فصلنامه علمی اقتصاد و بانکداری اسلامی، شماره پنجاه و پنجم، تابستان۱۴۰۵- صفحات ۵۴۰-۵۲۳

مقایسه کارایی انرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی در کشورهای توسعه‌یافته منتخب

نوع مقاله: پژوهشی

محمد طونی[۱]
بهرام فتحی[۲]
مجید انیسی[۳]
محمد خرسندزاک[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۷/۲۲

چکیده

این پژوهش به مقایسه کارایی انرژی، اقتصادی و زیست محیطی در ۳۵ کشور عضو سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی (OECD) طی سال‌های ۲۰۱۷–۲۰۲۰ می‌پردازد. با استفاده از مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)و بازی چانه زنی نش(NBG) ، کارایی سه بعدی کشورها در تعامل اقتصاد، انرژی و محیطزیست سنجیده شد. داده‌ها شامل نهاده‌های موجودی سرمایه، نیروی کار و مصرف انرژی و ستانده‌های تولید ناخالص داخلی (GDP)و انتشار CO_2 از پایگاه‌های جهانی (WDI و IEA) استخراج شدند .

بررسی کارایی سه‌بعدی (انرژی، اقتصادی و زیست محیطی) در ۳۵ کشور عضو OECD طی سال‌های ۲۰۱۷–۲۰۲۰ با به‌کارگیری مدل ترکیبی DEA-NBG نشان داد که ایسلند، سوئیس و آمریکا با میانگین کارایی انرژی نزدیک به ۱ (حداکثر امتیاز) به‌عنوان برترین کشورها شناخته می‌شوند که حاکی از بهینه‌سازی زیرساخت‌های صنعتی و حمل‌ونقل آن‌هاست. در مقابل، استونی (۰,۳۵) و لهستان (۰,۳۷) به دلیل وابستگی به سوخت‌های فسیلی و سیستم‌های ناکارآمد، پایین‌ترین رتبه را در این شاخص دارند. در حوزه اقتصادی، آمریکا (۰,۹۹۹≈) با ثبات اقتصاد کلان و رقابت‌پذیری بالا عملکردی تقریباً کامل داشته‌است و سوئیس (۰,۹۳) نیز جایگاه برجسته‌ای دارد، حال‌آنکه شیلی (۰,۴۶) و استونی (۰,۳۲) به دلیل چالش‌هایی مانند وابستگی به صادرات مواد خام، در رتبه‌های پایین‌تر قرار گرفتند. در کارایی زیست محیطی، ایسلند (۰,۳۴۸) با بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر (ژئوترمال و برق‌آبی) پیشتاز است، اما آمریکا (۰,۰۰۴) و استرالیا (۰,۰۰۱۴) به دلیل صنایع سنگین و انتشار بالای کربن، ضعیف‌ترین نتایج را ثبت کردند.

واژه‌های کلیدی: کارایی انرژی، کارایی اقتصادی، کارایی زیستمحیطی، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، بازی چانه‌زنی نش (NBG)، توسعه پایدار، کشورهای OECD

طبقه‌بندی JEL : Q43, Q56, O47

۱ گروه اقتصاد، واحد الیگودرز، دانشگاه آزاد اسلامی، الیگودرز، ایران 4849627927@iau.ir
۲ گروه اقتصاد، واحد شهریار، دانشگاه آزاد اسلامی، شهریار، ایران (نویسنده مسئول) Bahram.fathi@iau.ac.ir
۳ گروه ریاضی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران Majid.anisi@qiau.ac.ir
۴ گروه ریاضی، واحد الیگودرز، دانشگاه آزاد اسلامی، الیگودرز، ایران khorsand@iau.ac.ir

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

مقدمه

رشد اقتصادی در دهه‌های اخیر با چالش‌های زیست محیطی بی‌سابقه‌ای همراه بوده است. بر اساس گزارش آژانس بین المللی انرژی (IEA. 2021) ، سیستمE3 (اقتصاد، انرژی، محیط زیست) به دلیل وابستگی متقابل این سه حوزه، چارچوبی حیاتی برای دستیابی به توسعه پایدار ارائه میکند. با این حال، مدلهای مرسوم ارزیابی کارایی (مانند تحلیل پوششی داده‌های کلاسیک) در سنجش همزمان ابعاد اقتصادی، انرژی و زیست محیطی با محدودیت‌های جدی مواجه اند (Fathi et al.. 2023). این شکاف روش شناختی، سیاستگذاران را در تدوین راهبردهای توأمان رشد اقتصادی و حفظ محیط زیست با دشواری روبه رو ساخته است. افزایش ٪۴۰ انتشار جهانی CO_2 از سال ۲۰۰۰ (بانک جهانی، ۲۰۲۳) و رشد ۲,۵ برابری مصرف انرژی، نشاندهنده شکست مدل‌های توسعه متکی بر بهره‌وری تک بعدی است. مطالعات تجربی تأیید میکنند که مدل‌های DEA مرسوم به دلیل بی‌توجهی به وابستگی متقابل ستانده‌ها (مانند رابطه معکوس GDP وCO_2) و عدم درنظرگرفتن عدم قطعیت دادهها، به ارزیابی‌های نادرست منجر می‌شوند (Wang et al.. 2023) برای نمونه، در کشورهایOECD ، کارایی زیست محیطی به طور متوسط تنها ۰,۳۴۸ اندازه گیری شده که بیانگر ناکارآمدی سیاست‌های فعلی است .(IEA. 2022)

در جهان امروز، آشفتگی سه‌جانبه انرژی، اقتصاد و محیط‌زیست به‌گونه‌ای فزاینده درهم‌تنیده شده‌اند؛ به‌طوری‌که ناکارآمدی در یک حوزه، پایداری دو حوزه دیگر را به مخاطره می‌اندازد (IEA, 2023).کشورهای توسعه‌یافته‌ای مانند سوئیس و نروژ با اتخاذ سیاست‌های یکپارچه نظیر بهینه‌سازی شدت انرژی، توسعه مالی سبز و نوآوری‌های زیست محیطی، به شاخص‌های برتر جهانی دست یافته‌اند. برای نمونه، سوئیس با ترکیب فناوری‌های کم‌کربن، نظام آموزشی پیشرفته و زیرساخت‌های پایدار، به رتبه نخست شاخص عملکرد زیست‌محیطی (EPI) در اروپا دست یافته است (Wendling et al., 2022).در مقابل، کشورهای در حال توسعه مانند ایران با شدت انرژی ۸,۲ مگاژول بر دلار (معادل ۲,۳ برابر میانگین جهانی)، وابستگی ۹۴ درصدی به سوخت‌های فسیلی و انتشار سالانه ۶۷۰ میلیون تنCO_2 ، نه‌تنها منابع اقتصادی را تلف می‌کنند، بلکه بحران‌هایی چون گرمایش جهانی و تخریب اکوسیستم‌های آبی را تشدید می‌نمایند .(World Bank, 2023; EIA, 2022) شواهد میدانی در بخش کشاورزی ایران نشان می‌دهد نظام‌های پرنهاده مانند گندم آبی با بهره‌وری انرژی ۰,۰۹۷ کیلوگرم بر مگاژول، در مقایسه با کشت‌های کمنهاده (مانند زعفران با ۹۳,۴۶ مگاژول بر دلار ارزش افزوده)، منجر به مصرف ۹۰ درصدی آب تجدیدناپذیر و انتشار ۲۵ درصدی گازهای گلخانه‌ای می‌شوند (Koocheki et al., 2021).

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

از طرفی الگوبرداری از سازوکارهای حقوقی: کشورهای پیشرفته با تدوین قوانین شفاف (مانند جریمه‌های سنگین اتلاف انرژی در نروژ) و مشوق‌های مالیاتی برای واحدهای کم‌مصرف، مسیر تحول انرژی را هموار ساخته‌اند، درحالی‌که ابهام در قوانین ایران (مانند ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید) مانع اجرای سیاست‌ها شده است (OECD, 2022; Majlis Research Center, 2021). همچنین رشد شهرنشینی شتابان در کشورهای در حال توسعه بدون به‌کارگیری فناوری‌های پاک (نظیر سیستم‌های حمل‌ونقل الکتریکی در زوریخ)، منجر به آلودگی هوای مرگبار (سالانه ۴۰ هزار مرگ زودرس در ایران) و نابودی ۲۰۰ هزار هکتار جنگل سالانه شده است (WHO, 2023; FAO, 2022). مطالعات تطبیقی نشان می‌دهد سرمایه‌گذاری در نوآوری‌های زیست‌محیطی (با ضریب تأثیر ۲,۹۲) و توسعه مالی پایدار در نروژ، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر را به ۹۸ درصد رسانده، حال آنکه ایران علیرغم پتانسیل ۱۰۰ گیگاواتی انرژی خورشیدی، تنها ۱ درصد از آن را بهره‌برداری می‌کند (IRENA, 2023; Zahedi et al., 2022). این مقایسه با ارائه راهبردهای انطباق‌پذیر، نه‌تنها شکاف عملکردی بین اقتصادهای توسعه‌یافته و در حال توسعه را کاهش می‌دهد، بلکه مسیر دستیابی به اهداف توسعه پایدار ۲۰۳۰ را هموار می‌سازد.

بررسی مطالعات مختلف نشان می دهد که، محمدیان (۱۴۰۲) به بررسی بررسی رابطه رشد اقتصادی و آلودگی در بخش حمل ونقل ایران پرداخت و نتایج نشان داد اصلاح قیمت انرژی به تنهایی برای کاهش کربن کافی نیست و نیازمند بهبود کارایی انرژی است.

دشتی و همکاران(۱۳۹۹) در پژوهشی رابطه علی یکطرفه از کارایی زیست محیطی به کارایی اقتصادی در بخش کشاورزی ایران را تأیید کرد (بهبود ۱٪ کارایی زیستمحیطی ≈ افزایش ۰,۶۳٪ کارایی اقتصادی).

سلیمانی و مجبوری یزدی(۱۳۹۸)در پژوهشی نشان اد که، استراتژیهای زیست محیطی و تعهد مدیریت، تأثیر مثبت بر عملکرد زیست محیطی شرکتها دارد.

فتحی و همکاران(۲۰۲۳) در پژوهشی نشان اد که، با ترکیب DEA و بازی چانهزنی نش، نشان دادند مدل‌های سنتی DEA قادر به دستیابی به تعادل سه بعدی (انرژی، اقتصاد، محیطزیست) نیستند.

اسکدر(۲۰۲۲) در پژوهشی نشان اد که، مصرف انرژی، رشد GDP و شهرنشینی را عوامل کلیدی افزایش CO_2 در کشورهای درحال توسعه معرفی کرد.

ریحان و همکاران(۲۰۲۴) در پژوهشی نشان اد که، تأثیر سوختهای فسیلی بر افزایش CO_2 در چین را ۴,۹۷٪ (بلندمدت) و انرژی‌های تجدیدپذیر را کاهش دهنده ۱,۳۹٪ آن دانستند.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

روش پژوهش

در این پژوهش با استفاده از تکنیک پوششی داده ها در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس برای محاسبه کارایی انرژی، اقتصادی و زیست محیطی با بهره گیری از حاصل رب نش در کشورهای توسعه یافته پرداخته شده است در ادامه نیز با استفاده از بازی چانه زنی نش −DEA به محاسبه کارایی در حوزه های اقتصاد، انرژی و محیط زیست پرداخته شده است. در ادامه به تبیین شیوه محاسبه هریک از روش‌های محاسبه کارایی پرداخته می‌شود.

- کارایی انرژی

تابع تولید به شرح زیر معرفی می شود:

$$T = (K.L.E.GDP.CO2):(K.L.E) \Rightarrow (GDP.CO2) \quad (۱)$$

برای محاسبه کارایی انرژی در DMU_j $(j=1.2.\ldots.n)$ ابتدا تابع فاصله ناپارامتریک شفارد برای مصرف انرژی تعریف شده است. که به صورت زیر می باشد.

$$(K_j.L_j.E_j.GDP_j.CO2_j) = sup \propto: \left(K_j.L_j.{}^{E_j}/_{\alpha}.GDP_j.CO2_j\right) \epsilon\, T \quad (۲)$$

کاهش مصرف انرژی توسط DMUj تا جایی که امکان دارد با فرض ترکیب ثابت ورودی و ورودی در تابع تولید در نظر گرفته می شود(ژو،۲۰۰۱) .سپس، عملکرد کارایی انرژی با روش DEA به شرح زیر محاسبه می شود. در معادله (۲) کاهش مصرف انرژی توسط DMUj با توجه به ثابت نگه داشتن ترکیبی ورودی و خروجی در مجموعه امکان تولید، تا آنجایی که امکان پذیر است مدنظر می باشد. در تابع فاصله انرژی شفارد $D_E(K_j.L_j.E_j.GDP_j.CO2_j)$ میزانی از مصرف انرژی که کاهش یافته اندازه‌گیری می‌شود. در این مقاله عملکرد کارایی انرژی توسط روش DEA محاسبه می گردد که به شرح معادلات زیر می باشد.

$$\begin{aligned} & E = 1/D_E\,(K_jL_jE_jGDP_jCO2_j) = min\beta \\ & s.t. \sum_{i=1}^{n} \lambda_i L_i \le L_j \\ & \sum_{i=1}^{n} \lambda_i E_i \le \beta E_j \\ & \sum_{i=1}^{n} \lambda_i GDP_i \ge GDP_j \\ & \sum_{i=1}^{n} \lambda_i CO2_i = CO2_j \\ & \lambda_i \ge o.i = 1.2.3.\ldots..n \end{aligned} \quad (۳)$$

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

- کارایی اقتصادی

برای محاسبه کارایی اقتصادی، از معادله (۳-۴) استفاده می شود، در حالی که هدف ارزیابی عملکرد کل واحد در نظر گرفته شده است (DMU) (کوک و همکاران ۲۰۱۴)

$$\text{Max: EE} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{m1} u_i^{GDP} y_{i0}^{GDP}}{\sum_{r=1}^{S} v_r x_{r0}}\right]$$

$$\text{S.T:} \qquad (۴)$$

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^{m1} u_i^{GDP} y_{ij}^{GDP}}{\sum_{r=1}^{S} v_r x_{rj}}\right) \leq 1. \qquad j = 1. \ldots . n$$

$$v_r . u_i^{GDP} > 0 \quad i = 1. \ldots . m_1 . \ r = 1. \ldots . s$$

- کارایی زیست محیطی

بنگاه ها معمولا همراه با تولید محصول یا خدمات خود، خروجی های نامطلوبی مانند انتشار آلاینده‌ها دارند که در محاسبه کارایی باید مورد توجه قرار بگیرند. در محاسبه کارایی و با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها، هدف افزایش خروجی مطلوب و کاهش خروجی نامطلوب است اما از آن جهت که در رویکردهای تحلیل پوششی داده ها نمیتوان تفاوتی میان حداکثر کردن و حداقل کردن خروجی‌ها قائل شد، بایستی به گونه ای داد های خروجی نامطلوب را تغییر داد تا کارایی محاسبه شود. در منابع مختلف روشهایی برای حل این مشکل ارائه شده است. یکی از این روشها ضرب عدد 1در مقادیر خروجی نامطلوب است. در مطالعاتی دیگر پیشنهاد شده است که مقادیر خروجی نامطلوب را معکوس کرده و سپس کسر حاصل را به عنوان خروجی به مدل ارائه داد. در این پژوهش نیز از روش معکوس کردن انتشار دی اکسیدکربن استفاده شده است. که به صورت زیر می باشد: (لویس و سکستون،۲۰۰۴) عملکرد زیست محیطی بر اساس کارایی خروجی محور با معکوس کردن خروجی نامطلوب به عنوان $CO2^{-1} = \frac{1}{CO2}$ اندازه گیری می‌شود.

$$\text{Max} \quad EEE = \left[\frac{\left(\sum_{k=1}^{m2} u_k^{CO2} y_{k0}^{CO2}\right)^{-1}}{\sum_{r=1}^{S} v_r x_{r0}}\right]$$

$$S.T:$$

$$\left[\frac{\left(\sum_{k=1}^{m2} u_k^{CO2} y_{kj}^{CO2}\right)^{-1}}{\sum_{r=1}^{S} v_r x_{rj}}\right] \leq 1. \quad j = 1. \ldots . n \qquad (۵)$$

$$v_r . u_k^{CO2} > 0 \quad k = 1. \ldots . m_2 . \ r = 1. \ldots . s$$

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

بازی چانه زنی نش –DEA

در این تحقیق با استفاده از مدل چانه زنی نش ، عملکرد واحدهای تصمیم گیرنده (DMU) به طور همزمان اندازه گیری 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 در شروعی برای چانه زنی هستند که نتیجه حاصل را در صورتی که یک بازیکن تصمیم بگیرد از چانه زنی کناره گیری نماید نشان می‌دهند. برای تخمین نقاط شکست از رویکرد کارایی متقاطع استفاده می شود. طبق تحقیقات جهان‌گشایی رضایی و همکاران (2012) این رویکرد بسیار به واقعیت نزدیک است. شاخص کارایی متقابل یک توسط مجموعه های از وزن های بهینه DMU به دست می‌آید.

مجموعه امکانات تولید را کوچکترین مجموعه‌ای در نظر گرفته شده که در اصول اول تا چهارم صدق کند. در واقع در تحلیل پوششی داده ها نیز واحدها سعی دارند که بهترین ترکیب وزن‌ها را برای سنجش واحد مطبوع شان در نظر بگیرند. روش اندازه‌گیری کارایی در تحلیل پوششی داده ها بر اساس حداقل فاصله‌ای است که هر واحد از مرز مجموعه امکان تولید دارد در واقع همان بحث کمینه سازی که زیر مجموعه ای از بهینه سازی است را تداعی می‌کند. در در یک محیط مشارکتی، می‌توان مدل DEA با بازی چانه‌زنی ترکیب کرد تا اشکالات مدل کلاسیک DEA در رتبه‌بندی واحدها جبران شود(فتحی و همکاران،۲۰۲۱). طبق مطالعه وو و همکاران (۲۰۰۹) و فتحی و همکاران (۱۳۹۶)یک مدل جدید مبتنی بر بازی چانه زنی- تحلیل پوششی داده ها برای به دست آوردن نقاط تعادل نش استفاده می شود. مدل پیشنهادی را می‌توان به صورت زیر در نظر داشت:

$$
\begin{aligned}
&\max\ e_0 = \left(\frac{\sum_{r=1}^{s}\mu_r z_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}} - \theta_{cross_j}\right)\\
&s.t.\ \ \frac{\sum_{r=1}^{s}\mu_r z_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}} \geq \theta_{cross_j} \qquad (۶)\\
&\frac{\sum_{r=1}^{s}\mu_r z_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}} \leq 1, \qquad j = 1, \dots, n\\
&\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1\\
&\mu_r, v_i > 0, i = 1, \dots, m, r = 1, \dots, s
\end{aligned}
$$

W_0 مقدار ارزش بازی را نشان می‌دهد. با توجه به روش کارایی متقابل، نقاط تهدید برای کارایی در حوزه انرژی، محیط زیست و اقتصاد به ترتیب به صورت θ_{GDP} .θ_Eو θ_{CO2} محاسبه می‌شود. بازی چانه زنی نش - مدل DEA بر اساس روش کارایی متقاطع یک راه حل بهینه پارتو است که راه حل

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

نهایی را به دست می آورد (نقاط تعادل در زمینه های انرژی، محیط زیست و اقتصاد). مدل زیر به عنوان بازی چانه زنی- مدل DEA این مطالعه در نظر گرفته شده است.

$$\text{Max} \qquad W_0 = \left[\frac{\sum_{i=1}^{m} u_i y_{i0}}{\sum_{r=1}^{s} v_r^E x_{r0}^E} - \theta_E\right]\left[\frac{\sum_{i=1}^{m1} u_i^{GDP} y_{i0}^{GDP}}{\sum_{r=1}^{s} v_r x_{r0}} - \theta_{GDP}\right]\left[\frac{\left(\sum_{k=1}^{m2} u_k^{CO2} y_{k0}^{CO2}\right)^{-1}}{\sum_{r=1}^{s} v_r x_{r0}} - \theta_{CO2}\right]$$

$$s.t \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^{m} u_i y_{i0}}{\sum_{r=1}^{s} v_r^E x_{r0}^E}\right) \geq \theta_E \qquad (۷)$$

$$\left[\frac{\sum_{i=1}^{m1} u_i^{GDP} y_{i0}^{GDP}}{\sum_{r=1}^{s} v_r x_{r0}}\right] \geq \theta_{GDP}$$

$$\left[\frac{\left(\sum_{k=1}^{m2} u_k^{CO2} y_{k0}^{CO2}\right)^{-1}}{\sum_{r=1}^{s} v_r x_{r0}} - \theta_{CO2}\right] \geq \theta_{CO2}$$

$$\frac{\sum_{i=1}^{m} u_i y_{i0}}{\sum_{r=1}^{s} v_r^E x_{r0}^E} \leq 1. \qquad j = 1. \ldots . n$$

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^{m1} u_i^{GDP} y_{i0}^{GDP}}{\sum_{r=1}^{s} v_r x_{r0}}\right) \leq 1. \qquad j = 1. \ldots . n$$

$$\left[\frac{\left(\sum_{k=1}^{m2} u_k^{CO2} y_{k0}^{CO2}\right)^{-1}}{\sum_{r=1}^{s} v_r x_{r0}} - \theta_{CO2}\right] \leq 1. \quad j = 1. \ldots . n$$

$$v_r . u_i^{GDP} . u_k^{CO2} > 0 \quad i = 1. \ldots . m_1 \; k = 1. \ldots . m_2. \; r = 1. \ldots$$

برای داشتن یک بازی چانه زنی نش برای مدل فوق، باید شرایط نش (فشردگی، تحدب و اندازه بردارهای پرداخت از مقادیر نقاط تهدید) ایجاد شود. سه محدودیت اول تضمین می کند که بردارهای عایدی بزرگتر از مقادیر تهدید هستند.

داده‌ها و متغیرهای پژوهش

در این پژوهش متغیرهای مورد استفاده برای محاسبه کارایی انرژی، اقتصادی و زیست محیطی معرفی شده، در مطالعات ژائو و همکاران[1] (۲۰۰۸) و ژانگ و آنگ[2] (۲۰۱۰) موجودی سرمایه (دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰) نیروی کار(نفر)، مصرف انرژی (کیلو تن معادل نفت)، به عنوان نهاده و از تولید ناخالص داخلی (دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰) و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن (کیلو تن) به ترتیب به عنوان ستاده مطلوب و نامطلوب در مدل استفاده می‌گردد. داده‌های مربوط به

1 Zhou & et al.
2 Zhou & Ang

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

متغیرهای موجودی سرمایه (K)، نیروی کار (L) و مصرف انرژی (E) به عنوان ورودی و تولید ناخالص داخلی (GDP) و انتشار دی‌اکسیدکربن (CO2) به ترتیب به عنوان ستانده‌های مطلوب و نامطلوب است. داده‌های مربوط به متغیرها به جزء موجودی سرمایه از مجموعه WDI [1] سال های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰ استخراج گردیده‌اند.

مصرف انرژی (EC): مصرف انرژی به استفاده از انرژی اولیه قبل از تبدیل به سوخت مصرفی اشاره دارد که معادل تولید محلی به اضافه واردات و تغییرات ذخایر، منهای صادرات و سوخت‌های عرضه شده به کشتی‌ها و هواپیماهای به کار گرفته شده در حمل و نقل بین‌المللی است (آژانس بین المللی انرژی) واحد مصرف انرژی برابر با کیلو تن معادل نفت می‌باشد.

نیروی کار (L): نیروی کار شامل مردمی است که سازمان جهانی کار آنها را به صورت زیر تعریف می‌کند. تمام مردمی که کار خود را برای تولید کالاها و خدمات در طی یک زمان مشخص عرضه می‌کنند که شامل بیکاران و شاغلان می شود. نیروی کار نیروهای انتظامی، بیکاران و جستجو کنندگان شغل در این مجموعه قرار می‌گیرند. درحالی که زنان خانه دار، کارگران در بخش غیر رسمی را در بر نمی‌گیرد.

تولید ناخالص داخلی (GDP): تولید ناخالص داخلی به قیمت خریداران مجموع ارزش افزوده ناخالص تمام تولیدکنندگان در داخل یک اقتصاد به اضافه مالیات بر محصول منهای هرگونه یارانه‌ای است که در ارزش محصول لحاظ نشده است. تولید ناخالص داخلی بدون در نظر گرفتن استهلاک دارائی‌های کارخانه‌ای و یا تهی‌سازی منابع طبیعی محاسبه گردیده است داده‌ها بر مبنای قیمت‌های ثابت سال ۲۰۰۵ و به دلار می‌باشند.

انتشار دی اکسید کربن (CO2): انتشار گاز در اثر احتراق سوخت‌های فسیلی و کارخانجات سیمان است. داده‌ها شامل دی‌اکسیدکربن منتشر شده در اثر مصرف سوخت‌های جامد، مایع، گاز و اشتعال گازهاست. داده‌های انتشار بر اساس کیلو تن CO_2 می‌باشد.

موجودی سرمایه (K): موجودی سرمایه عبارت ا ست از مجموع کالاهای سرمایه‌ای در اقتصاد که با یک معیار واحد اندازه‌گیری می‌شود وقتی که مقادیر کالاهای سرمایه‌ای مختلف مانند تجهیزات، ماشین آلات ساختمان‌ها و موجودی انبار به یک واحد مشترک تبدیل و با هم جمع می‌شوند. ملاکی از موجودی سرمایه فیزیکی جامعه را بدست می‌دهد. اندازه‌گیری مقدار فیزیکی موجودی کالاهای سرمایه‌ای در عمل بسیار مشکل است. بنابراین ارزش پولی آنها را در نظر می‌گیرند.

1 World Development Indicators

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

یافته و نتایج

در این مطالعه به استناد گزارش‌های سالانه بانک جهانی از داده‌های کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی (۳۵ کشور) طی دوره ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۲ شامل: موجودی سرمایه (دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰)، نیروی کار (نفر) (L)، مصرف انرژی (کیلو تن معادل نفت) (E)، به عنوان نهاده و تولید ناخالص داخلی (دلار آمریکا به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰) (Y) و میزان انتشار دی‌اکسید کربن (کیلو تن) (C) به ترتیب به عنوان ستاده مطلوب و نامطلوب استفاده شده است. در جدول (۱) و (۲) آمار توصیفی متغیرهای ورودی و خروجی گزارش شده است.

جدول ۱: آمار توصیفی متغیرهای نهاده و ستانده در کشورهای سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی

نوع متغیر	متغیر	حداقل	حداکثر	متوسط	انحراف از معیار
نهاده	موجودی سرمایه (میلیون دلار آمریکا)	۲۱۴۴/۸۲	۳۴۳۷۵۷/۶۱	۲۸۵۴۶۸/۰۴	۵۶۵۱۱۳/۷۷
	نیروی کار(هزار نفر)	۱۸۷/۹۰	۱۵۹۶۸۴/۴۱	۱۷۴۸۵/۹۱	۲۸۸۲۹/۹۸
	مصرف انرژی(کیلوتن معادل نفت خام)	۱۵۴۰/۱۰	۱۸۱۷۸/۱۴	۴۲۵۶/۴۳	۲۸۵۵/۱۰
ستانده	تولید ناخالص داخلی (میلیون دلار آمریکا)	۱۳۹۴۱/۱۶	۱۶۲۴۲۵۲۶/۴	۱۳۲۹۵۱/۹۵	۲۷۴۳۳۱۳/۲۸
	انتشار دی‌اکسید کربن(کیلوتن)	۱۸۰۰/۵	۵۲۸۹۶۸۰/۵	۳۵۰۹۱۰/۸۱	۸۷۲۱۳۰/۶۷

منبع: نتایج تحقیق

براساس اعداد ارائه شده در جدول (۱) کشورهای ایسلند و ایالات متحده آمریکا به ترتیب دارای حداکثر و حداقل میزان نیروی کار، موجودی سرمایه، تولید ناخالص داخلی و انتشار دی اکسیدکربن هستند. از نظر مصرف انرژی نیز میزان متوسط معادل ۴۲۵۶/۴۳ کیلوتن معادل نفت خام بوده که

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

حداکثر متعلق به کشور ایسلند و حداقل متعلق به کشور ترکیه است. پس از برنامه نویسی روابط مربوط به مدل پژوهش در نرم افزار گمز[1]، نتیجه خروجی مدل در جدول‌های (۲) الی (۷) ارائه شده است. نتایج اندازه گیری کارایی اقتصادی، انرژی و محیط زیستی در جدول (۲) برای هر کشور نشان داده شده است. مدل تحلیل پوششی داده‌ها از اطلاعات مصرف انرژی به عنوان داده، تولید ناخالص داخلی و معیارهای زیست محیطی به عنوان ستانده به طور جداگانه استفاده می‌کند، از اینرو امکان محاسبه کارایی کشورهای مورد مطالعه ایجاد می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که کشورهای مختلف عملکرد متفاوتی دارند. در همه حوزه ها نمره کارایی ۱ نشان دهنده کارآمدی DMU است و نمره کمتر از ۱ نشان دهنده ناکارآمدی DMU ها است. هر چه امتیاز عملکرد بالاتر باشد، عملکرد DMU بهتر است.

جدول ۲: اندازه کارایی انرژی در کشورهای منتخب توسعه یافته

کشورها	کارایی انرژی				
	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	متوسط
استرالیا	۰,۳۲۲۶	۰,۸۱۸۳	۰,۸۳۲۵	۰,۳۰۱۶	۰,۵۶۸۸
اتریش	۰,۷۶۸۶	۰,۷۳۰۱	۰,۶۸۳۲	۰,۶۹۷۲	۰,۷۱۹۸
بلژیک	۰,۷۹۰۷	۰,۷۴۱۸	۰,۶۹۵۲	۰,۶۸۰۸	۰,۷۲۷۱
کانادا	۰,۷۱۴۰	۰,۶۹۶۲	۰,۶۹۰۱	۰,۶۹۰۷	۰,۶۹۷۷
شیلی	۰,۵۳۲۷	۰,۵۱۲۲	۰,۲۹۱۶	۰,۵۹۹۱	۰,۴۸۳۹
جمهوری چک	۰,۵۰۵۳	۰,۵۲۴۴	۰,۵۲۳۳	۰,۵۱۴۲	۰,۵۱۶۸
دانمارک	۰,۹۵۸۶	۰,۹۱۰۵	۰,۸۳۲۵	۰,۸۳۲۸	۰,۸۸۳۶
استونی	۰,۳۲۲۶	۰,۴۹۰۹	۰,۲۹۱۶	۰,۳۰۱۶	۰,۳۵۱۷
فنلاند	۰,۶۹۴۰	۰,۷۰۱۰	۰,۷۳۸۵	۰,۷۵۸۸	۰,۷۲۳۱
فرانسه	۰,۷۰۸۰	۰,۶۸۸۶	۰,۶۸۱۹	۰,۶۸۲۷	۰,۶۹۰۳
آلمان	۰,۶۷۶۴	۰,۷۵۴۷	۰,۷۶۲۸	۰,۷۷۳۱	۰,۷۴۱۸
یونان	۰,۸۶۹۲	۱	۱	۱	۰,۹۶۷۳
مجارستان	۰,۷۱۷۷	۰,۶۴۸۱	۰,۶۰۲۵	۰,۵۹۲۹	۰,۶۴۰۳
ایسلند	۱	۱	۱	۱	۱
ایرلند	۰,۹۱۷۱	۰,۸۸۸۰	۰,۸۵۷۱	۰,۸۱۲۹	۰,۸۶۸۸
اسرائیل	۰,۷۵۶۲	۰,۷۴۱۸	۰,۷۳۵۷	۰,۷۳۸۶	۰,۷۴۳۱

1 GAMZ

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

کشورها	کارایی انرژی				
	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	متوسط
ایتالیا	۰,۷۰۴۷	۰,۸۲۳۰	۰,۸۷۴۴	۰,۸۸۴۰	۰,۸۲۱۵
ژاپن	۰,۷۳۱۳	۰,۷۲۴۴	۰,۷۲۲۸	۰,۷۳۳۸	۰,۷۲۸۱
لتونی	۱	۰,۹۵۵۸	۰,۲۹۱۶	۰,۳۰۱۶	۰,۶۳۷۲
لوکزامبورگ	۱	۱	۰,۲۹۱۶	۰,۳۰۱۶	۰,۶۴۸۳
مکزیک	۰,۶۲۶۰	۰,۶۳۶۸	۰,۶۶۹۸	۰,۶۸۸۴	۰,۶۵۵۲
هلند	۰,۷۷۹۵	۰,۷۸۷۸	۰,۷۸۶۷	۰,۸۰۹۷	۰,۷۹۰۹
نیوزلند	۰,۶۷۵۳	۰,۶۶۳۰	۰,۶۸۰۳	۰,۶۸۴۸	۰,۶۷۵۹
نروژ	۰,۹۴۸۱	۰,۹۴۶۴	۰,۹۳۶۳	۰,۹۷۲۹	۰,۹۵۰۹
لهستان	۰,۳۲۲۶	۰,۲۹۸۵	۰,۲۹۱۶	۰,۵۹۵۷	۰,۳۷۷۱
پرتغال	۰,۷۱۸۴	۰,۸۳۹۸	۰,۸۳۶۵	۰,۸۳۷۷	۰,۸۰۸۱
اسلواکی	۰,۵۷۸۴	۰,۵۹۹۱	۰,۵۹۴۶	۰,۵۹۹۵	۰,۵۹۲۹
اسلوونی	۰,۷۰۵۲	۰,۷۴۴۱	۰,۷۵۲۶	۰,۷۹۵۷	۰,۷۴۹۴
کره جنوبی	۰,۴۳۷۴	۰,۴۴۲۷	۰,۴۵۶۵	۰,۴۴۹۶	۰,۴۴۶۵
اسپانیا	۰,۶۵۸۱	۰,۷۲۴۰	۰,۷۶۱۳	۰,۷۴۵۳	۰,۷۲۲۲
سوئد	۰,۳۲۲۶	۰,۷۶۱۷	۰,۶۹۸۱	۰,۷۰۵۲	۰,۶۲۱۹
سوئیس	۱	۱	۱	۱	۱
ترکیه	۰,۵۴۰۹	۰,۵۹۸۶	۰,۵۷۴۷	۰,۵۹۱۲	۰,۵۷۶۳
انگلیس	۰,۸۶۴۱	۰,۸۷۱۷	۰,۸۴۱۱	۰,۸۰۷۹	۰,۸۴۶۲
آمریکا	۱	۱	۱	۱	۱

منبع: نتایج تحقیق

در جدول (۲) عملکرد انرژی ۳۲ کشور توسعه‌یافته طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۱۷ را نشان می‌دهد. ایسلند، سوئیس و آمریکا با میانگین ۱ (حداکثر امتیاز) بهترین عملکرد را دارند، نشان‌دهنده بهره‌وری بالای انرژی در زیرساخت‌های صنعتی و حمل‌ونقل آنها. کشورهایی مانند یونان (۰,۹۶) و نروژ (۰,۹۵) نیز امتیازات بالایی کسب کرده‌اند. در مقابل، استونی (۰,۳۵) و لهستان (۰,۳۷) پایین‌ترین رتبه‌ها را دارند که احتمالاً ناشی از وابستگی به سوخت‌های فسیلی یا سیستم‌های انرژی ناکارآمد است. نوسانات شدید در برخی کشورها (مثل استرالیا: از ۰,۳۲ در ۲۰۱۷ به ۰,۸۱ در ۲۰۱۸) ممکن است نشان‌دهنده تغییرات سیاست‌گذاری یا تأثیر عوامل خارجی مانند قیمت جهانی انرژی باشد.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

جدول ۳: اندازه کارایی اقتصادی در کشورهای منتخب توسعه یافته

کشورها	کارایی اقتصادی				
	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	متوسط
استرالیا	۰,۳۲۲۳	۰,۸۱۵۸	۰,۸۳۰۰	۰,۳۰۱۲	۰,۵۶۷۳
اتریش	۰,۷۴۴۸	۰,۷۰۲۹	۰,۶۵۳۲	۰,۶۶۷۹	۰,۶۹۲۲
بلژیک	۰,۷۷۸۱	۰,۷۲۶۵	۰,۶۷۹۱	۰,۶۶۳۵	۰,۷۱۱۸
کانادا	۰,۷۱۲۸	۰,۶۹۴۸	۰,۶۸۸۷	۰,۶۸۹۴	۰,۶۹۶۴
شیلی	۰,۵۰۵۸	۰,۴۸۷۰	۰,۲۹۱۲	۰,۵۷۱۴	۰,۴۶۳۸
جمهوری چک	۰,۴۹۵۷	۰,۵۱۴۷	۰,۵۱۲۱	۰,۵۰۳۷	۰,۵۰۶۵
دانمارک	۰,۹۰۹۶	۰,۸۵۰۵	۰,۷۶۴۷	۰,۷۵۰۱	۰,۸۱۸۷
استونی	۰,۳۲۲۳	۰,۴۰۰۸	۰,۲۹۱۲	۰,۳۰۱۲	۰,۳۲۸۹
فنلاند	۰,۶۶۸۳	۰,۶۷۲۰	۰,۷۱۲۱	۰,۷۳۴۵	۰,۶۹۶۷
فرانسه	۰,۷۰۳۳	۰,۶۸۳۷	۰,۶۷۷۰	۰,۶۷۷۰	۰,۶۸۵۲
آلمان	۰,۶۷۳۷	۰,۷۵۲۲	۰,۷۶۰۳	۰,۷۷۰۴	۰,۷۳۹۲
یونان	۰,۸۴۴۶	۰,۹۶۹۹	۰,۹۵۴۲	۰,۹۵۸۴	۰,۹۳۱۸
مجارستان	۰,۶۸۲۱	۰,۵۸۵۲	۰,۵۲۶۴	۰,۵۲۸۲	۰,۵۸۰۵
ایسلند	۰,۶۶۱۰	۰,۶۴۸۹	۰,۶۴۵۴	۰,۶۵۰۴	۰,۶۵۱۴
ایرلند	۰,۸۴۳۸	۰,۸۲۵۰	۰,۷۸۸۸	۰,۷۲۰۶	۰,۷۹۴۵
اسرائیل	۰,۷۳۵۲	۰,۷۲۲۹	۰,۷۱۱۵	۰,۷۱۳۷	۰,۷۲۰۸
ایتالیا	۰,۶۹۹۱	۰,۸۱۶۷	۰,۸۶۷۴	۰,۸۷۵۹	۰,۸۱۴۸
ژاپن	۰,۷۲۷۹	۰,۷۲۰۹	۰,۷۱۹۴	۰,۷۳۰۲	۰,۷۲۴۶
لتونی	۰,۴۲۴۹	۰,۳۷۱۷	۰,۲۹۱۲	۰,۳۰۱۲	۰,۳۴۷۳
لوکزامبورگ	۰,۷۸۸۹	۰,۸۰۸۰	۰,۲۹۱۲	۰,۳۰۱۲	۰,۵۴۷۳
مکزیک	۰,۶۱۸۱	۰,۶۲۹۱	۰,۶۶۱۹	۰,۶۸۰۱	۰,۶۴۷۳
هلند	۰,۷۷۲۲	۰,۷۸۱۱	۰,۷۸۰۴	۰,۸۰۳۲	۰,۷۸۴۲
نیوزلند	۰,۶۱۶۳	۰,۶۰۹۳	۰,۶۳۵۲	۰,۶۴۸۵	۰,۶۲۷۳
نروژ	۰,۸۹۷۱	۰,۹۰۵۰	۰,۹۰۱۳	۰,۹۲۵۹	۰,۹۰۷۳
لهستان	۰,۳۲۲۳	۰,۲۹۸۱	۰,۲۹۱۲	۰,۵۸۷۹	۰,۳۷۴۹
پرتغال	۰,۶۷۳۵	۰,۷۸۶۵	۰,۷۷۴۱	۰,۷۸۲۱	۰,۷۵۴۰
اسلواکی	۰,۵۳۴۷	۰,۵۴۱۱	۰,۵۴۲۵	۰,۵۵۰۴	۰,۵۴۲۲
اسلوونی	۰,۵۲۰۱	۰,۵۳۸۲	۰,۵۱۶۰	۰,۵۶۷۹	۰,۵۳۵۵
کره جنوبی	۰,۴۳۵۹	۰,۴۴۰۸	۰,۴۵۴۵	۰,۴۴۷۶	۰,۴۴۴۷
اسپانیا	۰,۶۵۰۸	۰,۷۱۶۴	۰,۷۵۲۱	۰,۷۳۵۹	۰,۷۱۳۸
سوئد	۰,۳۲۲۳	۰,۷۳۴۳	۰,۶۶۲۵	۰,۶۷۰۲	۰,۵۹۷۳
سوئیس	۰,۹۳۵۹	۰,۹۳۹۰	۰,۹۴۶۰	۰,۹۳۶۸	۰,۹۳۹۴
ترکیه	۰,۵۳۰۰	۰,۵۸۷۸	۰,۵۶۲۶	۰,۵۸۰۳	۰,۵۶۵۲
انگلیس	۰,۸۵۹۳	۰,۸۶۷۲	۰,۸۳۶۳	۰,۸۰۲۰	۰,۸۴۱۲
آمریکا	۰,۹۹۹۶۰	۰,۹۹۹۵۷	۰,۹۹۹۵۷	۰,۹۹۹۵۹	۰,۹۹۹۵۸

منبع: نتایج تحقیق

در جدول (۳) کارایی اقتصادی کشورها را ارزیابی شد. آمریکا با میانگین ۰,۹۹۹ تقریباً کامل عمل کرده، که نشان‌دهنده ثبات اقتصاد کلان و رقابت‌پذیری بالا است. کشورهای سوئیس (۰,۹۳) و نروژ (۰,۹۰) نیز عملکرد درخشانی دارند .شیلی (۰,۴۶) و استونی (۰,۳۲) در رتبه‌های پایین‌تر قرار دارند، که ممکن است ناشی از چالش‌هایی مانند وابستگی به صادرات مواد خام یا محدودیت‌های

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

زیرساختی باشد. کاهش امتیاز برخی کشورهای اروپایی مانند مجارستان (۰،۵۸) در طول سال‌ها احتمالاً مرتبط با رکود منطقه‌ای یا بی‌ثباتی سیاسی است.

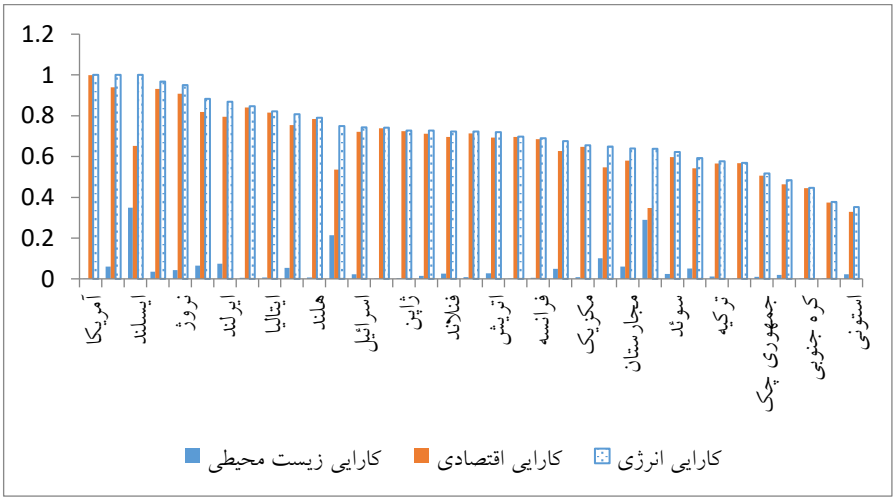
جدول ۴: اندازه کارایی زیست محیطی در کشورهای منتخب توسعه یافته

کشورها	کارایی محیط زیستی				
	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	متوسط
استرالیا	۰,۰۰۰۳۴	۰,۰۰۲۵۳	۰,۰۰۲۵۲	۰,۰۰۰۳۶	۰,۰۰۱۴
اتریش	۰,۰۲۳۷۸	۰,۰۲۷۲۱	۰,۰۳۰۰۶	۰,۰۲۹۲۸	۰,۰۲۷۶
بلژیک	۰,۰۱۲۵۷	۰,۰۱۵۳۴	۰,۰۱۶۱۴	۰,۰۱۷۳۲	۰,۰۱۵۳
کانادا	۰,۰۰۱۲۵	۰,۰۰۱۳۷	۰,۰۰۱۳۶	۰,۰۰۱۲۸	۰,۰۰۱۳
شیلی	۰,۰۲۶۸۹	۰,۰۲۵۲۸	۰,۰۰۰۳۶	۰,۰۲۷۷۹	۰,۰۲۰۱
جمهوری چک	۰,۰۰۹۶۲	۰,۰۰۹۷۲	۰,۰۱۱۲۱	۰,۰۱۰۵۳	۰,۰۱۰۳
دانمارک	۰,۰۴۸۹۴	۰,۰۶۰۰۰	۰,۰۶۷۸۴	۰,۰۸۲۶۶	۰,۰۶۴۹
استونی	۰,۰۰۰۳۴	۰,۰۹۰۱۱	۰,۰۰۰۳۶	۰,۰۰۰۳۶	۰,۰۲۲۸
فنلاند	۰,۰۲۵۶۶	۰,۰۲۹۰۳	۰,۰۲۶۳۵	۰,۰۲۴۳۴	۰,۰۲۶۳
فرانسه	۰,۰۰۴۷۹	۰,۰۰۴۹۲	۰,۰۰۴۹۱	۰,۰۰۵۶۶	۰,۰۰۵۱
آلمان	۰,۰۰۲۶۸	۰,۰۰۲۵۶	۰,۰۰۲۴۲	۰,۰۰۲۶۶	۰,۰۰۲۶
یونان	۰,۰۲۴۶۳	۰,۰۳۰۱۲	۰,۰۴۵۸۲	۰,۰۴۱۵۷	۰,۰۳۵۵
مجارستان	۰,۰۳۵۵۶	۰,۰۶۲۸۵	۰,۰۷۶۰۷	۰,۰۶۴۶۶	۰,۰۵۹۸
ایسلند	۰,۳۳۹۰۴	۰,۳۵۱۱۱	۰,۳۵۴۵۷	۰,۳۴۹۵۶	۰,۳۴۸۶
ایرلند	۰,۰۷۳۳۳	۰,۰۶۲۹۹	۰,۰۶۸۳۲	۰,۰۹۲۲۱	۰,۰۷۴۲
اسرائیل	۰,۰۲۱۰۱	۰,۰۱۸۸۸	۰,۰۲۴۱۴	۰,۰۲۴۸۵	۰,۰۲۲۲
ایتالیا	۰,۰۰۵۶۳	۰,۰۰۶۲۴	۰,۰۰۶۹۵	۰,۰۰۸۰۲	۰,۰۰۶۷
ژاپن	۰,۰۰۳۴۸	۰,۰۰۳۵۰	۰,۰۰۳۴۱	۰,۰۰۳۵۸	۰,۰۰۳۵
لتونی	۰,۵۷۵۱۱	۰,۵۸۴۰۸	۰,۰۰۰۳۶	۰,۰۰۰۳۶	۰,۲۹۰۰
لوکزامبورگ	۰,۲۱۱۰۸	۰,۱۹۲۰۳	۰,۰۰۰۳۶	۰,۰۰۰۳۶	۰,۱۰۱۰
مکزیک	۰,۰۰۷۹۷	۰,۰۰۷۷۲	۰,۰۰۷۸۷	۰,۰۰۸۳۳	۰,۰۰۸۰
هلند	۰,۰۰۷۳۰	۰,۰۰۶۷۱	۰,۰۰۶۳۵	۰,۰۰۶۴۹	۰,۰۰۶۷
نیوزلند	۰,۰۵۹۰۶	۰,۰۵۳۶۹	۰,۰۴۵۱۳	۰,۰۳۶۳۱	۰,۰۴۸۵
نروژ	۰,۰۵۰۹۹	۰,۰۴۱۴۱	۰,۰۳۴۹۷	۰,۰۴۷۰۲	۰,۰۴۳۶
لهستان	۰,۰۰۰۳۴	۰,۰۰۰۳۶	۰,۰۰۰۳۶	۰,۰۰۷۸۶	۰,۰۰۲۲
پرتغال	۰,۰۴۴۹۵	۰,۰۵۳۲۶	۰,۰۶۲۴۸	۰,۰۵۵۶۲	۰,۰۵۴۱
اسلواکی	۰,۰۴۳۶۷	۰,۰۵۷۹۷	۰,۰۵۲۱۱	۰,۰۴۹۰۹	۰,۰۵۰۷
اسلوونی	۰,۱۸۵۰۹	۰,۲۰۵۹۵	۰,۲۳۶۶۴	۰,۲۲۷۸۵	۰,۲۱۳۹
کره جنوبی	۰,۰۰۱۵۳	۰,۰۰۱۸۸	۰,۰۰۲۰۳	۰,۰۰۱۹۸	۰,۰۰۱۹
اسپانیا	۰,۰۰۷۳۵	۰,۰۰۷۶۹	۰,۰۰۹۲۴	۰,۰۰۹۴۵	۰,۰۰۸۴
سوئد	۰,۰۰۰۳۴	۰,۰۲۷۴۷	۰,۰۳۵۶۰	۰,۰۳۵۰۰	۰,۰۲۴۶
سوئیس	۰,۰۶۴۰۷	۰,۰۶۰۹۶	۰,۰۵۴۰۵	۰,۰۶۳۲۰	۰,۰۶۰۶
ترکیه	۰,۰۱۰۸۷	۰,۰۱۰۸۶	۰,۰۱۲۰۲	۰,۰۱۰۸۵	۰,۰۱۱۱
انگلیس	۰,۰۰۴۷۹	۰,۰۰۴۵۳	۰,۰۰۴۷۹	۰,۰۰۵۸۵	۰,۰۰۵۰
امریکا	۰,۰۰۰۴۰	۰,۰۰۰۴۳	۰,۰۰۰۴۳	۰,۰۰۰۴۱	۰,۰۰۰۴

منبع: نتایج تحقیق

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

در جدول (۴) تمرکز بر شاخص‌های زیست‌محیطی مانند کاهش آلاینده‌ها یا مدیریت منابع طبیعی دارد. ایسلند (۰,۳۴۸۶) با اختلاف قابل توجهی پیشتاز است، که احتمالاً به دلیل بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر (ژئوترمال و برق‌آبی) و جمعیت کم است. لتونی (۰,۲۹) و اسلوونی (۰,۲۱) نیز عملکرد خوبی نشان می‌دهند. در مقابل، آمریکا (۰,۰۰۰۴) و استرالیا (۰,۰۰۱۴) کمترین امتیاز را دارند که نشان‌دهنده تأثیر صنایع سنگین، مصرف بالای سوخت فسیلی و انتشار کربن در این اقتصادهای بزرگ است. امتیاز پایین کره جنوبی (۰,۰۰۱۹) نیز احتمالاً ناشی از تمرکز صنعتی و تراکم جمعیتی بالا است. برای مقایسه بهتر کارایی انرژی، اقتصادی و زیست محیطی در کشورهای منتخب توسعه یافته به صورت نمودار آورده شده است.



نمودار ۱: مقایسه کارایی انرژی، اقتصادی و زیست محیطی در کشورهای توسعه یافته منتخب

نتایج مدل تحلیل پوششی داده‌ها- بازی چانه زنی نش[1] (NBG-DEA)

مزیت استفاده از رویکرد NBG-DEA آن است که بر خلاف مدل های کلاسیک که قدرت تشخیص مدل تحت تأثیر تعداد ورودی ها و خروجی ها بود و امتیاز کارایی واحدهای تصمیم گیری نزدیک بودند، آن است که در این رویکرد به دلیل بررسی واحدهای تصمیم گیری در محیط رقابتی شاخص‌های مربوط به ورودی یا خروجی تأثیر گذار نیستند. از اینرو این امکان وجود ندارد که کشوری در دسته بندی کارآمدها قرار بگیرد ولی در واقعیت کارآمد نباشد. برای دستیابی به این هدف ابتدا

1 Nash Bargaining Game-Data Envelopment Analysis

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

باید حداقل بازدهی مورد انتظار هر بازیکن در یک محیط رقابتی و بدون همکاری در قالب نقطه تهدید از طریق معادلات ۸، ۹ و ۱۰ محاسبه شود. نتایج برآورد نقاط تهدید در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵: نتایج نقاط تهدید اقتصادی، انرژی و محیط زیست کشورهای توسعه یافته در دوره ۲۰۱۷- ۲۰۲۰

نقطه تهدید محیط زیستی	نقطه تهدید اقتصادی	نقطه تهدید انرژی	
۰,۰۰۰۳۳۸۵	۰,۳۲۲۳	۰,۰۵۰۷	۲۰۱۷
۰,۰۰۰۳۶۳۹	۰,۲۹۸۱	۰,۰۵۲۴	۲۰۱۸
۰,۰۰۰۳۵۷۷	۰,۲۹۱۲	۰,۰۵۳۲	۲۰۱۹
۰,۰۰۰۳۵۷۸	۰,۳۰۱۲	۰,۰۵۵۶	۲۰۲۰

منبع : محاسبات محقق

در بازی‌های همکارانه هریک از اجزای اقتصاد، انرژی و محیط زیست به عنوان یک بازیکن وارد بازی می‌شود. براساس مدل NBG-DEA باید سود چانه زنی هر بازیکن که برابر است با اختلاف نقاط تهدید و امتیاز کارایی محاسبه شود، برای مثال برای محاسبه بازده چانه زنی اقتصادی باید نقطه تهدید اقتصادی را از امتیاز کارایی اقتصادی طی سال‌های مورد بررسی کم کرد، نتایج محاسبات کارایی در هر سه حوزه اقتصاد، انرژی و محیط زیست در جداول (۷) و (۶) ارائه شده است.

همکاری بین بازیکنان سبب می‌شود تا دریافتی هر بازیکن نسبت به شرایط رقابتی که هر کس درصدد افزایش سود شخصی خود است، افزایش یابد. از طریق محاسبه دریافتی هر کشور در بازی چانه زنی نش طی سال‌های مورد بررسی امکان مقایسه کشورها با هم فراهم می‌شود. براساس نتایج ارائه شده در جدول (۶) در مقایسه با سایرین، کشورهای سوئیس، ایالات متحده آمریکا، ایسلند و یونان و نروژ بالاترین بازده چانه زنی انرژی را دارند. از نظر کارایی چانه زنی اقتصادی نیز کشورهای آمریکا، سوئیس، یونان، نروژ، انگلیس پنج ارزش بالاتر را به خود اختصاص داده‌اند. در حوزه محیط زیستی نیز کشورهای ایسلند، لتونی، اسلوونی، لوکزامبورگ و ایرلند بالاترین ارزش کارایی چانه‌زنی را در مقایسه با سایر کشورها دارند.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

جدول ۶: نتایج دریافتی کشورهای در بازی چانه زنی در حوزه های اقتصاد، انرژی و محیط زیست

	EBP				GBP				ENBP			
	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰
استرالیا	۰.۲۷۱۹	۰.۷۶۵۹	۰.۷۶۹۳	۰.۲۴۶۰	۰.۰۰۰۰	۰.۵۱۷۶	۰.۵۳۸۸	۰	۰	۰.۰۰۲۲	۰.۰۰۲۲	۰
اتریش	۰.۷۱۷۹	۰.۶۷۷۷	۰.۶۳۰۰	۰.۶۴۱۶	۰.۴۲۲۵	۰.۴۰۴۷	۰.۳۶۲۰	۰.۳۶۶۷	۰.۰۲۳۴	۰.۰۲۶۸	۰.۰۲۹۷	۰.۰۲۸۹
بلژیک	۰.۷۴۰۰	۰.۶۸۹۴	۰.۶۴۲۰	۰.۶۲۵۲	۰.۴۵۵۸	۰.۴۲۸۳	۰.۳۸۷۹	۰.۳۶۲۳	۰.۰۱۲۲	۰.۰۱۵۰	۰.۰۱۵۸	۰.۰۱۷۰
کانادا	۰.۶۶۳۴	۰.۶۴۳۸	۰.۶۳۶۸	۰.۶۳۵۰	۰.۳۹۰۵	۰.۳۹۶۷	۰.۳۹۷۵	۰.۳۸۸۲	۰.۰۰۰۹	۰.۰۰۱۰	۰.۰۰۱۰	۰.۰۰۰۹
شیلی	۰.۴۸۲۰	۰.۴۵۹۸	۰.۳۳۸۳	۰.۵۴۳۵	۰.۱۸۳۵	۰.۱۸۸۸	۰	۰.۲۷۰۱	۰.۰۲۶۶	۰.۰۲۴۹	۰	۰.۰۲۷۴
جمهوری چک	۰.۴۵۴۶	۰.۴۷۲۰	۰.۴۷۰۱	۰.۴۵۸۶	۰.۱۷۳۴	۰.۲۱۶۵	۰.۲۲۰۹	۰.۲۰۲۴	۰.۰۰۹۳	۰.۰۰۹۴	۰.۰۱۰۸	۰.۰۱۰۲
دانمارک	۰.۹۰۷۹	۰.۸۵۸۱	۰.۷۷۹۳	۰.۷۷۷۱	۰.۵۸۷۴	۰.۵۵۲۴	۰.۴۷۳۵	۰.۴۴۸۹	۰.۰۴۸۶	۰.۵۹۶	۰.۶۷۵	۰.۰۸۲۳
استونی	۰.۲۷۱۹	۰.۴۳۸۵	۰.۳۳۸۳	۰.۲۴۶۰	۰	۰.۱۰۲۷	۰	۰	۰	۰.۰۸۹۸	۰	۰.۰۰۰۰
فنلاند	۰.۶۴۳۳	۰.۶۴۸۶	۰.۶۸۵۲	۰.۷۰۳۲	۰.۳۴۶۰	۰.۳۷۳۸	۰.۴۲۰۹	۰.۴۳۳۳	۰.۰۲۵۳	۰.۰۲۸۷	۰.۰۲۶۰	۰.۰۲۴۰
فرانسه	۰.۶۵۷۴	۰.۶۳۶۲	۰.۶۲۸۷	۰.۶۲۷۰	۰.۳۸۱۰	۰.۳۸۵۵	۰.۳۸۵۸	۰.۳۷۵۸	۰.۰۰۴۵	۰.۰۰۴۶	۰.۰۰۴۶	۰.۰۰۵۳
آلمان	۰.۶۲۵۷	۰.۷۰۲۳	۰.۷۰۹۵	۰.۷۱۷۴	۰.۳۵۱۵	۰.۴۵۴۰	۰.۴۶۹۱	۰.۴۶۹۲	۰.۰۰۲۳	۰.۰۰۲۲	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۲۳
یونان	۰.۸۱۸۵	۰.۹۴۷۶	۰.۹۴۶۸	۰.۹۴۴۴	۰.۵۲۲۳	۰.۶۷۱۷	۰.۶۶۳۰	۰.۶۵۷۲	۰.۰۲۴۳	۰.۰۲۹۸	۰.۰۴۵۵	۰.۰۴۱۲
مجارستان	۰.۶۶۷۰	۰.۵۹۵۷	۰.۵۴۹۲	۰.۵۳۷۳	۰.۳۵۹۹	۰.۲۸۷۱	۰.۲۳۵۲	۰.۲۲۷۰	۰.۰۳۵۲	۰.۰۶۲۵	۰.۰۷۵۷	۰.۰۶۴۳
ایسلند	۰.۹۴۹۳	۰.۹۴۷۶	۰.۹۴۶۸	۰.۹۴۴۴	۰.۳۳۸۷	۰.۳۵۰۸	۰.۳۵۴۲	۰.۳۴۹۲	۰.۳۳۸۷	۰.۳۵۰۸	۰.۳۵۴۲	۰.۳۴۹۲
ایرلند	۰.۸۶۶۴	۰.۸۳۵۶	۰.۸۰۳۸	۰.۷۵۷۲	۰.۵۲۱۵	۰.۵۲۶۸	۰.۴۹۷۶	۰.۴۱۹۴	۰.۰۷۳۰	۰.۰۶۲۶	۰.۰۶۸۰	۰.۰۹۱۹
اسرائیل	۰.۷۰۵۵	۰.۶۸۹۴	۰.۶۸۲۴	۰.۶۸۳۰	۰.۴۱۲۹	۰.۴۲۴۸	۰.۴۲۰۳	۰.۴۱۲۵	۰.۰۲۰۷	۰.۰۱۸۵	۰.۰۲۳۸	۰.۰۲۴۵
ایتالیا	۰.۶۵۴۰	۰.۷۷۰۵	۰.۸۲۱۲	۰.۸۲۸۳	۰.۳۷۶۸	۰.۵۱۸۶	۰.۵۷۶۲	۰.۵۷۴۷	۰.۰۰۵۳	۰.۰۰۵۹	۰.۰۰۶۶	۰.۰۰۷۷
ژاپن	۰.۶۸۰۶	۰.۶۷۲۰	۰.۶۶۹۵	۰.۶۷۸۲	۰.۴۰۵۶	۰.۴۲۲۷	۰.۴۲۸۲	۰.۴۲۹۰	۰.۰۰۳۱	۰.۰۰۳۱	۰.۰۰۳۱	۰.۰۰۳۲
لتونی	۰.۹۴۹۳	۰.۹۰۳۴	۰.۳۳۸۳	۰.۲۴۶۰	۰.۱۰۲۶	۰.۰۷۳۶	۰	۰	۰.۵۷۴۸	۰.۵۸۳۷	۰	۰
لوکزامبورگ	۰.۹۴۹۳	۰.۹۴۷۶	۰.۳۳۸۳	۰.۲۴۶۰	۰.۴۶۶۷	۰.۵۰۹۸	۰	۰	۰.۲۱۰۷	۰.۱۹۱۷	۰	۰
مکزیک	۰.۵۷۵۳	۰.۵۸۴۴	۰.۶۱۶۵	۰.۶۳۲۸	۰.۲۹۵۸	۰.۳۳۰۹	۰.۳۷۰۷	۰.۳۷۸۸	۰.۰۰۷۶	۰.۰۰۷۴	۰.۰۰۷۵	۰.۰۰۸۰
هلند	۰.۷۲۸۸	۰.۷۳۵۴	۰.۷۳۳۵	۰.۷۵۴۰	۰.۴۵۰۰	۰.۴۸۳۰	۰.۴۸۹۲	۰.۵۰۱۹	۰.۰۰۷۰	۰.۰۰۶۳	۰.۰۰۶۰	۰.۰۰۶۱
نیوزلند	۰.۶۲۴۶	۰.۶۱۰۶	۰.۶۳۷۰	۰.۶۲۹۲	۰.۲۹۴۰	۰.۳۱۱۲	۰.۳۴۲۹	۰.۳۴۷۳	۰.۰۵۸۷	۰.۰۵۲۳	۰.۰۴۴۸	۰.۰۳۵۹
نروژ	۰.۸۹۷۴	۰.۸۹۴۰	۰.۸۸۳۱	۰.۹۱۷۳	۰.۵۷۴۹	۰.۶۰۶۸	۰.۶۱۰۱	۰.۶۲۴۶	۰.۰۵۰۷	۰.۰۴۱۰	۰.۰۳۴۶	۰.۰۴۶۷
لهستان	۰.۲۷۱۹	۰.۲۴۶۱	۰.۳۳۸۳	۰.۵۴۰۱	۰	۰	۰	۰.۳۸۶۶	۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰	۰	۰.۰۰۷۵
پرتغال	۰.۶۶۷۷	۰.۷۸۷۴	۰.۷۸۳۳	۰.۷۸۲۰	۰.۳۵۱۲	۰.۴۸۸۴	۰.۴۸۲۸	۰.۴۸۰۸	۰.۰۴۴۶	۰.۰۵۲۹	۰.۰۶۲۱	۰.۰۵۵۳
اسلواکی	۰.۵۲۷۷	۰.۵۴۶۷	۰.۵۴۱۳	۰.۵۴۳۸	۰.۲۱۲۴	۰.۲۴۳۰	۰.۲۵۱۳	۰.۲۴۹۲	۰.۰۴۳۳	۰.۰۵۷۶	۰.۰۵۱۸	۰.۰۴۸۷
اسلوونی	۰.۶۵۴۵	۰.۶۹۱۷	۰.۶۹۹۴	۰.۷۴۰۱	۰.۱۹۷۹	۰.۲۴۰۰	۰.۲۲۴۸	۰.۲۶۶۶	۰.۱۸۴۸	۰.۲۰۵۶	۰.۲۳۶۳	۰.۲۲۷۵
کره جنوبی	۰.۳۸۶۸	۰.۳۹۰۳	۰.۴۰۳۳	۰.۳۹۳۹	۰.۱۱۳۷	۰.۱۴۲۷	۰.۱۶۳۳	۰.۱۴۶۳	۰.۰۰۱۲	۰.۰۰۱۵	۰.۰۰۱۷	۰.۰۰۱۶
اسپانیا	۰.۶۰۷۴	۰.۶۷۱۶	۰.۷۰۸۱	۰.۶۸۹۷	۰.۳۲۸۵	۰.۴۱۸۲	۰.۴۶۰۹	۰.۴۳۴۷	۰.۰۰۷۰	۰.۰۰۷۳	۰.۰۰۸۹	۰.۰۰۹۱
سوئد	۰.۲۷۱۹	۰.۷۰۹۳	۰.۶۴۴۸	۰.۶۴۹۶	۰	۰.۴۳۶۱	۰.۳۷۱۳	۰.۳۶۹۰	۰	۰.۰۲۷۱	۰.۰۳۵۲	۰.۰۲۴۶
سوئیس	۰.۹۴۹۳	۰.۹۴۷۶	۰.۹۴۶۸	۰.۹۴۴۴	۰.۶۱۳۷	۰.۶۴۰۹	۰.۶۵۴۷	۰.۶۳۵۶	۰.۰۶۳۷	۰.۰۶۰۶	۰.۰۵۳۷	۰.۰۶۲۸
ترکیه	۰.۴۹۰۲	۰.۵۴۶۲	۰.۵۲۱۴	۰.۵۳۵۵	۰.۲۰۷۷	۰.۲۸۹۶	۰.۲۷۱۴	۰.۲۷۹۱	۰.۰۱۰۵	۰.۰۱۰۵	۰.۰۱۱۷	۰.۰۱۰۵
انگلیس	۰.۸۱۳۴	۰.۸۱۹۳	۰.۷۸۷۹	۰.۷۵۲۳	۰.۵۳۷۱	۰.۵۶۹۱	۰.۵۴۵۱	۰.۵۰۰۸	۰.۰۴۵	۰.۰۰۴۲	۰.۰۰۴۴	۰.۰۰۵۵
آمریکا	۰.۹۴۹۳	۰.۹۴۷۶	۰.۹۴۶۸	۰.۹۴۴۴	۰.۶۷۷۳	۰.۷۰۱۴	۰.۷۰۸۴	۰.۶۹۸۴	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۱

منبع: نتایج تحقیق

براساس نتایج ارائه شده در جدول (۷) کشورهای ایسلند، لوکزامبورگ، سوئیس، اسلوونی، ایرلند و دانمارک در همه حوزه‌های اقتصاد، انرژی و محیط زیست نسبت به سایرین شرایط بهتری دارند. علت پایین بودن کارایی چانه زنی نش در سه حوزه اقتصاد، انرژی و محیط زیست در کشورهایی مانند ایالات متحده آمریکا، کره جنوبی، کانادا، لهستان، استرالیا و آلمان آن است که این کشورها

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

نتوانسته‌اند از حداکثر مزایای بازی چانه زنی برای بهبود عملکردشان بهره مند شوند، یا شدت مصرف انرژی بالایی و یا انگیزه کافی برای کاهش هزینه‌های زیست محیطی ندارند.

جمع بندی

میانگین کارایی انرژی کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی در طول دوره مورد مطالعه ۰/۷۱۳ است. که در بین کشورها مورد مطالعه کشورهای آمریکا و سوئیس و ایسلند در همه و یونان، لوکزامبورگ در برخی از سال‌های مورد بررسی میانگین بهره وری یک دارند. این در حالی است که کشورهای استونی، لهستان، کره جنوبی، شیلی، جمهوری چک، استرالیا، ترکیه، اسلواکی و سوئد به ترتیب کمترین میانگین کارایی انرژی را دارند. از بین ۳۵ کشور مورد بررسی تنها ۳ کشور کارایی برابر یک و مابقی کارایی کمتر از ۰/۹ دارند که این امر نشان دهنده درجه خوبی از تشخیص مدل بکار گرفته شده است. تغییرات شدت انرژی مصرفی را می‌توان به عنوان یکی از دلایل تفاوت در کارایی انرژی بین کشورهای مختلف در نظر گرفت. در این مدل برای اندازه گیری کارایی اقتصادی، داده های میزان مصرف انرژی، نیروی کار و تولید ناخالص داخلی به عنوان خروجی در نظر گرفته می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که کشورهای آمریکا و سوئیس، یونان، نروژ و انگلیس نسبت به میانگین ۰/۶۶۵پنج رتبه اول را دارند. از جمله راهکارهایی موجود برای افزایش کارایی اقتصادی، افزایش تولید و کاهش نهاده‌ها است. از بین کشورهای مورد بررسی ۱۵کشور کارایی کمتر و عملکرد ضعیف تری دارند که این امر نشان دهنده استفاده غیر بهینه آن‌ها از منابع است. در ستون های انتهایی جدول (۲) نتایج کارایی زیست محیطی کشورها ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که با توجه به میانگین ۰/۰۴۷ اغلب این کشورها در حوزه محیط زیست نسبت به اقتصاد و انرژی عملکرد ضعیف‌تری داشته‌اند. در بین این کشورها ایالات متحده آمریکا با نمره ۰/۰۰۰۴ بدترین و ایسلند با نمره ۰/۳۴۸ بهترین وضعیت را دارند.

در صورت اتخاذ یک رویکرد جامع‌تر و بررسی همزمان کشورها از نظر سه شاخص کارایی اقتصادی، انرژی و محیط‌زیستی می‌توان کشورها را در سه دسته قرار داد. کشورهای آمریکا، سوئیس، یونان، نروژ و دانمارک از نظر کارایی اقتصادی و انرژی جزو پنج کشور برتر هستند ولی از نظر کارایی محیط زیستی در وضعیت مطلوبی به سر نمی‌برند. به بیان دیگر در این کشورها با توسل به افزایش مصرف انرژی رشد اقتصادی بهبود چشمگیری داشته ولی از لحاظ رویکردهای اولویت‌محور محیط زیستی در شرایط مناسبی به سر نمی‌برند و توسعه اقتصادی آن‌ها پایدار تلقی نمی‌شود. تنها کشوری که توانسته است بین بهره وری از منابع انرژی و محیط زیستی تعادل خوبی برقرار کند و از هر دو نظر در وضعیت مناسب و بالاتر نسبت به سایر کشورها قرار گیرد، کشور ایسلند است. کشور انگلیس نیز تنها از نظر کارایی اقتصادی مزیت دارد و در دو حوزه دیگر عملکرد خوبی نداشته است. متاسفانه در گروه مورد بررسی کشوری وجود ندارد که دارای مزیت نسبی در هر سه کارایی اقتصادی، انرژی و محیط زیستی باشد.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]

منابع

۱. بانک جهانی. (۲۰۲۳). دادههای توسعه جهانی. بازیابی شده از https://data.worldbank.org

۲. فتحی، ب. و همکاران. (۱۴۰۲). کاربرد مدل ترکیبی DEA-NBG در ارزیابی کارایی سه بعدی. *پژوهشهای اقتصادی ایران*، ۲۸(۴)، ۱۲۳–۱۴۵ .

۳. .دشتی، م. و همکاران (۱۳۹۹). ارزیابی ارتباط کارایی اقتصادی و زیستمحیطی در کشاورزی ایران .*مجله اقتصاد کشاورزی*، ۱۲(۴)، ۸۷–۱۱۰.

۴. محمدیان، ع(۱۴۰۲). تحلیل رابطه رشد اقتصادی و آلودگی در بخش حمل ونقل ایران . *پژوهشهای اقتصادی ایران*، ۲۵(۳)، ۱۲۳–۱۴۵.

5. EIA. (2022). Iran Energy Outlook. U.S. Energy Information Administration.
6. FAO. (2022). Global Forest Resources Assessment. Food and Agriculture Organization.
7. Fathi. A.. et al. (2023). A Nash Bargaining Approach to Cross-efficiency in Energy-Economy-Environment Efficiency. Energy Economics. 118. 106512.
8. Rezaei. M.. et al. (2022). Environmental Efficiency and Economic Growth: A Game-Theoretic Analysis. Journal of Cleaner Production. 330. 129856.
9. IEA. (2023). Energy Efficiency 2023. International Energy Agency.
10. IRENA. (2023). Renewable Capacity Statistics 2023. International Renewable Energy Agency.
11. Koocheki, A. et al. (2021). "Energy Flow Analysis in Major Crop Productions of Iran". Agricultural Systems, 192, 103176.
12. Majlis Research Center. (2021). Analysis of Energy Subsidy Reform Challenges in Iran. Report No. 17890.
13. OECD. (2022). Environmental Policy Toolkit for Green Growth. Organisation for Economic Co-operation and Development.
14. Wendling, Z. A. et al. (2022). Environmental Performance Index. Yale University.
15. World Bank. (2023). World Development Indicators: Energy Use.
16. WHO. (2023). Ambient Air Pollution Database. World Health Organization.
17. Wang. C.. et al. (2023). Stochastic Super-efficiency DEA under Uncertainty. European Journal of Operational Research. 304(1). 213-225.
18. Zahedi, R. et al. (2022). "Solar Energy Potential in Iran: Strategies for Sustainable Development". Renewable Energy, 189, 1257–1271.
19. Zhang. Y.. & Ang. B. (2010). Non-parametric Measurement of Environmental Efficiency. Ecological Economics. 69(7). 1503-1512.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2026-11-13]