فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد/ سال دوم/ شماره ۴/ زمستان ۱۳۹۴/ صفحات ۷۰-۴۹

تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی در زیربخش‌های صنعتی ایران: مقایسه روش‌های لاسپیرز و دیویژیا

محسن پورعبادالهان کویچ*
دانشیار اقتصاد دانشگاه تبریز، Mohsen_p51@hotmail.com
حسین پناهی
دانشیار اقتصاد دانشگاه تبریز، Panahi@tabrizu.ac.ir
شهریار شهبازی هومونلو
کارشناس ارشد اقتصاد دانشگاه تبریز، Shahbay.sh1989@gmail.com
خدیجه صالحی ابر
کارشناس ارشد اقتصاد دانشگاه تبریز، Salehi_kh90@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۱

چکیده

با افزایش چشمگیر در مصرف انرژی، آگاهی از عوامل تاثیرگذار بر آن می‌تواند در سیاست-گذاری‌های مربوط به صرفه‌جویی در مصرف انرژی و استفاده کارا از آن مفید باشد. تحلیل تجزیه شاخص (IDA)، روش مناسبی برای تفکیک عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی به شمار می‌رود. بر همین اساس در مطالعه حاضر با بکارگیری دو روش کلی تحلیل تجزیه شاخص لاسپیرز و دیویژیا، تغییرات مصرف انرژی طی دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۷۹ در زیربخش-های صنعتی ایران به سه جزء اثر فعالیت، اثر ساختاری و اثر شدت انرژی تجزیه شده است. مقایسه روش‌های تحلیل تجزیه شاخص نشان می‌دهد که نتایج تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی در روش‌های شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI)، شاخص دیویژیای میانگین حسابی (AMDI) و شاخص تعمیم یافته فیشر (GFI) تقریبا یکسان بوده و تجزیه را بدون هیچ عامل باقیمانده‌ای انجام می‌دهند. در حالی که نتایج تجزیه شاخص لاسپیرز با مقادیر حقیقی تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد و منجر به ایجاد عامل باقیمانده می‌شود. همچنین نتایج حاصله حاکی از آن است که در هر چهار روش مزبور، عامل اصلی افزایش مصرف انرژی، تغییرات اثر فعالیت و در نقطه مقابل، مهمترین عامل کاهش مصرف انرژی، تغییرات اثر شدت انرژی است و تغییرات اثر ساختاری سهم ناچیزی در تغییرات مصرف انرژی داشته است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل تجزیه شاخص، شاخص لاسپیرز، شاخص دیویژیا، مصرف انرژی، زیربخش‌های صنعتی، ایران.
طبقه‌بندی JEL: Q40، Q41، Q43، L60.

---

* نویسنده مسئول مکاتبات

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

نقش مؤثر انرژی در توسعه و رفاه اقتصادی از یک سو و محدودیت منابع انرژی و مصرف فزاینده انرژی به موازات رشد جوامع بشری از سوی دیگر، موضوعات مرتبط با انرژی و میزان مصرف آن را به عنوان یکی از مهم‌ترین مباحث در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی-های کشورها مطرح کرده است، به طوری که در کشورهای پیشرفته، سازمان‌های بزرگی نظیر آژانس بین‌المللی انرژی[1] (IEA) و در کشورهای در حال توسعه، سازمان بهره‌وری آسیا[2] (APO) و نیز مؤسسات کوچک و بزرگی همچون مؤسسات مدیریت و صرفه‌جویی انرژی و غیره در کشورهای مختلف با اهداف کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی پا به عرصهٔ وجود گذاشته‌اند.

در ایران، ویژگی منابع محور بودن اقتصاد و ساختار تولید مبتنی بر مصرف انرژی موجب شده است که میزان مصرف انواع سوخت‌های فسیلی و غیرفسیلی در سطح بالایی قرار گرفته و روند رو به رشدی داشته باشد (خلیلی عراقی و همکاران، ۱۳۹۱). مقایسه وضعیت مصرف انرژی ایران در سال ۱۳۷۹ با ارقام مشابه در سال ۱۳۹۱ نشان می‌دهد که کل مصرف نهایی انرژی از ۶۲۱/۹ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۷۹ به ۱۰۵۸/۶ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۱ افزایش یافته است (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۱). در این میان، بخش صنعت به عنوان عنصر مشترک تمام بخش‌های اقتصادی، نقش اصلی را در تعیین میزان بازدهی مصرف انرژی بر عهده دارد. چرا که این بخش به لحاظ فرآیندهای صنعتی و تولیدات خود به نوعی در فعالیت سایر بخش‌ها دخیل می‌باشد.همچنین، یک سوم مصرف انرژی اولیه جهان و انتشار دی‌اکسیدکربن، ناشی از مصرف انرژی‌های فسیلی در بخش صنعت می‌باشد (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۹). از این رو، هرگونه کاهش در مصرف انرژی فعالیت‌های صنعتی و یا افزایش راندمان انرژی محصولات صنعتی، تا حد زیادی می‌تواند به کاهش مصرف انرژی در سایر بخش‌های اقتصادی کشور کمک کند.

بخش صنعت ایران به طور متوسط با داشتن سهمی در حدود ۲۱/۲۰ درصد طی سال‌های ۱۳۹۱ - ۱۳۷۹، سهم بسزایی از کل انرژی مصرفی در بین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی کشور داشته است. بخش صنعت شامل طیف وسیعی از صنایع بزرگ، متوسط و کوچک

[1] International Energy Agency
[2] Asian Productivity Organization

Archive of SID

www.SID.ir

است. کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر به عنوان صنایع متوسط و بزرگ[۱]، بیش از ۷۶ درصد از مصرف انرژی بخش صنعت را در اختیار دارند. این کارگاه‌ها در ۲۳ زیربخش صنعتی (کدهای دو رقمی ISIC[۲]) طبقه‌بندی شده‌اند. آمار موجود در ایران نشان می‌دهد که میزان انرژی مصرفی کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر، از ۱۳۶ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۲ به ۲۲۵ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۰ افزایش پیدا کرده است که بیانگر روند صعودی مصرف انرژی در این کارگاه‌ها می‌باشد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). با توجه به این افزایش چشمگیر در مصرف انرژی، آگاهی از عوامل تاثیرگذار بر آن می‌تواند در سیاست‌گذاری‌های مربوط به صرفه‌جویی در مصرف انرژی و استفاده کارا از آن کمک کند. بر همین اساس مطالعه حاضر با استفاده از آمار و اطلاعات کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر ایران، به تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی در زیربخش‌های صنعتی ایران در سطح کدهای دو رقمی ISIC طی دوره زمانی ۱۳۹۱- ۱۳۷۹ به سه عامل اثر فعالیت[۳]، اثر ساختاری[۴] و اثر شدت انرژی[۵] می‌پردازد و با به کارگیری دو روش کلی تحلیل تجزیه شاخص (لاسپیرز و دیویژیا)، اثر تغییر در هر یک از عوامل مذکور را بر روی تغییرات مصرف انرژی صنایع مزبور مورد بررسی قرار می‌دهد.

در این مطالعه سعی می‌شود تا ضمن مقایسه برخی روش‌های تحلیل تجزیه شاخص و تحلیل روند عوامل مذکور در هر یک از روش‌های مورد بررسی به سوالات زیر پاسخ داده شود:

۱. تاثیر افزایش تولیدات زیربخش‌های صنعتی ایران در تغییرات مصرف انرژی این زیربخش‌ها چقدر بوده است؟

---

[۱] کارگاه صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر کارگاهی است که متوسط تعداد کارکنانش در سال‌های مورد بررسی، ده نفر و بیشتر بوده است. علت انتخاب کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر آن است که این کارگاه‌ها بخش اعظم کارگاه‌های صنعتی در ایران را تشکیل می‌دهند و همچنین دارای آمار و اطلاعات منسجم سری‌زمانی می‌باشند.

[2] International Standard Industrial Classification

ISIC نوعی طبقه‌بندی بین‌المللی استاندارد فعالیت‌های صنعتی است. مطالعه حاضر بر اساس سومین ویرایش این طبقه‌بندی صورت گرفته است.

[3] Activity effect

[4] Structural effect

[5] Energy intensity effect

Archive of SID

www.SID.ir

۲. تغییرات ساختاری صورت گرفته در طی دوره مورد نظر، چه اثری در تغییرات مصرف انرژی زیربخش‌های صنعتی ایران داشته است؟
۳. تاثیر تغییر شدت انرژی در زیربخش‌های صنعتی ایران در تغییرات مصرف انرژی این زیربخش‌ها چقدر بوده است؟

در این مقاله پس از مروری بر ادبیات تحقیق، در بخش سوم روش‌شناسی تحقیق و در بخش چهارم تجزیه و تحلیل یافته‌ها ارائه می‌شود. درنهایت در بخش پنجم به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادهای سیاستی پرداخته می‌شود.

۲- ادبیات موضوع

۲-۱- مبانی نظری

در دهه‌های اخیر، تاثیر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی موجب شده است که بسیاری از محققین با استفاده از روش‌های مختلف به تحلیل روابط بین متغیرهای اقتصادی و مصرف انرژی بپردازند. یکی از رویکردهای مورد استفاده برای بررسی و تحلیل کمی علل تغییر مصرف انرژی، روش تحلیل تجزیه[1] (DA) است که به طور قابل توجهی در پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه انرژی از آن استفاده شده است. به طور کلی روش‌های تحلیل تجزیه، در قالب دو روش تحلیل تجزیه ساختاری[2] (SDA) و تحلیل تجزیه شاخص[3] (IDA) طبقه‌بندی گردیده‌اند.

تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) یک تکنیک معمولی برای تشخیص منابع مختلف تغییر در اقتصاد طی زمان شامل الف) تأثیرات نشأت گرفته از تغییرات در ساختار تقاضای نهایی در برابر تغییرات در ضرایب داده و ب) تجزیه بیشتر برای تشخیص بین اثرهای قیمت‌های نسبی (جانشینی) و تغییر فناوری می‌باشد که با تجزیه مجموع اثرهای (مستقیم و غیرمستقیم) محیط زیستی منتج شده از جداول داده - ستانده به مرحله اجرا در می‌آید (اخباری، ۱۳۸۴).

اگرچه روش SDA به دلیل در نظر گرفتن وابستگی‌های مستقیم و غیرمستقیم همه بخش‌های اقتصادی، از دقت بیشتری برخوردار است و نیز می‌تواند بین اثرات تکنولوژیکی و تقاضا تمایز قائل شود با این وجود، جدول داده - ستانده همه ساله در کشورها تهیه

[1] Decomposition Analysis
[2] Structural Decomposition Analysis
[3] Index Decomposition Analysis

Archive of SID

www.SID.ir

نمی‌شود و برای کشورهایی که این جدول برای دوره‌های نزدیک تهیه نمی‌شود، روش مذکور قابل استفاده نمی‌باشد (سو و همکاران[۱]، ۲۰۱۰).

تحلیل تجزیه شاخص(IDA)، با تعریف یک تابع تعیین‌کننده، که تابعی از n عامل می‌باشد، شروع می‌شود. سپس به تجزیه این تابع به n عامل مزبور با استفاده از فرم‌های مختلف جمعی و ضربی می‌پردازد. این روش برای مطالعات مختلف در حوزه انرژی شامل عرضه و تقاضای انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با انرژی، جریان منابع، کارایی مصرف انرژی و نظارت بر روند آن و مقایسه بین کشوری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش IDA یک روش ساده است که از داده‌های تجمیع شده در سطح بخشی و در سطح کلان استفاده می‌کند و به صورت هر دو فرم جمعی[۲] و فرم ضربی[۳] بیان می‌شود در حالی که روش‌های دیگر تنها در فرم جمعی امکان‌پذیر هستند. مزیت این روش آن است که به داده‌های کمتری نیاز دارد و برای هر سال می‌توان شاخص‌های مربوط را تهیه نمود، از همین رو روش IDA در مطالعات بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (انگ و لیو[۴]، ۲۰۰۷). اهمیت مطالعه اثر تغییرات ساختاری بر مصرف انرژی در اقتصاد بعد از دهه ۱۹۷۰ موجب شد روش استفاده از IDA توسعه یافته و مورد توجه سیاست‌گذاری در بخش‌های مختلف قرار گیرد. به طور کلی IDA در قالب دو روش کلی، بر پایه شاخص لاسپیرز[۵] شامل شاخص لاسپیرز، شاخص پاشه[۶]، شاخص شپلی- سان[۷]، شاخص مارشال - اجورث[۸]، شاخص فیشر[۹] و شاخص تعمیم یافته فیشر[۱۰] (GFI) و بر پایه شاخص دیویژیا[۱۱] شامل شاخص دیویژیای میانگین حسابی[۱۲] (AMDI) و شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی[۱۳] (LMDI) طبقه‌بندی می‌شود.

---

[1] Su et al
[2] Additive Form
[3] Multiplicative Form
[4] Ang and Liu
[5] Laspeyres
[6] Paasche
[7] Shapley - Sun
[8] Marshall - Edgeworth
[9] Fisher
[10] Generalied Fisher Index
[11] Divisia
[12] Arithmetic Mean Divisia Index
[13] Logarithmic Mean Divisia Index

Archive of SID

www.SID.ir

روش تجزیه لاسپیرز یکی از روش‌های رایج برای تحلیل تجزیه مصرف انرژی است. این روش میزان سهم هر عامل در تغییر انرژی مصرفی را با ثابت در نظر گرفتن سایر عوامل محاسبه می‌کند و در بسیاری از موارد منجر به ایجاد باقیمانده می‌شود. شاخص فیشر یکی دیگر از روش‌های مختلف تکنیک IDA بر پایه شاخص لاسپیرز می‌باشد که در مطالعه انگ و همکاران[1] (۲۰۰۴) از این شاخص استفاده شده است. انگ، با تعمیم شاخص دو عاملی فیشر، امکان استفاده از این شاخص را برای تجزیه مصرف انرژی در صورت وجود n عامل فراهم نمود که این شاخص به شاخص تعمیم یافته فیشر معروف می‌باشد. این روش به خاطر قابلیت تجزیه کامل روش مناسبی برای تجزیه مصرف انرژی می‌باشد. از جمله تکنیک‌های دیگر شاخص لاسپیرز که دارای ویژگی تجزیه کامل می‌باشد شاخص شپلی- سان می‌باشد که در صورتی که صرفاً دو عامل را دربر گیرد به آن، روش مارشال - اجورث گفته می‌شود. به صورت کلی یکی از معایب اصلی تکنیک‌های شاخص لاسپیرز آن است که هنگام افزایش تعداد عوامل به بیش از سه مورد، فرمول محاسباتی آنها پیچیده‌تر می‌شود.

روش‌های مختلف تکنیک IDA بر پایه شاخص دیویژیا دارای ویژگی‌های مشترک زیادی هستند و در بسیاری از شرایط می‌توان این دو روش را به جای یکدیگر استفاده نمود. با این وجود، در صورت وجود مقادیر صفر در مجموعه داده‌ها در روش AMDI مشکل محاسباتی ایجاد می‌شود در حالی که در روش LMDI می‌توان با استفاده از دو راهکار جایگزینی اعداد بسیار کوچک و محدودیت تحلیلی این مشکل را برطرف نمود.

کایمن و برایان[2] (۲۰۱۰)، با استفاده از روش تحلیل تجزیه شاخص (IDA)، عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی را به سه عامل زیر تجزیه می‌کند.

- اثر ساختاری، به تغییر در مصرف انرژی حاصل از تغییر در ترکیب یا سهم فعالیت‌های اقتصادی دلالت دارد.
- اثر شدت انرژی، میزان مصرف انرژی به ازای هر واحد فعالیت (تولید یا ارزش افزوده) را نشان می‌دهد.
- اثر فعالیت نیز مربوط به تغییر در کل مصرف انرژی به واسطه افزایش در تولید و حجم فعالیت‌ها می‌باشد.

[1] Ang et al
[2] Caiman and Brian

Archive of SID

www.SID.ir

که با استفاده از هر یک از روش‌های مزبور می‌توان به شرح زیر، به محاسبه تغییرات مصرف انرژی ناشی از تغییر هر یک از عوامل موثر سه‌گانه مذکور پرداخت.

کلیه مطالعات تحلیل تجزیه شاخص (IDA)، با تعریف یک تابع تعیین‌کننده شروع می‌شوند. برای درک بهتر موضوع فرض کنید که در حالت کلی، تابع تعیین‌کننده V، مجموع V_i عامل مختلف باشد به‌طوری‌که هر یک از V_iها تابعی از n متغیر باشد. به عبارت دیگر

$$V = \sum_i V_i = \sum_i x_{1,i}x_{2,i}...x_{n,i} \qquad V_i = x_{1,i}x_{2,i}...x_{n,i} \qquad (۱)$$

که زیر نویس i می‌تواند علامت یک ویژگی کلی مانند شماره زیربخش‌های مصرف‌کننده انرژی و یا نوع سوخت و غیره باشد. به علاوه فرض کنید در طی دوره صفر تا دوره T مجموع تغییرات از $V^0 = x^0_{1,i}x^0_{2,i}...x^0_{n,i}$ به $V^T = x^T_{1,i}x^T_{2,i}...x^T_{n,i}$ تغییر کند. بر این اساس، فرم کلی تجزیه ضربی به‌شکل زیر فرمول‌بندی می‌شود:

$$D_{tot} = V^T / V^0 = D_{x_1} D_{x_2} ... D_{x_k} D_{rsd} \qquad (۲)$$

به طوری که D_{tot} بیانگر کل تغییرات و D_{rsd} بیانگر قسمت باقیمانده است که برای روش‌هایی همچون LMDI و شاخص فیشر که تجزیه به صورت کامل انجام می‌گیرد، برابر صفر می‌باشد.

بر اساس تعریف شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا در قالب فرم ضربی، تأثیر K اُمین عامل در تغییرات کل را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد[۱]:

$$D_{x_k} = \exp[\sum_i \frac{L(V_i^T, V_i^0)}{L(V^T, V^0)} \ln(\frac{x^T_{k,i}}{x^0_{k,i}})] \qquad (۳)$$

که در آن تابع $L(V_i^T, V_i^0)$ متوسط لگاریتمی دو عدد مثبت می‌باشد که می‌توان آن را به صورت زیر محاسبه کرد:

$$L(V_i^T, V_i^0) = \frac{(V_i^T - V_i^0)}{(\ln V_i^T - \ln V_i^0)} \qquad (۴)$$

همچنین براساس تعریف شاخص میانگین حسابی دیویژیا در قالب فرم ضربی، تأثیر K اُمین عامل در تغییرات کل را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد[۲]:

[۱] به منظور مشاهده اثبات رابطه فوق به (Wood and Lenzen, 2006, pp. 1326-1327) مراجعه کنید.

[۲] به منظور مشاهده اثبات رابطه فوق به (Wood and Lenzen, 2006, pp. 1326-1327) مراجعه کنید.

Archive of SID

www.SID.ir

$$D_{x_k} = \exp[\sum \frac{(V_i^T / V^T) + (V_i^0 / V^0)}{2} \ln(\frac{x_{k,i}^T}{x_{k,i}^0})] \quad (۵)$$

برای شاخص‌های لاسپیرز و فیشر بر اساس تعداد عوامل موثر، تعاریف متعددی وجود دارد، به طوری که با افزایش تعداد عوامل دارای فرمول محاسباتی پیچیده‌تری می‌شوند.

۲-۲- پیشنه تجربی تحقیق

در مطالعات متعددی از روش‌های مختلف IDA برای بررسی الگوی مصرف انرژی استفاده شده است. این مطالعات در دو قالب میزان مصرف انرژی و شدت انرژی صورت پذیرفته‌اند که با توجه به موضوع مطالعه حاضر، در ذیل صرفاً به آن دسته از مطالعات که مربوط به مصرف انرژی می‌باشند، اشاره می‌شود.

انادر[1] (۲۰۰۴) به تجزیه مصرف انرژی ۱۰ کشور عضو آژانس بین المللی انرژی طی دوره ۱۹۹۸- ۱۹۷۳ پرداخته است. تغییرات در مصرف انرژی به کمک شاخص لاسپیرز به اثر ساختاری و اثر شدت انرژی بخشی تفکیک می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات ساختاری، مصرف انرژی را در بسیاری از کشورها به ویژه ژاپن و امریکا کاهش داده است و برای کشورهای مورد بررسی، یک سوم کاهش در مصرف کل انرژی صنعتی به دلیل اثر خالص تغییرات ساختاری بوده است.

ادیگر و هووز[2] (۲۰۰۶) به بررسی مصرف انرژی بخشی در اقتصاد ترکیه طی دوره ۲۰۰۰ - ۱۹۸۰ پرداختند. در طی این دوره تغییرات چشم‌گیری در ساختار اقتصادی ترکیه رخ داده است و تأثیر به سزایی در مصرف انرژی بخش‌های اولیه مانند کشاورزی، صنعت و خدمات داشته است. نتایج تجزیه آنها با کمک روش LMDI نشان می‌دهد که سهم عمده مصرف انرژی اولیه در اقتصاد ترکیه طی دوره مورد مطالعه به دلیل اثر فعالیت است و اثر شدت انرژی و اثر ساختاری تأثیر قابل توجهی ندارند.

ژائو و همکاران[3] (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای عوامل محرک اصلی تغییرات در مصرف انرژی مسکونی مناطق شهری اقتصاد چین را بررسی کردند. آنها در مطالعهٔ خود با استفاده از روش LMDI، مصرف انرژی خانگی مناطق شهری کشور چین را برای دوره ۲۰۰۷- ۱۹۹۸ تجزیه کرده و به این نتیجه می‌رسند که تغییرات ساختاری مربوط به شدت انرژی مصرفی خانوار و همچنین تغییرات ساختاری مربوط به کیفیت بالای انرژی و حرکت به سوی

[1] Unader
[2] Ediger and Huvaz
[3] Zhao et al

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از انرژی‌های پاک وجود داردکه این تغییرات ساختاری می‌تواند به دلیل تغییر شیوه زندگی و نحوه مصرف برای دستیابی به سطح بالاتری از آسایش، رفاه و حمایت از محیط زیست باشد.

از میان مطالعات داخلی باصری و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای به تجزیه عوامل موثر در تغییر مصرف انرژی در شرکت‌های پگاه فارس، تهران و اصفهان طی دوره‌ی زمانی ۱۳۸۶- ۱۳۷۵پرداختند. آنها با استفاده از روش LMDI تغییر در مصرف انرژی نهایی را به تغییرات اثر فعالیت، اثر ساختاری و اثر شدت انرژی خالص تجزیه کردند. نتایج نشان داد که در زمینه تغییر در مصرف نهایی انرژی، تغییرات اثر فعالیت و اثر ساختاری دارای اثر مثبت و تغیرات اثر شدت انرژی خالص دارای اثر منفی بوده است.

قلی‌زاده و براتی (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای عوامل موثر بر تغییرات انرژی مصرفی بخش مسکونی را با استفاده از روش LMDI طی دوره زمانی ۱۳۸۷- ۱۳۷۳ مورد بررسی قرار داده‌اند. بررسی چهار عامل درآمد خانوار، بهره‌وری انرژی، رشد جمعیت و جایگزینی انرژی نشان می‌دهد که تغییرات درآمد خانوار بیشترین اثر را بر رشد مصرف انرژی مسکونی دارد. پس از آن نیز تغییرات رشد جمعیت و بهره‌وری انرژی دو عامل موثر بر افزایش مصرف انرژی خانوار بودند. جایگزینی سوخت‌ها و تغییر در ترکیب انرژی مصرفی خانوار در مجموع اثری کم اما مثبت بر رشد مصرف انرژی بخش مسکونی داشت. نتایج تجزیه درخصوص متوسط برق مصرفی خانوار حاکی از آن است که تغییرات درآمد خانوار مهم-ترین عامل افزایش مصرف برق بوده، در حالی که تغییرات اثر بهره‌وری انرژی منفی بوده است.

توانا نجار و فیضی (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای ضمن بررسی وضعیت مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش خانگی طی دوره زمانی ۱۳۹۰ – ۱۳۷۵، به تجزیه عوامل موثر بر مصرف آنها با استفاده از روش LMDI پرداختند. برای این منظور، آنها عوامل موثر بر مصرف فرآورده‌های نفتی را به چهار عامل اثر ساختاری، اثر شدت انرژی، اثر فعالیت و اثر جمعیتی تجزیه نمودند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که تغییرات اثر ساختاری بیشترین سهم را در جهت کاهش مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش خانگی داشته است به طوری که موجب کاهش مصرف معادل ۱۰۵ میلیون بشکه نفت خام طی دوره مورد مطالعه شده است. بیشترین سهم در جهت افزایش مصرف فرآورده‌های نفتی مذبور را تغییرات اثر شدت انرژی به خود اختصاص داده و موجب افزایش مصرف معادل ۲۴/۱ میلیون بشکه

Archive of SID

www.SID.ir

نفت خام شده است. تغییرات اثر جمعیت و اثر فعالیت نیز هر یک موجب افزایش مصرف به ترتیب معادل ۱۲/۹و ۱۶/۹ میلیون بشکه در نفت خام شده‌اند.

با عنایت به موارد فوق و مطالعات انجام شده، مشاهده می‌شود که در داخل کشور مطالعه‌ای در زمینه تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی در سطح زیربخش‌های صنعتی با استفاده از روش‌های کلی تحلیل تجزیه شاخص و مقایسه نتایج آنها صورت نپذیرفته است. از همین رو، در این مطالعه تغییرات مصرف انرژی زیربخش‌های صنعتی با استفاده از روش‌های لاسپیرز و دیویژیا، به عوامل موثر تجزیه شده و نتایج روش‌های مزبور مقایسه می‌شوند.

۳- روش‌شناسی تحقیق

همانطور که پیش‌تر اشاره شد کلیه مطالعات تحلیل تجزیه شاخص (IDA)، با تعریف یک تابع تعیین‌کننده شروع می‌شوند.در تحقیق حاضر نیز تابع تعیین کننده، میزان مصرف انرژی کل زیربخش‌های صنعتی است. این بخش در ۲۳ زیربخش (کد دو رقمی ISIC) تقسیم‌بندی شده‌اند که از نه نوع حامل‌های انرژی (هشت نوع سوخت فسیلی و برق) استفاده می‌کنند. لذا کل انرژی مصرفی بخش مذکور از مجموع زیربخش‌های ۲۳ گانه به دست می‌آید که هر یک نیز مقادیر مختلفی از حامل‌های انرژی مزبور استفاده می‌کنند. زیربخش‌ها را می‌توان به دو گروه انرژی‌بری بالا و انرژی‌بری پایین طبقه‌بندی کرد. در این مطالعه برای تفکیک صنایع از لحاظ انرژی‌بری از شاخص شدت انرژی (تعداد واحد BTU انرژی مصرفی برای تولید یک ریال محصول) استفاده شده است.

داده‌های مربوط به ارزش تولیدات برای سال‌های مورد مطالعه و نیز انواع سوخت‌های مصرفی و برق مصرفی از سایت پایگاه نشریات مرکز آمار ایران[۱] اخذ شده‌اند.

با پیروی از مطالعه کایمن و برایان (۲۰۱۰)، مصرف انرژی در بخش مذکور را می‌توان به صورت زیر به سه عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری و اثر شدت انرژی تجزیه نمود:

$$E = \sum_{i=1}^{23} E_i = \sum_{i=1}^{23} \frac{E_i}{Q_i} \times \frac{Q_i}{Q} \times Q \qquad (۶)$$

که در آن اندیس i نشان دهنده زیربخش می‌باشد و هر یک از متغیرهای مورد استفاده به صورت زیر تعریف می‌شوند:

E: نشان‌دهنده کل مصرف انرژی در کل زیربخش‌های صنعتی

[۱] نشریات مربوط به نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر

Archive of SID

www.SID.ir

E_i: مصرف انرژی زیربخش صنعتی iام

Q_i: تولید زیربخش صنعتی iام

Q: مجموع تولیدات کل زیربخش‌های صنعتی

هر یک از اثرات سه‌گانه فعالیت، ساختاری و شدت انرژی نیز به صورت زیر به دست می‌آیند:

Q: مجموع تولیدات کل زیربخش‌های صنعتی (اثر فعالیت)

$S_i = \frac{Q_i}{Q}$: سهم زیربخش صنعتی iام از مجموع ارزش تولیدات کل زیربخش‌های صنعتی (اثر ساختاری)

$I_i = \frac{E_i}{Q_i}$: شدت انرژی زیربخش صنعتی i ام (اثر شدت انرژی)

در روش تجزیه شاخص ضرب‌پذیر، نسبت مصرف انرژی در فاصله زمانی صفر تا T به صورت زیر تجزیه می‌شود:

$$D_{tot} = \frac{E^T}{E^0} = D_{act} D_{str} D_{\text{int}} D_{rsd} \qquad (۷)$$

که در آن زیرنویس‌های act، str، int و rsd به ترتیب به اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی و باقیمانده اشاره می‌کنند (کایمن و برایان، ۲۰۱۰).

در ادامه به محاسبه تغییرات مصرف انرژی ناشی از تغییر هر یک از عوامل موثر سه‌گانه مذکور با استفاده از دو روش کلی تحلیل تجزیه شاخص لاسپیرز و دیویژیا پرداخته می‌شود.

۱) شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI)

روش LMDI با استفاده از میانگین لگاریتمی سهم انرژی، وزن هریک از زیربخش‌ها را برای هر عامل تعیین می‌کند. برای تجزیه تغییرات انرژی مصرفی، سه عامل مورد بررسی به شکل زیر نمایش داده می‌شوند (کایمن و برایان، ۲۰۱۰):

Archive of SID

www.SID.ir

$$D_{act} = \exp[\sum_{i=1}^{23} \frac{(E_i^T - E_i^0)/(\ln E_i^T - \ln E_i^0)}{(E^T - E^0)/(\ln E^T - \ln E^0)} \ln(\frac{Q^T}{Q^0})] \quad (۸)$$

$$D_{str} = \exp[\sum_{i=1}^{23} \frac{(E_i^T - E_i^0)/(\ln E_i^T - \ln E_i^0)}{(E^T - E^0)/(\ln E^T - \ln E^0)} \ln(\frac{S^T}{S^0})] \quad (۹)$$

$$D_{int} = \exp[\sum_{i=1}^{23} \frac{(E_i^T - E_i^0)/(\ln E_i^T - \ln E_i^0)}{(E^T - E^0)/(\ln E^T - \ln E^0)} \ln(\frac{I^T}{I^0})] \quad (۱۰)$$

۲) شاخص دیویژیای میانگین حسابی (AMDI)

این روش نیز بر اساس شاخص دیویژیا می‌باشد و از تغییرات لگاریتمی برای کمی کردن اثرات استفاده می‌کند. در این روش اثرات فعالیت، ساختاری و شدت انرژی به صورت زیر می‌باشند (کایمن و برایان، ۲۰۱۰):

$$D_{act} = \exp[\sum_{i=1}^{23} \frac{(E_i^T / E^T) + (E_i^0 / E^0)}{2} \ln(\frac{Q^T}{Q^0})] \quad (۱۱)$$

$$D_{str} = \exp[\sum_{i=1}^{23} \frac{(E_i^T / E^T) + (E_i^0 / E^0)}{2} \ln(\frac{S^T}{S^0})] \quad (۱۲)$$

$$D_{int} = \exp[\sum_{i=1}^{23} \frac{(E_i^T / E^T) + (E_i^0 / E^0)}{2} \ln(\frac{I^T}{I^0})] \quad (۱۳)$$

۳) شاخص لاسپیرز

در این روش اثرات سه‌گانه فعالیت، ساختاری و شدت انرژی بر اساس تعریف سازمان انرژی بین‌المللی به صورت زیر معرفی می‌شوند (کایمن و برایان، ۲۰۱۰):

$$D_{act} = \frac{Q^T}{E^0} \sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^0 \quad (۱۴)$$

$$D_{str} = \frac{Q^0}{E^0} \sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^0 \quad (۱۵)$$

$$D_{int} = \frac{Q^0}{E^0} \sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^T \quad (۱۶)$$

Archive of SID

www.SID.ir

۴) شاخص تعمیم یافته فیشر (GFI)

هریک از اثرات سه‌گانه فعالیت، ساختاری و شدت انرژی در صورت استفاده از شاخص تعمیم یافته فیشر برای تجزیه مصرف انرژی با وجود سه عامل به صورت زیر می‌باشد (کایمن و برایان، ۲۰۱۰):

$$D_{act} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^0 Q^T}{\sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^0 Q^0} \left[\frac{\sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^0 Q^T}{\sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^0 Q^0} \frac{\sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^T Q^T}{\sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^T Q^0}\right] \frac{\sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^T Q^T}{\sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^T Q^0}\right] \quad (۱۷)$$

$$D_{str} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^0 Q^0}{\sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^0 Q^0} \left[\frac{\sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^T Q^0}{\sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^T Q^0} \frac{\sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^0 Q^T}{\sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^0 Q^T}\right] \frac{\sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^T Q^T}{\sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^T Q^T}\right] \quad (۱۸)$$

$$D_{\text{int}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^T Q^0}{\sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^0 Q^0} \left[\frac{\sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^T Q^0}{\sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^0 Q^0} \frac{\sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^T Q^T}{\sum_{i=1}^{23} S_i^0 I_i^0 Q^T}\right] \frac{\sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^T Q^T}{\sum_{i=1}^{23} S_i^T I_i^0 Q^T}\right] \quad (۱۹)$$

۴- تجزیه و تحلیل یافته‌ها

نتایج محاسبات تجزیه رشد مصرف انرژی در کل زیربخش‌های صنعتی به تغییرات سه عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری و اثر شدت انرژی با استفاده از برخی روش‌های تحلیل تجزیه شاخص (لاسپیرز و دیویژیا)، در قالب فرم ضربی[۱] و به تفکیک سال و برای کل دوره مورد بررسی[۲] در جداول زیر آمده است.

[۱] در فرم ضربی همه عوامل نسبت به سال پایه محاسبه می‌شوند فلذا چنانچه نسبت بدست آمده بیش از یک باشد نشان دهنده آن است که عامل مزبور نسبت به سال پایه افزایش پیدا کرده است و در صورتی که کوچکتر از یک باشد نشان دهنده آن است که عامل مزبور نسبت به سال پایه کاهش یافته است.

[۲] تغییرات مصرف انرژی کل دوره از ضرب تغییرات مصرف انرژی سالانه به دست آمده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۱): تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی با استفاده از شاخص LMDI

سال	D_{int}	D_{str}	D_{act}	D_{tot}	D_{real} [۱]	D_{rsd} [۲]
۱۳۷۹-۸۰	۰/۷۳۴۹	۰/۹۵۲۵	۱/۱۱۵۲	۰/۷۸۰۶	۰/۷۸۰۶	۱
۱۳۸۰-۸۱	۰/۷۵۵۰	۰/۹۷۴۳	۱/۲۰۸۰	۰/۸۸۸۶	۰/۸۸۸۶	۱
۱۳۸۱-۸۲	۰/۹۵۷۸	۰/۹۶۲۵	۱/۲۳۰۰	۱/۱۳۳۹	۱/۱۳۳۹	۱
۱۳۸۲-۸۳	۰/۹۷۰۱	۱/۰۱۸۲	۱/۱۴۵۶	۱/۱۳۱۶	۱/۱۳۱۶	۱
۱۳۸۳-۸۴	۰/۹۷۷۴	۰/۹۸۴۳	۱/۰۶۰۸	۱/۰۲۰۵	۱/۰۲۰۵	۱
۱۳۸۴-۸۵	۱	۱/۰۲۵۱	۱/۱۴۵۹	۱/۱۷۴۷	۱/۱۷۴۷	۱
۱۳۸۵-۸۶	۰/۸۸۰۲	۱/۰۳۹۰	۱/۱۳۱۴	۱/۰۳۴۷	۱/۰۳۴۷	۱
۱۳۸۶-۸۷	۰/۹۰۶۵	۱/۰۳۶۰	۱/۰۵۸۱	۰/۹۹۳۷	۰/۹۹۳۷	۱
۱۳۸۷-۸۸	۱/۰۱۴۳	۱/۰۸۱۱	۱/۳۱۹۷	۱/۴۴۷۲	۱/۴۴۷۲	۱
۱۳۸۸-۸۹	۰/۸۷۱۲	۱/۰۳۰۱	۰/۹۹۸۲	۰/۸۹۵۸	۰/۸۹۵۸	۱
۱۳۸۹-۹۰	۱/۲۳۸۱	۰/۹۹۷۴	۰/۸۵۰۲	۱/۰۴۹۹	۱/۰۴۹۹	۱
۱۳۹۰-۹۱	۰/۷۸۸۸	۰/۸۹۴۵	۱/۲۰۸۰	۰/۸۵۲۴	۰/۸۵۲۴	۱
۱۳۷۹-۹۱	۰/۳۴۷۰	۰/۹۸۱۴	۳/۷۳۷۳	۱/۲۷۲۸	۱/۲۷۲۸	۱

منبع: محاسبات تحقیق

جدول (۲): تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی با استفاده از شاخص AMDI

سال	D_{int}	D_{str}	D_{act}	D_{tot}	D_{real}	D_{rsd}
۱۳۷۹-۸۰	۰/۷۳۲۷	۰/۹۵۱۵	۱/۱۱۸۲	۰/۷۷۹۶	۰/۷۸۰۶	۱/۰۰۱۳
۱۳۸۰-۸۱	۰/۷۵۴۵	۰/۹۷۴۵	۱/۲۰۸۸	۰/۸۸۸۸	۰/۸۸۸۶	۰/۹۹۹۸
۱۳۸۱-۸۲	۰/۹۵۷۷	۰/۹۶۲۴	۱/۲۳۰۱	۱/۱۳۳۸	۱/۱۳۳۹	۱/۰۰۰۱
۱۳۸۲-۸۳	۰/۹۷۰۳	۱/۰۱۸۱	۱/۱۴۶۰	۱/۱۳۲۱	۱/۱۳۱۶	۰/۹۹۹۶
۱۳۸۳-۸۴	۰/۹۷۷۲	۰/۹۸۴۳	۱/۰۶۰۸	۱/۰۲۰۳	۱/۰۲۰۵	۱/۰۰۰۲
۱۳۸۴-۸۵	۰/۹۹۹۹	۱/۰۲۵۲	۱/۱۴۶۳	۱/۱۷۵۱	۱/۱۷۴۷	۰/۹۹۹۷
۱۳۸۵-۸۶	۰/۸۸۰۲	۱/۰۳۹۰	۱/۱۳۱۴	۱/۰۳۴۷	۱/۰۳۴۷	۱
۱۳۸۶-۸۷	۰/۹۰۶۸	۱/۰۳۶۲	۱/۰۵۸۲	۰/۹۹۴۳	۰/۹۹۳۷	۱/۰۴۷۲
۱۳۸۷-۸۸	۱/۰۱۰۹	۱/۰۸۳۹	۱/۳۲۵۷	۱/۴۵۲۶	۱/۴۴۷۲	۰/۹۹۶۳
۱۳۸۸-۸۹	۰/۸۶۶۵	۱/۰۳۰۸	۰/۹۹۸۲	۰/۸۹۱۶	۰/۸۹۵۸	۱/۰۰۴۷
۱۳۸۹-۹۰	۱/۲۴۰۴	۰/۹۹۷۶	۰/۸۴۹۰	۱/۰۵۰۶	۱/۰۴۹۹	۰/۹۹۹۳
۱۳۹۰-۹۱	۰/۷۸۸۱	۰/۸۹۴۱	۱/۲۰۸۷	۰/۸۵۱۷	۰/۸۵۲۴	۱/۰۰۰۸
۱۳۷۹-۹۱	۰/۳۴۳۱	۰/۹۸۳۷	۳/۷۶۷۰	۱/۲۷۱۱	۱/۲۷۲۸	۱/۰۰۱۳

منبع: محاسبات تحقیق

[۱] تغییرات واقعی مصرف انرژی از نسبت مصرف انرژی در انتهای دوره و ابتدای هر دوره بدست می‌آید.

[۲] عامل باقیمانده از نسبت تغییرات واقعی مصرف انرژی و اثر کل محاسبه شده (حاصل‌ضرب اثرات سه‌گانه) به دست می‌آید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۳): تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی با استفاده از شاخص لاسپیرز

D_{rsd}	D_{real}	D_{tot}	D_{act}	D_{str}	D_{int}	سال
۱/۰۰۷۴	۰/۷۸۰۶	۰/۷۷۴۹	۱/۱۱۸۲	۰/۹۴۷۸	۰/۷۳۱۲	۱۳۷۹-۸۰
۱/۰۰۶۳	۰/۸۸۸۶	۰/۸۸۳۰	۱/۲۰۸۸	۰/۹۷۱۳	۰/۷۵۲۱	۱۳۸۰-۸۱
۰/۹۹۶۰	۱/۱۳۳۹	۱/۱۳۸۴	۱/۲۳۰۱	۰/۹۶۴۴	۰/۹۵۹۶	۱۳۸۱-۸۲
۰/۹۹۳۵	۱/۱۳۱۶	۱/۱۳۹۰	۱/۱۴۶۰	۱/۰۲۱۷	۰/۹۷۲۸	۱۳۸۲-۸۳
۰/۹۹۷۸	۱/۰۲۰۵	۱/۰۲۲۸	۱/۰۶۰۸	۰/۹۸۵۴	۰/۹۷۸۵	۱۳۸۳-۸۴
۰/۹۹۲۸	۱/۱۷۴۷	۱/۱۸۳۲	۱/۱۴۶۳	۱/۰۲۸۸	۱/۰۰۳۳	۱۳۸۴-۸۵
۰/۹۹۴۱	۱/۰۳۴۷	۱/۰۴۰۸	۱/۱۳۱۴	۱/۰۴۲۱	۰/۸۸۲۸	۱۳۸۵-۸۶
۰/۹۸۷۵	۰/۹۹۳۷	۱/۰۰۶۳	۱/۰۵۸۲	۱/۰۴۲۹	۰/۹۱۱۸	۱۳۸۶-۸۷
۰/۸۵۸۳	۱/۴۴۷۲	۱/۶۸۶۰	۱/۳۲۵۷	۱/۱۷۰۱	۱/۰۸۶۹	۱۳۸۷-۸۸
۱/۰۰۲۹	۰/۸۹۵۸	۰/۸۹۳۲	۰/۹۹۸۲	۱/۰۲۸۹	۰/۸۶۹۷	۱۳۸۸-۸۹
۰/۹۹۳۴	۱/۰۴۹۹	۱/۰۵۶۹	۰/۸۴۹۰	۱/۰۰۰۹	۱/۲۴۳۸	۱۳۸۹-۹۰
۰/۹۸۳۰	۰/۸۵۲۴	۰/۸۶۷۱	۱/۲۰۸۶	۰/۹۰۱۷	۰/۷۹۵۷	۱۳۹۰-۹۱
۰/۸۱۹۹	۱/۲۷۲۸	۱/۵۵۲۲	۳/۷۶۶۷	۱/۰۸۵۹	۰/۳۷۹۵	۱۳۷۹-۹۰

منبع: محاسبات تحقیق

جدول (۴): تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی با استفاده از شاخص GFI

D_{rsd}	D_{real}	D_{tot}	D_{act}	D_{str}	D_{int}	سال
۱	۰/۷۸۰۶	۰/۷۸۰۶	۱/۱۱۸۲	۰/۹۵۱۳	۰/۷۳۳۸	۱۳۷۹-۸۰
۱	۰/۸۸۸۶	۰/۸۸۸۶	۱/۲۰۸۸	۰/۹۷۴۴	۰/۷۵۴۵	۱۳۸۰-۸۱
۱	۱/۱۳۳۹	۱/۱۳۳۹	۱/۲۳۰۱	۰/۹۶۲۵	۰/۹۵۷۷	۱۳۸۱-۸۲
۱	۱/۱۳۱۶	۱/۱۳۱۶	۱/۱۴۶۰	۱/۰۱۸۳	۰/۹۶۹۶	۱۳۸۲-۸۳
۱	۱/۰۲۰۵	۱/۰۲۰۵	۱/۰۶۰۸	۰/۹۸۴۳	۰/۹۷۷۴	۱۳۸۳-۸۴
۱	۱/۱۷۴۷	۱/۱۷۴۷	۱/۱۴۶۳	۱/۰۲۵۱	۰/۹۹۹۷	۱۳۸۴-۸۵
۱	۱/۰۳۴۷	۱/۰۳۴۷	۱/۱۳۱۴	۱/۰۳۹۰	۰/۸۸۰۲	۱۳۸۵-۸۶
۱	۰/۹۹۳۷	۰/۹۹۳۷	۱/۰۵۸۲	۱/۰۳۶۴	۰/۹۰۶۱	۱۳۸۶-۸۷
۱	۱/۴۴۷۲	۱/۴۴۷۲	۱/۳۲۵۷	۱/۰۸۴۱	۱/۰۰۶۹	۱۳۸۷-۸۸
۱	۰/۸۹۵۸	۰/۸۹۵۸	۰/۹۹۸۲	۱/۰۳۰۴	۰/۸۷۱۰	۱۳۸۸-۸۹
۱	۱/۰۴۹۹	۱/۰۴۹۹	۰/۸۴۹۰	۰/۹۹۷۵	۱/۲۳۹۶	۱۳۸۹-۹۰
۱	۰/۸۵۲۳	۰/۸۵۲۳	۱/۲۰۸۶	۰/۸۹۴۰	۰/۷۸۸۹	۱۳۹۰-۹۱
۱	۱/۲۷۲۶	۱/۲۷۲۶	۳/۷۶۶۷	۰/۹۸۳۳	۰/۳۴۳۶	۱۳۷۹-۹۱

منبع: محاسبات تحقیق

مطابق جداول فوق مصرف انرژی طی سال‌های ۱۳۹۱ – ۱۳۷۹ افزایش یافته است. در این میان عاملی که در رشد مصرف انرژی نقش غالبی داشته است اثر فعالیت می‌باشد که

Archive of SID

www.SID.ir

در اکثر سال‌های مورد بررسی تاثیر مثبت بر افزایش مصرف انرژی داشته است. به صورت کلی در چهار روش تجزیه شاخص LMDI، AMDI، لاسپیرز و GFI مصرف انرژی ناشی از اثر فعالیت در انتهای دوره مطالعه (۱۳۹۱) نسبت به ابتدای دوره مورد مطالعه (۱۳۷۹)، به ترتیب ۲۷۳/۷۳[1]، ۲۷۶/۷۰، ۲۷۶/۶۷ و ۲۷۶/۶۷ درصد افزایش یافته است که حاکی از افزایش حجم تولیدات طی دوره مزبور می‌باشد.

طی دوره مورد بررسی، تغییرات اثر ساختاری نیز سهم ناچیزی در تغییرات مصرف انرژی زیربخش‌های صنعتی داشته است، و در هر یک از روش‌های تجزیه شاخص LMDI، AMDI و GFI به ترتیب منجر به کاهش مصرف انرژی به میزان ۱/۸۶، ۱/۶۳ و ۱/۶۷ درصد شده است و در روش لاسپیرز منجر به افزایش مصرف انرژی به میزان ۸/۵۹ درصد شده است.

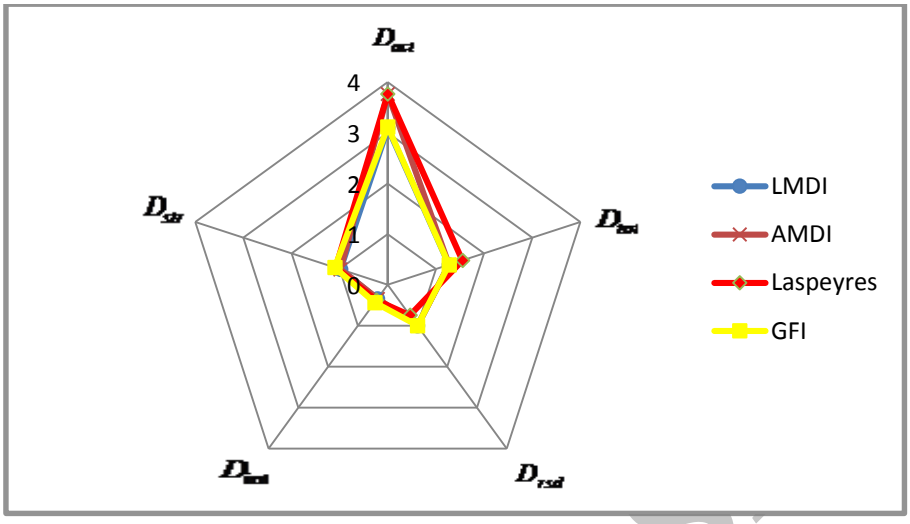
تغییرات صورت گرفته در اثر شدت انرژی نیز در هر یک از روش‌های تجزیه شاخص LMDI، AMDI، لاسپیرز و GFI، علیرغم تاثیر مثبت آن در برخی سال‌ها، مصرف انرژی را در کل دوره مورد مطالعه به ترتیب به میزان ۶۵/۳۰، ۶۵/۶۹، ۶۲/۰۵ و ۶۵/۶۴ درصد کاهش داده است که این امر حاکی از افزایش کارایی انرژی بخش صنعت طی دوره مورد بررسی می‌باشد. جهت مقایسه روش‌های مذکور، نتایج محاسبات فوق در نمودار (۱) آورده شده است.[2]

[1] عدد مذکور از نسبت ۳/۷۳۷۳ بدست آمده است که این نسبت (۳/۰۹۳۸) بدان مفهوم است که در صورت ثابت ماندن همه عوامل (از جمله تکنولوژی تولید)، در نتیجه افزایش تولیدات، میزان مصرف انرژی در انتهای دوره به اندازه ۳/۰۹۳۸ برابر سال پایه خواهد بود.

[2] در نمودار عنکبوتی هرچه تمایل به بیرون بیشتر باشد نشان دهنده رشد بیشتر متغیر مورد نظر خواهد بود.

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار (۱): مقایسه نتایج تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی در بخش صنعت

منبع : محاسبات تحقیق

مطابق نمودار فوق، نتایج تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی در روش‌های شاخص LMDI، شاخص AMDI و شاخص GFI تقریبا یکسان بوده و میزان مصرف انرژی در انتهای دوره نسبت به ابتدای دوره در حدود ۲۷ درصد افزایش یافته است. نتایج تجزیه شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI) و شاخص تعمیم یافته فیشر (GFI) با مقادیر حقیقی تفاوتی ندارند به عبارت دیگر عامل باقیمانده در دو روش مزبور یک می‌باشد یعنی این دو روش تجزیه را به صورت کامل انجام داده و منجر به عامل باقیمانده نمی‌شوند و عامل باقیمانده در روش شاخص AMDI اختلاف چندانی با یک ندارد و این مطالعه تقریبا تجزیه را به صورت کامل انجام می‌دهد.

نتایج تجزیه شاخص لاسپیرز با سایر روش‌ها متفاوت بوده و بر اساس این روش مصرف انرژی درانتهای دوره نسبت به ابتدای دوره در حدود ۵۰ درصد افزایش یافته است. نتایج تجزیه شاخص لاسپیرز با مقادیر حقیقی تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد و تجزیه را به صورت کامل انجام نمی‌دهد. دقت محاسباتی شاخص لاسپیرز با وجود این عامل باقیمانده کاهش پیدا می‌کند.

در چهار روش مزبور اثر فعالیت که بیشترین اختلاف را با سایر اثرها دارد به طرف محیط پنج ضلعی تمایل پیدا کرده است و در انتهای دوره منجر به رشد مصرف انرژی شده است. اثر ساختاری نیز سهم ناچیزی در تغییرات مصرف انرژی داشته است و اثر شدت انرژی

Archive of SID

www.SID.ir

که منجر به کاهشی بودن مصرف انرژی در طول دوره مورد مطالعه می‌باشد با تورفتگی در نمودار نمایان است.

۵- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

روند مصرف انرژی در زیربخش‌های صنعتی نشان می‌دهد که مصرف انرژی طی دوره زمانی ۱۳۹۱ – ۱۳۷۹ افزایش یافته است. کاهش شدت انرژی یا به عبارت دیگر بهبود کارایی مصرف انرژی در صنعت و زیربخش‌های آن می‌تواند باعث کاهش هزینه تولید و قیمت تمام شده محصولات صنعتی گردد که این امر نیز افزایش توان رقابتی این محصولات در بازارهای جهانی را به دنبال خواهد داشت. در همین راستا بررسی رفتار مصرف انرژی در کل زیربخش‌های صنعتی، گامی اساسی و مهم برای برنامه‌ریزی انرژی است. ولی قبل از اتخاذ سیاست مطلوب برای مدیریت مصرف انرژی شناخت عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در بخش‌های مختلف و تحلیل کمی آنها امری ضروری است. بر همین اساس در مطالعه حاضر، مصرف انرژی در کل زیربخش‌های صنعتی ایران طی دوره ۱۳۹۱- ۱۳۷۹، در قالب فرم ضربی به سه عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری و اثر شدت انرژی تجزیه شده و با استفاده از شاخص‌های LMDI، AMDI، لاسپیرز و GFI، اثر تغییر در هر یک از این عوامل بر تغییرات مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه روش‌های تحلیل تجزیه شاخص نشان می‌دهد که نتایج تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی در روش‌های LMDI، AMDI و GFI تقریبا یکسان بوده و تجزیه را به صورت کامل انجام می‌دهند. در حالی که نتایج تجزیه شاخص لاسپیرز با مقادیر حقیقی تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد و منجر به ایجاد عامل باقیمانده می‌شود. با این وجود در هر چهار شاخص مورد بررسی، در خصوص سهم هر یک از عوامل موثر مزبور بر تغییرات مصرف انرژی زیربخش‌های صنعتی نتایج مشابه زیر حاصل شد:

نتایج حاصله حاکی از آن بود که در هر چهار شاخص مورد بررسی، تغییرات اثر فعالیت بیشترین اثر را بر تغییرات مصرف انرژی صنایع مذکور دارد. این مسأله با توجه به نرخ رشد تولیدات صنعتی در طول دوره مورد مطالعه، کاملا طبیعی به نظر می‌رسد با این وجود عدم بهره‌گیری از تکنولوژی‌های جدید در تولید کالا و خدمات، رشد نابهینه مصرف انرژی را افزایش می‌دهد. در مقابل، تغییرات اثر شدت انرژی دارای بزرگترین نقش در کاهش مصرف انرژی بوده است که این امر حاکی از افزایش کارایی انرژی در طول دوره مورد بررسی می‌باشد. این افزایش کارایی انرژی می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی همچون بهبود

Archive of SID

www.SID.ir

تکنولوژی، مدیریت انرژی، تغییر در قیمت نسبی حامل‌های انرژی و تغییر در ترکیب سوخت صنایع مورد بررسی باشد (گودرزی‌راد، ۱۳۸۸). تغییرات اثر ساختاری نیز سهم ناچیزی در افزایش مصرف انرژی صنایع مزبور داشته است. این بدان مفهوم است که ساختار این بخش به سمت زیربخش‌های انرژی‌بر حرکت نموده است. از همین روی باید تلاش بیشتری در جهت تغییر ساختاری در کل زیربخش‌های صنعتی از سمت زیربخش‌های با انرژی‌بری بالا به سمت زیربخش‌های با انرژی‌بری پایین صورت پذیرد.
بنابراین جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی، توصیه‌های سیاستی را باید در قانون مدیریت کارایی مصرف انرژی، بهره‌گیری از تکنولوژی‌های جدید در تولید کالا و خدمات و کاهش سهم صنایع انرژی‌بر جستجو کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع

۱. باصری، بیژن، درخشانیان، شهاب، و شفیعی، سعیده (۱۳۸۹). بررسی سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی با استفاده از روش مجزاسازی انرژی (مطالعه موردی شرکت‌های پگاه فارس، تهران و اصفهان). *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال هفتم، ۲۵، ۱۴۱- ۱۱۳.

۲. بهبودی، داود، مهین اصلانی نیا، نسیم، و سجودی، سکینه (۱۳۸۹). تجزیه شدت انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن در اقتصاد ایران. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال هفتم، شماره ۲۶، صص ۱۳۰-۱۰۵.

۳. توانا نجار، امیر، و فیضی، مهدی (۱۳۹۳). بررسی عوامل موثر بر تغییرات مصرف فراورده‌های نفتی در بخش خانگی ایران (۱۳۹۰- ۱۳۷۵). *دهمین همایش بین‌المللی انرژی*.

۴. پورعبادالهان کویچ، محسن، برقی اسگویی، محمد مهدی، صادقی، سید کمال، و قاسمی، ایرج (۱۳۹۳). تجزیه عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در زیربخش‌های صنعتی با استفاده از روش LMDI. *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، سال سوم، ۹، ۱۳۱-۱۱۵.

۵. خلیلی عراقی، منصور، شرزه‌ای، غلامعلی، و برخورداری، سجاد (۱۳۹۱). تحلیل تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در ایران. *نشریه محیط شناسی*، سال سی و هشتم، ۶۱، ۱۰۴- ۹۳.

۶. دفتر برنامه‌ریزی انرژی وزارت نیرو، "ترازنامه انرژی" سال‌های ۱۳۹۱ – ۱۳۷۹.

۷. قلی‌زاده، علی‌اکبر و براتی، جواد (۱۳۹۱). تحلیل عوامل موثر بر مصرف انرژی خانگی و برق مصرفی خانوار در ایران: با تاکید بر بهره‌وری انرژی. *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، ۲۵ و ۲۶، ۱۶۷- ۱۴۵.

۸. گودرزی‌راد، رضا (۱۳۸۸). بررسی علل تغییر در مصرف انرژی بخش صنعت ایران با استفاده از روش تجزیه. *فصلنامه انرژی ایران*، سال دوازدهم، ۳، ۷۹.

۹. مرکز آمار ایران، نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر، سال‌های ۱۳۹۱ – ۱۳۷۹.

۱۰. موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، ترازنامه هیدروکربوری کشور، ۱۳۸۸.

1. Ang, B., and N. Liu (2007). Energy decomposition analysis: IEA model versus other methods. *Energy Policy*, 35 (3), 1426–1432.

Archive of SID

www.SID.ir

2. Ang, B. W. (2004). Decomposition analysis for policymaking in energy: Which is the preferred method?. *Energy Policy*, 32 (9), 1131–1139.
3. Ang, B. W., and F. Zhang (2000). A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. *Energy Economics*, 25 (12), 1149-1176.
4. Ediger, V. Ş., and O. Huvaz (2006). Examining the sectoral energy use in Turkish economy (1980–2000) with the help of decomposition analysis. *Energy Conversion and Management*, 47 (6), 732-745.
5. Hoekstra, R., and J. C. J. M. van der Bergh (2003). Comparing structural decomposition analysis and index. *Energy Economics*, 25 (1), 39–64.
6. Su, B., H. C. Huang, B. W. Ang, and P. Zhou (2010). Input–output analysis of CO_2 emissions embodied in trade: The effects of sector aggregation. *Energy economics*, 32 (1), 166–175.
7. Unander, F., I. Ettestol, M. Tinga, and L. Schipper (2004). Residential energy use: An international perspective on long-term trends in Denmark, Norway and Sweden. *Energy Policy*, 32 (12), 1395-1404.
8. Wood, R., and M. Lenzen (2006). Zero-value problems of the logarithmic mean divisia index decomposition method. *Energy Policy*, 34 (12), 1326-1331.
9. Zhao, X., N. Li, and C. Ma (2012). Residential energy consumption in urban China: A decomposition analysis. *Energy Policy*, 41 (C), 644–653.

Archive of SID

www.SID.ir

پیوست

جدول (پ-۱): کدهای دو رقمی ISIC زیربخش‌های صنعتی

کدها	شرح
۱۵	صنایع مواد غذایی و آشامیدنی
۱۶	تولید محصولات از توتون و تنباکو- سیگار
۱۷	تولید منسوجات
۱۸	تولید پوشاک- عمل‌آوردن و رنگ کردن
۱۹	دباغی و عمل‌آوردن چرم
۲۰	تولید چوب و محصولات چوبی
۲۱	تولید کاغذ و محصولات کاغذی
۲۲	انتشار و چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده
۲۳	صنایع تولید ذغال کک- پالایشگاههای نفت
۲۴	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیائی
۲۵	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی
۲۶	تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی
۲۷	تولید فلزات اساسی
۲۸	تولید محصولات فلزی فابریکی بجز
۲۹	تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده
۳۰	تولید ماشین‌آلات اداری و حسابگر و محاسباتی
۳۱	تولید ماشین‌آلات مولد و انتقال‌برق
۳۲	تولید رادیو و تلویزیون
۳۳	تولید ابزار پزشکی و ابزار اپتیکی
۳۴	تولید وسایل نقلیه موتوری و تریلر
۳۵	تولید سایر وسایل حمل و نقل
۳۶	تولید مبلمان و مصنوعات طبقه‌بندی نشده
۳۷	بازیافت

Archive of SID

www.SID.ir