۰٤۲ ۰,۰۰۰۲	متغیر در سطح مانا
LnTFP	-۳,۲۱٥۲	-۱,٤۹٥٥ ۰,۰٦۷٤	متغیر در سطح مانا
LnTRADE	-۱۱,٦۰۸۰	-۹,۲۰۷۹ ۰,۰۰۰۰	متغیر در سطح مانا
lnURBAN	-۱۱,۷۲۸۱	-۱۲,۰۳۱۰ ۰,۰۰۰۰	متغیر در سطح مانا

*سطح احتمال آزمون از ۵درصد کوچکتر است، بنابراین فرضیه H۰ مبنی بر نامانایی رد می‌شود.

جدول ۵: آزمون F لیمر(تعیین نوع داده ها،تلفیقی یا تابلوئی)

نتیجه	آماره آزمون در سطح۵٪	متغیرها
سطح احتمال آزمون از ۵درصد کوچکتر است،فرضیه H۰ مبنی بر داده های تلفیقی رد شده و مدل پنل است.	۱۶۲,۸٤ pr=۰,۰۰۰۰	LnE LnY LnK LnL

جدول ٦: آزمون هاسمن (تعیین نوع مدل با اثرات تصادفی یا ثابت)

نتیجه	آماره آزمون در سطح۵٪	متغیرها
سطح احتمال آزمون از ۵درصد بزرگتر است بنابراین، فرضیه H۰ مبنی بر اثرات تصادفی رد نمی‌شود.	chi۲=۰,٦۹ pr= ۰,۸۷٦٦	LnE LnY LnK LnL

جدول ۷: آزمون پراش-پاگان(بررسی صحت اثرات تصادفی)

نتیجه	آماره آزمون در سطح۵٪	متغیرها
از آنجایی که سطح احتمال آزمون کوچکتر از ۵ صدم است فرضیه H۰ مبنی بر اثرات ثابت رد می‌شود و در نتیجه تصادفی بودن اثرات، تأیید می‌گردد.	chibar۲=۲٤۱۸,۷٤ pr=۰,۰۰۰۰	LnE LnY LnK LnL

پس از تحلیل آزمونهای اولیه، از تابع فاصله شپارد برای تعریف شاخص کارایی انرژی کشورهای منتخب و از تکنیک تحلیل مرز تصادفی (SFA) برای تخمین شاخص استفاده می نمائیم.

جدول ۸ : مدل کارایی متافرانتیر(کارایی تابع فاصله شپارد) □□□□□

ردیف	ضرایب متغیرها	آماره	Pvalue
۱	β_Y	-۷,۳۱	۰,۰۰۰
۲	β_K	۰,۷٤	۰,۰۰۰
۳	β_L	-۰,۷٦	۰,۰۰۰
٤	β_{KK}	-۰,۲۲	۰,۰۰۰
۵	β_{KY}	۰,٤٤	۰,۰۰۰
٦	t_r	۰,۰۰۰۰۵	۰,۰۰۰

۷	U_{sigma}	-۵,۱۵	۰,۰۰۰
۸	V_{sigma}	-٦,٤٦	۰,۰۰۰

ماخذ: نتایج حاصل از تخمین مدل در نرم افزار STATA

با توجه به نتایج بدست آمده، به بررسی شکاف کارایی انرژی طی سالهای ۱۹۹۰ الی ۲۰۲۲ در کشورهای منتخب می‌پردازیم:

جدول ۹: شکاف کارایی انرژی (EEG) در کشورهای منتخب

سال/کشور	کانادا	ایران	نروژ	روسیه	عربستان	امارات	آمریکا
۱۹۹۰	۵۲٪	٦٪	۷۸٪	۲٪	۱٤٪	۱۱٪	۱۰٪
۱۹۹۱	٤۱٪	۲٪	٦٤٪	٤٪	۲٪	٤٪	۱۱٪
۱۹۹۲	٤٦٪	۲٪	٦۸٪	۱۳٪	۲٪	۸٪	۱۰٪
۱۹۹۳	٤٦٪	۳٪	٦۱٪	۹٪	۳٪	۳٪	۱۰٪
۱۹۹٤	٤۳٪	۹٪	٥٤٪	۷٪	۳٪	۲٪	۱۰٪
۱۹۹٥	٤۰٪	۱۰٪	٥۲٪	۸٪	۲٪	۳٪	۱۱٪
۱۹۹٦	٤۱٪	٤٪	٤۰٪	٦٪	۳٪	٤٪	۱۲٪
۱۹۹۷	۳٤٪	۱۱٪	۲۹٪	٤٪	٥٪	٥٪	۱۰٪
۱۹۹۸	۲۲٪	۹٪	۲۷٪	٦٪	٥٪	٦٪	۹٪
۱۹۹۹	۲۲٪	٦٪	۳٦٪	٤٪	۱٥٪	٥٪	۹٪
۲۰۰۰	۱۲٪	۷٪	۱۹٪	٤٪	۸٪	۱۰٪	۱۱٪
۲۰۰۱	۱۲٪	۹٪	۲٥٪	٥٪	۱۳٪	۱٤٪	۱۰٪
۲۰۰۲	۱۰٪	٥٪	۲٥٪	٥٪	۱۹٪	۱٦٪	۱۲٪
۲۰۰۳	۱۲٪	۲٪	۳۷٪	٦٪	۷٪	۱٤٪	۱۳٪
۲۰۰٤	۱۲٪	۲٪	٤۲٪	٥٪	٥٪	۱٤٪	۱٦٪
۲۰۰٥	۱۰٪	٥٪	۱۸٪	٤٪	٤٪	۱۲٪	۱٥٪
۲۰۰٦	۱۰٪	٥٪	۷٪	٥٪	٥٪	٦٪	۱۳٪
۲۰۰۷	۸٪	۳٪	۱۱٪	۳٪	۱۱٪	۳٪	۱۷٪
۲۰۰۸	٦٪	۷٪	٦٪	۳٪	۱۲٪	٤٪	۱٤٪
۲۰۰۹	۷٪	۱۷٪	۲۱٪	۲٪	۱٤٪	۲٪	۱۰٪

۲۰۱۰	۹٪	۱۱٪	۲۷٪	۵٪	۲۸٪	۲٪	۱۶٪
۲۰۱۱	۹٪	۱۴٪	۱۳٪	۶٪	۲۴٪	۳٪	۱۴٪
۲۰۱۲	۱۱٪	۲۴٪	۱۱٪	۶٪	۱۷٪	۳٪	۱۰٪
۲۰۱۳	۱۲٪	۲۸٪	۱۵٪	۵٪	۱۸٪	۴٪	۱۵٪
۲۰۱۴	۱۳٪	۲۹٪	۱۴٪	۵٪	۲۰٪	۳٪	۱۷٪
۲۰۱۵	۱۳٪	۳۰٪	۱۲٪	۶٪	۵٪	۱۰٪	۱۵٪
۲۰۱۶	۱۱٪	۲۰٪	۱۲٪	۶٪	۲۴٪	۸٪	۱۴٪
۲۰۱۷	۱۱٪	۱۹٪	۱۷٪	۶٪	۲۴٪	۴٪	۱۴٪
۲۰۱۸	۱۲٪	۲۵٪	۱۸٪	۸٪	۱۸٪	۲٪	۲۱٪
۲۰۱۹	۸٪	۲۸٪	۱۴٪	۹٪	۱۲٪	۳٪	۱۹٪
۲۰۲۰	۷٪	۳۰٪	۱۳٪	۶٪	۲٪	۵٪	۱۱٪
۲۰۲۱	۵٪	۳۳٪	۸٪	۹٪	۶٪	۶٪	۱۸٪
۲۰۲۲	۵٪	۲۹٪	۵٪	۱۱٪	۵٪	۶٪	۲۱٪

ماخذ:یافته های تحقیق

مقاله پژوهشی/مروری/سخن سردبیر

تاریخ دریافت: ۰۰/۰۰/۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۰/۰۰

ISSN:

eISSN:

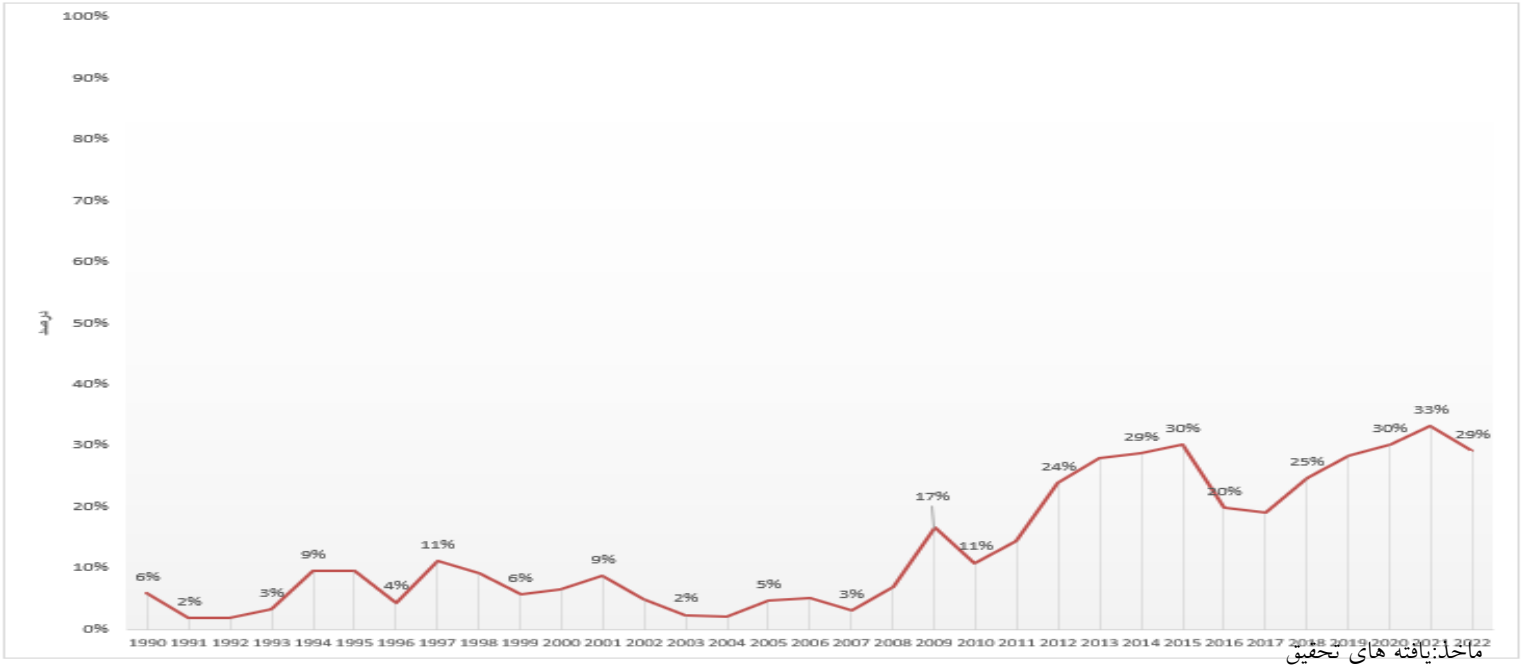
--پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران--------

دوره ؟، شماره ؟، نام فصل، سال، ص ص

.atu.ac.ir

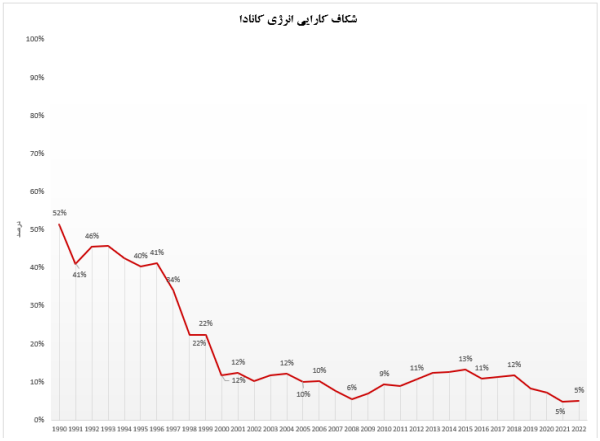
DOI:

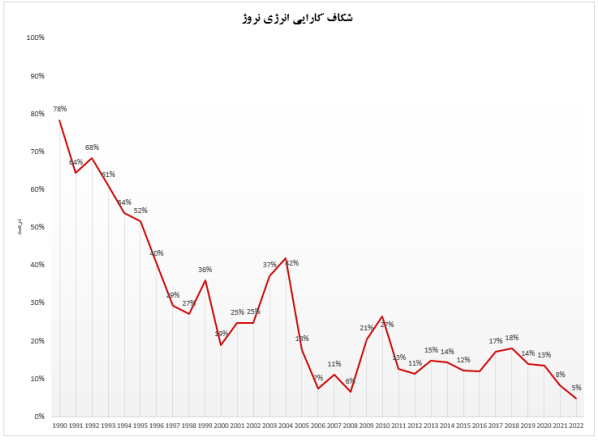
شکل ۳ : نمودار شکاف کارایی انرژی ایران

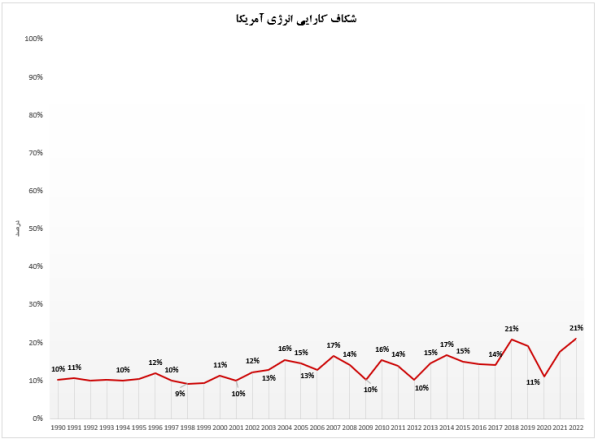


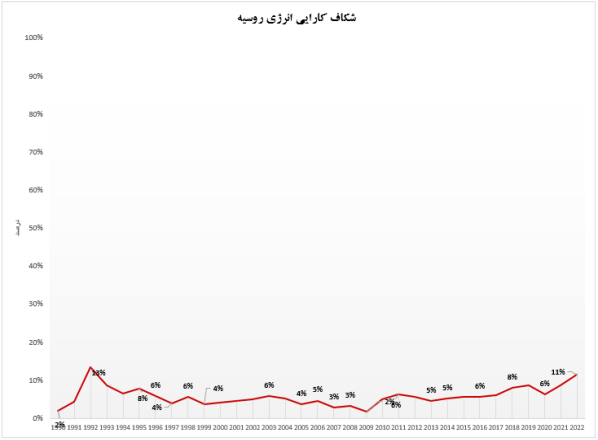
ماخذ:یافته های تحقیق

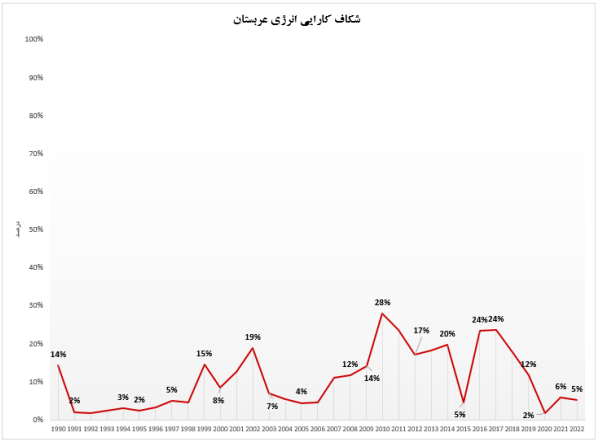
شکل ٤ : نمودار شکاف کارایی انرژی سایر کشورهای منتخب

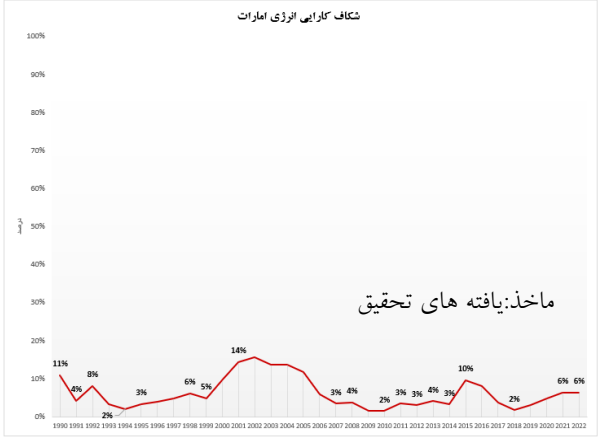












مقاله پژوهشی/مروری/سخن سردبیر
تاریخ دریافت: ۰۰/۰۰/۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۰/۰۰
ISSN:
eISSN:

همانگونه که در نمودارها مشاهده می‌شود ایران دارای بیشترین و کانادا و نروژ دارای کمترین میزان افزایش شکاف کارایی انرژی طی سالهای ۱۹۹۰الی۲۰۲۲ در بین کشورهای منتخب می‌باشند.

شکاف کارایی انرژی در کانادا و نروژ دارای روند منفی بوده و کانادا از ۵۲٪ به ۵٪ و نروژ نیز از ۷۸٪ به ۴٪ شکاف کارایی انرژی طی دوره ۱۹۹۰ الی ۲۰۲۲ رسیده است.مصرف بالای انرژی در سالهای در دهه ۱۹۹۰ در کشورهای کانادا و نروژ موجب کاهش کارایی انرژی در سالهای اولیه مورد بررسی می باشد. هر دو کشور تلاش‌هایی برای بهبود کارایی مصرف انرژی انجام دادند، اما نروژ به دلیل سیاست‌های متمرکز بر انرژی‌های تجدیدپذیر و فرهنگ مصرف بهینه انرژی[۱]، عملکرد بهتری نسبت به کانادا داشت. کانادا به دلیل ساختار اقتصادی و صنعتی متکی به منابع فسیلی، چالش‌های بیشتری در این زمینه داشت. دولت کانادا در دهه ۱۹۹۰ تلاش‌هایی برای بهبود کارایی انرژی انجام داد. این شامل برنامه‌های ملی و استانی برای ترویج بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها، صنایع، و بخش حمل‌ونقل بود.برنامه‌هایی مانند "برنامه بهره‌وری انرژی"[۲] و"برنامه ساخت و ساز سبز"[۳] به منظور کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری انرژی اجرا شدند.[۴]

عربستان و امارات با رشد منفی ۶۴٪ و ۴۱٪ در رتبه های بعدی کاهش شکاف کارایی انرژی هستند.البته دو کشور در جهت کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای به دلیل مصرف بالای سرانه انرژی، گام هایی را در جهت بهبود کارایی انرژی برداشته

۱-https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-trends-policies-profiles/norway.html
۲- Energy Efficiency Program
۳- Green Building Program
٤- https://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/data_e/publications.cfm

است.با اجرای اقدامات، عربستان سعودی[۱] و امارات تعهد خود را به بهبود کارایی انرژی و کمک به اهداف زیست محیطی منطقه ای و جهانی نشان داده اند.[۲]

روسیه با افزایش میزان شکاف کارایی انرژی از ۲٪ در سال ۱۹۹۰ به ۱۱٪ در سال ۲۰۲۲ و آمریکا با رسیدن از ۱۰٪ به ۲۱٪ شاهد رشد مثبت در شکاف کارایی انرژی طی سالهای مورد بررسی می‌باشد. اقتصاد روسیه به شدت به صادرات نفت و گاز وابسته است. این وابستگی منجر به عدم تنوع‌بخشی در منابع انرژی و کاهش تمرکز بر بهینه‌سازی انرژی شده است. افزایش مصرف انرژی در بخش خانگی بدون استفاده از فناوری‌های بهینه‌سازی انرژی موجب افزایش مصرف بی‌رویه انرژی شده است.[۳]

کشور ایران با رسیدن از ۶٪ شکاف کارایی انرژی در ۱۹۹۰ به ۲۹٪ شکاف کارایی انرژی در ۲۰۲۲ بیشترین افزایش در میزان شکاف را به خود اختصاص داده است.کاهش کارایی انرژی در ایران به دلایل متعددی برمی‌گردد که شامل عوامل ساختاری، اقتصادی، تکنولوژیکی و مدیریتی می‌شود:□□□

- صنایع انرژی‌بر و قدیمی(زیرساخت‌های صنعتی):بسیاری از صنایع ایران از تکنولوژی‌های قدیمی و ناکارآمد استفاده می‌کنند. این صنایع شامل پتروشیمی، فولاد و سیمان است که نیاز به نوسازی و استفاده از فناوری‌های مدرن برای بهبود کارایی انرژی دارند.
- راندمان پایین نیروگاه‌ها: بخش بزرگی از نیروگاه‌های تولید برق در ایران با راندمان پایین فعالیت می‌کنند و نیاز به نوسازی و بهینه‌سازی دارند.
- یارانه‌های انرژی: سیاست‌های یارانه‌ای در بخش انرژی باعث شده که قیمت انرژی برای مصرف‌کنندگان بسیار پایین باشد. این موضوع انگیزه‌ای برای صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف انرژی ایجاد نمی‌کند و مصرف بی‌رویه انرژی را تشویق می‌کند.

۱- National Energy Efficiency Program (NEEP)/ Saudi Energy Efficiency Center (SEEC)

۲- Energy efficiency in the UAE, Aiming for sustainability

۳-https://www.enerdata.net/estore/country-profiles/Russia & https://www.enerdata.net/store / country-profiles/united-states.html

- مدیریت ناکارآمد: عدم وجود سیاست‌های جامع و قوی در زمینه بهینه‌سازی انرژی و مدیریت مصرف انرژی باعث کاهش کارایی در این بخش شده است. سیاست‌گذاری‌های ناپیوسته و عدم اجرای موثر برنامه‌های موجود نیز از دلایل دیگر است.
- کمبود نظارت و ارزیابی: نظارت و ارزیابی ناکافی بر اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های بهینه‌سازی انرژی نیز منجر به عدم تحقق اهداف مورد نظر شده است.
- زیرساخت‌های بخش حمل و نقل: استفاده از خودروهای قدیمی و ناکارآمد با مصرف سوخت بالا یکی از عوامل مهم در کاهش کارایی انرژی است.
- شبکه‌های انتقال و توزیع انرژی:شبکه‌های قدیمی انتقال و توزیع برق و گاز با راندمان پایین باعث هدررفت زیاد انرژی می‌شوند.
- کمبود آگاهی عمومی:عدم آگاهی کافی عمومی در مورد اهمیت بهینه‌سازی انرژی و روش‌های صرفه‌جویی انرژی نیز یکی از عوامل کاهش کارایی انرژی است.
- سرمایه‌گذاری ناکافی:کمبود سرمایه‌گذاری در فناوری‌های بهینه‌سازی انرژی و پروژه‌های مربوط به آن نیز یکی از دلایل کاهش کارایی انرژی است.
- تورم و مشکلات اقتصادی:مشکلات اقتصادی و تورم بالا موجب کاهش توان مالی برای سرمایه‌گذاری در پروژه‌های بهینه‌سازی انرژی می‌شود.

به منظور بررسی بیشتر این تغییرات و عوامل موثر بر شکاف کارایی انرژی، با بهره‌گیری از مطالعات انجام شده توسط محققین، متغیرهای سرمایه‌گذاری خارجی، شهرنشینی، تجارت خارجی و بهره‌وری کل عوامل به عنوان متغیرهای تاثیرگذار بر شکاف کارایی انرژی مورد بحث قرارخواهند گرفت.

آمارها نشان‌دهنده رشد شهرنشینی در کلیه کشورهای مورد بررسی می باشد. ایران با ۳۶٪ رشد و روسیه با ۱٪ رشد، بیشترین و کمترین رشد شهرنشینی را در طول سال ۱۹۹۰ الی ۲۰۲۲ دارا می باشند.همچنین میزان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کلیه کشورها دارای

روند مثبت بوده و کانادا، نروژ و امارات متحده عربی با حدود ۲۰۰درصد افزایش بیشترین و ایران با ۵۹ درصدکمترین میزان افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را به خود اختصاص داده‌اند. درخصوص بهره‌وری کل عوامل شاهد روندهای مثبت و منفی بین کشورهای مورد بررسی می‌باشیم. روسیه، آمریکا، نروژ و کانادا بیشترین میزان افزایش در بهره‌وری کل عوامل را در طول سالهای مورد بررسی را کسب نمودند.در این میان عربستان،امارات متحده عربی و ایران، شاهد کاهش میزان بهره‌وری کل عوامل در سالهای ۱۹۹۰ الی ۲۰۲۲ بوده‌اند.

با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS[1]) با اثرات تصادفی[2] به بررسی تاثیر متغیرهای سرمایه‌گذاری خارجی، شهرنشینی، تجارت خارجی و بهره‌وری کل عوامل بر شکاف کارایی انرژی می‌پردازیم.

Ln EEG = - ۰,۰۷ Ln FDI + ۲,۳۹ Ln UR - ۰,۰۵ Ln TR - ۰,۸ Ln TFP
(۰,۰۶۲) (۰,۰۲۹) (۰,۷۲۲) (۰,۰۱۱)

Ln EEG = - ۰,۰۸ Ln FDI + ۲,۳۳ Ln UR - ۰,۸ Ln TFP
(۰,۰٤۱) (۰,۰۳۱) (۰,۰۱)

در معادله بالا،**EEG** بیانگر شکاف کارایی انرژی،**FDI** سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، **TFP** بهره‌وری کل عوامل، **TR** تجارت خارجی و **UR** شهرنشینی می‌باشد.

تخمین‌ها بیانگر آن است که متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و بهره‌وری کل عوامل بترتیب با ضریب ۰,۰۸ و ۰,۸ دارای تاثیر منفی و شهرنشینی با ضریب ۲,۳۳ دارای اثر مثبت بر میزان شکاف کارایی انرژی می‌باشد. متغیر تجارت خارجی بر شکاف کارایی انرژی بی‌تاثیر است.

نتایج نشان می‌دهد بیشترین بهبود کاهش شکاف کارایی انرژی در کانادا سال ۲۰۰۰، نروژ سال ۲۰۰۵ ، روسیه سال ۱۹۹۳ و عربستان سعودی سال ۲۰۱۵ به ترتیب بدلیل افزایش ۱۲۶٪،۷۵٪،۱۲٪ و ۱۹۵٪ سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می باشد که البته رشد ۰,۹۲٪ و

۱-Generalized least squares
۲- Random-effects GLS regression

۴٪ بهره‌وری کل عوامل نروژ و روسیه می تواند دلیل دیگری بر کاهش شکاف کارایی انرژی درنظر گرفت.

در امارات متحده عربی سال۱۹۹۱و آمریکا سال ۲۰۲۰ بدلیل افزایش۱۰٪ بهره‌وری کل عوامل شاهد بیشترین بهبود کاهش شکاف کارایی انرژی می باشیم.

ایران بیشترین بهبود کاهش شکاف کارایی را در سال۲۰۱۶ با افزایش۴۸٪ سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و ۱۱٪ بهره‌وری کل عوامل تجربه نموده است.

بخش چهارم:بحث و نتیجه‌گیری

درمفاهیم اقتصادی، معیار بهینه نبودن کارایی انرژی را شکاف کارایی انرژی (پارادوکس انرژی) می‌نامند و به معنای عدم همسانی کارایی انرژی بالفعل و اندازه بهینه آن است و پیامد نهایی آن کاهش کارایی و در نتیجه افزایش شدت انرژی می باشد.

بدین منظور در این تحقیق بدنبال ارزیابی شکاف کارایی انرژی در اقتصاد کشورهای تولیدکننده نفت وگاز با تاکید بر ایران، عوامل موثر برای به حداقل رساندن آنها می‌باشیم.

به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات و آزمون فرضیه از آزمونهای اقتصادسنجی نظیر تابع فاصله انرژی شپارد وتحلیل مرز تصادفی به منظور یافتن شکاف کارایی کشورها در سالهای مورد بررسی استفاده شده است.

مدل کارایی فرانتیر، به ویژه مدل‌های تصادفی مرزی (SFA)، برتری‌های خاصی نسبت به تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) دارد، از جمله انعطاف‌پذیری بیشتر در مدل‌سازی، تفسیر دقیق‌تر نتایج، استفاده بهتر از داده‌های پانلی و ترکیب متغیرهای چندگانه. این برتری‌ها باعث می‌شوند که مدل کارایی فرانتیر در محیط‌هایی که نویز و عوامل تصادفی قابل توجهی وجود دارند یا نیاز به تحلیل دقیق‌تری از کارایی است، گزینه بهتری باشد.

جامعه آماری، منتخب کشورهای تولیدکننده نفت و گازهستند که در دسته کشورهای پیشرفته (کانادا،آمریکا،نروژ) و اقتصادهای نوظهور (ایران، روسیه، عربستان سعودی، امارات متحده عربی) در دوره زمانی ۱۹۹۰ الی ۲۰۲۲ قرار دارند.

آمارها نشان می‌دهند روند شکاف کارایی انرژی در کشورها متفاوت بوده و روسیه و ایران دارای بیشترین و کانادا و نروژ دارای کمترین میزان افزایش شکاف کارایی انرژی طی سالهای ۱۹۹۰-۲۰۲۲ در بین کشورهای منتخب بوده‌اند.

به منظور بررسی اثرات سرمایه‌گذاری خارجی، شهرنشینی، تجارت و بهره‌وری کل عوامل بر شکاف کارایی انرژی ،پس از تخمین معادله با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم یافته مشاهده می‌شود بغیر از متغیر تجارت، سایر متغیرها، موثر بر متغیر شکاف کارایی انرژی می‌باشد. بهره‌وری کل عوامل و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی دارای تاثیر منفی و شهرنشینی دارای اثر مثبت می‌باشد.

حسب بررسی‌های صورت گرفته، درسالهایی که کشورها با افزایش حجم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و بهره‌وری کل عوامل مواجه بوده‌اند شکاف کارایی انرژی روند کاهشی داشته است. در ایران نیز با افزایش۴۸٪ سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و ۱۱٪ بهره‌وری کل عوامل در سال ۲۰۱۶ شاهد بیشترین کاهش شکاف کارایی در کشور بوده‌ایم.

برای بهبود کارایی انرژی در ایران نیاز به اقدامات جامع و هماهنگ در زمینه نوسازی زیرساخت‌ها، اجرای موثر سیاست‌ها و قوانین، افزایش سرمایه‌گذاری‌ها و ارتقاء آگاهی عمومی و آموزش‌های مرتبط می‌باشد. اقدامات موثر در این زمینه می‌تواند به کاهش مصرف انرژی و بهبود کارایی انرژی در طولانی مدت کمک کند.

در این راستا می توان توصیه های سیاستی جهت افزایش کارایی انرژی را مطرح نمود. افزایش کارایی انرژی نیازمند یک رویکرد چندجانبه و هماهنگ است که شامل اقدامات دولتی، مشارکت بخش خصوصی و تغییرات فرهنگی در سطح جامعه می‌شود:

- تدوین و اجرای استانداردها و مقررات کارایی انرژی
- تعیین استانداردهای حداقل کارایی انرژی لوازم خانگی، تجهیزات صنعتی و وسایل نقلیه.

- تدوین مقررات برای ساخت و بازسازی ساختمان‌ها به منظور بهره‌برداری حداکثری از انرژی، از جمله استفاده از مواد عایق، پنجره‌های دو جداره و سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی کارآمد.
- ارائه مشوق‌های مالی و مالیاتی نظیر ارائه یارانه‌ها و وام‌های کم‌بهره برای خرید و نصب تجهیزات کارآمد انرژی و اعطای معافیت‌های مالیاتی برای شرکت‌ها و صنایع که در بهبود کارایی انرژی سرمایه‌گذاری می‌کنند.
- تخصیص بودجه‌های دولتی به تحقیقات و توسعه تکنولوژی‌های نوین کارایی انرژی.
- تشویق به همکاری‌های پژوهشی بین دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و صنایع برای توسعه و تجاری‌سازی تکنولوژی‌های کارآمد انرژی.
- آگاهی‌بخشی به مردم در مورد اهمیت کارایی انرژی و روش‌های صرفه‌جویی انرژی ، برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی برای مهندسین، مدیران انرژی و کارکنان صنایع به منظور افزایش دانش و مهارت‌های مرتبط با کارایی انرژی.
- افزایش سرمایه‌گذاری در توسعه منابع انرژی تجدیدپذیر .
- ارائه تضمین‌های خرید برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر و ارائه مشوق‌های مالی برای تولیدکنندگان انرژی‌های تجدیدپذیر.
- توسعه و پیاده‌سازی شبکه‌های هوشمند انرژی که امکان مدیریت بهینه عرضه و تقاضای انرژی را فراهم می‌کنند.
- استفاده از سیستم‌های مدیریت انرژی مبتنی بر فناوری اطلاعات برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها و صنایع.
- تأسیس مراکز نوآوری و انکوباتورها برای حمایت از استارتاپ‌ها در حوزه کارایی انرژی.
- فراهم کردن دسترسی به سرمایه‌های ریسک‌پذیر برای شرکت‌های نوآور در حوزه انرژی‌های کارآمد.

- ایجاد بسترهای قانونی و اقتصادی برای تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در بهبود کارایی انرژی.
- توسعه پروژه‌های همکاری عمومی-خصوصی در زمینه کارایی انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر.
- ایجاد سیستم‌های پایش و ارزیابی مستمر برای اندازه‌گیری پیشرفت در بهبود کارایی انرژی و انجام اقدامات اصلاحی بر اساس نتایج ارزیابی‌ها.
- ارائه گزارش‌های دوره‌ای در مورد وضعیت کارایی انرژی و اقدامات انجام شده به منظور افزایش شفافیت و پاسخگویی.
- تشویق به استفاده از لوازم خانگی با کارایی بالا، بهبود عایق‌بندی ساختمان‌ها و استفاده از سیستم‌های گرمایش و سرمایش کارآمد.
- اجرای ممیزی‌های انرژی در صنایع، بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و استفاده از تکنولوژی‌های کارآمد انرژی.
- تشویق به استفاده از وسایل نقلیه با مصرف سوخت پایین، توسعه حمل و نقل عمومی کارآمد و استفاده از سوخت‌های جایگزین.

اجرای این سیاست‌ها نیازمند همکاری و تعهد گسترده‌ای از سوی دولت‌ها، صنایع و جامعه است. با یک رویکرد جامع و هماهنگ، می‌توان به بهبود کارایی انرژی و کاهش مصرف انرژی دست یافت.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم کفایت می‌کند.

ORCID

Teimour Mohammadi https://orcid.org/۰۰۰۰-۰۰۰۳-٤۳۹٤-۷۷٤X
Azam Abbas Mohsen http://orcid.org/۰۰۰۹-۰۰۰۷-۵۱۵۷-۷۰۹۵

منابع

[i] بهبودی داود،اصغرپور حسین،قزوینیان،محمدحسن،(۱۳۸۸)،"شکست ساختاری، مصرف انرژی و رشد اقتصادی ایران،۱۳۴۶-۱۳۸۴"، فصلنامه پژوهشهای اقتصادی، سال نهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۸۸،صص ۵۳-۸۴.

[ii] OECD. Green Growth Studies Energy; OECD Publishing: Paris, France, ۲۰۱۲

[iii] Yu Maa, Yingying Zhao, Rong Jia, Wenxuan Wang, Bo Zhang, (۲۰۲۲),” Impact of financial development on the energy intensity of developing countries”, Heliyon, vol.۸.

[iv] Jaffe, A.B., &Stavins, R.N., (۱۹۹٤),"The Energy Efficiency Gap What Does It Mean?”, Energy Policy, vol ۲۲(۱۰), pp ۸۰-۸۱۰

[v] Mielnik, O., & Goldemberg, J. (۲۰۰۲). Foreign Direct Investment and Decoupling Between Energy and Gross Domestic Product in Developing Countries. Energy Policy, ۳۰(۲), ۸۷-۸۹.

[vi] Geller, H., Harrington, P., Rosenfeld, A. H., Tanishima, S., & Unander, F. (۲۰۰٦). Polices For Increasing Energy Efficiency: Thirty Years of Experience in OECD Countries. Energy Policy, ۳٤(۵), ۵۵٦-۵۷۳.

[vii] Morikawa, M. (۲۰۱۲). Population Density And Efficiency In Energy Consumption: An Empirical Analysis Of Service Establishments. Energy Economics, ۳٤(۵), ۱٦۱۷-۱٦۲۲.

[viii] Sandra Backlund, Patrik Thollander, Jenny Palm, Mikael Ottosson, (۲۰۱۲),” Extending the energy efficiency gap”, Energy Policy, vol.۵۱, pp.۳۹۲–۳۹٦

[ix] Samia Nasreen, Sofia Anwar, (۲۰۱۷),” Energy Efficiency and the Role of Financial evelopment, Trade Openness and Technological Innovation: Exploring the Dynamic Linkages for Pakistan”,

[x] Karim Mimouni*, Akram Temimi, (۲۰۱۸),” What drives energy efficiency? New evidence from financial crises”, Energy Policy, vol.۱۲۲, pp.۳۳۲-۳٤۸

[xi] Vasylieva Tetyana, Pavlyk Vladyslav, Bilan Yuriy, Mentel Grzegorz, Rabe Marcin, (۲۰۲۱),” Assessment of Energy Efficiency Gaps: The Case for Ukraine”, Energies, vol ۱٤.

[□□□] درگاهی حسن، بیابانی خامنه کاظم ،(۱۳۹۶)،" رابطه توسعه تجارت خارجی و شدت انرژی در اقتصاد ایران: با تاکید بر اثرات مقیاس، ترکیبی و تکنیکی"، فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی سال هفدهم، شماره ۶۶، پاییز ۱۳۹۶، صص۲۲۶- ۲۰۱

[□□□□] فتحی‌زاده حسین، نونژاد مسعود، حقیقت علی، امینی فرد عباس،(۱۳۹۹)،"رابطه رشد اقتصادی، شدت انرژی و توسعه مالی: یک مقایسه از اقتصادهای ایران و ترکیه"، فصلنامه اقتصاد کاربردی دوره ۱۰، شماره ۳۲ و ۳۳، بهار و تابستان ۱۳۹۹.

[xiv] Zhou, Ang, (۲۰۱۲),” Measuring economy-wide energy efficiency performance: A parametric frontier approach”, Applied Energy, vol.۹۰, pp.۱۹٦–۲۰۰.

[xv] Coelli, T., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (۲۰۰۵). "An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis." Springer.

[xvi] Wang Qunwei, Zhao Zengyao, Zhou Peng, Zhou Dequn, (۲۰۱۳),” Energy efficiency and production technology heterogeneity in China: A meta-frontier DEA approach “, Economic Modelling, vol. ۳٥, pp.۲۸۳–۲۸۹.

[xvii] Boqiang Lin, Kerui Du, (۲۰۱۳),” Technology gap and China's regional energy efficiency: A parametric meta frontier approach”, Energy Economics, vol.٤۰, pp.٥۲۹–٥۳٦.

[xviii] Belotti Federico, Daidone Silvio, Ilardi Giuseppe, Atella Vincenzo,(۲۰۱۳),”Stochastic frontier analysis using Stata”, The Stata Journal, vol.۱۳, Number ٤, pp. ۷۱۹–۷٥۸.

[xix] همایش ملی بهره‌وری در ایران سال ۱۴۰۲،سازمان ملی بهره‌وری ایران،حوزه ریاست و روابط بین‌الملل.