

## کارایی انرژی در استان‌های ایران: تحلیل پوششی داده‌ها

سیاب ممی‌پور

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

مجید فشاری

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

علی ناظمی

استادیار اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران  
(نویسنده مسئول)  
a\_nazemi78@yahoo.com

فاطمه کریمی

کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی  
اجتماعی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران  
fateme\_karimi1369@yahoo.com

هدف اصلی این پژوهش ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی ۳۰ استان ایران با بهره‌گیری از رویکردهای مختلف تحلیل پوششی داده‌ها و نیز روش اندرسون و پترسون طی دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ می‌باشد. برای این منظور از ترکیب داده‌های مختلف ورودی (شامل مصرف کل انرژی، نیروی کار، موجودی سرمایه، مصرف سوخت‌های فسیلی و مصارف تجدیدپذیر) و خروجی‌های اقتصادی (شامل تولید ناخالص داخلی، ارزش افزوده بخش صنعت و خدمات)، 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 (مدل M4) برخلاف مدل‌های ساده در نظر گرفته‌اند. همچنین بررسی شاخص مالم کوینست (MI) در بین استان‌های ایران نشان‌دهنده بهبود کارایی در استان‌های اصفهان، تهران، بوشهر، ایلام، خراسان رضوی، خوزستان، قزوین، مرکزی، کهگیلویه و بویراحمد و هرمزگان است. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، مهمترین پیشنهاد سیاستی پژوهش به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان 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 پوششی داده‌ها، کارایی انرژی، شاخص مالم کوینست، روش اندرسون و پترسون.

## 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. در نتیجه امروزه کارایی انرژی به‌عنوان جز اساسی در سیاست‌های توسعه پایدار شناخته می‌شود تا تعادلی بین رشد اقتصادی، امنیت انرژی و محیط‌زیست پایدار ایجاد کند (ماکریدو و همکاران<sup>۱</sup>، 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 کارایی انرژی را پیش از پیش آشکار می‌سازد (مبینی و همکاران، ۱۳۸۸).

تاکنون در زمینه‌ی ارزیابی کارایی انرژی در مناطق مختلف جهان مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است. در ابتدا شدت انرژی، شاخص اصلی برای ارزیابی کارایی انرژی به شمار می‌رفت؛ اما مطالعات دیگر نشان داد که تغییرات شدت انرژی تنها نمی‌تواند به کارایی انرژی نسبت داده شود و عوامل مهم دیگری نیز وجود دارند که بر آن مؤثرند (فیلیپین و هانت<sup>۲</sup>، ۲۰۱۱). هم‌چنین سایر مطالعات نیز بیشتر با در نظر گرفتن ورودی و خروجی‌هایی مانند مصرف کل انرژی، نیروی کار و تولید ناخالص داخلی به ارزیابی کارایی انرژی پرداختند لذا به نظر می‌رسد باید چشم‌انداز اقتصادی اجتماعی گسترده‌تری برای ارزیابی دقیق کارایی انرژی در نظر گرفته شود. در این

- 
1. Makrido & et al
  2. Filippini & Hunt

پژوهش برای ارزیابی کارایی انرژی از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۱</sup> استفاده شده است. تحلیل پوششی داده‌ها، شامل تکنیک‌ها و روش‌هایی برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده<sup>۲</sup> است. در واقع 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 کارایی انرژی به کار گرفته شده است. همانطور که هونما و هو<sup>۳</sup> (۲۰۰۸) این روش را برای بررسی کارایی انرژی مناطق مختلف ژاپن با در نظر گرفتن 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<sup>۴</sup> به کار بردند. یا ژانگ و چنگ<sup>۵</sup> (۲۰۱۱) که با استفاده از تکنیک‌های مختلف DEA با در نظر گرفتن ورودی‌های نیروی کار، سرمایه و مصرف انرژی و خروجی GDP به ارزیابی کارایی کشورهای توسعه یافته پرداختند.

در این مطالعه با انتخاب مجموعه‌ای از ورودی و خروجی‌ها که بتوانند ویژگی‌های چندبعدی و جنبه‌های مختلف اثرگذار بر کارایی انرژی را شامل شوند در قالب ۴ مدل به ارزیابی کارایی انرژی مناطق مختلف ایران با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته می‌شود و بدین ترتیب استان‌های کارا و ناکارا از هم متمایز می‌شوند؛ اما از آنجاکه در مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها به دلیل عدم ایجاد رتبه‌بندی کامل بین واحدهای کارا امکان مقایسه واحدهای مزبور به راحتی فراهم نمی‌شود. لذا نیاز به رتبه‌بندی واحدهای کارا و حفظ میزان عدم کارایی واحدهای ناکارا اجتناب‌ناپذیر است. به همین منظور از تکنیک اندرسون - پیترسون<sup>۶</sup>

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

استفاده می‌شود تا امکان رتبه‌بندی واحدهای کارا نیز وجود داشته باشد. سپس با به‌کارگیری شاخص مالم کوئیست<sup>۱</sup> نا پارامتری، رشد بهره‌وری مناطق مختلف در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ تحت مدل M4 (شامل ورودی‌های مصرف سوخت‌های فسیلی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، نیروی کار و موجودی سرمایه و خروجی‌های ارزش افزوده 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 و تحلیل 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 تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی بخش‌های مختلف انرژی در بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار گرفت. به‌طور کلی مسائل کارایی انرژی را می‌توان از نظر جنبه‌های روش‌شناسی، بر اساس ویژگی‌های ورودی و خروجی، بازدهی نسبت به مقیاس، بهره‌گیری از شاخص مالم کوئیست و غیره دسته‌بندی کرد. در نتیجه در این مطالعه با در نظر گرفتن همه‌ی موارد فوق مطالعات کارایی انرژی بر اساس روش‌های ارزیابی کارایی به ۲ دسته تقسیم می‌شوند.

○ دسته اول: روش‌های سنتی محاسبه کارایی

دسته اول تنها با در نظر گرفتن متغیرهای مطلوب به ارزیابی کارایی می‌پردازند لذا فاکتورهای سنتی شاخص کارایی انرژی، بیش از حد ساده‌اند و می‌توانند گمراه‌کننده باشند. یکی از مدل‌های اصلی DEA که نشان‌دهنده بازدهی ثابت نسبت به مقیاس<sup>۲</sup> است و به‌عنوان یک روش ساده برای

5. Malmquist Index

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

ارزیابی کارایی شناخته می‌شود مدل CCR است. دوگان و توگان<sup>۱</sup> (۲۰۱۵)، کارایی انرژی کشورهای G-20 را با این مدل از نظر تولید برق در ۵ دوره از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۱ مورد مطالعه قراردادند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد در این پنج دوره، چین و روسیه کارآمدترین کشورهای این گروه می‌باشند.

در حالی که بامپاتسو و زرواز<sup>۲</sup> (۲۰۱۳)، کارایی انرژی کشورهای اتحادیه اروپا را قبل و بعد از ادغام انرژی هسته‌ای با این روش مورد بررسی قراردادند و نشان دادند که ادغام انرژی هسته‌ای به سبب عرضه انرژی کشورها تأثیر منفی بر میزان کارایی آن‌ها می‌گذارد. جین و تاکر<sup>۳</sup> (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<sup>۴</sup> (۲۰۱۳)، در بررسی‌های خود در زمینه‌ی اندازه‌گیری کارایی انرژی کشورهای GCC<sup>۵</sup> و ارتباط بین رشد اقتصادی و تنظیم سیاست‌های انرژی به این نتیجه رسید که کشورهای GCC باید سیاست‌های انرژی خود را معطوف به کارایی انرژی کنند.

در همین راستا ساگلام<sup>۶</sup> (۲۰۱۷) نیز یک مدل دو مرحله‌ای DEA را برای ارزیابی کارایی نسبی نیروگاه‌های بادی در ۳۹ ایالت آمریکا به کار گرفته است. در این مطالعه هر دو رویکرد ورودی محور و خروجی محور تحت دو الگوی CCR و BCC استفاده شدند به‌علاوه برای سنجش دقت نتایج به‌دست آمده 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

می‌گیرند هم چنین 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 تجزیه و تحلیل مقطعی است یعنی مقایسه DMU ها در همان زمان، درحالی که در مورد بخش‌های مختلف انرژی علاقه‌ی زیادی به بررسی تغییر کارایی در طول زمان وجود دارد که روش مالم کوئیست نا پارامتری چنین تجزیه و تحلیلی را برای ارزیابی تغییرات کارایی در طول زمان انجام می‌دهد؛ در این رابطه هیو و وانگ<sup>۱</sup> (۲۰۰۶)، با بررسی کارایی انرژی ۲۹ منطقه از چین طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۰۲ دریافتند که مناطق مرکزی چین کارایی انرژی 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 مالم کوئیست به ارزیابی رشد بهره‌وری بخش صنعت ۱۷ کشور آسیایی (به‌ویژه ایران) طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۹ پرداختند. وو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۴) با استفاده از شاخص مالم کوئیست و DEA کارایی انرژی ۳۰ استان و منطقه مستقل کشور چین را مورد بررسی قرار دادند. 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<sup>۳</sup> (۲۰۱۷) با به کارگیری رویکرد DEA و شاخص مالم کوئیست به بررسی کارایی انرژی 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<sup>۴</sup>، آيسان<sup>۵</sup> و لاآراکانیا<sup>۶</sup> 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

بیشترین کارایی و صنایع غذا، نوشیدنی، منسوجات و مواد معدنی غیرفلزی از کمترین میزان کارایی برخوردار شدند. هم‌چنین کامیوتو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از روش ساختار کل عوامل به ارزیابی کارایی انرژی کشورهای گروه<sup>۲</sup> BRICS و G7<sup>۳</sup> 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 می‌کند و برزیل در این گروه بالاترین شاخص کارایی انرژی را دارد. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد در کشورهای گروه BRICS روند بهبود کارایی ناشی از سرمایه‌گذاری بیشتر روی تکنولوژی‌های کم‌مصرف است در حالی که 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 مورد بررسی قرار دادند. 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 پتروشیمی ۰/۷۱۷ و کارایی انرژی این صنعت ۰/۶۸۸ است در نتیجه در این صنعت ۳۱ درصد در زمینه مصرف انرژی اتلاف انرژی صورت گرفته است. هم‌چنین امامی و همکاران (۱۳۹۶) نیز با استفاده از روش DEA (مدل خروجی محور) به مقایسه کارایی فنی و زیست کارایی نیروگاه‌های منتخب حرارتی ایران، با در نظر گرفتن نهاده‌های نیروی کار، ظرفیت نصب شده و سوخت مصرفی و ستانده‌های تولید برق، انتشار CO<sub>2</sub> و انتشار SO<sub>2</sub> پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد میانگین کارایی فنی نیروگاه‌ها بین ۸۴/۷ - ۸۸/۴ درصد است و میانگین

- 
1. Camiato & 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)

زیست‌کارایی بین ۸۵/۷ تا ۹۰/۱۱ درصد می‌باشد همچنین بهره‌وری زیست‌محیطی نیروگاه‌ها طی این ۵ سال نوسان داشته و در نهایت افزایش یافته است.

گوا و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۷) نیز با استفاده از روش DEA کارایی مصرف زغال‌سنگ در ۶ صنعت انرژی بر چین را در سال ۲۰۱۵ مورد ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش کارایی مصرف زغال به دودسته کارایی اقتصادی و زیست‌محیطی تقسیم شده 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 از آنجا که 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 قابل توجهی این مسئله را حل کرده‌اند. روستو و سیمپل<sup>۲</sup> (۱۹۹۵) نیز تکنیکی را برای رتبه‌بندی واحدهای کارا به کار بردند 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 سنگ آهن ایران طی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۰ استفاده کردند. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش معدن سنگ آهن میشدوان در سه سال متوالی ۱۳۸۸-۱۳۹۰ دارای بهترین رتبه بوده و از بالاترین مقدار کارایی برخوردار بوده است. حقیقت و همکاران (۱۳۹۳)، نیز با در نظر گرفتن متغیرهای مصرف انرژی، قیمت واقعی انرژی، جمعیت،

---

1. Guo & et.al

1. Romeo & Simpel

درآمدسرانه و درجه روزهای گرم و سرد با استفاده از روش مرزی تصادفی<sup>۱</sup> (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 کارایی انرژی در بخش خانگی هستند. در مطالعه‌ای دیگر فیض پور و اسفندآبادی (۱۳۹۶)، به بررسی تمایزات منطقه‌ای 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 مورد استفاده از DEA برای تجزیه و تحلیل کارایی انرژی اغلب مطالعات کارایی انرژی را در سطح یک صنعت مورد بررسی قرار دادند و مقالات کمی روی بررسی عملکرد کارایی در سطح مناطق مختلف یک کشور متمرکز شده‌اند. یکی از دلایل مهم این موضوع این واقعیت است که اطلاعات مورد نیاز برای بررسی در سطح کشور (به خصوص در کشورهای در حال توسعه) در دسترس نیست. با این حال توسعه شاخص‌های عملکرد مناسب برای نظارت بر روند کارایی انرژی در طول زمان در یک کشور یا منطقه و مقایسه آن با کارایی انرژی در سطح بین‌الملل بسیار مهم است. به علاوه تفاوت این مطالعه با بررسی‌های گذشته در آن است که اولاً، در این مطالعه، سعی شده با به کارگیری روش‌های سنتی (CCR و BCC)<sup>۲</sup> و نوین محاسبه کارایی (مالم کوئیست) به صورت جامع به ارزیابی کارایی انرژی در مناطق مختلف ایران پرداخته شود. به عبارت دیگر کارایی انرژی هم به صورت مقطعی و هم در طول زمان مورد ارزیابی قرار گیرد. و ثانیاً، رتبه‌بندی واحدهای کارا

## 2. Stochastic frontier analysis

1. VRS model is also called BCC (Banker, Charnes, and Cooper) model.

نیز صورت گرفته است. در حال حاضر، به‌ندرت در ادبیات مربوطه مطالعه‌ای در مورد کارایی انرژی 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<sup>۱</sup>

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

##### ۲. کارایی تخصیصی<sup>۲</sup>

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<sup>۳</sup>

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

این نوع کارایی، حاصل ضرب 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 میدی، ۱۳۸۴).

### روش‌های ارزیابی کارایی

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

#### ۱. روش‌های پارامتری<sup>۱</sup>

به روش‌هایی اطلاق می‌گردد که در آن ابتدا یک تابع تولید (هزینه، سود و ...) برای واحدهای مورد بررسی 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<sup>۲</sup>

در روش‌های نا پارامتری همانند تحلیل پوششی داده‌ها نیازی به تصریح 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 میدی، ۱۹۹۸).

---

3. Parametric Method

1. Non Parametric Method

### تحلیل پوششی داده‌ها

یکی از روش‌های متداول برای محاسبه کارایی، روش تحلیل پوششی داده‌ها 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 به صورت نسبی موردسنجش قرار می‌دهد (کیم و همکاران<sup>۱</sup>، 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. به‌طور کلی 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.

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \frac{UY}{VX} \\ \text{s.t} \quad & \left( \frac{UY_j}{VX_j} \right) \leq 1 \\ & U, V \geq 0 \quad j=1,2,\dots,N \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن  $Y$  بردار خروجی‌ها،  $X$  بردار ورودی‌ها،  $U$  وزن خروجی‌ها و  $V$  وزن ورودی‌ها است؛ اما از آنجا که مدل فوق غیرخطی است و با روش‌های معمول برنامه‌ریزی خطی قابل حل نیست می‌توان آن را با در نظر گرفتن قید  $VX=1$  به فرم خطی به صورت زیر تبدیل کرد.

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

با تشکیل دوگان، مسئله فوق به صورت زیر درمی‌آید:

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

که در آن  $\theta$  یک کمیت عددی و  $\lambda$  برداری  $N \times 1$  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،  $\theta$  بین صفر و یک برآورد می‌شود. در این مطالعه از مدل پوششی تحلیل پوششی داده‌ها که توسط ماکریدو و همکاران (۲۰۱۵) ارائه شده، استفاده شده است؛ بنابراین ابتدا با استفاده از الگوی CCR به ارزیابی کارایی استان‌ها پرداخته می‌شود. برای این منظور از الگوی برنامه‌ریزی خطی زیر استفاده می‌شود.

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

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

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

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

است (بولین<sup>۱</sup>، ۱۹۹۸). از آنجا که 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. از این رو، الگوی VRS با اضافه کردن قید تحدب به الگوی CRS به دست می‌آید. در اینجا نیز با در نظر گرفتن الگوی BCC به رتبه‌بندی استان‌ها پرداخته می‌شود. برای این منظور نیز کافی است محدودیتی به فرم  $N=1\lambda_2+\dots+\lambda_1+\lambda$  به مدل ۴ اضافه شود. علاوه بر این یکی 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 استفاده شده است.

### رتبه‌بندی کامل با استفاده از تکنیک اندرسون و پترسون

مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها به دلیل عدم ایجاد رتبه‌های کامل بین واحدهای کارا امکان مقایسه واحدهای مزبور را به راحتی فراهم نمی‌آورد. زیرا در این مدل‌ها به همه واحدهای تصمیم‌گیرنده 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 - پترسون) 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

واحد تصمیم‌گیرنده از خودواحد تصمیم‌گیرنده، برای ایجاد واحد نشانه بهره می‌گیرند. از این رو چون واحدهای ناکارا در شکل‌گیری مرز کارایی تأثیرگذار نیستند، از این رو 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 به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{Min } z_o &= \theta \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\leq \theta x_{io} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \\ j &\neq o \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &\geq y_{ro} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \\ j &\neq o \\ \lambda_j &\geq 0 \quad \theta \text{ free, } j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (6)$$

### شاخص مالِم کوئیست

شاخص DEA-Malmquist معمولاً برای اندازه‌گیری تغییرات کارایی کل عوامل در دوره‌های مختلف استفاده می‌شود. ابتدا کاوس و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۸۲)، اولین نوع شاخص مالِم کوئیست را معرفی نمودند. سپس فار و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۹۲)، با در نظر گرفتن فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس به اندازه‌گیری شاخص مالِم کوئیست پرداختند (مدل<sup>۳</sup> FGLR). آن‌ها تغییرات تکنولوژی<sup>۴</sup>

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

و تغییرات کارایی فنی<sup>۱</sup> را به‌عنوان دو مؤلفه اصلی تغییرات بهره‌وری در طول زمان تعیین کردند. متعاقباً فار و همکاران (۱۹۹۴) با در نظر گرفتن فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس، شاخص مالم کویشت را گسترش دادند (مدل<sup>۲</sup> FGZ) و فاکتورهای مهم دیگری از جمله کارایی مدیریتی<sup>۳</sup> و کارایی مقیاس<sup>۴</sup> را به آن اضافه نمودند. لذا چنین رویکردی ابزاری مفید برای تصمیم‌گیری در مورد کارایی انرژی در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی عملکرد بخش‌های صنعتی مورد استفاده قرار گرفته است مانند ویا و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۷) که این روش را برای بررسی تغییرات کارایی انرژی در بخش‌های فولاد و آهن در چین به کار گرفتند. به‌علاوه هیو و وانگ (۲۰۰۶)، با استفاده از این تکنیک به ارزیابی کارایی انرژی 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 گرفته شده و شاخص مالم کویشت به دو جز عمده یعنی تغییرات تکنولوژی و تغییرات کارایی تفکیک می‌شود. هم‌چنین طبق مدل FGZ هر دو تکنولوژی CRS و VRS را به‌منظور شکستن شاخص مالم کویشت به دو جز تغییرات کارایی مدیریتی و تغییرات کارایی مقیاس به کار برده می‌شود (افشاریان و علیرضایی، ۲۰۱۰).

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

کارایی که از طریق مدل DEA به دست می‌آید، قابل محاسبه است. در نتیجه شاخص بهره‌وری مال‌کوئیست را می‌توان با چهار تابع مسافت به صورت زیر بیان نمود.

$$M_i^{t+1}(q^{t+1}, x^{t+1}, q^t, x^t) = \left[ \frac{D_i^t(q^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^t(q^t, x^t)}, \frac{D_i^{t+1}(q^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^{t+1}(q^t, x^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

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 به صورت زیر ارائه نمود:

$$M_i^{t+1}(q^{t+1}, x^{t+1}, q^t, x^t) = \frac{D_i^{t+1}(q^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^t(q^t, x^t)} \cdot \left[ \frac{D_i^t(q^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^{t+1}(q^{t+1}, x^{t+1})} \cdot \frac{D_i^t(q^t, x^t)}{D_i^{t+1}(q^t, x^t)} \right]^{\frac{1}{2}} = Ec \times Tc \quad (8)$$

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 مال‌کوئیست بزرگ‌تر از یک باشد نشان‌دهنده آن است که واحد موردنظر رشد نموده است. ولی اینکه آیا رشد مشاهده شده 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) مال‌کوئیست (ورودی-محور<sup>۱</sup>) بین دوره زمانی ۱۳۸۸-۱۳۹۲ استفاده شده است.

### معرفی متغیرها و پایگاه داده‌های تحقیق

برای تجزیه و تحلیل 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

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 کارایی انرژی 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 کارایی انرژی در قسمت‌های مختلف ایران در این دوره لازم است تا عوامل ناکارایی انرژی به تفکیک استان‌ها با نگاهی موشکافانه و تجزیه‌شده مورد بررسی 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 به دست آمده است. داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی و ارزش افزوده بخش‌های صنعت و خدمات نیز به تفکیک استان‌ها از سالنامه آماری منتشر شده توسط مرکز آمار ایران گردآوری شد. انتخاب مجموعه‌ای از ورودی - خروجی‌ها که بتوانند ویژگی‌های چندبعدی و جنبه‌های مختلف کارایی انرژی 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 پیشنهاد شده توسط ماکریدو و همکاران (۲۰۱۵) انتخاب شده‌اند.

جدول ۱. متغیرهای ورودی و خروجی

خروجی‌های مدل	ورودی‌های مدل
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 کل انرژی (شامل مصرف برق+مصرف سوخت‌های فسیلی)- (میلیون بشکه معادل نفت خام)
ارزش افزوده بخش صنعت عبارت است از تفاوت بین ارزش ستانده و مصرف واسطه در هر فعالیت اقتصادی را ارزش افزوده ناخالص می‌گویند. - (میلیارد ریال)	مصرف سوخت‌های فسیلی شامل مصارف بنزین+نفت سفید+نفت گاز+ نفت کوره+گاز طبیعی+زغال سنگ+گاز کک+گاز کوره بلند- (میلیون بشکه معادل نفت خام)
ارزش افزوده بخش خدمات (گروه خدمات شامل ارزش افزوده بخش‌های رستوران و هتلداری-حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات -واسطه‌گری‌های مالی - خدمات عمومی، اجتماعی، شخصی و خانگی) - (میلیارد ریال)	مصرف انرژی‌های تجدید پذیر (شامل تولید (برق آبی+ برق خورشیدی+ برق بادی+ بیوگاز) که معادل مصرف در نظر گرفته شده‌اند). - (میلیون بشکه معادل نفت خام)
	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 ضرب در ۱۰۰ - (درصد)
	موجودی سرمایه (عبارت است از مجموعه کالاهای سرمایه‌ای فیزیکی مشهود کشور که قابل اندازه‌گیری بوده و در فرایند تولید کالاهای 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 ارزش افزوده بخش‌های صنعت و خدمات و تولید ناخالص داخلی به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۹۰ محاسبه شدند.

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

#### ۴. نتایج تجربی

در این بخش نتایج حاصل از به کارگیری مدل‌های مختلف DEA و شاخص مال‌کوئست مورد بررسی قرار می‌گیرند. در بخش ۴-۱ برای تجزیه و تحلیل کارایی، از ۴ مدل که شامل ترکیبات مختلفی از ورودی‌ها و خروجی‌ها است تحت دو الگوی CCR و BCC استفاده می‌شود. هم‌چنین در بخش ۴-۲ روش اندرسون-پترسون (مدل CCR و BCC ورودی محور) برای رتبه‌بندی واحدهای کارا به کار گرفته شده است. تمامی نتایج با استفاده از نرم‌افزار GAMS به دست آمده‌اند. در بخش ۴-۳ شاخص مال‌کوئست برای مدل M4 با استفاده از نرم‌افزار DEAOS محاسبه می‌شود.

#### نتایج DEA

در این مطالعه برای تجزیه و تحلیل کارایی، از ۴ مدل که شامل ترکیبات مختلفی از ورودی‌ها و خروجی‌ها است، استفاده می‌شود. جهت رعایت اختصار این مدل‌ها با نام‌های M1، M2، M3 و M4 نشان داده می‌شوند. در مدل‌های M1 و M2 تولید ناخالص داخلی به عنوان خروجی در نظر گرفته می‌شود. همانند بیشتر پژوهش‌ها در این زمینه مانند مطالعات بامپاتسو و زرواز (۲۰۱۳)، چین و هو (۲۰۰۷)، هونما و هو (۲۰۰۸)، جیا و لیا<sup>۱</sup> (۲۰۱۰)، لیو و همکاران (۲۰۱۳)، و لاهینگ و سگوتا (۲۰۱۲)، یه چن و لیا<sup>۲</sup> (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 ارزش افزوده بخش صنعت و خدمات طبق نظر ماکریدو و

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

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

در این مطالعه دو رویکرد برای متغیرهای ورودی استان‌های ایران در نظر گرفته شده 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 به عنوان ورودی در نظر گرفته می‌شود که منطبق با تابع تولید  $Q = f(K, L, E)$  است؛ که در آن  $Q$  محصول ناخالص داخلی،  $K$  نهاد سرمایه،  $L$  نهاد نیروی کار و  $E$  نهاد انرژی است. فیض پور و اسفندآبادی (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 تجزیه شده از ترکیب انرژی هر استان را ارائه کند. در اغلب مطالعاتی که به بررسی کارایی انرژی با استفاده از تکنیک DEA می‌پردازند، نیروی کار، سرمایه و مصرف کل انرژی به عنوان ورودی در نظر گرفته شده‌اند؛ مانند مطالعات باروس<sup>۱</sup> (۲۰۰۸)، و لاهینگ (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 به عنوان 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 اختصاص یافته، کارایی بیشتری دارند. مدل‌های به کار گرفته شده در

---

1. Baros

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

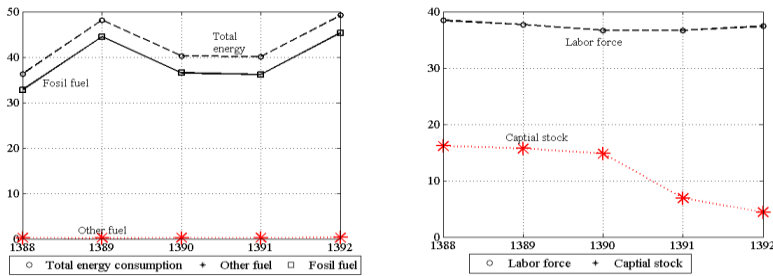
جدول ۲. مدل‌های M1، M2، M3، M4 و برحسب نوع ورودی و خروجی

	M1	M2	M3	M4
	مصرف کل انرژی	مصرف سوخت‌های فسیلی	مصرف کل انرژی	مصرف سوخت‌های فسیلی
ورودی	نیروی کار موجودی سرمایه	مصرف انرژی تجدیدپذیر نیروی کار موجودی سرمایه	نیروی کار موجودی سرمایه	مصرف انرژی تجدید نیروی کار موجودی سرمایه
	تولید ناخالص داخلی	تولید ناخالص داخلی	ارزش افزوده بخش صنعت	ارزش افزوده بخش صنعت
خروجی			ارزش افزوده بخش خدمات	ارزش افزوده بخش

در شکل ۱ سیر تکاملی متغیرهای ورودی انتخاب شده در دوره مورد بررسی نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل سمت راست دیده می‌شود، مصرف کل انرژی در ایران بسیار بالا است؛ که طبق آمار IEA<sup>۱</sup> 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 کاهش یافته است اما یک جهش صعودی در سال ۱۳۹۲ در مصرف انرژی دیده می‌شود. هم‌چنین

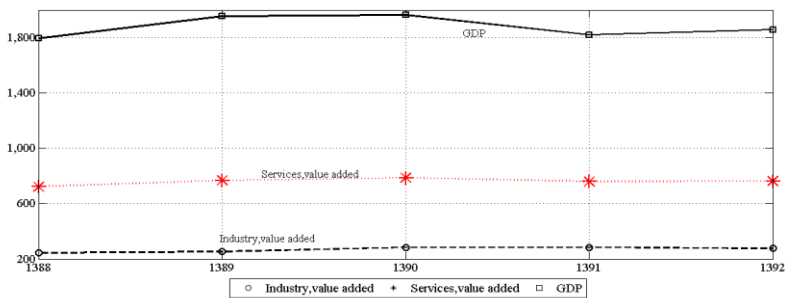
2. International Energy Agency

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 ارزان قیمت است در نتیجه قیمت‌های بالاتر انرژی منجر به تنوع منابع انرژی در ایران خواهد گردید (آورباگ<sup>۱</sup>، 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 مورد بررسی نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود تولید ناخالص داخلی تا سال ۹۰ روند افزایشی داشته و پس از آن که شامل دوره سه‌ساله تشدید تحریم‌های غرب است، کاهش یافته است. به طوری که 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 ارزش افزوده بخش‌های صنعت و خدمات تقریباً روند مشابهی دارند به طوری که در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۰، به ترتیب ۱۴/۸ و ۲۳/۴ درصد افزایش و در دوره ۱۳۹۰-۱۳۹۲، ۶/۵ و ۵/۸ درصد کاهش یافته‌اند.

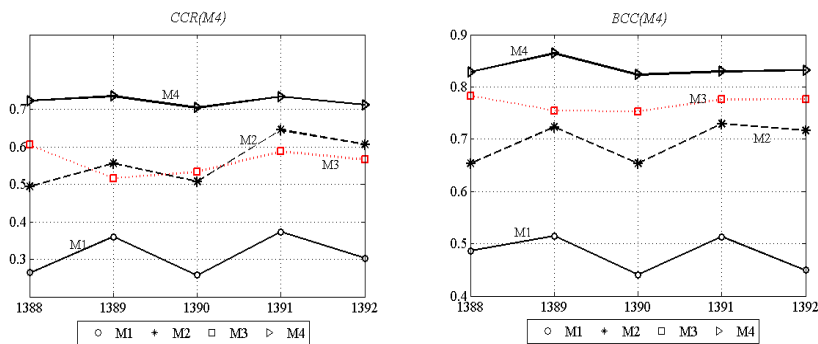


شکل ۲. روند تغییرات متغیرهای خروجی در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲

در شکل ۳ میانگین نمرات کارایی دو الگوی CCR و BCC در دوره‌ی مورد بررسی نشان داده شده 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 در روش 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 پس از آن سیر صعودی پیدا کرده‌اند. هم‌چنین در مدل M4 که در مقایسه با مدل M1، ارزش افزوده بخش‌های صنعت و خدمات، جایگزین GDP شده‌اند نمرات کارایی بالاتری به دست آمده است. هم‌چنین مدل M2 نیز در مقایسه با مدل M3 با در نظر گرفتن 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، در نتیجه به نظر می‌رسد در نظر گرفتن 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. در حالی که برای استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان شمالی و جنوبی این نسبت کمتر از ۲۰ درصد است. در مدل M2 این نسبت برای اکثر قریب به اتفاق استان‌ها بالای ۸۰ درصد است. در

مدل M3، نسبت بازدهی ۵۳ درصد از استان‌ها، بالای ۸۰ درصد شده است. در مدل M4 نیز این نسبت برای اکثر قریب به اتفاق 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 داده شده است. در مدل M4 که ساختار اقتصاد به‌صراحت در نظر گرفته شده و به‌جای تولید ناخالص داخلی، ارزش افزوده بخش‌های صنعت و خدمات منظور گردیده، تعداد استان‌های کارا افزایش یافته 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 افزایش یافته است. هم‌چنین مقایسه میانگین نمرات کارایی در طی دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ و ۱۳۹۱-۱۳۹۲ حاکی از این است که در میزان کارایی انرژی استان‌ها در دو سال اخیر با وجود اجرایی شدن طرح هدفمندی یارانه‌ها تغییر محسوسی ایجاد نشده است.

همچنین کمترین میزان کارایی، تحت الگوی CCR مربوط به استان‌های اردبیل، چهارمحال و بختیاری، خراسان شمالی، کهگیلویه و بویراحمد و گیلان است. از آنجایی که مصرف بهینه انرژی از عواملی مانند شرایط آب‌وهوایی، جغرافیایی و ... نیز متأثر می‌گردد، به نظر می‌رسد بخش قابل توجهی 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. همانطور که حقیقت و همکاران (۱۳۹۳)، نیز در پژوهش خود پیرامون ارزیابی کارایی انرژی با استفاده از روش مرزی تصادفی در بخش خانگی استان‌های ایران دریافتند که استان‌های ایلام، سیستان بلوچستان اردبیل و بوشهر دارای کمترین کارایی انرژی 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

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

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

مأخذ: محاسبات تحقیق

در جدول ۴ همبستگی بین نمرات کارایی تخمین زده شده تحت ۴ مدل و شدت انرژی محاسبه شده است. همانطور که مشاهده می شود همبستگی قوی منفی بین مدل های M1 و M2 که GDP را به عنوان خروجی در نظر گرفتند با شدت انرژی وجود دارد ( $P\text{-value} < 0.001$ ). به این معنا که مدل های M1 و M2 با شدت انرژی در جهت عکس هم تغییر می کنند و با افزایش یکی مقدار دیگری کاهش می یابد. این مقدار همبستگی منفی در مدل ها، تحت الگوی CCR بیشتر از الگوی BCC است. این در حالی است که برای مدل های M3 و M4 که ورودی و خروجی های 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 مدل های M1، M2 و M3 در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۲ نشان داده شده است. در مدل های M1 و M2، GDP

به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شده است. هونما و هو (۲۰۱۱)، نیز با در نظر گرفتن GDP به ارزیابی کارایی مناطق مختلف ژاپن پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از استان‌های ناکارآمد در ژاپن، در حال توسعه‌اند 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 کارایی انرژی برای نمونه‌های مختلف پرداختند؛ و نمرات بالاتری را نسبت به پژوهش فعلی به دست آوردند که این تفاوت می‌تواند به دلیل نوع متغیرهای مورد استفاده، شرایط نمونه در نظر گرفته شده و روش تجزیه و تحلیل باشد. لذا باید توجه داشت که در طراحی و اجرای سیاست‌های بهبود کارایی انرژی باید تعاملات بین اقدامات مختلف اقتصادی، زیست محیطی 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

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

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

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 (ارزش افزوده بخش صنعت و خدمات) تغییر ایجاد کنند. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که سطح مصرف سوخت‌های فسیلی باید به شدت 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. همانطور که سوزوکی و نیکامپ (۲۰۱۶) در پژوهش خود پیرامون ارزیابی کارایی اقتصادی-

زیست‌محیطی انرژی در کشورهای EU و (A and A)<sup>۱</sup> ASEAN and APEC دریافتند برای بهبود کارایی، یا باید فناوری‌های فعلی انرژی با فناوری‌های تجدیدپذیر جایگزین شوند و یا از تکنولوژی‌های تولیدی کارا تر استفاده نمایند در نتایج پژوهش حاضر نیز اهمیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر دیده می‌شود. به علاوه نتایج پژوهش ژو و همکاران (۲۰۱۶) در مورد ارزیابی تراکم و کارایی انرژی 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	ارزش افزوده	ارزش افزوده 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 اختصاص یافته 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 به کاررفته 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. در روش CCR استان تهران در مدل‌های M2، M3 و M4 بالاترین میزان کارایی را کسب نموده است.

1. Asia-Pacific Economic Cooperation

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		هرمزگان	۱/۸۲
				مرکزی		مرکزی	۱/۸۱
				بوشهر		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 و بویراحمد	۴/۲۸	تهران	۴/۳۱	خراسان جنوبی	۳/۲۶	تهران	۳/۸۱
ایلام	۱/۷۲	کهگیلویه و بویراحمد	۳/۷۲	کهگیلویه و بویراحمد	۳/۲۴	خراسان جنوبی	۳/۳۹
تهران	۱/۴۰	ایلام	۳/۲۵	هرمزگان	۲/۲۰	کهگیلویه و بویراحمد	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		مرکزی	۲/۵۰
				هرمزگان		هرمزگان	۲/۱۱
				قزوین		قزوین	۱/۷۹
				بوشهر		بوشهر	۱/۳۹
				قم		قم	۱/۲۲

مأخذ: محاسبات تحقیق

## نتایج شاخص مالم کوئست

تغییرات کارایی کل عوامل (شاخص مالم کوئست) و اجزای آن (تغییرات کارایی فنی، تغییرات کارایی مقیاس و تغییرات تکنولوژی) به تفکیک استان‌ها برای مدل M4 در جدول ۹ ارائه شده 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 کارایی انرژی ایران است. هم‌چنین در این دوره تغییرات حاصله در کارایی فنی (EC) نشان‌دهنده کاهش این متغیر (البته به میزان کم) است.

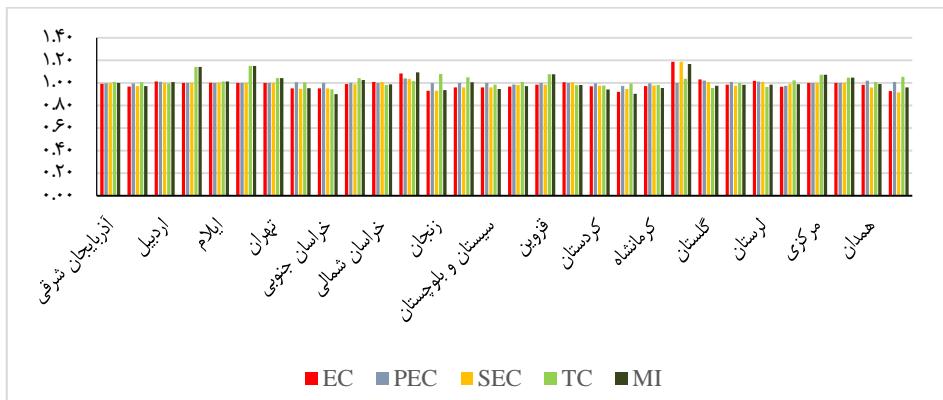
بررسی شاخص (MI) در بین استان‌های ایران حاکی از بهبود کارایی در استان‌های اصفهان، تهران، بوشهر، ایلام، خراسان رضوی، خوزستان، قزوین، مرکزی، کهگیلویه و بویراحمد و هرمزگان است. در همین دوره استان آذربایجان غربی با عدم تغییر کارایی مواجه بوده است و بقیه استان‌های کشور با کاهش کارایی کل عوامل روبه‌رو شده‌اند. 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 کاهش یافته 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 کاهش یافته، به عبارت دیگر استان‌ها از سطح بهینه کارایی دور شده‌اند. هم‌چنین استان‌های اردبیل، اصفهان، تهران، بوشهر، مرکزی، هرمزگان و ایلام با عدم تغییر در کارایی مقیاس مواجه شدند.

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

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

مأخذ: محاسبات تحقیق

اینکه کدام یک از اجزای کارایی کل عوامل هر استان در رشد آن سهم بیشتری داشته‌اند، می‌تواند مفید واقع شود از این رو نمودار ۱ برای نشان دادن سهم هریک از این تغییرات به دست آمده 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 مالم کوئیست برای هر استان ( $MI=PEC*SEC*TC$  و  $MI=EC*TC$ )

شاخص MI برای تخمین روند کارایی در طول زمان به کار برده شد. جدول ۱۰ برآورد شاخص MI و اجزای آن را در کشور برای هر دو سال متوالی نشان می‌دهد. طبق نتایج به دست آمده شاخص MI تنها در دوره ۱۳۸۹-۱۳۹۰ بیشتر از یک است که نشان‌دهنده روند بهبود در کارایی انرژی طی این دوره است. هم‌چنین متوسط تغییرات کارایی تکنولوژی و شاخص مالم کوئیست استان‌های ایران در دوره اول نسبت به دوره چهارم به ترتیب حدود ۳/۶ و ۲/۷ درصد کاهش یافته بنابراین هدفمندی یارانه‌ها بر کارایی انرژی تأثیری نداشته است.

جدول ۱۰. میانگین شاخص‌های Malmquist برای دوره‌های دوساله در ایران

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

مأخذ: محاسبات تحقیق

## ۵. بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش روش‌های مختلف DEA و شاخص مالم کوئیست برای ارزیابی کارایی انرژی 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. در واقع با ترکیب داده‌های مختلف مصرف انرژی، خروجی‌های اقتصادی و شاخص‌های زیست‌محیطی، با در نظر گرفتن ۴ مدل به ارزیابی کارایی انرژی 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 در زمینه مصرف انرژی و فعالیت‌های اقتصادی لازم است در ایران انجام گیرد تا بتوان به کارایی حقیقی دست یافت.

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 چرا که 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 گرفته شده مدل M4 که خروجی اقتصادی را بر حسب ارزش افزوده بخش صنعت و خدمات و مصرف انرژی را در قالب مصرف سوخت‌های

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 به کار برده 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 کاهش یافته بنابراین هدفمندی یارانه‌ها بر کارایی انرژی 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 مالم کوئیست (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 عدم تغییر 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 مورد بررسی افزایش یافته است که نشان‌دهنده بهبود در عملکرد کارایی ایران است. در حالی که 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 قابل توجهی به سیاست‌گذاران در فرآیند تصمیم‌گیری کمک کند، برای مثال مشاهداتی که نشان داد تغییر در ساختار اقتصاد (ارزش افزوده بخش‌های صنعت و خدمات) منجر به بهبود کارایی می‌شود یا این حقیقت که مصرف منابع تجدید پذیر باید به تدریج 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 (ارزش افزوده بخش صنعت و خدمات) تغییر ایجاد کنند. و سطح مصرف سوخت‌های فسیلی باید به شدت کاهش یابد. همان‌طور که سوزوکی و نیکامپ (۲۰۱۶) نیز اهمیت استفاده از

انرژی‌های تجدید پذیر دیده می‌شود. به علاوه 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 سیاست‌گذاران 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 و بختیاری پیشنهاد می‌شود از سیاست‌های انرژی بر اساس ویژگی‌های 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 داده‌ها به تنهایی نمی‌تواند ارزیابی صحیحی از عملکرد داشته باشد. زیرا این تکنیک امکان پیش‌گیری از خطا، در اندازه‌گیری را ندارد. هم‌چنین در این روش تغییر در تعداد و نوع ورودی‌ها و خروجی‌ها، نتایج حاصل از کارایی را تغییر می‌دهد لذا تحقیقات آتی در این زمینه می‌توانند برای ارزیابی صحیح کارایی یک چارچوب چند گانه که بتواند همه‌ی 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 روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند مدل MCDA که خطاهای مدل DEA را حداقل می‌کند و امکان ارزیابی کارایی را با استفاده از پارامترهای تاثیر گذار بر آن فراهم می‌سازد، ترکیب کنیم تا با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف موثر بر کارایی مانند شاخص‌های زیست محیطی، اجتماعی و سیاست‌گذاری، ارزیابی صحیح‌تر و دقیق‌تری 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.

## منابع

- امامی میبیدی، علی (۱۳۸۴)، "اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری (علمی کاربردی)"، تهران، موسسه پژوهش‌های بازرگانی.
- امامی میبیدی، علی؛ آماده، حمید؛ امینی، فیروزه (۱۳۹۶)، "مقایسه کارایی فنی و زیست کارایی در نیروگاه‌های منتخب حرارتی کشور"، فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی، سال سوم، شماره ۸، ۳۳-۶۷.
- حقیقت، جعفر؛ انصاری لاری، محمد صالح؛ کیانی، پویان (۱۳۹۳)، "ارزیابی کارایی انرژی در بخش خانگی استان‌های کشور"، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، سال چهارم، شماره ۱۳، ۸۹-۱۱۶.
- 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.
- صوری، 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، شماره ۶، 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.

**Camiato, 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.

- 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.

- 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 efficiency 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.