



بررسی کارآیی مصرف انرژی در واحدهای صنعتی استان کهگیلویه و بویراحمد

وحیده رضایی

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یاسوج، دانشکده علوم پایه، گروه ریاضی

معصومه خانمحمادی (نویسنده مسؤول)

گروه ریاضی، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

Email: khanmohamadi@iaau.ac.ir

صمد نجاتیان

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یاسوج، دانشکده مهندسی، گروه برق

چکیده

انسان همواره به دنبال راههای مناسب برای استفاده درست و بهینه از منابع در دسترس خود بوده است، لذا با توجه به محدودیت های سرمایه، زمان، مکان، انرژی و... مدیران از ابتدا به دنبال روش های علمی برای استفاده بهینه از این محدودیت ها بوده اند. یکی از مهمترین راهها برای رسیدن به بهینه سازی، ارزیابی عملکرد واحد هاست. ما در این مقاله، به موضوع بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت استان کهگیلویه و بویراحمد با تاکید بر آمار ارائه شده در مورد کارگاههای صنعتی با ده کارکن و بیشتر می پردازیم، از آنجائیکه در محاسبه کارایی انرژی چندین نهاده و چندین ستانده در قالب تئوری تابع تولید باید مورد استفاده قرار گیرد لذا با استفاده از تحلیل پوششی داده ها به بررسی وضعیت کارایی انرژی در واحدهای صنعتی استان می پردازیم و سپس نتایج کارایی و موانع موجود و اقدامات عملی مورد نیاز را شرح می دهیم. نتایج حاصل از مدل کارایی نشان می دهد که مهمترین عامل عدم کارایی صنعت استان را براساس نتایج حاصل شده نیروی انسانی و آنهم بدلیل جمعیت زیاد جویای کار و عدم بهره برداری بهینه از نیروی کار شاغل در صنعت استان می باشد.

کلمات کلیدی: کارایی، تحلیل پوششی داده ها، مدل جمعی، مدل جمعی وزندار شده.

۱- مقدمه

امروزه در کشورهای توسعه یافته فرهنگ استفاده صحیح از انرژی به عنوان راهبردی اساسی مدنظر قرار گرفته است، به نحوی که این کشورها با هدایت و مدیریت صحیح انرژی، تا حدود زیادی به اهداف راهبردی خود در زمینه کنترل و تأمین انرژی دست یافته اند. در ادبیات علم اقتصاد، از بهینه سازی مصرف انرژی به عنوان یک منبع اقتصادی یاد می شود که علاوه بر افزایش بهره‌وری، ضامن حفظ و صیانت از محیط زیست و کره زمین نیز می باشد. در سال های اخیر مطالعات زیادی به تجزیه و تحلیل اقتصادی مصرف انرژی در تولید پرداخته اند. در ادامه به معرفی بعضی از آنها می پردازیم:

شفیعی و صبوری دیلمی (Shafiee & Sabori Deilami, 2011) به ابعاد مختلف مصرف انرژی در بخش مختلف های خانگی و تجاری، حمل و نقل، صنعت، نیروگاهی و پالایشگاهی و پیش‌بینی مصرف این بخش ها در افق چشم انداز ۲۰ ساله (۱۴۰۴) پرداخته است. نتایج به دست آمده از آمار و ارقام در مقاله آنها نشان می دهند که هدرروی در حوزه انرژی کشور نه تنها در بخش مصارف خانگی و تجاری بلکه در پالایشگاه ها، نیروگاه ها و خطوط انتقال برق در مقایسه با استاندارد جهانی در سطح قابل قبولی نیست و درجهت نیل به اهداف سند چشم انداز باید تغییرات اساسی در حوزه تولید و مصرف انرژی صورت پذیرد. در غیر این صورت با توجه به روند نزولی تولید و روند افزایش مصرف در افق ۱۴۰۴ (سال پایانی چشم انداز) اقتصاد ایران به یک واردکننده خالص انرژی تبدیل خواهد شد.

باید توجه داشت که کارایی انرژی از تقسیم ستانده به مصرف انرژی محاسبه می شود. در محاسبه بهره وری انرژی تا کنون انجام شده است فقط یک نهاد و یک ستانده در نظر گرفته می شود، در حالی که در محاسبه کارایی انرژی چندین نهاد و چندین ستانده در قالب تئوری تابع تولید باید مورد استفاده قرار گیرد. تحلیل پوششی داده ها علمی است که به بررسی وضعیت کارایی انرژی چندین نهاد و چندین ستانده می پردازد.

محمدی و مه‌ری (Mohammadi & Mehri, 2015) به بررسی کارایی مصرف انرژی ۷۰ واحد زراعی تولید پسته به کمک علم تحلیل پوششی داده ها پرداختند. نتایج اولیه نشان می دهد که ۳۳ بهره بردار، صد در صد کارایی دارند و بقیه به درجات مختلف ناکارا هستند. براساس منابع مطالعه حاضر برای بهبود کارایی در مرحله ی اول استفاده بهتر از نهاد های سوخت دیزل الکتربسیسته و کود شیمیایی و در مرحله بعد استفاده از مکانیزاسیون پیشرفته را توصیه می شود. شیرزادی و همکارانش (Shirzadi, Mojarad & Honarmand, 2019) در مقاله خود به تعیین مصرف انرژی در واحدهای پرورش ماهی و همچنین تحلیل کیفی جریان انرژی و بررسی کارایی انرژی با رهیافت تحلیل پوششی داده ها، در استان خراسان شمالی در سال ۲۰۱۷ پرداختند. نتایج نشان دادند که میانگین کارایی مصرف انرژی برای واحدهای پرورش ماهی ۸۳ درصد است لذا واحدهای پرورش ماهی بایستی با افزایش عملکرد و کاهش مصرف انرژی در نهاد ها این شکاف را کاهش داده و خود را به مرز کارای مصرف انرژی نزدیک کنند. بنابراین برای افزایش کارایی مصرف انرژی و بهبود منافع اقتصادی در واحدهای پرورش ماهی، توصیه می شود که استفاده از منابع انرژی به صورت کارآمدتر صورت گیرد و با انتخاب صحیح نوع، مقدار، روش و زمان مصرف نهاد ها و بهینه سازی آنها، کارایی انرژی برای نهاد هایی مانند غذای ماهی و سوخت بهینه شود.

بخش صنعت کشور، بیش از ۲۶ درصد انرژی نهایی کشور را مصرف می کند بنابراین یکی از مهمترین موضوعاتی که در زمینه صنعت مختلف مطرح می شود نوع و میزان مصرف انرژی مصرفی در آنهاست لذا رسیدگی به بهینه سازی مصرف در صنعت کشور دارای اهمیت بالایی است.

رزم آرا و لطفی پور (Razm Ara & Lotfipor, 2006) با روش تحلیل پوششی داده ها به ارزیابی کارایی تکنیکی صنایع ایران با در نظر گرفتن دو فرض بازده به مقیاس ثابت و بازده به مقیاس پرداختند و به این نتیجه رسیدند که با فرض بازده به مقیاس ثابت تنها صنعت تولید زغال کک کارا شد و بقیه صنایع ناکارا شدند و طبق فرض بازده به مقیاس متغیر، صنایع تولید

پوشاک، صنایع تولید زغال کک، صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی، صنایع تولید ماشین آلات اداری و حسابگری و صنایع تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلی کارایی نسبی صد در صد دارند.

پورکاظمی (Porkazemi, 2006) کارایی فنی مجتمع های صنایع پتروشیمی ایران را با استفاده از تحلیل پوششی داده ها طی سالهای ۱۳۸۲-۱۳۷۹ مورد ارزیابی قرار داد و به این نتیجه رسید که مجتمع های پتروشیمی ایران طی دوره مذکور در مجموع کارایی بالغ بر ۸۴ درصد داشته اند و مجتمعهای پتروشیمی بندر امام خمینی و خارک به صورت کارا عمل کرده اند. مهرگان و رحمانی (Mehregan & Rahmani, 2008) به ارزیابی بهره وری بخش صنعت ایران طی دوره زمانی ۱۳۵۹ تا ۱۳۷۹ شمسی پرداخته و نقاط قوت و ضعف آن را طی گذر زمان شناسایی می کند. ایشان برای این منظور از علم تحلیل پوششی داده ها استفاده می کند. نتایج به دست آمده از مقاله آنها نشان می دهد که ۸ سال از ۲۰ سال کشور در عملکرد صنعت کارا بوده است و اکثر سالهای مقارن با زمان جنگ، سالهای ناکارا بوده است و از سال ۱۳۶۶ به بعد شاهد روند روبه رشد بهره وری صنعتی می باشیم.

گراوند و همکارانش (Gravand, Mehregan, Sadegi & Malek Shahi, 2014) کارایی فنی و کارایی انرژی صنعت پتروشیمی کشور طی سالهای ۱۳۸۷-۱۳۷۳، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها مورد ارزیابی قرار داده اند. در این مطالعه هر سال به عنوان یک واحد تصمیم گیرنده در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که طی دوره مذکور، در زمینه مصرف انرژی طی سالهای مورد مطالعه اتلاف انرژی صورت گرفته است.

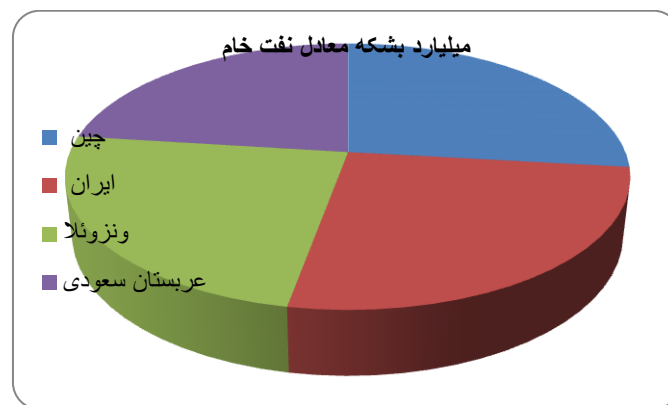
با بررسی مقالات و کارهای گذشته، مشاهده می شود که کمتر کسی به بررسی کارایی و بهره وری مصرف انرژی در بخش صنعت کشور پرداخته است و آن دسته مقالاتی که به آن پرداخته اند بیشتر به مقایسه مصرف انرژی در صنایع مختلف در سالهای مختلف با کمک آمارهای موجود که مرکز آمار ایران ارائه داده است بسنده کرده اند. استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها برای بررسی رابطه ی میان انرژی نهاده های مصرفی و عملکرد محصول در تولید می تواند اطلاعات مفیدی در راستای بهبود کارایی مصرف انرژی در صنعت فراهم کند. ما در این مقاله به بررسی کارایی مصرف انرژی استانهای کشور در سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ با کمک علم تحلیل پوششی داده ها می پردازیم و از نتایج به دست آمده به تحلیل کارایی مصرف انرژی استان کهگیلویه و بویراحمد می پردازیم.

الف) بهینه سازی مصرف انرژی در جهان و ایران

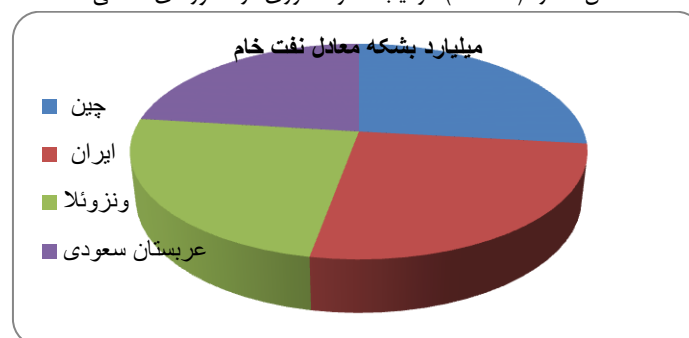
تفکر بهینه سازی مصرف انرژی در جهان از سال ۱۹۷۰ آغاز گردیده است بطوریکه هم اکنون مقوله مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی خود بعنوان یکی از منابع جدید انرژی، در کنار منابع فیزیکی موجود، محسوب می شود.

مدیریت انرژی امکان استفاده از تجهیزات را مناسبتر جلوه می دهد. در صنایع، مدیریت انرژی برای گسترش دهندگان مواد بعنوان یک ضرورت قرار داده شده تا میزان تقاضای انرژی برای تجهیزات جدید را کاهش دهد. از طراحان و تولیدکنندگان در قراردادهای خواسته می شود که در طرحهایشان حداکثر ذخیره انرژی را داشته باشند. برای بهینه سازی مصرف انرژی در بخش صنعت، لازم است بخشها و واحدهایی که تلفات انرژی بیشتری دارند مورد مطالعه قرار گیرند تا زمینه های صرفه جویی فراهم گردد. در عرصه رقابت جهانی در راس تولید، کشورها، جوامع و صنایعی موفق تر خواهند بود که در این رقابت با تحقیقات و مطالعات موفق به یافتن راهکارهایی جهت جلوگیری از اتلاف در مصرف انرژی شوند. صنعت بعنوان یکی از مصرف کننده های عمده انرژی در جوامع مختلف مطرح است. در چند دهه گذشته، ترقی علمی و تکنولوژیکی در کشورهای جهان و ارتقای بهره وری در عرصه ها و زمینه های مختلف، مهمترین عامل رشد و توسعه اقتصادی بوده است. در طی دهه آینده هزینه های مختلف انرژی بی تردید برای مصارف مختلفی نظیر: گرمایش، سرمایش، روشنایی و نیروی محرکه در فرآیند تولیدات صنعتی و رشد چشمگیری پیدا خواهد کرد و در عرصه رقابت جهانی در راستای تولید هرچه بیشتر کشورها، جوامع و صنایعی موفق تر خواهند بود که در این رقابت با تحقیقات و مطالعات، موفق به یافتن راهکارهایی جهت جلوگیری از اتلاف در مصرف انرژی شوند. از طرفی کشور ایران، بی تردید یکی از بزرگترین کشورهای صاحب منابع انرژی است و همانطور که تجربه ایران در طول دهه های اخیر این قرن نشان می دهد اقتدار سیاسی و استقلال ملی و شکوفایی فرهنگی کشور تابعی از رشد علمی، فنی و اقتصادی

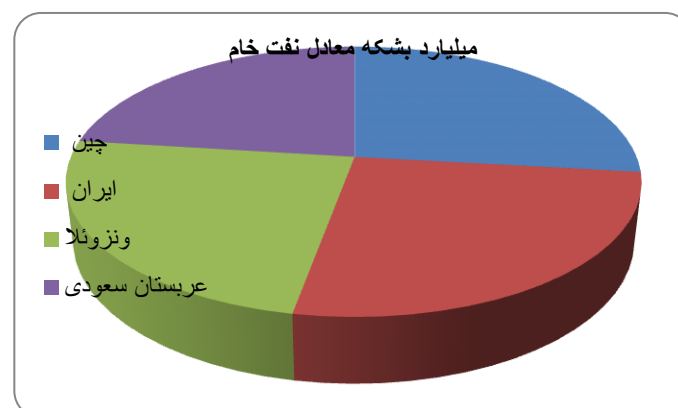
محسوب می شود که در عین حال بستگی مستقیم به عواملی نظیر انرژی و بهره وری مطلوب و بهینه از آن دارد. افزایش روز افزون مصرف انرژی در تمام شئون زندگی و محدودیت منابع انرژی از یکسو و مصرف بی رویه آن توسط جوامع مختلف از سوی دیگر، علاوه بر آلودگی محیط زیست و هدر دادن سرمایه های اصلی و ملی، زندگی آینده بشر را با مخاطره مواجه ساخته است. اگرچه ایران از غنی ترین منابع انرژی برخوردار است، اما تلف کردن و استفاده نادرست از آن خسارات جبران ناپذیری را بر بودجه سالانه کشور تحمیل می کند. از اینرو استفاده منطقی از انرژی و برنامه ریزی در این زمینه از اولویت ویژه ای برخوردار می باشد. در کشورهای صنعتی علی رغم کاهش رشد مصرف انرژی در دهه های گذشته، تولید ناخالص ملی نه تنها کاهش نیافته بلکه افزایش نیز یافته است. در کشورهای درحال توسعه سهم مصرف انرژی بخش صنعت ۳۴٪ و بخش خانگی و خدمات ۲۱٪ است (Sephehdost & Razavi Majd, 2015). ولی این الگو در ایران به ترتیب ۲۷٪ و ۴۰٪ است. این بدان معنی است که بخش خانگی و خدمات در ایران دو برابر کشورهای در حال توسعه انرژی مصرف می نمایند. در کشورهای صنعتی این الگوی مصرف به ترتیب ۲۱٪ و ۱۹٪ است (شکل ۱).



شکل شماره (۱ - الف): ترکیب مصرف انرژی در کشورهای صنعتی



شکل شماره (۱ - ب): ترکیب مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه



شکل (۱- ج): ترکیب مصرف انرژی در کشورهای در ایران

در ایران انرژی مصرفی بسیاری از صنایع موجود حدوداً ۳ برابر الگوی سه دهه گذشته است و این به معنای عدم امکان رقابت در بازار جهانی برای کالاهای تولیدی ایرانی در این صنایع است.

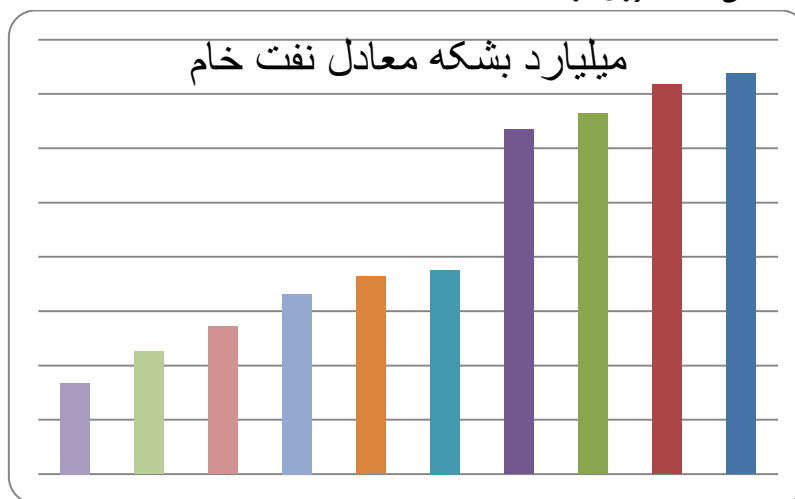
از طرفی در فرایند رشد اقتصادی، با توجه به کمیابی عوامل تولید و تصمیم گیریهای اقتصادی، بررسی کارایی فنی بخشهای مختلف، بویژه بخش صنعت از اهمیت شایانی برخوردار است و ارتقاء سطح کارایی واحدهای صنعتی توجه برنامه ریزان را به خود معطوف نموده است پس بررسی سطح کارایی فنی بخش صنعت ضروری به نظر می رسد.

بنابراین ارائه یک وضعیت کلی از صنایع استانهای کشور ضروری است تا بتوان به بررسی لزوم بهینه سازی مصرف انرژی پرداخت. با افزایش قیمت‌های جهانی حامل‌های انرژی همانند افزایش قیمت نفت و گاز در چند سال اخیر، به تدریج درصد ریالی سهم انرژی مصرفی در کالاهای تولیدی افزایش یافته و با توجه به بالابودن مصرف انرژی در ایران نسبت به کشورهای دیگر، چنانچه هر چه زودتر نسبت به بهینه‌سازی انرژی مصرفی در تولید این کالاها اقدام نشود به جایی خواهیم رسید که با افزایش هر چه بیشتر سهم ریالی انرژی، دیگر امکان رقابت برای کالاهای صادراتی ایران با کالای خارجی وجود نخواهد داشت.

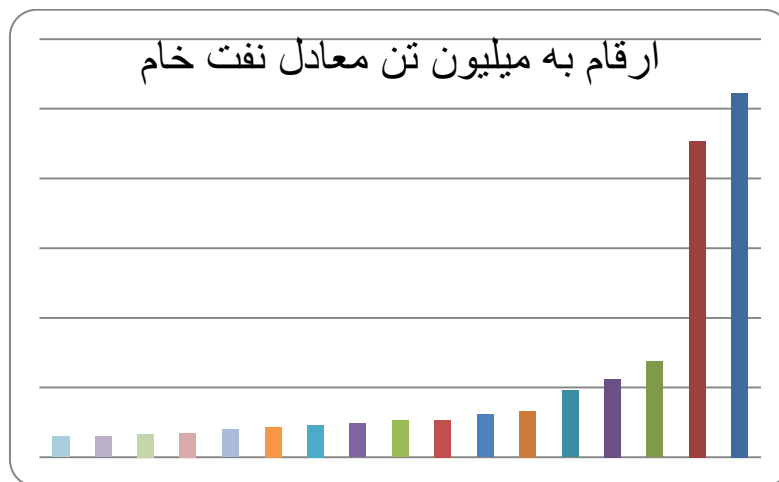
برای این منظور مقاله حاضر می کوشد ابتدا با تعیین جایگاه بخش صنعت در اقتصاد استان کهگیلویه و بویراحمد و همچنین سهم این بخش در مصرف انرژی نهایی کل کشور لزوم و اهمیت اقدام به بهینه سازی و مقایسه الگوی مصرف را ارائه نموده و سپس اصول اساسی، موانع موجود، اولویت بندی اقدامات عملی و اجرایی موردنیاز را شرح دهد.

ب) بررسی وضعیت مصرف انرژی در ایران

همانطوریکه در شکل (۲) نشان داده شده است، ایران یکی از بزرگترین دارندگان منابع انرژی های فسیلی درجهان است. ایران، همچنین یکی از مصرف کنندگان عمده انرژی در دنیا است.



شکل شماره (۲- الف): مجموع ذخایر هیدرو کربوری (نفت و گاز) کشورها در سال ۲۰۱۱



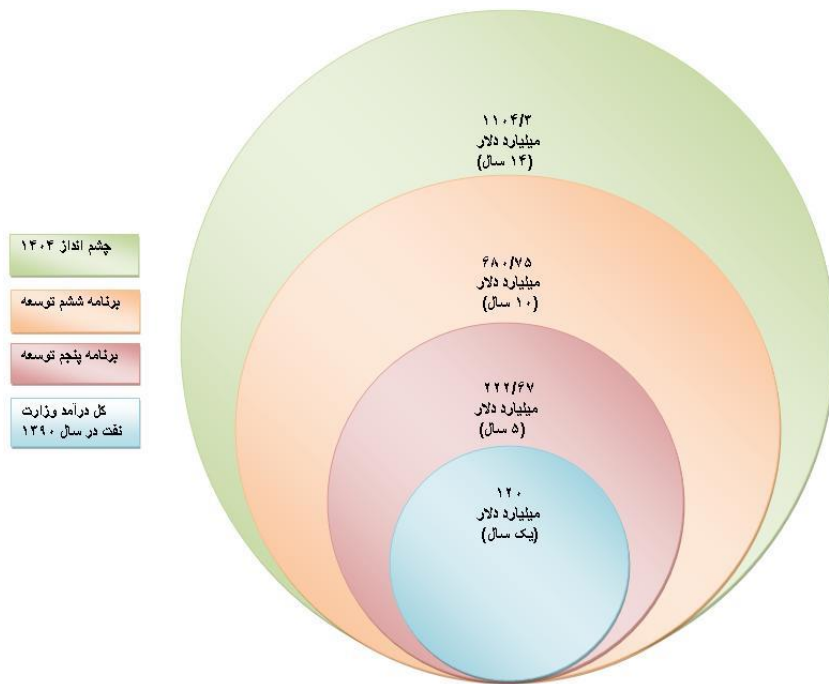
شکل شماره (۲-ب): مجموع مصرف انرژی اولیه کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۱

جدول شماره (۱) تغییرات سالانه شدت مصرف انرژی در ایران را نشان می دهد (Khodamoradi, 2013).

سال	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸
عرضه انرژی اولیه (میلیون تن معادل نفت خام در سال)	۱۲۹	۱۳۶	۱۴۳	۱۵۰	۱۶۰	۱۷۴	۱۸۵	۱۹۸	۲۱۳	۲۳۲	۲۳۶
تولید ناخالص داخلی (میلیارد دلار به قیمت های ثابت سال ۱۳۷۶، نرخ ارز ۴۵۰۰ ریال)	۶۸/۷	۷۱/۱	۷۳/۵	۷۹/۵	۸۵/۷	۹۱/۲	۹۷/۵	۱۰۴	۱۱۱	۱۱۳	۱۲۰
مجموع عرضه انرژی اولیه و تلفات تولید	۱۵۱	۱۶۰	۱۶۵	۱۷۲	۱۸۷	۲۰۰	۲۱۲	۲۲۹	۲۴۵	۲۶۴	۲۷۰
بدون لحاظ نمودن تلفات تولید	۱/۹	۱/۹۱	۱/۹۴	۱/۸۸	۱/۸۸	۱/۹	۱/۸۹	۱/۹۱	۱/۹۲	۲/۰۵	۱/۹۷
شدت انرژی	۲/۲۳	۲/۲۴	۲/۲۵	۲/۱۷	۲/۱۸	۲/۱۹	۲/۱۷	۲/۲	۲/۲	۲/۳۳	۲/۲۵

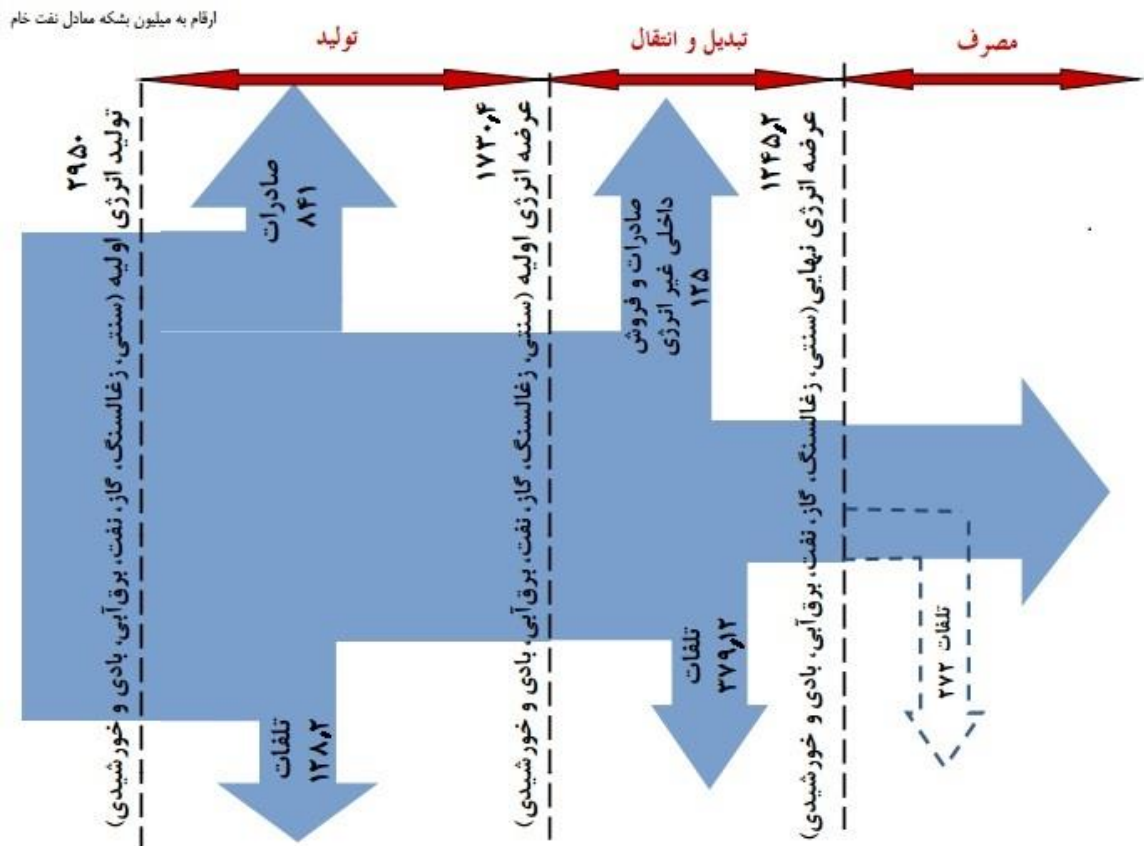
جدول شماره (۱): تغییرات سالانه شدت مصرف انرژی ایران (برگرفته از آمار بانک مرکزی و ترازنامه هیدروکربوری کشور در سال ۱۳۸۷)

با این روند شدت [مصرف] انرژی در آینده ایران دیگر نفت و گازی برای صادرات نخواهد داشت (Khodamoradi, 2013). بنابراین همانگونه که در شکل شماره (۳) نشان داده شده است، صرفه جویی در مصرف انرژی با اعمال مجموعه ای متعادل از اقدامات قیمتی و غیرقیمتی به منظور کاهش مستمر شاخص شدت انرژی کشور به حداقل دو سوم میزان کنونی تا پایان برنامه پنجم توسعه اقتصادی و به حداقل یک دوم میزان کنونی تا پایان برنامه ششم توسعه انجام پذیرد (Khodamoradi, 2013).



شکل شماره (۳): کاهش مستمر شاخص شدت انرژی کشور

بر همین اساس و با استفاده از اطلاعات دریافتی از ترازنامه هیدروکربوری ۱۳۸۸، نمودار شکل شماره (۴) پتانسیل صرفه جویی در بخش های مختلف کشور را نشان می دهد (Khodamoradi, 2013).



ارقام به میلیون بشکه معادل نفت خام

پتانسیل صرفه جویی
(میلیون بشکه معادل نفت خام)

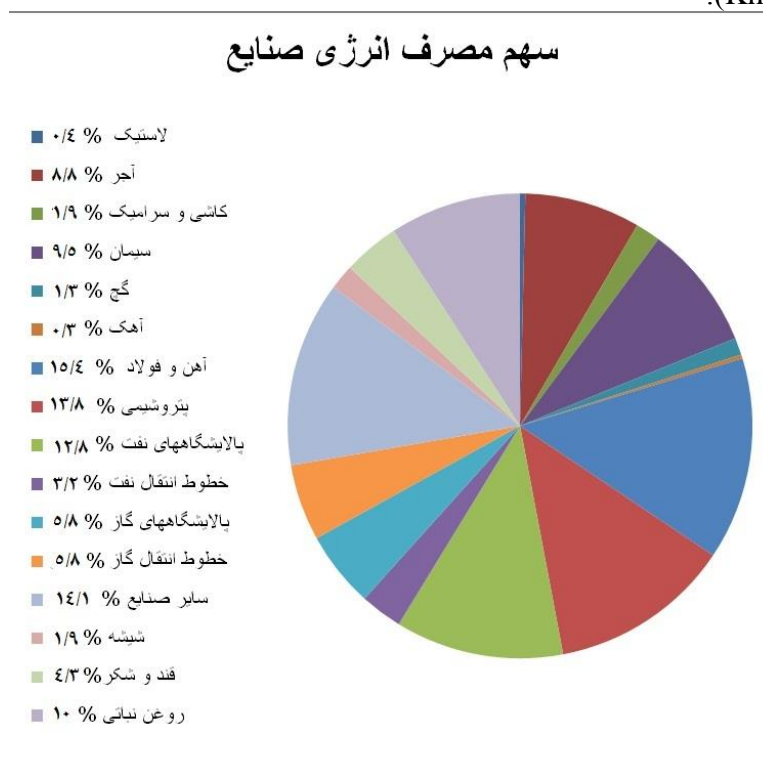
کل مصرف انرژی
(میلیون بشکه معادل نفت خام)

بخش

صنعت	۲۷۴/۶۰	۳۰/۲۱
صنایع نفت	۱۹۰۹/۱۹	۱۲۶/۰۰
نیروگاه	۱۳۴/۵۱	۳۳/۶۳
ساختمان	۴۲۱/۸۳	۲۲۳/۵۷
حمل و نقل	۳۰۵/۶۱	۱۳/۴۵
کشاورزی	۴۳/۱۲	۴/۷۴

شکل شماره (۴): پتانسیل صرفه جویی انرژی در بخش های مختلف کشور

همچنین بر اساس ترازنامه هیدروکربوری ۱۳۸۸، مصرف انرژی در صنایع مختلف در شکل (۵) نشان داده شده است (Khodamoradi, 2013).



شکل شماره (۵): سهم مصرف انرژی در صنایع مختلف کشور

بنابراین برای بهینه سازی مصرف انرژی در بخش صنعت، لازم است بخشها و واحدهایی که تلفات انرژی بیشتری دارند مورد مطالعه قرار گیرند تا زمینه های صرفه جویی فراهم گردد (Khodamoradi, 2013).

ج) تحلیل پوششی داده ها

انسان همواره به دنبال راهکارهای مناسب، استفاده درست و بهینه از منابع در دسترس خود بوده است. یکی از مهمترین ابزارها برای یافتن این استراتژی بهین ارزیابی عملکرد واحدهاست. لذا مسئله ارزیابی عملکرد واحدها از دیرباز مورد توجه مدیران بوده است. آنها در پی این بودند که چگونه می توان با داشتن یک سری از ورودیها، ماکزیمم خروجی را به دست آورند پس نیاز به داشتن تابع تولید بودند.

تابع تولید^۱: تابعی است که برای هر ترکیب از ورودیها، ماکزیمم خروجی را بدهد.

[1].^۱ Production function

ولی متأسفانه در اغلب موارد تابع تولید در دسترس نیست و این به دلیل پیچیدگی فرایند تولید، تغییر در تکنولوژی تولید و چند مقدار بودن تابع تولید می باشد. برای رفع این مشکل، در علم تحلیل پوششی داده ها^۲ (DEA)، مجموعه ای به نام مجموعه امکان تولید^۳ ساخته شد و مرز آن، تقریبی از تابع تولید گرفته شد (Jahanshahloo, Hosseinzadeh Lotfi & Nikomaram, 2011). چارنز و همکارانش در سال ۱۹۷۸ به کمک این تابع تولید توانستند اولین مدل کارایی به نام CCR^۴ را معرفی کنند (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978). بعد از آن ها مدل BCC توسط بنکر و همکارانش ارائه گردید که این مدل هم با یک تکنولوژی متفاوت به ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم گیرنده (DMU^۵) می پردازد (Banker, Charnes & Cooper, 1987) و بعد از آنها این علم روز به روز پیشرفت نمود و مدل های کاملتر و دقیقتری را برای ارزیابی عملکرد واحدها معرفی نمود.

د) مدل جمعی

یکی از اولین و مهمترین مدل های ارائه شده برای تعیین کارایی در تحلیل پوششی داده ها مدل جمعی است که توسط کوپر و همکاران در سال ۱۹۸۵ معرفی گردید (Cooper, Seiford & Tone, 2007). مدل پیشنهادی آن ها به صورت زیر است:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \\
 & \text{s.t} \quad z = \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, \dots, m, \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, \dots, s, \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
 & \quad s_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \\
 & \quad s_r^+ \geq 0, \quad r = 1, \dots, s, \\
 & \quad \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n.
 \end{aligned} \tag{۱}$$

در مدل جمعی DMU_o تحت ارزیابی کارا است اگر و فقط اگر $z^* = 0$.

در اینجا مدل اولیه جمعی تعدیل شده و به صورت مدل جمعی وزندار مدل (۲) مورد استفاده قرار می گیرد:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \\
 & \text{s.t} \quad z = \sum_{i=1}^m w_i^- s_i^- + \sum_{r=1}^s w_r^+ s_r^+ \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i = 1, \dots, m, \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, \dots, s, \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \\
 & \quad s_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, m,
 \end{aligned} \tag{۲}$$

[2].^۲ Data Envelopment Analysis

[3].^۳ Production Possibility Set (PPS)

[4].^۴ Charnes, Cooper, Rhodes (CCR)

[5].^۵ Decision Making Units (DMUs)

$$s_r^+ \geq 0, \quad r = 1, \dots, s,$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n.$$

که w_i^- و w_r^+ اوزان تعیین شده توسط قضاوت تخصصی می باشد که با ارائه پرسشنامه و تحلیل نتایج توسط نرم افزار AHP محاسبه می گردد.

۲- روش شناسی پژوهشی

الف) بررسی وضعیت کارگاههای صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر استان کهگیلویه و بویراحمد از آنجاییکه مبنای انجام محاسبات گزارش های مرکز آمار در رابطه با کارگاههای با ده نفر کارکن و بیشتر می باشد، وضعیت این کارگاهها در استان کهگیلویه و بویراحمد مورد بررسی و با کل کشور مقایسه می شود. همانطور که جدول شماره (۲) نشان می دهد، تعداد کارگاههای صنعتی فعال با ده نفر کارکن و بیشتر کل کشور در سال ۱۳۹۳ برابر ۱۴۴۵۲ کارگاه می باشد که در مقایسه با سال ۱۳۸۶ افت حدود ۱۸ درصدی داشته است. در استان کهگیلویه و بویراحمد نیز تعداد کل کارگاههای فعال با ده نفر کارکن و بیشتر ۳۵ کارگاه بوده که نسبت به سال ۱۳۸۶ افتی ۲۴ درصدی را نشان می دهد.

سال	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
کل کشور	۱۷۵۹۳	۱۷۰۶۳	۱۶۱۲۹	۱۵۳۰۱	۱۴۹۶۱	۱۴۷۸۴	۱۴۶۹۷	۱۴۴۵۲
استان کهگیلویه و بویراحمد	۴۶	۴۵	۴۴	۵۳	۵۱	۳۱	۳۴	۳۵

جدول شماره (۲): تعداد کارگاههای فعال صنعتی دارای ۱۰ نفر کارکن و بیشتر در سالهای ۱۳۸۶-۱۳۹۳

(Statistical Center of Iran)

همانطور که جدول شماره (۳) نشان می دهد ارزش ستانده کل استان کهگیلویه و بویراحمد در طی سالهای ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۳ افزایش یافته اگرچه براساس این جدول تنها ۰/۱ درصد از ارزش ستانده کل کارگاههای کشور را به خود اختصاص داده است. همچنین جدول شماره (۴) ارزش افزوده کارگاههای صنعتی استان را در مقایسه با ارزش افزوده صنعتی کارگاههای کل کشور نشان می دهد.

سال	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
کل کشور	۹۷۵۸۱۸۴۶۵	۱۱۸۱۰۶۶۳۸۰	۱۶۰۲۰۲۰۷۳۰	۱۹۵۲۱۲۲۶۴	۲۵۵۱۹۶۴۰۹۵	۳۲۴۶۰۸۸۵۲۷	۵۰۴۴۶۰۲۸۵۳	۵۱۸۱۷۲۴۳۹۳۹
استان کهگیلویه و بویراحمد	۵۵۷۴۰۲	۸۲۹۳۵۷	۱۲۳۲۹۴۶	۲۰۰۸۷۸۲	۲۱۱۴۴۰۴	۱۸۰۹۹۹۹/۱۷۳	۲۴۱۹۳۸۶	۳۱۳۵۵۳۸

جدول شماره (۳): ارزش ستانده به قیمت جاری فعالیت صنعتی کارگاههای فعال صنعتی دارای ۱۰ نفر کارکن و بیشتر استان (میلیون ریال)

(Statistical Center of Iran)

سال	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
کل کشور	۳۴۸۰۰۳	۴۰۸۳۰۰	۴۲۰۷۶۲	۴۹۴۶۳۰	۶۲۴۳۳۲	۸۴۸۲۲۳	۱۲۰۰۱۴۸	۱۳۳۲۳۶۵
استان کهگیلویه و بویراحمد	۲۶۲	۴۰۹	۶۵۰	۹۴۴	۸۵۱	۶۰۵	۷۶۸	۱۰۵۱

جدول شماره (۴): ارزش افزوده کارگاههای فعال صنعتی دارای ۱۰ نفر کارکن و بیشتر استان به قیمت جاری (میلیارد ریال)

(Statistical Center of Iran)

ب) بررسی مصرف انرژی در کارگاههای صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر استان کهگیلویه و بویراحمد

در این جا مصرف انرژی در واحدهای صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر استان کهگیلویه و بویراحمد مورد بررسی قرار می گیرد. همانطور که در جدول شماره (۵) مشاهده می شود مصرف کل انرژی در سال ۱۳۹۳، ۷۶ هزار معادل بشکه نفت خام بوده که نسبت به سهم ۲۶۰ هزار هزار معادل بشکه نفت خام کل کشور بسیار ناچیز می باشد.

سال	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
کل کشور	۱۸۲۸۵۳	۱۸۶۵۹۸	۱۹۸۲۳۷	۲۱۱۲۷۹	۲۲۴۵۷۳	۲۳۰۴۱۸	۲۴۶۷۹۵	۲۶۰۹۲۸
استان کهگیلویه و بویراحمد	۹۳	۲۶۱	۳۸۳	۲۰۱	۲۴۳	۱۰۴	۷۲	۷۶

جدول شماره (۵): مصرف کل انرژی در کارگاههای فعال صنعتی دارای ۱۰ نفر کارکن و بیشتر استان (هزار بشکه معادل نفت خام)

(Statistical Center of Iran)

ج) بهره وری انرژی در کارگاههای صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر استان کهگیلویه و بویراحمد

افزایش بهره وری به عنوان یکی از مهمترین منابع تامین رشد اقتصادی به معنی استفاده بهینه، مؤثر و کارآمد از تمامی منابع تولید اعم از نیروی کار، سرمایه، انرژی و مواد اولیه است. ارتقاء آن از جمله اهداف مهمی است که در سیاستهای کلی اقتصاد مقاومتی برای تحقق آن بر تقویت عوامل تولید، توانمندسازی نیروی کار، تقویت رقابت پذیری اقتصاد، ایجاد بستر رقابت بین مناطق و استانها و به کارگیری ظرفیت و قابلیتهای متنوع در جغرافیای مزیتهای مناطق کشور تاکید شده است (2017 Management organization).

در ادامه مطالب، به محاسبه شاخص بهره وری انرژی در کارگاههای صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر استان کهگیلویه و بویراحمد طی سالهای ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۳ پرداخته و این شاخص را با وضعیت کل کشور مقایسه می کنیم. به منظور محاسبه شاخص بهره وری انرژی از آمارهای ترازنامه انرژی و همچنین ارزش ستانده کارگاههای صنعتی که در بخش های قبلی مورد بررسی قرار گرفتند استفاده می شود. برای محاسبه بهره وری انرژی از رابطه زیر استفاده می شود (National Organization, 2016):

$$\text{بهره وری انرژی} = \frac{\text{ارزش ستانده واقعی}}{\text{مصرف انرژی}}$$

در رابطه بالا ارزش ستانده واقعی (میلیون ریال) از جدول شماره (۳) و مصرف انرژی (بشکه معادل نفت خام) از جدول شماره (۵) مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به اینکه برای محاسبه بهره وری انرژی ارزش ستانده واقعی مورد استفاده قرار می گیرد، با استفاده از شاخص قیمت تولید کننده که توسط بانک مرکزی اعلام شده، ارزش ستانده جاری به قیمت واقعی تبدیل شده است. در محاسبات زیر سال ۱۳۹۰ را بعنوان سال پایه در نظر گرفته ایم. در واقع شاخص بهره وری انرژی بیانگر تغییر درصد بهره وری انرژی نسبت به سال پایه یا سال قبل می باشد. جدول شماره (۶) شاخص بهره وری انرژی کارگاههای صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر استان کهگیلویه و بویراحمد را نسبت به وضعیت همین شاخص در کل کشور مقایسه می کند.

سال	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
کل کشور	۱۱۱	۱۰۸	۱۳۴	۱۲۶	۱۰۰	۹۰	۹۷	۸۶
استان کهگیلویه و بویراحمد	۱۶۳	۷۱	۷۰	۱۷۷	۱۰۰	۱۴۵	۲۰۸	۲۳۳

جدول شماره (۶): شاخص بهره وری انرژی فعالیت صنعتی در کارگاههای فعال صنعتی دارای ۱۰ نفر کارکن و بیشتر استان

(SAMT Ministry, 1924-2015)

همانطور که از داده های این جدول نیز مشاهده می شود رشد بهره وری انرژی در استان کهگیلویه و بویراحمد یک رشد مثبت بوده به طوری که بهره وری انرژی سالهای ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ نسبت به سال پایه ۱۳۹۰ به ترتیب برابر با ۴۵، ۱۰۸، و ۱۳۳ درصد

رشد داشته است درحالی که رشد بهره وری انرژی طی دوره مشابه در کل کشور منفی بوده و طی سالهای ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ نسبت به سال پایه ۱۳۹۰ به ترتیب ۱۰، ۷، و منفی ۱۴ درصد افت را در کل کشور نشان می دهد. بر اساس داده های آماری موجود در مرکز آمار، بهره وری انرژی استانهای ایران را مانند استان کهگیلویه و بویراحمد محاسبه کردیم و با در نظر گرفتن سال پایه ۱۳۹۰، نتایج حاصله را در جدول شماره (۷) نشان داده ایم. بیشترین رشد بهره وری انرژی به ترتیب مربوط است به استانهای کردستان، کهگیلویه و بویراحمد، کرمان، لرستان، قم، البرز، اردبیل، فارس، سیستان و بلوچستان، خراسان شمالی، مازندران و زنجان. همچنین بیشترین افت بهره وری انرژی به ترتیب متعلق است به استانهای بوشهر، خراسان رضوی، مرکزی، یزد، هرمزگان، کرمانشاه، ایلام و گیلان.

سال	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
کل کشور	۱۰۰	۹۰	۹۷	۸۶
آذربایجان شرقی	۱۰۰	۹۲	۱۰۳	۱۱۰
آذربایجان غربی	۱۰۰	۱۱۰	۱۰۴	۱۰۲
اردبیل	۱۰۰	۱۲۳	۱۲۵	۱۱۰
اصفهان	۱۰۰	۸۲	۱۱۶	۹۲
البرز	۱۰۰	۱۷۵	۹۳	۱۱۲
ایلام	۱۰۰	۸۱	۸۲	۶۳
بوشهر	۱۰۰	۸۵	۳۹	۳۰
تهران	۱۰۰	۱۵۵	۷۴	۸۲
چهارمحال و بختیاری	۱۰۰	۹۹	۱۲۸	۱۱۷
خراسان جنوبی	۱۰۰	۱۹	۷۱	۱۰۳
خراسان رضوی	۱۰۰	۷۲	۴۵	۶۲
خراسان شمالی	۱۰۰	۹۴	۱۲۹	۱۱۶
خوزستان	۱۰۰	۹۶	۱۲۴	۱۰۱
زنجان	۱۰۰	۱۱۴	۱۰۹	۱۰۹
سمنان	۱۰۰	۱۰۸	۱۲۱	۷۹
سیستان و بلوچستان	۱۰۰	۸۴	۱۴۳	۱۲۰
فارس	۱۰۰	۱۱۷	۱۲۷	۱۱۶
قزوین	۱۰۰	۹۷	۸۴	۱۱۹
قم	۱۰۰	۷۳	۱۵۳	۱۴۰
کردستان	۱۰۰	۳۶۰	۲۰۷	۱۷۵
کرمان	۱۰۰	۱۴۴	۲۰۰	۱۹۱
کرمانشاه	۱۰۰	۷۰	۸۲	۸۳
کهگیلویه و بویراحمد	۱۰۰	۱۴۵	۲۰۸	۲۳۳
گلستان	۱۰۰	۶۴	۹۶	۹۳
گیلان	۱۰۰	۹۴	۷۲	۷۷
لرستان	۱۰۰	۱۶۵	۱۲۹	۱۰۶
مازندران	۱۰۰	۱۲۱	۱۱۱	۱۰۷
مرکزی	۱۰۰	۸۶	۷۳	۵۷
هرمزگان	۱۰۰	۷۲	۹۷	۵۳
همدان	۱۰۰	۸۹	۸۴	۸۵
یزد	۱۰۰	۸۸	۶۳	۶۵

جدول شماره (۷): شاخص بهره‌وری انرژی فعالیت صنعتی در کارگاه‌های فعال صنعتی دارای ۱۰ نفر کارکن و بیشتر به تفکیک استان (۱۳۹۳=۱۰۰)
(SAMT Ministry, ۱۳۰۳-۱۳۹۴)

د) استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور بررسی کارایی انرژی در واحدهای صنعتی استان کهگیلویه و بویراحمد باید توجه داشت که کارایی (بهره‌وری) انرژی محاسبه شده در بالا از تقسیم ستانده به مصرف انرژی محاسبه می‌شود. در محاسبه بهره‌وری انرژی فقط یک نهاد و یک ستانده در نظر گرفته می‌شود و قیمت نفت هم بر میزان این شاخص تاثیر گذار است، در حالی که در محاسبه کارایی انرژی چندین نهاد و چندین ستانده در قالب تئوری تابع تولید باید مورد استفاده قرار گرفته و جانشینی بین نهادها امکان پذیر باشد. بنابراین در ادامه با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها به بررسی وضعیت کارایی انرژی در واحدهای صنعتی استان می‌پردازیم.

به منظور بررسی وضعیت کارایی مصرف انرژی، ابتدا به معرفی متغیرهای تاثیرگذار بر کارایی انرژی خواهیم پرداخت چرا که محاسبه بهره‌وری بدون اطلاع از چگونگی رابطه بین مصرف انرژی و سطح فعالیت‌ها امکان پذیر نیست و این به نحوه استفاده از عوامل تولید در جهت تولید محصول برمی‌گردد. بر اساس تئوری اقتصاد خرد، اصطلاح کارایی انرژی نا دقیق و تا حدودی مبهم است. به منظور کاهش مصرف انرژی، سطح کارایی را باید افزایش داد. به منظور تولید خدمات انرژی از پیش تعیین شده، سطح استفاده از انرژی به دلیل تغییر سطح کارایی تغییر می‌کند (Haghighat, Ansari Lari & Kiani, 2014). بدین منظور و برای بررسی دقیقتر کارایی انرژی در واحدهای صنعتی استان کهگیلویه و بویراحمد، ده استانی که در محاسبات قسمت قبل از جمله کهگیلویه و بویراحمد که بیشترین میزان رشد بهره‌وری را با در نظر گرفتن فقط یک نهاد و یک ستانده طی سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ داشته‌اند مد نظر قرار می‌دهیم. همچنین ده استان از استانهایی که بیشترین افت بهره‌وری را داشته‌اند نیز در مدل مورد بررسی قرار می‌گیرند. عبارت دیگر ۲۰ استان بعنوان DMU در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها در نظر گرفته شده تا اثر چندین نهاد را بر روی بهره‌وری انرژی مورد بررسی قرار دهیم. به منظور انجام یک تحلیل جامع، باید از شاخص‌هایی استفاده نمود که تا حدود زیادی جوانب مختلف عملکردی را پوشش دهد. بنابراین پس از بررسی منابع مختلف، امکان سنجی دسترسی به داده‌ها و ورودی‌های مورد استفاده عبارتند از:

۱. سرمایه انسانی: در اینجا شاخص سرمایه انسانی را بعنوان نسبت تعداد شاغلین تولیدی با مدرک تحصیلی لیسانس و بالاتر به کل شاغلین تولیدی تعریف می‌نماییم.
۲. مصرف انرژی: ارزش انرژی مصرف شده، عبارت است از ارزش انواع سوخت مصرف شده و ارزش برق خریداری شده.
۳. سرمایه گذاری: سرمایه گذاری عبارت است از تغییرات ایجاد شده در ارزش اموال سرمایه‌ای (ارزش خرید یا تحصیل و هزینه تعمیرات اساسی منهای ارزش فروش یا انتقال اموال سرمایه‌ای طی دوره آماری).
۴. ارزش داده‌ها: ارزش داده فعالیت صنعتی عبارت است از مجموع ارزش مواد خام و اولیه، ابزار و لوازم و ملزومات کم دوام مصرف شده، ارزش سوخت مصرف شده، ارزش برق و آب خریداری شده، ارزش مواد و قطعات مصرف شده جهت ساخت یا ایجاد اموال سرمایه‌ای توسط کارگاه و پرداختی بابت خدمات صنعتی.
۵. جبران خدمات: جبران خدمات مزد و حقوق بگیران عبارت است از مزد و حقوق و سایر پرداختیها (پول، کالا و ...) به مزد و حقوق بگیران.
- مزد و حقوق: منظور از مزد و حقوق، مجموع پرداختی‌های کارگاه به صورت پول و یا کالا تحت عنوان مزد و حقوق به مزد و حقوق بگیران است.

- سایر پرداختی ها (پول، کالا و ...): این پرداختی ها شامل پاداش، اضافه کار، هزینه خوراک و پوشاک، هزینه ایاب و ذهاب، حق اولاد، حق عائل همدی، بدی آب و هوا، سهم کارفرما از بیم‌های اجتماعی، خواربار، بلیط اتوبوس و ... است.
- ۶. مالکیت خصوصی: در این تحقیق از مجموع آماري مربوط به تمامی مالکیت‌ها به جزء شرکت دولتی به بعنوان مالکیت حقوقی خصوصی استفاده شده است.
- عمومی: منظور کارگاه‌هایی است که تمام یا بیش از ۵۰ درصد سرمایه آن‌ها متعلق به وزارتخانه‌ها، سازمان‌های دولتی، بانکها، نهادهای انقلاب اسلامی، شهردار یها و سایر مؤسسات بخش عمومی باشد.
- تعاونی: منظور کارگاه‌هایی است که به صورت شرکت تعاونی به ثبت رسیده و تمام یا بیش از ۵۰ درصد سهام آن‌ها متعلق به اعضا تعاونی باشد.
- خصوصی (غیر تعاونی): منظور کارگاه‌هایی است که تمام یا بیش از ۵۰ درصد سرمایه آن‌ها متعلق به افراد باشد.

بهینه‌سازی در تولید محصولات و مصرف انرژی به منظور دستیابی به تولید ناخالص داخلی مشخص نیازمند کاهش شدت مصرف انرژی است. از آنجائیکه شدت مصرف انرژی بعنوان یک متغیر وابسته و بصورت نسبت مصرف انرژی به ارزش افزوده تعریف می‌گردد، در این تحقیق ارزش افزوده را بعنوان متغیر خروجی مد نظر قرار می‌دهیم.

۵) بررسی وضعیت کارایی مصرف انرژی بیست استان کشور طی سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳

از آنجائیکه هدف بررسی وضعیت کارایی مصرف انرژی استان کهگیلویه و بویراحمد در کشور طی سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ می‌باشد، لذا ما باید در اینجا آمار مربوط به صنایع ده نفر کارکن و بیشتر استان کهگیلویه و بویراحمد به همراه ۱۹ استان دیگر کشور (که در بخش قبل انتخاب شده‌اند) به تفکیک سال و در جداول جداگانه‌ای بیاوریم که بسیار طولانی خواهد شد. پس ما در بخش بعدی فقط ورودیها و خروجی بیست استان کشور را در سال ۱۳۹۰ را می‌آوریم و برای سالهای ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ به آوردن نتایج بررسی بسنده می‌کنیم.

و) ارزیابی کارایی مصرف انرژی بیست استان کشور طی سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ به کمک تحلیل پوششی داده‌ها

در اینجا استانها (تعداد بیست استان انتخابی) را بعنوان DMU در نظر گرفته که هر DMU دارای تعداد شش ورودی و یک خروجی می‌باشد. جدول شماره (۸) جدول ورودی‌ها و خروجی بیست استان در سال ۱۳۹۰ می‌باشد. به منظور اندازه‌گیری کارایی DMU ‌ها از مدل جمعی وزن دار شده که در بخش قبل معرفی شده است استفاده می‌کنیم:

در اینجا w_i^+ و w_i^- اوزان تعیین شده توسط قضاوت تخصصی می‌باشد که با ارائه پرسشنامه و تحلیل نتایج توسط نرم افزار AHP محاسبه گردیده‌اند. وزن‌های پارامترهای ورودی در جدول شماره (۹) ارائه گردیده‌اند.

ورودی	وزن
سرمایه انسانی	۰/۳۱۵۴
ارزش انرژی مصرف شده	۰/۱۱۳۴۵
سرمایه گذاری	۰/۱۲۷۶۵
جبران خدمات	۰/۱۳۲۱۳
ارزش داده‌ها	۰/۱۸۹۰۵
مالکیت خصوصی	۰/۱۲۲۲۶

جدول شماره (۹): وزنهای تعیین شده ورودی‌ها

استان	سرمایه انسانی	قیمت نهاده انرژی	سرمایه	ارزش داده‌ها	جبران	مالکیت	ارزش افزوده	خروجی
-------	---------------	------------------	--------	--------------	-------	--------	-------------	-------

گذاری	خدمات	خصوصی					
کردستان	۶۱۴	۲۱۲۰۷۸	۴۷/۱	۳۳۰۱۳۹۸	۳۹۷/۶	۱۱۸	۱۳۴۵/۷
کهگیلویه و بویراحمد	۵۹۹	۷۳۴۴۴	۵۰/۳	۱۲۶۳۵۳۲	۲۲۱/۶	۴۷	۸۵۰/۹
کرمان	۳۰۲۳	۱۵۰۳۰۲۴	۱۱۶۰/۹	۲۸۴۳۸۷۹۷	۴۰۰۶/۱	۱۲۶	۲۰۷۹۹/۸
لرستان	۱۰۳۹	۵۷۷۲۵۷	۴۰۰/۱	۵۵۱۸۹۲۲	۸۳۹/۲	۱۸۴	۳۳۵۲/۸
قم	۲۶۶۰	۴۱۶۹۵۶	۱۱۰۹/۲	۱۴۹۳۱۱۳۸	۱۵۵۹/۴	۴۹۲	۵۳۸۴/۹
البرز	۱۰۸۶۷	۱۱۳۵۳۹۰	۴۱۶۹/۹	۴۸۰۴۰۸۶۴	۷۰۹۹/۸	۶۴۲	۲۴۰۲۲/۱
اردبیل	۱۰۱۴	۲۵۲۶۶۸	۳۰۶/۴	۳۹۳۷۸۹۳	۵۸۵/۳	۱۷۶	۱۸۶۷/۴
فارس	۵۹۵۸	۲۴۲۶۴۸۴	۱۶۴۰/۳	۴۷۴۴۹۸۱	۴۱۱۱/۹	۶۲۰	۱۸۳۳۹/۸
سیستان و بلوچستان	۳۱۶	۳۸۱۴۳۵	۶۰/۷	۱۶۰۳۷۸۳	۳۷۵/۸	۹۱	۱۸۵۳
خراسان شمالی	۱۱۲۰	۶۷۱۳۷۸	۲۰۰/۱	۳۶۸۹۲۴۷	۹۹۶/۶	۷۵	۴۴۲۵/۵
مازندران	۶۶۶۷	۹۸۱۶۱۶	۱۸۱۰	۳۰۰۸۷۹۴۶	۳۷۹۸	۶۷۷	۱۱۹۶۳/۶
بوشهر	۳۸۶۵	۲۰۲۹۸۲۸	۴۳۴۹/۶	۱۰۳۲۷۹۷۹۵	۲۸۵۵/۵	۱۰۳	۵۵۳۹۹/۷
خراسان رضوی	۹۵۹۸	۲۱۶۵۲۳۹	۲۲۱۹/۸	۵۲۷۳۲۴۲۳	۷۱۲۶/۹	۹۸۶	۲۶۸۹۸/۷
زنجان	۲۹۸۸	۷۳۶۹۸۳	۹۱۱/۱	۱۳۳۴۳۸۳۹	۲۳۱۷/۳	۲۰۴	۸۸۸۴/۲
مرکزی	۹۶۲۳	۳۰۲۶۳۴۳	۶۱۳۳/۶	۱۴۴۵۵۰۱۶۰	۶۴۸۲/۲	۵۲۵	۲۳۷۹۰/۲
یزد	۳۶۱۴	۲۰۲۷۴۹۷	۲۲۴۶	۲۴۰۶۶۵۷۷	۳۰۵۸/۴	۳۸۰	۱۶۲۲۷/۱
هرمزگان	۲۱۹۰	۲۷۱۱۹۵۱	۲۹۴۲/۶	۱۵۹۷۴۵۶۰۱	۱۸۲۱/۴	۱۷۶	۱۲۲۶۰/۸
کرمانشاه	۱۸۴۶	۹۳۰۱۵۷	۶۶۲/۳	۲۰۳۰۸۹۱۲	۱۴۱۰/۴	۲۲۷	۱۰۱۱۳/۲
ایلام	۲۲۴	۲۴۳۰۸۲	۱۰۹/۶	۱۲۴۴۶۳۹	۱۶۴/۹	۴۷	۸۶۸/۱
گیلان	۴۶۷۲	۶۴۴۴۵۳	۹۳۲/۳	۳۰۳۶۱۸۰۳	۲۶۳۸/۸	۵۲۹	۸۰۰۶/۳

جدول شماره (۸): جدول ورودیها و خروجی بیست استان کشور در سال ۱۳۹۰

۳- نتایج و بحث

کارایی بیست استان به کمک مدل جمعی وزن دار شده طی سالهای ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۳، توسط نرم افزار GAMS تحلیل شده و نتایج حاصل ارائه شده است. با توجه به اینکه در مدل کارایی، استانهایی که دارای مقدار کارایی یک می باشند، کارا بوده و آنهایی که مقدار کاراییشان کمتر از یک باشد ناکارا هستند لذا نتایج بدست آمده از مدل نشان می دهد که از میان استانهای بررسی شده، چهار استان کرمان، سیستان و بلوچستان، خراسان شمالی و بوشهر در هر چهار سال مورد ارزیابی کارا بوده اند. به منظور بررسی بیشتر، در اینجا نتایج حاصل از تحلیل مدل مربوط به استان کهگیلویه و بویراحمد به تفکیک سال ارائه شده است.

استان	کارایی ۱۳۹۰	کارایی ۱۳۹۱	کارایی ۱۳۹۲	کارایی ۱۳۹۳
کردستان	۱	۰/۷۰۷	۰/۶۵۴	۰/۶۱۳
کهگیلویه و بویراحمد	۰/۹۲۱	۰/۵۹۷	۰/۵۶	۰/۶۱۴
کرمان	۱	۱	۱	۱
لرستان	۰/۶۲۲	۰/۶۲۳	۰/۷۷۳	۰/۷۹۲
قم	۰/۶۰۹	۰/۵۸۷	۰/۸۹	۰/۷۶۲
البرز	۰/۸۸۸	۰/۹۷۲	۱	۰/۷۶۳
اردبیل	۰/۵۶۶	۰/۴۵	۰/۷۶۳	۱
فارس	۱	۰/۷۸۹	۰/۸۸۱	۰/۶۳۲
سیستان و بلوچستان	۱	۱	۱	۱
خراسان شمالی	۱	۱	۱	۱
مازندران	۰/۶۳۷	۰/۶	۰/۷۹	۰/۵۸
بوشهر	۱	۱	۱	۱
خراسان رضوی	۰/۷۶۹	۰/۷۱۲	۰/۷۳۴	۰/۸۲۳
زنجان	۰/۸۵۷	۰/۸۵۲	۰/۸۶۷	۰/۷۹۱
مرکزی	۰/۴۱۷	۰/۴۰۹	۰/۸۷۲	۰/۹۱
یزد	۰/۷۸۲	۰/۷۶۸	۰/۷۸۸	۱
هرمزگان	۰/۳۹۱	۰/۹۳۶	۰/۹۵۲	۰/۷۰۲
کرمانشاه	۰/۹۳۳	۱	۱	۱
ایلام	۰/۷۴۳	۰/۸۲۵	۱	۰/۹۵۳
گیلان	۰/۶۰۷	۰/۵۵۳	۰/۳۰۳	۰/۵۵۱

جدول شماره (۱۰): مقادیر کارایی بیست استان طی سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳

مآخذ ورودی							
سال	میزان کارآیی نسبی	سرمایه انسانی (نفر)	ارزش انرژی مصرف شده (میلیون ریال)	سرمایه گذاری جدید (میلیارد ریال)	ارزش داده ها (میلیون ریال)	جبران خدمات (میلیارد ریال)	مالکیت خصوصی (تعداد)
۱۳۹۰	۰/۹۲۱						
۱۳۹۱	۰/۵۹۷	۴۲۱/۹۴۵	.	.	.	۳۸/۱۳۶	۳۵/۲۴۷
۱۳۹۲	۰/۵۶	۲۱۱/۱۶۹	.	۸۷/۰۴۹	.	۶۴/۵۷۶	۱۱/۲۷۲
۱۳۹۳	۰/۶۱۴	۲۴۹/۴۷۴	.	.	.	۱۱۴/۰۰۲	۸/۰۲۶
		۳۲۳/۵۷۶	.	۵۱۴/۹۸۴	.	۳۷۳/۷۰۵	۸/۰۴۲

جدول شماره (۱۱): نتایج کارآیی و مقادیر مآخذ ورودی استان کهگیلویه و بویراحمد حاصل از تحلیل مدل (مآخذ: یافته های تحقیق)

نتایج بدست آمده از مدل نشان می دهد که استان کهگیلویه و بویراحمد در هر چهار سال مورد ارزیابی ناکارآ بوده است. ورودی های ارزش انرژی مصرف شده و ارزش داده ها دارای فراوانی صفر از لحاظ دارا بودن مآخذ در ورودی می باشند و این بدان معنا است که مصرف انرژی در استان کهگیلویه و بویراحمد بهینه بوده و حتی سایر داده ها نیز در وضعیت نرمال هستند. با بررسی بعمل آمده و همانطور که در جدول شماره (۱۱) نشان داده شده است ورودی های نیروی انسانی و جبران خدمات دارای مآخذ ورودی

زیادی هستند. مقادیر مازاد ورودی سرمایه گذاری جدید و مالکیت خصوصی چشم گیر نمی باشند. شاید بتوان مهمترین عامل عدم کارایی صنعت استان را براساس نتایج حاصل شده نیروی انسانی و آنهم بدلیل جمعیت زیاد جویای کار و عدم بهره برداری بهینه از نیروی کار شاغل در صنعت استان دانست. شاید بتوان یکی از دلایل مازاد نیروی کار و سرمایه گذاری را به کنترل محدود صنایع بر نیروی کار و سرمایه گذاری دانست. به نظر میرسد آزادی عمل بیشتر صنایع در کنترل و بکارگیری نیروی کار بتواند تا حدود زیادی این مشکل را حل کند. نتایج حاصل از میزان کارایی صنعت استان نشان می دهد که با مدیریت بهتر صنایع بر منابع خود و بهره برداری بهینه از این منابع، میتوان شاهد رشد و شکوفایی صنعت نوپای استان بود.

نتایج بدست آمده از مدل نشان می دهد که صنعت استان کهگیلویه و بویراحمد در هر چهار سال مورد ارزیابی ناکارآ بوده است. ورودی های ارزش انرژی مصرف شده و ارزش داده ها دارای فراوانی صفر از لحاظ دارا بودن مازاد در ورودی می باشند و این بدان معنا است که مصرف انرژی در استان کهگیلویه و بویراحمد بهینه بوده و حتی سایر داده ها نیز در وضعیت نرمال هستند. با بررسی بعمل آمده، ورودی های نیروی انسانی و جبران خدمات دارای مازاد ورودی زیادی هستند. مقادیر مازاد ورودی سرمایه گذاری جدید و مالکیت خصوصی چشم گیر نمی باشند. شاید بتوان مهمترین عامل عدم کارایی صنعت استان را براساس نتایج حاصل شده نیروی انسانی و آنهم بدلیل جمعیت زیاد جویای کار و عدم بهره برداری بهینه از نیروی کار شاغل در صنعت استان دانست. شاید بتوان یکی از دلایل مازاد نیروی کار و سرمایه گذاری را به کنترل محدود صنایع بر نیروی کار و سرمایه گذاری دانست. به نظر میرسد آزادی عمل بیشتر صنایع در کنترل و بکارگیری نیروی کار بتواند تا حدود زیادی این مشکل را حل کند. نتایج حاصل از میزان کارایی صنعت استان نشان می دهد که با مدیریت بهتر صنایع بر منابع خود و بهره برداری بهینه از این منابع، میتوان شاهد رشد و شکوفایی صنعت نوپای استان بود.

قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با عنوان " بهینه سازی مصرف انرژی در واحدهای صنعتی و معدنی استان کهگیلویه و بویراحمد " می باشد. نویسندگان کمال تشکر و قدردانی را از سازمان صنعت، معدن و تجارت استان کهگیلویه و بویراحمد بخاطر حمایت های مالی از این تحقیق بعمل می آورند.

۴- منابع

1. Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1987). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 30, 1078-1092.
2. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of decision Making Units, *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
3. Cooper, W.W., Seiford, L. M. & Tone, K. (2007). Data Envelopment Analysis A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, *Springer Science*.
4. East Azerbaijan Management and Planning organization. (2017). *Ofofge Taamol Monthly*, 2(7). (in Persian).
5. Gravand, S., Mehregan, N., Sadeghi, H. & Malekshahi, M. (2013). Evaluation Energy Efficiency in Petrochemical Industry of Iran. *Journal of Economic Policy*, 5(10), 57-74. (in Persian).
6. Haghghat, J., Ansari Lari, M. S. & Kiani, P. (2014). Evaluating the Energy Efficiency in the Domestic Sector of Provinces of Iran. *Iranian Journal of Energy Economics*, 4(13), 189-116. (in Persian).
7. Jahanshahloo, Gh., Hosseinzadeh Lotfi, F. & Nikomaram, H. (2011). *Data Envelopment Analysis and it's Applications*. Tehran, Islamic Azad University, science and research branch. (in Persian).
8. Khodamoradi, A. (2013). The Potential for Development of Energy Services Companies in the Industry Sector, *Second Specialized Conference of Energy Services Companies*. (in Persian).
9. Mehregan, M. & Rahmani, M. (2008). Performance Evaluation and Productivity Analysis of Iranian Industry, *Journal of Industrial Management*, 3, 1-30. (in Persian).
10. Mohammadi, H. & Mehri, M. (2015). Investigation of Energy Efficiency of Pistachio Product in Yazd Province, *Journal of Energy Economic Studies*, 46, 113-134. (in Persian).

11. National Iranian Productivity Organization. (2016). Investigating Energy Efficiency Status in Industrial Workshops of Ten Personnel and More of Iran. (in Persian).
12. Purlazemi, M. (2006). Evaluation Efficiency of Iranian Petrochemical Complexes by Data Envelopment Analysis. *Peike Noor*, 4(2), 35-45. (in Persian).
13. Razm Ara, A. & Lotfipoor, M. (2006). Evaluation of Technical Efficiency in Productivity Process in Iranian industries. *Journal of Knowledge and Development*, 18, 55-78. (in Persian).
14. Shafiee, S. & Sabori Deilami, M. (2011). Necessity to review Iran's Energy Consumption Production methods, *Economic Journal- Monthly Review of Economic Issues and Policies*, 11, 12, 21-42. (in Persian).
15. SAMT Ministry, *Annual Reports of Statistical Results of the Industries with 10 and more Employees*, 1924-2015. (in Persian).
16. Sepehrdost, H. & Razavi Majd, S. L. (2015). Measuring Energy Efficiency in Iran's Industry Sector by Using Window Analysis and Data Envelopment Analysis. *International Conference o Resistance Economics*. (in persian).
17. Shirzadi, S., Mojarad, E. & Honarmand, M. (2019). Investigation of Energy Efficiency in Shirvan Fish Farms, *Agricultural Economics Research*, 12, 259-278. (in Persian).
18. Statistical Center of Iran, *Statistical yearbooks of the country*, 1386-1393. (in persian)

Evaluating the Energy Efficiency of the Kohgiluyeh and Boyerahmad Province Industries

Vahideh Rezaie

Ph.D. in Mathematics, Assistant Professor, Mathematics Dept., Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran

Masumeh Khanmohammadi (Corresponding Author)

Ph.D. in Mathematics, Assistant Professor, Mathematics Dept., Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran

Email: khanmohammadi@iiu.ac.ir

Samad Nejatian

Ph.D. in Electrical Engineering, Assistant Professor, Electrical Engineering Dept., Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran

Abstract

Nowadays, human looks to tread a path towards optimized using of available resources, Therefore, due to the limitations of capital, time, location, energy, and so on, managers have sought scientific methods from the beginning to make the most of these constraints. one of the most important ways to achieve optimization is evaluating the performance of the Decision Making Units. The goal of this work is to evaluate the energy consumption in the Kohgiluyeh and Boyerahmad province industry considering the industries with 10 and more employees. As in the calculating of the energy efficiency, several outputs and inputs must be considered in form of the production function theory, the data envelopment analysis is used to calculate the energy efficiency in the industrial units. Then the results of the energy efficiency, existing barriers and the practical consideration will be explained. The results of the efficiency model show that the most important factor of the inefficiency of the province's industry is the large population of job seekers and is the lack of optimal utilization of the workforce in the province's industry.

Keywords: Efficiency, Energy, Data Envelopment Analysis, Slack Based Model (SBM), Weighted Slack Based Model (WSBM).