فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی
سال پنجم/ شماره ۱۴/ بهار ۱۳۹۸/ صفحات ۱۴۲-۱۰۳

کارایی‌انرژی در استان‌های ایران: تحلیل‌پوششی‌داده‌ها

علی ناظمی
استادیار اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
(نویسنده مسئول)
a_nazemi78@yahoo.com

سیاب ممی‌پور
استادیار اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
S.mamipoor @khu.ac.ir

فاطمه کریمی
کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
fateme_karimi1369@yahoo.com

مجید فشاری
استادیار اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
majid.feshari@gmail.com

هدف اصلی این پژوهش ارزیابی و مقایسه کارایی‌انرژی ۳۰ استان ایران با بهره‌گیری از رویکردهای مختلف تحلیل‌پوششی‌داده‌ها و نیز روش اندرسون و پترسون طی دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ می‌باشد. برای این منظور از ترکیب داده‌های مختلف ورودی (شامل مصرف کل انرژی،نیروی‌کار، موجودی سرمایه، مصرف سوخت‌های فسیلی و مصارف تجدیدپذیر) وخروجی‌های اقتصادی(شامل تولید ناخالص داخلی، ارزش افزوده بخش صنعت وخدمات)، برای ارزیابی و رتبه‌بندی کارایی انرژی استان‌ها استفاده شده است. نتایج برآورد مدل، حاکی از بالاتر بودن میزان کارایی مدل‌هایی است که مصرف انرژی و خروجی‌های اقتصادی را به شکلی جامع ((مدلM4) برخلاف مدل‌های ساده در نظر گرفته‌اند. همچنین بررسی شاخص مالم‌کویئست (MI) در بین استان‌های ایران نشان‌دهنده بهبود کارایی در استان‌های اصفهان، تهران، بوشهر، ایلام، خراسان رضوی، خوزستان، قزوین، مرکزی، کهگیلویه‌وبویراحمد و هرمزگان است. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، مهمترین پیشنهاد سیاستی پژوهش به سیاستگذاران و برنامه-ریزان انرژی آن است که با تنظیم سیاست‌های حمایتی از بخش‌های خاص اقتصادی و یا گسترش منابع انرژی، به جانشینی مصرف منابع تجدیدپذیر به جای مصارف سوخت‌های فسیلی مبادرت ورزیده و از طریق تغییر ساختار اقتصاد به بهبود کارایی انرژی در استان‌های کشور کمک نمایند.

واژگان کلیدی: تحلیل پوششی‌داده‌ها، کارایی انرژی، شاخص مالم‌کویئست، روش اندرسون و پترسون.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/ ۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/ ۲/۳

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

۱. مقدمه

با توجه به افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، گرم شدن کره زمین، محدودیت منابع فسیلی و گسترش فزاینده نیاز به انرژی، هدف اصلی دولت‌ها در سراسر جهان، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش گازهای گلخانه‌ای است. درنتیجه امروزه کارایی‌انرژی به‌عنوان جز اساسی در سیاست‌های توسعه پایدار شناخته می‌شود تا تعادلی بین رشد اقتصادی، امنیت انرژی و محیط‌زیست پایدار ایجاد کند (ماکریدو و همکاران[1]،۲۰۱۵). در ایران نیز محدودیت منابع فسیلی و رشد بالای مصرف سالانه انرژی، مبنای توجهات خاص به امر انرژی بوده است. علاوه بر این عدم کارایی فنی و اقتصادی مصرف انرژی و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از آن، ضرورت مدیریت مصرف انرژی و پرداختن به مسئله‌ی کارایی‌انرژی را پیش از پیش آشکار می‌سازد (مبینی و همکاران، ۱۳۸۸).

تاکنون درزمینه‌ی ارزیابی کارایی‌انرژی در مناطق مختلف جهان مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است. در ابتدا شدت انرژی، شاخص اصلی برای ارزیابی کارایی‌انرژی به شمار می‌رفت؛ اما مطالعات دیگر نشان داد که تغییرات شدت انرژی تنها نمی‌تواند به کارایی‌انرژی نسبت داده شود و عوامل مهم دیگری نیز وجود دارند که بر آن مؤثرند (فیلیپین و هانت[2]، ۲۰۱۱). هم‌چنین سایر مطالعات نیز بیشتر با درنظرگرفتن ورودی و خروجی‌هایی مانند مصرف کل انرژی، نیروی کار و تولید ناخالص داخلی به ارزیابی کارایی‌انرژی پرداختند لذا به نظر می‌رسد باید چشم‌انداز اقتصادی اجتماعی گسترده‌تری برای ارزیابی دقیق کارایی‌انرژی در نظر گرفته شود. در این

1. Makrido & et al
2. Filippini & Hunt

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

پژوهش برای ارزیابی کارایی‌انرژی از رویکرد تحلیل‌پوششی‌داده‌ها[1] استفاده‌شده است. تحلیل‌پوششی‌داده‌ها، شامل تکنیک‌ها و روش‌هایی برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده[2] است. درواقع در این روش برخلاف برخی روش‌های عددی، مشخص بودن وزن‌ها از قبل و تخصیص آن‌ها به ورودی‌ها و خروجی‌ها لازم نیست که به‌طور گسترده‌ای در مسائل کارایی‌انرژی به کار گرفته‌شده است. همانطورکه هونما و هو[3] (۲۰۰۸) این روش را برای بررسی کارایی‌انرژی مناطق مختلف ژاپن با درنظرگرفتن ۱۴ ورودی (اشتغال، سهام خصوصی، سهام سرمایه عمومی، برق تجاری و صنعتی، برق مسکونی، بنزین، نفت سفید، نفت سنگین، نفت سبک، گاز شهری، گاز بوتان، گاز پروپان، زغال‌سنگ و کک) و خروجی GDP[4] به کاربردند. یا ژانگ و چنگ[5] (۲۰۱۱) که با استفاده از تکنیک‌های مختلف DEA با درنظرگرفتن ورودی‌های نیروی کار، سرمایه و مصرف انرژی و خروجی GDP به ارزیابی کارایی کشورهای توسعه‌یافته پرداختند.

در این مطالعه با انتخاب مجموعه‌ای از ورودی و خروجی‌ها که بتوانند ویژگی‌های چندبعدی و جنبه‌های مختلف اثرگذار بر کارایی‌انرژی را شامل شوند در قالب ۴ مدل به ارزیابی کارایی‌انرژی مناطق مختلف ایران با استفاده از رویکرد تحلیل‌پوششی‌داده‌ها پرداخته می‌شود و بدین ترتیب استان‌های کارا و ناکارا از هم متمایز می‌شوند؛ اما ازآنجاکه در مدل‌های پایه‌ای تحلیل‌پوششی‌داده‌ها به دلیل عدم ایجاد رتبه‌بندی کامل بین واحدهای کارا امکان مقایسه واحدهای مزبور به‌راحتی فراهم نمی‌شود. لذا نیاز به رتبه‌بندی واحدهای کارا و حفظ میزان عدم کارایی واحدهای ناکارا اجتناب‌ناپذیر است. به همین منظور از تکنیک اندرسون – پیترسون[6]

3. Data Envelopment Analysis
4. Decision Making Unit
1. Honma & Hu
2. Gross domestic product
3. Zhang & Cheng
4. Anderson & peterson

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

استفاده می‌شود تا امکان رتبه‌بندی واحدهای کارا نیز وجود داشته باشد. سپس با به‌کارگیری شاخص مالم‌کویئست[1] نا پارامتری، رشد بهره‌وری مناطق مختلف در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ تحت مدل M4 (شامل ورودی‌های مصرف سوخت‌های فسیلی، مصرف انرژی‌های تجدید پذیر، نیروی کار و موجودی سرمایه و خروجی‌های ارزش‌افزوده بخش‌های صنعت و خدمات) که جامع‌ترین مدل بحث شده است، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

در ادامه مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است: در بخش دوم مروری بر ادبیات تحقیق در این زمینه ارائه شده است. در قسمت سوم روش‌شناسی تحقیق بیان شده و در بخش چهارم نتایج برآورد مدل مورد تجزیه وتحلیل قرار می‌گیرند. قسمت پنجم و پایانی مقاله نیز به بحث و نتیجه‌گیری اختصاص یافته است.

۲. مروری بر ادبیات تحقیق

از اواخر سال ۱۹۸۰ تکنیک تحلیل‌پوششی‌داده‌ها برای ارزیابی کارایی بخش‌های مختلف انرژی در بسیاری از کشورها مورداستفاده قرار گرفت. به‌طورکلی مسائل کارایی‌انرژی را می‌توان ازنظر جنبه‌های روش‌شناسی، بر اساس ویژگی‌های ورودی و خروجی، بازدهی نسبت به مقیاس، بهره‌گیری از شاخص مالم‌کویئست و غیره دسته‌بندی کرد. درنتیجه در این مطالعه با درنظرگرفتن همه‌ی موارد فوق مطالعات کارایی‌انرژی بر اساس روش‌های ارزیابی کارایی به ۲ دسته تقسیم می‌شوند.

- دسته اول: روش‌های سنتی محاسبه کارایی

دسته اول تنها با درنظرگرفتن متغیرهای مطلوب به ارزیابی کارایی می‌پردازند لذا فاکتورهای سنتی شاخص کارایی‌انرژی، بیش‌ازحد ساده‌اند و می‌توانند گمراه‌کننده باشند. یکی از مدل‌های اصلی DEA که نشان‌دهنده بازدهی ثابت نسبت به مقیاس[2] است و به‌عنوان یک روش ساده برای

5. Malmquist Index
2. CRS model is also called CCR (Charnes, Cooper and Rhodes) model.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

ارزیابی کارایی شناخته می‌شود مدل CCR است. دوگان و توگان[1] (۲۰۱۵)، کارایی‌انرژی کشورهای G-20 را با این مدل ازنظر تولید برق در ۵ دوره از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۱ موردمطالعه قراردادند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد در این پنج دوره، چین و روسیه کارآمدترین کشورهای این گروه می‌باشند.

درحالی‌که باماپاتسو و زرواز[2] (۲۰۱۳)، کارایی‌انرژی کشورهای اتحادیه اروپا را قبل و بعد از ادغام انرژی هسته‌ای با این روش موردبررسی قراردادند و نشان دادند که ادغام انرژی هسته‌ای به سبد عرضه انرژی کشورها تأثیر منفی بر میزان کارایی آن‌ها می‌گذارد. جین و تاکر[3] (۲۰۱۰)، کارایی شرکت‌های دولتی تولید برق را در هند با استفاده از مدل CCR مورد ارزیابی قراردادند یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که خدمات الکتریکی دولتی در سطح بهینه عمل نمی‌کنند و برای بهبود عملکرد باید بازسازی در ساختار و سیاست‌های این شرکت‌ها صورت گیرد. هم‌چنین السهلوی[4] (۲۰۱۳)، در بررسی‌های خود درزمینه‌ی اندازه‌گیری کارایی‌انرژی کشورهای GCC[5] و ارتباط بین رشد اقتصادی و تنظیم سیاست‌های انرژی به این نتیجه رسید که کشورهای GCC باید سیاست‌های انرژی خود را معطوف به کارایی‌انرژی کنند.

در همین راستا ساگلام[6] (۲۰۱۷) نیز یک مدل دومرحله‌ای DEA را برای ارزیابی کارایی نسبی نیروگاه‌های بادی در ۳۹ ایالت امریکا به کار گرفته است. در این مطالعه هردو رویکرد ورودی محور و خروجی محور تحت دو الگوی CCR و BCC استفاده شدند به‌علاوه برای سنجش دقت نتایج به‌دست‌آمده از DEA، تحلیل حساسیت صورت گرفته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بیش از نیمی از ایالات، برق بادی را به شکلی کارا و بهره‌ور به کار

2. Dogan & Tugcu
1. Bampatsou & Zervas
2. Jain, S. & Thakur,
3. ALSAHLAWI
5. Gulf Cooperation Council
5. Sag˘lam

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

می‌گیرند هم‌چنین نتایج تحلیل حساسیت حاکی از این موضوع است که نیروگاه‌های فعلی نصب‌شده برق تولیدی ارزان‌تر و بیشتری نسبت به نیروگاه‌های اولیه دارند.

- دسته دوم: روش‌های نوین محاسبه کارایی

در موارد مربوط به دسته اول، DEA محدود به تجزیه‌وتحلیل مقطعی است یعنی مقایسه DMU ها در همان زمان، درحالی‌که در مورد بخش‌های مختلف انرژی علاقه‌ی زیادی به بررسی تغییر کارایی در طول زمان وجود دارد که روش مالم کوئیست نا پارامتری چنین تجزیه‌وتحلیلی را برای ارزیابی تغییرات کارایی در طول زمان انجام می‌دهد؛ در این رابطه هیو و وانگ[1] (۲۰۰۶)، با بررسی کارایی‌انرژی ۲۹ منطقه از چین طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۰۲ دریافتند که مناطق مرکزی چین کارایی‌انرژی پایینی دارند و مقدار مصرف انرژی در این مناطق بیش از نیمی از کل مصرف این کشور است. علیرضایی و همکاران (۲۰۰۵) نیز با استفاده از شاخص مالم‌کویئست به ارزیابی رشد بهره‌وری بخش صنعت ۱۷ کشور آسیایی (به‌ویژه ایران) طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۹ پرداختند. وو و همکاران[2] (۲۰۱۴) با استفاده از شاخص مالم‌کویئست و DEA کارایی‌انرژی ۳۰ استان و منطقه مستقل کشور چین را موردبررسی قراردادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که صنایع در منطقه شرقی دارای بهترین میانگین کارایی در دوره ۲۰۰۶-۲۰۰۹ می‌باشند. در همین راستا پرز و همکاران[3] (۲۰۱۷) با به‌کارگیری رویکرد DEA و شاخص مالم‌کویئست به بررسی کارایی‌انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنایع تولیدی شیلی در سطح بخش و منطقه پرداختند. نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که صنایع واقع در منطقه کوگیمبو[4]، آیسان[5] و لاآراکانیا[6] کارایی بیشتری دارند. به‌علاوه صنایع تجهیزات ارتباطی، فلزات پایه و لباس،

1. Hu & Wang
2. Wu et al
3. Perez et al
4. Coquimbo
5. Aysen
6. La Araucania

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

بیشترین کارایی و صنایع غذا، نوشیدنی، منسوجات و مواد معدنی غیرفلزی از کمترین میزان کارایی برخوردارشدند. هم‌چنین کامیوتو[1] و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از روش ساختار کل عوامل به ارزیابی کارایی‌انرژی کشورهای گروه[2] BRICS و G7[3] در دوره ۱۹۹۳-۲۰۱۰ پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد در گروه BRICS کارایی در محدوده ۲۳/۵۴ تا ۹۹/۹۵ درصد تغییر می کند و برزیل در این گروه بالاترین شاخص کارایی‌انرژی را دارد. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد در کشورهای گروه BRICS روند بهبود کارایی ناشی از سرمایه‌گذاری بیشتر روی تکنولوژی‌های کم‌مصرف است درحالی‌که در گروه G7 ناشی از شرایط اجتماعی بهتر و توزیع عادلانه درآمد است.

فلاحی و همکاران (۲۰۱۱) نیز تغییرات کارایی و بهره‌وری شرکت‌های مدیریت تولید برق ایران را در دوره ۲۰۰۵-۲۰۰۷ با استفاده از روش DEA موردبررسی قراردادند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان‌دهنده کاهش میانگین کارایی فنی شرکت‌ها در طول این دوره است.گراوند و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از روش DEA به ارزیابی کارایی انرژی صنعت پتروشیمی در دوره ۱۳۷۳-۱۳۸۷ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد طی این دوره کارایی فنی صنعت پتروشیمی۰/۷۱۷ و کارایی انرژی این صنعت ۰/۶۸۸ است درنتیجه در این صنعت۳۱ درصد در زمینه مصرف انرژی اتلاف انرژی صورت گرفته است. هم چنین امامی و همکاران(۱۳۹۶) نیز با استفاده از روش DEA (مدل خروجی محور) به مقایسه کارایی‌فنی و زیست کارایی نیروگاه‌های منتخب حرارتی ایران، با در نظرگرفتن نهاده‌های نیروی کار، ظرفیت نصب شده و سوخت مصرفی و ستانده های تولید برق، انتشار CO_2 و انتشار SO_2 پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد میانگین کارایی فنی نیروگاه‌ها بین ۸۴/۷ - ۸۸/۴ درصد است و میانگین

1. Camioto & et al
2. BRICS group (Brazil, Russia, India, China and South Africa)
3. G7 group (Canada, France, Germany, Italy, Japan, United Kingdom and United States)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

زیست کارایی بین ۸۵/۷ تا۹۰/۱ درصد می‌باشد همچنین بهره وری زیست محیطی نیروگاه ها طی این ۵ سال نوسان داشته و درنهایت افزایش یافته است.

گوا و همکاران[1] (۲۰۱۷) نیز با استفاده از روش DEA کارایی مصرف زغال‌سنگ در ۶ صنعت انرژی بر چین را در سال ۲۰۱۵ مورد ارزیابی قراردادند. در این پژوهش کارایی مصرف زغال به دودسته کارایی اقتصادی و زیست‌محیطی تقسیم‌شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد کارایی اقتصادی زغال‌سنگ بیشتر از کارایی زیست‌محیطی آن است لذا اثرات منفی زیست‌محیطی آن نادیده گرفته می‌شود. هم‌چنین کارایی کم زیست‌محیطی زغال‌سنگ به‌طور عمده ناشی از اثرات کارایی فنی و مقیاس است.

به‌علاوه ازآنجاکه تکنیک DEA امکان پیش‌گیری از خطا، در اندازه‌گیری را ندارد و بین مواردی که نمرات کارایی بالایی دارند هیچ‌گونه تمایزی قائل نیست. لذا به کار بردن تکنیک‌هایی جهت حداقل کردن خطای ارزیابی کارایی با این روش احساس می‌شود. در همین رابطه اندرسون و پیترسون (۱۹۹۳) با رتبه‌بندی واحدهای کارا به مقدار قابل‌توجهی این مسئله را حل کرده‌اند. روسئو وسیمپل[2] (۱۹۹۵) نیز تکنیکی را برای رتبه‌بندی واحدهای کارا به کاربردند که امکان تعیین کاراترین واحد را فراهم می‌آورد و واحدهای کارا نیز می‌توانند مانند واحدهای ناکارا رتبه‌بندی شوند. هم‌چنین سلطانی و همکاران(۱۳۹۲) در همین راستا از تکنیک DEA-AP برای رتبه‌بندی کارایی معادن سنگ‌آهن ایران طی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۰ استفاده کردند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش معدن سنگ‌آهن میشدوان در سه سال متوالی ۱۳۸۸-۱۳۹۰ دارای بهترین رتبه بوده و از بالاترین مقدار کارایی برخوردار بوده است. حقیقت وهمکاران(۱۳۹۳)، نیز با در نظر گرفتن متغیرهای مصرف انرژی، قیمت واقعی انرژی، جمعیت،

1. Guo & et.al
1. Romeo & Simpel

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

درآمدسرانه و درجه روزهای گرم و سرد با استفاده از روش مرزی تصادفی[1] (SFA) به ارزیابی کارایی انرژی در بخش خانگی استان‌های ایران پرداختند نتایج این پژوهش نشان می‌دهد مصرف انرژی نسبت به قیمت بسیار کم کشش و نسبت به درآمد سرانه خانوار و جمعیت با کشش است و استان‌های ایلام، سیستان بلوچستان اردبیل و بوشهر دارای کمترین کارایی‌انرژی در بخش خانگی هستند. در مطالعه‌ای دیگر فیض‌پور و اسفندآبادی (۱۳۹۶)، به بررسی تمایزات منطقه ای در بهره‌وری انرژی صنایع تولیدی ایران در طی دوره ۱۳۸۲-۱۳۹۲ پرداختند نتایج نشان می‌دهد بهره‌وری انرژی، در استان‌های با بیشترین سهم از انرژی مصرفی و ارزش افزوده، کاهش یافته است.

این بررسی اجمالی نشان می‌دهد علی‌رغم وجود ادبیات غنی در مورداستفاده از DEA برای تجزیه‌وتحلیل کارایی‌انرژی اغلب مطالعات کارایی‌انرژی را در سطح یک صنعت موردبررسی قراردادند و مقالات کمی روی بررسی عملکرد کارایی در سطح مناطق مختلف یک کشور متمرکزشده‌اند. یکی از دلایل مهم این موضوع این واقعیت است که اطلاعات موردنیاز برای بررسی در سطح کشور (به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه) در دسترس نیست. بااین‌حال توسعه شاخص‌های عملکرد مناسب برای نظارت بر روند کارایی‌انرژی در طول زمان در یک کشور یا منطقه و مقایسه آن با کارایی‌انرژی در سطح بین‌الملل بسیار مهم است. به علاوه تفاوت این مطالعه با بررسی‌های گذشته در آن است که اولا، در این مطالعه، سعی شده با به‌کارگیری روش‌های سنتی(CCR وBCC[2]) و نوین محاسبه کارایی (مالم‌کوئیست) به‌صورت جامع به ارزیابی کارایی‌انرژی در مناطق مختلف ایران پرداخته شود. به‌عبارت‌دیگر کارایی‌انرژی هم به‌صورت مقطعی و هم در طول زمان مورد ارزیابی قرار گیرد. و ثانیا، رتبه‌بندی واحدهای کارا

2. Stochastic frontier analysis
1. VRS model is also called BCC (Banker, Charnes, and Cooper) model.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

نیز صورت گرفته است. در حال حاضر، به‌ندرت در ادبیات مربوطه مطالعه‌ای در مورد کارایی‌انرژی منطقه‌ای در ایران دیده می‌شود.

۳. روش‌شناسی تحقیق

کارایی

در مسائل تصمیم‌گیری کارایی یعنی خوب کار کردن و حاصل مقایسه شاخص‌های درون‌سازمانی است. کارایی هر واحد حاصل مقایسه شاخص‌های آن واحد با استانداردها می‌باشد.

انواع کارایی

۱. کارایی فنی[1]

مطابق تعریف، نسبت ستاده‌حاصل از عملکرد هر واحد به نهاده استفاده‌شده (جهت تولیدآن مقدار ستاده) کارایی فنی گفته می‌شود. یک بنگاه ازنظر فنی کارا گفته می‌شود هرگاه از حداقل نهاده جهت تولید حداکثر ستاده استفاده کند و یا به‌عبارت‌دیگر عملکرد آن روی منحنی مرزی واقع گردد. (زیبا، ۱۳۸۶).

۲. کارایی تخصیصی[2]

این کارایی نشان‌دهنده ابعاد تخصیص بهینه عوامل موجود می‌باشد، به‌طوری‌که به کار گرفتن حداقل هزینه را برای بنگاه به همراه داشته باشد و به تعبیری ساده‌تر کارایی تخصیص نتیجه به کار گرفتن نهاده‌ها به نسبت مناسب است که موجب می‌شود هزینه تولید به حداقل میزان ممکن برسد (امامی میبدی، ۱۳۸۴).

۳. کارایی اقتصادی[3] [4]

1. Technical Efficiency
2. Allocative Efficency
3. Economy Efficiency
2. Economy Efficiency

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

این نوع کارایی، حاصل‌ضرب کارایی فنی و کارایی تخصیصی است. طبق تعریف، کارایی اقتصادی توانایی بنگاه در به دست آوردن حداکثر سود ممکن با توجه به قیمت و سطوح نهاده‌ها می‌باشد (امامی میبدی، ۱۳۸۴).

روش‌های ارزیابی کارایی

برای تعیین میزان عدم کارایی یک بنگاه، باید از یک استاندارد به‌عنوان ملاک مقایسه استفاده نمود. به‌طورکلی امروزه برای ارزیابی کارایی دو روش پارامتری (اقتصادسنجی) و نا پارامتری (برنامه‌ریزی خطی) مورداستفاده قرار می‌گیرند.

۱. روش‌های پارامتری[۱]

به روش‌هایی اطلاق می‌گردد که در آن ابتدا یک تابع تولید (هزینه، سود و ...) برای واحدهای موردبررسی تصریح گردیده، سپس با تخمین پارامترهای آن (از طریق آمار و اقتصادسنجی) و پیدا کردن تابع تولید مرزی، میزان تولید بهینه به ازای نهاده‌های هر بنگاه محاسبه می‌گردد. سپس با تقسیم مقدار تولید واقعی آن بنگاه کارایی آن بنگاه را محاسبه می‌کنند.

۲. روش‌های نا پارامتری[۲]

در روش‌های نا پارامتری همانند تحلیل پوششی داده‌ها نیازی به‌تصریح شکل تابعی خاص برای ارزیابی کارایی نیست، بلکه در این روش‌ها از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی (بهینه‌سازی تابع هدف با رعایت قیود لازم) کارایی نسبی هر بنگاه محاسبه می‌گردد (امامی میبدی، ۱۹۹۸).

3. Parametric Method
1. Non Parametric Method

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

تحلیل پوششی داده‌ها

یکی از روش‌های متداول برای محاسبه کارایی، روش تحلیل‌پوششی‌داده‌ها است. این روش بدون نیاز به دانستن تابع تولید، با استفاده از یک مرز غیر پارامتری، کارایی «واحدهای تصمیم‌گیری» با وظایف یکسان و ورودی و خروجی متفاوت را به‌صورت نسبی موردسنجش قرار می‌دهد (کیم و همکاران[1]، ۲۰۱۵). مزیت DEA برخلاف برخی روش‌های عددی در این است که در این تکنیک مشخص بودن وزن‌ها از قبل و تخصیص آن‌ها به ورودی‌ها و خروجی‌ها لازم نیست. به‌طورکلی در مدل اولیه CCR با ماهیت ورودی با این فرض که N واحد تصمیم‌گیرنده متجانس، m خروجی و n ورودی وجود داشته باشد برای هر یک از واحدهای تصمیم‌گیری باید یک‌بار مسئله زیر را حل کرد.

$$\begin{aligned} &\text{Max} \quad \frac{UY}{VX} \\ &\text{s.t} \quad (\frac{UY_j}{VX_j}) \le 1 \\ &U, V \ge 0 \qquad j = 1, 2, ...N \end{aligned} \tag{۱}$$

که در آن Y بردار خروجی‌ها، X بردار ورودی‌ها، U وزن خروجی‌ها و V وزن ورودی‌ها است؛ اما ازآنجاکه مدل فوق غیرخطی است و با روش‌های معمول برنامه‌ریزی خطی قابل‌حل نیست می‌توان آن را با درنظرگرفتن قید VX=1 به فرم خطی به‌صورت زیر تبدیل کرد.

$$\begin{aligned} &\text{Max} \quad \mu Y \\ &\text{s.t} \quad \upsilon X = 1 \\ &\mu Y_j - \upsilon X_j < 0 \\ &\upsilon \mu > 0 \quad j = 1, 2, ...N \end{aligned} \tag{۲}$$

با تشکیل دوگان، مسئله فوق به‌صورت زیر درمی‌آید:

2. Kim & et al

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

$$\begin{aligned} &\text{Max} \quad \theta \\ &\text{s.t} \quad -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ &\qquad \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ &\qquad \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{۳}$$

که در آن θ یک کمیت عددی و λ برداری N*1 از وزن‌های مجموعه مرجع، X ماتریسی از ورودی‌ها، Y ماتریسی از خروجی‌ها و y_i و x_i به ترتیب بیانگر بردار خروجی‌ها و ورودی‌های واحد تحت بررسی می‌باشند. طبق معادله ۳، θ بین صفر و یک برآورد می‌شود. در این مطالعه از مدل پوششی تحلیل‌پوششی‌داده‌ها که توسط ماکریدو و همکاران (۲۰۱۵) ارائه‌شده، استفاده‌شده است؛ بنابراین ابتدا با استفاده از الگوی CCR به ارزیابی کارایی استان‌ها پرداخته می‌شود. برای این منظور از الگوی برنامه‌ریزی خطی زیر استفاده می‌شود.

$$\begin{aligned} &\text{Min} \qquad F = \theta_i - \varepsilon(Is_i^E + Is_i^o) \\ &\text{subject to:} \quad X_E\lambda - \theta_i x_i^E + s_i^E = 0 \\ &\qquad X_{NE}\lambda \leq x_i^{NE} \\ &\qquad Y\lambda - s_i^o = y_i \\ &\qquad \lambda, s_i^E, s_i^o \geq 0, \theta_i \in R \end{aligned} \tag{۴}$$

که در آن بردارهای xi^E، xi^{NE} و y_i به ترتیب نشان‌دهنده ورودی‌های انرژی، غیر انرژی و خروجی‌های استان i ام می‌باشند. ماتریس‌های X_E، X_{NE} و Y نیز نشان‌دهنده‌ی ورودی‌های انرژی، غیر انرژی و خروجی N استان و S_i^E و S_i^0 متغیرهای کمکی برای ورودی‌های انرژی و غیر انرژی هستند، $\varepsilon \approx 0$ است؛ و θi از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$\theta i = \frac{1}{D(\text{E}, \text{NE}, \text{Y})} \tag{۵}$$

درواقع معادله ۴ با مقایسه واحد i ام با سایر واحدها، درصدد یافتن ترکیبی از سایر واحدها است که با ثابت درنظرگرفتن سطح خروجی، ورودی کمتری از واحد i ام را تولید کند (رویکرد ورودی محور). درصورتی‌که مقدار بهینه تابع هدف مساوی یک باشد، بدین مفهوم است که واحد تحت بررسی کارا است و درصورتی‌که مقدار آن کوچک‌تر از یک باشد DMU ناکارا

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

است (بولین[1]،۱۹۹۸). ازآنجاکه بازدهی به مقیاس ثابت، فقط زمانی مناسب است که همه واحدها در مقیاس بهینه عمل کنند، اما عواملی مانند رقابت ناقص، محدودیت منابع مالی و غیره باعث می‌شوند که یک بنگاه نتواند در مقیاس بهینه عمل کند. اندازه‌گیری کارایی فنی با استفاده از الگوی ثابت، زمانی که همه بنگاه‌ها در مقیاس بهینه عمل نمی‌کنند، به دلیل کارایی مقیاس با اشکال مواجه می‌شود. ازاین‌رو، الگوی VRSبا اضافه کردن قید تحدب به الگوی CRS به دست می‌آید. در اینجا نیز با درنظرگرفتن الگوی BCC به رتبه‌بندی استان‌ها پرداخته می‌شود. برای این منظور نیز کافی است محدودیتی به فرم $N=1\lambda 2+\ldots\lambda 1+\lambda$ به مدل ۴ اضافه شود. علاوه بر این‌یکی دیگر از اصول حاکم بر مدل‌های DEA، رابطه بین تعداد ورودی-خروجی و واحدهای تصمیم‌گیرنده است. به همین منظور معمولاً محدودیت‌هایی نظیر $n \geq 2m + s$ یا $n \geq 3(m + s)$ را اعمال می‌نمایند که در آن n، m و s به ترتیب نشان‌دهنده تعداد واحدها، ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌باشند. در این مطالعه از یک مجموعه داده پانل متشکل از ۱۵۰ مشاهده استانی برای ۳۰ استان ایران در ۵ سال استفاده‌شده است.

رتبه‌بندی کامل با استفاده از تکنیک اندرسون و پترسون

مدل‌های پایه‌ای تحلیل‌پوششی‌داده‌ها به دلیل عدم ایجاد رتبه‌های کامل بین واحدهای کارا امکان مقایسه واحدهای مزبور را به‌راحتی فراهم نمی‌آورد. زیرا در این مدل‌ها به همه واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ی کارا امتیاز کارایی ۱ اختصاص می‌یابد، بنابراین نیاز به رتبه‌بندی واحدهای کارا و حفظ میزان عدم کارایی واحدهای ناکارا اجتناب‌ناپذیر است. در ارزیابی به روش AP (اندرسون – پیترسون) واحد تحت بررسی از ارزیابی حذف می‌شود؛ و این باعث می‌شود عدد اختصاص‌یافته واحدهای کارا در مدل رتبه‌بندی کامل AP بزرگ‌تر مساوی ۱ شده و رتبه‌بندی بین واحدهای کارا هم صورت پذیرد. این در حالی است که مدل‌های کلاسیک برای ارزیابی هر

1. Bowlin

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

واحد تصمیم‌گیرنده از خودواحد تصمیم‌گیرنده، برای ایجاد واحد نشانه بهره می‌گیرند. ازاین‌رو چون واحدهای ناکارا در شکل‌گیری مرز کارایی تأثیرگذار نیستند، ازاین‌رو حذف آن‌ها از ارزیابی تأثیری روی مرز کارایی نخواهد داشت و کارایی تکنیکی آن‌ها حتی در مدل رتبه‌بندی کامل با نگرش AP تغییری نخواهد یافت، ولی واحدهای کارا که مرز کارایی را تشکیل می‌دهند، حذفشان سبب تغییر شکل مرز کارایی خواهد شد. لذا در اینجا برای رتبه‌بندی واحدهای کارا از مدل برنامه‌ریزی خطی ثانویه (پوششی) اندرسون-پیترسون به‌صورت زیر استفاده می‌شود:

$$
\begin{aligned}
&\mathbf{Min} \quad z_O = \theta \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \theta x_{io} \qquad (i = 1, 2, \ldots, m) \\
&j \ne o \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge y_{ro} \qquad (r = 1, 2, \ldots, s) \\
&j \ne o \\
&\lambda_j \ge 0 \qquad\qquad \theta \text{free}, \; j = 1, 2, \ldots n
\end{aligned}
\tag{۶}
$$

شاخص مالم کوئیست

شاخص DEA-Malmquist معمولاً برای اندازه‌گیری تغییرات کارایی کل عوامل در دوره‌های مختلف استفاده می‌شود. ابتدا کاوس و همکاران[1] (۱۹۸۲)، اولین نوع شاخص مالم‌کویشت را معرفی نمودند. سپس فار و همکاران[2] (۱۹۹۲)، با درنظرگرفتن فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس به اندازه‌گیری شاخص مالم‌کویشت پرداختند(مدل FGLR[3]). آن‌ها تغییرات تکنولوژی[4]

1. Caves et al
2. Fare et al
3. Fare, Grosskopf, Lindgren, and Roos (FGLR, (1992))
4. Technological Change (TC)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

و تغییرات کارایی فنی[1] را به‌عنوان دو مؤلفه اصلی تغییرات بهره‌وری در طول زمان تعیین کردند. متعاقباً فار و همکاران (۱۹۹۴) با درنظرگرفتن فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس، شاخص مالم‌کوئیست را گسترش دادند (مدل FGNZ[2]) و فاکتورهای مهم دیگری ازجمله کارایی مدیریتی[3] و کارایی مقیاس[4] را به آن اضافه نمودند. لذا چنین رویکردی ابزاری مفید برای تصمیم‌گیری در مورد کارایی‌انرژی در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی عملکرد بخش‌های صنعتی مورداستفاده قرارگرفته است مانند ویا و همکاران[5] (۲۰۰۷) که این روش را برای بررسی تغییرات کارایی‌انرژی در بخش‌های فولاد و آهن در چین به کار گرفتند. به‌علاوه هیو و وانگ (۲۰۰۶)، با استفاده از این تکنیک به ارزیابی کارایی‌انرژی ۲۹ منطقه از چین پرداختند. هو و هونما (۲۰۰۸) نیز این تکنیک را برای ارزیابی کارایی مناطق مختلف ژاپن به کار گرفتند.

درواقع در تجزیه FGLR تکنولوژی CRS به کار گرفته‌شده و شاخص مالم‌کوئیست به دو جز عمده یعنی تغییرات تکنولوژی و تغییرات کارایی تفکیک می‌شود. هم‌چنین طبق مدل FGNZ هر دو تکنولوژی CRS و VRS را به‌منظور شکستن شاخص مالم‌کوئیست به دو جز تغییرات کارایی مدیریتی و تغییرات کارایی مقیاس به‌کاربرده می‌شود (افشاریان و علیرضایی،۲۰۱۰).

تغییرات تکنولوژی ×تغییرات کارایی مقیاس ×تغییرات کارایی مدیریتی= تغییرات بهره‌وری کل در شاخص مالم‌کوئیست برای اندازه‌گیری بهره‌وری از توابع مسافت استفاده می‌شود. تابع مسافت عامل تولید، تکنولوژی تولید را به‌وسیله حداقل سازی بردار عامل تولید و با درنظرگرفتن بردار محصول داده‌شده مشخص می‌نماید. در این روش شاخص مالم کوئیست بر اساس مقادیر

5. Efficiency Change (EC)
1. Fare, Grosskopf, Norris, and Zhang (FGNZ, (1994))
2. Pure Technical (Managerial) Efficiency Change (PEC)
3. Scale Efficiency Change(SEC)
4. Wei & et al

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

کارایی که از طریق مدل DEA به دست می‌آید، قابل‌محاسبه است. درنتیجه شاخص بهره‌وری مالم‌کویشت را می‌توان با چهار تابع مسافت به‌صورت زیر بیان نمود.

$$M_i^{t+1}(q^{t+1}, x^{t+1}, q^t, x^t) = \left[\frac{D_i^t(q^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^t(q^t, x^t)} , \frac{D_i^{t+1}(q^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^{t+1}(q^t, x^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (۷)$$

که در آن $D_i^t(q^t, x^t)$ و $D_i^t(q^{t+1}, x^{t+1})$ به ترتیب تابع فاصله را برای هر واحد تحت فناوری زمان t و t+1 محاسبه می‌کنند. تابع فوق را با عملیات ساده ریاضی می‌توان به‌صورت زیر ارائه نمود:

$$M_i^{t+1}(q^{t+1}, x^{t+1}, q^t, x^t) = \frac{D_i^{t+1}(q^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^t(q^t, x^t)} \cdot \left[\frac{D_i^t(q^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^{t+1}(q^{t+1}, x^{t+1})} \cdot \frac{D_i^t(q^t, x^t)}{D_i^{t+1}(q^t, x^t)} \right]^{\frac{1}{2}} = Ec \times Tc \quad (۸)$$

بطوریکه Ec تغییر کارایی فنی و Tc تغییرات تکنولوژی را اندازه‌گیری می‌نماید. اگر طی زمان موردنظر پیشرفت تکنولوژی صورت گیرد، بدین معناست که در زمان t+1 با همان مقدار عوامل تولید در مقایسه با دوره t می‌توان محصول بیشتری تولید نمود (امامی، ۱۳۸۴). چنانچه میزان شاخص مالم‌کویشت بزرگ‌تر از یک باشد نشان‌دهنده آن است که واحد موردنظر رشد نموده است. ولی اینکه آیا رشد مشاهده‌شده حاصل از تلاش آن واحد در بهبود عملکرد و جبران ناکارایی است یا فقط ناشی از پیشرفت تکنولوژی است نتیجه‌ای است که از مقادیر Ec و Tc به دست می‌آید (علیرضایی و همکاران، ۲۰۰۵). در این پژوهش از شاخص استاندارد FGLR and (FGNZ) مالم کوئیست (ورودی-محور[1]) بین دوره زمانی ۱۳۸۸-۱۳۹۲ استفاده‌شده است.

معرفی متغیرها و پایگاه داده‌های تحقیق

برای تجزیه‌وتحلیل تجربی از یک مجموعه داده‌های تابلویی برای ۳۰ استان ایران در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ استفاده شده است. در این دوره ایران با توجه به رشد فزاینده مصرف انرژی و نزدیک شدن به نقطه سربه‌سری تولید و مصرف، سیاست‌های انرژی مبتنی بر مجموعه‌ای متعادل

1. Input Orient

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

از اقدامات قیمتی و غیر قیمتی اتخاذ نموده است. به همین منظور با تدوین قوانینی مانند قانون هدفمند کردن یارانه‌ها، قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی گام‌هایی در جهت بهبود کارایی‌انرژی برداشته است (قانون بودجه برنامه پنجم و ششم توسعه). علاوه بر این در این دوران که شامل دوره سه‌ساله تشدید تحریم‌های غرب است، اقتصاد ایران رشد اقتصادی منفی شدیدی را تجربه کرده است. (گزارش بورس اوراق بهادار). با توجه به این تحولات بررسی کارایی‌انرژی در قسمت‌های مختلف ایران در این دوره لازم است تا عوامل ناکارایی انرژی به تفکیک استان‌ها با نگاهی موشکافانه و تجزیه‌شده موردبررسی قرار گیرد.

داده‌های انرژی (شامل متغیرهای مصرف کل انرژی، سوخت‌های فسیلی و منابع تجدید پذیر) و غیر انرژی (شامل نیروی کار و موجودی سرمایه) به ترتیب از ترازنامه انرژی، اطلاعات مرکز آمار و بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران به‌دست‌آمده است. داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی و ارزش‌افزوده بخش‌های صنعت و خدمات نیز به تفکیک استان‌ها از سالنامه آماری منتشرشده توسط مرکز آمار ایران گردآوری شد. انتخاب مجموعه‌ای از ورودی-خروجی‌ها که بتوانند ویژگی‌های چندبعدی و جنبه‌های مختلف کارایی‌انرژی را شامل شوند امری مهم است. در این مطالعه متغیرهای ورودی و خروجی که در جدول ۱ ارائه شده‌اند، بر اساس در دسترس بودن داده‌ها و متغیرهای پیشنهادشده توسط ماکریدو و همکاران (۲۰۱۵) انتخاب شده‌اند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

جدول ۱. متغیرهای ورودی و خروجی

ورودی‌های مدل	خروجی‌های مدل
مصرف کل انرژی (شامل مصرف برق+مصرف سوخت‌های فسیلی)-(**میلیون بشکه معادل نفت خام**)	**تولید ناخالص داخلی** (عبارت است از نتیجه نهایی فعالیت‌های اقتصادی واحدهای تولیدی مقیم یک کشور در یک دوره زمانی معین است که به سه روش هزینه، تولید و درآمد محاسبه می‌شود) - (**میلیارد ریال**)
مصرف سوخت‌های فسیلی شامل مصارف بنزین+نفت سفید+نفت گاز+ نفت کوره+گاز طبیعی+زغال‌سنگ+گاز کک+گاز کوره بلند- (**میلیون بشکه معادل نفت خام**)	**ارزش‌افزوده بخش صنعت** عبارت است از تفاوت بین ارزش ستانده و مصرف واسطه در هر فعالیت اقتصادی را ارزش‌افزوده ناخالص می‌گویند.-(**میلیارد ریال**)
مصرف انرژی‌های تجدید پذیر (شامل تولید (برق‌آبی+ برق خورشیدی+ برق بادی+ بیوگاز) که معادل مصرف در نظر گرفته‌شده‌اند.)- (**میلیون بشکه معادل نفت خام**)	**ارزش‌افزوده بخش خدمات** (گروه خدمات شامل ارزش‌افزوده بخش‌های رستوران وهتلداری-حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات -واسطه‌گری‌های مالی- خدمات عمومی، اجتماعی، شخصی و خانگی) - (**میلیارد ریال**)
نیروی کار معادل نرخ مشارکت اقتصادی که عبارت است از نسبت جمعیت فعال (شاغل و بیکار)۱۰ ساله و بیش‌تر به جمعیت در سن کار ۱۰ ساله و بیش‌تر ضربدر ۱۰۰- (**درصد**)	
موجودی سرمایه (عبارت است از مجموعه کالاهای سرمایه‌ای فیزیکی مشهود کشور که قابل‌اندازه‌گیری بوده و در فرایند تولید کالاها و خدمات و ایجاد درآمد نقش دارند.)- (**درصد**)	

شایان ذکر است که تمامی متغیرهای اقتصادی به قیمت ثابت در نظر گرفته شدند تا با خنثی‌سازی، اثر تورم از بین رود. به همین منظور متغیر موجودی سرمایه و ارزش‌افزوده بخش‌های صنعت و خدمات و تولید ناخالص داخلی به قیمت‌های ثابت سال **۱۳۹۰** محاسبه شدند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

ازآنجایی که مقیاس متغیرهای ورودی و خروجی، باهم تفاوت دارند و همگن نیستند تمامی متغیرها بی مقیاس سازی شدند.

٤. نتایج تجربی

در این بخش نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل‌های مختلف DEA و شاخص مالم‌کویست موردبررسی قرار می‌گیرند. در بخش ۴-۱ برای تجزیه‌وتحلیل کارایی، از ۴ مدل که شامل ترکیبات مختلفی از ورودی‌ها و خروجی‌ها است تحت دو الگوی CCR وBCC استفاده می‌شود. هم‌چنین در بخش ۴-۲ روش اندرسون-پترسون (مدل CCR و BCC ورودی محور) برای رتبه‌بندی واحدهای کارا به کار گرفته‌شده است. تمامی نتایج با استفاده از نرم‌افزار GAMS به‌دست‌آمده‌اند. در بخش ۴-۳ شاخص مالم‌کویست برای مدل M4 با استفاده از نرم‌افزار DEAOS محاسبه می‌شود.

نتایج DEA

در این مطالعه برای تجزیه‌وتحلیل کارایی، از ۴ مدل که شامل ترکیبات مختلفی از ورودی‌ها وخروجی‌ها است، استفاده می‌شود. جهت رعایت اختصار این مدل‌ها بانام‌های M1،M2،M3 وM4 نشان داده می‌شوند. در مدل‌های M1 و M2 تولید ناخالص داخلی به‌عنوان خروجی در نظر گرفته می‌شود. همانند بیشتر پژوهش‌ها در این زمینه مانند مطالعات بامپاتسو و زرواز (۲۰۱۳)، چین و هو[1] (۲۰۰۷)، هونما و هو (۲۰۰۸)، جیا و لیا[2] (۲۰۱۰)، لیو و همکاران (۲۰۱۳)، ولاهینگ و سگوتا (۲۰۱۲)، یه چن و لیا[3] (۲۰۱۰)، ژانگ و همکاران (۲۰۱۱)، ژو و آنگ (۲۰۰۸) و السهلوی (۲۰۱۳) که تنها به خروجی تولید ناخالص داخلی معطوف شدند. در مدل‌های M3 و M4، با جایگزین کردن GDP با ارزش‌افزوده بخش صنعت و خدمات طبق نظر ماکریدو و

1. Chien & Hu,
2. Jia & Liu
3. Yeh, Chen and Lai

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

همکاران (۲۰۱۵)، سعی شده نگاه مشروح‌تری به خروجی اقتصادی هر استان صورت گیرد و کارایی‌انرژی به‌صورت دقیق‌تر مورد ارزیابی قرار گیرد.

در این مطالعه دو رویکرد برای متغیرهای ورودی استان‌های ایران در نظر گرفته‌شده است که منطبق با ساختار پیشنهادی ماکریدو و همکاران (۲۰۱۵)، در کشورهای اتحادیه اروپا است. در رویکرد اول مصرف کل انرژی، سرمایه و نیروی کار به‌عنوان ورودی در نظر گرفته می‌شود که منطبق با تابع تولید $Q = f(K,L,E)$ است؛ که در آن Q محصول ناخالص داخلی، K نهاده سرمایه، L نهاده نیروی کار و E نهاده انرژی است. فیض پور و اسفند آبادی(۱۳۹۶) نیز برای بررسی تمایزات منطقه‌ای بهره‌وری انرژی صنایع تولیدی ایران از چارچوب تابع تولید فوق استفاده نمودند.

در رویکرد دوم مصرف کل انرژی با مصرف سوخت‌های فسیلی و مصرف انرژی‌های تجدید پذیر جایگزین شده است تا یک تصویر بیشتر تجزیه‌شده از ترکیب انرژی هر استان را ارائه کند. در اغلب مطالعاتی که به بررسی کارایی‌انرژی با استفاده از تکنیک DEA می‌پردازند، نیروی کار، سرمایه و مصرف کل انرژی به‌عنوان ورودی در نظر گرفته‌شده‌اند؛ مانند مطالعات باروس[1] (۲۰۰۸)، ولاهینگ (۲۰۱۲)، چین و هیو (۲۰۰۷)، این در حالی است که در مطالعه دوگان و توگان (۲۰۱۵)، منابع زغال‌سنگ، گاز طبیعی، نفت و منابع تجدید پذیر به‌عنوان ورودی انتخاب شدند. نتایج این پژوهش نشان داد، کشورهایی که مصرف منابع تجدید پذیر در آن‌ها بیشتر است از شاخص کارایی تولید برق بالاتری برخوردارند. هم‌چنین ژو و آنگ (۲۰۰۸)، علاوه بر نیروی کار و سرمایه، ورودی‌های نفت، زغال‌سنگ و انرژی‌های تجدید پذیر را در نظر گرفتند. نتایج این مطالعه بیانگر این موضوع است که کشورهایی که سهم کمتری از سبد مصرفی‌شان به منابع فسیلی اختصاص‌یافته، کارایی بیشتری دارند. مدل‌های به کار گرفته‌شده در

1. Baros

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

این پژوهش (M1، M2، M3 و M4) برحسب نوع ورودی-خروجی به‌طور خلاصه در جدول ۲ گزارش شده است.

جدول ۲. مدل‌های M1، M2، M3، M4 و برحسب نوع ورودی و خروجی

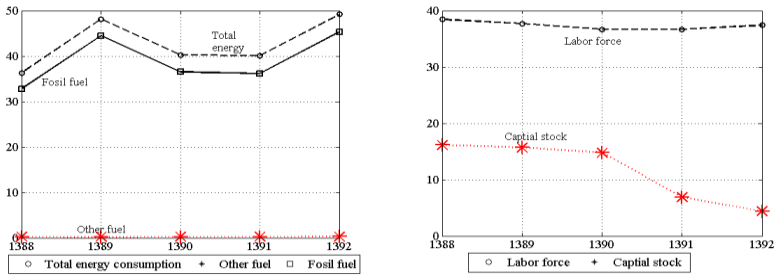
	M1	M2	M3	M4
ورودی	مصرف کل انرژی نیروی کار موجودی سرمایه	مصرف‌سوخت‌های فسیلی مصرف‌انرژی‌تجدیدپذیر نیروی کار موجودی سرمایه	مصرف کل انرژی نیروی کار موجودی سرمایه	مصرف سوخت‌های فسیلی مصرف انرژی تجدید نیروی کار موجودی سرمایه
خروجی	تولید ناخالص‌داخلی	تولید ناخالص‌داخلی	ارزش‌افزوده‌بخش‌صنعت ارزش‌افزوده‌بخش‌خدمات	ارزش‌افزوده بخش صنعت ارزش‌افزوده بخش

در شکل ۱ سیر تکاملی متغیرهای ورودی انتخاب‌شده در دوره موردبررسی نشان داده‌شده است. همان‌طور که در شکل سمت راست دیده می‌شود، مصرف کل انرژی در ایران بسیار بالا است؛ که طبق آمار IEA[1] در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ از مصرف سرانه انرژی کشورهایی مانند چین، پاکستان و ترکیه نیز بیشتر است. علاوه بر این همان‌طور که در شکل مشخص است در ایران مصرف سوخت‌های فسیلی بسیار بالاتر از مصرف انرژی‌های تجدید پذیر است و عمده سبد مصرف انرژی در ایران مربوط به سوخت‌های فسیلی است. این در حالی است که طبق پژوهش ماکریدو و همکاران (۲۰۱۵)، در کشورهای اتحادیه اروپا این روند عکس است. هرچند با اجرایی شدن فاز اول قانون هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹ میزان مصرف انرژی تا سال ۱۳۹۲ کاهش‌یافته است اما یک جهش صعودی در سال ۱۳۹۲ در مصرف انرژی دیده می‌شود. هم‌چنین

2. International Energy Agency

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

میزان استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر در این دوره اگرچه روند افزایشی داشته اما سهم آن، همچنان ناچیز است. علت این امر تولید الکتریسیته بر اساس سوخت‌های فسیلی ارزان‌قیمت است درنتیجه قیمت‌های بالاتر انرژی منجر به تنوع منابع انرژی در ایران خواهد گردید (آوربا‌گ[1]،۲۰۰۳). در شکل ۱ سمت چپ روند تغییرات ورودی‌های غیر انرژی در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ مشاهده می‌شود. در این دوره نیروی کار و نرخ رشد موجودی سرمایه شیب نزولی داشته‌اند.

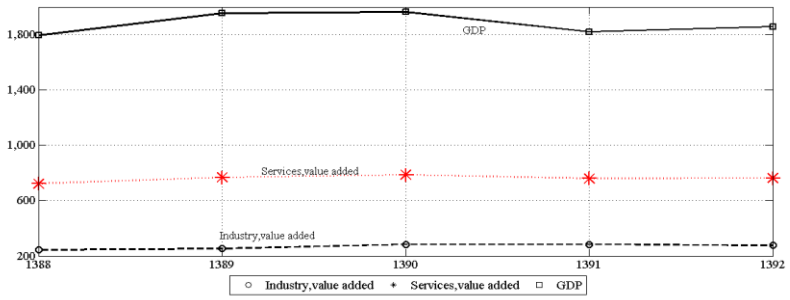


شکل ۱. روند میانگین تغییرات متغیرهای ورودی (انرژی و غیر انرژی) در دوره ۱۳۸۸- ۱۳۹۲

در شکل ۲ روند متغیرهای اقتصادی ایران در دوره‌ی موردبررسی نشان داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود تولید ناخالص داخلی تا سال ۹۰ روند افزایشی داشته و پس‌ازآن که شامل دوره سه‌ساله تشدید تحریم‌های غرب است، کاهش‌یافته است. به‌طوری‌که در این دوران GDP از ۶۳ هزار میلیارد ریال در سال ۱۳۹۰ به ۵۳ هزار میلیارد ریال در سال ۱۳۹۲ رسید. در طی این دوره ارزش‌افزوده بخش‌های صنعت و خدمات تقریباً روند مشابهی دارند به بطوریکه در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۰، به ترتیب ۱۴/۸ و ۲۳/۴ درصد افزایش و در دوره ۱۳۹۰-۱۳۹۲، ۶/۵ و ۵/۸ درصد کاهش‌یافته‌اند.

1. Awerbuch

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]



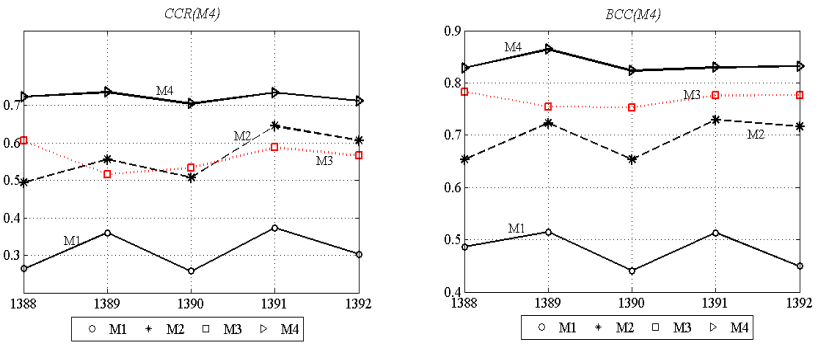
شکل۲. روند تغییرات متغیرهای خروجی در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲

در شکل ۳ میانگین نمرات کارایی دو الگوی CCR و BCC در دوره‌ی موردبررسی نشان داده‌شده است. تفاوت‌های موجود در نمرات کارایی مدل‌ها، بیانگر این موضوع است که افزایش تعداد ورودی-خروجی‌ها منجر به برآورد نمرات کارایی بالاتری می‌شود که این امری عادی درروش DEA است (حسین زاده و همکاران،۲۰۱۱). همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر دو الگو مدل M1 کمترین نمرات کارایی و مدل M4 بیشترین نمرات کارایی را دارا است. علاوه بر این نمرات کارایی مدل M2، تحت الگوی BCC تا سال ۱۳۹۰ روند نزولی و پس‌ازآن سیر صعودی پیداکرده‌اند. هم‌چنین در مدل M4 که در مقایسه با مدل M1، ارزش‌افزوده بخش‌های صنعت و خدمات، جایگزین GDP شده‌اند نمرات کارایی بالاتری به‌دست‌آمده است. هم‌چنین مدل M2 نیز در مقایسه با مدل M3 با درنظرگرفتن مصرف سوخت‌های فسیلی و مصرف دیگر سوخت‌ها سعی در بررسی اثر شکست انرژی بر کارایی دارد و همان‌طور که مشاهده می‌شود نوسانات دو مدل از سال ۱۳۹۰ به بعد بسیار مشابه بوده، درنتیجه به نظر می‌رسد درنظرگرفتن ساختار فعالیت‌های اقتصادی قوی‌تر از اثر توجه به شکست ترکیب انرژی است.

در مدل M1 تنها ۶/۶ درصد از استان‌ها، تحت الگوی CCR کارا شدند. هم‌چنین در این مدل نسبت نمره کارایی CCR به BCC، ۴۳ درصد از استان‌ها بالای ۸۰ درصد شده است. درحالی‌که برای استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان شمالی و جنوبی این نسبت کمتر از ۲۰ درصد است. در مدل M2 این نسبت برای اکثر قریب به‌اتفاق استان‌ها بالای ۸۰ درصداست. در

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

مدل M3، نسبت بازدهی ۵۳ درصد از استان‌ها، بالای ۸۰ درصد شده است. در مدل M4 نیز این نسبت برای اکثر قریب به‌اتفاق استان‌ها بالای ۸۰ درصد است. هم‌چنین طبق نظر طلوعی (۲۰۰۷)، مدل‌های با بازدهی نسبت به مقیاس ثابت، تعداد کمتری از واحدها را کارا نشان می‌دهند، درحالی‌که در مدل‌های با بازدهی نسبت به مقیاس متغیر تعداد واحدهایی که کارا نشان داده می‌شوند، بیشتر است. نتایج پژوهش فعلی نیز این موضوع را اثبات کرده است.



شکل ۳. روند متوسط نمرات کارایی مدل‌های **M1** و **M2** و**M3** و**M4**،
تحت دو الگوی **CCR** و **BCC** در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲(منبع: یافته‌های تحقیق)

در جدول ۳ میانگین نمرات کارایی استان‌ها تحت دو الگوی CCR و BCC برای مدل M4 در دو دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ و ۱۳۹۱-۱۳۹۲ نشان داده‌شده است. در مدل M4 که ساختار اقتصاد به‌صراحت در نظر گرفته‌شده و به‌جای تولید ناخالص داخلی، ارزش‌افزوده بخش‌های صنعت و خدمات منظور گردیده، تعداد استان‌های کارا افزایش‌یافته است. به‌علاوه تعداد استان‌های کارا تحت الگوی BCC دو برابر شده است. در پژوهش ماکریدو و همکاران (۲۰۱۵) نیز تحت مدل M4 و تحت الگوی BCC تعداد نمونه‌های کارا افزایش‌یافته است. هم‌چنین مقایسه میانگین نمرات کارایی در طی دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ و۱۳۹۱-۱۳۹۲ حاکی از این است که در میزان کارایی‌انرژی استان‌ها در دو سال اخیر باوجود اجرایی شدن طرح هدفمندی یارانه‌ها تغییر محسوسی ایجاد نشده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

همچنین کمترین میزان کارایی، تحت الگوی CCR مربوط به استان‌های اردبیل، چهارمحال و بختیاری، خراسان شمالی، کهگیلویه و بویراحمد و گیلان است. ازآنجایی‌که مصرف بهینه انرژی از عواملی مانند شرایط آب‌وهوایی، جغرافیایی و ... نیز متأثر می‌گردد، به نظر می‌رسد بخش قابل‌توجهی از مصرف انرژی به‌ویژه در بخش خانگی در استان‌هایی مانند اردبیل و چهارمحال و بختیاری برای گرمایش به کار رود. لذا پایین بودن نمرات کارایی این استان‌ها می‌تواند متأثر از شرایط آب و هوایی آن‌ها باشد. همانطورکه حقیقت و همکاران (۱۳۹۳)، نیز در پژوهش خود پیرامون ارزیابی کارایی‌انرژی با استفاده از روش مرزی تصادفی در بخش خانگی استان‌های ایران دریافتند که استان‌های ایلام، سیستان بلوچستان اردبیل و بوشهر دارای کمترین کارایی‌انرژی در بخش خانگی هستند.

جدول ۳. میانگین نمرات کارایی دو الگوی CCR و BCC
برای مدل M4 در دو دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ و ۱۳۹۱-۱۳۹۲

نام استان	CCR		BCC	
	Average(88-92)	Average(91-92)	Average(88-92)	Average(91-92)
آذربایجان شرقی	۰/۶۱۶	۰/۶۴۱	۰/۶۱۹	۰/۶۵۰
آذربایجان غربی	۰/۵۶۷	۰/۵۷۷	۰/۵۷۹	۰/۵۸۰
اردبیل	۰/۴۳۹	۰/۵۱۶	۰/۵۴۷	۰/۶۲۰
اصفهان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
ایلام	۰/۹۸۶	۰/۹۹۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
بوشهر	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
تهران	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
چهارمحال و بختیاری	۰/۴۱۹	۰/۵۱۵	۰/۸۹۶	۰/۹۴۰
خراسان جنوبی	۰/۸۲۸	۰/۷۸۱	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
خراسان رضوی	۰/۷۱۸	۰/۷۴۰	۰/۷۶۰	۰/۷۸۰
خراسان شمالی	۰/۴۳۶	۰/۴۵۰	۰/۹۲۵	۰/۸۱۰
خوزستان	۰/۸۵۱	۰/۹۷۷	۰/۸۷۴	۱/۰۰۰
زنجان	۰/۷۷۳	۰/۶۴۸	۰/۸۹۷	۰/۸۸۰
سمنان	۰/۶۶۶	۰/۶۳۶	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
سیستان و بلوچستان	۰/۶۵۶	۰/۶۹۸	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
فارس	۰/۶۳۸	۰/۵۴۱	۰/۶۶۲	۰/۵۵۰
قزوین	۰/۸۳۳	۰/۸۳۶	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
قم	۰/۸۰۸	۰/۸۱۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
کردستان	۰/۶۱۱	۰/۶۱۶	۰/۶۴۳	۰/۶۶۰
کرمان	۰/۶۳۴	۰/۵۹۹	۰/۷۲۰	۰/۶۲۰

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

نام استان	CCR		BCC	
	Average(88-92)	Average(91-92)	Average(88-92)	Average(91-92)
کرمانشاه	۰/۸۹۳	۰/۷۳۳	۰/۹۰۶	۰/۷۶۰
کهگیلویه و بویراحمد	۰/۴۸۵	۰/۵۳۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
گلستان	۰/۸۱۱	۰/۸۱۲	۰/۸۳۷	۰/۸۴۰
گیلان	۰/۴۲۱	۰/۴۷۲	۰/۴۹۶	۰/۵۳۰
لرستان	۰/۷۴۵	۰/۹۱۴	۰/۷۹۲	۰/۹۷۰
مازندران	۰/۵۵۹	۰/۵۰۹	۰/۵۸۳	۰/۵۱۰
مرکزی	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
هرمزگان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
همدان	۰/۶۶۱	۰/۶۴۴	۰/۶۶۷	۰/۶۵۰
یزد	۰/۶۱۴	۰/۵۱۱	۰/۶۵۸	۰/۵۵۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

در جدول ۴ همبستگی بین نمرات کارایی تخمین زده‌شده تحت ۴ مدل و شدت انرژی محاسبه‌شده است. همانطورکه مشاهده می‌شود همبستگی قوی منفی بین مدل‌های M1 و M2 که GDP را به‌عنوان خروجی در نظر گرفتند با شدت انرژی وجود دارد (P-value<0.001). به این معنا که مدل‌های M1 و M2 با شدت انرژی در جهت عکس هم تغییر می‌کنند و با افزایش یکی مقدار دیگری کاهش می‌یابد. این مقدار همبستگی منفی در مدل‌ها، تحت الگوی CCR بیشتر از الگوی BCC است. این در حالی است که برای مدل‌های M3 و M4 که ورودی و خروجی‌های متفاوت با شدت انرژی دارند مقدار همبستگی بسیار کم است.

جدول ۴. همبستگی بین نمرات کارایی DEA (CCR, BCC) و شدت انرژی

	CCR				BCC			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Pearson	-۰/۸۰۹	-۰/۵۲۵	۰/۰۱۰	۰/۰۰۳	-۰/۵۵۱	-۰/۲۴۹	۰/۰۵۱	۰
Kendall's tau_b	-۰/۵۵۱	-۰/۲۴۹	-۰/۰۴۶	۰/۰۶۸	-۰/۳۱۱	-۰/۱۷۶	۰/۰۴۳	۰/۱۰۵

مأخذ: محاسبات تحقیق

در جدول ۵ میانگین نمرات کارایی استان‌ها تحت دو الگوی CCR و BCC برای مدل‌های M1، M2 و M3 در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ نشان داده‌شده است. در مدل‌های M1 و M2، GDP

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

به‌عنوان خروجی در نظر گرفته‌شده است. هونما و هو (۲۰۱۱)، نیز با درنظرگرفتن GDP به ارزیابی کارایی مناطق مختلف ژاپن پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از استان‌های ناکارآمد در ژاپن، درحال‌توسعه‌اند و عمدتاً از صنایع انرژی بر، برخوردار می‌باشند، این امر در نتایج این پژوهش نیز مشهود است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود در مدل M1 تنها استان‌های تهران و کهگیلویه و بویراحمد کارا شدند. فیلیپین وهانت (۲۰۱۱)، چین و هو (۲۰۰۷)، ماکریدو و همکاران (۲۰۱۵)، نیز به ارزیابی کارایی‌انرژی برای نمونه‌های مختلف پرداختند؛ و نمرات بالاتری را نسبت به پژوهش فعلی به دست آوردند که این تفاوت می‌تواند به دلیل نوع متغیرهای مورداستفاده، شرایط نمونه در نظر گرفته‌شده و روش تجزیه‌وتحلیل باشد. لذا باید توجه داشت که در طراحی و اجرای سیاست‌های بهبود کارایی‌انرژی باید تعاملات بین اقدامات مختلف اقتصادی، زیست‌محیطی و... که برای مناطق مختلف متفاوت است، در نظر گرفته شود.

جدول ۵. میانگین نمرات کارایی دو الگوی **CCR** و **BCC** در دو دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲

نام استان	M1		M2		M3	
	CCR	**BCC**	**CCR**	**BCC**	**CCR**	**BCC**
آذربایجان شرقی	۰/۲۶۹	۰/۳۱۵	۰/۳۳۵	۰/۳۷۳	۰/۶۵۴	۰/۶۵۷
آذربایجان غربی	۰/۱۸۱	۰/۲۱۶	۰/۴۸۸	۰/۵۴۸	۰/۳۳۰	۰/۴۰۱
اردبیل	۰/۲۱۳	۰/۳۲۸	/۲۹۵	۰/۳۹۷	۰/۳۳۲	۰/۵۲۵
اصفهان	۰/۳۰۰	۰/۳۱۸	۰/۵۷۵	۰/۵۸۹	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
ایلام	۰/۶۲۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۵۴۱	۱/۰۰۰
بوشهر	۰/۲۰۹	۰/۲۲۳	۰/۸۹۵	۰/۸۹۶	۰/۸۰۴	۰/۸۳۶
تهران	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
چهارمحال و بختیاری	۰/۲۱۳	۰/۷۵۴	۰/۲۰۶	۰/۷۵۶	۰/۳۴۴	۰/۸۹۸
خراسان جنوبی	۰/۱۹۱	۱/۰۰۰	۰/۳۰۶	۱/۰۰۰	۰/۴۷۸	۱/۰۰۰
خراسان رضوی	۰/۳۸۱	۰/۴۱۰	۰/۷۳۲	۰/۷۷۵	۰/۴۳۲	۰/۴۵۷
خراسان شمالی	۰/۱۲۳	۰/۶۹۵	۰/۱۸۸	۰/۶۸۳	۰/۳۰۵	۰/۹۳۲
خوزستان	۰/۷۳۱	۰/۷۳۸	۰/۷۸۹	۰/۷۹۶	۰/۸۱۱	۰/۸۵۴
زنجان	۰/۲۴۴	۰/۴۴۲	۰/۳۸۴	۰/۵۳۱	۰/۷۳۲	۰/۸۸۳
سمنان	۰/۱۸۴	۰/۷۳۶	۰/۳۰۷	۰/۸۵۷	۰/۶۳۸	۰/۹۸۷
سیستان و بلوچستان	۰/۱۸۰	۱/۰۰۰	۰/۵۸۹	۱/۰۰۰	۰/۳۰۵	۱/۰۰۰
فارس	۰/۳۶۸	۰/۳۹۸	۰/۶۳۳	۰/۶۵۸	۰/۴۷۷	۰/۵۱۱

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

نام استان	M1		M2		M3	
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
قزوین	۰/۲۹۹	۰/۳۱۷	۰/۴۳۹	۰/۴۵۲	۰/۸۵۶	۰/۹۴۳
قم	۰/۱۷۷	۰/۵۴۱	۰/۳۶۷	۰/۸۴۸	۰/۴۸۹	۰/۹۶۰
کردستان	۰/۱۷۰	۰/۲۷۳	۰/۳۰۲	۰/۳۴۸	۰/۳۰۰	۰/۵۱۲
کرمان	۰/۳۰۱	۰/۳۳۰	۰/۷۷۷	۰/۷۸۵	۰/۵۱۸	۰/۵۹۱
کرمانشاه	۰/۱۷۷	۰/۲۰۱	۰/۵۹۴	۰/۶۲۷	۰/۴۰۴	۰/۶۳۲
کهگیلویه و بویراحمد	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۴۶۵	۱/۰۰۰
گلستان	۰/۲۲۵	۰/۲۸۵	۰/۵۴۴	۰/۵۸۵	۰/۳۹۲	۰/۵۸۰
گیلان	۰/۲۱۷	۰/۲۵۶	۰/۲۰۸	۰/۲۴۹	۰/۴۳۲	۰/۵۱۵
لرستان	۰/۲۱۹	۰/۳۰۹	۰/۵۳۹	۰/۵۶۹	۰/۳۹۴	۰/۶۸۱
مازندران	۰/۳۰۶	۰/۳۴۷	۰/۶۷۴	۰/۷۲۸	۰/۴۰۲	۰/۴۴۵
مرکزی	۰/۱۷۸	۰/۲۰۱	۰/۶۴۹	۰/۶۷۱	۰/۹۹۰	۰/۹۹۱
هرمزگان	۰/۲۳۶	۰/۲۸۸	۰/۹۶۴	۱/۰۰۰	۰/۹۷۶	۱/۰۰۰
همدان	۰/۲۵۰	۰/۲۷۳	۰/۵۴۶	۰/۵۷۲	۰/۴۴۶	۰/۵۹۶
یزد	۰/۱۹۵	۰/۲۲۹	۰/۵۴۳	۰/۵۵۷	۰/۶۰۶	۰/۶۶۸

مأخذ: محاسبات تحقیق

در جدول ۶ میانگین تغییرات پیشنهادی در ورودی و خروجی‌ها که استان‌های ناکارآمد برای بهبود کارایی خود باید آن‌ها را دنبال کنند، آورده شده است (تحت مدل M4، الگوی CCR). نتایج نشان می‌دهد که استان‌های ناکارا برای رسیدن به کارایی باید در سطح فعالیت‌های اقتصادی خود (ارزش‌افزوده بخش صنعت و خدمات) تغییر ایجاد کنند. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که سطح مصرف سوخت‌های فسیلی باید به‌شدت کاهش یابد. علاوه بر این ویژگی منابع محوری بودن اقتصاد ایران و ساختار تولید مبتنی بر مصرف آن موجب شده است که میزان مصرف انرژی‌های فسیلی در سطح بالایی قرار گیرد. از همین رو کاهش در سطح مصرف سوخت‌های فسیلی و روی آوردن به سمت استفاده از منابع تجدید پذیر ضروری است. همانطورکه سوزوکی و نیکامپ (۲۰۱۶) در پژوهش خود پیرامون ارزیابی کارایی اقتصادی-

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

زیست‌محیطی انرژی در کشورهای EU و(A andA) ASEAN and APEC[1] دریافتند برای بهبود کارایی، یا باید فناوری‌های فعلی انرژی با فناوری‌های تجدید پذیر جایگزین شوند و یا از تکنولوژی های تولیدی کاراتر استفاده نمایند در نتایج پژوهش حاضر نیز اهمیت استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر دیده می‌شود. به‌علاوه نتایج پژوهش ژو و همکاران (۲۰۱۶) در مورد ارزیابی تراکم و کارایی‌انرژی کشورهای APEC نیز نشان‌دهنده اهمیت کاهش مصرف انرژی فسیلی و اصلاح ساختار مصرف در این کشورها است.

جدول ۶. متوسط درصد تغییرات پیشنهادی در ورودی‌ها و خروجی‌های استان‌های ناکارآمد

سال	مصارف	مصرف سوخت‌های	ارزش‌افزوده	ارزش‌افزوده بخش
۱۳۸۸	-۴۲/۸۷۱	-۳۹/۵۲۲	۳۵/۳۶۶	۱۰/۴۶۶
۱۳۸۹	-۳۸/۷۴۶	-۳۸/۹۸۸	۵۷/۵۰۵	۱۰/۲۳۰
۱۳۹۰	-۳۸/۶۴۸	-۴۰/۲۰۵	۱۱۹/۰۴۲	۰/۷۸۴
۱۳۹۱	-۳۱/۲۸۸	-۳۴/۵۱۳	۱۳۹/۳۲۳	۰/۱۳۱
۱۳۹۲	-۳۱/۸۴۷	-۳۸/۱۸۲	۴۱/۳۹۵	۰/۰۲۸

مأخذ: محاسبات تحقیق

رتبه‌بندی به روش AP

در ارزیابی به روش AP (اندرسون – پیترسون) واحد تحت بررسی از ارزیابی حذف می‌شود؛ و این باعث می‌شود عدد اختصاص‌یافته واحدهای کارا در مدل رتبه‌بندی کامل AP بزرگ‌تر مساوی ۱ شده و رتبه‌بندی بین واحدهای کارا هم صورت پذیرد؛ بنابراین برای رتبه‌بندی واحدهای کارا تحت دو الگوی CCR و BCC مدل AP ورودی محور به‌کاررفته شده است. در جدول ۷ و ۸ به ترتیب رتبه‌بندی استان‌های کارای مدل‌های M1، M2، M3 و M4 تحت دو الگوی CCR و BCC با استفاده از رویکرد ورودی محور AP ارائه شده است. درروش CCRاستان تهران در مدل‌های M2، M3 و M4 بالاترین میزان کارایی را کسب نموده است.

1. Asia-Pacific Economic Cooperation

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

جدول ۷. میانگین نمرات کارایی استان‌های کارا

مدل اندرسون- پیترسون (تحت الگوی **CCR**) در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲

استان	M1	استان	M2	استان	M3	استان	M4
کهگیلویه و بویراحمد	۲/۱۵	تهران	۳/۱۸	تهران	۲/۹۵	تهران	۳/۷۶
تهران	۱/۴۲	ایلام	۲/۶۳	اصفهان	۲/۰۶	اصفهان	۲/۹۸
		کهگیلویه و بویراحمد	۲/۱۹			هرمزگان	۱/۸۲
						مرکزی	۱/۸۱
						بوشهر	۱/۰۹

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۸. میانگین میزان کارایی استان‌های کارا

مدل اندرسون- پیترسون (تحت الگوی BCC) در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲

نام استان	**M1**	استان	**M2**	استان	**M3**	استان	**M4**
خراسان جنوبی	۴/۵۱	سیستان و بلوچستان	۴/۵	تهران	۳/۵۷	سیستان و بلوچستان	۴/۵۷
کهگیلویه وبویراحمد	۴/۲۸	تهران	۴/۳۱	خراسان جنوبی	۳/۲۶	تهران	۳/۸۱
ایلام	۱/۷۲	کهگیلویه و بویراحمد	۳/۷۲	کهگیلویه‌وبویر احمد	۳/۲۴	خراسان جنوبی	۳/۳۹
تهران	۱/۴۰	ایلام	۳/۲۵	هرمزگان	۲/۲۰	کهگیلویه‌وبویر احمد	۳/۳۴
سیستان و بلوچستان	۱/۲۲	خراسان جنوبی	۳/۱۱	ایلام	۱/۷۲	اصفهان	۳/۲۹
		هرمزگان	۱/۹۵	سیستان و بلوچستان	۱/۶۶	سمنان	۲/۹۲
				اصفهان	۱/۳۸	ایلام	۲/۶۱
						مرکزی	۲/۵۰
						هرمزگان	۲/۱۱
						قزوین	۱/۷۹
						بوشهر	۱/۳۹
						قم	۱/۲۲

مأخذ: محاسبات تحقیق

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

نتایج شاخص مالم کوئیست

تغییرات کارایی کل عوامل (شاخص مالم‌کویشت) و اجزای آن (تغییرات کارایی فنی، تغییرات کارایی مقیاس و تغییرات تکنولوژی) به تفکیک استان‌ها برای مدل M4 در جدول ۹ ارائه‌شده است. بررسی تغییرات حاصله در اجزای کارایی کل دلایل تغییرات کارایی هر یک از استان‌ها را بهتر آشکار می‌سازد. میانگین شاخص بهره‌وری کل عوامل (شاخص MI) و تغییرات تکنولوژی (TC) در دوره موردبررسی به ترتیب ۱/۰۰۶، ۱/۰۲۱ است که نشان‌دهنده‌ی افزایش در عملکرد کارایی‌انرژی ایران است. هم‌چنین در این دوره تغییرات حاصله در کارایی فنی (EC) نشان‌دهنده کاهش این متغیر (البته به میزان کم) است.

بررسی شاخص (MI) در بین استان‌های ایران حاکی از بهبود کارایی در استان‌های اصفهان، تهران، بوشهر، ایلام، خراسان رضوی، خوزستان، قزوین، مرکزی، کهگیلویه و بویراحمد و هرمزگان است. در همین دوره استان آذربایجان غربی با عدم‌تغییر کارایی مواجه بوده است و بقیه استان‌های کشور با کاهش کارایی کل عوامل روبه‌رو شده‌اند. متوسط تغییرات تکنولوژیکی (TC) استان‌های گیلان و آذربایجان غربی در دوره‌ی موردبررسی تقریباً بدون تغییر بوده است درحالی‌که این شاخص برای استان‌های خراسان جنوبی، لرستان، گلستان، کرمانشاه، کردستان، قم، سیستان و بلوچستان و خراسان شمالی کاهش‌یافته است. بیشترین کاهش سطح تکنولوژی در استان‌های گلستان و خراسان جنوبی با میزان شاخص تکنولوژی ۰/۹۵۴ و ۰/۹۴۳ مشاهده می‌شود. برخلاف تغییرات تکنولوژی، متوسط تغییرات کارایی مقیاس (SEC) استان‌های ایران در این دوره کاهش‌یافته، به‌عبارت‌دیگر استان‌ها از سطح بهینه کارایی دور شده‌اند. هم‌چنین استان‌های اردبیل، اصفهان، تهران، بوشهر، مرکزی، هرمزگان و ایلام با عدم‌تغییر در کارایی مقیاس مواجه شدند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

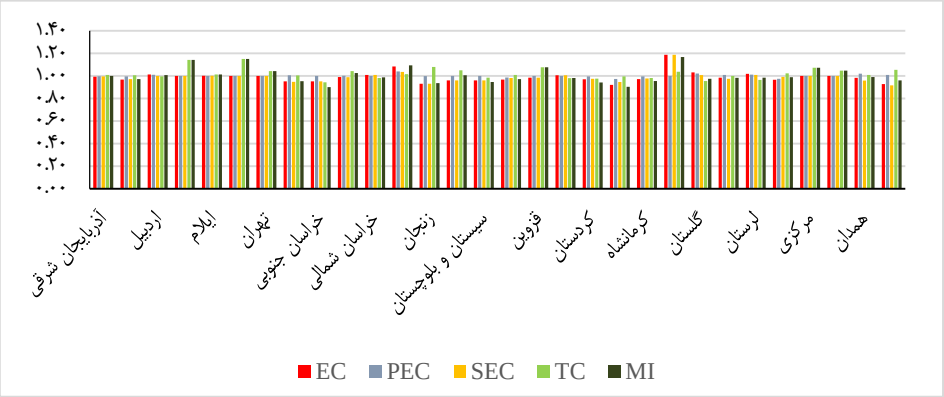
جدول ۹. میانگین شاخص‌های **MALMQUIST** برای مناطق مختلف ایران در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲

نام استان	EC	PEC	SEC	TC	MI
آذربایجان شرقی	۰/۹۹۳	۰/۹۹۷	۰/۹۹۶	۱/۰۰۸	۱/۰۰۰
آذربایجان غربی	۰/۹۶۷	۰/۹۹۵	۰/۹۷۲	۱/۰۰۵	۰/۹۷۱
اردبیل	۱/۰۱۲	۱/۰۱۰	۱/۰۰۰	۰/۹۹۶	۱/۰۰۷
اصفهان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۱۴۲	۱/۱۴۲
ایلام	۱/۰۰۱	۱/۰۰۰	۱/۰۰۱	۱/۰۱۲	۱/۰۱۳
بوشهر	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۱۵۰	۱/۱۵۰
تهران	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۴۳	۱/۰۴۳
چهارمحال و بختیاری	۰/۹۵۱	۱/۰۰۵	۰/۹۴۷	۱/۰۰۴	۰/۹۵۳
خراسان جنوبی	۰/۹۵۲	۱/۰۰۰	۰/۹۵۲	۰/۹۴۳	۰/۹۰۱
خراسان رضوی	۰/۹۹۰	۱/۰۰۱	۰/۹۸۸	۱/۰۴۲	۱/۰۲۵
خراسان شمالی	۱/۰۰۹	۱/۰۰۰	۱/۰۰۹	۰/۹۸۲	۰/۹۸۷
خوزستان	۱/۰۸۴	۱/۰۳۹	۱/۰۳۶	۱/۰۱۵	۱/۰۹۴
زنجان	۰/۹۳۱	۰/۹۹۹	۰/۹۳۱	۱/۰۷۹	۰/۹۳۶
سمنان	۰/۹۶۰	۱/۰۰۰	۰/۹۶۰	۱/۰۵۰	۱/۰۰۵
سیستان و بلوچستان	۰/۹۶۰	۱/۰۰۰	۰/۹۶۰	۰/۹۸۵	۰/۹۴۶
فارس	۰/۹۶۷	۰/۹۸۶	۰/۹۸۲	۱/۰۰۹	۰/۹۷۱
قزوین	۰/۹۸۴	۱/۰۰۰	۰/۹۸۴	۱/۰۷۶	۱/۰۷۷
قم	۱/۰۰۶	۱/۰۰۰	۱/۰۰۶	۰/۹۸۰	۰/۹۸۱
کردستان	۰/۹۷۰	۰/۹۹۵	۰/۹۷۵	۰/۹۷۶	۰/۹۴۲
کرمان	۰/۹۲۱	۰/۹۷۳	۰/۹۴۶	۰/۹۹۵	۰/۹۰۳
کرمانشاه	۰/۹۷۲	۰/۹۶۶	۰/۹۷۷	۰/۹۸۱	۰/۹۵۴
کهگیلویه و بویراحمد	۱/۱۸۷	۱/۰۰۰	۱/۱۸۷	۱/۰۳۷	۱/۱۶۷
گلستان	۱/۰۳۱	۱/۰۲۱	۱/۰۰۷	۰/۹۵۴	۰/۹۷۴
گیلان	۰/۹۸۴	۱/۰۰۸	۰/۹۷۵	۱/۰۰۰	۰/۹۸۳
لرستان	۱/۰۱۹	۱/۰۱۱	۱/۰۰۸	۰/۹۶۴	۰/۹۸۲
مازندران	۰/۹۶۶	۰/۹۷۴	۰/۹۲۲	۱/۰۲۲	۰/۹۸۹
مرکزی	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۷۲	۱/۰۷۲
هرمزگان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۴۶	۱/۰۴۶
همدان	۰/۹۸۳	۱/۰۲۰	۰/۹۵۹	۱/۰۰۸	۰/۹۹۰
یزد	۰/۹۲۷	۱/۰۰۸	۰/۹۱۶	۱/۰۵۴	۰/۹۶۰
کل کشور	۰/۹۹۱	۱/۰۰۱	۰/۹۸۹	۱/۰۲۱	۱/۰۰۶

مأخذ: محاسبات تحقیق

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

اینکه کدام‌یک از اجزای کارایی کل عوامل هر استان در رشد آن سهم بیشتری داشته‌اند، می‌تواند مفید واقع شود ازاین‌رو نمودار ۱ برای نشان دادن سهم هریک از این تغییرات به‌دست‌آمده است. با توجه به نمودار تغییرات کارایی کل عوامل در استان‌ها متفاوت است که می‌تواند بنا به دلایلی نظیر حداقل بودن تغییرات کارایی تکنولوژی برای استان‌ها با دامنه تغییرات کم (مانند خراسان جنوبی) و حداکثر بودن تغییرات کارایی فنی در استان‌هایی نظیر خوزستان و کهگیلویه و بویراحمد باشد. در پژوهش کامیوتو و همکاران (۲۰۱۶) در مورد کشورهای گروه BRICS نیز مانند ایران برای بهبود کارایی باید روی تکنولوژی‌های کم‌مصرف سرمایه‌گذاری نمود.



نمودار ۱. شاخص‌های مالم‌کویئست برای هر استان **(MI=EC*TC و MI=PEC*SEC*TC)**

شاخص MI برای تخمین روند کارایی در طول زمان به‌کاربرده شد. جدول ۱۰ برآورد شاخص MI و اجزای آن را در کشور برای هر دو سال متوالی نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌دست‌آمده شاخص MI تنها در دوره ۱۳۸۹-۱۳۹۰ بیشتر از یک است که نشان‌دهنده روند بهبود در کارایی‌انرژی طی این دوره است. هم‌چنین متوسط تغییرات کارایی تکنولوژی و شاخص مالم‌کویئست استان‌های ایران در دوره اولنسبت به دوره چهارم به ترتیب حدود ۳/۶ و ۲/۷ درصد کاهش‌یافته بنابراین هدفمندی یارانه‌ها بر کارایی‌انرژی تأثیری نداشته است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

جدول ۱۰. میانگین شاخص‌های MALMQUIST برای دوره‌های دوساله در ایران

دوره زمانی	EC	PEC	SEC	TC	MI
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۰/۹۹۵	۱/۰۲۰	۰/۹۷۵	۰/۹۷۳	۰/۹۵۴
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۱/۰۴۰	۰/۹۹۰	۱/۰۴۷	۱/۰۹۵	۱/۱۲۵
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۰/۹۵۵	۰/۹۹۶	۰/۹۵۹	۱/۰۰۶	۰/۹۶۳
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۰/۹۷۴	۰/۹۹۹	۰/۹۷۵	۱/۰۰۹	۰/۹۸۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

۵. بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش روش‌های مختلف DEA و شاخص مالم‌کویست برای ارزیابی کارایی‌انرژی و تغییرات آن در طول زمان به کار گرفته شد. برای این هدف یک مجموعه داده پانل شامل ۳۰ استان در ایران برای دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ استفاده شدند. درواقع با ترکیب داده‌های مختلف مصرف انرژی، خروجی‌های اقتصادی و شاخص‌های زیست‌محیطی، با درنظرگرفتن ۴ مدل به ارزیابی کارایی‌انرژی نسبی استان‌ها پرداخته شد. نتایج نشان می‌دهد مدل‌هایی که مصرف انرژی و خروجی‌های اقتصادی را به شکلی جامع‌تر در نظر گرفته‌اند، نسبت به مدل‌های ساده که تنها مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی را در نظر می‌گیرند، نمرات کارایی بالاتری دارند. نتایج حاصل از تحلیل تجربی این مطالعه نشان می‌دهد که اصلاحات زیادی درزمینه مصرف انرژی و فعالیت‌های اقتصادی لازم است در ایران انجام گیرد تا بتوان به کارایی حقیقی دست‌یافت.

برای محاسبه کارایی در این پژوهش دو روش CCR و BCC به کار گرفته شد، استفاده از هر روش نتایج متفاوتی را در پی داشت. اولین نکته‌ای که در جداول مقایسه کارایی روش‌های مختلف به چشم می‌خورد این است که روش CCR نسبت به روش BCC کارایی کمتری برای واحدها محاسبه می‌کنند. این امر غیرمنتظره نیست چراکه انتظار داریم مدل‌های BCC به این دلیل که انعطاف بیشتری برای تغییر در منابع ورودی و خروجی دارند کارایی بالاتری برای واحدها محاسبه کنند. علاوه بر آن در بین ۴ مدل به کار گرفته‌شده مدل M4 که خروجی اقتصادی را برحسب ارزش‌افزوده بخش صنعت و خدمات و مصرف انرژی را در قالب مصرف سوخت‌های

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

فسیلی و مصارف تجدید پذیر در نظر گرفته استنمرات کارایی بهتری را نسبت به سایر مدل‌ها نشان می‌دهد. لذا شاخص MI برای تخمین روند کارایی در طول زمان برای این مدل به‌کاربرده شد. نتایج نشان می‌دهد متوسط تغییرات کارایی تکنولوژی و شاخص مالم کوئیست در دوره اول (۱۳۸۸-۱۳۸۹) نسبت به دوره چهارم (۱۳۹۱-۱۳۹۲) به ترتیب حدود ۳/۶ و ۲/۷ درصد کاهش‌یافته بنابراین هدفمندی یارانه‌ها بر کارایی‌انرژی استان‌های ایران تأثیری نداشته است. در نتیجه از آنجا که سیاست‌های قیمتی به تنهایی نتوانستند مصرف انرژی را کنترل کنند پیشنهاد می‌شود سیاست‌های غیر قیمتی مانند فرهنگ سازی مصرف انرژی، آموزش و تبلیغات برای صرفه جویی در مصرف انرژی صورت گیرد.

بررسی شاخص مالم‌کوئیست (MI) در بین استان‌های ایران حاکی از بهبود کارایی در استان‌های اصفهان، تهران، بوشهر، ایلام، خراسان رضوی، خوزستان، قزوین، مرکزی، کهگیلویه و بویراحمد و هرمزگان است. در همین دوره استان آذربایجان غربی با عدم‌تغییر کارایی مواجه بوده است و بقیه استان‌های کشور با کاهش کارایی کل عوامل روبه‌رو شده‌اند. هم‌چنین میانگین شاخص MI و تغییرات تکنولوژی (TC) در دوره موردبررسی افزایش‌یافته است که نشان‌دهنده‌ی بهبود در عملکرد کارایی ایران است. درحالی‌که در این دوره تغییرات حاصله در کارایی تکنیکی (EC) نشان‌دهنده کاهش این متغیر (البته به میزان کم) است. علاوه بر این نتایج این مطالعه می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی به سیاست‌گذاران در فرآیند تصمیم‌گیری کمک کند، برای مثال مشاهداتی که نشان داد تغییر در ساختار اقتصاد (ارزش‌افزوده بخش‌های صنعت و خدمات) منجر به بهبود کارایی می‌شود یا این حقیقت که مصرف منابع تجدید پذیر باید به‌تدریج جانشین مصارف سوخت‌های فسیلی شود، هم‌چنین، اینکه کدام‌یک از اجزای کارایی کل عوامل هر استان در رشد آن سهم بیشتری داشته‌اند، می‌تواند مفید واقع شود.

به علاوه نتایج نشان می‌دهد که استان‌های ناکارا برای رسیدن به کارایی باید در سطح فعالیت‌های اقتصادی خود (ارزش‌افزوده بخش صنعت و خدمات) تغییر ایجاد کنند. و سطح مصرف سوخت‌های فسیلی باید به‌شدت کاهش یابد. همانطورکه سوزوکی و نیکامپ (۲۰۱۶ نیز اهمیت استفاده از

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

انرژی‌های تجدید پذیر دیده می‌شود. به‌علاوه نتایج پژوهش ژو و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان‌دهنده اهمیت کاهش مصرف انرژی فسیلی و اصلاح ساختار مصرف کشورهای APEC است. لذا بر اساس این نتایج سیاست گذاران می‌توانند در برنامه ریزی‌های خود سیاست‌های حمایتی از بخش‌های خاص اقتصادی یا گسترش منابع انرژی خاص را در نظر بگیرند.

به علاوه از انجایی که مصرف بهینه انرژی از عواملی مانند شرایط آب و هوایی و جغرافیایی نیز تاثیر می‌پذیرد برای بهبود کارایی استان‌های اردبیل، چهارمحال وبختیاری پیشنهاد می‌شود از سیاست های انرژی بر اساس ویژگی های اقلیمی مانند اکتساب گرما از داخل بنا استفاده شود همانطور که صبوری و رحیمی (۱۳۹۶) نیز به این موضوع اشاره نمودند.

مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی کارایی انرژی نشان می‌دهد که استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده ها به تنهایی نمی تواند ارزیابی صحیحی از عملکرد داشته باشد. زیرا این تکنیک امکان پیش گیری از خطا، در اندازه گیری را ندارد. هم چنین در این روش تغییر در تعداد و نوع ورودی ها وخروجی ها، نتایج حاصل از کارایی را تغییر می‌دهد لذا تحقیقات آتی در این زمینه می‌توانند برای ارزیابی صحیح کارایی یک چارچوب چند گانه که بتواند همه ی عوامل و شرایطی که کارایی را به صورت مستقیم یا غیر مستقیم تحت تاثیر قرار می‌دهند، را در نظر بگیرند. برای این منظور پیشنهاد می‌شود نتایج حاصل از نمرات کارایی DEA را با یکی از روش های تصمیم گیری چند معیاره مانند مدل MCDA که خطاهای مدل DEA را حداقل می‌کند و امکان ارزیابی کارایی را با استفاده از پارامتر های تاثیر گذار بر آن فراهم می‌سازد، ترکیب کنیم تا با در نظر گرفتن جنبه های مختلف موثر بر کارایی مانند شاخص های زیست محیطی، اجتماعی و سیاست گذاری، ارزیابی صحیح تر و دقیق تری از کارایی در زمینه انرژی داشته باشیم. به علاوه موارد دیگری از ورودی و خروجی‌ها مانند، مصرف سرانه انرژی، مالیات محیط‌زیست، تعداد خودروهای گازسوز و... نیز می‌تواند در نظر گرفته شود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

منابع

امامی میبدی، علی (۱۳۸۴)، "اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری (علمی کاربردی) " ، تهران، موسسه پژوهش‌های بازرگانی.

امامی میبدی، علی؛ آماده، حمید؛ امینی، فیروزه (۱۳۹۶)، "مقایسه کارایی فنی و زیست‌کارایی در نیروگاه‌های منتخب حرارتی کشور"، *فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، سال سوم، شماره۸ ۳۳-۶۷.

حقیقت، جعفر؛ انصاری‌لاری، محمدصالح؛ کیانی، پویان (۱۳۹۳)، "ارزیابی کارایی انرژی در بخش خانگی استان‌های کشور"، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، سال چهارم، شماره ۱۳، ۱۱۶-۸۹.

زیبا، فاطمه (۱۳۸۶)، "ارزیابی تغییر کارایی و رشد بهره‌وری انرژی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم کوئیست (مثال موردی از بخش توزیع صنعت برق ایران) "، *همایش ملی انرژی*، ششمین.

صبوری، صابر ؛ رحیمی، لیلا (۱۳۹۶)، "تحلیل زمانی آسایش اقلیمی شهرها با رویکرد کاهش مصرف انرژی: مطالعه موردی شهر تهران، تبریز، اصفهان، شیراز، یزد و بندرعباس"، *فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، سال سوم، شماره۶، ۷-۳۵.

Afsharian, M., and M. R. Alirezaee (2010). "Expanded global Malmquist index", *International Conference of DEA*, 8th, Olayan School of Business, American University of Beirut, Lebanon.

Alirezaee, M. R., Keshvari, A., and S.M. Hashemi (2005). "Evaluation of productivity growth with the help of the Malmquist Index with Data Envelopment Analysis Approach", *International Journal of Engineering Sciences of Iran University of Science and Technology*, 2(16), 145-154.

Alsahlawi, M. A (2013). "Measuring Energy Efficiency in GCC Countries Using Data Envelopment Analysis", *Journal of Business Inquiry*: Research, 12(1), 15–30.

Anderson, P., and N. Petersen (1993). "A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis", *Manag*. Sci. 39, 1261–1264.

Awerbuch, Berger (2003). "Estimated Impact of *Energy Price* Reform on Households in *Iran*", *IMF Country Report*, March 2010.

Bampatsou, C., Papadopoulos, S., and E. Zervas (2013). "Technical efficiency of economic systems of EU-15 countries based on energy consumption", *Energy Policy*, 55, 426–434.

Barros, C. P (2008). "Efficiency analysis of hydroelectric generating plants: A case study for Portugal", *Energy Economics*, 30(1), 59–75.

Bowlin, W. F (1998). "Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA) ", *the Journal of Cost Analysis*, 15(October), 3–27.

Camioto, Fla via de Castro., Moralles, Herick Fernando., Mariano, Enzo Barberio., Rebelatto, and Daisy Aparecida do Nascimento (2016). "Energy efficiency analysis of G7 and BRICS considering total-factor structure", *Journal of Cleaner Production*, 122, 67-77.

Caves, D.W., Christensen, L.R., and W.E. Diewert (1982). "The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1393–1414.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

Chien, T., and J. L. Hu (2007). "Renewable energy and macroeconomic efficiency of OECD and non-OECD economies", *Energy Policy*, 35(7), 3606–3615.

Dogan, N. O., and C. T. Tugcu (2015). "Energy efficiency in electricity production: A data envelopment analysis (DEA) approach for the G-20 countries", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(1), 246–252.

Emami meibodi, A. (1998). "Efficiency Considerations in the Electricity Supply Industry: The Case of Iran", *Athesis Submitted to university of Surry for the Degree of Philosophy*, may1998.

Fallahi, A., Ebrahimi, R., and S.F. Ghaderi (2011). "Measuring efficiency and productivity change in power electric generation management companies by using data envelopment analysis: A case study", *Energy*, 36, 6398-6405.

Fare, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., and P. Roose (1992). "Productivity change in Swedish analysis, Pharmacies 1980–1989: A nonparametric Malmquist approach", *Journal of Productivity*, 3, 85–102.

Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., and A. Zhang (1994). "Productivity growth, technical progress, and efficiency changes in industrial country", *American Economic Review*, 84: 66–83.

Filippini, M., and L. C. Hunt (2011). "Energy Demand and Energy Efficiency in the OECD Countries: A Stochastic Demand Frontier Approach", *the Energy Journal*.

Guo, Pibin. Qi, Xiaoyan, Zhou, Xijun. Li, and Wei (2017). "Total-factor energy efficiency of coal consumption: An empirical analysis of China's energy intensive industries", *Journal of Cleaner Production*, 10.1016/j.jclepro.2017.11.149.

Honma, S., and J. L. Hu (2008). "Total-factor energy efficiency of regions in Japan", *Energy Policy*, 36(2), 821–833.

Hosienzade, L.F., and H. Shokohi Amiri (2011). "Measuring and Ranking Provincial Payamnour University Efficiency using data envelopment analysis", *DEA National Conference*, 3.

Hu, J. L., and S. C. Wang (2006). "Total-factor energy efficiency of regions in China", *Energy Policy*, 34(17), 3206–3217.

Iran, O. for I. E. and T. A. of. (n.d.). *Reported by Stocks and Exchange Market*. Retrieved from http://www.investiniran.ir/fa/news/192

Iran. C. bank of T. I. R. of. (n.d.). *Statistics and data, national accounts* (2009-2013).

Jain, S., and T. Thakur (2010). "Efficiency assessment of state owned electricity generation companies in India using data envelopment analysis", *International Journal on Emerging Technologies*, 1(2), 32–35.

Jia, Y. P., and R. Z. Liu (2012). "Study of the Energy and Environmental Efficiency of the Chinese economy based on a DEA Model", *Procedia Environmental Sciences*, 13(2011), 2256–2263.

Kim, K.T. Deok, J.L. Park, S.J., and Y. Zhang (2015). "Measuring the efficiency of the investment for renewable energy in Korea using data envelopment analysis", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47; 2015, 694 –702.

Lu, C. C., Chiu, Y. H., Shyu, M. K., and J. H. Lee (2013). "Measuring CO2 emission efficiency in OECD countries: Application of the Hybrid Efficiency model", *Economic Modelling*, 32(1), 130–135.

Makridou, G. ., Andriosopoulos, K. ., Doumpos, M. ., and C. d. Zopounidis (2015). "A two-stage approach for energy efficiency analysis in European Union countries", *Energy Journal*, 36(2), 47–69.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]

Mobini, A. Hori Jafari, H., and A. Hamidinejad (2008). "Assessment of energy management in Iran and the world", *Journal of strategy*, 18, (51).

Motesadi, S. (n.d.). *Budget law of the 5th and 6th Development Plans*. Retrieved from http://www.shana.ir/fa/newsagency/247557/

Perez, K., Gonza´lez-Araya, M. C., and A. Iriarte (2017). "Energy and GHG emission efficiency in the Chilean manufacturing industry: Sectoral and regional analysis by DEA and Malmquist indexes", *Energy Economics*.

Sag˘lam, Ümit (2017). "A two-stage data envelopment analysis model for efficiency assessments of 39 state's wind power in the United States", *Energy Conversion and Management*, 146, 52-67.

Soltani, M., Sayadi, A., Mehregan, M., and M. Abedi (2013). "A Comprehensive Approach DEA-AP for Iran's Iron Ore Mining effieciency Ratings", (2), 3.

Suzuki, S., and Peter. Nijkamp (2016). "An evaluation of energy-environment-economic efficiency for EU, APEC and ASEAN countries: Design of a Target-Oriented DFM model with fixed factors in Data Envelopment Analysis", *Energy Policy*, 88,100-112.

Toloi Ashlaghi, A., and M. Hosieni (2007). "Evaluate the efficiency of the provincial gas companies with usage data envelopment analysis", *Journal of Technical*, 38.

Vaninsky, A. (2006). "Efficiency of electric power generation in the United States: Analysis and forecast based on data envelopment analysis", *Energy Economics*, 28(3), 326–338.

Vlahinić-Dizdarević, N., and A. Šegota (2012). "Total-factor energy efficiency in the EU countries", *Zbornik Radova Ekonomskog Fakultet Au Rijeci*, 30(2), 247–265.

Wei, Y. M., Liao, H., and Y. Fan (2007). "An empirical analysis of energy efficiency in China's iron and steel sector", *Energy*, 32, 2262–2270.

Wu, Ai-Hua., Cao, Yan-Ying., and Bo. Liu (2014). "Energy efficiency evaluation for regions in China: an application of DEA and Malmquist indices", *Energy Efficiency*, 7,429–439.

Yearbook, I. S. (n.d.). *Statistical Center of Iran*, Tehran, Iran.

Yeh, T., Chen, T., and P. Lai (2010). "A comparative study of energy utilization efficiency between Taiwan and China", *Energy Policy*, 38(5), 2386–2394.

Zhang, X. P., Cheng, X. M., Yuan, J. H., and X. J. Gao, (2011). "Total-factor energy efficiency in developing countries", Energy Policy, 39(2), 644–650.

Zhou, D.Q., Meng, F.Y., Bai, Y., and S.Q. Cai (2016). "Energy efficiency and congestion assessment with energy mix effect: The case of APEC countries", Journal of Cleaner Production, 1-10.

Zhou, P., Ang, B. W., and D. Q. Zhou (2012). "Measuring economy-wide energy efficiency performance: A parametric frontier approach", Applied Energy, 90(1), 196–200.

Zhou, P., Ang, B. W., and K. L. Poh (2008). "Measuring environmental performance under different environmental DEA technologies", Energy Economics, 30(1), 1–14.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2025-08-23]