فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال هجدهم / شماره ۷۴/ پاییز ۱۴۰۱ / صفحات ۷۳-۴۳

تحلیل عاملی تقاضای انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران با تاکید بر صنایع کارخانه‌ای انرژی‌بر (دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۵) [۱]

نادیا دادفر
کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران، nadiyadadfar@gmail.com
موسی خوشکلام خسروشاهی [۲]
استادیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران،
m.khosroshahi@alzahra.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۸

چکیده

بررسی عوامل موثر بر تغییرات تقاضای انرژی می‌تواند به سیاست‌گذاران اقتصادی جهت اتخاذ رویکردهایی برای صرفه‌جویی انرژی کمک شایانی نماید. یکی از روش‌های بررسی این عوامل، تحلیل عاملی تقاضای انرژی است. با توجه به سهم بالای بخش صنعت (بویژه صنایع انرژی‌بر) از مصرف انرژی ایران، هدف مقاله حاضر عبارت از تحلیل عوامل اثرگذار بر تغییرات مصرف انرژی در همه صنایع کارخانه‌ای کشور و صنایع انرژی‌بر است. برآی این منظور از روش‌های تجزیه شاخص لاسپیرز، دیویژیا و فیشر در دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۵ بهره‌گرفته شده است. نتایج تحلیل عاملی نشان می‌دهند که مصرف انرژی همه صنایع در دوره مورد بررسی افزایش یافته و این یافته‌ها توسط آمارهای واقعی مصرف انرژی تایید می‌شود. همچنین نتایج حاکی است که اصلی‌ترین عامل موثر در افزایش مصرف انرژی صنایع (بصورت سال به سال و یا در کل دوره) مربوط به عامل اثر فعالیت است و سایر عوامل بعضاً تاثیر افزایشی و عمدتاً تاثیر کاهشی در مصرف انرژی داشته‌اند. یافته‌ها حاکی از نقش حداکثری اثر شدت انرژی در کاهش مصرف انرژی صنایع (از جمله صنایع انرژی‌بر) بوده و نقش مثبت اثر ساختاری در افزایش مصرف انرژی در قیاس با اثر فعالیت، بسیار ناچیز است.

طبقه‌بندی JEL: K32، O13 و Q43
کلیدواژه‌ها: تحلیل عاملی، تقاضای انرژی، صنایع و صنایع انرژی‌بر.

---

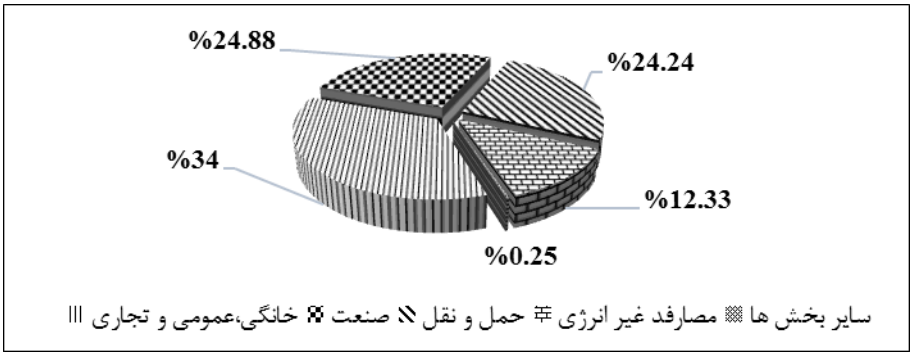
۱. مقاله حاضر مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد با عنوان «تحلیل عاملی تقاضای انرژی در صنایع ایران با تاکید بر صنایع انرژی‌بر» بوده و در دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی دانشگاه الزهرا (س) اجرا شده است

۲. نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

۱- مقدمه

بخش صنعت از جمله بخش‌های مصرف‌کننده انرژی بوده و تلاش برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در این بخش با توجه به محدودیت منابع همواره مورد توجه سیاست‌گذاران اقتصادی بوده است بنابراین کاهش مصرف انرژی در این بخش و زیربخش‌های آن منجر به کاهش هزینه تولید و قیمت تمام شده محصولات صنعتی شده و یکی از راه‌های کاهش مصرف انرژی، شناسایی عوامل موثر بر مصرف انرژی و برنامه‌ریزی کاهش مصرف از طریق آن عوامل است. مقایسه وضعیت مصرف انرژی در سال ۱۳۹۷ با ارقام مشابه سال ۱۳۸۸ نشان می‌دهد که عرضه انرژی اولیه با رشد سالیانه حدود ۲ درصد از ۱۵۳۳ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۸ به ۱۸۵۲ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۷ رسیده و کل مصرف نهایی انرژی با رشد سالیانه ۱/۸ درصد از ۱۰۳۳ به ۱۱۹۵ میلیون بشکه معادل نفت خام افزایش یافته است (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۷). بر اساس شواهد آماری سهم مصرف انرژی در بخش‌های مختلف در نمودار (۱) نشان داده شده است. بخش صنعت حدود ۲۵ درصد کل مصرف انرژی کشور را در سال ۱۳۹۷ به خود اختصاص داده و بعد از بخش خانگی در رتبه دوم قرار دارد.



نمودار۱. سهم بخش‌های مختلف از مصرف کل انرژی در سال ۱۳۹۷

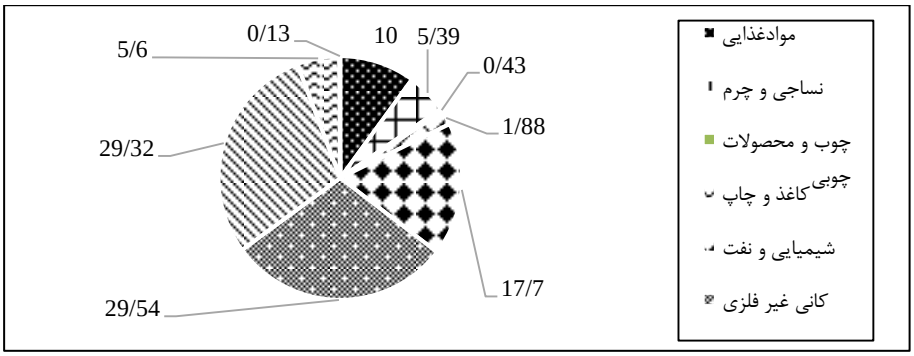
مأخذ: مرکز آمار ایران (۱۳۹۷) و محاسبات محقق

برخی از مهم‌ترین زیربخش‌های صنعت (کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر) بر حسب کدهای دو رقمی ISIC[1] شامل صنایع مواد غذایی و محصولات تنباکو، صنایع نساجی، پوشاک و چرم، تولید چوب و محصولات چوبی، تولید کاغذ و انتشار و چاپ،

1. International Standard Industrial Classification (ISIC)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی، لاستیک و پلاستیک، محصولات کانی غیر فلزی، فلزات اساسی، تولید ماشین آلات، تولید تجهیزات حمل و نقل و سایر صنایع هستند که سهم آنها از کل مصرف انرژی بخش صنعت در سال ۱۳۹۷ در نمودار (۲) نشان داده شده است. قابل ملاحظه است که کانی‌های غیر فلزی و فلزات اساسی که از جمله صنایع انرژی‌بر (در ادامه مقاله این صنایع تبیین خواهند شد) محسوب می‌شوند بیشترین سهم مصرف انرژی در بین زیربخش‌های صنعتی را به خود اختصاص داده است.



نمودار۲. سهم زیربخش‌های صنعت از کل مصرف انرژی بخش صنعت در سال ۱۳۹۷

مأخذ: مرکز آمار ایران (۱۳۹۷) و محاسبات محقق

با توجه به تبیین فوق‌الذکر و شواهد آماری در مورد سهم بالای مصرف انرژی بخش صنعت در کشور و همچنین سهم مصرف انرژی زیربخش‌های صنعتی، ضروری است تا با ارائه تحلیلی از عوامل شکل‌دهنده مصرف انرژی در صنایع کشور (بر حسب کدهای دو رقمی ISIC) و بطور ویژه صنایع انرژی‌بر، بتوان در راستای اصلاح مصرف انرژی در بخش صنعت کشور توصیه‌های سیاستی ارائه نمود. بنابراین هدف مطالعه حاضر آن است که با استفاده از روش تحلیل عاملی[1] تقاضای انرژی، به تجزیه عوامل موثر (اثر فعالیت، اثر ساختار و اثر شدت انرژی) بر تغییرات مصرف انرژی در بخش‌های صنعتی ایران بویژه صنایع انرژی‌بر بپردازد. برای این منظور با استفاده از آمار کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر ایران در سطح کدهای دو رقمی ISIC و با بکارگیری تحلیل عاملی با استفاده از تحلیل تجزیه شاخص (IDA)[2] که در برگیرنده چهار روش تجزیه

1. Factor Analysis (FA)
2. Index Decomposition Analysis (IDA)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI)[1]، شاخص دیویژیای میانگین حسابی (AMDI)[2]، شاخص لاسپیرز[3] و شاخص تعمیم یافته فیشر (GFI)[4] است، به تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی در زیر بخش‌های صنعتی ایران بویژه صنایع انرژی‌بر طخی دوره زمانی ۱۳۹۷- ۱۳۸۵ پرداخته شده (هر کدام از عوامل ساختاری، شدت انرژی و سطح فعالیت به چه میزان بر تغییرات مصرف انرژی زیربخش‌های صنعتی موثرند؟) و مقایسه بین نتایج این چهار شاخص انجام می‌گیرد.

برای دستیابی به اهداف مدنظر، ساختار ادامه مقاله به این ترتیب است که در بخش دوم به تبیین ادبیات تحقیق پرداخته شده و در بخش سوم مقاله، روش‌شناسی آورده شده است. بخش چهارم به تجزیه و تحلیل یافته‌ها اختصاص داشته و بخش پنجم نیز مربوط به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری است.

۲- ادبیات تحقیق

۲-۱- ادبیات نظری

روش تجزیه عوامل (تجزیه عاملی) روشی تحقیقی مبتنی بر تجزیه متغیرهای هدف می‌باشد این روش را می‌توان با شاخص‌های مختلفی از جمله شاخص لاسپیرز که در سال ۱۸۷۱ معرفی شد، پیاده‌سازی نمود. تجزیه عاملی در ابتدا عمدتاً برای بررسی برخی مشکلات اقتصادی استفاده می‌شد، اما پس از شوک‌های نفتی دهه ۱۹۷۰، محققان حوزه انرژی شروع به بررسی تأثیر تغییرات ساختار تولید صنعتی بر مصرف انرژی کردند، از اینرو روش تجزیه عاملی به طور گسترده در مطالعات حوزه انرژی مورد استفاده قرار گرفت. در دهه ۱۹۸۰، این روش از نظر مبانی نظری و کاربرد، توسعه بیشتری یافت و به بلوغ رسید که عمدتاً بر مطالعه مصرف انرژی صنعتی و تغییرات شدت انرژی متمرکز بود. از دهه ۱۹۹۰، روش تجزیه عاملی بطور گسترده در زمینه محیط زیست نیز مورد استفاده قرار گرفت (وانگ و همکاران[5]، ۲۰۱۹). در ادبیات اقتصادی، تجزیه عاملی یا تحلیل

1. Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI)
2. Arithmetic Mean Divisia Index (AMDI)
3. Laspeyres Index (LI)
4. Generalied Index Fisher (GIF)
5. Wang et. all. (2019)

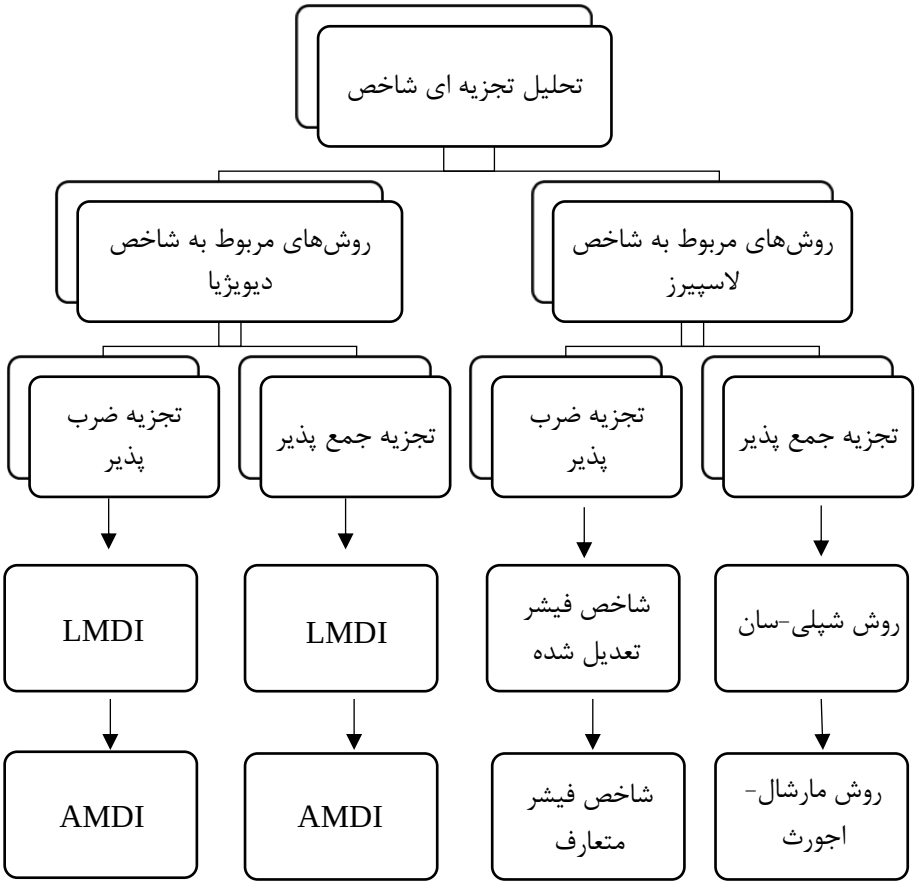
[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

تجزیه(DA)[1] به روش‌های مختلفی قابل تقسیم‌بندی هستند که شامل تحلیل تجزیه شاخص (IDA)[2]، تحلیل سهم انتقال (SSA)[3] تحلیل حسابداری رشد (GAA)[4] و تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) است. در میان روش‌های مذکور، روش IDA به دلیل اینکه به دو فرم جمع‌پذیر و ضرب‌پذیر قابلیت محاسباتی دارد، نسبت به روش‌های دیگر که صرفاً در فرم جمع‌پذیر قابل محاسبه هستند، دارای برتری است.

روش تجزیه شاخص (IDA) بر اساس تئوری شاخص اعداد بیان می‌شود که در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ با استفاده از شاخص‌هایی چون لاسپیرز، پاشه[5] و مارشال-اجورث[6] بیان شد. سپس لیو و همکاران[7] (۱۹۹۲)، روش تطبیق وزنی دیویژیا را مطرح کردند که پایه‌ای برای ارائه روش پارامتریک عمومی توسط آنگ[8] (۱۹۹۴)، محسوب می‌شود. یکی از ایرادات وارد بر روش IDA، مربوط به مشکل عبارت باقی‌مانده است و این ایراد زمانی رخ می‌دهد که تغییرات مقادیر واقعی متغیر هدف با تغییرات مقادیر به دست آمده از عوامل موثر در تغییرات متغیر مزبور یکسان نباشد. زمانی که یک روش دارای عبارت باقی‌مانده باشد، قسمتی از تغییرات، به وسیله عوامل موثر قابل توضیح نیستند. البته بیشتر روش‌های بر پایه شاخص لاسپیرز و نیز بر پایه شاخص دیویژیا با این مشکل روبه‌رو هستند، یعنی تجزیه را به صورت کامل انجام نمی‌دهند. تحلیل‌های تجزیه شاخص مطابق نمودار (۳) در دو گروه قابل طبقه‌بندی هستند. گروه اول روش‌هایی هستند که بر پایه شاخص لاسپیرز شکل گرفتند که شامل دو زیرگروه شاخص‌های فیشر و پاشه است. در شاخص لاسپیرز تغییرات درصدی متغیرهای هدف در طول زمان با استفاده از وزن سال پایه اندازه‌گیری می‌شود. گروه دوم روش‌هایی هستند که به شاخص دیویژیا مربوط می‌شوند که شاخص دیویژیا جمع وزنی لگاریتمی نرخ‌های رشد متغیرهای هدف را محاسبه کرده و وزن‌ها در این شاخص تشکیل‌دهنده میزان سهم‌ها در ارزش کل متغیر هدف هستند (سلطانیان و همکاران، ۱۳۹۶، ص ۱۶۵).

1. Decomposition Analysis (DA)
2. Index Decomposition Analysis (IDA)
3. Shift Share Analysis (SSA)
4. Shift Share Analysis (SSA)
5. Paasche
6. Marshall-Edgeworth
7. Liu et. all. (1992)
8. Ang (1994)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]



نمودار۳. تقسیم‌بندی روش‌های تحلیل تجزیه شاخص (IDA)

Source: Ang (2004)

با توجه به این فرض که اکثر عواملی که بر تغییر مصرف انرژی تأثیرگذار هستند تحت سه عامل اصلی تغییرات در فعالیت اقتصادی، تغییرات در شدت انرژی و تغییرات ساختاری قرار می‌گیرند، از روش تجزیه شاخص لاسپیرز در کنار سایر روش‌ها برای تجزیه تغییر تقاضای انرژی به سه اثر استفاده می‌شود. قابل ذکر است که درک و تفسیر نتایج مربوط به روش تجزیه شاخص لاسپیرز بسیار آسان بوده و این شاخص برای مقادیر صفر و منفی در داده‌ها قابل تعریف می‌باشد و یکی از روش‌های رایج برای تجزیه مصرف انرژی است. این روش میزان سهم هر عامل در تغییر انرژی مصرفی را با ثابت در

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

نظر گرفتن سایر عوامل، محاسبه می‌کند که در بسیاری از موارد منجر به ایجاد باقی‌مانده می‌شود. روش‌های ترکیبی دیگری در شاخص‌سازی وجود دارند که از جمله آنها می‌توان به روش شاخص شپلی- سان اشاره کرد که اگر صرفاً دو عامل را شامل شود به آن، روش مارشال - اجورث گفته می‌شود. یکی از معایب اصلی روش‌های بر پایه شاخص لاسپیرز آن است که هنگام افزایش تعداد عوامل به بیش از سه مورد، فرمول محاسباتی آنها پیچیده می‌شود (پورعبادالهان و همکاران، ۱۳۹۴).

برای تقریباً دو دهه، پرکاربردترین رویکردهای تجزیه شاخص در مطالعات مربوط به انرژی و انتشار گازهای آلاینده با استفاده از شاخص‌های لاسپیرز و دیویژیا فرموله شده بود و تعداد بسیار معدودی مطالعات از شاخص‌های دیگر مثل فیشر استفاده کرده‌اند. شاخص فیشر از میانگین هندسی شاخص لاسپیرز و پاشه به دست آمده و یکی از روش‌های بر پایه شاخص لاسپیرز در قالب فرم ضربی است. آنگ (۲۰۰۴) با تعمیم شاخص دو عاملی فیشر، امکان استفاده از این شاخص در صورت وجود n عامل را فراهم نمود که این شاخص به شاخص تعمیم یافته فیشر معروف گردید. این شاخص به دلیل توانایی تجزیه کامل، روش مناسبی برای تجزیه مصرف انرژی می‌باشد (وانگ و همکاران[1]، ۲۰۱۷). بر اساس نمودار (۳)، دو روش لاسپیرز و دیویژیا در دو قالب جمعی و ضربی دارای قابلیت تجزیه شدت انرژی می‌باشد، اما در این میان شاخص دیویژیا نسب به روش تجزیه لاسپیرز از اولویت محاسباتی و کاربردی برخوردار است. در ذیل روش تجزیه شاخص دیویژیا، روش میانگین حسابی شاخص دیویژیا مطرح است که بر اساس مطالعات آنگ [2](۲۰۰۴)، روش لگاریتمی بر روش حسابی از مزیت بسیار بیشتری برخوردار است. روش تجزیه تحلیل بر اساس شاخص دیویژیا میانگین لگاریتمی (LMDI) در میان باقی روش‌ها توسط آنگ (۲۰۰۴) به عنوان بهترین روش محاسبه در میان روش‌های موجود پیشنهاد شده است. این روش در مقایسه با سایر روش‌های تجزیه و به دلیل ویژگی‌هایی نظیر استقلال زمانی، انعطاف‌پذیری محاسباتی و امکان محاسبه مقادیر منفی و صفر از اولویت محاسباتی و بکارگیری برخوردار است (خلیلی عراقی و همکاران، ۱۳۹۱، ص۹۷). با توجه به نمودار (۳) و در مقایسه بین LMDI و AMDI باید اشاره کرد که روش AMDI دارای ایراداتی است که روش LMDI فارغ از

1. Wang et. al. (2017)
2. Ang (2004)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

آنها است. دو ایراد روش AMDI عبارتند از (۱) از آن‌جایی که آزمون برگشت عامل در روش AMDI در مطالعات بین کشوری (که اختلاف در بین داده‌های دو کشور زیاد است) برقرار نمی‌شود، لذا این روش منجر به ایجاد باقی‌مانده می‌شود. (۲) در صورت وجود مقادیر صفر در مجموعه داده‌ها، در روش AMDI مشکل محاسباتی ایجاد می‌شود.

۲-۲- ادبیات تجربی

در این بخش از مقاله تلاش می‌شود تا برخی از مهم‌ترین و مرتبط‌ترین مطالعات داخلی و خارجی انجام شده مرتبط با مقاله حاضر، تبیین شود. باصری و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای به تجزیه عوامل موثر در تغییر مصرف انرژی در شرکت‌های پگاه فارس، تهران و اصفهان پرداختند. 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 حاکی از آن است که در زمینه تغییر در مصرف نهایی انرژی، تغییرات اثر فعالیت و اثر ساختاری دارای اثر مثبت و تغییرات اثر شدت انرژی دارای اثر منفی بوده است. جهانگرد و تجلی (۱۳۹۰) در مطالعات خود طی دوره ۱۳۸۶-۱۳۷۴ با بهره‌گیری از شاخص لاسپیرز و شاخص میانگین حسابی در تحلیل شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای ایران به این نتیجه رسیدند که در شدت انرژی بخش صنعت، اثر شدت در مقایسه با اثر ساختاری بیشتر است و تغییر فناوری تولید، اصلاح قیمت انرژی، جانشینی حامل‌های انرژی و تغییر کارایی انرژی نقش موثری در میزان شدت انرژی دارند. امیرمعینی (۱۳۹۵) در مطالعه خود شاخص انرژی در بخش صنعت را به عوامل اثرگذار بر آن تجزیه کرده و برای تحلیل کارایی انرژی از شاخص‌های متفاوتی بهره گرفته است وی برای این منظور دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۸۲ را انتخاب نمود. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که اثر تغییر ساختاری و اثر تغییر شدت خالص انرژی در طی این دوره زمانی منجر به افزایش شدت انرژی در بخش صنعت شده است. فطرس و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه خود به تجزیه سهم عوامل موثر بر آلودگی محیط زیست در ایران با استفاده از رویکرد ارزش شیپلی-اون پرداختند. نتایج این مطالعه که برای دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۶۱ و با بکارگیری رویکرد ارزش شیپلی-اون انجام شده نشان می‌دهد که مصرف انرژی در بخش حمل و نقل بیشترین سهم و مصرف انرژی در بخش کشاورزی کمترین سهم از کل آلودگی

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

محیط زیست را به خود اختصاص داده اند. گسترش شهرنشینی، افزایش بی رویه وسایل نقلیه غیر استاندارد، کیفیت پایین سوخت‌های مصرفی همراه با منابع طبیعی فراوان و ارزان، تحریم‌های تجاری علیه کشور، وضع تعرفه گمرکی بر واردات ماشین‌آلات و عدم آگاهی و آموزش در مورد عواقب زیان‌بار آلودگی به افزایش فزاینده مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و به تبع آن افزایش آلودگی محیط زیست کشور منجر شده‌اند.

بونخام و لیپریچانون[1] (۲۰۱۵) در مطالعه خود تغییرات شدت انرژی در بخش صنعت تایلند را طی مدت زمان ۲۰۱۳-۱۹۹۱ با استفاده از میانگین لگاریتمی شاخص دیویژیای ضربی بررسی و به این نتیجه رسیدند که اثر تولیدی بر مصرف انرژی اثرگذار بوده و شدت انرژی در بخش صنعت طی ۲۲ سال بهبود یافته است. کیم[2] (۲۰۱۷) در تحقیق خود با استفاده از روش تجزیه و تحلیل دیویژیای میانگین لگاریتمی، طی بازه زمانی ۲۰۱۱-۱۹۹۱ عوامل موثر بر مصرف انرژی در بخش کارخانه‌ای کره‌جنوبی را محاسبه نمود. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که اثر فعالیت نقش اصلی در مصرف انرژی در این بخش داشته است و اثر شدت بر مصرف انرژی کاهشی بوده است. کیم و همکاران (۲۰۲۰)[3] عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در بخش تولید برق OECD را با استفاده از شاخص LMDI در دوره ۲۰۰۸-۱۹۹۵ و ۲۰۱۷-۲۰۰۸ بررسی کرده‌اند. نتایج حاکیست میزان کاهش انتشار CO_2 در اتحادیه اروپا به دلیل وجود انرژی تجدیدپذیر نسبت به سایر کشورها بیشتر است. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهند که بهبود شدت برق و کاهش سهم تولید حرارتی از اصلی‌ترین عوامل در کاهش انتشار CO_2 هستند. لیزابا و لوپر (۲۰۲۱)[4] با استفاده از شاخص LMDI و در دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۰ اقدام به بررسی تاثیر جمعیت، فعالیت‌های اقتصادی، ساختار اقتصادی و شدت انرژی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در جنوب شرق آسیا پرداختند. نتایج حاکی از آن است که تاثیرگذارترین عوامل در انتشار CO_2 شامل جمعیت و پس از آن سطح فعالیت‌های اقتصادی است. سو و همکاران[5] (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای از مفهوم شدت انرژی

1. Boonkham and Leeprechnon (2015)
2. Kim (2017)
3. Kim et. al. (2020)
4. Lisaba and Lopez (2021)
5. Su et. all. (2022)

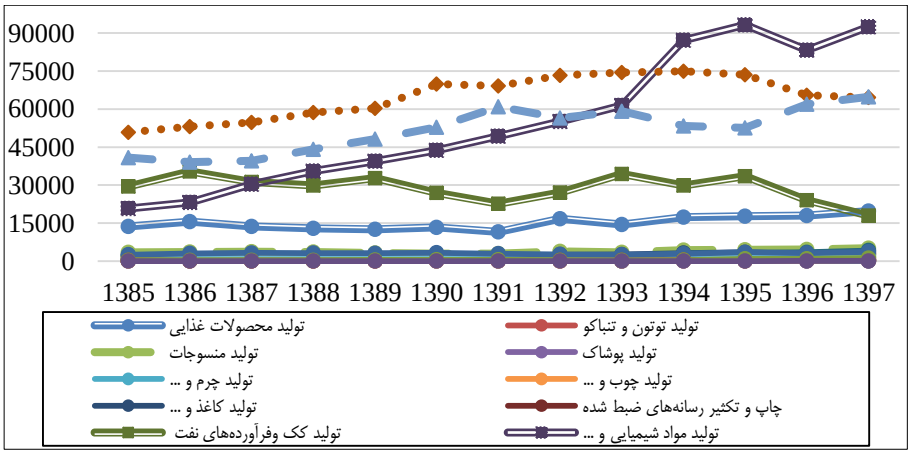
[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

و تکنیک تجزیه و تحلیل شاخص برای بررسی نقش بهره‌وری انرژی در کاهش مصرف انرژی سنگاپور طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۸ استفاده کردند. نتایج بدست آمده نشان‌دهنده تغییرات در بخش‌های مصرف‌کننده انرژی است، اما کارایی کلی انرژی منجر به صرفه‌جویی قابل توجهی در انرژی شده است. با توجه به پیشینه تحقیق باید اشاره کرد که اهم موارد نوآوری مقاله حاضر عبارتند از: (۱) توجه به طیف کامل‌تری از زیربخش‌های صنعتی کشور شامل ۲۲ زیربخش صنعتی در قالب کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر (۲) توجه و تاکید بر صنایع انرژی‌بر (۳) حصول نتایج به تفکیک تک‌تک صنایع و به تفکیک تک‌تک صنایع انرژی‌بر (۴) حصول نتایج به تفکیک تک‌تک سال‌ها و به تفکیک برای برای کل دوره (۵) استفاده از چهار شاخص تجزیه‌ای متفاوت و مقایسه نتایج آنها.

۳- حقایق آشکار شده

در این بخش تلاش می‌شود تا برخی از مهمترین شواهد آماری مرتبط با مصرف انرژی در صنایع کشور بویژه صنایع انرژی‌بر در دوره مورد بررسی تبیین شود. نمودار (۴) نشان‌دهنده روند تغییرات کل مصرف انرژی به تفکیک زیربخش‌های صنعتی است. ملاحظه می‌گردد که روند مصرف انرژی در همه صنایع تقریباً صعودی بوده بطویکه «تولید مواد شیمیایی و ...» در سال‌های انتهایی دوره، بیشترین آمار مصرف انرژی را به خود اختصاص داده و بعد از آن «تولید سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی» در جایگاه دوم قرار دارد. «تعمیر و نصب ماشین‌آلات» نیز در بین همه صنایع ایران در رتبه انتهایی قرار دارد.

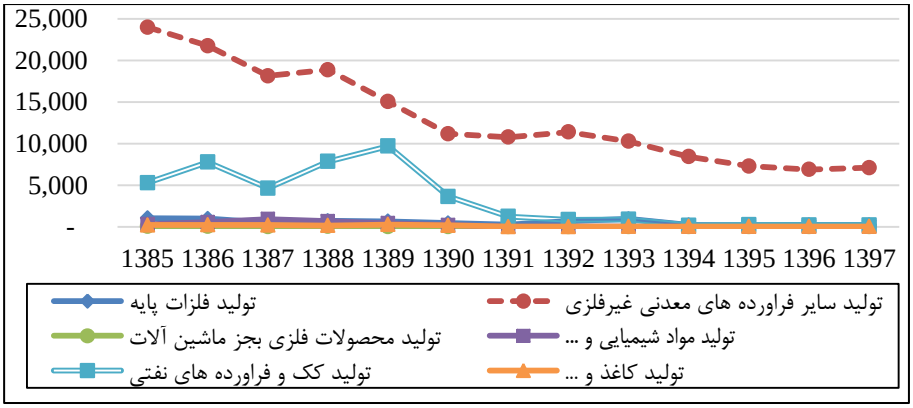
[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]



نمودار۴. کل مصرف انرژی به تفکیک زیربخش‌های صنعتی (هزار بشکه معادل نفت خام)

مأخذ: نتایج آمارگیری از مصرف انرژی کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر (۱۳۹۷)

نمودارهای (۵) و (۶) مربوط به صنایع انرژی‌بر هستند که اولاً در جدول (۱) فهرست این صنایع آورده شده‌اند، ثانیاً تاکید اصلی مقاله حاضر نیز بر این دسته از صنایع است. نمودار (۵) نشان‌دهنده روند تغییرات مصرف گاز طبیعی صنایع انرژی‌بر در دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۵ است. ملاحظه می‌گردد که اولاً روند تغییرات مصرف گاز طبیعی همه صنایع انرژی‌بر کشور تقریباً نزولی است ثانیاً «تولید سایر فراورده‌های معدنی غیرفلزی» به لحاظ سطح مصرف از بیشترین آمار مصرف گاز طبیعی برخوردار بوده و بعد از آن «تولید کک و فراورده‌های نفتی» قرار دارد. کمترین آمار مصرف گاز طبیعی نیز مربوط به «تولید محصولات فلزی بجز ماشین‌آلات» است.

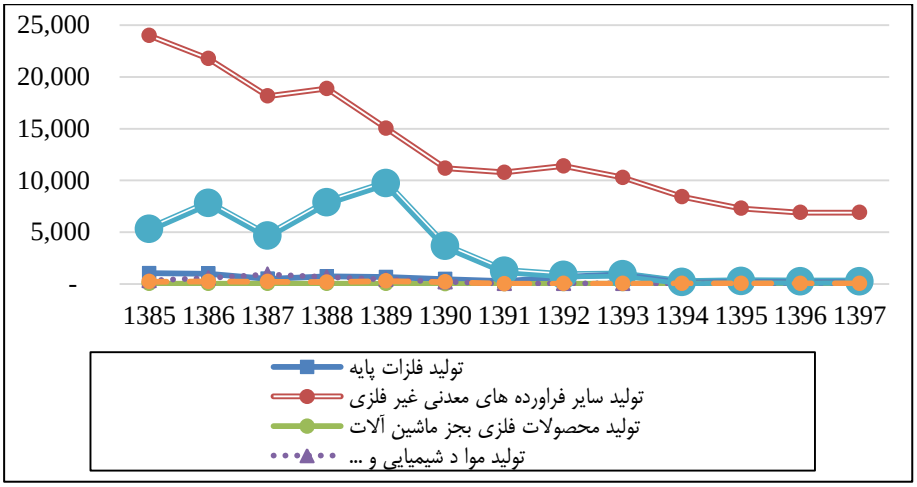


نمودار۵. مصرف انرژی (گاز طبیعی) صنایع انرژی‌بر طی مدت ۱۳۹۷-۱۳۸۵ (هزار بشکه معادل نفت خام)

مأخذ: مرکز آمار ایران (۱۳۹۷) و محاسبات محقق

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

نمودار (۶) نشان‌دهنده روند تغییرات مصرف نفت و نفت کوره صنایع انرژی‌بر در دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۵ است. ملاحظه می‌گردد که اولاً روند تغییرات مصرف نفت و نفت کوره همه صنایع انرژی‌بر کشور تقریباً نزولی است، ثانیاً «تولید سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی» به لحاظ سطح مصرف از بیشترین آمار مصرف نفت و نفت کوره برخوردار بوده و بعد از آن «تولید کک و فراورده‌های نفتی» قرار دارد. قابل ذکر است که مصرف نفت و نفت کوره «تولید سایر فراورده‌های معدنی غیرفلزی» از حدود ۲۳ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۵ با روندی نزولی به ۶/۹ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال۱۳۹۷ رسیده است.



نمودار۶. مصرف انرژی (نفت و نفت کوره) صنایع انرژی‌بر طی دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۵
(هزار بشکه معادل نفت خام)

مأخذ: مرکز آمار ایران (۱۳۹۷) و محاسبات محقق

۴- روش شناسی تحقیق

در تحقیق حاضر بخش صنعت در ۲۲ زیربخش تقسیم‌بندی شده است بطوریکه کل انرژی مصرفی بخش صنعت از مجموع مصرف انرژی ۲۲ زیربخش صنعتی به دست می‌آید. با توجه به مطالعه کیهیل و گلچر (۲۰۱۰)[1]، در صورتیکه کل انرژی مصرفی یک بخش صنعتی به صورت E تعریف شود و با تجزیه آن به سه عامل مذکور، داریم:

1. Cahill and Gallachóir (2010)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

$$E = \sum_i^N E_i = \sum_i^N I_i Q_i \quad (۱)$$

که در آن I_i نشان‌دهنده شدت انرژی بخش iام بوده و Q_i نشان‌دهنده ارزش افزوده بخش iام است. برای در نظر گرفتن اثر ساختاری می‌توان سهم یک زیربخش صنعتی از کل تولید صنایع کشور را به صورت رابطه $S_i=Q_i/Q$ نوشت لذا داریم:

$$E = \sum_i^N S_i I_i Q \quad (۲)$$

در تجزیه شاخص، تغییرات کل در یک دوره زمانی را می‌توان به دو روش مختلف بیان کرد: تجزیه شاخص ضربی و تجزیه شاخص جمعی. بنا به آنگ و ژانگ[1] (۲۰۰۰)، زمانی که محاسبات برای هر سال در یک دوره انجام می‌شود، استفاده از تجزیه ضربی راحت‌تر است، در حالی که تجزیه جمعی برای محاسبات منفرد با استفاده از داده‌های سال شروع و پایان مناسب‌تر است. در تجزیه ضربی، تغییرات کل در متغیر هدف، بصورت نسبت یا حاصل‌ضرب هر یک از عوامل تأثیرگذار بیان می‌شود. تغییر مصرف انرژی بخش صنعت بین سال‌های ۰ و T را می‌توان بصورت زیر نوشت:

$$\frac{E^T}{E^0} = D_{str} D_{int} D_{act} D_{rsd} \quad (۳)$$

که در آن D_{str}، D_{int} و D_{act} به ترتیب اثر ساختار، اثر شدت و اثر فعالیت را نشان می‌دهند. D_{rsd} مقدار باقی‌مانده یا تغییر در مصرف انرژی را نشان می‌دهد که در نتیجه تجزیه به حساب نمی‌آید. برای تجزیه "کامل" که در آن تغییر در مصرف انرژی به طور کامل محاسبه می‌شود، مقدار D_{rsd} برابر با یک است. در تجزیه شاخص جمعی، تغییر کمیت به صورت اختلاف بیان می‌شود که برای مصرف انرژی صنعتی می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$E^T - E^0 = \Delta E_{str} + \Delta E_{int} + \Delta E_{act} + \Delta E_{rsd} \quad (۴)$$

که در آن عناصر سمت راست معادله تغییرات مصرف انرژی شامل تغییرات اثر ساختاری، اثر شدت و اثر فعالیت و باقیمانده که غیر قابل توضیح است، می‌شود. در تجزیه شاخص جمعی، تغییر در واحدهای انرژی بیان می‌شود، در حالی که تجزیه ضربی تغییر را به عنوان یک نسبت نشان می‌دهد (کیهیل و گلچر، ۲۰۱۰). در ادامه، فرمول های محاسباتی مربوط به شاخص‌های تجزیه‌ای مورد استفاده مقاله حاضر به اقتباس از مطالعه (کیهیل و گلچر، ۲۰۱۰) بیان می‌شوند. چهار روش تجزیه‌ای مورد استفاده

1. Ang and Zhang (2000)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

عبارتند از: (الف) تجزیه به کمک شاخص لاسپیرز، (ب) تجزیه به کمک شاخص دیویژیا میانگین لگاریتمی، (ج) تجزیه به کمک شاخص دیویژیای میانگین حسابی و (د) تجزیه به کمک شاخص فیشر.

الف) شاخص لاسپیرز

روش تجزیه‌ای به کمک شاخص لاسپیرز یکی از متداول‌ترین روش‌های مورد استفاده برای تجزیه تغییران رخ داده در مصرف انرژی است. برای هر کدام از عوامل موثر در تغییرات مصرف انرژی، این روش محاسبه می‌کند که اگر همه اثرات دیگر بدون تغییر باقی بمانند، آنگاه استفاده از انرژی چگونه تکامل می‌یابد. سه اثری که در این شاخص مورد بررسی قرار می‌گیرند، یعنی اثر ساختاری، اثر شدت انرژی و اثر فعالیت، توسط آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)[1] به شرح زیر تعریف شده‌اند:

$$D_{str} = \frac{Q^0}{E^0} \sum_i^N S_i^T \, I_i^0 \qquad (۵)$$

$$D_{int} = \frac{Q^0}{E^0} \sum_i^N S_i^0 \, I_i^T \qquad (۶)$$

$$D_{act} = \frac{Q^T}{E^0} \sum_i^N S_i^0 \, I_i^0 \qquad (۷)$$

ب) شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI)

روش LMDI اولین بار به صورت فرم ضربی توسط آنگ و لیو[2] (۲۰۰۱) ارائه شد. این شاخص از شاخص دیویژیا که برای اندازه‌گیری تغییرات قیمت‌ها و مقادیر استفاده می‌شود، مشتق شده است. روش شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI) از میانگین لگاریتمی سهم انرژی برای تعیین وزن سهم هر زیربخش در هر اثر استفاده می‌کند. همانطور که توسط آنگ و لیو (۲۰۰۱) نشان داده شد، LMDI یک روش تجزیه کامل و بدون باقی‌مانده است.

1. International Energy Agency (IEA)
2. Ang and Liu (2001)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

$$D_{str} = \exp(\sum_i^N \frac{\left(E_i^T - E_i^0\right)/\left(\log_e E_i^T - \log_e E_i^0\right)}{\left(E^T - E^0\right)/\left(\log_e E^T - \log_e E^0\right)} \log_e\left(\frac{S_i^T}{S_i^0}\right)) \quad (۸)$$

$$D_{int} = \exp(\sum_i^N \frac{\left(E_i^T - E_i^0\right)/\left(\log_e E_i^T - \log_e E_i^0\right)}{\left(E^T - E^0\right)/\left(\log_e E^T - \log_e E^0\right)} \log_e\left(\frac{I_i^T}{I_i^0}\right)) \quad (۹)$$

$$D_{act} = \exp(\sum_i^N \frac{\left(E_i^T - E_i^0\right)/\left(\log_e E_i^T - \log_e E_i^0\right)}{\left(E^T - E^0\right)/\left(\log_e E^T - \log_e E^0\right)} \log_e\left(\frac{Q^T}{Q^0}\right)) \quad (۱۰)$$

ج) شاخص دیویژیای میانگین حسابی (AMDI)

AMDI اولین بار توسط بوید و همکاران (۱۹۸۸)[1] ارائه شد. این روش همچنین بر اساس شاخص دیویژیا است و از تغییر لگاریتم برای تعیین کمیت اثرات استفاده می‌کند. در شکل ضربی، تأثیر هر شاخه بر اثر، با استفاده از میانگین حسابی سهم آن از کل مصرف انرژی تعیین می‌شود. برخلاف LMDI، AMDI تجزیه کامل نمی‌دهد.

$$D_{str} = \exp(\sum_i^N \frac{\left(E_i^T/E^T\right) + \left(E_i^0/E^0\right)}{2} \log_e\left(\frac{S_i^T}{S_i^0}\right)) \quad (۱۱)$$

$$D_{int} = \exp(\sum_i^N \frac{\left(E_i^T/E^T\right) + \left(E_i^0/E^0\right)}{2} \log_e\left(\frac{I_i^T}{I_i^0}\right)) \quad (۱۲)$$

1. Boyd et. all. (1998)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

$$D_{act} = \exp(\sum_i^N \frac{\left(E_i^T/E^T\right)+\left(E_i^0/E^0\right)}{2} \log_e\left(\frac{Q^T}{Q^0}\right)) \quad (۱۳)$$

د) شاخص تعمیم یافته فیشر

هر یک 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 هستند:

$$D_{str} = \left[\frac{\sum_i S_i^T I_i^0 Q^0}{\sum_i S_i^0 I_i^0 Q^0}\left[\frac{\sum_i S_i^T I_i^T Q_i^0}{\sum_i S_i^0 I_i^T Q_i^0}\frac{\sum_i S_i^T I_i^0 Q_i^T}{\sum_i S_i^0 I_i^0 Q_i^T}\right]^{1/2}\frac{\sum_i S_i^T I_i^T Q_i^T}{\sum_i S_i^0 I_i^T Q_i^T}\right]^{1/3} \quad (۱۴)$$

$$D_{int} = \left[\frac{\sum_i S_i^0 I_i^T Q^0}{\sum_i S_i^0 I_i^0 Q^0}\left[\frac{\sum_i S_i^T I_i^T Q_i^0}{\sum_i S_i^T I_i^0 Q_i^0}\frac{\sum_i S_i^0 I_i^T Q_i^T}{\sum_i S_i^0 I_i^0 Q_i^T}\right]^{1/2}\frac{\sum_i S_i^T I_i^T Q_i^T}{\sum_i S_i^T I_i^0 Q_i^T}\right]^{1/3} \quad (۱۵)$$

$$D_{act} = \left[\frac{\sum_i S_i^0 I_i^0 Q^T}{\sum_i S_i^0 I_i^0 Q^0}\left[\frac{\sum_i S_i^T I_i^0 Q_i^T}{\sum_i S_i^T I_i^0 Q_i^0}\frac{\sum_i S_i^0 I_i^T Q_i^T}{\sum_i S_i^0 I_i^T Q_i^0}\right]^{1/2}\frac{\sum_i S_i^T I_i^T Q_i^T}{\sum_i S_i^T I_i^T Q_i^0}\right]^{1/3} \quad (۱۶)$$

۴-۱- معرفی صنایع انرژی‌بر

با توجه به اینکه یکی از نوآوری‌های مقاله مربوط به تحلیل عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی در صنایع انرژی‌بر ایران است، لذا بایستی صنایع انرژی‌بر در بین کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر مشخص شوند.

جدول زیر نشان‌دهنده ۲۲ کارگاه صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر و فهرست ۶ صنعت انرژی‌بر است که تحلیل عاملی در مورد آنها انجام گرفته است. در مورد نحوه تعیین این صنایع باید اشاره کرد که روش‌های مختلفی وجود دارد که در مقاله حاضر این انتخاب بر مبنای شدت انرژی است. به این معنی که ابتدا متوسط شدت انرژی همه ۲۲ زیربخش صنعتی در دوره مورد مطالعه محاسبه شده و سپس صنایعی که متوسط شدت انرژی آنها بیشتر از متوسط شدت انرژی کل صنایع بوده به عنوان صنایع انرژی‌بر انتخاب شده‌اند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

جدول ۱. فهرست زیربخش‌های صنعتی و صنایع انرژی بر

کد ISIC	همه صنایع	کد ISIC	همه صنایع
۱۵	تولید محصولات غذایی و آشامیدنی	۱۶	تولید فرآورده‌های توتون و تنباکو
۱۷	تولید منسوجات	۱۸	تولید پوشاک
۱۹	تولید چرم و فرآورده‌های وابسته	۲۰	تولید چوب و محصولات چوبی و ...
۲۱	تولید کاغذ و فرآورده‌های کاغذی	۲۲	چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده
۲۳	تولید کک، فرآورده‌های حاصل از پالایش نفت	۲۴	تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی و دارو
۲۵	تولید فرآورده‌های لاستیکی و پلاستیکی	۲۶	تولید سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی
۲۷	تولید فلزات پایه	۲۸	تولید محصولات فلزی ساخته شده بجز ماشین‌آلات
۲۹	تولید محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری	۳۰	تولید تجهیزات برقی
۳۱	تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده دیگر	۳۲	تولید وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم‌تریلر
۳۳	تولید سایر تجهیزات حمل و نقل	۳۴	تولید مبلمان
۳۵	تولید سایر مصنوعات	۳۶	تعمیر و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات
کد ISIC	**صنایع انرژی‌بر**	**کد ISIC**	**صنایع انرژی‌بر**
۲۱	تولید کاغذ و فرآورده‌های کاغذی	۲۳	تولید کک، فرآورده‌های حاصل از پالایش نفت
۲۴	تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی و دارو	۲۶	تولید سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی
۲۷	تولید فلزات پایه	۲۸	تولید محصولات فلزی ساخته شده بجز ماشین‌آلات

مأخذ: محاسبات محقق

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

۵- تجزیه و تحلیل یافته‌ها

در این بخش با استفاده از شاخص‌های تجزیه چهارگانه ذکر شده به بررسی اثر تغییر در هر یک از عوامل سه‌گانه (اثر فعالیت، شدت و ساختار) بر تغییرات مصرف انرژی در (۱) همه صنایع و (۲) صنایع انرژی‌بر پرداخته می‌شود.

۵-۱- تجزیه و تحلیل یافته‌ها در همه صنایع (انرژی‌بر و غیر انرژی‌بر)

در این بخش نتایج شاخص‌های چهارگانه (لاسپیرز، LMDI، AMDI و فیشر) مربوط به تحلیل عاملی تغییرات در تقاضای انرژی در همه زیربخش‌های صنعتی ایران طی دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۵، در قالب فرم ضربی به تفکیک سال و برای کل دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۵ تحلیل شود. این جداول نشان‌دهنده نتایج تحلیل عاملی حاصل از شاخص‌های لاسپیرز، LMDI، AMDI و فیشر هستند، بطوریکه جداول حاوی ۷ ستون هستند که ستون‌های مربوط به D_{int}، D_{str} و D_{act} به ترتیب نشان‌دهنده نقش عامل شدت انرژی، عامل ساختار و عامل سطح فعالیت صنایع در تغییرات مصرف انرژی است. D_{tot} نشان‌دهنده تغییرات مصرف انرژی ناشی از عوامل سه‌گانه (اثر کل محاسبه شده) بوده و D_{real} نشان‌دهنده تغییرات واقعی مصرف انرژی (نسبت مصرف انرژی در انتهای دوره و ابتدای دوره) است. D_{rsd} نیز نشان‌دهنده نسبت D_{real} به D_{tot} است. نتایج جدول (۲) نشان می‌دهند که اولاً در بسیاری از سال‌های مورد مطالعه، مصرف انرژی افزایش یافته است (ستون D_{real}) ثانیاً نتایج مربوط به ستون D_{tot} موید نتایج ستون D_{real} بوده و حاکی از افزایش مصرف انرژی است. ثالثاً در سال‌هایی که مصرف انرژی صنایع کشور افزایش داشته، عامل فعالیت (D_{act}) نقش کلیدی داشته بدین معنی که افزایش سطح فعالیت صنایع، عاملی اصلی در افزایش مصرف انرژی آنها بوده است. بعد از سطح فعالیت، عوامل ساختاری و شدت انرژی نیز بر تغییرات مصرف انرژی اثرگذار بوده‌اند. در انتهای دوره نسبت به ابتدای دوره نیز وضعیت مشابهی وجود دارد بطوریکه در سال ۱۳۹۷ نسبت به ۱۳۸۵، هم افزایش مصرف انرژی وجود دارد و هم عامل فعالیت، مهمترین عامل موثر بر افزایش مصرف انرژی صنایع بوده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

جدول۲. تحلیل عاملی تغییرات مصرف انرژی تمامی صنایع با استفاده از شاخص لاسپیرز

سال	D_{int}	D_{str}	D_{act}	D_{tot}	D_{real}	$D_{rsd}=D_{real}/D_{tot}$
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۰/۷۷۸۹	۱/۰۵۴۱	۱/۳۰۰۱	۱/۰۶۷۴	۱/۰۶۵۵	۰/۹۹۸۲
۱۳۸۶-۱۳۸۷	۰/۸۱۹۶	۱/۰۱۴۰	۱/۲۲۸۶	۱/۰۲۱۰	۱/۰۲۰۴	۰/۹۹۹۴
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۰/۹۱۳۸	۱/۲۵۶۸	۱/۲۵۷۵	۱/۴۴۴۱	۱/۰۶۲۳	۰/۷۳۵۶
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۰/۸۴۷۵	۱/۰۳۵۵	۱/۲۲۱۶	۱/۰۷۲۰	۱/۰۶۵۷	۰/۹۹۴۱
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۰/۷۹۶۸	۰/۹۹۷۴	۱/۳۵۰۹	۱/۰۷۳۵	۱/۰۶۲۹	۰/۹۹۰۱
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۰/۷۶۳۰	۱/۰۸۶۰	۱/۲۵۳۱	۱/۰۳۸۳	۱/۰۲۶۰	۰/۹۸۸۱
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۰/۷۹۳۹	۰/۹۴۳۲	۱/۴۵۲۰	۱/۰۸۷۲	۱/۰۷۱۰	۰/۹۸۵۰
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۱/۰۳۹۹	۱/۰۰۰۸	۱/۰۳۸۸	۱/۰۸۱۱	۱/۰۵۷۲	۰/۹۷۷۸
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۱/۲۷۹۴	۰/۹۳۷۶	۰/۹۱۵۷	۱/۰۹۸۴	۱/۰۹۱۸	۰/۹۹۳۹
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۰/۹۳۸۴	۰/۹۷۳۸	۱/۱۳۳۷	۱/۰۳۵۹	۱/۰۳۵۰	۰/۹۹۹۱
۱۳۹۵-۱۳۹۶	۰/۷۴۱۴	۱/۰۰۸۵	۱/۲۶۰۱	۰/۹۴۲۱	۰/۹۳۸۵	۰/۹۹۶۱
۱۳۹۶-۱۳۹۷	۰/۶۶۸۵	۱/۰۳۰۳	۱/۵۵۳۸	۱/۰۷۰۱	۱/۰۳۸۵	۰/۹۷۰۴
۱۳۸۵-۱۳۹۷	**۰/۴۱۸۶**	**۱/۰۳۵۶**	**۳/۷۴۱۱**	**۱/۶۲۱۸**	**۱/۴۲۱۰**	**۰/۸۷۶۲**

مأخذ: محاسبات محقق

طبق جدول (۳) اولاً در بسیاری از سال‌ها، مصرف انرژی افزایش یافته است (ستون D_{real})، ثانیاً نتایج ستون D_{tot} موید نتایج ستون D_{real} بوده و حاکی از افزایش مصرف انرژی است و ثالثاً در سال‌هایی که مصرف انرژی صنایع افزایش داشته، عامل فعالیت (D_{act}) نقش اصلی را داشته است بدین معنی که افزایش سطح فعالیت صنایع، عاملی اصلی در افزایش مصرف انرژی آنها بوده است. بعد از عامل فعالیت، عوامل ساختاری و شدت انرژی نیز بر تغییرات مصرف انرژی اثرگذار بوده‌اند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

جدول۳. تحلیل عاملی تغییرات مصرف انرژی تمامی صنایع با استفاده از شاخص LMDI

سال	D_{int}	D_{str}	D_{act}	D_{tot}	D_{real}	$D_{rsd}=D_{real}/D_{tot}$
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۰/۷۷۸۲	۱/۰۵۳۱	۱/۲۹۹۹	۱/۰۶۵۲	۱/۰۶۵۵	۱/۰۰۰۲
۱۳۸۶-۱۳۸۷	۰/۸۱۹۴	۱/۰۱۳۷	۱/۲۲۸۳	۱/۰۲۰۲	۱/۰۲۰۴	۱/۰۰۰۱
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۰/۸۱۸۳	۱/۰۳۲۴	۱/۲۵۷۳	۱/۰۶۲۱	۱/۰۶۲۳	۱/۰۰۰۱
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۰/۸۴۵۰	۱/۰۳۲۴	۱/۲۲۱۶	۱/۰۶۵۶	۱/۰۶۵۷	۱/۰۰۰۰
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۰/۷۹۳۲	۰/۹۹۲۱	۱/۳۵۰۴	۱/۰۶۲۶	۱/۰۶۲۹	۱/۰۰۰۲
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۰/۷۵۸۲	۱/۰۸۰۰	۱/۲۵۲۸	۱/۰۲۵۸	۱/۰۲۶۰	۱/۰۰۰۱
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۰/۷۸۸۶	۰/۹۳۵۸	۱/۴۵۱۲	۱/۰۷۰۹	۱/۰۷۱۰	۱/۰۰۰۰
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۱/۰۲۸۱	۰/۹۸۹۸	۱/۰۳۸۸	۱/۰۵۷۰	۱/۰۵۷۲	۱/۰۰۰۱
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۱/۲۷۵۴	۰/۹۳۴۵	۰/۹۱۵۹	۱/۰۹۱۶	۱/۰۹۱۸	۱/۰۰۰۱
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۰/۹۳۸۰	۰/۹۷۳۳	۱/۱۳۳۶	۱/۰۳۴۹	۱/۰۳۵۰	۱/۰۰۰۰
۱۳۹۵-۱۳۹۶	۰/۷۴۰۳	۱/۰۰۶۴	۱/۲۵۹۶	۰/۹۳۸	۰/۹۳۸۵	۱/۰۰۰۵
۱۳۹۶-۱۳۹۷	۰/۶۵۹۰	۱/۰۱۴۴	۱/۵۵۳۲	۱/۰۳۸۲	۱/۰۳۸۵	۱/۰۰۰۲
۱۳۸۵-۱۳۹۷	**۰/۳۹۵۱**	**۱/۰۱۱۲**	**۳/۲۱۵۹**	**۱/۲۸۴۸**	**۱/۲۱۵۰**	**۱/۰۰۰۱**

مأخذ: محاسبات محقق

نتایج مربوط به جدول (۴) حاکی از نقش موثر عامل سطح فعالیت در افزایش مصرف انرژی صنایع کشور هم به تفکیک سال به سال و هم برای کل دوره مورد بررسی است. نکته مهم در مورد نتایج مربوط به شاخص‌های LMDI و AMDI این است که در هر دو شاخص، نتایج ستون آخر (ستون D_{rsd}) نشان‌دهنده کمترین اختلاف بین D_{tot} و D_{real} بوده و لذا این دو شاخص نسبت به شاخص لاسپیرز با دقت بیشتری عوامل موثر مربوط به تغییرات مصرف انرژی را هم به تفکیک سال به سال و هم در کل دوره ۱۳۸۵-۱۳۹۷ توضیح می‌دهند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

جدول۴. تحلیل عاملی تغییرات مصرف انرژی تمامی صنایع با استفاده از شاخص AMDI

سال	D_{int}	D_{str}	D_{act}	D_{tot}	D_{real}	$D_{rsd}=D_{real}/D_{tot}$
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۰/۷۷۸۰	۱/۰۵۳۲	۱/۳۰۰۱	۱/۰۶۵۲	۱/۰۶۵۵	۱/۰۰۰۲
۱۳۸۶-۱۳۸۷	۰/۸۱۹۲	۱/۰۱۳۸	۱/۲۲۸۶	۱/۰۲۰۳	۱/۰۲۰۴	۱/۰۰۰۰
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۰/۸۱۸۰	۱/۰۳۲۷	۱/۲۵۷۵	۱/۰۶۲۲	۱/۰۶۲۳	۱/۰۰۰۰
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۰/۸۴۴۹	۱/۰۳۲۴	۱/۲۲۱۶	۱/۰۶۵۵	۱/۰۶۵۷	۱/۰۰۰۱
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۰/۷۹۲۸	۰/۹۹۲۲	۱/۳۵۰۹	۱/۰۶۲۶	۱/۰۶۲۹	۱/۰۰۰۲
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۰/۷۵۷۹	۱/۰۸۰۱	۱/۲۵۳۱	۱/۰۲۵۷	۱/۰۲۶۰	۱/۰۰۰۲
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۰/۷۸۸۳	۰/۹۳۵۷	۱/۴۵۲۰	۱/۰۷۱۰	۱/۰۷۱۰	۱
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۱/۰۲۸۰	۰/۹۸۹۸	۱/۰۳۸۸	۱/۰۵۶۹	۱/۰۵۷۲	۱/۰۰۰۲
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۱/۲۷۶۸	۰/۹۳۴۲	۰/۹۱۵۷	۱/۰۹۲۲	۱/۰۹۱۸	۰/۹۹۹۶
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۰/۹۳۸۰	۰/۹۷۳۳	۱/۱۳۳۷	۱/۰۳۵۰	۱/۰۳۵۰	۱
۱۳۹۵-۱۳۹۶	۰/۷۳۹۸	۱/۰۰۶۶	۱/۲۶۰۱	۰/۹۳۸۳	۰/۹۳۸۵	۱/۰۰۰۲
۱۳۹۶-۱۳۹۷	۰/۶۵۸۴	۱/۰۱۴۷	۱/۵۵۳۸	۱/۰۳۸۰	۱/۰۳۸۵	۱/۰۰۰۴
۱۳۸۵-۱۳۹۷	**۰/۴۰۹۴**	**۱/۰۲۶۱**	**۳/۱۰۳۱**	**۱/۳۰۳۶**	**۱/۲۸۶۱**	**۰/۹۸۶۶**

مأخذ: محاسبات محقق

نتایج مربوط به جدول (۵) حاکی از نقش موثر عامل سطح فعالیت در افزایش مصرف انرژی صنایع کشور هم به تفکیک سال به سال و هم برای کل دوره مورد بررسی است. نکته مهم در مورد نتایج مربوط به شاخص فیشر این است که نتایج ستون آخر (ستون D_{rsd}) تماماً برابر با ۱ بوده و نشان‌دهنده نبود اختلاف بین D_{tot} و D_{real} است لزا این دو شاخص نسبت به شاخص‌های قبلی از کاملترین دقت در مورد عوامل موثر در مصرف انرژی هم به تفکیک سال به سال و هم برای کل دوره ۱۳۹۷- برخوردار۱۳۸۵ است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

جدول۵. تحلیل عاملی تغییرات مصرف انرژی تمامی صنایع با استفاده از شاخص فیشر

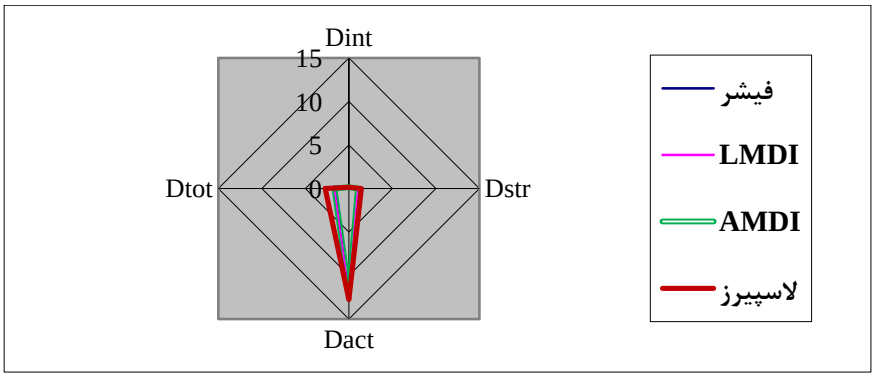
سال	D_{int}	D_{str}	D_{act}	D_{tot}	D_{real}	$D_{rsd}=D_{real}/D_{tot}$
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۰/۷۷۸۱	۱/۰۵۳۱	۱/۳۰۰۱	۱/۰۶۵۵	۱/۰۶۵۵	۱
۱۳۸۶-۱۳۸۷	۰/۸۱۹۳	۱/۰۱۳۶	۱/۲۲۸۶	۱/۰۲۰۴	۱/۰۲۰۴	۱
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۰/۷۸۳۷	۱/۰۷۷۹	۱/۲۵۷۵	۱/۰۶۲۳	۱/۰۶۲۳	۱
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۰/۸۴۴۹	۱/۰۳۲۴	۱/۲۲۱۶	۱/۰۶۵۷	۱/۰۶۵۷	۱
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۰/۷۹۲۸	۰/۹۹۲۴	۱/۳۵۰۹	۱/۰۶۲۹	۱/۰۶۲۹	۱
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۰/۷۵۸۴	۱/۰۷۹۵	۱/۲۵۳۱	۱/۰۲۶۰	۱/۰۲۶۰	۱
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۰/۷۸۷۹	۰/۹۳۶۱	۱/۴۵۲۰	۱/۰۷۱۰	۱/۰۷۱۰	۱
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۱/۰۲۸۳	۰/۹۸۹۶	۱/۰۳۸۸	۱/۰۵۷۲	۱/۰۵۷۲	۱
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۱/۲۷۵۵	۰/۹۳۴۸	۰/۹۱۵۷	۱/۰۹۱۸	۱/۰۹۱۸	۱
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۰/۹۳۷۹	۰/۹۷۳۳	۱/۱۳۳۷	۱/۰۳۵۰	۱/۰۳۵۰	۱
۱۳۹۵-۱۳۹۶	۰/۷۳۹۹	۱/۰۰۶۵	۱/۲۶۰۱	۰/۹۳۸۵	۰/۹۳۸۵	۱
۱۳۹۶-۱۳۹۷	۰/۸۸۱۰	۰/۸۷۷۴	۱/۳۴۳۴	۱/۰۳۸۵	۱/۰۳۸۵	۱
۱۳۸۵-۱۳۹۷	**۰/٤٥٦۳**	**۱/۰۳۲۹**	**۳/۰۰۳۱**	**۱/٤۱٥٤**	**۱/٤۱٥٤**	**۱**

مأخذ: محاسبات محقق

در کل و با توجه به نتایج جداول ۴ گانه قبلی قابل ذکر است که اولاً در هر چهار روش تجزیه، مصرف انرژی ناشی از اثر فعالیت در انتهای دوره نسبت به ابتدای دوره و با در نظر گرفتن سال ۱۳۸۵ به عنوان سال پایه به ترتیب برابر با ۲۷۴/۱[1]، ۲۲۱/۶، ۳۱۰/۳ و ۳۰۰/۳ درصد افزایش یافته‌اند. ثانیاً در دوره مورد بررسی تاثیر عامل شدت انرژی بر تغییرات مصرف انرژی بسیار ناچیز است بطوریکه در چهار روش تجزیه، مصرف انرژی ناشی از اثر شدت انرژی در انتهای دوره نسبت به ابتدای دوره و با در نظر گرفتن سال ۱۳۸۵ به عنوان سال پایه به ترتیب برابر با ۵۸/۱، ۶۰/۵، ۵۹/۱ و ۵۴/۴ درصد کاهش یافته‌اند. ثالثاً در دوره مورد بررسی تاثیر عامل ساختار بر تغییرات مصرف انرژی مثبت، اما اندک بوده است، بطوریکه در چهار روش تجزیه، مصرف انرژی ناشی از اثر ساختاری در انتهای دوره نسبت به ابتدای دوره و با در نظر گرفتن سال ۱۳۸۵ به عنوان سال پایه به ترتیب برابر با ۳/۶، ۱/۱، ۲/۶ و ۳/۳ درصد افزایش یافته‌اند.

۱. این عدد برابر است با رشد ۳/۷۴۱۱ نسبت به ۱ (به عنوان عدد سال پایه).

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]



نمودار۷. مقایسه نتایج تحلیل عاملی به تفکیک شاخص‌ها برای دوره ۱۲ ساله

مأخذ: محاسبات محقق

نمودار (۷) نموداری مقایسه‌ای از تاثیر عوامل مختلف بر تغییرات مصرف انرژی در سال ۱۳۹۷ نسبت به ۱۳۸۵ بر مبنای شاخص‌های چهارگانه است. ملاحظه می‌گردد که در هر چهار شاخص، بیشترین جهت‌گیری فلش به سمت اثر فعالیت بوده و لذا بیشترین اثرگذاری بر تغییرات مصرف انرژی مربوط به عامل اثر فعالیت است. جدول (۶) نشان‌دهنده تحلیل عاملی مصرف انرژی به تفکیک صنایع مختلف در انتهای دوره (۱۳۹۷) نسبت به ابتدای دوره (۱۳۸۵) بوده و به جهت جلوگیری از افزایش صفحات مقاله، صرفاً نتایج مربوط به شاخص LMDI گزارش شده است. ملاحظه می‌گردد که بیشترین اثرگذاری بر تغییرات مصرف انرژی همه صنایع مربوط به اثر فعالیت است و عوامل دیگر در برخی سال‌ها دارای تاثیر مثبت و در برخی سال‌ها دارای تاثیر منفی هستند.

جدول۶. تحلیل عاملی تغییرات مصرف انرژی به تفکیک صنایع با استفاده از شاخص LMDI (۱۳۹۷-۱۳۸۵)

کد ISIC	صنایع	D_{int}	D_{str}	D_{act}	D_{tot}	D_{real}	$D_{rsd}=D_{real}/D_{tot}$
۱۵	تولید محصولات غذایی و ...	۰/۸۳۶۹	۱/۰۳۳۶	۱/۱۸۱۷	۱/۰۲۲۲	۱/۴۳۹۳	۱/۴۰۸۰
۱۶	تولید فرآورده‌های توتون و تنباکو	۰/۹۹۸۸	۰/۹۹۹۶	۱/۰۰۱۲	۰/۹۹۹۷	۰/۵۱۸۵	۰/۵۱۸۶
۱۷	تولید منسوجات	۰/۹۷۷۰	۰/۹۸۷۳	۱/۰۴۲۷	۱/۰۰۵۹	۱/۴۸۱۹	۱/۴۷۳۲
۱۸	تولید پوشاک	۰/۹۹۹۶	۰/۹۹۹۸	۱/۰۰۱۰	۱/۰۰۰۵	۳/۶۶۰۹	۳/۶۵۹۱

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

کد ISIC	صنایع	D_{int}	D_{str}	D_{act}	D_{tot}	D_{real}	$D_{rsd}=D_{real}/D_{tot}$
۱۹	تولید چرم و فرآورده‌های وابسته	۰/۹۹۹۰	۰/۹۹۹۳	۱/۰۰۱۶	۱/۰۰۰۰	۱/۰۹۳۷	۱/۰۹۳۷
۲۰	تولید چوب و ...	۰/۹۹۶۶	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۷۲	۱/۰۰۳۹	۳/۳۶۸۰	۳/۳۵۴۹
۲۱	تولید کاغذ و فرآورده‌های کاغذی	۰/۹۷۷۹	۰/۹۹۹۳	۱/۰۲۶۲	۱/۰۰۲۹	۱/۳۴۸۳	۱/۳۴۴۴
۲۲	چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده	۰/۹۹۸۹	۰/۹۹۹۶	۱/۰۰۲۱	۱/۰۰۰۷	۲/۵۴۰۷	۲/۵۳۸۹
۲۳	تولید کک و ...	۰/۵۷۲۸	۱/۲۱۹۲	۱/۳۷۷۲	۰/۹۶۱۸	۰/۶۱۱۰	۰/۶۳۵۳
۲۴	تولید مواد شیمیایی و ...	۰/۷۳۴۰	۱/۰۶۰۱	۱/۷۴۳۴	۱/۳۵۶۷	۴/۴۴۹۲	۳/۲۷۹۴
۲۵	تولید فرآورده‌های لاستیکی و پلاستیکی	۰/۹۸۰۹	۰/۹۹۹۷	۱/۰۲۸۶	۱/۰۰۸۸	۲/۲۱۹۰	۲/۱۹۹۷
۲۶	تولید سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی	۰/۶۲۹۰	۰/۸۴۵۳	۲/۰۳۳۸	۱/۰۸۱۳	۱/۲۶۹۷	۱/۱۷۴۲
۲۷	تولید فلزات پایه	۰/۶۳۵۴	۰/۹۸۲۹	۱/۷۷۶۵	۱/۱۰۹۶	۱/۵۸۶۵	۱/۴۲۹۸
۲۸	تولیدات فلزی بجز ماشین‌آلات و تجهیزات	۰/۹۹۰۲	۰/۹۹۴۱	۱/۰۲۱۵	۱/۰۰۵۶	۱/۹۸۲۹	۱/۹۷۱۹
۲۹	تولید رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری	۱/۰۰۰۰	۰/۹۹۹۶	۱/۰۰۱۵	۱/۰۰۱۲	۵/۳۱۴۴	۵/۳۰۸۰
۳۰	تولید تجهیزات برقی	۰/۹۹۴۳	۰/۹۹۷۰	۱/۰۱۲۷	۱/۰۰۴۱	۲/۳۵۶۲	۲/۳۴۶۶
۳۱	تولید ماشین‌آلات طبقه‌بندی‌نشده دیگر	۰/۹۸۹۳	۰/۹۸۹۹	۱/۰۲۳۱	۱/۰۰۲۰	۱/۲۸۱۸	۱/۲۷۹۳
۳۲	تولید وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم‌تریلر	۰/۹۸۷۰	۰/۹۸۲۴	۱/۰۳۶۰	۱/۰۰۴۷	۱/۴۲۲۶	۱/۴۱۶۰
۳۳	تولید سایر تجهیزات حمل و نقل	۰/۹۹۹۰	۰/۹۹۸۳	۱/۰۰۳۱	۱/۰۰۰۴	۱/۵۴۷۲	۱/۵۴۶۶
۳۴	تولید مبلمان	۰/۹۹۹۷	۰/۹۹۷۴	۱/۰۰۶۱	۱/۰۰۳۳	۳/۹۵۴۸	۳/۹۴۱۸
۳۵	تولید سایر مصنوعات	۰/۹۹۸۴	۰/۹۹۹۹	۱/۰۰۲۵	۱/۰۰۰۸	۲/۴۱۵۲	۲/۴۱۳۳
۳۶	تعمیر و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۲	۱/۰۰۰۳	۲۲/۹۰۲۵	۲۲/۸۹۵۶

مأخذ: محاسبات محقق

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

۵-۳- تجزیه و تحلیل یافته‌ها در صنایع انرژی‌بر

جدول (۷) نشان‌دهنده نتایج تحلیل عاملی حاصل از شاخص‌های لاسپیرز، LMDI، AMDI و فیشر در صنایع‌انرژی‌بر است. به منظور رعایت اختصار، نتایج جدول مذکور صرفاً در مورد شاخص فیشر تحلیل شده است(در مورد بقیه شاخص‌ها تحلیل مشابهی وجود دارد). نتایج شاخص فیشر نشان می‌دهند که در صنایع انرژی‌بر در سال ۱۳۹۷ نسبت به سال ۱۳۸۵، مصرف انرژی افزایش داشته است اثر کل مربوط به تحلیل عاملی نیز موید همین نکته بوده و اثر فعالیت اصلی‌ترین عاملی است که منجر به افزایش مصرف انرژی شده است. بیشترین افزایش مصرف انرژی ناشی از اثر فعالیت به ترتیب مربوط به "صنایع تولید محصولات فلزی ساخته شده بجز ماشین‌آلات و تجهیزات" و "صنایع تولید سایر کانی‌های غیرفلزی" بوده بطوریکه مصرف انرژی ناشی از اثر فعالیت این صنایع در انتهای دوره (۱۳۹۷) نسبت به ابتدای دوره (۱۳۸۵) و با در نظر گرفتن سال ۱۳۸۵ به عنوان سال پایه، به ترتیب معادل ۱۴۳/۲ و ۱۳۷/۷ درصد افزایش یافته است. محاسبه شاخص D_{tot}/D_{act} در مورد نتایج مربوط به شاخص فیشر نشان می‌دهد که شاخص مذکور در همه صنایع انرژی‌بر کمتر از ۱ بوده و لذا صرفه‌جویی انرژی در سال ۱۳۹۷ نسبت به ۱۳۸۵ رخ داده است که دلیل آن مربوط به اثر شدت انرژی و مربوط به اثر ساختاری بوده است.

جدول۷. تحلیل عاملی تغییرات مصرف انرژی صنایع انرژی‌بر با استفاده از شاخص‌های چهارگانه (۱۳۸۵-۱۳۹۷)

شاخص لاسپیرز							
کد ISIC	صنایع انرژی‌بر	D_{int}	D_{str}	D_{act}	D_{tot}	D_{real}	$D_{rsd}=D_{real}/D_{tot}$
۲۱	صنایع کاغذ و ...	۰/۰۰۱۳	۰/۰۱۱۹	۰/۱۵۶۴	۰/۰۰۰۰۰۲	۱/۳	۶۷۴/۱
۲۳	صنایع کک و ...	۰/۰۰۲۰	۰/۶۸۴۴	۲/۱۹۰۶	۰/۰۰۲۹	۰/۶	۲۱۰/۷
۲۴	صنایع مواد شیمیایی و ...	۰/۰۲۹۰	۰/۱۷۶۶	۱/۵۴۴۷	۰/۰۰۷۹	۴/۴	۵۶۳/۲
۲۶	صنایع سایر کانی‌های غیرفلزی	۰/۰۵۴۸	۰/۱۵۹۴	۳/۷۷۴۶	۰/۰۳۲۹	۱/۳	۳۸/۶
۲۷	صنایع فلزات اساسی	۰/۰۳۲۹	۰/۲۱۴۲	۳/۰۳۴۳	۰/۰۲۱۳	۱/۶	۶۸/۷
۲۸	صنایع ساخته‌شده بجز ماشین‌آلات و ...	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۴۳	۰/۱۱۰۷	۰/۰۰۰۰۰۱	۱/۹	۱/۹۸

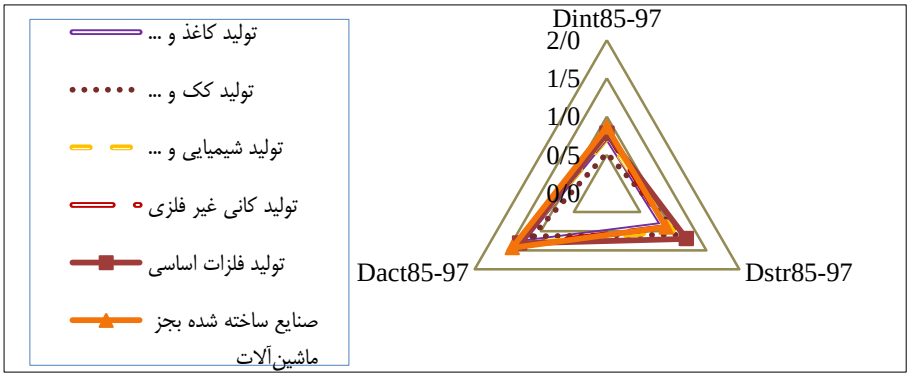
[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

شاخص LMDI							
کد ISIC	صنایع انرژی‌بر	D_{int}	D_{str}	D_{act}	D_{tot}	D_{real}	$D_{rsd}=D_{real}/D_{tot}$
۲۱	صنایع کاغذ و ...	۰/۹۷۷۹	۰/۹۹۹۳	۱/۰۲۶۳	۱/۰۰۲۹	۱/۳	۱/۳
۲۳	صنایع کک و ...	۰/۵۷۲۸	۱/۲۱۹۲	۱/۳۷۷۲	۰/۹۶۱۸	۰/۶	۰/۶
۲۴	صنایع مواد شیمیایی و ...	۰/۷۳۴۰	۱/۰۶۰۱	۱/۷۴۳۴	۱/۳۵۶۷	۴/۴	۳/۳
۲۶	صنایع سایر کانی‌های غیرفلزی	۰/۶۲۹۰	۰/۸۴۵۳	۲/۰۳۳۸	۱/۰۸۱۳	۱/۳	۱/۲
۲۷	صنایع فلزات اساسی	۰/۶۳۵۴	۰/۹۸۲۹	۱/۷۷۶۵	۱/۱۰۹۶	۱/۶	۱/۴
۲۸	صنایع ساخته‌شده بجز ماشین‌آلات و ...	۰/۹۹۰۲	۰/۹۹۴۱	۱/۰۲۱۵	۱/۰۰۵۶	۱/۹	۱/۹
شاخص AMDI							
کد ISIC	صنایع انرژی‌بر	D_{int}	D_{str}	D_{act}	D_{tot}	D_{real}	$D_{rsd}=D_{real}/D_{tot}$
۲۱	صنایع کاغذ و ...	۰/۹۷۵۷	۰/۹۹۹۶	۱/۰۲۸۶	۱/۰۰۳۲	۱/۳	۱/۳
۲۳	صنایع کک و ...	۰/۵۹۵۴	۱/۱۷۵۹	۱/۳۴۷۹	۰/۹۴۳۷	۰/۶	۰/۶
۲۴	صنایع مواد شیمیایی و ...	۰/۷۲۸۶	۱/۰۸۷۰	۱/۷۵۷۷	۱/۳۹۲۰	۴/۴	۳/۲
۲۶	صنایع سایر کانی‌های غیرفلزی	۰/۶۴۴۵	۰/۸۵۱۰	۱/۹۴۰۰	۱/۰۶۴۰	۱/۳	۱/۲
۲۷	صنایع فلزات اساسی	۰/۶۳۲۲	۰/۹۷۵۷	۱/۸۰۴۱	۱/۱۱۲۸	۱/۶	۱/۴
۲۸	صنایع ساخته‌شده بجز ماشین‌آلات و ...	۰/۹۸۸۹	۰/۹۹۳۴	۱/۰۲۴۴	۱/۰۰۶۳	۱/۹	۱/۹
شاخص فیشر							
کد ISIC	صنایع انرژی‌بر	D_{int}	D_{str}	D_{act}	D_{tot}	D_{real}	$D_{rsd}=D_{real}/D_{tot}$
۲۱	صنایع کاغذ و ...	۰/۷۳۶۳	۰/۸۳۶۲	۱/۳۰۱۱	۰/۸۰۱۰	۱/۳	۱/۷
۲۳	صنایع کک و ...	۰/۵۲۲۹	۱/۰۸۸۰	۱/۱۳۴۶	۰/۶۴۵۴	۰/۶	۰/۹
۲۴	صنایع مواد شیمیایی و ...	۰/۷۱۲۳	۰/۹۹۴۸	۱/۳۵۳۰	۰/۹۵۸۷	۴/۴	۴/۶
۲۶	صنایع سایر کانی‌های غیرفلزی	۰/۷۹۱۴	۰/۸۹۱۲	۱/۳۷۷۳	۰/۹۷۱۴	۱/۳	۱/۳
۲۷	صنایع فلزات اساسی	۰/۷۷۹۳	۱/۱۹۹۳	۱/۳۱۶۸	۱/۲۳۰۷	۱/۶	۱/۳
۲۸	صنایع ساخته‌شده بجز ماشین‌آلات و ...	۰/۸۶۱۲	۰/۸۹۴۵	۱/۴۳۱۶	۱/۱۰۲۸	۱/۹	۱/۸

مأخذ: محاسبات محقق

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

نمودار (۸) نتایج تحلیل عاملی صنایع انرژی‌بر را بر مبنای شاخص فیشر نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شد که در همه صنایع انرژی‌بر، اصلی‌ترین عامل توضیح‌دهنده تغییرات در مصرف انرژی عبارت از عامل فعالیت است و بعد از آن عوامل ساختار و شدت قرار دارند. بیشترین اثر فعالیت مربوط به «صنایع ساخته شده بجز ماشین آلات" بوده و کمترین اثر فعالیت مربوط به "تولید کک و ...» است.



نمودار۸. تحلیل عاملی صنایع انرژی‌بر مبتنی بر شاخص فیشر (۱۳۹۷-۱۳۸۵)

مأخذ: محاسبات محقق

در انتهای این بخش قابل ذکر است به دلیل رعایت اختصار، نتایج مربوط به تحلیل عاملی تغییرات مصرف انرژی به تفکیک تک‌تک صنایع انرژی‌بر با استفاده از شاخص‌های چهارگانه و در قالب سال به سال و کل دوره، در اختیار نویسندگان مقاله است که در صورت درخواست در اختیار خوانندگان محترم قرار خواهد گرفت.

۶- جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی

روند مصرف انرژی در زیربخش‌های صنعتی کشور حاکی از آن است که مصرف انرژی طی دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۵ افزایش یافته است. با توجه به اینکه کاهش شدت مصرف انرژی صنایع و تغییرات ساختاری آنها می‌توانند منجر به کاهش هزینه تمام شده و کاهش قیمت محصولات تولیدی صنایع شده و رقابت‌پذیری صنایع در بازارهای بین‌المللی را افزایش دهند، لذا تحلیل و بررسی عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی صنایع بویژه صنایع انرژی‌بر می‌تواند به ارتقای کیفیت سیاست‌گذاری‌های حوزه انرژی کمک شایانی نماید. از اینرو تحلیل عاملی تغییرات در مصرف انرژی صنایع کشور با هدف مشخص

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

کردن نقش عوامل مخالف در تغییرات مصرف انرژی، ضروری به نظر می‌رسد. از اینرو در مقاله حاضر تلاش شد تا طی دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۵ (هم بصورت سال به سال و هم در انتهای دوره نسبت به ابتدای دوره)، با بکارگیری شاخص‌های تجزیه عاملی (لاسپیرز، LMDI، AMDI و فیشر) در صنایع کشور به تحلیل عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی در قالب اثر فعالیت، اثر شدت انرژی و اثر ساختاری پرداخته شود. قابل ذکر است که تمرکز خاصی نیز بر صنایع انرژی‌بر صورت گرفت زیرا این صنایع بخش بزرگی از مصرف انرژی بخش صنعت کشور را در اختیار دارند. مهمترین نتایج حاصل از یافته‌های تحقیق را می‌تواند بشرح زیر تبیین کرد:

- مقایسه نتایج شاخص‌های چهارگانه نشان می‌دهند که اولاً نتایج تحلیل عاملی شاخص‌های LMDI، AMDI و فیشر نسبت به شاخص لاسپیرز بهتر است. ثانیاً نتایج تحلیل عاملی مصرف انرژی در شاخص‌های LMDI، AMDI و فیشر تقریباً یکسان بوده و در بین این سه شاخص نیز، نتایج فیشر از بقیه شاخص‌ها نسبتاً بهتر است. بهتر بودن نتایج شاخص‌های LMDI، AMDI و فیشر نسبت به لاسپیرز به این معنی است که این سه شاخص، تجزیه عوامل را در قیاس با لاسپیرز بصورت کامل انجام داده و عامل پسماند (D_{rsd}) در حداقل مقدار ممکن است.
- در بسیاری از سال‌های مورد مطالعه، نتایج تحلیل عاملی نشان می‌دهند که مصرف انرژی صنایع کشور (بطور عام) و صنایع انرژی‌بر (بطور خاص) افزایش یافته و این یافته‌ها توسط آمارهای مصرف انرژی صنایع تایید می‌شود. برای انتهای دوره نسبت به ابتدای دوره هم همین وضعیت برقرار است.
- اصلی‌ترین و کلیدی‌ترین عامل موثر در افزایش مصرف انرژی صنایع کشور بویژه صنایع انرژی‌بر در دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۵ (بصورت سال به سال و یا در ۱۳۹۷ نسبت به ۱۳۸۵) مربوط به عامل اثر فعالیت است و سایر عوامل بعضاً تاثیر افزایش و عمدتاً تاثیر کاهشی در مصرف انرژی داشته‌اند.
- یافته‌ها نشان می‌دهند که عامل شدت انرژی بیشترین نقش را در کاهش مصرف انرژی صنایع بویژه صنایع انرژی‌بر داشته است که خود این امر می‌تواند ناشی از عواملی مثل ارتقای تکنولوژی، جانشینی بین‌سوختی و ... باشد که همگی منجر به افزایش کارایی انرژی و کاهش شدت انرژی می‌شوند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

- تغییرات مصرف انرژی ناشی از اثر ساختاری موید تاثیر افزایشی این اثر است. یعنی اثر ساختاری منجر به افزایش مصرف انرژی بسیاری از صنایع بویژه صنایع انرژی‌بر در دوره مورد بررسی شده، اما میزان اثرگذاری عامل فعالیت نسبت به عامل ساختاری به مراتب قویتر بوده است. مفهوم این نتیجه این است که ساختار صنایع کشور با گذر زمان از صنایع غیرانرژی‌بر به صنایع انرژی‌بر تغییر یافته است، لذا باید برای معکوس کردن این وضعیت تلاش شود.
- محاسبات مربوط به شاخص D_{tot}/D_{act} به عنوان شاخص نمایانگر صرفه‌جویی انرژی نشان می‌دهد که در بسیاری از سال‌ها و برای اکثریت صنایع بویژه صنایع انرژی‌بر، هم اثر فعالیت و هم اثر کل افزایش داشته‌اند، اما افزایش اثر کل کمتر از افزایش اثر فعالیت است که ناشی از کاهش اثر شدت انرژی بوده و لذا صرفه‌جویی انرژی رخ داده است.

با توجه به یافته‌های مذکور قابل توصیه است که سیاست‌های مدیریت مصرف انرژی در صنایع کشور باید به نحوی باشد که بواسطه بکارگیری تکنولوژی‌های جدید اولاً اثر فعالیت تقویت شود، ثانیاً اثر ساختاری و اثر شدت انرژی نقش کاهشی در تغییرات مصرف انرژی داشته باشند و ثالثاً صنایع کشور به سمت صنایع کمتر انرژی‌بر تغییر ساختار دهند. رابعاً صنایع انرژی‌بر به سمت صنایعی با انرژی‌بری پایین تغییر ساختار دهند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

منابع

- امیرمعینی، مهران (۱۳۹۶)، "تجزیه شاخص شدت انرژی در بخش صنعت: رویکرد شاخص دیویزیا" مجله پژوهش‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی، ۲(۴): ۷-۲۶.
- باصری، بیژن، درخشانیان، شهاب، شفیعی، سعیده (۱۳۸۹)، "بررسی سیاستهای بهینه سازی مصرف انرژی با استفاده از روش مجزاسازی انرژی (مطالعه موردی شرکت‌های پگاه فارس،تهران و اصفهان)"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۲۵، صص ۱۴۱-۱۱۳.
- جهانگرد، اسفندیار و تجلی، هدیه (۱۳۹۰)، "تجزیه شدت انرژیبری در صنایع کارخانهای ایران"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره۳۱، سال دهم، صص ۵۸-۲۵.
- خلیلی عراقی، منصور، شرزه‌ای، غلامعلی و برخورداری، سجاد (۱۳۹۱)، "تحلیل تجزیه انتشار دی اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در ایران". محیط شناسی، بهار ۱۳۹۱، دوره ۳۸، شماره ۶۱، صص ۹۳-۱۰۴.
- دفتر برنامه‌ریزی انرژی وزارت نیرو، ترازنامه انرژی، ۱۳۹۷.
- سلطانیان, رحیم, شریفی, علیمراد, حوری جعفری، حامد. (۱۳۹۶). "تحلیل اسنادی در شاخص شدت انرژی واقعی دیویژیا (نمونه کاربردی: صنایع کارخانه ای ایران)". فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی, ۱۳(۵۵), ۱۶۱-۱۹۳.
- فطرس، محمدحسن، معبودی، رضا و دره نظری، زینب (۱۴۰۱)، "تجزیه سهم عوامل موثر بر آلودگی محیط زیست در ایران با استفاده از رویکرد ارزش شیپلی- اون"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۸، ۷۲، ۳۲-۱.
- مرکز آمار ایران، نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر، سال‌های مختلف.
- Ang, B.W., 1994. Decomposition of industrial energy consumption: the energy intensity approach. Energy Econ. 16, 163–174.
- Ang, B. W., & Zhang, F. Q. (2000). A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. Energy, 25(12), 1149-1176.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

- Ang, B. W., & Liu, F. L. (2001). A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation. Energy, 26(6), 537-548.
- Ang, B.W, Liu, F.L, Chew, E.P, 2003, Perfect decomposition techniques in energy and environmental analysis, Energy Policy 31 (14), 1561–1566.
- Ang, B. (2004), Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferredmethod ?, Energy Policy 32, 1131–1139
- Boyd, G.A., Hanson, D.A., Sterner. T.,(1988), Decomposition of changes in energy intensity, a comparison of the divisia index and other methods. Energy Economics, 10, 309-312.
- Boonkham, P., & Leeprechanon, N. (2015). Decomposition analysis of changes in energy intensity of the Thai manufacturing sector during 1991-2013. International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing, 3(3), 152-156.
- Kim, S. (2017). LMDI decomposition analysis of energy consumption in the Korean manufacturing sector. Sustainability, 9(2), 202.
- Kim, H., Kim, M., Kim, H., & Park, S. (2020). Decomposition Analysis of CO2 Emission from Electricity Generation: Comparison of OECD Countries before and after the Financial Crisis. Energies, 13(14), 3522.
- Liu, X.Q., Ang, B.W., Ong, H.L., 1992. The application of the divisia index to the decomposition of changes in industrial energy consumption. Energy J. 13 (4), 161–177.
- Lisaba, E. B., & Lopez, N. S. (2021). Using Logarithmic Mean Divisia Index Method (LMDI) to Estimate Drivers to Final Energy Consumption and Emissions in ASEAN. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng, 1109 012070.
- Su, B., Goh, T., Ang, B. W., & Ng, T. S. (2022). Energy consumption and energy efficiency trends in Singapore: The case of a meticulously planned city. Energy Policy, 161, 112732.
- Wang, H., Ang, B. W., & Su, B. (2017). Assessing drivers of economy-wide energy use and emissions: IDA versus SDA. Energy Policy, 107, 585-599.
- Wang, Y., Zhu, Z., Zhu, Z., & Liu, Z. (2019). Analysis of China's energy consumption changing using the Mean Rate of Change Index and the logarithmic mean divisia index. Energy, 167, 275-282.
- Zhang, Z. (2003). Why did the energy intensity fall in China's industrial sector in the 1990s? The relative importance of structural change and intensity change. Energy Economics, 25(6), 625-638.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]

Factor Analysis of Energy Demand in Iran's Manufacturing Industries with Emphasis on Energy Intensive Sectors

Nadia Dadfar
M.A. in Economics, Alzahra University, nadiyadadfar@gmail.com

Musa Khoshkalam Khosroshahi [1]
Assistance Professor of Economics, University of Alzahra, m.khosroshahi@alzahra.ac.ir

Received: 2022/02/24 Accepted: 2022/07/09

Abstract

Examining the factors affecting changes in energy demand can help economic policymakers to adopt energy saving approaches. One method of examining these factors is factor analysis of energy demand. Given the high share of industry, especially energy-intensive industries in Iran's energy consumption, the purpose of this article is to analyze the factors affecting changes in energy consumption in all industrial industries and energy-intensive industries. For this purpose, the methods of analysis of Laspers, Division and Fisher index in the period 1397-1385 have been used. The results of factor analysis show that the energy consumption of all industries increased in the period under review and these findings are confirmed by real energy consumption statistics. The results also show that the main effective factor in increasing energy consumption of industries (year-on-year or in the whole period) is related to the effect of activity and other factors sometimes have an increasing effect and mainly a decreasing effect on energy consumption. Findings indicate the maximum role of energy intensity in reducing energy consumption of industries (including energy-intensive industries) and the positive role of structural effect in increasing energy consumption compared to the effect of activity is very small.

JEL Classification: K32, O13 and Q43
Keywords: Factor Analysis, Energy demand , Industries and Energy Intensity Industries.

1. Corresponding Author

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-05-28]