بررسی عملکرد مصرف انرژی در استان‌های ایران: تحلیل تجزیه شاخص

زین‌العابدین صادقی[1]
دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
سید عبدالمجید جلایی[2]
استاد گروه اقتصاد دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
مهلا نیک‌روش[3]
کارشناس ارشد اقتصاد انرژی از دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت: 1396/8/28 تاریخ پذیرش: 1397/4/2

چکیده

در این مطالعه تلاش شده است تا تغییرات مصرف انرژی با استفاده از رویکرد تحلیل تجزیه شاخص و روش میانگین شاخص دیوژیا در سال 1390 برای استان‌های ایران بررسی شود[4]. تجزیه مکانی با استفاده از مدل چند منطقه‌ای برای مصرف انرژی انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد در رتبه‌بندی اثر شدت سیستان و بلوچستان با رتبه 1 کمترین توان صرفه‌جویی و تهران با رتبه 31 بیشترین توان صرفه‌جویی را دارند. میانگین کشوری اثر شدت358,46 میلیون تن معادل زغال‌سنگ می‌باشد. استان‌هایی که در زیر مقدار میانگین کشوری اثر شدت قرار گرفته‌اند توان صرفه‌جویی بالاتری دارند و مصرف انرژی کمتری دارند. در رتبه‌بندی اثر ساختار استان کرمان در رتبه 1 و استان خوزستان در رتبه 31 قرار دارد، که به ترتیب دارای

1- (نویسنده مسئول: Email: Abed_sadeghi@yahoo.com
2- Email: jalaee44@gmail.com
3- Email: m_nikravesh@yahoo.com
DOI: 10.22067/erd.v25i16.68848
4-ز فراورده‌های نفت سفید، نفت کوره، نفت گاز، بنزین، گاز طبیعی و برق با هم واحد کردن آنها به عنوان یک سبد انرژی استفاده شده است

معادل زغال‌سنگ می‌باشد که نشان دهنده عملکرد بهینه تعداد کمی از ساختار صنعت استان‌هاست. در رتبه‌بندی اثر فعالیت استان تهران با رتبه ۱ و استان خراسان جنوبی با رتبه ۳۱ در ابتدا و انتهای لیست رتبه‌بندی اثر فعالیت قرار گرفته‌اند. میانگین کشوری اثر فعالیت ۲۸۱,۰۷- میلیون تن معادل زغال‌سنگ است که ۱۱ استان در بالای این مقدار جای گرفته‌اند. در اثر شدت ترتیب مناطق[1] به‌صورت منطقه پنج، منطقه دو، منطقه سه، منطقه چهار و منطقه یک می‌باشد. در اثر ساختار ترتیب مناطق به‌صورت منطقه دو، منطقه پنج، منطقه یک، منطقه چهار و منطقه سه کشور می‌باشد و درنهایت اثر فعالیت به‌صورت منطقه چهار، منطقه یک، منطقه سه، منطقه پنج و منطقه دو ایران رتبه‌بندی شده است.

کلیدواژه‌ها: تحلیل تجزیه شاخص، روش میانگین شاخص دیوژیا، مصرف انرژی، شدت انرژی و شاخص عملکرد انرژی.
طبقه‌بندی JEL: Q4,Q5,O13

مقدمه

یکی از مهم‌ترین تحولات سال ۲۰۱۵ توافق پاریس یا کاپ ۲۱[2] می‌باشد. نمایندگان ۱۹۵ کشور جهان در پاریس توافقی را برای وضعیت آب‌وهوایی جهان امضا کردند. هر کشور متعهد به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شد که می‌تواند نقطه عطفی برای تلاش جهانی در جهت کاهش سرعت تغییرات آب‌وهوایی باشد. فقط ۲۰ کشور جهان بیش از ۸۰ درصد دی‌اکسید کربن جو را منتشر و پنج کشور چین، آمریکا، هند، روسیه و اندونزی به‌تنهایی بیش از ۵۰ درصد گازهای گلخانه‌ای جهان را تولید می‌کنند.

در اجلاس پاریس نمایندگان ۱۹۵ کشور به بحث دربارهٔ پیمان جایگزین پیمان کیوتو در راستای کاهش پخش و نشر گازهای گلخانه‌ای پرداختند. این پیمان باید مصرف انرژی‌های فسیلی

۱-در منطقه بندی استان‌های کشور به همجواری، محل جغرافیایی و اشتراکات توجه‌شده است. این منطقه بندی به شرح زیر است (وزارت کشور،۱۳۹۳)

منطقه۱: تهران، قزوین، مازندران، سمنان، گلستان، البرز، قم

منطقه۲: آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی،اردبیل، زنجان،گیلان، کردستان

منطقه۳: کرمانشاه، ایلام، لرستان، همدان، مرکزی، خوزستان

منطقه۴: اصفهان، فارس، بوشهر، چهارمحال بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، هرمزگان

منطقه۵: خراسان رضوی، خراسان جنوبی، خراسان شمالی، کرمان، یزد، سیستان و بلوچستان

2- Conference of the Parties (COP) 21

در جهان را به میزانی کاهش دهد که گرمای کره زمین تا آخر قرن حاضر نسبت به آغاز صنعتی شدن جهان بیش از ۲ درجه افزایش پیدا نکند. افزایش بالاتر از این میزان حوادث اقلیمی را به دنبال خواهد داشت و زمین را در معرض تهدیدهای خطرناک قرار خواهد داد. پیمان پاریس برای اولین بار کشورهای نو صنعتی و نیز کشورهای درحال‌توسعه را به کاهش دی‌اکسید کربن مقید می‌کند. این پیمان از سال ۲۰۲۰ جایگزین پیمان کیوتو می‌گردد که از سال ۱۹۹۷ هدف مشابه را دنبال کرده است(CP 21, 2015).

یکی از اصلی‌ترین موارد مطرح‌شده در این اجلاس میزان مشارکت کشورهای اصلی تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای دنیا در زمینه تعهدات خود برای کاهش تولید این گازها می‌باشد. ایران نیز ازجمله حاضران در این اجلاس بوده است و باید دربارهٔ تغییرات و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی خود دراین‌باره توضیح دهد؛ چراکه ایران یکی از ۱۰ کشور اول تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای در جهان است. ایران در این توافق متعهد به کاهش ۱۲ درصدی انتشار CO_2 تا سال ۲۰۳۰ شد که ۴ درصد را به‌صورت داوطلبانه پذیرفته است و ۸ درصد را مشروط به تحقق همکاری‌های بین‌المللی، انتقال دانش و سرمایه‌گذاری خارجی می‌داند(CP 21, 2015).

تحلیل تجزیه شاخص (IDA)[1] از اواخر دهه ۱۹۷۰ مطرح شد و تغییر در مصرف انرژی صنعت را مورد بررسی قرارداد. در این رویکرد تغییر در مصرف انرژی به سه اثر فعالیت، اثر ساختار و اثر شدت تجزیه می‌شود. تحلیل تجزیه بر اساس تئوری عدد شاخص است و بر پایه شاخص لاسپیرز، پاشه و مارشال اج ورث می‌باشد و به‌صورت تجزیه‌های ضرب پذیر و جمع‌پذیر مطرح می‌گردد.

محققان همچنین تفاوت در مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی بین کشورها و یا مناطق مختلف را تحت عنوان آنالیز تجزیه مکانی موردمطالعه قرار داده‌اند. سه نوع تحلیل تجزیه مکانی تعریف شده است: الف) تحلیل تجزیه مکانی دوطرفه (B-R) [2] یعنی هر منطقه به‌صورت دوطرفه با همه مناطق دیگر مقایسه می‌شود. این مدل برای زمانی مناسب است که تعداد مناطق کم باشد، در غیر

1- Index Decomposition Analysis
2- Bilateral–Regional (B–R)

این صورت تعداد جفت‌ها به‌صورت نمایی رشد می‌کند. ب) تحلیل تجزیه مکانی شعاعی(R-R)[1] در این رویکرد یک منطقه معیار به‌صورت تصادفی از بین مناطق انتخاب می‌شود و مقایسه بین منطقه معیار و مناطق هدف صورت می‌گیرد. این رویکرد برای مناطق با تعداد زیاد مناسب است و نتایج به‌شدت به منطقه معیار وابسته است. ج) تحلیل تجزیه چند منطقه‌ای(M-R)[2] در این تحلیل به‌جای انتخاب خودسرانه منطقه معیار، یک نهاد مرجع به‌وسیله متوسطی از کل گروه به دست می‌آید. این رویکرد وقتی بهتر کاربرد دارد که تعداد مناطق زیاد باشد و تحت‌الشعاع یکدیگر از نظر مصرف انرژی نباشند، که این بهترین نوع تحلیل تجزیه مکانی می‌باشد(Ang et al.,2015) .

در این مطالعه بررسی عملکرد مصرف انرژی استان‌های ایران درمجموع بخش‌های کشاورزی، صنعت و عمومی از طریق تحلیل تجزیه شاخص و تجزیه مصرف انرژی به سه جز اثر شدت، اثر ساختار و اثر فعالیت بررسی می‌شود.

سازمان‌دهی مقاله به‌این‌ترتیب است که در بخش دوم؛ مبانی نظری تحقیق و مروری بر مطالعات انجام شده در داخل و خارج از کشور بیان شده است. بخش سوم، روش‌شناسی تحقیق را ارائه می‌دهد. بخش چهارم به بیان داده‌ها و تحلیل نتایج و یافته‌های مطالعه می‌پردازد. در پایان نیز نتیجه‌گیری آورده شده است.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

"تحلیل تجزیه"، یکی از رویکردهایی است که در تحلیل‌های مرتبط با مصرف انرژی و انتشار CO_2 به‌طور گسترده‌ای به کار برده می‌شود. در بررسی تجزیه و برای تحلیل عوامل محرک در انتشار CO_2، دو رویکرد متفاوت به کار گرفته شده است که یکی ،تحلیل تجزیهٔ ساختاری(جدول داده–ستانده) (SDA)[3] و دیگر تحلیل تجزیهٔ شاخص (IDA) می‌باشد.

این دو تکنیک تجزیه، متفاوتند و هرکدام محاسن و معایبی دارند. تکنیک SDA پیچیده‌تر است و نیازمند جدول داده- ستانده است. از سوی دیگر جدول داده- ستانده هر چند سال یک بار

1- Radial–Regional (R–R)
2- Multi-Regional (M-R)
3- Structural decomposition analysis

تهیه می‌شود و داده‌های سالانه در دسترس نیست. در عوض، با استفاده از تکنیک SDA، اطلاعات و یافته‌های بیشتری به دست می‌آید. تکنیک IDA ساده است و نیازمند داده‌های زیادی نیست. با داده‌های کلان قابل مقایسه است و نیاز به داده‌های هر بخش یا محصول خاصی ندارد. به این دلیل تکنیک IDA بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است. مقایسهٔ بین تحلیل‌های تجزیه ساختاری و شاخص در مطالعهٔ (Hoekstra and Vanden bergh,2003) ارائه شده است.

تکنیک IDA، خود به دو روش تقسیم می‌شود. روش IDA برپایهٔ شاخص لاسپیرز و روش IDA برپایه روش دیویژیا، شاخص IDA لاسپیرز شامل شاخص لاسپیرز پایه، لاسپیرز پاشه، شاخص فیشر و شاخص مارشال اج ورث است که همگی بر پایهٔ شاخص لاسپیرز و پاشه هستند. شاخص IDA دیویژیا نیز شامل شاخص دیویژیای میانگین حسابی[1] (AMDI) و شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی[2] (LMDI) است که توسط (Ang & Choi, 1997)، بیان شده و به‌وسیله (Ang,2005) بسط یافته است. هرکدام از شاخص‌های IDA کاربرد معینی دارند و برای استفاده‌ای خاص به کار می‌روند. از بین این شاخص‌ها تنها دو شاخص IDA لاسپیرز و IDA دیویژیای میانگین لگاریتمی هستند که در تمام موارد قابل استفاده‌اند و نتایج مشابه نیز به دست می‌دهند. این دو روش از IDA نیز مزایا و معایبی دارند. استفاده از این دو روش به تعداد مورد بررسی و همچنین به شکل و نوع داده‌ها بستگی دارد. در مقایسهٔ بین دو روش IDA لاسپیرز و IDA دیویژیای میانگین لگاریتمی، اگر عدد صفر در بین داده‌های مورد استفاده نباشد، استفاده از روش IDA دیویژیای میانگین لگاریتمی ممکن است. هرچند که روش IDA لاسپیرز نیز همواره قابل استفاده است. اما پیچیده‌تر از روش IDA دیویژیای میانگین لگاریتمی می‌باشد (Ang & Zhang, 2000).

رویکرد تجزیهٔ لاسپیرز همواره دارای پسماندهایی است که می‌تواند مقادیر قابل توجهی داشته باشد. رویکرد تجزیهٔ لاسپیرز با توجه به همین پسماندها، نتایجی را ارائه می‌دهد. تکنیک IDA لاسپیرز توسط (Sun,1998)بسط داده شد و پس‌ازآن به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفت.

از میان انواع تکنیک های موجود تنها چند رویکرد هستند که هیچ پسماندی بعد از محاسبات

1- Arithmetic mean divisia index
2- Logarithmic mean divisia index

ندارند که به آن ها تکنیک تجزیهٔ کامل اطلاق می شود. تکنیک تجزیهٔ شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی(LMDI-II) ارائه شده توسط (Ang & Choi, 1997)نخستین تکنیک تجزیهٔ کاملی است که در تحلیل تجزیهٔ انرژی از آن استفاده شد.

در چند دهه گذشته اندازه‌گیری تغییرات شدت انرژی[1] و میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از شدت انرژی با به‌کارگیری روش‌شناسی تجزیه رشد چشم‌گیری داشته است. در رویکرد تحلیل تجزیه تغییر در مصرف انرژی به سه اثر ساختار، فعالیت و شدت تجزیه می‌شود. تجزیه تغییرات مصرف انرژی به اجزایش، به بهبود کارایی انرژی و تغییر فعالیت اقتصادی بستگی دارد.

از مطالعات خارجی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

(Wang,2013) در مطالعه خود تحلیل تجزیه تغییرات شدت انرژی را به ۵ مؤلفه فناوری، پیشرفت تکنولوژی، تغییر نسبت سرمایه-انرژی، تغییر کار- انرژی و ساختار ستانده مرتبط می‌داند. نتایج نشان می‌دهد که پیشرفت تکنولوژی، انباشت سرمایه و ساختار ستانده به کاهش شدت مصرف انرژی از ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ کمک می کند. تغییرات در نسبت کار و انرژی، شدت انرژی را افزایش می‌دهد و ناهمگنی زمانی و مکانی با توجه به اهمیت نسبی این ۵ مؤلفه وجود داشته است.

(Ang & Xu,2014) به معرفی تحلیل تجزیه چند سطحی می‌پردازد. در این مطالعه گفته می‌شود ما قادر به پاسخگویی به همهٔ نیازهای خود برای تحلیل حساسیت نخواهیم بود و IDA معمولی دارای یک سری محدودیت می‌باشد که در تحلیل چند سطحی مورد بحث قرار گرفته‌اند. سپس به معرفی و مقایسه دو روش تجزیه چند سطحی می‌پردازد: مدل چند سطحی موازی (MP) و مدل چند سطحی سلسله مراتبی (MH) و چون مدل دوم یک روش گام‌به‌گام دارد به شرح کامل این مدل گام‌به‌گام پرداخته است. مثال‌های عددی و اطلاعات با استفاده از داده‌های مصرف انرژی ایالات‌متحده و چین ارائه‌شده است.

(Ferreira neto et al.,2014) میزان تغییرات در بعد تقاضای استفاده از انرژی در کشورهای درحال‌توسعه برزیل، چین و هند و کشورهای توسعه یافته آلمان، انگلستان و ایالات‌متحده را ارزیابی می کنند. برای رسیدن به این هدف از جدول داده-ستانده برای سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۰۵ و

1- Energy Intensity

تحلیل تجزیه ساختاری استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که برزیل تنها کشوری است کـه در آن فناوری یک اثر مثبت در انرژی دارد. آلمان و انگلستان در طول دوره زمانی نمونه، کاهش اسـتفاده از انرژی را دارند. چین و انگلستان تنها کشورهایی هستند که در آن‌ها استفاده از نهاده تجدیدپـذیر کاهش می‌یابد و در برزیل، چین و ایالات‌متحده استفاده از زغال‌سنگ افزایش می‌یابد. هنگامی کـه ما روی نتایجی که از طریق تحلیل تجزیه به دست نیامده‌اند تمرکز می‌کنیم متوجه می‌شویم که این کشورها با توجه به ثروت و مصرف انرژی خود متفاوت می‌باشند.

(Ang et al.,2015) در یک مطالعه، ۳۰ منطقه چین را به ۸ گـروه منطقـه‌ای بـرای سـهولت در ارائه، تبدیل نمودند و این مناطق را از طریق تحلیل تجزیه مکانی چند منطقه‌ای (M-R) باهم مقایسه و بر اساس عملکردشان در مصرف انرژی رتبه‌بندی نمودند. داده‌ها مربوط به سال ۲۰۰۲ بوده و ۲۷ بخش مصرف انرژی چین در نظر گرفته شد و بعدازآنکه یک میانگین از ۳۰ منطقـه بـه‌عنـوان نهـاد مرجع به دست آوردند به این نتیجه دست یافتند که منطقه‌ای که بالاتر از میانگین است، منطقه‌ای بـا مصرف بالای انرژی و منطقه‌ای کـه پـایین‌تـر از میـانگین اسـت، منطقـه‌ای بـا مصـرف کـم انـرژی می‌باشد، یعنی مناطقی که در پـایین لیسـت رتبـه‌بنـدی قـرار دارنـد مقـدار زیـادی صـرفه‌جـویی در مصرف انرژی و کاهش بالقوهٔ انتشار CO_2 دارند.

IDA (Ang and Wang,2015) را یک ابزار برای تجزیه تغییرات در مصـرف انـرژی در طـول زمان می‌دانند. در نمونه سنتی IDA فقط با استفاده از یک بعد داده مانند مصـرف انـرژی در بخـش صنعت مورد مطالعه قرار می‌گیرد. امـا اخیـراً در مطالعـات از یـک مجموعـه دادهٔ پیچیـده‌تـر ماننـد مصرف انرژی یک منطقه استفاده می‌شود. بـرای مطالعـات IDA بـا اسـتفاده از داده‌هـای انـرژی بـا ویژگی‌های متعدد، متوسط نتایج تجزیه با استفاده از زیـر مجموعـه‌هـای کـل مجموعـه داده ایجـاد می‌گردد و این نتایج بیشـتر بـر موضـوع مـورد مطالعـه تمرکـز دارد. بـرای اطمینـان از سـازگاری و معنی‌داری نتایج روش IDA مورد استفاده باید دو ویژگی را فـراهم سـازد: تجزیـه کامـل در سـطح زیر شـاخه و ثبـات در پیوسـتگی، کـه روش LMDI نـوع یـک ایـن دو نـوع ویژگـی را در تجزیـه جمع‌پذیر و ضرب پذیر فراهم می‌سازد.

(Shahiduzzaman and layton,2015) عدم تقـارن تغییـرات انتشـار CO2 بـر مراحـل چرخـه تجـارت را بررسـی کـرده‌انـد و از اطلاعـات سـالانه از ۱۹۴۹ و از داده‌هـای ماهانـه از ۱۹۷۹ بـرای ایالات‌متحده استفاده‌شده است. علاوه بر این از تحلیـل تجزیـه شـاخص بـرای بررسـی نقـش نسـبی

عوامل مؤثر بر تغییرات کل، انتشار سرانه CO2 و شدت CO2 روی مراحل چرخه تجارت استفاده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که کاهش شدت انرژی در رکود بسیار سریع‌تر است و سپس در رونق افزایش می‌یابد. علاوه بر این بر خلاف سه دوره قبلی، در رونق اخیر انتشار سرانه همچنان در یک نرخ بسیار شبیه به میزان کاهش در رکود قبل کاهش می‌یابد . این احتمال واقعی نشان می‌دهد که رونق اخیر ممکن است تأثیر مداوم بر مسیر انتشار سرانه فراتر از تأثیر فوری در طول دوره رونق داشته باشد .

از مطالعات داخلی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

(Khalili Araghi et al.,2012) تحلیل تجزیه انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی در ایران را به رشته تحریر درآوردند. در این مطالعه با استفاده از روش تحلیل تجزیه شاخص و استفاده از روش میانگین لگاریتم شاخص دیویژیا، تغییرات انتشار دی اکسید کربن در سطح کلان اقتصاد و در سطح بخش‌های اقتصادی به عوامل اثرگذار برای دوره ۱۳۸۵-۱۳۴۶ در قالب هشت دوره پنج‌ساله و دو دوره سه‌ساله ۱۳۸۷-۱۳۸۳ موردبررسی قرارگرفته است.

(Sadeghi et al.,2014) در مطالعه‌ای با عنوان تحلیل تجزیه آلودگی در ایران؛ رهیافت داده-ستانده با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری به تحلیل تجزیه انتشار CO2 به سه اثر ساختاری لئونتیف، تقاضای نهایی و شدت انتشار و مقایسه آن‌ها پرداخته‌اند. در این مطالعه از جداول داده-ستانده برای سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۶۵ و ۱۳۸۵-۱۳۸۰ و همچنین از روش راس برای به‌دست آوردن ماتریس مبادلات بین بخشی استفاده‌شده است. این تحقیق نشان می‌دهد که سه اثر مذکور در سطح گروه‌ها عمدتاً در جهت افزایش انتشار مشارکت دارند، درحالی‌که در سطوح زیرگروه‌ها در سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۶۵ نزدیکی بالایی بین سه روش در اثر شدت انتشار مشاهده می‌شود، اما در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۰ چنین نزدیکی و تقریبی مشاهده نمی‌شود.

(Sadeghi et al., 2017) در مقاله‌ای با عنوان " روند تغییر کارایی انرژی در بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل " تلاش داشته است تا روند تغییر کارایی انرژی در بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل با استفاده از رویکرد تحلیل تجزیه شاخص IDA و روش LMDI در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۰بررسی شود . در این روش ابتدا تغییر مصرف انرژی به اثرات آن تجزیه می‌شود با استفاده از اثر شدت، صرفه‌جویی های ناشی از بهبود کارایی مشخص شده، سپس با استفاده از شاخص عملکرد انرژی روند تغییر کارایی بررسی می‌شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بخش صنعت

در اکثر سال‌های دوره مورد بررسی به‌جز سال ۱۳۸۴ و ۱۳۸۶ از تغییر کارایی منفی برخوردار بوده است و اثر شدتی انرژی در این سال‌ها مثبت و صرفه‌جویی‌های ناشی از تغییر کارایی منفی بوده است و تنها در سال‌های مذکور صنعت از بهبود کارایی و صرفه‌جویی مثبت برخوردار بوده است. در مورد حمل‌ونقل مسافر نتایج عدم کارایی در این بخش را نشان می‌دهد و تنها در سال ۱۳۸۶ بهبود کارایی باعث صرفه‌جویی مثبت در این بخش شده است. در بخش حمل‌ونقل کالا برخلاف حمل‌ونقل مسافر، تغییر کارایی در اکثر سال‌ها به‌جز دو سال ۱۳۸۴و ۱۳۸۷ افزایش یافته است و صرفه‌جویی‌های مثبت ناشی از افزایش کارایی وجود داشته است.

روش‌شناسی تحقیق

این مطالعه بر اساس ماهیت از نوع توصیفی است. به منظور بررسی و مقایسه مصرف انرژی و کارایی انرژی[1] از رویکرد تحلیل تجزیه شاخص استفاده می‌شود. در این رویکرد، مصرف انرژی به سه اثر شدت[2]، ساختار[3] و فعالیت[4] تجزیه‌شده و صرفه‌جویی انرژی با توجه به اثر شدت متناظر به‌دست‌آمده برآورد می‌گردد.

اثر فعالیت میزان مصرف انرژی درنتیجه افزایش تولید است، به‌شرط اینکه سایر شرایط از قبیل: فناوری، میزان کارایی و الگوی مصرف ثابت باقی بمانند .

درحالی‌که اثر ساختاری به علت ماهیت متفاوت مصرف‌کنندگان انرژی، از لحاظ انرژی بر بودن و ایجاد ارزش افزوده، چگونگی تغییرات مربوط به ترکیب مصرف‌کنندگان و روند آن تأثیر به سزایی در افزایش و یا کاهش مصرف دارد، مسلماً گسترش بخش‌های انرژی بر، افزایش مصرف انرژی را حتی با ثبات سطح کلی تولیدات به دنبال خواهد داشت.

اثر ساختاری، میزان افزایش یا کاهش در مصرف انرژی فقط به دلیل تغییر در ساختار مصرف‌کنندگان انرژی را اندازه‌گیری می‌کند. به‌طورکلی تأثیرپذیری میزان مصرف انرژی در

۱–در چارچوب تغییرکارایی انرژی تغییرات در مصرف انرژی در طول زمان بر اساس تفاوت یا نسبت مصرف انرژی صورت می‌گیرد

2- intensity effect

3- structure effect

4- activity effect

یک بخش از میزان تغییرات رشد بخش، تغییرات تکنولوژی موجود و ایجاد تغییر در تجهیزات مصرف‌کننده انرژی در قالب اثر ساختاری بیان می‌شود.

درنهایت اثر شدت انرژی به‌وسیله عوامل مختلفی از قبیل: تکنولوژی، افزایش کارایی تجهیزات مصرف‌کننده انرژی، آگاهی‌های بیشتر مصرف‌کنندگان به اهمیت انرژی و تغییر الگوی مصرف، اعمال روش‌های مدیریت مصرف انرژی و غیره، تحت تأثیر قرار می‌گیرد. اثر شدت انرژی برآیند تغییرات مذکور روی مصرف انرژی را با فرض ثبات سطح تولید و ساختار مصرف‌کنندگان انرژی اندازه‌گیری می‌کند.

محققان تفاوت در مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی بین کشورها و یا مناطق مختلف را تحت عنوان آنالیز تجزیه مکانی مورد مطالعه قرار داده‌اند. در این نوع تجزیه مهم‌ترین هدف درک سهم نسبی اثر فعالیت، اثر ساختار و اثر شدت برای توضیح دادن تفاوت‌ها در مصرف کل انرژی بین کشورها یا منطقه‌های مختلف می‌باشد. در آنالیز تجزیه مکانی تفاوت در مصرف انرژی در یک سال خاص مورد بررسی قرار خواهد گرفت با این شرط که اطلاعات برای مناطق مورد مطالعه همگون باشند (Ang et al.,2015).

۳-۱- آنالیز تجزیه مکانی دو منطقه‌ای:

در این تحلیل هر منطقه به‌صورت دوطرفه با همه مناطق دیگر مقایسه می‌شود. این مدل برای زمانی مناسب است که تعداد مناطق کم باشد، در غیر این صورت تعداد جفت‌ها به‌صورت نمایی رشد می‌کند.

در این روش از تعریف پایه IDA در مطالعات مصرف انرژی برای نشان دادن آنالیز تجزیه مکانی که شامل دو منطقه است، استفاده می‌شود. با فرض اینکه مصرف انرژی یک منطقه به m بخش تقسیم‌شده است.

$$E = \sum_i E_i = \sum_i A \frac{A_i}{A} \frac{E_i}{A_i} = \sum_i A S_i I_i \qquad (۱)$$

: مصرف کل انرژی

E_i: مصرف انرژی در بخش i

A: سطح کل فعالیت

A_i: سطح فعالیت بخش i

S_i: اثر سهم بخش i

I_i: اثر جمع‌سازی شده شدت بخش i

تفاوت در مصرف جمعی‌سازی شده انرژی کل بین دو منطقه به‌صورت $\Delta E_{tot}^{(R1-R2)}$ است که به‌صورت زیر تجزیه‌شده است:

$$\Delta E_{tot}^{(R1-R2)} = E^{R1} - E^{R2} = \Delta E_{act}^{(R1-R2)} + \Delta E_{str}^{(R1-R2)} + \Delta E_{int}^{(R1-R2)} \quad (۲)$$

که سمت راست تفاوت‌های بین دو منطقه را به ترتیب در سطح اثر کل فعالیت، اثر ترکیب فعالیت (ساختار) و اثر شدت بخشی نشان می‌دهد. در روش‌شناسی IDA به ترتیب اثر فعالیت، اثر ساختار و اثر شدت را نشان می‌دهد.

دو فرمول کلی از روش‌های متداول و مرسوم IDA:

۱) شاخص لاسپیرز

۲) شاخص دیویژیا که به ترتیب به‌صورت زیر بیان می‌شوند:

$$\Delta E_x^{las,(R1-R2)} = \sum_i \bar{\omega}_i^L (x_i^{R1} - x_i^{R2}) \quad (۳)$$

$$\Delta E_x^{div,(R1-R2)} = \sum_i \bar{\omega}_i^D \ln (x_i^{R1}/x_i^{R2}) \quad (۴)$$

این دو فرمول اثر x را تخمین می‌زنند. $\tilde{\omega}^L$, $\tilde{\omega}^D$ توابع وزن هستند. تفاوت اصلی بین این دو روش این است که تغییرات در طول زمان هر مؤلفه از طریق یک تغییر خطی یا تغییر لگاریتمی توضیح داده می‌شود. تغییر خطی برای فهم مطلب ساده‌تر است اما تغییر لگاریتمی علمی‌تر است.

۳-۲- آنالیز تجزیه مکانی سه منطقه‌ای یا بیشتر:

در این رویکرد یک منطقه معیار به‌صورت تصادفی از بین مناطق انتخاب می‌شود و مقایسه بین منطقه معیار و مناطق هدف صورت می‌گیرد. این رویکرد برای مناطق با تعداد زیاد مناسب است و نتایج به‌شدت به منطقه معیار وابسته می‌باشد.

فرض کنید که یک مقایسه گروهی متشکل از n منطقه است که در آن n بیشتر از ۲ است. به‌طور دلخواه از میان این n منطقه یکی به‌عنوان منطقه معیار انتخاب می‌شود حال یک اثر خاص – تفاوت بین اثر شدت انرژی دو منطقه هدف – می‌تواند از نتایج مستقیم آنالیز تجزیه برای دو منطقه

هدف و منطقه معیار به شرح زیر به دست آید(Ang et al.,2015):

$$\Delta\tilde{E}_{int}^{(R1-R2)} = \Delta E_{int}^{(R1-Rk)} - \Delta E_{int}^{(R2-Rk)} \quad (۵)$$

که در آن $\Delta_{int}^{E(R1-R2)}$ نتایج غیرمستقیم برای تفاوت بین منطقه ۱ و منطقه ۲ است و $\Delta E_{int}^{(R1-Rk)}$ و $\Delta E_{int}^{(R2-Rk)}$ به ترتیب نتایج مستقیم برای تفاوت بین منطقه ۱ و منطقه k و بین منطقه ۲ و منطقه k است. در این مدل فرض می‌شود منطقه k، منطقه معیار است.

اگر منطقه معیار به یک منطقه متفاوتی تغییر کند، منطقه r نتایج غیرمستقیم برای تفاوت بین منطقه ۱ و منطقه ۲ را نشان می‌دهد. به شرح زیر:

$$\Delta\tilde{E}_{int}^{(R1-R2)} = \Delta E_{int}^{(R1-Rr)} - \Delta E_{int}^{(R2-Rr)} \quad (۶)$$

که این ازآنچه در معادله ۵ به‌دست‌آمده، متفاوت است؛ بنابراین برای مقایسه یک گروه متشکل از n منطقه، n مجموعه متفاوت از نتایج غیرمستقیم برای $\Delta_{int}^{E(R1-R2)}$ وجود دارد (Ang et al.,2015).

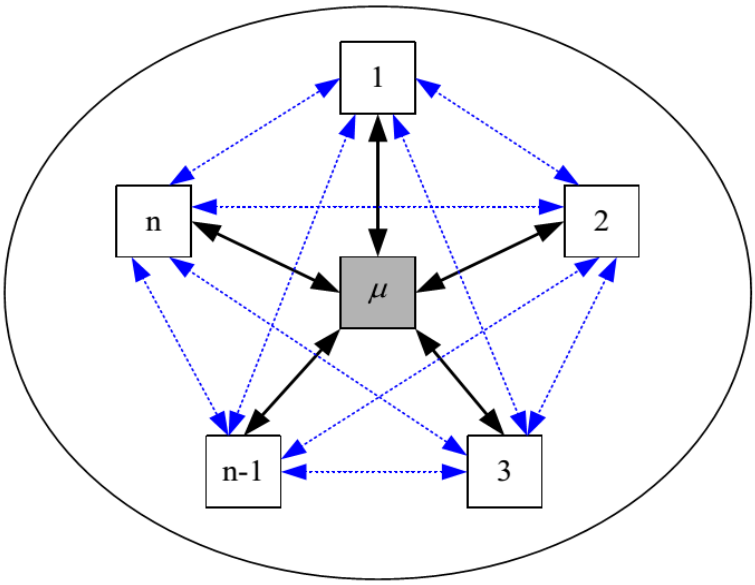
۳-۳- آنالیز تجزیه مکانی چند منطقه‌ای:

در این تحلیل به‌جای انتخاب دلخواه منطقه معیار، از طریق یک نهاد مرجع به‌وسیلهٔ متوسطی از کل گروه انتخاب منطقه معیار صورت می‌گیرد. این رویکرد وقتی بهتر کاربرد دارد که تعداد مناطق زیاد باشد و تحت‌الشعاع یکدیگر از نظر مصرف انرژی نباشند، که این بهترین نوع تحلیل تجزیه مکانی می‌باشد.

برای یک مقایسه گروهی که شامل n منطقه است، n تجزیه مستقیم بین هر عضو و متوسط گروه انجام می‌شود. همچنین C_2^n مجموعه از نتایج غیرمستقیم برای مقایسه بین هر دو منطقه وجود دارد. نتایج غیرمستقیم منطقه ۱ و منطقه ۲ به‌صورت زیر تخمین زده می‌شود:

$$\Delta\tilde{E}_{int}^{(R1-R2)} = \Delta E_{int}^{(R1-R\mu)} - \Delta E_{int}^{(R2-R\mu)} \quad (۷)$$

که در آن Rμ به منطقه مرجع اشاره دارد. منطقه‌ی مرجع به‌وسیله‌ی میانگینی از کل گروه (از کل n منطقه) به‌دست‌آمده است.



$$\mu = \text{average } \{1, 2, \ldots, n\}$$

که رابطهٔ یک‌به یک در این مدل بین مناطق وجود دارد و هیچ تضادی در استخراج نتایج اضافی به‌طور غیرمستقیم رخ نمی‌دهد، به‌عبارت‌دیگر این خاصیت مدور است. به‌عنوان‌مثال:

$$\Delta\tilde{E}_{int}^{(R1-R2)} = \Delta\tilde{E}_{int}^{(R1-R3)} + \Delta\tilde{E}_{int}^{(R3-R4)} + \cdots + \Delta\tilde{E}_{int}^{(Rk-R2)} \quad (۸)$$

این ویژگی بسیار مطلوب بوده، زیرا نتایج وابسته به چگونگی محاسبه آن‌ها نیستند.

نتایج غیرمستقیم برای شدت انرژی که با استفاده از اثرات شدت انرژی مستقیم به دست می‌آیند، به شرح زیر است:

$$EPI^{(R1-R2)} = \tilde{D}_{int}^{(R1-R\mu)} / \tilde{D}_{int}^{(R2-R\mu)} \quad (۹)$$

که در آن R_μ مقدار متوسط ملی، $D_{int}^{(R1-R\mu)}$ و $D_{int}^{(R2-R\mu)}$ نتایج تجزیه مستقیم از اثرات شدت انرژی منطقه ۱ و منطقه ۲ با استفاده از تحلیل تجزیه ضربی و $\tilde{D}_{int}^{(R1-R2)}$ نتایج غیرمستقیم بین دو منطقه می‌باشد. با توجه به خاصیت مدور بودن نتایج غیرمستقیم، رابطه زیر برای همه

EPI[۱]ها (شاخص عملکرد انرژی) صادق است(Ang et al.,2015).

$$EPI^{(R1-R2)} = EPI^{(R1-R3)} \times EPI^{(R3-R4)} \ldots \times EPI^{(Rk-R2)} \quad (۱۰)$$

ویژگی مدور بودن روابط منحصربه‌فرد بین مناطق را تضمین و از تناقص در نتایج تجزیه مکانی اجتناب می‌کند.

داده‌ها و نتایج تحلیل

در این مطالعه به دلیل استفاده از رویکرد IDA و روش LMDI داده‌ها و اطلاعات مربوط به مجموع بخش‌ها برای هر استان جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفته است. برای برآورد مدل جهت تجزیه مصرف انرژی درمجموع بخش عمومی، کشاورزی و صنعت از داده‌های ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۰و از مجموع مصرف فرآورده‌های نفت سفید، نفت کوره، نفت گاز، بنزین، گاز طبیعی و برق استفاده شده است. پردازش بر روی این داده‌ها به‌صورت تبدیل واحد مجموع مصرف حامل‌های انرژی به میلیون تن معادل زغال‌سنگ (mtce) انجام گرفته است. داده‌های ارزش افزوده رشته فعالیت‌های اقتصادی کشور به تفکیک استان به قیمت جاری در سال ۱۳۹۰ از پایگاه مرکز آمار ایران استخراج شده است. در این مطالعه تجزیه مکانی با استفاده از مدل M-R برای مجموع مصرف انرژی در هر یک از ۳۱ استان ایران انجام شده است. برای سهولت در ارائه کشور به ۵ گروه منطقه‌ای تقسیم شده است. برای اندازه‌گیری اثر فعالیت، ساختار و شدت از LMDI استفاده می‌شود. مصرف انرژی متوسط از میانگین حسابی مصرف انرژی ۳۱ استان محاسبه شده است.

۴-۱ تجزیه مصرف انرژی به سه اثر شدت، ساختار و فعالیت

فرمول شماره ۱ برای هر ۳ بخش ۳۱ استان به‌طور جداگانه محاسبه می‌گردد، به این‌گونه که A سطح فعالیت کل و Si از تقسیم ارزش افزوده بخش i ام استان بر ارزش افزوده کل استان و I_i از تقسیم مصرف انرژی بخش iام بر ارزش افزوده بخش iام استان به دست می‌آیند.

۱- (Energy Performance Index) : شاخص عملکرد انرژی نماینده بهره وری بوده و شاخصی عمومی ترازبهره وری است وتغییرکارایی انرژی بااستفاده ازآن موردبررسی قرار می‌گیرد(Ang et al.,209).

در ادامه برای تجزیه مصرف انرژی هر بخش استان (فرمول ۲) به سه اثر فعالیت، ساختار و شدت می‌توان از روش لاسپیرز یا دیویژیا استفاده کرد که در این مطالعه روش دیویژیا انتخاب شده است.(فرمول ۴)

$$\Delta E_x^{div,(R1-R2)} = \sum_i \bar{\omega}_i^D \ln (x_i^{R1}/x_i^{R2})$$

این فرمول اثر x را تخمین می‌زند $\tilde{\omega}^D$ تابع وزن می‌باشد. در این مطالعه LMDI نوع یک و روش جمع‌پذیر انتخاب شده است.

$\sum_i L(E_i^T, E_i^0) \ln(\frac{Q^T}{Q^0})$ اثر فعالیت

$\sum_i L(E_i^T, E_i^0) \ln(\frac{S_i^T}{S_i^0})$ اثر ساختار

$\sum_i L(E_i^T, E_i^0) \ln(\frac{I_i^T}{I_i^0})$ اثر شدت

نماد L همان تابع وزن به شرح زیر می‌باشد:

$$L(x,y)= \frac{x-y}{\ln x - \ln y} \text{ for } x \neq y$$

X: مصرف انرژی بخش iام استان

Y: میانگین مصرف انرژی بخش iام کل استان‌ها

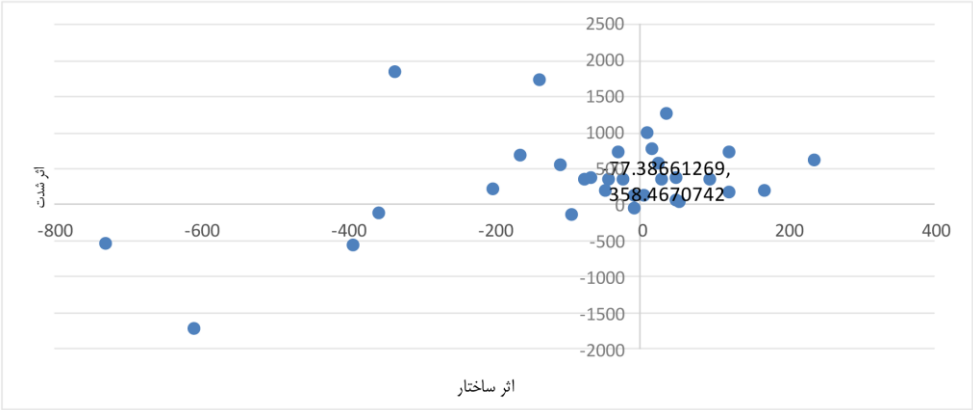
بعد از تجزیه مصرف انرژی به سه اثر مذکور، مطابق فرمول شماره ۲ می‌بایست تفاضل مصرف انرژی هر استان از میانگین مصرف انرژی استان‌ها برابر با تفاضل اثر ساختار هر استان از میانگین اثر ساختار استان‌ها به علاوهٔ تفاضل اثر شدت هر استان از میانگین اثر شدت استان‌ها به علاوهٔ تفاضل اثر فعالیت هر استان از میانگین اثر فعالیت استان‌ها باشد. به شرح زیر:

$$\Delta E_{tot}^{(R1-R2)} = E^{R1} - E^{R2}$$
$$= \Delta E_{act}^{(R1-R2)} + \Delta E_{str}^{(R1-R2)} + \Delta E_{int}^{(R1-R2)}$$

ازآنجاکه اثر فعالیت " وابسته به مقیاس " است، نتایج تجزیه‌ای که مربوط به اثر ساختار و اثر شدت انرژی است، جالب‌تر می‌باشند. همچنین برآورد اثر ساختار و اثر شدت استان‌ها بار دیگر به‌صورت نقطه‌ای در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است که محور افقی نشان دهندهٔ اثر ساختار و محور عمودی نشان دهندهٔ اثر شدت است. یک مقدار مثبت برای اثر ساختار نشان می‌دهد که ساختار صنعتی یک استان نسبت به متوسط کشور بیشتر انرژی بر است درحالی‌که مقدار مثبت برای اثر شدت نشان دهندهٔ نسبت به متوسط کشور استان کارایی کمتری در مصرف انرژی دارد.

بنابراین وقتی اثر ساختار و شدت با میانگین کشور مقایسه می‌شود، استانی کـه در قسـمت فوقـانی و سمت راست نمودار ۱ قرار دارد، یک استان با مصرف انرژی بالا است و استانی که در ربع پـایینی و سمت چپ نمودار ۱ قرار دارد نشان دهندهٔ یک استان کم‌مصرف در انرژی مـی‌باشـد. بـر اسـاس نتایج نمودار۱ چون دامنه تغییرات محور عمودی نسبت به افقی بیشتر است مـی‌تـوان نتیجـه گرفـت که تغییرات بیشتری در اثر شدت انرژی نسبت به اثر ساختار در میان استان‌ها وجود دارد.

نمودار ۱: نمودار نقطه‌ای مقایسه اثر شدت و اثر ساختار هر استان با میانگین اثر شدت و اثر ساختار استان‌ها



منبع: محاسبات تحقیق

۴-۲ اثر شدت

یکی از برنامه‌هایی که در کشور انجام شده است تقسیم‌بندی استان‌هـای کشـور بـه چنـد منطقـه می‌باشد. هدف از این تقسیم‌بندی استان‌ها ایجاد هم‌افزایی، انتقال تجربه‌ها، تبادل اطلاعات و توسعه منطقه‌ای است. در منطقه بندی استان‌های کشور به همجواری، محل جغرافیـایی و اشـتراکات توجـه شده است. این منطقه بندی به شرح زیر است :

منطقه۱: تهران، قزوین، مازندران، سمنان، گلستان، البرز، قم

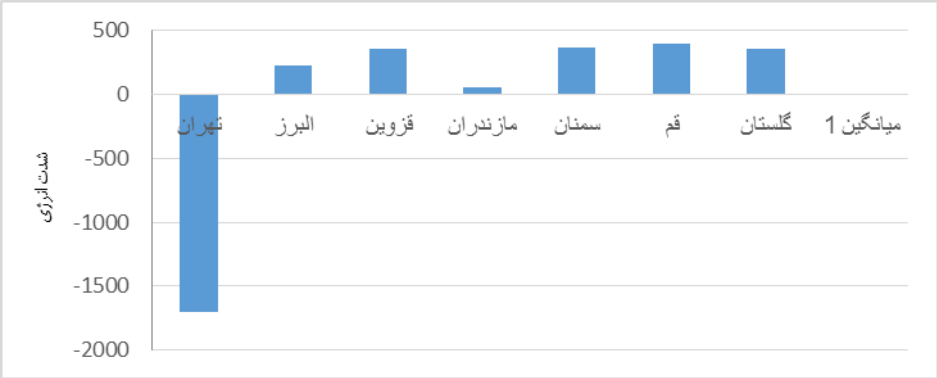
منطقه۲: آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی،اردبیل، زنجان،گیلان، کردستان

منطقه۳: کرمانشاه، ایلام، لرستان، همدان، مرکزی، خوزستان

منطقه۴: اصفهان، فارس، بوشهر، چهارمحال بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، هرمزگان

منطقه۵: خراسان رضوی، خراسان جنوبی، خراسان شمالی، کرمان، یزد، سیستان و بلوچستان

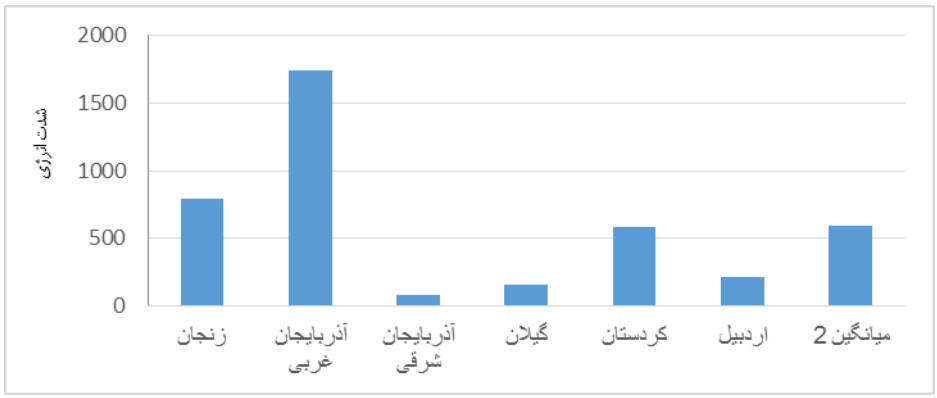
نمودار۲ : شدت انرژی استان‌های منطقه یک



منبع: محاسبات تحقیق

نمودار شماره ۲ به مقایسه شدت انرژی استان‌های منطقه یک با میانگین این منطقه می‌پردازد که قم بیشترین مقدار و تهران کمترین مقدار را دارد. درنتیجه در این منطقه تهران مصرف انرژی پایین و توان صرفه‌جویی بالایی دارد که می‌تواند ناشی از تجمع بالای جمعیت و فناوری کارا در استان تهران می‌باشد و قم دارای مصرف انرژی بالا و توان صرفه‌جویی کمی می‌باشد. نزدیک‌ترین استان به میانگین منطقه، مازندران می‌باشد.

نمودار۳ : شدت انرژی استان‌های منطقه دو



منبع: محاسبات تحقیق

نمودار شماره ۳ به مقایسه شدت انرژی استان‌های منطقه دو با میانگین این منطقه می‌پردازد که آذربایجان غربی بیشترین مقدار و آذربایجان شرقی کمترین مقدار را دارد. درنتیجه در این منطقه آذربایجان شرقی مصرف انرژی پایین و توان صرفه‌جویی بالایی دارد و آذربایجان غربی دارای مصرف انرژی بالا و توان صرفه‌جویی کمی می‌باشد. نزدیک‌ترین استان به میانگین منطقه، کردستان می‌باشد.

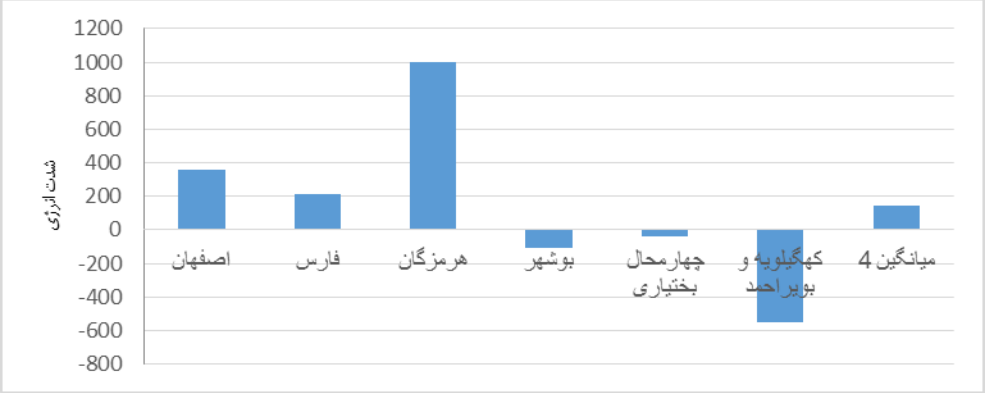
نمودار۴ : شدت انرژی استان‌های منطقه سه

منبع: محاسبات تحقیق

نمودار شماره ۴ به مقایسه شدت انرژی استان‌های منطقه سه با میانگین این منطقه می‌پردازد که استان مرکزی بیشترین مقدار و خوزستان کمترین مقدار را دارد. درنتیجه در این منطقه خوزستان مصرف انرژی پایین و توان صرفه‌جویی بالایی دارد و استان مرکزی دارای مصرف انرژی بالا وتوان صرفه‌جویی کمی می‌باشد. نزدیک‌ترین استان به میانگین منطقه، همدان می‌باشد.

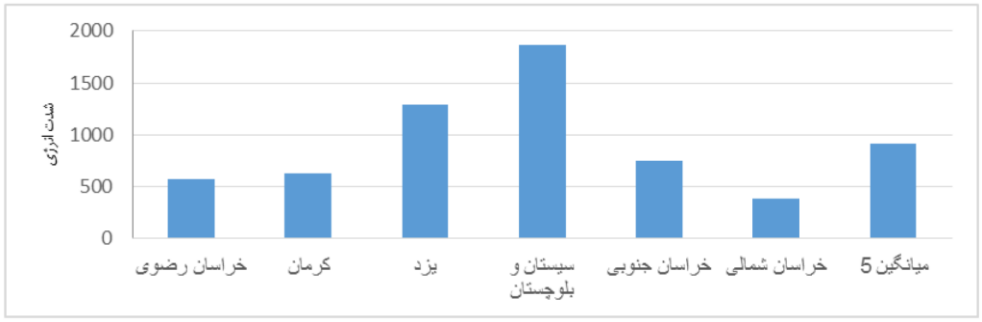
نمودار شماره ۵ به مقایسه شدت انرژی استان‌های منطقه چهار با میانگین این منطقه می‌پردازد که هرمزگان بیشترین مقدار و کهگیلویه و بویراحمد کمترین مقدار را دارد. درنتیجه در این منطقه کهگیلویه و بویراحمد مصرف انرژی پایین و توان صرفه‌جویی بالایی دارد و هرمزگان دارای مصرف انرژی بالا و توان صرفه‌جویی کمی می‌باشد. نزدیک‌ترین استان به میانگین منطقه، فارس می‌باشد، در این منطقه به دلیل تفاوت دمای این مناطق و الگوی مصرف متفاوت این استان‌ها این نتایج دور از انتظار نیست.

نمودار۵ : شدت انرژی استان‌های منطقه چهار



منبع: محاسبات تحقیق

نمودار۶ : شدت انرژی استان‌های منطقه پنج



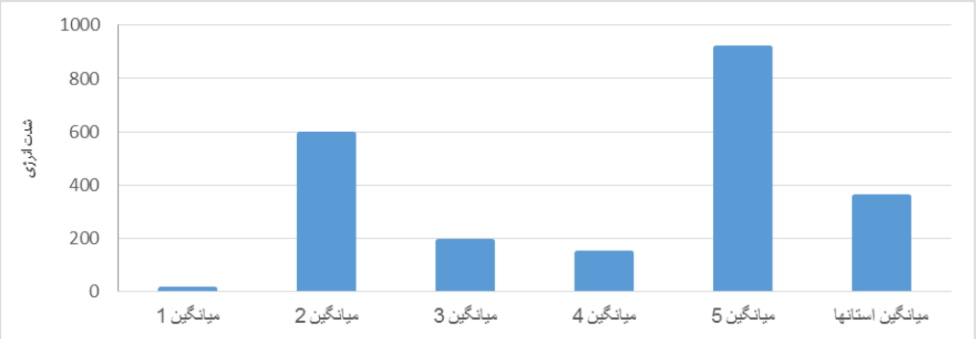
منبع: محاسبات تحقیق

نمودار شماره ۶ به مقایسه شدت انرژی استان‌های منطقه پنج با میانگین این منطقه می‌پردازد که سیستان و بلوچستان بیشترین مقدار و خراسان شمالی کمترین مقدار را دارد. درنتیجه در این منطقه خراسان شمالی مصرف انرژی پایین و توان صرفه‌جویی بالایی دارد و سیستان و بلوچستان دارای مصرف انرژی بالا وتوان صرفه‌جویی کمی می‌باشد. نزدیک‌ترین استان به میانگین منطقه، خراسان جنوبی می‌باشد.

نمودار شماره ۷ به مقایسه شدت انرژی هر منطقه با میانگین کشوری می‌پردازد که منطقه ۵ بیشترین مقدار و منطقه ۱ کمترین مقدار را دارد. درنتیجه منطقه ۱ در مصرف انرژی کارآمد است و توان صرفه‌جویی بالایی دارد و منطقه ۵ در مصرف انرژی کمتر کارآمد می‌باشد و توان

صرفه‌جویی پایینی دارد. درمجموع تمرکز سرمایه در منطقه یک و عدم تجمع سرمایه و توسعه‌نیافتگی استان‌های منطقه ۵ (به غیر از خراسان رضوی) این تفاوت را به وجود می‌آورد.

نمودار ۷ : مقایسه شدت انرژی منطقه‌ای با میانگین شدت انرژی استان‌ها

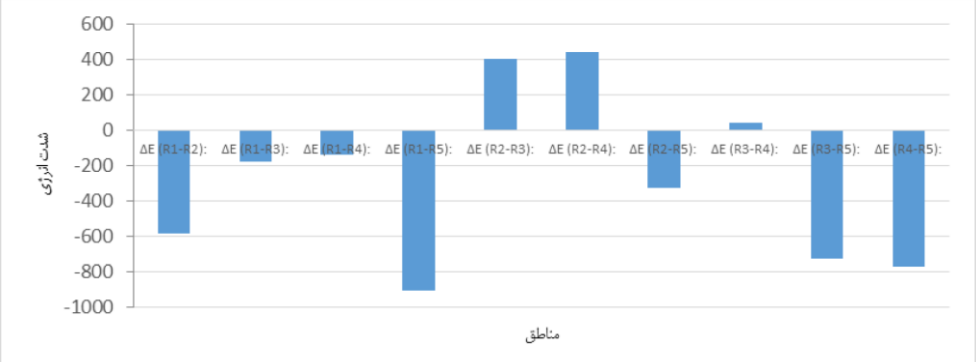


منبع: محاسبات تحقیق

۳-۴ تحلیل تجزیه مکانی چند منطقه‌ای

برای یک مقایسه گروهی که شامل ۵ منطقه است، ۵ تجزیه مستقیم بین هر استان و میانگین استان‌ها انجام می‌شود. همچنین c_2^5 مجموعه از نتایج غیرمستقیم برای مقایسه بین هر دو منطقه وجود دارد. نتایج غیرمستقیم منطقه ۱و منطقه ۲ به‌صورت فرمول شماره ۷ تخمین زده می‌شود.که در آن Rμ به منطقه مرجع اشاره دارد. منطقه مرجع به‌وسیله‌ی میانگینی از کل گروه به‌دست‌آمده است.

نمودار ۸ : نتایج تجزیه غیرمستقیم شدت انرژی بین مناطق



منبع: محاسبات تحقیق

در نمودار شماره ۸ شدت انرژی بین مناطق به‌صورت غیرمستقیم تجزیه شده است. بیشترین فاصله مربوط به تجزیه (R1-R5) می‌باشد که بیانگر تفاوت زیاد این دو منطقه در شدت انرژی می‌باشد. کمترین فاصله مربوط به تجزیه (R3-R4) می‌باشد که بیانگر تشابه نزدیک به هم این دو منطقه در شدت انرژی می‌باشد.

یک رابطهٔ یک‌به یک در این مدل بین مناطق وجود دارد و هیچ تضادی در استخراج نتایج اضافی به‌طور غیرمستقیم رخ نمی‌دهد، به‌عبارت‌دیگر خاصیت مدور است.

به‌عنوان‌مثال:

$$\Delta\tilde{E}_{int}^{(R2-R3)} = \Delta\tilde{E}_{int}^{(R2-R4)} + \Delta\tilde{E}_{int}^{(R4-R5)} + \Delta\tilde{E}_{int}^{(R5-R1)} + \Delta\tilde{E}_{int}^{(R1-R3)}$$

$$(۴۴۵/۳۶) + (-۷۶۹/۲۱) + (۹۰۶/۲۰) + (-۱۸۰/۰۱) = (۴۰۲/۳۴)$$

نکته: $C_{۲}^{۵}$ مجموعه از نتایج غیرمستقیم برای مقایسه بین هر دو منطقه وجود دارد. که مطابق فرمول فاکتوریل ۱۰ مجموعه جواب می‌باشد.

$$C_{۲}^{۵} = \frac{(۵!)}{۲!\,(۵-۲)!}$$

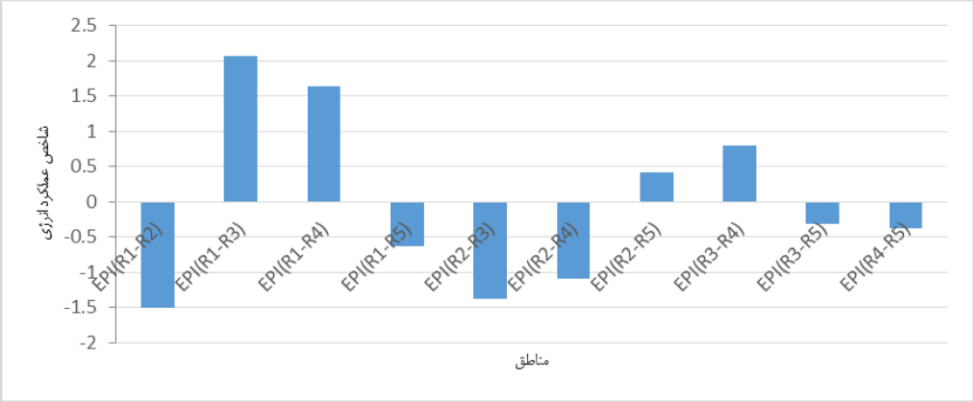
۴-۴ شاخص عملکرد

بر اساس نتایج تجزیه مستقیم، قادر به برآورد ۳ اثر و استفاده از آن‌ها برای توضیح تفاوت‌ها در مصرف انرژی بین هر دو منطقه هستیم. در تجزیه مکانی ما از یک سری EPIها (شاخص عملکرد و بهره‌وری انرژی) برای نشان دادن چگونگی عملکرد بهره‌وری انرژی از یک منطقه در مقایسه با منطقه دیگر استفاده می‌کنیم. نتایج غیرمستقیم برای شدت انرژی با استفاده از اثرات شدت انرژی مستقیم مطابق فرمول شماره ۹ به دست آمده‌اند.

نمودار شماره ۹ تجزیه شاخص عملکرد انرژی بین مناطق به‌صورت غیرمستقیم را نشان می‌دهد. با توجه به روابطی که بین شاخص عملکرد انرژی و صرفه‌جویی برقرار است - در زیر به آن اشاره شده - نتایج زیر حاصل می‌شود.

ES > 0 → EPI < 1
ES = 0 → EPI = 1
ES < 0 → EPI > 1

نمودار ۹: شاخص عملکرد غیرمستقیم بین منطقه‌ای



منبع: محاسبات تحقیق

دو مقایسه بین منطقه‌ای (R1-R3) و (R1-R4) در شاخص عملکرد انرژی مقدار عددی بزرگ‌تر از یک دارند و درنتیجه صرفه‌جویی منفی در انرژی به همراه دارند، یعنی مصرف انرژی بالایی دارند. اما دیگر مقایسه‌های بین منطقه‌ای ازجمله (R1-R2)، (R1-R5)، (R2-R3)، (R2-R4)، (R2-R5)، (R3-R4)، (R3-R5)، (R4-R5) شاخص عملکرد انرژی کوچک‌تر از یک و صرفه‌جویی مثبت دارند یعنی مصرف انرژی پایینی دارند.

ویژگی خاصیت مدور بودن روابط منحصربه فرد بین مناطق را تضمین و از تناقص در نتایج تجزیه مکانی اجتناب می‌کند. به‌عنوان‌مثال:

$$EPI^{(R1-R4)} = EPI^{(R1-R2)} \times EPI^{(R2-R3)} \times EPI^{(R3-R5)} \times EPI^{(R5-R4)}$$

$$(-۱/۵) * (-۱/۳۷) * (-۰/۳۰) * (-۲/۶۲) = ۱/۶۴$$

۴-۵ رتبه‌بندی استان‌های کشور بر اساس عملکردشان در مصرف انرژی

به‌عنوان‌مثال با توجه به مناطق شماره ۱و۳ در جدول شماره ۵،در منطقه ۱ مصرف انرژی mtce ۴۳,۸۲ بیشتر از منطقه۲ در سال ۱۳۹۰ است. تفاوت در اثر فعالیت و اثر ساختار بین این دو منطقه به ترتیب ۲۰۳,۷۰ و۲۰,۱۲ است. این نتایج نشان می‌دهند که مصرف انرژی بالاتر در منطقه۱ در مقایسه با منطقه۲ عمدتاً به دلیل یک سطح فعالیت کل بالاتر و یک ساختار صنعتی بیشتر انرژی بر

است. اگر فقط شدت انرژی متفاوت در نظر گرفته شود منطقه۱ می‌تواند بهره‌وری انرژی بیشتری نسبت به منطقه۲ داشته باشد.

جدول ۱ : مقایسه ۵ منطقه کشور در سه اثر ساختار، شدت و فعالیت و تفاوت مصرف هر منطقه از میانگین

- -	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵
تفاوت مصرف از میانگین	-۱۴/۷۱۸۹۵۳۵۲	-۲۰۸/۴۷۴۸۴۰۴	-۵۸/۵۴۲۳۳۹۳۶	۱۳۶/۴۵۸۱۵۰۷	۱۴۷/۷۳۱۱۴۱۴
اثر فعالیت	۸۱/۵۱۱۴۶۸۲۶	-۷۸۰/۶۴۷۴۰۳۳	-۱۲۲/۱۹۷۷۵۶۴	۹۶/۱۸۵۴۹۷۷۳	-۷۴۰/۶۸۲۹۰۳۳
اثر شدت	۹/۰۰۳۷۱۹۶۶۶	۵۹۱/۳۵۷۰۰۶۴	۱۸۹/۰۱۶۹۲۴۶	۱۴۵/۹۹۳۷۸۹	۹۱۵/۲۰۷۸۲۴
اثر ساختار	-۱۰۵/۲۳۳۵۶۲۹	-۱۹/۱۸۳۸۰۲۳۳	-۱۲۵/۳۶۰۹۲۳۲	-۱۰۵/۷۲۰۵۳۴۵	-۲۶/۷۹۳۰۸۲۰۵
(E/Y)=I	۰/۰۰۰۰۳۹۰۶۴	۰/۰۰۰۰۴۳۷۵۵	۰/۰۰۰۰۳۵۶۷	۰/۰۰۰۰۳۱۰۳۵	۰/۰۰۰۰۶۱۷۲۶

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۲: رتبه‌بندی مناطق و استان‌ها در سه اثر شدت، ساختار و فعالیت

رتبه منطقه					رتبه استانها		مناطق	
(E/Y)=I فعالیت	ساختار	شدت	فعالیت	(E/Y)=I	شدت	ساختار	استان	منطقه
۳	۲	۵	۳	۲۷	۳۱	۳۰	تهران	منطقه یک
			۸	۲۶	۲۵	۶	مازندران	
			۱۰	۱۵	۱۸	۲۶	البرز	
			۱۹	۱۷	۱۷	۵	قزوین	
			۳۰	۶	۵	۱۲	زنجان	
			۲۱	۱۴	۱۵	۱۰	گلستان	
			۲۶	۱۰	۱۴	۱۷	سمنان	
			۲۵	۹	۱۲	۲۱	قم	
۲	۵	۱	۲	۲	۲	۲۴	آذربایجان غربی	منطقه دو
			۶	۲۲	۲۴	۷	آذربایجان شرقی	
			۱۲	۲۵	۲۲	۱۵	گیلان	
			۲۷	۱۱	۱۰	۱۱	کردستان	
			۲۲	۱۹	۲۰	۲۰	اردبیل	
۴	۳	۵	۲	۲۸	۲۹	۳۱	خوزستان	منطقه سه
			۱۴	۸	۶	۴	مرکزی	
			۱۸	۲۰	۲۱	۳	همدان	
			۱۵	۲۴	۲۳	۱۴	کرمانشاه	
			۲۴	۵	۸	۲۵	لرستان	
			۱۷	۲۹	۲۸	۲۲	ایلام	
۵	۱	۴	۳	۱۲	۱۶	۱۹	اصفهان	منطقه چهار
			۲۳	۲۳	۲۶	۱۶	چهارمحال بختیاری	
			۹	۳۱	۳۰	۲۹	کهگیلویه و بویراحمد	
			۷	۳۰	۲۷	۲۸	بوشهر	
			۱۳	۱۶	۴	۱۳	هرمزگان	
			۵	۲۱	۱۹	۲	فارس	
۱	۴	۲	۴	۱۳	۱۱	۲۳	خراسان رضوی	منطقه پنج
			۱۱	۱۸	۹	۱	کرمان	
			۲۰	۳	۳	۹	یزد	
			۲۸	۱	۱	۲۷	سیستان و بلوچستان	
			۳۱	۴	۷	۱۸	خراسان جنوبی	
			۲۹	۷	۱۳	۸	خراسان شمالی	

منبع: محاسبات تحقیق

با توجه به این نکته که مقدار کوچک اثر شدت بیانگر کاهش در مصرف به‌واسطه کاهش در شدت انرژی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی است و مقدار بیشتر آن گرایش به مصرف بیشتر را نشان می‌دهد و یا به عبارتی افزایش مصرف انرژی نمایانگر صرفه‌جویی منفی است که قرینه اثر شدت است از طرفی از شاخص شدت انرژی به‌عنوان فناوری انرژی تعبیر می‌شود پس در رتبه‌بندی مشاهده می‌شود که سیستان و بلوچستان با رتبه ۱ کمترین توان صرفه‌جویی را دارد و تهران با رتبه ۳۱ بیشترین توان صرفه‌جویی را دارا می‌باشد می‌توان به این نکته اشاره کرد ساختار فناوری مصرف کننده انرژی در تهران نسبت به تمام مناطق ایران بالاتر است. میانگین کشوری اثر شدت ۳۵۸,۴۶ می‌باشد که رتبه ۱۶تا استان در بالای این مقدار قرار دارند و مابقی در پایین این میانگین می‌باشند، که نتیجه می گیریم استان‌هایی که در زیر مقدار میانگین کشوری اثر شدت قرار گرفته‌اند توان صرفه‌جویی بالاتری دارند و مصرف انرژی کمتری دارند. این استان‌ها عبارتند از: قزوین، البرز، فارس، اردبیل، همدان، گیلان، کرمانشاه، آذربایجان شرقی، مازندران، چهارمحال بختیاری، بوشهر، ایلام، خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد و تهران.

ازآنجاکه اثر ساختار میزان مصرف انرژی درنتیجه تغییر ساختار صنعت یا تولیدکننده است، هرچه این اثر بیشتر باشد تأثیر ساختار صنعت یا تولید در مصرف انرژی آن استان بیشتر است و هرچه کمتر باشد یعنی تأثیر ساختار تولید بر شدت انرژی کمتر است. در رتبه‌بندی استان کرمان در رتبه ۱ و استان خوزستان در رتبه ۳۱ قرار دارد، که به ترتیب حداقل و حداکثر ساختار صنعتی انرژی بری دارند. میانگین کشوری اثر ساختار ۷۷,۳۸- می‌باشد که ۲۱ استان در بالای میانگین کشوری قرار دارند و مابقی کمتر از میانگین کشوری اثر ساختار هستند که نشان دهنده عملکرد بهینه تعداد کمی از ساختار صنعت استان‌ها می‌باشد. این استان‌ها به شرح زیر می‌باشند: ایلام، خراسان رضوی، آذربایجان غربی، لرستان، البرز، سیستان و بلوچستان، بوشهر، کهگیلویه و بویراحمد، تهران، خوزستان.

اثر فعالیت میزان مصرف انرژی درنتیجه افزایش تولید است و وابسته به مقیاس است . استان تهران با رتبه ۱ و استان خراسان جنوبی با رتبه ۳۱ در ابتدا و انتهای لیست رتبه‌بندی اثر فعالیت قرار گرفته‌اند، به این معنا که تولید بیشتر ، مصرف بیشتر انرژی را به دنبال دارد. میانگین کشوری اثر فعالیت ۲۸۱,۰۷- است که ۱۱ استان در بالای این مقدار و مابقی در زیر این مقدار جای گرفته‌اند. این ۱۱ استان عبارتند از: تهران، خوزستان، اصفهان، خراسان رضوی، فارس، آذربایجان شرقی،

بوشهر، مازندران، کهگیلویه و بویراحمد، البرز و کرمان، بر اساس طبقه‌بندی صورت گرفته می‌توان گفت این استان‌ها یا مصرف بیشتر انرژی دارند یا در این مناطق انرژی استخراج یا پالایش می‌شود مثل خوزستان و کهگیلویه و بویراحمد

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مطالعه تحلیل تجزیه مکانی با تمرکز روی مقایسه مصرف انرژی استان‌های کشور با استفاده از رویکرد IDA مورد بررسی قرار گرفته است، روش LMDI به‌طور گسترده در تجزیه مورد استفاده قرار می‌گیرد، که با در نظر گرفتن سازگاری بین نتایج تجزیه ضرب پذیر و جمع‌پذیر و استفاده آسان از آن، یک روش مناسب IDA در تجزیه مکانی است. دو مدل تجزیه مکانی در مقایسه‌های بیش از دو منطقه، مدل B_R و مدل R_R می‌باشند. این مدل‌ها اگرچه سودمند هستند اما دارای یک سری محدودیت‌ها در کاربرد هستند. برای غلبه بر این محدودیت‌ها در این مطالعه از یک مدل شناخته شده به نام مدل M_R استفاده‌شده است. ویژگی جالب این مدل این است که نتایج تجزیه، خاصیت مدور بودن را تأیید می‌کند. همچنین تعداد موارد تجزیه در یک گروه مقایسه به یک حداقل کاهش می‌یابد. عملکرد مناطق مانند شدت انرژی و پتانسیل صرفه‌جویی در انرژی را می‌توان با استفاده از نتایج تجزیه مستقیم رتبه‌بندی کرد. این ویژگی از مدل M_R در مطالعه نشان داده شد که در آن مصرف انرژی ۳۱ استان و ۵ منطقهٔ ایران مورد مقایسه قرار گرفت و بر اساس عملکرد خودشان رتبه‌بندی شدند.

بر اساس یافتههای تحقیق منطقه ۱ در مصرف انرژی کارآمد است و توان صرفه‌جویی بالایی دارد و منطقه ۵ در مصرف انرژی کارایی کمتری دارد و توان صرفه‌جویی پایینی دارد. نتایج نشان می‌دهند که مصرف انرژی بالاتر در منطقه۱ در مقایسه با منطقه۲ عمدتاً به دلیل سطح فعالیت کل بالاتر و ساختار صنعتی انرژی بر بیشتر این منطقه است. میانگین کشوری اثر فعالیت ۲۸۱,۰۷- است که ۱۱ استان در بالای این مقدار و مابقی در زیر این مقدار جای گرفته‌اند. در اثر فعالیت هم نیز ۱۱ استان در بالای میانگین کشوری جای گرفته‌اند که نشان دهندهٔ بازدهی نسبت به مقیاس صعودی این استان‌ها می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد میانگین کشوری اثر ساختار ۷۷,۳۸- می‌باشد که ۲۱ استان در بالای

میانگین کشوری قرار دارند و مابقی کمتر از میانگین کشوری اثر ساختار هستند که نشان دهنده عملکرد بهینه تعداد کمی از ساختار صنعت استان‌ها می‌باشد و تعداد زیادی از استان‌های ایران ساختار بهینه تولید را ندارند.

در اثر شدت ترتیب مناطق به‌صورت منطقه پنج، منطقه دو، منطقه سه، منطقه چهار و منطقه یک می‌باشد. در اثر ساختار ترتیب مناطق به‌صورت منطقه دو، منطقه پنج، منطقه یک، منطقه چهار و منطقه سه کشور می‌باشد و درنهایت اثر فعالیت به‌صورت منطقه چهار، منطقه یک، منطقه سه، منطقه پنج و منطقه دو ایران رتبه‌بندی شده است.

درنتیجه با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود در استان‌های کرمان و فارس که ساختار صنعتی ضعیفی دارند، سرمایه‌گذاری صنعتی افزایش یابد و به دنبال آن به روز کردن فناوری تولید صورت گیرد. همچنین استان‌هایی که در بالای مقدار میانگین کشوری اثر شدت قرار گرفته‌اند توان صرفه‌جویی کمتری دارند و مصرف انرژی بالاتری دارند پیشنهاد می‌شود در بلندمدت از طریق برنامه‌ریزی مناسب ساختاری، توان صرفه‌جویی‌شان را افزایش دهند.

References

Ang, B. W. (2005). The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. *Energy policy*, *33*(7), 867-871.

Ang, B. W., & Choi, K. H. (1997). Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia index method. *The Energy Journal*, 59-73.

Ang, B. W., & Zhang, F. Q. (2000). A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. Energy, 25(12), 1149-1176.

Ang, B. W., Huang, H. C., & Mu, A. R. (2009). Properties and linkages of some index decomposition analysis methods. *Energy Policy*, *37*(11), 4624-4632.

Ang, B. W., Xu, X. Y., & Su, B. (2015). Multi-country comparisons of energy performance: the index decomposition analysis approach. *Energy Economics*, *47*, 68-76.

Ang, B. W., Xu, X. Y., & Su, B. (2015). Multi-country comparisons of energy performance: the index decomposition analysis approach. Energy Economics, 47, 68-76..

Ang, b.w.(2004). Decomposition analysis for policy making in energy: which is the preferred method?. Journal of energy policy.32, 1131-1139.

Ang,B.W., Wang,H.,(2015). Index Decomposition Analysis With Multidimensional and Multilevl Energy data. Journal Energy Economics.51,67-76.

Behboudi, D., Aslaninia, N. M., & Sojoodi, S. (2010). Decomposition and determinants of energy intensity in Iran. Quarterly Energy Economics Review, 7

(26), 105-130. (in Persian)

Choi, K.H., Ang, B.W., (2012). Attribution of Changes in Divisia Real Energy Intensity Index an Extension to Index Decomposition Analysis. Energy Econ. 34, 171–176.

Ferreira Neto,A.B., Perobelli,F.S., Bastos, S.Q.A.(2014). Comparing energy use structures: an input-output decomposition analysis of large economies. Journal energy economics. 43, 102-113.

Hatzigeorgiou, E. Polatidis, H., Haralambopoulos, D. (2008). CO2 Emissions in Greece for 1990-2002: A Decomposition Analysis and Comparison of Results Using the Arithmetic Mean Divasia Index and Logarithmic Mean Divisia Index Techniques. Energy 33, 492-499.

Khalili Araghi, A., Sharzei, G., Barkhordari, S. (2012). A Decomposition Analysis of CO2 Emissions Related Energy Consumption in Iran. Journal of Environmental Studies, 38(1), 93-104. (in Persian)

Sadeghi, Z., Akbarifard, H., & Hashemi, F. (2017). Investigate Energy Efficiency Trend Of Transportation Sector. Quarterly Journal oF Transportation Research. 13,(4). (in Persian)

Sadeghi, Z., horri, H., mohammad mirzaee, A. (2014). Structural decomposition analysis of Iran emission: Input – Output Approaches. Journal of Applied Economics Studies in Iran, 3(10), 145-175. (in Persian)

Shahiduzzaman, Md., Layton, A.(2015). Changes iv CO2 emissions over business cycle recessions and expansions in the united states: a decomposition analysis. Journal applied energy.150, 25-35.

Sun, J. (1998). Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition model. *Energy economics*, *20*(1), 85-100.

Wang, C. (2013). Changing energy intensity of economies in the world and its decomposition. *Energy Economics*, *40*, 637-644.

www.cop21paris.org

Xu, X. Y., & Ang, B. W. (2014). Multilevel index decomposition analysis: Approaches and application. Energy Economics, 44, 375-382.

ضمایم

جدول ۱: داده‌های مصرف انرژی(mtce) به تفکیک بخش و استان در سال ۱۳۹۰

استان	بخش عمومی	بخش کشاورزی	بخش صنعت
تهران	۲۵۶۹/۴۲۳۷۷۴	۳۵۷/۱۷۷۵۷۱۷	۱۰۵۰/۱۶۵۷۵۱
البرز	۵۶۳/۷۷۴۱۰۲۷	۲۲۰/۷۸۷۳۰۵۶	۴۱۵/۱۲۰۹۲۳۱
قزوین	۲۶۶/۹۷۵۶۷۵۱	۲۵۱/۹۱۵۶۷۱۹	۳۹۵/۳۶۸۱۱۴۱
مازندران	۸۷۸/۴۶۶۸۷۳۷	۳۶۳/۷۹۹۷۸۲۹	۳۳۸/۷۸۸۸۹۱۷
سمنان	۱۳۵/۹۲۴۲۹۱۴	۱۴۹/۷۱۶۰۷۷۱	۳۱۵/۹۳۶۵۸۶۹
قم	۳۲۹/۱۴۸۷۴۸۸	۱۱۰/۷۹۸۲۲۴۲	۱۶۱/۴۱۱۲۹۹۷
گلستان	۳۳۳/۶۰۳۰۰۴۱	۲۹۹/۵۱۵۷۲۸۶	۱۲۶/۲۰۵۸۹۴۴
زنجان	۲۹۲/۴۴۶۱۲۴۵	۱۶۲/۱۱۰۳۷۵۲	۳۶۲/۰۰۶۳۶۸۲
آذربایجان غربی	۱۱۹۵/۸۲۵۷۲۷	۴۲۲/۹۴۰۴۱۷۹	۶۴۴/۷۲۵۵۵۸۸
آذربایجان شرقی	۶۴۲/۳۲۵۹۴۰۲	۳۱۰/۲۶۶۴۳۱۷	۶۸۰/۷۵۶۰۹۰۹
گیلان	۷۰۲/۲۴۶۶۸۱۵	۱۵۸/۹۱۴۰۹۴	۱۸۶/۰۶۸۵۶۰۶
کردستان	۴۸۹/۹۳۹۲۰۵	۲۱۹/۷۹۶۰۵۱۶	۱۰۹/۸۳۴۷۵۳۴
اردبیل	۲۸۳/۶۹۹۳۳۲۶	۱۳۵/۷۹۶۰۹۸۸	۹۵/۵۰۱۹۷۴۲۱
خوزستان	۱۶۱۰/۵۰۲۰۵	۳۸۶/۸۸۴۹۰۹۱	۱۴۲۱/۳۶۳۸۳۹
مرکزی	۲۹۱/۶۶۸۷۷۵۵	۳۰۳/۷۵۹۰۹۲۲	۱۰۳۸/۰۰۶۵۷۲
کرمانشاه	۵۶۲/۸۷۳۰۰۳	۱۳۷/۹۹۸۸۵۸۳	۱۷۹/۸۶۶۴۸۲۵
همدان	۴۰۴/۹۶۹۴۰۷۵	۳۳۶/۱۰۹۴۶۷	۱۳۰/۱۵۳۳۱۸۵
لرستان	۳۸۹/۵۴۴۷۲۰۸	۱۶۴/۷۸۱۲۹۵۵	۲۸۱/۳۸۲۶۳۰۶
ایلام	۱۷۵/۵۴۹۶۹۷۸	۳۶/۹۰۶۸۰۲۰۹	۱۴۲/۴۷۳۸۷۱
اصفهان	۸۱۲/۹۲۹۰۸۸۳	۶۳۵/۰۹۶۰۰۲۵	۱۹۶۳/۸۴۳۹۴۱
فارس	۹۲۹/۷۹۴۲۴۲۶	۷۸۱/۴۲۱۹۴۱	۶۸۱/۸۸۵۲۱۵۸
هرمزگان	۹۲۰/۹۳۷۰۲۱۴	۱۶۵/۹۸۰۱۱۸۴	۷۱۹/۹۶۸۷۲۰۶
بوشهر	۵۵۰/۹۵۸۳۵۰۶	۴۳/۵۵۴۰۳۵۴۱	۴۱۶/۹۵۵۹۳۹۳
چهارمحال بختیاری	۱۲۴/۱۰۸۱۸۲۵	۹۷/۶۴۱۴۷۸۳۲	۷۱/۵۲۵۶۲۰۳۸
کهگیلویه و بویراحمد	۱۴۴/۲۳۱۵۶۶	۴۰/۵۰۵۲۷۳۰۸	۶۳/۴۶۰۹۹۵۶۲
خراسان رضوی	۱۲۶۲/۵۷۱۴۲	۸۵۱/۹۹۷۵۹۷۳	۸۸۲/۲۵۳۷۸۵۸
کرمان	۶۳۸/۶۷۶۶۰۷	۶۶۸/۴۸۸۴۸۰۵	۶۸۳/۸۳۷۷۳۲
یزد	۳۹۱/۷۴۰۳۶۴۸	۲۶۴/۸۲۵۲۲۵۴	۱۰۷۵/۹۷۴۷۷۱
سیستان و بلوچستان	۸۵۴/۲۶۷۶۸۲۴	۲۱۱/۹۵۲۰۰۹۴	۵۰۴/۳۰۵۰۳۱۷

خراسان جنوبی	۲۴۲/۱۲۳۵۹۲۵	۱۱۲/۸۰۲۳۴۷۴	۱۳۵/۶۱۰۹۳۴۸
خراسان شمالی	۹۶/۷۹۶۲۷۴۷۵	۱۶۹/۲۶۶۷۷۷۹	۱۸۴/۹۴۵۰۴۳۴

منبع: مرکز آمار ایران، ترازنامه انرژی و سالنامه‌های آماری

جدول ۲: تجزیه مصرف انرژی استان‌های ایران به سه اثر شدت، ساختار و فعالیت

استان	INT	STR	ACT	E
تهران	-۱۶۹۸/۶۷۸۱۴۵	-۶۱۱/۵۵۵۹۳۰۹	۴۸۹۵/۹۹۳۵۲۵	۳۹۷۶/۷۶۷۰۹۶
البرز	۲۲۴/۴۱۵۳۵۰۲	-۲۰۲/۵۰۵۶۷۵۲	-۲۱۳/۲۳۴۸۷	۱۱۹۹/۶۸۲۳۳۱
قزوین	۳۵۵/۱۳۸۹۹۳۱	۹۲/۲۶۳۸۰۶۴۴	-۹۲۴/۱۵۰۹۲۴	۹۱۴/۲۵۹۴۶۱۲
مازندران	۵۳/۶۴۷۰۲۴۸۳	۵۱/۹۷۴۰۰۸۵۲	۸۴/۴۲۷۲۱۱۰۹	۱۵۸۱/۰۵۵۵۴۸
سمنان	۳۷۱/۴۶۱۰۱۲۳۱	-۲۵/۲۷۵۴۱۰۸۱	-۱۱۳۵/۶۱۵۴۹	۶۰۱/۵۷۶۹۵۵۵
قم	۳۹۵/۱۸۷۴۸۲۹	-۶۹/۵۰۰۵۳۵۵۸	-۱۱۱۵/۳۳۶۳۴	۶۰۱/۳۵۸۲۷۲۷
گلستان	۳۶۱/۸۵۵۲۰۸۸	۲۷/۹۶۴۷۹۷۰۲	-۱۰۲۱/۵۰۲۸۴	۷۵۹/۳۲۴۶۲۷
زنجان	۷۹۶/۰۲۴۲۷۳۱	۱۳/۴۷۹۹۸۲۸۹	-۱۳۸۳/۹۴۹۰۵	۸۱۶/۵۶۲۸۶۷۹
آذربایجان غربی	۱۷۳۹/۲۹۹۳۰۳	-۱۴۰/۳۴۲۵۷۳۱	-۷۲۶/۴۷۲۲۶۲	۲۲۶۳/۴۹۱۷۰۴
آذربایجان شرقی	۷۴/۵۶۷۰۱۲۰۱	۴۷/۲۸۹۳۰۷۳۴	۱۲۰/۴۸۴۶۷۷۲	۱۶۳۳/۳۴۸۴۶۳
گیلان	۱۵۲/۶۵۳۸۲۱۲	-۸/۸۲۳۸۵۸۴۷۷	-۴۸۷/۶۰۸۱۳۳	۱۰۴۷/۲۲۹۳۳۶
کردستان	۵۷۸/۶۷۰۱۲۴۲	۲۳/۶۲۲۰۰۶۵۲	-۱۱۷۳/۷۲۹۶	۸۱۹/۵۷۰۰۱۰۱
اردبیل	۲۰۶/۹۲۷۵۰۴۷	-۵۰/۳۲۷۶۷۹۱۳	-۱۰۳۲/۶۱۰۰۵	۵۱۴/۹۹۷۴۰۵۶
خوزستان	-۵۱۴/۹۳۵۶۰۳۷	-۷۳۱/۷۸۴۳۰۲۹	۳۲۷۴/۴۶۳۴۲۲	۳۴۱۸/۷۵۰۷۹۸
مرکزی	۷۵۴/۴۳۵۶۳۲	۱۱۸/۸۳۹۶۳۹۳	-۶۳۰/۸۴۸۴۵۹	۱۶۳۳/۴۳۴۴۴
کرمانشاه	۱۳۶/۹۵۵۸۳۱۸	۲/۲۵۸۰۱۴۵	-۶۴۹/۴۸۳۰۶۸	۸۸۰/۷۳۸۳۴۳۸
همدان	۱۸۶/۱۹۲۶۱۱۷	۱۲۰/۲۲۴۳۳۴۳	-۸۲۶/۱۹۲۱۶۱	۸۷۱/۲۳۲۱۹۳
لرستان	۶۹۸/۷۰۱۶۴۸۵	-۱۶۵/۵۲۸۸۷۳۴	-۱۰۸۸/۴۷۱۷۴	۸۳۵/۷۰۸۶۴۶۹
ایلام	-۱۲۷/۲۴۸۵۷۳	-۹۶/۱۷۴۳۵۱۲۱	-۸۱۲/۶۵۴۵۳۴	۳۵۴/۹۳۰۳۷۰۹
اصفهان	۳۶۰/۴۰۴۴۲۸۴	-۴۴/۴۵۴۱۰۲۷۲	۱۷۰۴/۹۱۱۳۷۱	۳۴۱۱/۸۶۹۰۳۲
فارس	۲۱۳/۶۷۵۸۸۴۸	۱۶۷/۲۴۴۹۵۵۲	۶۲۱/۱۷۳۵۱۲۸	۲۳۹۳/۱۰۱۳۹۹
هرمزگان	۱۰۰۱/۰۵۱۱۷۵	۶/۶۴۲۴۷۲۱۳۸	-۵۹۱/۸۱۵۳۲۷	۱۸۰۶/۸۸۵۸۶
بوشهر	-۱۰۸/۲۰۳۱۸۱۴	-۳۵۹/۸۶۳۱۷۰۱	۸۸/۵۲۶۹۲۷۴۸	۱۰۱۱/۴۶۸۳۲۵
چهارمحال بختیاری	-۳۶/۳۹۱۹۲۹۷۳	-۸/۸۳۴۳۸۰۰۲۸	-۱۰۵۲/۵۰۶۱۵	۲۹۳/۲۷۵۲۸۱۲
کهگیلویه و بویراحمد	-۵۵۴/۵۷۳۶۴۳۶	-۳۹۵/۰۵۸۹۸۱۸	-۱۹۳/۱۷۷۳۵۲	۲۴۸/۱۹۷۸۳۴۷
خراسان رضوی	۵۷۶/۸۵۷۳۲۱۹	-۱۱۰/۹۲۰۳۲۸۵	۱۱۳۹/۸۷۸۸۵۴	۲۹۹۶/۸۲۲۸۰۳
کرمان	۶۲۵/۱۱۴۹۵۷۶	۲۳۶/۱۸۰۸۸۱۵	-۲۶۱/۳۰۰۲۱۵	۱۹۹۱/۰۰۲۸۲
یزد	۱۲۸۵/۳۳۷۳۷۸	۳۵/۱۴۲۵۰۴۳۶	-۹۷۸/۹۴۷۱۵۶	۱۷۳۲/۵۴۰۳۶۱

سیستان و بلوچستان	۱۸۶۶/۷۸۲۶۷۱	-۳۳۷/۰۵۷۲۲۱۶	-۱۳۵۰/۲۰۸۲	۱۵۷۰/۵۲۴۷۲۴
خراسان جنوبی	۷۴۹/۳۴۲۸۵۱۲	-۳۱/۲۲۲۷۹۰۰۷	-۱۶۱۸/۵۹۰۸۷	۴۹۰/۵۳۶۸۷۴۷
خراسان شمالی	۳۸۷/۸۱۱۷۶۴۱	۴۷/۱۱۸۴۶۲۱۶	-۱۳۷۴/۹۲۹۸۳	۴۵۱/۰۰۸۰۹۶
میانگین	۳۵۸/۴۶۷۰۷۴۲	-۷۷/۳۸۶۶۱۲۶۹	-۲۸۱/۷۹۸۴۲-	۱۳۹۱/۰۰۸۱۳۸

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۳ : تجزیه‌های مستقیم و غیرمستقیم بین مناطق و منطقه مرجع

تجزیه	ΔE(Ra-Rμ)	ΔE(Rb-Rμ)	تفاضل	معکوس
ΔE (R1-R2):	-۳۴۹/۴۶۳۳۵۴۶	۲۳۲/۸۸۹۹۳۲۱	-۵۸۲/۳۵۳۲۸۶۷	۵۸۲/۳۵۳۲۸۶۷
ΔE (R1-R3):	-۳۴۹/۴۶۳۳۵۴۶	-۱۶۹/۴۵۰۱۴۹۷	-۱۸۰/۰۱۳۲۰۴۹	۱۸۰/۰۱۳۲۰۴۹
ΔE (R1-R4):	-۳۴۹/۴۶۳۳۵۴۶	-۲۱۲/۴۷۳۲۸۵۳	-۱۳۶/۹۹۰۰۶۹۳	۱۳۶/۹۹۰۰۶۹۳
ΔE (R1-R5):	-۳۴۹/۴۶۳۳۵۴۶	۵۵۶/۷۴۰۷۴۹۸	-۹۰۶/۲۰۴۱۰۴۴	۹۰۶/۲۰۴۱۰۴۴
ΔE (R2-R3):	۲۳۲/۸۸۹۹۳۲۱	-۱۶۹/۴۵۰۱۴۹۷	۴۰۲/۳۴۰۰۸۱۸	-۴۰۲/۳۴۰۰۸۱۸
ΔE (R2-R4):	۲۳۲/۸۸۹۹۳۲۱	-۲۱۲/۴۷۳۲۸۵۳	۴۴۵/۳۶۳۲۱۷۴	-۴۴۵/۳۶۳۲۱۷۴
ΔE (R2-R5):	۲۳۲/۸۸۹۹۳۲۱	۵۵۶/۷۴۰۷۴۹۸	-۳۲۳/۸۵۰۸۱۷۷	۳۲۳/۸۵۰۸۱۷۷
ΔE (R3-R4):	-۱۶۹/۴۵۰۱۴۹۷	-۲۱۲/۴۷۳۲۸۵۳	۴۳/۰۲۳۱۳۵۶	-۴۳/۰۲۳۱۳۵۶
ΔE (R3-R5):	-۱۶۹/۴۵۰۱۴۹۷	۵۵۶/۷۴۰۷۴۹۸	-۷۲۶/۱۹۰۸۹۹۵	۷۲۶/۱۹۰۸۹۹۵
ΔE (R4-R5):	-۲۱۲/۴۷۳۲۸۵۳	۵۵۶/۷۴۰۷۴۹۸	-۷۶۹/۲۱۴۰۳۵۱	۷۶۹/۲۱۴۰۳۵۱

منبع: محاسبات تحقیق

جدول۴: شاخص عملکرد شدت انرژی مستقیم و غیرمستقیم بین مناطق و منطقه مرجع

شاخص عملکرد	D(Ra-Rμ)	D(Rb-Rμ)	تجزیه	معکوس
EPI(R1-R2)	-۳۴۹/۴۶۳۳۵۴۶	۲۳۲/۸۸۹۹۳۲۱	-۱/۵۰۰۵۵۱۵۷۵	-۰/۶۶۶۴۲۱۶۱۲
EPI(R1-R3)	-۳۴۹/۴۶۳۳۵۴۶	-۱۶۹/۴۵۰۱۴۹۷	۲/۰۶۲۳۳۷۲۴۳	۰/۴۸۴۸۸۶۷۴۸
EPI(R1-R4)	-۳۴۹/۴۶۳۳۵۴۶	-۲۱۲/۴۷۳۲۸۵۳	۱/۶۴۴۷۴۰۲۰۴	۰/۶۰۷۹۹۸۷۵۷
EPI(R1-R5)	-۳۴۹/۴۶۳۳۵۴۶	۵۵۶/۷۴۰۷۴۹۸	-۰/۶۲۷۶۹۴۹۴۵	-۱/۵۹۳۱۳۰۵۶
EPI(R2-R3)	۲۳۲/۸۸۹۹۳۲۱	-۱۶۹/۴۵۰۱۴۹۷	-۱/۳۷۴۳۸۶۱۱۱	-۰/۷۲۷۵۹۷۵۷۴
EPI(R2-R4)	۲۳۲/۸۸۹۹۳۲۱	-۲۱۲/۴۷۳۲۸۵۳	-۱/۰۹۶۰۹۰۴۱۸	-۰/۹۱۲۳۳۳۴۹۳
EPI(R2-R5)	۲۳۲/۸۸۹۹۳۲۱	۵۵۶/۷۴۰۷۴۹۸	۰/۴۱۸۳۰۹۴۷۷	۲/۳۹۰۵۷۴۵۷۲
EPI(R3-R4)	-۱۶۹/۴۵۰۱۴۹۷	-۲۱۲/۴۷۳۲۸۵۳	۰/۷۹۷۵۱۲۷۲۹	۱/۲۵۳۸۹۸۴۸۱
EPI(R3-R5)	-۱۶۹/۴۵۰۱۴۹۷	۵۵۶/۷۴۰۷۴۹۸	-۰/۳۰۴۳۶۰۹۶۱	-۳/۲۸۵۵۷۲۴۸۸
EPI(R4-R5)	-۲۱۲/۴۷۳۲۸۵۳	۵۵۶/۷۴۰۷۴۹۸	-۰/۳۸۱۶۳۷۷۴۷	-۲/۶۲۰۲۸۵۸۸۲

منبع: محاسبات تحقیق