فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی

سال بیست و پنجم، شماره ۸۱، بهار ۱۳۹۶، صفحات ۱۲۱ – ۸۵

مطالعه مقایسه‌ای کارایی انرژی، زیست‌محیطی در کشورهای در حال توسعه با رویکرد ستانده مطلوب و نامطلوب در محیط رقابتی

بهرام فتحی

دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد

bahram.fathi@mail.um.ac.ir

مهدی خداپرست مشهدی (نویسنده مسئول)

دانشیار دانشکده اقتصاد و علوم اداری دانشگاه فردوسی مشهد

m_khodaparast@um.ac.ir

مسعود همایونی فر

دانشیار دانشکده اقتصاد و علوم اداری دانشگاه فردوسی مشهد

homayounifar@um.ac.ir

سید حسین سجادی فر

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهریار

h.sajadifar@gmail.com

این تحقیق با ارائه یک رویکرد جدید برای ارزیابی کشورهای در حال توسعه منتخب، دو دسته از خروجی‌ها (ستانده مطلوب و ستانده نامطلوب) برای اندازه‌گیری عملکرد کشورهای منتخب را تعریف می‌کند. در حقیقت مطالعه مذکور بررسی ترکیب دو اندازه‌گیری کارایی جداگانه را در یک ساختار یکپارچه ضروری می‌داند. تحلیل پوششی داده‌های معمولی ممکن است موفقیت واحدهای تصمیم‌گیرنده را شناسایی نکند، در نتیجه امتیازات کارایی بی‌معنا است، به ویژه زمانی که تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده ناکافی باشند. در این مقاله یک رویکرد جدید بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها و تئوری بازی برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیرنده با مقیاس بزرگ نشان داده می‌شود. برای این منظور بازی چانه‌زنی به عنوان یک مدل بازی همکارانه با مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها ترکیب می‌شوند. اگرچه واحدهای تصمیم‌گیرنده با دسته‌های مختلف اندازه‌گیری در محیط رقابتی مقایسه می‌شوند، نتایج نشان می‌دهد که از طریق مدل ارزیابی ترکیبی در همه سال‌های مورد نظر کشور چین و لهستان شرایط حداکثر کارایی انرژی را داشته‌اند. کشورهای دیگر با داشتن شرایط بازی چانه‌زنی از پیامد مطلوبی همانند دو کشور چین و لهستان بر خوردار نمی‌باشند.

طبقه‌بندی JEL: C7,Q4,Q5

واژه‌های کلیدی: کارایی انرژی، ستاده مطلوب، ستانده نامطلوب تحلیل پوششی داده‌ها، بازی چانه‌زنی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۵

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

۱. مقدمه

طی دهه‌های اخیر، انرژی در کنار سایر عوامل تولید نقش تولیدکننده‌ای در رشد اقتصادی کشورها داشته و اهمیت آن همچنان رو به افزایش است. وابستگی روز افزون به انرژی موجب تعامل این بخش با سایر بخش‌های اقتصادی شده و سرعت در روند رشد و توسعه اقتصادی را وابسته به سطح مصرف انرژی کرده است (محمد باقری، ۱۳۸۹).

افزایش قابل توجه جمعیت و رشد اقتصادی در دهه‌های آتی در الگویی نامتقارن به سمت کشورهای در حال توسعه سبب شده است که تقاضای انرژی نیز دستخوش رشدی شدید و البته نامتقارن شود. این افزایش در تقاضای جهانی انرژی در شرایطی اتفاق می افتد که نه تنها سبد انرژی جهانی تا چند دهه آینده همچنان به نفت وابسته خواهد ماند، بلکه نگرانی‌های امنیتی و زیست‌محیطی ناشی از افزایش تقاضای انرژی فسیلی نیز تشدید می‌شود. در چنین شرایطی، جهان با این معما روبه رو شده است که چگونه بین رشد و توسعه کشورهای در حال توسعه تقاضای انرژی ناشی از آن و آثار خارجی منفی بعد از این افزایش تعادل بر قرار می‌کند. به اعتقاد بسیاری از صاحب نظران انرژی یکی از بهترین راه‌حل‌های میان‌مدت این معما افزایش کارایی انرژی[1] و یا کاهش شدت انرژی است (حسن تاش، ۱۳۸۷).

کارایی انرژی یکی از اهداف مربوط به استاندارهای بین‌المللی است. از این رو بهبود کارایی انرژی یکی از مهمترین اهداف برای سیاست انرژی به ویژه برای کشورهایی که وابستگی زیادی به واردات انرژی دارند (آل منصور[2]، ۲۰۱۱). هدف از بهبود کارایی انرژی تنها برای منافع زیست‌محیطی همچون کاهش انتشار CO_2 نیست بلکه برای دستیابی تجاری، رقابت صنعتی و امنیت انرژی است. بنابراین موضوع اندازه‌گیری عملکرد کارایی انرژی همان اصطلاح کارایی انرژی است (پترسن[3]، ۱۹۹۶).

1. Energy Efficiency
2. AL-Mansour
3. Patterson

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

بهبود کارایی انرژی نقش مهمی برای کشورهای در حال توسعه به منظور افزایش امنیت انرژی و ترویج و توسعه کم کربن دارد. بنابراین این امر می تواند به معنی اندازه‌گیری و مقایسه عملکرد کارایی انرژی این کشورها باشد، که ممکن است اطلاعات تجربی و متراکم برای سیاست‌گذاران به منظور ارزیابی اثر بخشی سیاست‌های کارایی انرژی و اقدامات را فراهم کند. به منظور بررسی عملکرد یک مؤسسه تولیدی روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از آنها محاسبه کارایی می باشد که به نحوه استفاده از عوامل تولید در جهت تولید محصول مربوط می‌شود. این امر بدون اطلاع از چگونگی رابطه بین مصرف انرژی، سطح فعالیت‌ها و انتشار گازهای گلخانه‌ای امکان پذیر نیست.

از این رو همه کشورها برای آنکه بتوانند افزایش کارایی انرژی همراه با ملاحظات زیست‌محیطی را تجربه کنند باید به طور دقیق از این ارتباطات اطلاع داشته باشند. یکی از آنها بررسی رابطه متقارن ستانده‌های مطلوب[1] و نامطلوب[2] است. از آنجایی که مصرف انرژی تأثیر مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن دارد به نظر می رسد که باید اقداماتی در زمینه اصلاح و افزایش کارایی مصرف انرژی در اقتصاد انجام شود، این امر می‌تواند موجب کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن شده و رابطه مستقیم تولید ناخالص داخلی با انتشار دی‌اکسیدکربن را کم رنگ و حتی جهت آن را تغییر دهد، در این حالت کشورها در راستای اهداف توسعه پایدار گام بر می‌دارند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۲).

لذا در این راستا و تحقق این مهم دو متغیر اساسی تولید ناخالص داخلی و انتشار دی‌اکسیدکربن که در کارایی انرژی و زیست‌محیطی نقش مکمل و وابسته دارند، کارایی یکپارچه این دو مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به مطالب فوق هدف این مقاله محاسبه کارایی انرژی و زیست‌محیطی کشورهای در حال توسعه منتخب با در نظر گرفتن ستانده‌های مطلوب و

1. Desirable Output
2. Undesirable Output

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

نامطلوب با بهره از تحلیل پوششی داده‌ها[1] استفاده می‌گردد. مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها در مواقعی که با حجم وسیعی از ورودی ها و خروجی ها مواجه باشند دچار مشکل خواهند شد. از طرف دیگر حذف هر کدام از ورودی‌ها و یا خروجی‌ها باعث از دست رفتن دقت مدل یا نتایج شده و روی نتایج کارایی تأثیرگذار می باشد. لذا در این تحقیق، به منظور رفع این مشکل در ساده‌ترین حالت دو دسته خروجی برای ارزیابی کشورها در نظر گرفته می‌شود. برای این منظور با بهره‌گیری از مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و بازی چانه‌زنی با ملاحظات زیست‌محیطی برای رفع این مشکل استفاده می شود. ساختار مقاله به صورت زیر می‌باشد: پس از مقدمه، به ادبیات نظری در زمینه کارایی، کارایی انرژی و کارایی زیست‌محیطی می‌شود. در قسمت سوم مقاله مطالعات تجربی، در قسمت چهارم روش تحقیق مربوط به تحلیل پوششی داده‌ها و مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها با بازی چانه‌زنی، در قسمت پنجم نتایج تجربی و در نهایت نتیجه‌گیری مطرح می‌شود.

۲. ادبیات تحقیق

به طور معمول کارایی در ارتباط با نحوه تخصیص بهینه منابع کمیاب توسط بنگاه برای نیل به اهداف تولید است. کارایی تولیدی یک بنگاه با توجه به رابطه بین مقادیر بهینه و مقادیر مشاهده شده آن تعیین می گردد. زمانی که صحبت از کارایی یک بنگاه به میان می آید معمولاً به معنای موفقیت آن بنگاه در رسیدن به حداکثر ستانده با سطح معین نهاده است (فارل[2]، ۱۹۵۷). کارایی مفهومی نسبی است و برای سنجش کارایی، باید عملکرد بنگاه مورد نظر با کارایی در شرایط بالقوه تولید مقایسه شود تا مشخص شود که کارایی بنگاه‌ها و واحدهای تولیدی از اندازه مورد انتظار و ایده‌آل تا چه حد فاصله دارد (مهرگان، ۱۳۸۷).

1. Data Envelopment Analysis (DEA)
2. Farrell

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

۲-۱. کارایی انرژی

تقاضای انرژی از تقاضا برای خدمات انرژی مشتق می‌شود، خانوارها و بنگاه‌ها انرژی، سرمایه و نیروی کار را ترکیب می‌کنند تا کالای مرکب خدمات انرژی را تولید کنند. بنابراین خدمات انرژی نیاز به فرآیند تولید دارد و می‌توان تابع تولید وابسته آن را تعریف کرد. معمولاً بهبود سطح کارایی انرژی، عبارت است از کاهش مصرف انرژی به پایین‌تر از سطحی که در آن بدون هرگونه بهبودی، مصرف انرژی صورت گیرد (سورل[1]، ۲۰۰۹). تعریف رایج فنی کارایی انرژی بر اساس علم ترمودینامیک است. در مقابل اقتصاددانان از یک تعریف ترکیبی استفاده می‌کنند. آنها نسبت یک متغیر پولی را بر یک ورودی انرژی (که با معیار ترمودینامیک محاسبه شده)، کارایی انرژی می‌نامند (هانتینگون[2]، ۱۹۹۶). بر اساس باتاچاریا[3] (۲۰۱۱) تعریف ساده کارایی انرژی معادله (۱) است:

$$\text{کارایی انرژی} = \frac{\text{محصول مفید فرایند}}{\text{نهاده فرایند}} \qquad (۱)$$

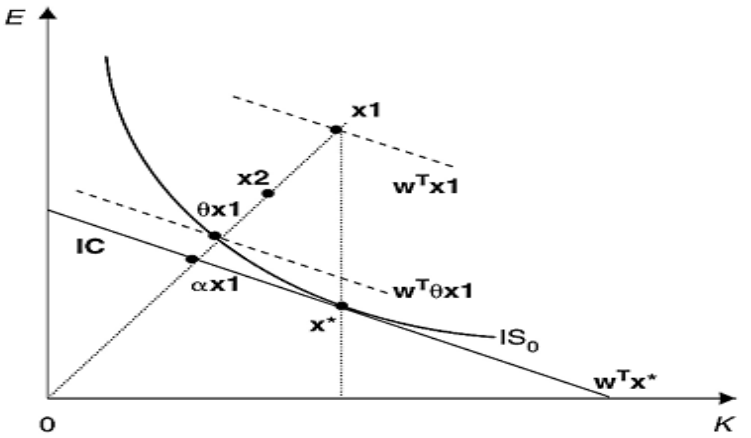
علاوه براین پاترسون[4] (۱۹۹۶)، روش‌های دیگری که می‌تواند خروجی و ورودی این نسبت را اندازه‌گیری کرد با روش‌هایی نظیر (ترمودینامیکی، شاخص ترکیبی فیزیکی- ترمودینامیکی، شاخص اقتصادی و شاخص اقتصادی-ترمودینامیکی) بیان کرده است. غالباً از روش چهارم برای محاسبه کارایی انرژی استفاده می‌شود و این نسبت همان معکوس شاخص شدت انرژی است. کاهش در شدت انرژی به معنی کاهش در انرژی مورد نیاز برای تولید یک واحد از تولید ملی است. این اندازه‌گیری برای مقایسه‌های بین کشوری پیشنهاد می‌شود، چرا که تولید ناخالص ملی در یک واحد مشترک اندازه‌گیری می‌شود. علاوه بر این تولید ناخالص نشان‌دهنده بسیاری از فعالیت‌های متنوع است که تغییرات ساختاری می‌تواند موجب تغییرات تغییرات معناداری در نسبت

1. Sorrell
2. Huntingtun
3. Bhattacharyya
4. Patterson

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

GDP به انرژی شود این روش نمی‌تواند شاخص خوبی برای محاسبه کارایی انرژی در جایی که انرژی به عنوان خدمات نهایی استفاده می‌شود باشد.

در اینجا مفهوم کارایی انرژی نظریه رفتار تولیدکننده در اقتصاد خرد ارائه می‌شود. بر اساس این تئوری، استفاده از اصطلاح کارایی انرژی غیردقیق و مبهم است. در واقع برای کاهش مصرف انرژی برای تولید مقداری معین، باید سطح کارایی فنی یا کارایی تخصیصی ارتقا پیدا کند. نمودار(۱) ارائه وضعیت یک عامل اقتصادی است که از سرمایه K و انرژیE به منظور تولید خدمات انرژی یا تولید y استفاده می‌کند. این وضعیت با منحنی تولید یکسان IS و منحنی هزینه IC نشان داده می‌شود.



نمودار ۱. ارائه وضعیت یک عامل اقتصادی از سرمایه K و انرژی E به منظور تولید انرژی یا تولید[1]

اگر عامل اقتصادی در نقطه $\dot{x}$ قرار داشته باشد، از لحاظ فنی ناکارا است، زیرا در بالای منحنی IS قرار دارد. ناکارایی فنی به وسیله فاصله نقاط $\dot{x}$ و $\theta x1$ نشان داده می‌شود، به این معنی که می‌توان بدون کاهش خروجی نسبت مقادیر نهاده را کاهش داد. کارایی فنی (Θ) را می‌توان با

1 . Farrell (1957).

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

نسبت فاصله مبدأ از بردار کارایی $\Theta x1$ به فاصله مبدأ از بردار $x1$ مشخص کرد. همچنین، نرخ قیمت نهاده با خط شیب دار w^Tx1 نشان داده شده است. اگر عامل اقتصادی در نقطه x^* قرار داشته باشد، جایی که خط w^Tx1 بر منحنی IS مماس است، حداقل هزینه‌ها برای تولید y خط w^Tx1 است. قرار گرفتن در نقطه $\theta x1$ اگر چه از لحاظ فنی کارا است اما دارای ناکارایی تخصیصی است (به دلیل بالاتر بودن خط $w^T\theta x1$ از w^Tx^*). کارایی تخصیصی به وسیله نسبت فاصله مبدا از $\theta x1$ از مبدأ فاصله و $\alpha x1$ تعریف می‌شود. کل کارایی هزینه $\alpha x1$ از مبدأ فاصله نسبت عنوان به α و فاصله مبدأ از $x1$ در نظر گرفته می‌شود. برای رسیدن به نقطه بهینه ترکیب نهاده‌ها، عامل اقتصادی باید نسبت کاربرد K نسبت به E را افزایش دهد. در اینجا امکان شناسایی چند راه‌حل افزایش کارایی فنی و کاهش استفاده از انرژی در حالی که سطح خدمات انرژی یا تولید ثابت باشد، وجود دارد:

الف) عامل اقتصادی خدمات انرژی y را در نقطه $\alpha x1$ تولید می‌کند در این حالت، می‌تواند با بهبود سطح کارایی تخصیصی به نقطه بهینه x^* برسد. در اینجا کاهش مصرف انرژی وجود دارد و سرمایه جایگزین انرژی شده است.

ب) عامل اقتصادی خدمات انرژی y را ر نقطه $x1$ تولید می‌کند. در این حالت، می‌تواند با بهبود سطح کارایی فنی به نقطه بهینه x^* برسد. در اینجا کاهش مصرف انرژی وجود دارد و سرمایه جایگزین انرژی نشده است.

ج) عامل اقتصادی خدمات انرژی y را در نقطه $x2$ تولید می‌کند. در این حالت نیز، می‌تواند با بهبود سطح کارایی فنی به نقطه بهینه x^* برسد. در اینجا کاهش مصرف انرژی وجود خواهد داشت در حالی‌که سرمایه جایگزین انرژی می‌شود. در ادبیات اقتصاد انرژی، برخی روش‌ها برای غلبه بر مشکلات مربوط به کاربرد این نسبت ساده پولی (کارایی انرژی به عنوان نسبتی از GDP) ارائه شده است. یکی از این روش‌ها روش IDA [1] است که بر اساس چارچوب پایین به بالا شاخص

1. Index Decomposition Analysis

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

کارایی انرژی را ایجاد کند. بنابراین مشخص است که سطح استفاده از انرژی برای تولید خدمات انرژی از پیش تعیین شده، در طول زمان به دلیل تغییر سطح کارایی فنی تغییر می‌کند (حقیقت و همکاران، ۱۳۹۳).

۲-۲. کارایی زیست‌محیطی[1]

کارایی زیست‌محیطی را می‌توان به عنوان نسبت حداقل استفاده بالقوه به بالفعل نهاده‌های زیان‌بار زیست‌محیطی تعریف کرد (رینهارد و همکاران[2]، ۱۹۹۹). در واقع، کارایی زیست‌محیطی نشانگر وضعیت تولید آلایندگی از نهاده‌های تولید است (سورواری و همکاران[3]، ۲۰۱۱). اساساً کارایی زیست‌محیطی جنبه‌ای از کارایی فنی انرژی است که روی نهاده با پیامدهای زیست‌محیطی منفی تمرکز می‌کند. کاهش در سطح نهاده‌های آلاینده بر کارایی‌های فنی و زیست‌محیطی اثر می‌گذارد (گراهام[4]، ۲۰۰۴).

متأسفانه درباره ارتباط میان کارایی زیست‌محیطی و کارایی انرژی چارچوب نظری روشنی وجود ندارد این ارتباط بسته به قوانین و سیاست‌گذاری کشورها متفاوت است. با این حال به نظر می رسد که نظارت و رژیم‌های متفاوت در یک کشور بر روی راهبرد و سیاست‌گذاری انرژی بر مسائل زیست‌محیطی به صورت مستقیم و غیرمستقیم تأثیر داشته باشد. همچنین، کارایی زیست‌محیطی خوب و با کیفیت نیز زمانی به دست می‌آید که کارایی انرژی بالا باشد. از دیدگاه مدیریتی هیچ قانون طبیعی وجود ندارد که به طور خودکار ارتباط کارایی زیست‌محیطی را با کارایی انرژی بیان کند. اما در عمل همواره این ارتباط مکمل بین کارایی انرژی و زیست‌محیطی به ویژه در سال‌های اخیر با نگرانی‌های بین‌المللی بر سر مسائل زیست‌محیطی مانند گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی و توسعه پایدار مورد توجه قرار گرفته است. البته وضع برخی مقررات ممکن است ارتباط واضحی بین کارایی زیست‌محیطی و کارایی انرژی ایجاد کند و یا

1. Environmental Efficiency
2. Reinhard, et al
3. Sorvari, et al
4. Graham

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

ممکن است اعمال صحیح ابزارهای نظارتی در مواردی خاص سبب ایجاد انگیزه‌های اقتصادی قوی برای تداوم بهبود در کارایی زیست‌محیطی شود (یاترهوس و اسجیکر[1]، ۱۹۹۸).

مفهوم بهبود عملکرد زیست‌محیطی به عنوان منبعی بالقوه برای مزیت رقابتی بیان شده است. فرایندهای کارا می‌توانند منجر به بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها و ایجاد فرصت‌های جدید بازار شوند (پورتر[2]، ۱۹۹۱، پورتر و وندرلیند[3]، ۱۹۹۵، اشمید هینی[4]، ۱۹۹۲). زیر بنای این استدلال بر اساس دو دلیل عمده زیر است:

اول، کشورهایی که هزینه بالایی برای فعالیت‌های آلوده‌کننده متحمل می‌شوند، به دنبال تکنولوژی و روش‌های تولیدی جدید می‌باشند که این هزینه‌ها را کاهش دهند. این نتیجه که نوآوری می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌ها ی تولید شود، این گونه است که به علت افزایش بهره‌وری منابع، هزینه‌های نهاده کاهش می یابد.

دوم، کشورها می‌توانند برای اولین بار مزایای فراوانی از فروش راه‌حل های جدید خود و نوآوری به کشورهای‌های دیگر به دست آورند. در یک چشم انداز پویا و بلندمدت، توانایی نوآوری و توسعه فناوری سازگار با محیط زیست و روش‌های جدید تولید، به احتمال زیاد، در کنار عوامل سنتی مزیت رقابتی، عامل تعیین کننده رقابت خواهد شد (راسخی و همکاران، ۱۳۹۵).

بر اساس این دو موضع، مشخصه‌های ارتباط مکمل کارایی انرژی و زیست‌محیطی پیشنهاد شده است.

برای تولید سطح کارایی انرژی و زیست‌محیطی می‌توان از دو رویکرد پارامتریک و ناپارامتریک استفاده نمود. نخست، رویکرد پارامتریک[5] که در این رویکرد با فرض یک شکل تابعی برای مرز کارایی (کاب داگلاس، ترانسلوگ و...) و نوع توزیع عدم کارایی (نرمال یک

1. Ytterhus & Sjaker
2. Porter
3. Vanderlind
4. Schmidheiny
5. Parametric

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

طرفه، گاما و...)، آن را با استفاده از روش‌های مرسوم اقتصادسنجی تخمین می زنند. در ابتدا این رویکرد با استفاده از مدل مرزی معین دنبال شد که در آن عدم کارایی، تلفیقی از عدم کارایی واقعی و جزء اخلال تخمین بود. برای رفع این مشکل مدل مرزی احتمالی[1] توسط تیمر[2] معرفی گردید. سرانجام ایگنر، لاول و اشمیت[3] بارزترین مدل مرزی یعنی تابع تولید مرزی تصادفی[4] را ارائه نمودند. این رویکرد در ادبیات اقتصادی به SFA[5] معروف است، رویکرد دوم، رویکرد ناپارامتریک[6] است. چارنز[7]، کوپر[8] و رودز[9] در سال ۱۹۷۸ مجموعه ای از مسائل برنامه‌ریزی خطی را برای فرموله نمودن اندازه‌گیری شاخص کارایی فنی فارل ارائه نمودند. روش آنها در ارزیابی کارایی به DEA معروف گردید. در این روش نیازی به مشخص نمودن شکل تابعی وجود ندارد و از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی استفاده می گردد. DEA یک روش برای اندازه‌گیری کارایی نسبی بین واحدهای تصمیم‌گیرنده[10] است. مدل‌های DEA برای DMU های کارا امتیاز ۱ را اختصاص می‌دهند و برای DMU های ناکارا عددی کوچک‌تر از یک را در نظر می‌گیرند. کارایی نسبی مجموعه‌ای از DMU ها با چند ورودی و چند خروجی را می‌توان محاسبه کرد. کارایی نسبی مجموعه‌ای از DMU ها با تابع تولیدیکسان باید ورودی و خروجی‌ها از یک نوع باشند. فرض می‌کنیم n واحد تصمیم‌گیرنده (j=1,…,n)، داریم که DMUj (j=1,…,n)، S خروجی y_{rj} (r=1,2,…,s) را با استفاده از m ورودی x_{ij} (i=1,2,…,m) تولید می‌کند. براساس رابطه (۲) هدف ارزیابی کارایی واحد تحت بررسی DMU0 است.

$$Max\ z_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r\ y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i\ x_{i0}}$$

1. Probabilistic
2. Timmer
3. Aigner, Lovell and Schmidt
4. Stochastic Frontier Production Function
5. Stochastic Frontier Analysis (SFA)
6. Non-parametric
7. Charnes
8. Cooper
9. Rohdes
10. Decision Making Units

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

$$\text{St: } \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq ۱ , j = 1,2, \dots, n \qquad (۲)$$
$$u_r, v_i > 0 \; i = 1, \dots, m \; r = 1, \dots, s$$

نکته قابل توجه در مدل ارتباط بین تعداد DMU ها و تعداد ورودی و خروجی است که معمولاً باید به صورت $n > ۳(m + s)$ باشد (فریدمن و همکاران[1]، ۱۹۹۸). بحث کامل تر در این مورد را می‌توان در (رامنتان[2]، ۲۰۰۳، امروزنجاد[3]، ۲۰۱۰) یافت.

۳. مطالعات تجربی

هالکوس و زرمیس[4] (۲۰۱۳) ارتباط بین مصرف انرژی تجدیدپذیر وکارایی اقتصادی را با استفاده از برآوردگرهای شرطی تحلیل پوششی داده‌ها همراه با رگرسیون‌های ناپارامتریک 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 حالی که در سطوح بالاتر مصرف انرژی نتیجه مشخصی به دست نیامده است.

فیلیپینی وهانت[5] (۲۰۱۲)، رابطه بین مصرف انرژی بخش خانگی ایالات متحده را با روش تابع مرزی تصادفی طی سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۹۵ بررسی کردند. این پژوهش کارایی انرژی بخش خانگی را برای کل آمریکا و هم برای تک تک ایالت‌ها بررسی کرده است. همچنین رابطه عوامل تعیین‌کننده مصرف انرژی مانند درجه روزهای گرم و سرد، جمعیت، درآمد سرانه، قیمت واقعی حامل‌های انرژی، سهم خانه‌های ویلایی و همچنین بعد خانوار و ارتباط آنها با کارایی انرژی را بررسی کردند. این پژوهش نشان داد که شاخص شدت انرژی لزوماً نماگر مناسبی برای کارایی انرژی نیست.

1. Friedman, et al
2. Ramanthan
3. Emrouznejad
4. Halkos and Tzeremes
5. Filippini &Hunt

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

استرن[1] (۲۰۱۲) به بررسی کارایی انرژی بین ۷۵ کشور طی یک دوره ۳۷ ساله پرداخت. وی در مقاله خود به وسیله تابع مرزی تصادفی و با استفاده از مدل داده‌های پانل تفاوت کارایی انرژی را بین کشورها بررسی کرد. با حداقل کردن مصرف انرژی به ازای هر واحد تولید، حد مرزی تولید را تعیین کرد و کارایی نسبی هر کشور که فاصله آن کشور از مرز داده شده، را به‌دست آورد. نتایج نشان داد که کارایی انرژی در کشورهایی که بهره‌وری عوامل بالاتر، پول کم ارزش‌تر و ذخایر سوخت کمتر دارند، بالاتر است. همچنین کارایی انرژی در طول زمان به سمت همگرایی بین کشورها حرکت می‌کند و در سطح جهانی عامل تکنولوژی مهم‌ترین عامل مقابله با افزایش مصرف انرژی است.

موریکاوا[2] (۲۰۱۱) تأثیر تراکم شهری بر شدت انرژی بخش خدمات ژاپن را بررسی کرده است. نتایج نشان داد که میزان کارایی مصرف انرژی در بخش خدمات برای شهرهایی با تراکم جمعیت بالا، بیشتر است. همچنین موقعی که تراکم جمعیت شهری دو برابر شود، کارایی انرژی به طور تقریبی ۱۲ درصد افزایش می یابد.

بوجنس و پاپلر[3] (۲۰۱۱) با بهره‌گیری از تجزیه و تحلیل همبستگی، تحلیل رگرسیون و تحلیل عاملی چند متغیره ۶ شاخص های ساختاری کارایی اقتصادی و شدت انرژی را به عنوان عوامل تعیین کننده 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 و محصولات صادراتی تکنولوژی به سبب بهبود عملکرد کارایی اقتصادی و صرفه‌جویی انرژی و توسعه اقتصادی پایدار می شود. علاوه بر این، نتایج به دست آمده در این تحقیق به وضوح تأیید می کند که توسعه اقتصادی پایدار را می توان با ترکیبی از کارایی اقتصادی و در عین حال مصرف کارامد انرژی به دست آورد.

1. Stern
2. Morikawa
3. Bojnec and Papler

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

ژانگ و همکاران[1] (۲۰۱۱) ازتجزیه و تحلیل پنجره DEA به منظور بررسی روند پویا در بهره وری انرژی کل عوامل از یک نمونه ازکشورهای در حال توسعه استفاده نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که کشور چین بیشترین افزایش سرعت کارایی را دارد و سیاست‌های انرژی مؤثر نقش مهمی را در ارتقاء کارایی انرژی ایفا نموده است.

شی و همکاران[2] (۲۰۱۰)، یک مدل گسترش یافته DEA را با عمل ستانده‌های نامطلوب به عنوان ورودی هایی برای ارزیابی کارایی انرژی صنعتی در کشور چین توسعه دادند. نتایج حاصل نشان می‌دهد به دلیل توجه کمتر به کاهش آلودگی در چین، بهره‌وری کلی به صورت چشمگیر افزایش و بهره‌وری زیست‌محیطی کاهش یافته است.

زین ژانگ وهمکاران[3] (۲۰۱۱) در مقاله‌ای به مطالعه تئوری تخصیص هزینه بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها و تئوری بازی همکاری پرداختند. این مقاله چگونگی تخصیص هزینه ثابت به واحدهای تصمیم‌گیرنده را مورد بررسی قرار داده است. ابتدا ثابت شده که اگر هزینه‌های ثابت را به عنوان ورودی اضافی به واحدهای تصمیم‌گیرنده در نظر بگیرند، همه واحدهای انفرادی و گروهی کارا می‌باشند. در مرحله بعد نتیجه با بازی همکاری ترکیب شده است و تابع مشخصه تعریف شده است و یک مدل هزینه ثابت بر اساس هسته و همچنین الگوریتم‌های آن پیشنهاد شده و در نهایت از یک مدل عددی برای نشان دادن صحت مدل و شدنی بودن الگوریتم استفاده شده است.

لیانگ و همکاران[4] (۲۰۰۸) یک رویکرد ترکیبی از تئوری بازی و تجزیه کارایی از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها برای فرایندهای دو مرحله‌ای پرداخته‌اند. مدل‌های حاصل خطی و حاکی از تجزیه کارایی می‌باشند، و در آنها کارایی کل فرایند دو مرحله‌ای حاصل کارایی‌های دو مرحله مجزا است.

1. Zhang, et al
2. Shi, et al
3. Xin-Zhong, et al
4. Liang, et al

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

ژئو و آنگ[1] (۲۰۰۸) و مندال[2] (۲۰۱۰)، در مطالعات خود نشان دادند که استفاده از انرژی‌های فسیلی به ناچار خروجی های نامطلوب مانند انتشار CO_2 را تولید می کند و تجزیه و تحلیل کارایی انرژی بدون در نظر گرفتن ستانده نامطلوب ممکن است منجر به اریب کارایی شود.

جیمز[3] (۲۰۰۷) در مقاله‌ای به بررسی رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن، مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در فرانسه طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۶۰ پرداخت. وی در این مقاله از روش‌های اقتصادسنجی تصحیح خطای برداری و الگوی خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی استفاده کرد. وی نتیجه گرفت که در بلندمدت رابطه معنی‌داری بین متغیرها وجود دارد، ولی در کوتاه‌مدت این رابطه تنها بین مصرف انرژی و تولید برقرار است.

سویتاس و همکاران[4] (۲۰۰۷) رابطه بین مصرف انرژی، درآمد و انتشار کربن در آمریکا را بررسی کردند. در مقاله آن‌ها علاوه بر متغیرهای مذکور، دو متغیر نیروی انسانی و سرمایه نیز به عنوان نهاده‌های تولید، در مدل وارد شده‌اند. آن‌ها نتیجه گرفتند، یک رابطه مثبت و معنی‌دار بین انتشار کربن و مصرف انرژی وجود دارد، به هر حال چنین رابطه‌ای را بین درآمد و انتشار کربن نیافتند. از این رو آن‌ها بیان کردند که رشد درآمد در آمریکا به خودی خود راه‌حل مناسبی برای مشکلات زیست‌محیطی در این کشور نمی‌باشد.

کانکو و ماناجی (۲۰۰۴) به مطالعه بهره وری زیست محیطی کشور چین در سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۸۷ با استفاده از داده های استانی پرداختند. در این مطالعه بهره وری یک بار به‌صورت کلی با لحاظ ستانده های مطلوب و نامطلوب و بار دیگر بدون لحاظ ستانده های نامطلوب اندازه‌گیری شده است و شاخص بهره وری زیست محیطی از نسبت بهره وری نوع اول به دوم به دست می‌آید. در محاسبه بهره وری از رویکرد توابع مسافت استفاده گردیده است. نتایج حاصل

1. Zhou and Ang
2. Mandal
3. James
4. Soytas, et al

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۹۹۴ -۱۹۹۱ به دلیل توجه کمتر به کاهش آلودگی در چین بهره‌وری کلی به صورت چشم گیر افزایش و بهره‌وری زیست محیطی کاهش یافته است.

راسخی و سلمانی (۱۳۹۲) رابطه میان شدت انرژی و کارایی اقتصادی و مشخصاً وجود رابطه U برعکس میان این دو را برای مجموعه کشورهای منتخب طی بازه زمانی (۲۰۱۱-۱۹۹۱) مورد بررسی قراردادند. نتایج مطالعه آن‌ها با استفاده از روش تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها نشان داد که با افزایش شدت انرژی تا حد آستانه کارایی اقتصادی افزایش می‌یابد، اما پس از آن نقطه افزایش شدت انرژی کاهش کارایی اقتصادی را به دنبال دارد، بنابراین برای کشورهای منتخب طی دوره موردنظر رابطه U برعکس بین شدت انرژی و کارایی اقتصادی تأیید می‌گردد.

فتحی و همکاران (۱۳۹۴) اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی انرژی کشورهای منتخب را با استفاده از مدل‌های ناپارامتریک ایستا و پویا را بررسی کردند. در این تحقیق کارایی زیست‌محیطی انرژی از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است. انتشار دی‌اکسیدکربن به عنوان یک ستانده نامطلوب ضعیف در نظر گرفته می‌شود. نتایج حاکی از آن است که مصرف انرژی کشورهای در حال توسعه منتخب به میزان ۱۸/۱ درصد در سال از طریق بهبود کارایی انرژی کاهش می‌یابد. همچنین تجزیه و تحلیل کارایی پویا نشان می‌دهد که میانگین کارایی انرژی۲/۶ درصد در سال ۲۰۱۲ نسبت به سال پایه در کشورهای منتخب بهبود یافته است.

نصرالهی و همکاران (۱۳۹۱) اندازه‌گیری کارایی نسبی صنایع تولیدی ایران طی برنامه سوم و دو سال اول برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران ۱۳۸۵- ۱۳۷۹ آلاینده‌های زیست محیطی را به‌عنوان خروجی نامطلوب مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق مذکور حاکی از آن است که در تمامی سال‌های مورد بررسی تنها صنعت ۳۲ (تولید رادیو و تلویزیون و دستگاه‌ها و وسایل ارتباطی) کارا بوده است. همچنین در تمام سال‌های برنامه و از میان ۲۱ صنعت مورد بررسی همواره بیش از هفده صنعت ناکارا بوده است. به عبارت‌دیگر در این سال‌ها تنها بیست درصد از واحدها کارا بوده و از منابع خود به درستی استفاده نموده‌اند.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

درویش و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای به بررسی ارزیابی کارایی تکنولوژی بخش انرژی با استفاده از مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل سلسله مراتبی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که اولویت تکنولوژی‌های کارایی انرژی تعیین‌کننده خط مشی انرژی و خط مشی تصمیم‌گیری ملی در زمینه انرژی خواهد بود.

شرزه‌ای و ابراهیم زادگان (۱۳۹۰) به برآورد «اثر بازگشت» افزایش کارایی انرژی بر مصرف خانوارهای ایرانی و انتشار دی اکسیدکربن پرداختند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد که در همه سناریوها افزایش کارایی انرژی سبب افزایش مصرف برخی از کالاها و کاهش مصرف بقیه کالاها شده است. اثر بازگشت برآورد شده تقریباً ۹۸ درصد بوده که افزایش کارایی انرژی، به مقدار بسیار جزئی مصرف انرژی و انتشار دی اکسیدکربن را کاهش می‌دهد.

آماده و رضایی (۱۳۹۰) کارایی زیست‌محیطی شرکت‌های برق منطقه‌ای کشور را اندازه‌گیری کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که بین شرکت‌های برق منطقه‌ای، شرکت برق منطقه‌ای آذربایجان و خراسان، هم از نظر کارایی معمولی و هم از نظر کارایی زیست‌محیطی عملکرد ضعیفی دارند. همچنین شرکت منطقه ای خوزستان برخلاف کارایی معمولی بالا، از کارایی زیست‌محیطی اندکی برخوردار می باشد. شرکت برق منطقه ای گیلان دارای کارایی معمولی و زیست محیطی واحد می‌باشد. در نهایت نتیجه آزمون کروسکال والیس نشان داد که لحاظ کردن میزان انتشار دی‌اکسیدکربن به عنوان ستانده نامطلوب اثر معناداری بر امتیاز کارایی شرکت‌ها دارد.

٤. روش تحقیق

این پژوهش بر اساس روش برنامه‌ریزی استوار است. در این بخش ساختار الگو مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مقاله به منظور استفاده از روش برنامه‌ریزی در بررسی عملکرد کارایی انرژی با توجه به متغیرهای نامطلوب ابتدا مؤلفه‌های مختلف این مدل تعیین می‌گردد. ازآنجایی که امروزه کنترل و کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن در مجامع جهانی بر آن تأکید شده است و کشورها موظف به رعایت آن می‌باشند، انتشار دی‌اکسیدکربن به عنوان ستانده نامطلوب در نظر گرفته شده است. در این

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

مدل موجودی سرمایه (K)، نیروی کار (L) و مصرف انرژی (E) به عنوان نهاده تولید در نظر گرفته شده است و تولید ناخالص داخلی (GDP) و انتشار دی‌اکسیدکربن (CO2) به ترتیب به عنوان ستانده‌های مطلوب و نامطلوب در مدل گنجانده شده است. مدل به صورت ذیل می باشد.

$$T = (K, L, E, GDP, CO2): (K, L, E) \Rightarrow (GDP, CO2) \quad (۳)$$

ازآنجایی که داده‌ها به تولید ستانده‌های محدود منتج می‌گردد، لذا T به عنوان تابع تولید در نظر گرفته می شود. در این مقاله هدف استفاده از روشی است که علاوه بر سازگاری با مفاهیم تئوری تولید، قادر به کاهش خروجی‌های نامطلوب و افزایش خروجی‌های مطلوب است. از نظر ریاضی دسترسی قوی داده‌ها و خروجی‌های مطلوب می تواند به صورت زیر نشان داده شود.

$$(K', L', E', GDP, CO2) \in T, \text{or } (K, L, E, GDP', CO2) \in \; if \; (K, L, E, Y, C) \in T \; and \; (K', L', E') \geq (K, L, E) \; or \; (Y' \leq Y) \quad (۴)$$

در این مدل کاهش انتشار CO2 به عنوان هدف مدل در نظر گرفته شده است که این امر نیازمند آن است که تلاش‌ها در افزایش کارایی انرژی به عنوان مصرف‌کننده نهایی در نظر گرفته شود. از آنجایی که امروزه همچنان در اغلب کشورهای جهان استفاده از انرژی‌های فسیلی متداول است، کاهش انتشار CO2 نمی‌تواند به صورت متغیر آزاد در نظر گرفته شود. به همین دلیل، فرض می‌شود که دو خروجی مطلوب و نا مطلوب با یکدیگر در معادله (۳) با دسترسی ضعیف ارتباط دارند. این بدان معنا است که کاهش متناسب در تولید ناخالص داخلی و تولیدگازهای گلخانه‌ای CO2 امکان‌پذیر است. علاوه بر آن در این مدل نیازمند فرضیه عدم مشترک در T می باشد که نشان می‌دهدکه تنها راه برای حذف تمام تولیدگازهای گلخانه ایCO2، توقف فعالیت‌های تولیدی می‌باشد. فرض عدم اشتراک و امکان‌پذیری ضعیف برای اولین بار توسط فاره و همکاران[1] (۱۹۸۹) بیان شده است که در معادلات ذیل به صورت ریاضی نشان داده شده است.

1. Fare. et al

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

$$(i)\ if\ (K,L,E,GDP,CO2) \in T\ and\ 0 < \theta \leq 1,$$
$$\Rightarrow\ (K,L,E,\theta GDP,\theta CO2)\ \epsilon T$$
$$(ii)\ if\ (K,L,E,GDP,CO2) \in T\ and\ GDP = 0, \Rightarrow CO2 = O \qquad (۵)$$

٤-١. مدل تحلیل پوششی داده‌ها

تاکنون مدل‌سازی تکنولوژی تولید زیست‌محیطی برای تابع تولید مشترک خروجی مطلوب و نامطلوب معرفی شده است. در این قسمت برای ارزیابی کارایی ستانده مطلوب و ستانده نامطلوب از تحلیل پوششی داده‌های ناپارامتری استفاده می‌شود. در این تحقیق واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMU) کشورهای منتخب است، فرض می شود که j= 1,2,…,25 کشور وجود دارد و برای هر کشور متغیرهای ورودی و خروجی به صورت $(K, L, E, GDP, CO2)$ تعریف می شود. DEA یک روش اندازه‌گیری برای کارایی نسبی DMU ها است. DEA اولین بار توسط چارنز و همکاران (۱۹۷۸) ارائه شد و به وسیله بنکر و همکاران[1] (۱۹۸۴) گسترش یافت. مدل‌های DEA برای DMU های کارا امتیاز ۱ را اختصاص می‌دهند و DMU های ناکارا عددی کوچک‌تر از یک را در نظر می‌گیرند. با استفاده از DEA کارایی نسبی DMU ها را با چند ورودی و خروجی می‌توان محاسبه کرد. برای ساختن مدل فرض می‌کنیم n کشور (j=1,…,n)، S خروجی y_{rj} (r=1,2,…,s) را با استفاده از m ورودی x_{ij} (i=1,2,…,m) تولید می‌کند. هدف ارزیابی کارایی واحد تحت بررسی (واحد صفر یا واحد تصمیم‌گیرنده) است. در صورتی که وزن‌های تخصیص داده شده به خروجی‌ها با $u_1, u_2, \dots, u_s$ و وزن تخصیص داده شده به ورودی‌ها با $v_1, v_2, \dots, v_m$ نشان داده شود، برای پیدا کردن حداکثر کارایی کسر زیر باید حداکثر شود.

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{i0}}$$

1. Banker, et al

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

این روش را برای سایر واحدها نیز باید انجام داد. به این ترتیب:

$Max\ z_0 =$ کارایی واحد صفر

St: کارایی تمام واحدها ≤ 1

متغیرهای مسئله فوق وزن‌هاست و جواب مسئله مناسب‌ترین و مساعدترین مقادیر را برای وزن‌های واحد صفر ارائه و کارایی آن را اندازه‌گیری می‌کند. مدل ریاضی آن به صورت زیر است:

$$Max\ z_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{i0}} \qquad (۶)$$

$$\text{St: } \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i\, x_{ij}} \leq 1\ , j = 1,2, \dots, n$$

محدودیت مدل، مجموع موزون خروجی‌ها به مجموع موزون ورودی‌ها باید کوچک‌تر یا مساوی یک باشد (این شرط DEA است). در مدل فوق با بکارگیری از داده‌های ستانده مطلوب و نامطلوب به صورت مجزا کارایی برای کشورهای مورد بررسی استخراج می‌گردد.

٤-۲. برآورد نقاط شکست[1] با رویکرد کارایی متقاطع[2]

برای ارزیابی عملکرد یکپارچه، مدل تحلیل پوششی داده‌ها و بازی چانه‌زنی نش[3] با هم ترکیب شده‌اند. در این خصوص فریدمن و همکاران[4] (۱۹۹۸) یک راهبرد را در شرایطی که تعداد DMU ها بیشتر از سه برابر مجموع تعداد ورودی و خروجی است ارائه داده‌اند، زیرا ممکن است بسیاری از DMU ها در مرز کارایی قرار گیرند و DEA گاهی اوقات در تشخیص DMU های کارا شکست بخورد (نترجا[5]، ۲۰۱۱).

دیسون و همکاران[6] (۲۰۰۱) درباره مشکلات DEA بحث کرده‌اند، یکی از آنها درباره انتخاب مجموعه ورودی و خروجی بوده است. برخی از ورودی و خروجی‌ها یک رابطه وابستگی

1. Breakdown Points
2. Cross- Efficiency Approach
3. Nash Bargaining Game
4. Friedman, et al
5. Nataraja NR, Johnson AL
6. Dyson, et al

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

به هم داشته و حذف چنین متغیرهایی می‌تواند روی نتایج ارزیابی تغییرات زیادی را داشته باشد. بنابراین حذف داده‌های وابسته و مکمل در ارزیابی منطقی نیست. در این پژوهش به منظور رفع مشکلات در مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها جهت ارزیابی کارایی انرژی از مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها با بازی چانه‌زنی استفاده می‌گردد. بر اساس رابطه (۵) ملاحظه می‌شود که بین متغیرهای GDP, CO_2 به عنوان خروجی در تابع تولید ارتباط تنگاتنگی حاکم است، که در بسیاری از مطالعات اقتصادی به بررسی علیت روابط این دو متغیر پرداخته شده است. اما در این تحقیق متفاوت از مطالعات متعارف برای محاسبه کارایی انرژی اثر متقابل دو متغیر GDP, CO_2 را با استفاده از یک مدل ترکیبی DEA- GAME بکار می‌گیرد.

مطالعات پیشین نشان می‌دهد که تلفیق DEA با GAME می‌تواند بر این محدودیت‌ها غلبه کند. چرا که DEA خود یکی از ابزارهای قدرتمند ارزیابی عملکرد است اما نارسایی‌هایی دارد، از قبیل نادیده گرفتن برخی ارتباط متقابل متغیرها، و حساسیت نسبت به تغییرات مجموعه ورودی و خروجی‌ها (جهانگشایی رضایی و همکاران، ۱۳۹۳). در این تحقیق با استفاده از مدل چانه‌زنی نش عملکرد DMU ها به طور همزمان اندازه‌گیری می‌شود. طبق مدل نش، مجموعه شدنی باید فشرده و محدب باشد و شامل برخی از بردارهای نتیجه نیز باشد. بنابراین هر نتیجه معین باید بزرگتر از نتیجه شکست باشد. نتایج شکست نقطه شروعی برای چانه‌زنی هستند که نتیجه حاصل را در صورتی که یک بازیکن تصمیم کناره‌گیری از چانه‌زنی بگیرد نشان می‌دهند. برای تخمین نقاط شکست از رویکرد کارایی متقاطع استفاده می‌شود. طبق تحقیق جهانگشایی رضایی و همکاران[1] (۲۰۱۲) این رویکرد بسیار به واقعیت نزدیک است. امتیاز کارایی متقاطع یک DMU توسط مجموعه‌ای از وزن‌های بهینه $V_{1d}^*, \dots, v_{md}^*, u_{1d}^*, \dots, u_{sd}^*$ بدست می‌آید. سپس کارایی متقاطع DMU ها به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$E_{qj} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{rq}^* z_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{iq}^* x_{ij}} \quad q, j = 1, \dots, m \qquad (۷)$$

1. Jahangoshai Rezaee, et al

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

میانگین کل E_{qj} ها، کارایی متقاطع DMU_J است.

$$\overline{E_J} = \frac{1}{n}\sum_{q=1}^{n} E_{qj} \quad (۸)$$

رابطه (۸) امتیاز کارایی متقاطع واحدهای تصمیم‌گیرنده است. روش کارایی متقاطع را برای تعیین نقاط شکست که در مدل تلفیقی به کار رفته مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$\theta_{cross} = inf_{q,j}(E_{q,j}) \quad (۹)$$

طبق این روش نقاط شکست برای مدل به ترتیب با نمادهای $\theta_{GDP}, \theta_{CO2}$ نشان داده شده‌اند.

٤-۳. مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها با بازی چانه‌زنی

به علت محدویت‌های DEA که در موارد فوق ذکر شد خروجی‌ها به دو دسته، خروجی‌های مطلوب و نامطلوب تقسیم‌بندی می‌گردد. N کشور (DMU) را در نظر گرفته که هر DMUj (j=1,2,…,n) دارای m1 خروجی از دسته یک (خروجی مطلوب) که با y_{ij}^{1} (i=1,2,…,m1) و m2 خروجی از دسته دوم (خروجی نامطلوب) که با y_{ij}^{2} (i=1,2,,…,m2) نشان داده شده است. فرض می‌کنیم که S ورودی DMU ها را با x_{rj} (r=1,2,…,s) نشان می‌دهیم. این که ورودی معیارهای مشترک برای دو دسته از خروجی‌ها می‌باشند در مرحله اول از مدل DEA استاندارد برای ارزیابی DMU ها به وسیله هر گروه از معیارها استفاده می‌گردد. در مرحله دوم با استفاده از مدل چانه‌زنی، عملکرد DMU ها با دو دسته خروجی و یک دسته ورودی به طور هم زمان اندازه‌گیری می‌شود.

در این روش برای انجام ارزیابی یکپارچه عملکرد کارایی، DEA و بازی چانه‌زنی نش را با هم ترکیب می‌شوند. با توجه تفکیک ناپذیری ستانده مطلوب تولید ناخالص داخلی (GDP) و ستانده نامطلوب انتشار دی‌اکسیدکربن (CO2) حداکثرسازی کارایی انرژی با ارتباط متقابل دو ستانده مطلوب و نامطلوب از مدل تلفیقی تحلیل پوششی داده و بازی چانه‌زنی همکارانه بررسی می‌گردد. هدف بازی چانه‌زنی نش به عنوان یک بازی همکارانه تقسیم منافع بین دو بازیکن بر مبنای رقابت بین آن دو می‌باشد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

مدل نش (۱۹۵۰) مستلزم این است که مجموعه شدنی فشرده و محدب باشد و شامل بردارها باشد و پیامدها بایستی به گونه‌ای باشد که پیامد حاصله از نقطه شکست بیشتر باشد. پیامد نقطه شکست، نقاط شروع برای چانه‌زنی هستند. در این تحقیق برای حداکثرسازی کارایی انرژی ابتدا نقاط شکست دو ستانده مطلوب و نامطلوب را محاسبه نموده، سپس مجموع موزون خروجی‌ها (به ترتیب مطلوب و نامطلوب) به مجموع موزون ورودی‌ها از ضرب آنها بدست می‌آید. برای ساختن مدل N کشور موجود است و برای یک نمونه کشور مورد بررسی (کشور صفر) است که ورودی‌ها x_{r0} را برای تولید خروجی‌ها ی y_{i0}^1 و y_{i0}^2 به ترتیب مطلوب و نامطلوب مصرف می‌کند. در صورتی که وزن تخصیص داده شده به خروجی‌ها به ترتیب u_i^1 و u_k^2 و وزن تخصیص داده شده به ورودی‌ها با v_r نشان داده می‌شود، برای پیدا کردن حداکثر کارایی کشور صفر باید e_0 حداکثر شود.

قیدهای مدل نیز دو قسمت است، قید اول اینکه بایستی مجموع موزون خروجی‌ها از نقاط شکست بزرگتر باشند، قید دوم (کارایی تمام کشورها کوچک‌تر یا مساوی یک) قید DEA است که باید تعداد قیدها در مدل با تعداد کشورها برابر باشد. در این تحقیق هدف اندازه‌گیری کارایی ۲۵ کشور نسبت به هم است که برای هر کشور سه ورودی و دو خروجی در نظر گرفته شده است. اما از آن جایی که ساخت ۲۵ مدل در این مقاله پر حجم است، فقط مدلی برای اندازه‌گیری کارایی کشور صفر ساخته شده که با تغییر اندکی برای ۲۴ کشور دیگر نیز قابل ساخت است.

$$\max\ e_0 = \left(\frac{\sum_{i=1}^{m1} u_i^1 y_{i0}^1}{\sum_{r=1}^{s} v_r x_{r0}} - \theta_{GDP}\right)\left(\frac{\sum_{k=1}^{m2} u_k^2 y_{k0}^2}{\sum_{r=1}^{s} v_r x_{r0}}\theta_{CO2}\right)$$

$$s.t.\frac{\sum_{i=1}^{m1} u_i^1 y_{i0}^1}{\sum_{r=1}^{s} v_r x_{r0}} \geq \theta_{GDP}$$

$$\frac{\sum_{k=1}^{m2} u_k^2 y_{k0}^2}{\sum_{r=1}^{s} v_r x_{r0}} \geq \theta_{CO2}$$

$$\frac{\sum_{i=1}^{m1} u_i^1 y_{i0}^1}{\sum_{r=1}^{s} v_r x_{r0}} \leq 1, j = 1, \dots, n$$

$$\frac{\sum_{k=1}^{m2} u_k^2 y_{k0}^2}{\sum_{r=1}^{s} v_r x_{r0}} \leq 1, j = 1, \dots, n$$

$$v_r, u_i^1, u_k^2 > 0\ i = 1, \dots, m_1, k = 1, \dots, m_2, r = 1, \dots, s \qquad (۱۰)$$

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

۵. نتایج تجربی

۵-۱. داده‌ها

در این پژوهش متغیرهای مورد استفاده برای محاسبه کارایی انرژی و زیست‌محیطی معرفی خواهد گردید. موجودی سرمایه (دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵) نیروی کار (نفر)، مصرف انرژی (کیلو تن معادل نفت)، به عنوان نهاده و از تولید ناخالص داخلی (دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵) و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن (کیلو تن) به ترتیب به عنوان ستاده مطلوب و نامطلوب در مدل استفاده می گردد. داده‌های مربوط به متغیرهای موجودی سرمایه (K)، نیروی کار (L) و مصرف انرژی (E) به عنوان ورودی و تولید ناخالص داخلی (GDP) و انتشار دی‌اکسیدکربن (CO_2) به ترتیب به عنوان ستانده‌های مطلوب و نا مطلوب است.

داده‌های مربوط به متغیرها به جز موجودی سرمایه از مجموعه WDI [1] سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۲ استخراج گردیده‌اند. همچنین به دلیل نبود داده‌های مربوط به موجودی سرمایه ناخالص از روش نمایی موجودی سرمایه را محاسبه گردید. در جدول (۱) نهاده‌ها و ستانده‌های مورد استفاده و برخی آماره‌های مربوطه بیان شده است. با توجه به نقش مکمل کارایی انرژی و زیست‌محیطی دو متغیر مصرف انرژی و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در مدل‌های این تحقیق استفاده شده است، به لحاظ نقش ویژه دی‌اکسیدکربن در آلودگی و نیز افزایش پدیده گرمایش جهانی (IPCC [2]، ۲۰۰۷)، انتشار دی‌اکسیدکربن به عنوان معیار آلودگی محیط زیست در نظر گرفته می‌شود.

گاز دی‌اکسیدکربن یکی از مهمترین گازهای گلخانه‌ای است که منجر به تغییرات آب و هوا و گرمایش کره زمین شده است و به همین جهت به عنوان آلودگی فرامرزی معروف است، از طرفی جریان صنعتی شدن منجر به بهره‌برداری فشرده از سوخت‌های فسیلی جهت تولید و حمل‌ونقل و در نهایت موجب آزاد شدن حجم قابل توجهی از گاز دی‌اکسیدکربن به جو زمین شده است (بوتکین و کلر، ۱۳۷۹).

1. World Development Indicators
2. Intergovernmental Panel on Climate Change

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

جهت محاسبه کارایی انرژی، زیست‌محیطی از نرم افزار GAMS [1]، روش تحلیل پوششی داده‌ها ابتدا با رویکرد ستانده مطلوب، سپس با ستانده نامطلوب و در نهایت با تابع تولید مشترک ستانده مطلوب و نامطلوب عملکرد کارایی انرژی و زیست‌محیطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این مطالعه یک گروه از کشورها به عنوان کشورهای در حال توسعه با منابع صادرات فسیلی در نظر گرفته می‌شوند. این کشورهای منتخب شامل: آلبانی، آذربایجان، آرژانتین، اکوادور، اندونزی، الجزایر، اکوادر، ایران، بحرین، برزیل، امارات متحده عربی، ترکمنستان، چین، رومانی، عمان، عربستان سعودی، قطر، کلمبیا، کویت، گابن، گرجستان، لهستان، مالزی، نیجریه و ونزوئلا می‌باشد.

1. General Algebraic Modeling System

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

جدول ۱. آمار توصیفی نهاده‌ها و ستانده‌های کشورهای در حال توسعه منتخب طی دوره ۲۰۱۴-۲۰۱۲

	متغیرها	واحد	متوسط	حداکثر	حداقل
نهاده‌ها	L	نفر	۵/۷۸E+۱۲	۸/۰۶E+۰۸	۶۱۰۰۹۴
	K	دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵	۱/۷E+۱۲	۲/۵۴E+۱۳	۲/۷۵E+۱۰
	E	کیلو تن معادل نفت	۳۷۲۸/۲۴۷	۱۹۲۳۶/۹۴	۶۶۸/۵۰۴۱
ستانده‌ها	GDP	دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۰۵	۴/۱۴E+۱۱	۵/۷۸E+۱۲	۹/۳۸E+۰۹
	CO2	کیلو تن	۶۵۸۸۹۱/۷	۹۲۷۸۵۶۵	۲۲۸۷/۹۲

مأخذ: محاسبات تحقیق

۵-۲. تجزیه و تحلیل مدل

نتایج به دست آمده از محاسبه کارایی انرژی و زیست‌محیطی برای کشورهای منتخب در سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۲ و نیز میانگین آنها طی دوره زمانی مذکور در جدول (۳) تا (۵) محاسبات برآورده شده است. نتایج خلاصه شده استاندارد در ستون اول نشان‌دهنده کارایی انرژی، ستون دوم نتایج کارایی زیست‌محیطی، ستون سوم کارایی یکپارچه انرژی و زیست‌محیطی و ستون آخر کارایی انرژی با بازی چانه‌زنی محاسبه شده است.

۵-۳. کارایی انرژی- ستانده مطلوب

در این قسمت کارایی انرژی کشورهای در حال توسعه منتخب بدون در نظر گرفتن ستانده نامطلوب انتشار دی‌اکسیدکربن و با استفاده تحلیل پوششی داده‌ها ارائه شده است، که تنها به بیان مربوط به ستون اول جداول ۳ تا ۵ بسنده می‌شود. بر اساس نتایج این ستون، میانگین کارایی انرژی برای نمونه مورد بررسی از۰/۷۲۶۹ در سال ۲۰۱۲ به ۰/۷۲۱۹در سال ۲۰۱۴ کاهش نامحسوس داشته است که نشان‌دهنده ثبات نسبی کارایی انرژی کشورهای مورد مطالعه در طی این دوره است. همان گونه که ملاحظه می‌شود کشورهای آرژانتین، برزیل، چین، نیجریه، لهستان، قطر و عربستان سعودی کاملاً کارایی دارند، و سایر کشورها از کارایی انرژی برخوردار نمی‌باشند.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

۵-٤. کارایی زیست‌محیطی- ستانده نامطلوب

نتایج ستون دوم جدول ۳ تا ۵ میزان کارایی زیست‌محیطی در کشورهای در حال توسعه طی سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۲ را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود کشورهای بحرین، چین و لهستان از کارایی برخوردار می‌باشند و سایر کشورها به علت رشد فزاینده در انتشار دی‌اکسیدکربن از کارایی نسبی زیست‌محیطی بهره مند نیستند. همان طور که ملاحظه می‌شود کشورهای اندونزی، آلبانی، الجزایر، کلمبیا، اکوادور، گابن، آرژانتین، برزیل، گرجستان، عمان، رومانی نسبت به کشورهایی همچون ایران، اندونزی، کویت، نیجریه و قطر از کارایی زیست‌محیطی پائین تر بر خوردار می‌باشند، همچنین کارایی کشورهای آلبانی، آذربایجان، رومانی، گرجستان و طی دوره ۲۰۱۴-۲۰۱۲ به صورت متوسط از رشد غیرمنفی برخوردار بوده است.

با مقایسه بین نتایج جدول می‌توانیم سه دسته از کشورها را در نظر گرفت. نخست کشورهایی که کارایی معمولی و زیست‌محیطی آنها به صورت مطلق بالا می‌باشد مانند چین و لهستان. گروه دوم کشورهایی که کارایی زیست‌محیطی و معمولی آنها پایین است مانند آلبانی، الجزایر، اکوادور، کلمبیا، گابن و گرجستان، گروه سوم کشورهایی هستند که کارایی معمولی بالاتر و کارایی زیست‌محیطی پایین‌تری دارند مانند آذربایجان، اندونزی، ایران، اکوادور، برزیل، بحرین، ترکمنستان، عربستان، نیجریه، مالزی، کویت، مصر.

کشورهای گروه اول از منابع موجود به صورت بهینه استفاده می‌کنند، اما کارایی زیست‌محیطی کمتری به کارایی معمولی دارند، این کشورها باید به مسائل زیست‌محیطی توجه بیشتری داشته باشند. کشورهای گروه دوم از منابع در اختیار به صورت بهینه استفاده نمی‌کنند. اگرچه برخی از کشورها از کارایی زیست‌محیطی بالاتری نسبت به کارایی معمولی برخوردار است، ولی به صورت نسبی چه از نظر زیست‌محیطی و چه از دیدگاه استفاده بهینه منابع کارا عمل نمی‌کند. گروه سوم از کشورها اگر چه در استفاده از منابع موجود نسبتاً کارا عمل می‌کنند، اما توجه چندانی به این مسائل زیست‌محیطی ندارند به عنوان مثال برای کشور عربستان اختلاف بین کارایی معمولی و زیست‌محیطی بالا می‌باشد، یعنی این کشور آسیب بیشتری را به محیط زیست

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

وارد می‌کند، یعنی این کشور تنها به استفاده بهینه از منابع موجود توجه کرده و مسائل زیست‌محیطی ناشی از تولید توجهی ندارد.

۵-۵. کارایی با بازی چانه‌زنی

نتایج ستون چهارم جداول نشان‌دهنده اثر متقارن دو ستانده مطلوب و نامطلوب در یک محیط رقابتی با بازی چانه‌زنی است، هدف کشورها در این ائتلاف حداکثر نمودن کارایی انرژی است. به طوری که می‌دانیم دو ستانده تفکیک ناپذیر متقارن تولید ناخالص داخلی و انتشار دی‌اکسیدکربن از رابطه متقاطع نیز بر خوردار می‌باشند. همان طور که ملاحظه می‌شود کشورهای چین و لهستان کاملاً کارایی داشته‌اند. رشد میانگین کارایی سال ۲۰۱۳ در بازی چانه‌زنی نسبت به سال ۲۰۱۲ رشد منفی داشته است، این شاخص بیانگر این است که کل کشورها طی این دوره از شرایط حداکثرسازی کارایی بهره‌مند نبوده‌اند و فقط دو کشور چین و لهستان توانسته‌اند، از حداکثر مزایای بازی چانه‌زنی برای بهبود کارایی خود منتفع شوند. اما بررسی دیگر نتایج در سال ۲۰۱۴ ملاحظه می‌شود نسبت به سال ۲۰۱۳ میانگین رشد کارایی غیرمنفی است و نشان می‌دهد که کشورها جهت ارتقای کارایی در بازی چانه‌زنی بهره مند شده‌اند.

جدول ۲ . نتایج نقاط شکست ستانده مطلوب و نامطلوب طی دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۱۲

سال / نقاط شکست	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴
نقاط شکست ستانده مطلوب (θ_{GDP})	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱۱۹	۰/۰۱۰۹
نقاط شکست ستانده نا مطلوب (θ_{CO2})	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۳

مأخذ: محاسبات تحقیق

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

جدول ۳. نتایج امتیازات کارایی انرژی کشورهای در حال توسعه منتخب در سال ۲۰۱۲

کشورها	کارایی ستانده مطلوب	کارایی ستانده نامطلوب	کارایی یکپارچه ستانده‌ها	کارایی انرژی با بازی چانه‌زنی
آلبانی	۰/۳۴۴	۰/۰۳۵۶	۰/۳۴۴	۰/۰۱۰۹
الجزایر	۰/۵۶۱۱	۰/۰۸۴۹	۰/۵۶۱۱	۰/۰۴۲۴
آرژانتین	۱	۰/۱۳۲۲	۱	۰/۱۱۹۵
آذربایجان	۰/۸۷۲۹	۰/۳۹۴۵	۰/۹۱۳۱	۰/۲۳۰۹
بحرین	۰/۳۵۷۱	۱	۱	۰/۳۵۷۱
برزیل	۱	۰/۱۷۴	۱	۰/۱۵۰۴
چین	۱	۱	۱	۱
کلمبیا	۰/۷۵۴۷	۰/۰۷۴۹	۰/۷۵۴۷	۰/۰۳۹۵
اکوادور	۰/۵۸۰۷	۰/۰۹۳	۰/۵۸۰۷	۰/۰۴۵۸
مصر	۰/۶۱۶۹	۰/۲۵۶	۰/۶۵۴۴	۰/۱۱۶۱
گابن	۰/۴۴۵۲	۰/۰۲۴۱	۰/۴۴۵۲	۰/۰۰۸۴
گرجستان	۰/۵۳۳۵	۰/۱۶۹۳	۰/۵۳۸۷	۰/۰۵۹۹
اندونزی	۰/۷۸۷	۰/۳۸۳۱	۰/۷۸۷	۰/۲۱۷
ایران	۰/۶۸۷	۰/۳۴۱۳	۰/۷۶۳	۰/۲۰۴۵
کویت	۰/۹۱۴۲	۰/۲۱۲۶	۰/۹۲۱۷	۰/۱۹۲۹
مالزی	۰/۶۷۵۴	۰/۱۶۳۸	۰/۶۷۵۴	۰/۰۹۹
نیجریه	۱	۰/۲۹۵۹	۱	۰/۲۹۵۹
عمان	۰/۴۵۳۸	۰/۱۹۹۹	۰/۴۹۳۲	۰/۰۷۸۴
لهستان	۱	۱	۱	۱
قطر	۱	۰/۳۷۵۵	۱	۰/۳۷۵۳
رومانی	۰/۶۸۶۸	۰/۱۱۳	۰/۶۸۶۸	۰/۰۶۹۲
عربستان سعودی	۱	۰/۲۷۴۳	۱	۰/۲۷۳۹
ترکمنستان	۰/۲۴۵۲	۰/۲۷۸۴	۰/۳۲۸	۰/۰۴۷۱

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

کشورها	کارایی ستانده مطلوب	کارایی ستانده نامطلوب	کارایی یکپارچه ستانده‌ها	کارایی انرژی با بازی چانه‌زنی
امارات متحده عربی	۰/۷۸۸۷	۰/۱۵۶۵	۰/۷۸۸۷	۰/۱۲۳۱
ونزوئلا	۰/۸۷۰۷	۰/۲۰۳۹	۰/۸۷۵۱	۰/۱۵۶۱
میانگین	۰/۷۲۶۹۹۶	۰/۲۹۷۴۶۸	۰/۷۶۴۴۳۲	۰/۲۱۲۵۳۲

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۴. نتایج امتیازات کارایی انرژی کشورهای در حال توسعه منتخب در سال ۲۰۱۳

کشورها	کارایی ستانده مطلوب	کارایی ستانده نا مطلوب	کارایی یکپارچه ستانده‌ها	کارایی انرژی با بازی چانه‌زنی
آلبانی	۰/۳۳۷۷	۰/۰۳۵۵	۰/۳۳۷۷	۰/۰۱۰۵
الجزایر	۰/۵۵۸۶	۰/۰۸۴۶	۰/۵۵۸۶	۰/۰۴۱۸
آرژانتین	۱	۰/۱۳	۱	۰/۱۱۷۳
آذربایجان	۰/۸۹۲۳	۰/۳۹۲۱	۰/۹۳۱۶	۰/۲۳۵۷
بحرین	۰/۳۷۱۶	۱	۱	۰/۳۷۱۶
برزیل	۱	۰/۱۷	۱	۰/۱۴۰۴
چین	۱	۱	۱	۱
کلمبیا	۰/۷۶۰۶	۰/۰۷۶۱	۰/۷۶۰۶	۰/۰۳۹۷
اکوادور	۰/۵۷۷۳	۰/۰۹	۰/۵۷۷۳	۰/۰۴۴۳
مصر	۰/۶۱۵۴	۰/۲۵۷۶	۰/۶۵۳۸	۰/۱۱۶۶
گابن	۰/۴۳۷۹	۰/۰۲۲۵	۰/۴۳۷۹	۰/۰۰۷۸
گرجستان	۰/۵۲۸۴	۰/۱۶۳۳	۰/۵۳۳	۰/۰۵۷۷
اندونزی	۰/۷۸۵۴	۰/۳۸۴۷	۰/۷۸۵۴	۰/۲۱۶۶
ایران	۰/۶۵۶	۰/۳۴۲۳	۰/۷۳۱۳	۰/۱۹۴۶
کویت	۰/۹۰۴۹	۰/۲۱۰۸	۰/۹۱۴۳	۰/۱۸۱۶
مالزی	۰/۶۵۰۶	۰/۱۵۸۱	۰/۶۶۲۳	۰/۰۹۴۹

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

کشورها	کارایی ستانده مطلوب	کارایی ستانده نا مطلوب	کارایی یکپارچه ستانده‌ها	کارایی انرژی با بازی چانه‌زنی
نیجریه	۱	۰/۲۸۷۳	۱	۰/۲۸۷۳
عمان	۰/۴۳۸۷	۰/۱۸۲۸	۰/۴۶۹۲	۰/۰۶۶۷
لهستان	۱	۱	۱	۱
قطر	۱	۰/۳۶۰۷	۱	۰/۳۶۰۵
رومانی	۰/۶۹۸	۰/۱۱۰۷	۰/۶۹۸	۰/۰۶۹
عربستان سعودی	۱	۰/۲۵۶	۱	۰/۲۵۴۲
ترکمنستان	۰/۲۴۹۷	۰/۲۵۵۴	۰/۳۱۲۷	۰/۰۴۴۹
امارات متحده عربی	۰/۸۴۲۹	۰/۱۵۶۵	۰/۸۴۲۹	۰/۱۲۹۵
ونزوئلا	۰/۸۴۰۴	۰/۱۹۳	۰/۸۴۶۴	۰/۱۴۳۱
میانگین	۰/۷۲۵۸۵۶	۰/۲۹۲۸	۰/۷۶۲۱۲	۰/۲۰۹۰۵۲

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۵. نتایج امتیازات کارایی انرژی کشورهای در حال توسعه منتخب در سال ۲۰۱۴

کشورها	کارایی ستانده مطلوب	کارایی ستانده نا مطلوب	کارایی یکپارچه ستانده‌ها	کارایی انرژی با بازی چانه‌زنی
آلبانی	۰/۳۳۶۲	۰/۰۳۶۸	۰/۳۳۶۲	۰/۰۱۰۷
الجزایر	۰/۵۵۰۷	۰/۰۸۷۱	۰/۵۵۰۷	۰/۰۴۲۳
آرژانتین	۱	۰/۱۳۶۲	۱	۰/۱۲۱۴
آذربایجان	۰/۸۷۹۹	۰/۴۰۵۲	۰/۹۲۲۲	۰/۲۴۳۳
بحرین	۰/۳۸۳۶	۱	۱	۰/۳۸۳۶
برزیل	۱	۰/۱۶۳۷	۱	۰/۱۲۰۳
چین	۱	۱	۱	۱
کلمبیا	۰/۷۸۰۵	۰/۰۷۴	۰/۷۸۰۵	۰/۰۳۸۹
اکوادور	۰/۵۷۸۸	۰/۸۷۹۹	۰/۹۱۶۲	۰/۴۳۱
مصر	۰/۶۱۴۱	۰/۲۶۷	۰/۶۴۸۵	۰/۱۱۵۸

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

کشورها	کارایی ستانده مطلوب	کارایی ستانده نا مطلوب	کارایی یکپارچه ستانده‌ها	کارایی انرژی با بازی چانه‌زنی
گابن	۰/۴۳۰۵	۰/۰۲۲۲	۰/۴۳۰۵	۰/۰۰۷۵
گرجستان	۰/۵۲۵۵	۰/۱۶۴۶	۰/۵۳۰۳	۰/۰۵۸۱
اندونزی	۰/۷۷۶	۰/۰۳۷۳	۰/۷۷۶	۰/۰۲۰۵
ایران	۰/۶۷۰۸	۰/۳۵۳۵	۰/۷۴۶۳	۰/۲۰۳۸
کویت	۰/۸۴۷۷	۰/۲۰۷۹	۰/۸۶۰۸	۰/۱۶۴۱
مالزی	۰/۶۶۵	۰/۱۵۷۲	۰/۶۶۶۷	۰/۰۹۴۶
نیجریه	۱	۰/۲۸۵۷	۱	۰/۲۸۵۷
عمان	۰/۴۲۱	۰/۱۷۷۵	۰/۴۴۵	۰/۰۵۶۸
لهستان	۱	۱	۱	۱
قطر	۱	۰/۳۶۲۸	۱	۰/۳۶۲۶
رومانی	۰/۷۰۲۷	۰/۱۱۲۹	۰/۷۰۲۷	۰/۰۷۰۶
عربستان سعودی	۱	۰/۲۵۰۵	۱	۰/۲۴۸
ترکمنستان	۰/۲۵۲۴	۰/۲۴۳۱	۰/۳۱۱۱	۰/۰۴۳۵
امارات متحده عربی	۰/۸۶۷۶	۰/۱۵۷۶	۰/۸۶۷۶	۰/۱۳۳۳
ونزوئلا	۰/۷۶۴۵	۰/۱۹۰۲	۰/۷۷۳۸	۰/۱۲۷۹
میانگین	۰/۷۲۱۹	۰/۳۱۰۹۱۶	۰/۷۷۰۶۰۴	۰/۲۱۵۳۷۲

مأخذ: محاسبات تحقیق

٦. نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت توسعه پایدار کشورها بایستی به منابع انرژی و زیست‌محیطی به عنوان یک دارایی مشترک و ضروری توجه داشته باشند. در برخورد با چالش‌ها، بایستی عوامل زیست‌محیطی را در نظر گرفت و در این راستا توسعه اقتصادی باید علاوه بر رشد اقتصادی، مستلزم افزایش صرفه‌جویی انرژی، بهبود کارایی انرژی و کارایی زیست‌محیطی باشد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

بنابراین یکی از مهم‌ترین کارهایی که بر عهده متخصصان فن گذارده شده است، یافتن راه‌حل‌هایی به منظور کاستن اثرات جانبی منفی ناشی از رشد اقتصادی و مصرف انرژی به محیط زیست است. برای این مهم مدل تحلیل پوششی داده‌ها با ترکیب تئوری بازی‌ها در محیط رقابتی با بازی چانه‌زنی و یکپارچه جهت ارزیابی کارایی انرژی کشورهای در حال توسعه مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج تجربی این مطالعه نشان می‌دهد که از طریق مدل ارزیابی تلفیقی در همه سال‌های مورد نظر کشور چین و لهستان شرایط حداکثر کارایی انرژی را داشته‌اند و سایر کشورها علیرغم داشتن شرایط بازی چانه‌زنی از منفعت بازی چانه‌زنی همانند دو کشور چین و لهستان بر خوردار نمی‌باشند. به عبارتی در نظر داشتن شرایط بازی چانه‌زنی جهت ارتقای کارایی انرژی فقط برای دو کشور چین و لهستان بیشترین اثر بخشی را نسبت به سایر کشورها داشته است.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

منابع

آماده، حمید و علی رضایی (۱۳۹۰)، "اندازه‌گیری کارایی زیست محیطی با استفاده از مدل کارایی سراسری ستانده مطلوب و نامطلوب تفکیک‌ناپذیر سراسری در بخش تولید انرژی الکتریکی شرکت‌های برق منطقه‌ای"، *مطالعات اقتصاد انرژی*: دوره ۸ شماره ۳۰،پاییز، صص ۱۵۴-۱۲۵.

بوتکین، دانیل و کلر ادوارد (۱۳۷۹)، *مسائل محیط زیست: فرسایش لایه ازن، گرم شدن زمین و آلودگی هوا*، ترجمه یونس کریم پور، آذربایجان غربی، انتشارات جهاد دانشگاهی.

حسن تاش، غلامحسین و محمد امین نادریان (۱۳۸۷)، "ارزیابی پتانسیل‌ها و مزایای کاهش شدت انرژی در کشورهای عضو اوپک"، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال پنجم، شماره ۱۶، بهار، صص۱۸۴-۱۵۷.

حقیقت، جعفر؛ انصاری لاری، محمد صالح و پویان کیانی (۱۳۹۳)، " ارزیابی کارایی انرژی در بخش خانگی استان های کشور"، *پژوهش‌نامه اقتصادانرژی ایران*، سال چهارم، شماره ۱۳، زمستان، صص ۸۹-۱۱۶.

درویش متولی، محمدحسین؛ معتمدی، مجید و محمود درویش متولی (۱۳۹۰)، "ارزیابی کارایی تکنولوژی‌های بخش انرژی بر اساس مدل ترکیبی AHP /DEA"، *مطالعات کمی در مدیریت*، دوره ۲، شماره ۲، تابستان، صص۲۱-۱.

راسخی، سعید و پروین سلمانی (۱۳۹۲)، "رابطه شدت انرژی و کارایی اقتصادی در کشورهای منتخب با استفاده از الگوی گشتاور تعمیم یافته: کاربردی از تحلیل پنجره‌ای پوششی داده‌ها"، *پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، دوره ۲۱، شماره ۶۷، پاییز، صص۲۴-۵.

راسخی، سعید، شهرازی، میلاد، شیدایی، زهرا، جعفری، مریم و زهرا دهقان (۱۳۹۵)، " ارتباط کارایی اقتصادی و کارایی زیست محیطی: شواهد جدید برای کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته"، *فصلنامه پژوهش ها و سیاست های اقتصادی*، سال بیست وچهارم، شماره ۲۸، تابستان، صص۳۱-۵۶.

رضایی جهانگشایی، مصطفی و مهنوش شکری (۱۳۹۳)، "ارزیابی عملکرد صنایع بر اساس ترکیب کارت امتیازی متوازن، تئوری بازی و تحلیل پوششی داده‌ها و مقایسه عملکردی صنایع در محیط رقابتی"، اولین کنفرانس ملی ریاضیات صنعتی تبریز، ۷ خرداد.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

شرزه‌ای، غلامعلی و هه‌ژار ابراهیم زادگان (۱۳۹۰)، "برآورد اثر بازگشت افزایش کارایی انرژی در ارتباط با مصرف خانوارها و انتشار دی اکسیدکربن در ایران"، *مطالعات اقتصاد انرژی*، دوره ۸، شماره ۳۰، پاییز، صص ۶۱-۳۳.

صادقی، سید کمال و سعید ابراهیمی (۱۳۹۲)، "تأثیر توسعه مالی، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی بر آلودگی محیط زیست در ایران (رهیافت ARDL)"، *فصلنامه اقتصاد انرژی*، سال دوم، شماره ۷، صص ۷۳-۴۳.

فتحی، بهرام؛ مهدوی عادلی، محمد حسین و محمد حسن فطرس (۱۳۹۴)، "اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی انرژی در کشورهای در حال توسعه منتخب با استفاده از مدل‌های ناپارامتریک ایستا و پویا"، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال یازدهم، شماره ۴۶، صص ۸۷-۶۱.

محمد باقری، اعظم (۱۳۸۹)، "بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران"، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال هفتم، شماره ۲۷، صص ۱۲۹-۱۰۱.

مهرگان، نادر و اصغر مبارک (۱۳۸۷)،"بررسی تأثیر مؤلفه های اقتصاد نوین بر کارایی صنایع در ایران"، *فصلنامه اقتصاد مقداری*، دوره ۵، شماره ۲، صص ۱۵۲-۱۳۱.

نصرالهی، زهرا، صادقی، آرانی زهرا، غفاری گولک، مرضیه، (۱۳۹۱)، "اندازه‌گیری کارایی صنایع تولیدی ایران با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و با تأکید بر ستاده‌های نامطلوب (آلاینده‌های زیست محیطی)"، *سیاست‌های اقتصادی (نامه مفید)*، دوره ۸ (۱۸)، شماره ۱(۹۰)؛ تابستان، صص ۱۱۰-۸۷

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

Al-Mansour, Fouad (2011),"Energy Efficiency Trends and Policy in Slovenia", Energy, 36 (4), pp. 1868-77.

Banker, Rajiv; Charnes, Abraham & William Wager Cooper (1984). "Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis".*Management Science*, Vol.30, No.2, PP.123-134.

Bhattacharyya, S. C. (2011), *Energy Economic: Concepts, Issues, Markets and Governance*, Springer.

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

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

Dyson, RG; Allen R.; Camanho AS; Podinovski, vv; Sarrico CS; E.A. Shale (2001) , Pitfalls and protocols in DEA. European Journal of operational Research.132 (2):245-59.

Emrouznejad A.; De Witte and K. Cooper (2010), "A Unified Process for Nonparametric Projects", *European Journal of operational Research*, 207(3), pp.1573-86.

Esty, Daniel & Michael Porter (1998), "Industrial Ecology and Competitiveness, Strategic Implications for the Firm", *Journal of Industrial Ecology*, Vol.2. No.1. PP. 35-43.

Fare, R.; Grosskopf, S.; Lovell, A.K. and C. Pasurka (1989), "Multilateral Productivity Comparisons When Some Output Is Undesirable: A Nonparametric Approach", *The Review of Economics and Statistics, No.*71, pp. 90–98.

Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of Royal Statistical Society*, Vol. 120, Issue 3, pp. 253-290.

Filippini, M., & Hunt, L. C. (2012) , "US Residential Energy Demand and Energy Efficiency: A Stochastic Demand Frontier Approach". Energy Economics, vol, 34, No.5, pp. 1484-1491.

Friedman L. and Z. Sinuany-Stern (1998), Combining Ranking Scales and Selecting Variables in the DEA Context: the Case of Industrial Branches", *Computers and Operations Research*, 25 (9), pp. 781-91.

Graham, Mary (2004), *Environmental Efficiency Meaning and Measurement and Application to Australian Dairy Farms. Presented at the 48th Annual AARES Conference*, Melbourne: Victoria. February.

Halkos, G. E. and N. G. Tzeremes (2013), "Renewable Energy Consumption and Economic Efficiency: Evidence from European Countries", *Journal of Renewable and Sustainable*, No.5, PP. 41803.

Huntington, S. P. (1996), *The Clash of Civilizations and the Remaking of World Order*, New York: Simon & Schuster.

IPCC (2007), *Climate change 2007: Physical Science Basis. Contribution of Working Group 4th Report of Intergovernmental Panel on Climate Change*, Paris.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

James, K.G. (2007), "Global Inequality and Global Macroeconomics", *Journal of Policy Modeling* , 29(4), pp. 587-607.
Kaneko, S. Managi, S. (2004), "Environmental Productivity in China", *Economics Bulletin*, Vol. 17, No. 2, pp. 1-10.
Liang, L.; Cook W.D. and J. Zhu. (2008), "DEA Models for Two Stage Processes: Game Approach and Efficiency Decomposition", *naval research logistics*, No.7, pp.653-643.
Mandal, S.K. (2010), "Do Undesirable Output and Environmental Regulation Matter in Energy Efficiency Analysis? Evidence From Indian Cement", *Energy policy*, No. 38, pp. 6076-6083.
Morikawa, J.; Hayakawa, E. and T. Hashimoto (2011), "Application of Microscale Thermography to the Thermal Analysis of Polymeric and Organic Materials", *in Thermoses: Thermal Infrared Applications XXXIII*, vol. 8013 of Proceedings of SPIE, pp.1–6.
Nash JF. (1950), "The Bargaining Problem", *Econometrica*, 18(2), pp.155-62.
Nataraja NR. And Al Johnson (2011), "Guidelines for Using Variable Selection Techniques in Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, doi: 10.1016/j.ejor. pp. 06.045.
Patterson, M. G. (1996), "What is Energy Efficiency? Concepts, Indicators and Methodological Issues", *Energy policy*, vol, 24, No. 5, pp. 377-390.
Patterson, Murray G. (1996), "What is Energy Efficiency? Concept, Indicator and Methodological Issues", *Energy Policy*, 25(1), pp. 29-40.
Porter, Michael and Claas Vander Linde (1995), "Toward a New Conception of the Environmental Competitiveness Relationship", *Journal of Economic Perspectives*, Vol.9, No. 4, pp. 97-118.
Porter, Michael (1991), 'America's Green Strategy", *Scientific American*, No.4, pp.96.
Ramanathan R. (2003), *An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement*, New Delhi: Sage Publication.
Reinhard, Stijn; Knox Lovell, C.A. and Geert Thijssen (1999), "Econometric Estimation of Technical and Environmental Efficiency: An Application to Dutch Dairy Farms", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 81. PP. 44-60.
Rezaee MJ.; Moini A. and A. Makui (2012), "Operational and Non-Operational Performance Evaluation of Thermal Power Plants in Iran: A Game Theory Approach", **Energy**, pp.38-96-103.
Schmidheiny, Stephan (1992), *Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment*, MIT Press: Palatino and Cambridge.
Shi, G.M.; Bi, J. and J.N. Wang (2010), "*Chinese Regional Industrial Energy Efficiency Evaluation Based on a DEA Model of Fixing Non-Energy Inputs*", *Energy Policy*, No. 38, pp. 6172–6179.
Sorrell, S. (2009), "Jevons Paradox Revisited, The Evidence for Backfire from Improved Energy Efficiency", *Energy policy*, Vol. 37, No. 4, pp. 1456-1469.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]

Sorvari, Jaana; Petri Porvari and Sirkka Koskela (2011), "Survey on the Environmental Efficiency Assessment Methods and Indicators", *MMEA Research Report*, nr D2.1.1. HELSINKI.
Soytas,u.; sari,R. and T.E. Bradley (2007), "Energy Consumption Income and Carbon Emissions in the United States", *Ecological Economics*, 62 (1) , pp.482-489.
Stern, D. I. (2012), "Modeling International Trends in Energy Efficiency", *Energy Economic*, No. 6, pp. 2200-2208.
Taskin, F. and O. Zaim (2000), Searching for a Kuznets Curve in Environmental Efficiency Using Kernel Estimation", *Economics Letters*, No. 68, pp. 217-223.
World Bank (2014), *World Development Indicators (WDI)*, CD-ROM. Washington.
Xin-Zhong; Bao,Lio; Xiao-jun and Wang Niag (2011), "Cost Allocation of Joint-Managed Inventory Based on Cooperative Game and Data Envelopment Analysis", *Industerial Engineering Journal*.
Ytterhus, B.E. and O.C. Sjaker (1998), *The Grip Barometeret; a Mapping of Environmental Adaptation in the Manufacture of Furniture, Building and Construction, Banking and Insurance, Advertising, Tourism and the Wholesale and Retail Trade*, Oslo: The Norwegian School of Management and GRIP.
Zhang, X. et al (2011) , "Total Factor Energy Efficiency in Developing Countries", *Energy Policy*, Vol, 39 , pp. 644–650.
Zhou, p. and B.W. Ang (2008), "Linear Programming Models for Measuring Economy-Wide Energy Efficiency Performance", *Energy Policy*, Vol, 36, pp. 2911– 2916.

[Downloaded from qjerp.ir on 2026-11-19]