Analysis of energy optimization policies in Iran using econometric & decomposition methods

Ghasem Arab[1] - Esmaiil Ghaderifar[2]

Abstract

In this research, energy data of the country from 1374 to 1397 are presented and econometric analysis and decomposition analysis methods (Laspeyres and Logarithmic mean Divisia index) are used to identify and determine the effect of activity, structure and energy intensity on energy consumption. The results of econometric method analysis show that the fitted function of energy consumption based on the two variables of population and value added with R2 = 99% is valid and the population factor has a greater effect than the value added factor on changes in energy consumption. The results of the Decomposition analysis show that the Divisia method has a higher accuracy than the Laspeyres method and according to this method and during the whole period, the average structural effect is 48%, activity effect is 18% and energy intensity effect is 18% in increasing energy consumption.

Key Words:
Decomposition Analysis, Econometric analysis, Energy consumption, Energy policy, Energy optimization.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

1. Assistant professor, Department of Mechanical Engineering, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Gh.arab@iausr.ac.ir)
2. Head of the Strategic Technologies Development Center, Vice Presidency for Science and Technology, Presidency if the Islamic Republic of Iran, Tehran, Iran. (Ghaderifar@isti.ir)

مقاله علمی ـ پژوهشی

تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۰۴/۱۴ **تاریخ پذیرش ۱۴۰۰ /۰۸/۰۳**

مطالعات راهبردی بهینه‌سازی انرژی در ایران با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی و تجزیهٔ داده‌های انرژی

قاسم عرب[1*] ـ اسماعیل قادری‌فر[2]

چکیده

در این تحقیق اطلاعات و داده‌های انرژی کشور از سال ۱۳۷٤ تا ۱۳۹۷ ارائه و از روش‌های تحلیل اقتصادسنجی و تحلیل تجزیه (لاسپیرز و میانگین لگاریتمی دیویژیا) برای شناسایی و تعیین سهم اثرات فعالیت، ساختاری و شدت انرژی بر مصارف انرژی استفاده شده است. نتایج تحلیل روش اقتصادسنجی نشان می‌دهد تابع برازش‌شدهٔ مصرف انرژی بر اساس دو متغیر جمعیت و ارزش‌افزوده با ٪ ۹۹=R^2 معتبر بوده و عامل جمعیت تأثیر بیشتری از عامل ارزش افزوده در تغییرات مصرف انرژی دارد. همچنین، تحلیل نتایج این روش نشان می‌دهد اقدامات قیمتی اثری محسوس و فوری، اما مقطعی بر کاهش مصرف انرژی دارد. نتایج تحلیل تجزیه نیز نشان می‌دهد روش میانگین لگاریتمی دیویژیا نسبت به روش لاسپیرز از دقت بالاتری برخوردار بوده و طبق این روش و طی کل دوره به‌طور متوسط، اثر ساختاری ٤۸٪، اثر فعالیت ۱۸٪ و اثر شدت انرژی ۱۸٪ در افزایش مصرف انرژی مؤثر بوده‌اند.

واژگان کلیدی: تحلیل تجزیه، روش تحلیل اقتصادسنجی، مصرف انرژی، سیاست انرژی، بهینه‌سازی انرژی

۱. استادیار، دانشکده فنی، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره)، شهرری، تهران، ایران، نویسندهٔ مسئول. (Gh.arab@iausr.ac.ir)

۲. رئیس مرکز توسعه فناوری‌های راهبردی، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، تهران، ایران. (Ghaderifar@isti.ir)

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

مقدمه

تولید و مصرف انرژی در جهان همواره روندی صعودی داشته و طبق آمار آژانس بین‌المللی انرژی، از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۸ میزان عرضهٔ انرژی از ۶۰۹۸ به ۱۴۲۸۲ و مصرف انرژی نهایی از ۴۶۶۰ به ۹۹۳۸ میلیون تن معادل نفت خام[1] رسیده است (Statistics report, 2020). مدیریت تولید و عرضهٔ انرژی از یک سو و مدیریت تقاضای انرژی از سوی دیگر، از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی سیاست‌گذاران در تمامی کشورهای دنیاست. تأمین امنیت انرژی و پاسخ پایدار به تقاضای انرژی مستقیماً با امنیت اجتماعی و سیاسی کشورها پیوند دارد و این موضوع بر اهمیت و ضرورت استفاده از مطالعات راهبردی برای مدیریت عرضه و تقاضای انرژی می‌افزاید. برای تأمین امنیت انرژی با توجه به تقاضاهای دائمی و رو به رشد، افزایش تولید و عرضهٔ انرژیِ نهایی یکی از راهکارهاست که به مدیریت سمت عرضه مربوط بوده و برای انجام آن سرمایه‌گذاری گسترده در بخش بالادستی انرژی ضروری است. راهکار دیگر، افزایش بازدهی انرژی در بخش‌های نهایی مصرف‌کننده است که مدیریت سمت تقاضای انرژی نامیده می‌شود و از طریق راهکارهایی نظیر فرهنگ‌سازی، آموزش، تدوین استانداردهای مصرف انرژی، اجرای پروژه‌های بهینه‌سازی انرژی و سیاست‌های تشویقی و تنبیهی (قیمتی و غیرقیمتی) مرتبط قابل‌اجراست. مصرف انرژی به حجم فعالیت‌ها در زیربخش‌های مصرف‌کننده به صورت مستقیم وابسته است. به‌عنوان مثال، میزان تولیدات صنعتی در بخش صنعت، تعداد وسائط حمل‌ونقل و میزان نفر ـ کیلومتر یا تن ـ کیلومتر در مدل‌های حمل‌ونقل، میزان سطح زیربنای مفید در بخش ساختمان به صورت مستقیم با مصرف انرژی مرتبط و با افزایش آن‌ها، مصرف انرژی افزایش می‌یابد. با گذشت زمان و توسعهٔ کشور، حجم فعالیت‌ها رشد خواهد کرد و این رشد ناگزیر است.

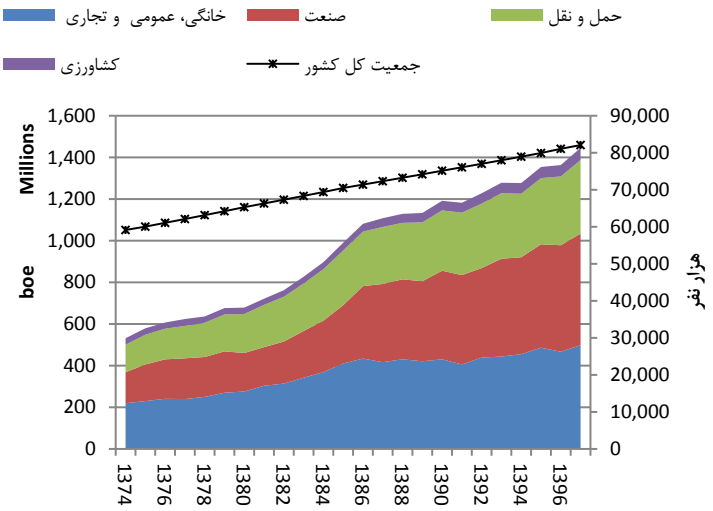
روند مصرف انرژی کشور به تفکیک بخش‌های مختلف مصرف‌کننده در شکل ۱ ارائه شده است. روند مصرف از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۷ کاملاً صعودی بوده و از میزان ۵۳۱ Mboe در سال ۱۳۷۴ به ۱۴۴۵ Mboe در سال ۱۳۹۷ رسیده و متوسط نرخ رشد سالانه در این دوره ۷/۴۸٪ بوده است. به تناسب مصرف انرژی، جمعیت کشور از ۵۹ میلیون نفر به ۸۲ میلیون نفر افزایش یافته که متوسط نرخ رشد سالانهٔ ۱/۶۹٪ را نشان می‌دهد (امینی و همکاران، ۱۳۹۷). روند جمع ارزش افزودهٔ بخش‌های مختلف اقتصادی کشور بر اساس قیمت‌های ثابت سال ۱۳۹۵ در شکل ۲ نشان داده شده و این روند نیز

1. Million ton oil equivalent (Mtoe)

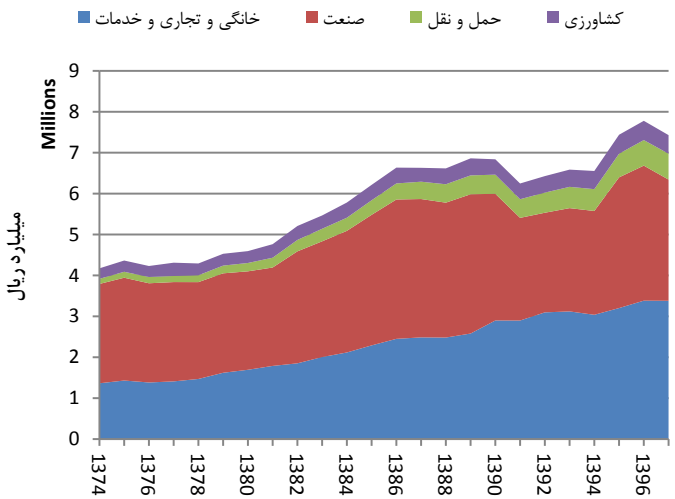
[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

به‌جز در برخی سال‌ها، صعودی بوده و از ۴۱۷۳ هزار میلیارد ریال در سال ۱۳۷۴ به ۷۴۲۹ هزار میلیارد ریال در سال ۱۳۹۷ رسیده است که به‌طور متوسط نرخ رشد ۳/۳۹٪ را نشان می‌دهد (تارنمای مرکز ملی آمار ایران).

شکل ۱. روند مصرف انرژی کشور بر اساس بخش‌های مختلف مصرف‌کننده از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۷



شکل ۲. روند مجموع ارزش افزودهٔ بخش‌های مختلف اقتصادی کشور به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۹۵



[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

نمودارها و نتایج نشان‌دهندهٔ ارتباط مستقیم مصرف انرژی با جمعیت و ارزش افزودهٔ بخش‌هاست.

مروری بر مطالعات پیشین نشان می‌دهد استفاده از روش تحلیل تجزیه برای شناسایی عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی در مطالعات متعددی انجام شده است. تحقیق تجزیه شدت انرژی‌بری در صنایع کارخانه‌ای ایران و تعیین دو اثر ساختاری و اثر شدت در کل صنعت و صنایع نُه‌گانهٔ زیربخش، با استفاده از شاخص‌های لاسپیرز و میانگین حسابی دیویژیا نشان می‌دهد اثر شدت نسبت به اثر ساختاری سهم بیشتری در تغییرات اثر کل در صنعت دارد. در بیشتر صنایع نیز اثر شدت از اثر ساختار تأثیرگذارتر بوده و در برخی موارد نیز هر دو اثر مؤثر بوده‌اند. در بیشتر موارد اثر شدت در جهت کاهش شدت انرژی‌بری حرکت کرده است (جهانگرد و تجلی، ۱۳۹۰). اثرات فعالیت و ساختاری بر شدت انرژی در ۱۵ کشور اروپایی در فاصلهٔ سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۵ بررسی شده و نتایج نشان می‌دهد تغییر در ساختار که عمدتاً با تغییرات گسترده در صنعت همراه است، تأثیری مهم داشته و معمولاً منجر به کاهش مصرف انرژی می‌شود. این موضوع در بخش خدمات برعکس است. این تحقیق به اهمیت تحلیل تجزیه در شناسایی عوامل اثرگذار بر سیاست‌های انرژی تأکید دارد (Marrero & Ramos, 2013). تحلیل اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی در صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران نشان می‌دهد رابطهٔ نهادهٔ انرژی با سایر نهاده‌ها در اغلب صنایع از نوع رابطهٔ جانشینی است و بنابراین، در این صنایع افزایش قیمت انرژی با تغییر قیمت‌های نسبی نهاده‌ها می‌تواند موجب جانشینی سایر نهاده‌ها به‌جای انرژی و بهبود شدت انرژی شود (عبدلی و ایرانشاهی، ۱۳۹۳). تجزیهٔ عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در زیربخش‌های صنعتی با به‌کارگیری دو روش تحلیل تجزیهٔ شاخص لاسپیرز و دیویژیا، طی دورهٔ زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۱ نشان می‌دهد عامل اصلی افزایش مصرف انرژی تغییرات اثر فعالیت و مهم‌ترین عامل کاهش مصرف انرژی، تغییرات اثر شدت انرژی است و تغییرات اثر ساختاری سهم ناچیزی در تغییرات مصرف انرژی داشته است (پورعبادالهان و همکاران، ۱۳۹۴). تحلیل تجزیه شدت انرژی در صنایع انرژی‌بر کشور با استفاده از شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا در دورهٔ زمانی ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۰ نشان داده است اثر شدت انرژی و اثر تولیدی به ترتیب بیشترین سهم را در عوامل مؤثر بر شدت انرژی صنعتی داشته‌اند (فریدزاد، ۱۳۹۴). بررسی تأثیر شاخص‌های منتخب اقتصاد دانش‌بنیان بر شدت انرژی استان‌های کشور با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی نشان

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

می‌دهد متغیرهای ضریب نفوذ اینترنت و شدت مشترکان تلفن‌های همراه به ترتیب اثر منفی معنی‌دار و مثبت بی‌معنی بر شاخص شدت انرژی استان‌ها داشته‌اند و در مجموع شاخص اقتصاد دانش‌بنیان باعث کاهش انرژی‌بری تولید ناخالص داخلی استان‌ها شده است (سیف و حمیدی، ۱۳۹۵). تحلیل تغییرات مصرف و شدت انرژی در طی بازه‌ای ۱۶ ساله نشان می‌دهد بخش عمده‌ای از افزایش مصرف انرژی به واسطهٔ افزایش تولیدات صنعت است. اثر ساختاری باعث ۲۶ درصد افزایش در مصرف انرژی شده، ولی اثر شدت کاهشی ۳۰ درصدی در مصرف انرژی در پی داشته است. با اینکه اثر ساختاری نقش بارزی در جهت افزایش شدت انرژی ایفا کرده است، بهبود فناوری موفق شده تا حد قابل‌توجهی این اثر فزاینده را خنثی کند (ناظمی و محمدیان، ۱۳۹۵). تجزیهٔ مصرف نهایی انرژی و بررسی اثرات سیاست‌ها و اهداف بازده انرژی در ۲۸ کشور اروپایی نشان می‌دهد مصرف نهایی انرژی به صورت پایه از بازده انرژی در بخش صنعت و در ادامه، بخش خانگی تأثیر می‌پذیرد. مهم‌ترین بخش دارای پتانسیل صرفه‌جویی گرمایش محیط بوده و مهم‌ترین عامل برای افزایش مصرف، افزایش فعالیت اقتصادی و رشد تقاضا به علت تمایل به آسایش بیشتر در مؤلفه‌های اجتماعی است (Reuter et al., 2019). بررسی رابطهٔ رشد اقتصادی، شدت انرژی و توسعهٔ مالی و مقایسهٔ اقتصادهای ایران و ترکیه نشان می‌دهد که تأثیر شدت انرژی بر رشد اقتصادی هر دو کشور منفی و معنی‌دار است. اثر شاخص توسعهٔ مالی بر رشد اقتصادی ایران مثبت و معنی‌دار است. برعکس، تأثیر این متغیر بر رشد اقتصادی ترکیه منفی و معنی‌دار است (فتحی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). تحلیل شدت انرژی کشور اوکراین با استفاده از روش میانگین لگاریتمی دیویژیا نشان می‌دهد در دورهٔ ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷، عامل شدت انرژی مهم‌ترین اثر را در شدت انرژی کل داشته و سهم اثر ساختاری ناچیز است (Stachura, 2018).

در مطالعات پیشین به عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی در سطح کلان و همچنین، بررسی و مطابقت تغییرات در مصرف انرژی با سیاست‌های انرژی اجراشده کمتر پرداخته شده است و بر همین اساس، در این تحقیق پس از ارائهٔ روش‌شناسی تحقیق و انجام مدل‌سازی، با ارائهٔ داده‌های مصرف انرژی و عوامل تأثیرگذار از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۷، میزان تأثیر هر یک از عوامل بر تغییرات مصرف انرژی ارائه شده است.

روش‌شناسی

روش‌های مختلفی برای تحلیل و کمّی‌سازی تأثیر عوامل مؤثر بر یک متغیر وجود دارد.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

مصرف انرژی به‌عنوان یک متغیر به عوامل متعددی نظیر رشد اقتصادی، جمعیت، ساختار مصرف انرژی در بخش‌های مختلف و... بستگی دارد. در این تحقیق از دو روش اقتصادسنجی و روش تحلیل تجزیه جهت انجام مدل‌سازی استفاده شده است.

روش تحلیل اقتصادسنجی به مطالعهٔ نظام‌مند پدیده‌های اقتصادی با استفاده از داده‌های واقعی مشاهده‌شده پرداخته و با استفاده از تحلیل‌های آماری، مدل‌های اقتصادی ارائه می‌دهد. به کمک تکنیک‌های اقتصادسنجی می‌توان ضرایب مجهول مدل ساخته‌شده را برآورد کرد و سپس برای پیش‌بینی و ارزیابیِ سیاست‌گذاری‌ها از آن استفاده کرد. اهداف اقتصادسنجی را به‌طور کلی می‌توان دادنِ محتوای تجربی به روابط اقتصادی برای آزمودن نظریه‌های اقتصادی، پیش‌بینی، تصمیم‌گیری و ارزیابی پیشینی یک سیاست‌گذاری یا تصمیم دانست (عباسی‌نژاد، ۱۳۹۷). در این تحقیق از مدل اقتصادی تابع کاب ـ داگلاس برای نشان‌دادن رابطهٔ مصرف انرژی با سایر متغیرها استفاده می‌شود. مدل اقتصادی - انرژی مبتنی‌بر تابع تولید کاب ـ داگلاس در رابطهٔ ۱ ارائه شده است. این رابطه به‌عنوان الگو، مصارف انرژی را به‌عوامل تأثیرگذار مرتبط می‌کند. در این رابطه مقادیر بتا ضرایبی هستند که از رگرسیون به دست می‌آیند. L و K متغیرهای مستقل مؤثر بر متغیر وابسته هستند.

$$Y_t = \beta_1 L_t^{\beta_2} K_t^{\beta_3} \rightarrow \ln(Y) = \ln(\beta_1) + \beta_2 \ln(L) + \beta_3 \ln(K) \qquad \textbf{رابطهٔ ۱}$$

در روش اقتصادسنجی مورد استفاده در این تحقیق، داده‌های مصارف انرژی و عوامل مؤثر بر مصرف انرژی در سطح کلان گردآوری و تابع مصرف انرژی در هر سال به دو متغیر جمعیت و ارزش افزودهٔ تولیدی مرتبط و رگرسیون انجام شده است. متغیر جمعیت نمایندهٔ تغییر در حجم فعالیت‌های مؤثر بر مصرف انرژی (اثر فعالیت) و ارزش افزوده بیانگر ساختارها و فناوری‌های مصرف‌کنندهٔ انرژی (اثر ساختاری) هستند.

در روش تحلیل تجزیه، تجزیهٔ مصارف انرژی به عوامل تأثیرگذار و تعیین سهم هر یک از عوامل از تغییرات مصرف انجام و کمّی‌سازی میزان تأثیر عوامل شناسایی‌شده، پیگیری منشأ تغییرات و اندازه‌گیری میزان تأثیر سیاست‌ها و فناوری‌های انرژی در تغییرات مصرف انرژی انجام می‌شود. این روشِ تحلیلی تکنیکی برای تشخیص منابع مختلف تغییر در یک متغیر در طول زمان است و به دلیل درنظرگرفتن وابستگی‌های مستقیم و غیرمستقیم همهٔ بخش‌های اقتصادی، از دقت بالایی برخوردار است و می‌تواند بین تأثیرات پیشرفت فناوری و تقاضا تمایز قائل شود (Santiago et al., 2014). این روش برای مطالعات مختلف حوزهٔ انرژی، شامل عرضه و تقاضای انرژی، انتشار گازهای

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

گلخانه‌ای، جریان منابع، کارایی مصرف و بررسی روند و مقایسه‌های تطبیقی کاربرد دارد. در حالت کلی، میزان مصرف انرژی در یک سیستم می‌تواند به عوامل زیر تجزیه شود (رابطهٔ ۲) (Zhang & Wang, 2021).

$$E = \sum_{i}^{n} A * \frac{A_i}{A} * \frac{E_i}{A_i} = A * \sum_{i}^{n} (S_i * I_i)$$ **رابطهٔ ۲**

در این رابطه i نشان‌دهندهٔ زیربخش یا مصرف‌کنندهٔ نهایی در زیر بخش است. شرح هر یک از موارد به صورت زیر است:

اثر تجمیعی فعالیت (A) که نشان‌دهندهٔ مجموع تأثیرات حاصل از عوامل تأثیرگذار فعالیت‌ها بر مصرف انرژی بوده و به صورت متغیر آزاد است. به‌عنوان مثال، جمعیت در سطح کشور، میزان ارزش افزوده در سطح بخش صنعت و خدمات، میزان زیربنای مفید در سطح بخش خانگی، نفر - کیلومتر و تن – کیلومتر در سطح بخش حمل‌ونقل مسافری و باری می‌تواند نشان‌دهندهٔ حجم فعالیت‌های مرتبط باشند.

اثر ساختاری بخشی (S_i) که ترکیب ساختاری فعالیت‌های مؤثر بر مصرف انرژی بوده و به زیرساختارهای مختلف سطح مورد بررسی تقسیم و به صورت متغیر مقید است. نظیر ترکیب زیربخش‌های صنعتی مانند کانی فلزی، غیرفلزی و...، سهم استفادهٔ نهایی نظیر سرمایش، گرمایش و... در بخش ساختمان یا سهم مودهای حمل‌ونقل در بخش حمل‌ونقل. همچنین، پیشرفت‌های فناوری که بر ساختار بخش‌های مختلف به‌طور مستقیم تأثیرگذارند، در این بخش محاسبه می‌شود. به‌عنوان مثال در بخش صنعت، میزان تولیدات صنعتی در بخش‌های مختلف به شدت بر مصرف انرژی اثرگذار است و میزان تولیدات صنعتی در هر سال به ارزش افزودهٔ تولیدی آن صنعت مرتبط می‌شود. رونق اقتصادی و همچنین پیشرفت‌های فناوری منجر به تغییر جهت‌گیری‌های سرمایه‌گذاری در بخش‌های مختلف صنعتی می‌شود و این موضوع بر مصرف انرژی در صنعت تأثیرگذار است. با توجه به اینکه زیربخش‌های مختلف صنعتی انرژی‌بری‌های متفاوتی دارند و سهم ارزش افزودهٔ زیربخش‌های انرژی‌بری همچون صنایع کانی غیرفلزی، صنایع فلزات اساسی و صنایع شیمیایی در ارزش افزودهٔ کل صنایع در طول زمان دستخوش تغییر اساسی می‌شود، لذا اهمیت اثر ساختاری روی تغییرات مصرف و شدت انرژی بخش صنعت محسوس است. مشابه این وضعیت در سایر بخش‌های مصرف‌کنندهٔ انرژی نیز وجود دارد.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

شدت انرژی (I) میزان مصرف انرژی به ازای عامل مؤثر را نشان می‌دهد. شدت انرژی تحت تأثیر عوامل مختلفی، از قبیل پیشرفت‌های فناوری، افزایش کارایی تجهیزات مصرف‌کنندهٔ انرژی، عوامل اقتصادی، آگاهی‌های بیشتر مصرف‌کنندگان به اهمیت انرژی و تغییر الگوی مصرف، اعمال روش‌ها و سیاست‌های قیمتی و غیرقیمتی مدیریت مصرف انرژی و... قرار می‌گیرد. اثر شدت انرژی برآیند تغییرات مذکور بر مصرف انرژی را با فرض ثابت‌بودن سطح تولید و ساختار مصرف‌کنندگان اندازه‌گیری می‌کند.

بر اساس مطالب ارائه‌شده، تجزیهٔ مصارف انرژی بر اساس رابطهٔ ۳ انجام می‌شود. این معادله تغییرات مصرف انرژی در سال t را نسبت به سال پایه سنجش می‌کند.

$$\Delta E = E_t - E_0 = \Delta A + AS + \Delta I + \epsilon \qquad \text{رابطهٔ ۳}$$

که در این رابطه $\boldsymbol{\varepsilon}$ مقدار باقیمانده نامیده می‌شود و مقدار آن بستگی به نوع روش تحلیل تجزیه دارد.

با تلفیق رابطهٔ ۱ و ۲ و مشتق و انتگرال‌گیری، رابطهٔ ۴ حاصل می‌شود:

$$E = \sum_{i}^{n} A_t * S_{i,t} * I_{i,t} \rightarrow \frac{\partial E_t}{\partial t} = \sum_{t} \frac{\partial A_t}{\partial t} * S_{i,t} * I_{i,t} + \sum_{t} \frac{\partial S_{i,t}}{\partial t} * A_t * I_{i,t} + \sum_{t} \frac{\partial I_{i,t}}{\partial t} * A_t * S_{i,t} \qquad \text{رابطهٔ ۴}$$

$$\rightarrow \ln(\frac{E_t}{E_0}) = \int_0^t \sum_{t} \frac{\partial A_t}{\partial t} * \frac{S_{i,t} * I_{i,t}}{E_0} dt + \int_0^t \sum_{t} \frac{\partial S_{i,t}}{\partial t} * \frac{A_t * I_{i,t}}{E_0} dt + \int_0^t \sum_{t} \frac{\partial I_{i,t}}{\partial t} * \frac{A_t * S_{i,t}}{E_0} dt$$

برای حل این معادله روش‌های مختلفی نظیر لاسپیرز، شاخص پاشه، روش دیویژیا میانگین ساده، فیشر ایدئال، دیویژیا پارامتریک و میانگین لگاریتمی دیویژیا توسعه یافته است که در این تحقیق، روش‌های لاسپیرز و میانگین لگاریتمی دیویژیا مورد توجه قرار گرفته‌اند. روابط مورد استفاده در این دو روش در روابط ۵ تا ۱۲ ارائه شده‌اند (Trudeau, 2012).

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

روش تحلیل میانگین لگاریتمی دیویژیا		روش تحلیل لاسپیرز		
رابطهٔ ۸	$E_t^A = \sum_i^n L(E_t^i, E_0^i) * \ln(\frac{A_t}{A_0})$	رابطه (۵)	$E_t^A = A_t * \sum_i^n S_0^i * I_0^i - E_0$	اثر فعالیت
رابطهٔ ۹	$E_t^S = \sum_i^n L(E_t^i, E_0^i) * \ln(\frac{S_t^i}{S_0^i})$	رابطه (۶)	$E_t^S = A_0 * \sum_i^n S_t^i * I_0^i - E_0$	اثر ساختاری
رابطهٔ ۱۰	$E_t^I = \sum_i^n L(E_t^i, E_0^i) * \ln(\frac{I_t^i}{I_0^i})$	رابطه (۷)	$E_t^I = A_0 * \sum_i^n S_0^i * I_t^i - E_0$	اثر شدت انرژی
رابطهٔ ۱۱	$L(a,b) = \frac{a-b}{\ln(\frac{a}{b})}\ , a,b>0\ , a \neq b$			

محاسبهٔ اثر فعالیت در سال t (E_t^A) با فرض تغییرات واقعی فعالیت‌ها در سال t و ثابت‌بودن ساختار و شدت انرژی در مقادیر سال پایه انجام می‌شود. به همین ترتیب تأثیر ساختار در سال t (E_t^S) با فرض تغییرات واقعی ساختار بخشی در سال t و ثابت‌بودن فعالیت‌ها و شدت انرژی در مقادیر سال پایه و تأثیر شدت انرژی در سال t (E_t^I) با فرض تغییرات واقعی شدت انرژی در سال t و ثابت‌بودن فعالیت‌ها و ساختار بخشی در مقادیر سال پایه محاسبه می‌شود.

یافته‌ها

بر اساس مبانی روش‌شناسی تحقیق، مدل تحلیلی مربوطه توسعه داده شده و با استفاده از داده‌های واقعی، میزان تأثیر عوامل تأثیرگذار در تغییرات انرژی ارائه شده است. نتایج بر اساس هر دو روش اقتصادسنجی و تحلیل تجزیه ارائه شده است.

الف. نتایج روش تحلیل اقتصادسنجی

با توجه به تابع تولید ارائه‌شده در رابطهٔ ۱، دو متغیر جمعیت و میزان ارزش افزودهٔ بخش‌های اقتصادی به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده و رگرسیون در نرم‌افزار ایویوز[1] انجام شده است. نتایج رگرسیون در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به مقادیر آمارهٔ t و مقدار P هر سه عامل جمعیت، ارزش افزوده و ضریب ثابت معنی‌دار بوده و مقدار مربعات R برابر ۹۹ ٪ به دست آمده است که نشان از انطباق

1. E-Views software

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

مناسب مدل آماری و داده‌های واقعی دارد. نمودار مطابقت مصرف واقعی و برآوردشده در شکل ۴ نشان از انطباق مناسب مدل برآوردشده و مقادیر واقعی مصرف انرژی دارد.

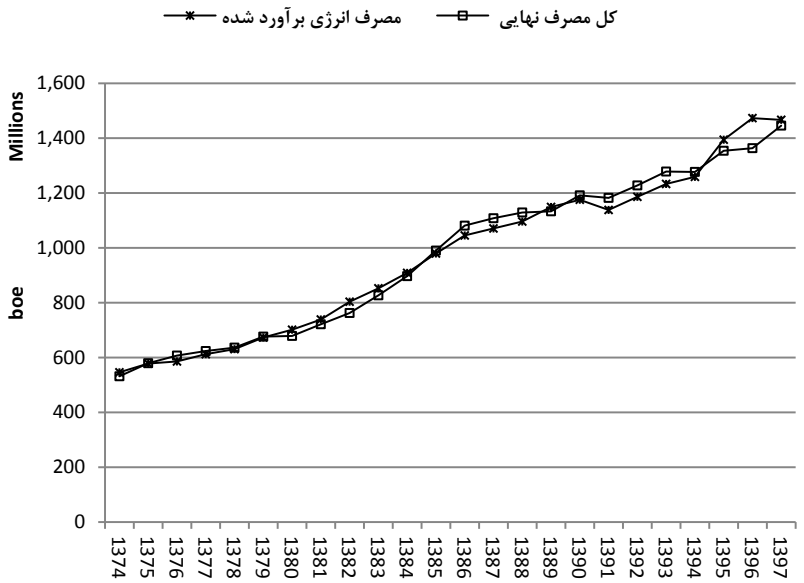
شکل ۳. نتایج مدل‌سازی به روش اقتصادسنجی

Dependent Variable: LOG(TFEC)
Method: Least Squares
Date: 08/24/21 Time: 09:32
Sample: 1374 1397
Included observations: 24

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(POPULATION)	1.929762	0.230687	8.365283	0.0000
LOG(TVA)	0.616532	0.110744	5.567162	0.0000
C	-10.48403	1.061755	-9.874245	0.0000

R-squared	0.990304	Mean dependent var	20.64659
Adjusted R-squared	0.989380	S.D. dependent var	0.320001
S.E. of regression	0.032977	Akaike info criterion	-3.869565
Sum squared resid	0.022837	Schwarz criterion	-3.722308
Log likelihood	49.43478	Hannan-Quinn criter.	-3.830498
F-statistic	1072.397	Durbin-Watson stat	0.810820
Prob(F-statistic)	0.000000		

شکل ۴. نمودار مطابقت مصرف واقعی و برآوردشده حاصل از روش اقتصادسنجی



[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

لذا بر اساس مدل رگرسیونی برآوردشده، تابع مصرف انرژی بر اساس دو متغیر جمعیت و ارزش افزودهٔ بخش‌های اقتصادی به صورت زیر پیشنهاد می‌شود (رابطهٔ ۱۲).

$$TFEC = (2.79797)^{-5} * Population^{1.92976} * TVA^{0.61653}$$ **رابطهٔ ۱۲**

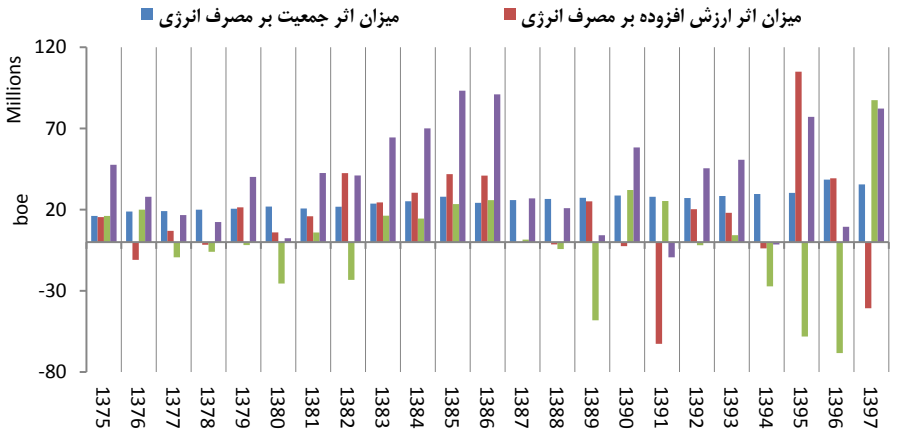
با توجه به مدل، کشش مصرف انرژی نهایی نسبت به جمعیت و ارزش افزوده به صورت زیر و به ترتیب برابر ۱/۹۲۹۷۶ و ۰/۶۱۶۵۳ به دست می‌آید. این اعداد مثبت با روند مورد انتظار افزایش مصرف انرژی با افزایش جمعیت و ارزش افزوده مطابقت دارد.

$$((\partial(TFEC))/TFEC)/((\partial(Population))/Population) = 1.92976$$

$$((\partial(TFEC))/TFEC)/((\partial(TVA))/TVA) = 0.61653$$

بر اساس مدل رگرسیون به‌دست‌آمده، میزان تأثیرات عوامل جمعیت و ارزش افزوده از اختلاف انرژی هر سال نسبت به سال قبل محاسبه و در شکل ۵ ارائه شده است.

شکل ۵. میزان تأثیرات عوامل جمعیت و ارزش افزوده و سیاست‌های انرژی از اختلاف انرژی نسبت به سال قبل



همان‌گونه که در شکل ۵ مشخص است بیشترین اختلاف مصرف سال هدف نسبت به سال قبل مربوط به سال ۱۳۸۵ با ۹۳ Mboe بوده است که از این مقدار افزایش مصرف، ۲۷/۹ Mboe (۳۰٪) سهم اثر جمعیت، ۴۱/۹ Mboe (۴۵٪) سهم اثر ساختار و ۲۳/۴ Mboe (۲۵٪) سهم سیاست‌های انرژی بوده است. بیشترین مقدار اثر جمعیت مربوط به سال ۱۳۹۶ با ۳۸/۵ Mboe و کمترین مقدار مربوط به سال ۱۳۷۵ با Mboe

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

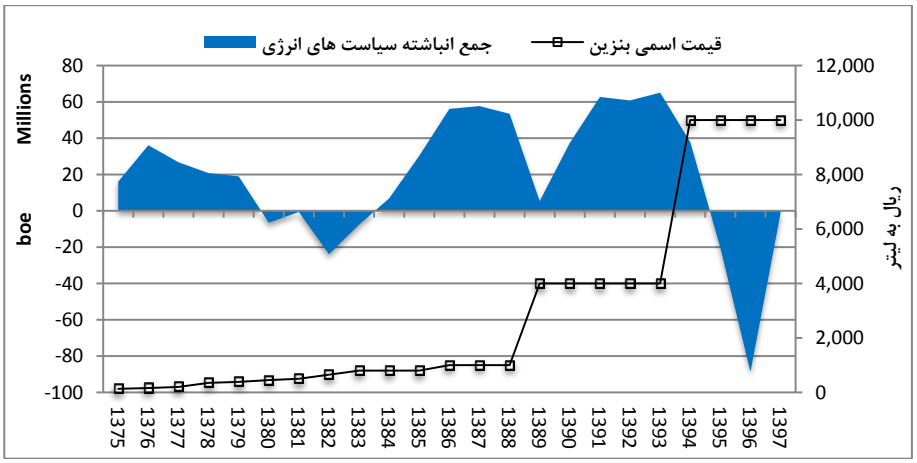
۱۶/۱ بوده است. بیشترین مقدار اثر ارزش افزوده مربوط به سال ۱۳۹۵ با Mboe ۱۰۵/۰ و کمترین مقدار مربوط به سال ۱۳۹۱ با Mboe ۶۲/۶ کاهش بوده است. بیشترین مقدار اثر مطلوب در سیاست‌های انرژی مربوط به سال ۱۳۹۶ با Mboe ۶۸/۳ کاهش و کمترین مقدار اثر مطلوب مربوط به سال ۱۳۹۷ با Mboe ۸۷/۴ افزایش بوده است.

اختلاف بین مقادیر مصرف انرژی با مجموع تأثیرات جمعیت و ارزش افزوده نشان‌دهندهٔ اثر سیاست‌های انرژی است. جمع انباشته[1] سیاست‌های انرژی نشان‌دهندهٔ روند تأثیرگذاری سیاست‌ها بوده و روند نزولی نشان می‌دهد سیاست‌ها تأثیرگذار بوده و منجر به کاهش مصرف انرژی شده است و روند صعودی نشان می‌دهد سیاست‌های بهینه‌سازی منجر به کاهش مصرف انرژی نشده‌اند (رابطهٔ ۱۳ و شکل ۶).

$$CUSUM_t = CUSUM_{t-1} + I_t \qquad \text{رابطهٔ ۱۳}$$

جهت بررسی تأثیر مستقیم قیمت حامل‌های انرژی بر کاهش مصرف انرژی، نمودار شکل ۶ برای مقایسهٔ تطبیقی قیمت اسمی بنزین (به‌عنوان شاخصی از قیمت حامل‌های انرژی) و جمع انباشته سیاست‌های انرژی ارائه شده است.

شکل ۶. جمع انباشته اثرات سیاست‌های انرژی



همان‌گونه که در شکل ۶ نشان داده شده است سیاست‌های انرژی در سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۲ مؤثر بوده و باعث کاهش مصرف انرژی شده‌اند. از مهم‌ترین سیاست‌های

1. Cumulative summation (CUSUM)

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

انرژی در این دوره ادامهٔ اجرای قانون بند (و) تبصرهٔ ۱۹ برنامهٔ دوم توسعه، تدوین اولین ویرایش استانداردهای معیار مصرف انرژی برای تجهیزات انرژی‌بر، نظیر ماشین لباسشویی برقی، کولر آبی خانگی، پمپ‌های گریز از مرکز در سال ۱۳۷۸، شروع قانون برنامهٔ سوم توسعه و اجرای ماده ۱۲۱ قانون و ابلاغ سیاست‌های کلی در زمینهٔ انرژی در سال ۱۳۷۹، ایجاد شورای عالی انرژی و ویرایش مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در سال ۱۳۸۱ و راه‌اندازی بازار برق در سال ۱۳۸۲ بوده‌اند. سیاست‌های انرژی از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۸ مؤثر نبوده و باعث کاهش مصرف انرژی نشده‌اند. از مهم‌ترین سیاست‌های انرژی در این دوره ادامهٔ اجرای ماده ۱۲۱ قانون برنامهٔ سوم توسعه و تنفیذ آن در ماده ۲۰ قانون برنامهٔ چهارم از سال ۱۳۸۳ بوده است. به نظر می‌رسد علی‌رغم اجرای مناسب قوانین وضع‌شده در دورهٔ قبل، اجرای قوانین در این دوره با جدیت دنبال نشده است. در سال ۱۳۸۸ و هم‌زمان با اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، تأثیر قابل‌ملاحظهٔ اجرای این قانون در کاهش مصرف انرژی مشهود است و نشان می‌دهد اصلاح قیمت حامل‌های انرژی در دورهٔ کوتاه‌مدت منجر به واردشدن شوک به مصرف‌کنندگان و به تبع آن کاهش مصرف انرژی می‌شود. تأثیر اصلاح قیمت در سال ۱۳۸۸ کاملاً مشهود است. از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ و با وجود وضع قوانینی نظیر ماده ۱۲۳ قانون برنامهٔ پنجم توسعه، قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی در سال ۱۳۹۰، تدوین استانداردهای معیار مصرف انرژی و ابلاغ سیاست‌های اقتصاد مقاومتی، اجرای سیاست‌های انرژی منجر به کاهش مصرف انرژی نشده‌اند. اجرای سیاست‌هایی نظیر دستورالعمل وزارت نفت برای استقرار سیستم مدیریت انرژی، مصوبه تأمین ۲۰٪ برق ساختمان‌های دولتی از انرژی‌های تجدیدپذیر و تصویب قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر در سال ۱۳۹۴ منجر به کاهش مصرف انرژی در دوره ۱۳۹۳-۱۳۹۶ شده است. تأثیر اصلاح قیمت در سال ۱۳۹۴ کاملاً مشهود است.

ب. نتایج و تحلیل روش تحلیل تجزیه

بر اساس رابطهٔ ۲، جمعیت به‌عنوان اثر فعالیت در نظر گرفته شده و تأثیرات میزان افزایش جمعیت به اثرات فعالیت نسبت داده می‌شود. نسبت ارزش افزودهٔ تولیدی به جمعیت که شاخص ارزش افزودهٔ سرانه است، به‌عنوان اثر ساختاری در نظر گرفته می‌شود که نشان‌دهندهٔ پویایی وضعیت اقتصادی و تأثیرات مؤلفه‌های ساختاری در توسعهٔ بخش‌هاست. نسبت میزان مصرف انرژی به ارزش‌افزوده به‌عنوان شاخص شدت

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

انرژی در نظر گرفته شده است و لذا سه اثر فعالیت، ساختاری و شدت انرژی به صورت شاخص‌های زیر و طبق رابطهٔ ۱۴ مورد توجه قرار می‌گیرند.

$$E = \sum_{i}^{n} A * \frac{A_i}{A} * \frac{E_i}{A_i} \rightarrow TFEC$$

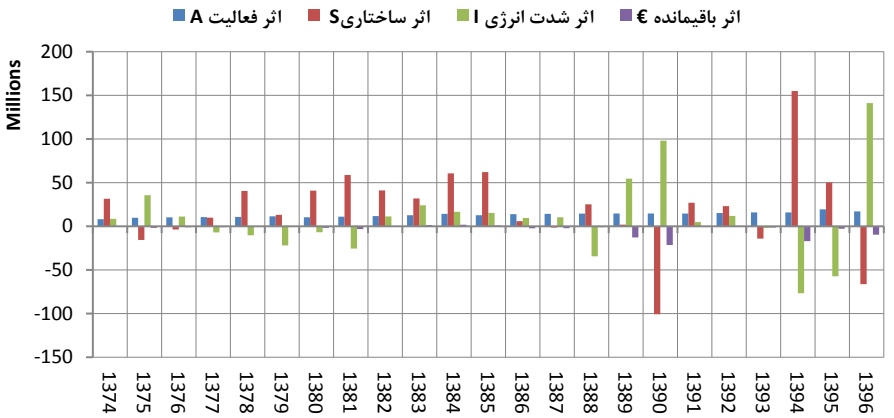
$$= \sum_{i=1}^{n} \text{Population} * \frac{\text{TVA}_i}{\text{Population}} * \frac{\text{TFEC}_i}{\text{TVA}_i} \qquad \text{رابطهٔ ۱۴}$$

$$= \sum_{i=1}^{n} A * S_i * I_i$$

تحلیل تجزیه بر اساس دو روش لاسپیرز و میانگین لگاریتمی دیویژیا و بر اساس روش شرح‌داده‌شده انجام شده است. برای سال هدف ۱۳۷۵، سال ۱۳۷۴ به‌عنوان سال پایه (سال صفر) در نظر گرفته شد و بر همین مبنا، میزان تغییرات هر سال نسبت به سال قبل سنجش و ارائه می‌شود. ابتدای دوره پنج‌ساله بر اساس شروع برنامهٔ دوم توسعه اقتصادی ـ اجتماعی کشور در نظر گرفته شده است.

نتایج حاصل از تحلیل تجزیه به روش لاسپیرز در شکل ۷ ارائه شده است. بر اساس تحلیل روش لاسپیرز، بیشترین اختلاف مصرف سال هدف نسبت به سال قبل مربوط به سال ۱۳۸۵ با ۹۳ Mboe بوده است که از این مقدار افزایش مصرف، ۱۴/۳ Mboe (۱۵٪) سهم اثر جمعیت، ۶۰/۶ Mboe (۶۵٪) سهم اثر ساختار و ۱۶/۵ Mboe

شکل ۷. نتایج حاصل از تحلیل تجزیه به روش لاسپیرز (هر سال نسبت به سال قبل) سال پایه: سال ۱۳۷۴

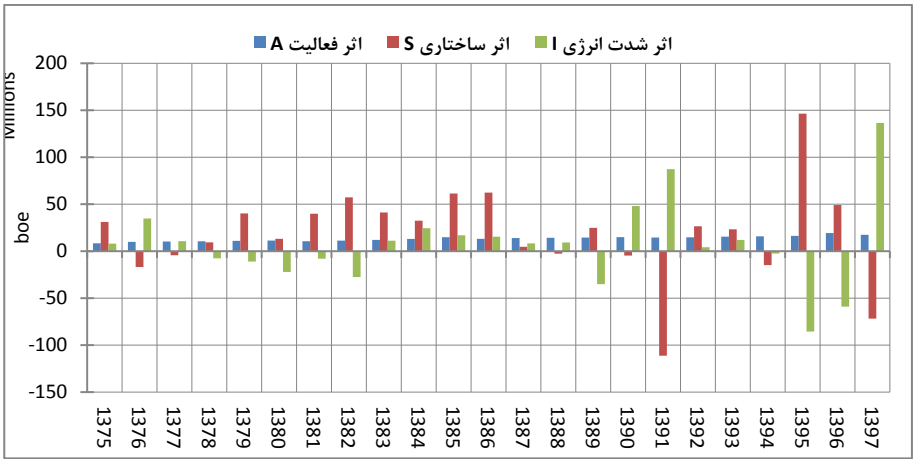


[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

(۱۸٪) سهم شدت انرژی و میزان ۱/۸ Mboe (۲٪) سهم باقیمانده بوده است. بیشترین مقدار اثر جمعیت مربوط به سال ۱۳۹۶ با ۱۹/۴ Mboe و کمترین مقدار مربوط به سال ۱۳۷۵ با ۸/۱ Mboe بوده است. بیشترین مقدار اثر ساختاری مربوط به سال ۱۳۹۵ با ۱۵۴/۹ Mboe و کمترین مقدار مربوط به سال ۱۳۹۱ با ۱۰۰/۸ Mboe کاهش بوده است. بیشترین مقدار اثر مطلوب در شدت انرژی مربوط به سال ۱۳۹۵ با ۷۶/۷ Mboe کاهش و کمترین مقدار اثر مطلوب مربوط به سال ۱۳۹۷ با ۱۴۱/۱ Mboe افزایش بوده است. نتایج حاصل از تحلیل لاسپیرز، نقاط بیشینه و کمینه تحلیل اقتصادسنجی را تأیید می‌کند.

نمودار تجزیه تغییرات مصرف انرژی به سه عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری و اثر شدت انرژی بر اساس روش دیویژیا در نمودار شکل ۸ نشان داده شده است. بر اساس این روش، بیشترین اختلاف مصرف سال هدف نسبت به سال قبل مربوط به سال ۱۳۸۵ با ۹۳ Mboe بوده است که از این مقدار افزایش مصرف، ۱۴/۹ Mboe (۱۶٪) سهم اثر فعالیت، ۶۱/۴ Mboe (۶۶٪) سهم اثر ساختار و ۱۷/۰ Mboe (۱۸٪) سهم شدت انرژی بوده است. در سایر سال‌ها، تأثیرات متقابل این سه عامل باعث ایجاد تغییرات کمتری شده است. بیشترین مقدار اثر فعالیت مربوط به سال ۱۳۹۶ با ۱۹/۳ Mboe و کمترین مقدار مربوط به سال ۱۳۷۵ با ۸/۴ Mboe بوده است. بیشترین مقدار اثر ساختاری مربوط به سال ۱۳۹۵ با ۱۴۶/۴ Mboe و کمترین مقدار مربوط به سال ۱۳۹۱ با

شکل ۸. نتایج حاصل از تحلیل تجزیه به روش میانگین لگاریتمی دیویژیا (هر سال نسبت به سال قبل) سال پایه: سال ۱۳۷۴



[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

Mboe ۱۱۱/۱ کاهش بوده است. بیشترین مقدار اثر مطلوب در شدت انرژی مربوط به سال ۱۳۹۵ با Mboe ۸۵/۶ کاهش و کمترین مقدار اثر مطلوب مربوط به سال ۱۳۹۷ با Mboe ۱۳۶/۵ افزایش بوده است. نتایج حاصل از تحلیل میانگین لگاریتمی دیویژیا نیز نقاط بیشینه و کمینهٔ تحلیل اقتصادسنجی را تأیید می‌کند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود روند متغیر فعالیت (جمعیت) همواره صعودی است، لذا طبق انتظار اثر فعالیت همواره مثبت است. تأثیرات ارزش افزودهٔ سرانه که نشان‌دهندهٔ وضعیت رونق اقتصادی و تمایل به توسعهٔ فعالیت‌های مصرف‌کنندهٔ انرژی در کشور است، در سال‌های مختلف عمدتاً مثبت و تأثیر آن قابل‌ملاحظه بوده است.

نتایج نشان می‌دهد میزان باقیمانده در روش میانگین لگاریتمی دیویژیا کمتر است و بنابراین روش دقیق‌تری نسبت به لاسپیرز محسوب می‌شود. نتایج متوسط تحلیل میانگین لگاریتمی دیویژیا برای دوره‌های پنج‌ساله در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌گونه که در این جدول مشخص شده است اثرات ساختاری مهم‌ترین عامل در افزایش مصرف انرژی در کشور بوده و پس از آن اثرات فعالیت و شدت انرژی قرار دارد. بیشترین تأثیرات مطلوب شدت انرژی که منجر به کاهش مصرف شده است، برای دورهٔ ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ و بیشترین تأثیرات نامطلوب شدت انرژی که منجر به افزایش مصرف شده است، به دورهٔ ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ اختصاص دارد که می‌توان از اقدامات این دوره‌ها به‌عنوان الگو در سیاست‌گذاری‌ها استفاده کرد.

جدول ۱. نتایج متوسط حاصل از تحلیل تجزیه به روش میانگین لگاریتمی دیویژیا برای دوره‌های پنج‌ساله

سال پایه: سال ۱۳۷۴ (مقادیر بر حسب Mboe)

دورهٔ بررسی	اثر فعالیت (A)		اثر ساختاری (S)		اثر شدت انرژی (I)		اثر باقیمانده (ε)		میزان تغییرات مصارف انرژی
	مقدار	درصد	مقدار	درصد	مقدار	درصد	مقدار	درصد	
۱۳۷۸-۱۳۷۵	۹,۸۰۸,۰۲۴	٪۳۸	۴,۸۵۸,۹۱۹	٪۱۹	۱۱,۴۷۸,۵۵۷	٪۴۴	۰	٪۰	۲۶,۱۴۵,۵۰۰
۱۳۸۳-۱۳۷۹	۱۱,۳۱۵,۴۳۸	٪۳۰	۳۷,۸۸۹,۸۹۸	٪۱۰۱	-۱۱,۵۹۹,۵۶۶	-٪۳۱	۰	٪۰	۳۷,۶۰۵,۷۷۰
۱۳۸۸-۱۳۸۴	۱۴,۰۷۷,۳۳۰	٪۲۴	۳۱,۴۵۱,۳۴۸	٪۵۴	۱۲,۴۹۷,۶۹۰	٪۲۲	۲۲۲	٪۰	۵۸,۰۲۶,۵۹۱
۱۳۹۳-۱۳۸۹	۱۴,۹۲۱,۴۶۸	٪۴۱	-۱۶,۵۳۷,۱۴۹	-٪۴۶	۳۷,۸۹۲,۴۹۳	٪۱۰۴	۰	٪۰	۳۶,۲۷۶,۸۱۲
۱۳۹۷-۱۳۹۴	۱۷,۲۱۹,۸۴۱	٪۴۱	۲۷,۲۴۹,۸۳۳	٪۶۵	-۲,۶۳۲,۴۷۷	-٪۶	۰	٪۰	۴۱,۸۳۷,۱۹۷
متوسط کل دوره	**۱۳,۳۸۸,۷۰۰**	**٪۳۴**	**۱۹,۰۰۵,۸۱۶**	**٪۴۸**	**۷,۳۴۵,۸۹۴**	**٪۱۸**	**۰**	**٪۰**	**۳۹,۷۴۰,۴۱۰**

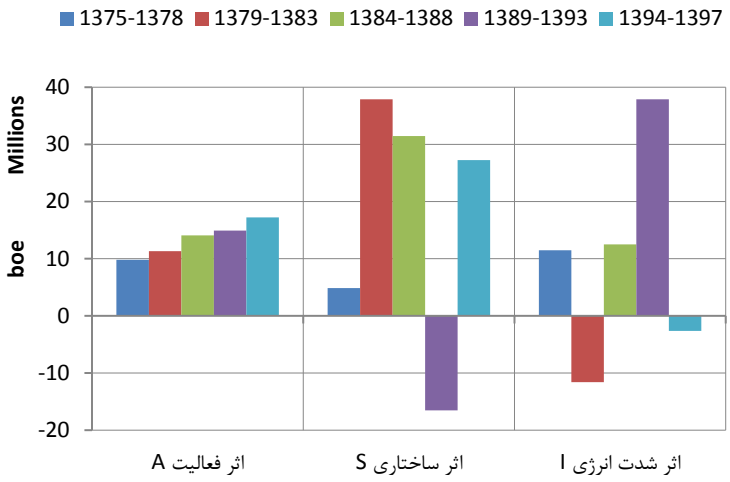
نمودار نتایج تحلیلی عوامل تأثیرگذار در شکل ۹ ارائه شده است.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

شکل ۹. نتایج متوسط تجزیهٔ مصارف به عوامل تأثیرگذار، طبق روش میانگین لگاریتمی دیویژیا در دوره‌های مختلف

الف

ب



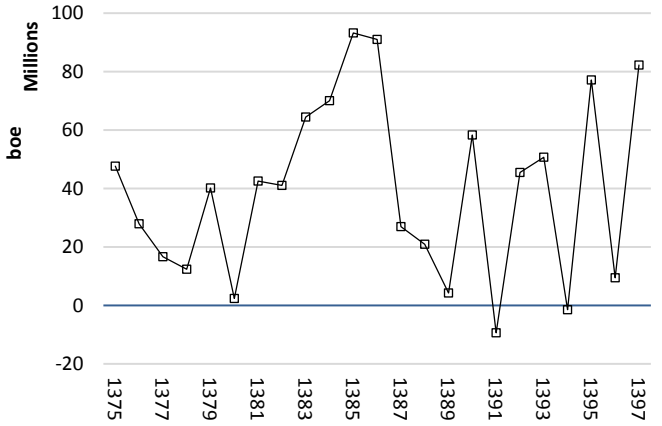
نتایج شکل ۹، اثرگذاری مثبت اثر جمعیت را در دوره‌های مختلف، اثرگذاری بالای ساختار در تغییرات مصرف و تا حدودی نسبت عکس اثر ساختار و اثر شدت انرژی را در دوره‌های مختلف نمایش می‌دهد.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

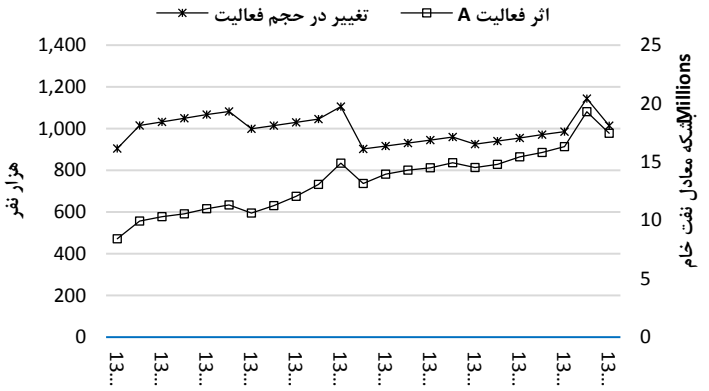
بحث و نتیجه‌گیری

روند تغییرات در مصرف انرژی به‌جز در سال‌های ۱۳۹۰ به ۱۳۹۱ و ۱۳۹۳ به ۱۳۹۴ افزایشی بوده است. افزایش متغیر فعالیت منجر به روندی مثبت در تمامی سال‌های مورد مطالعه شده است. در بررسی روندها، همان‌گونه که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، روند تغییر در مصرف انرژی هر سال نسبت به سال قبل از الگوی خاصی تبعیت نمی‌کند. با تجزیهٔ این تغییرات به عوامل اثرگذار، می‌توان الگوی مشخصی را در روند تغییرات مشاهده کرد. نمودار تغییرات مصرف انرژی حاصل از تغییر در عوامل فعالیت، ساختاری و شدت انرژی در نمودارهای شکل ۱۱ تا ۱۳ ارائه شده‌اند.

شکل ۱۰. روند تغییرات مصرف انرژی در سال هدف نسبت به سال پایه

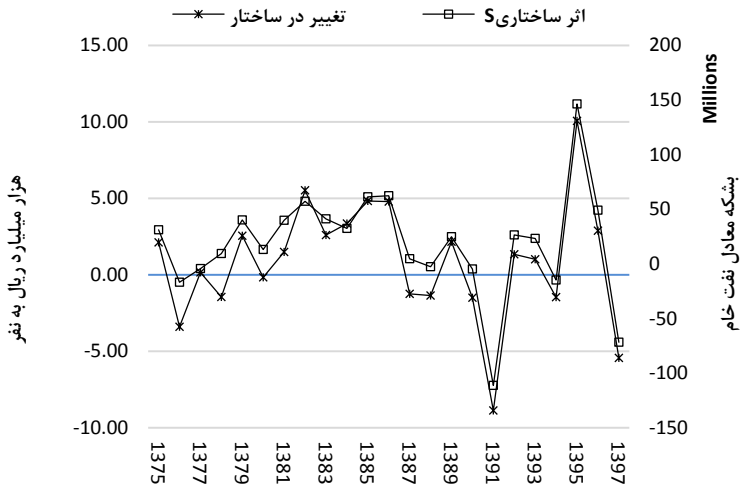


شکل ۱۱. روند تغییرات مصرف انرژی در اثر متغیر فعالیت و تغییر در حجم فعالیت

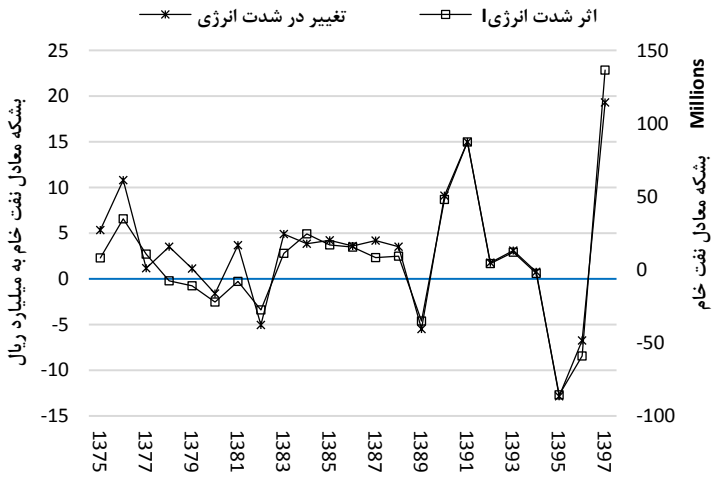


[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

شکل ۱۲. روند تغییرات مصرف انرژی در اثر متغیر ساختاری و تغییر در ساختار



شکل ۱۳. روند تغییرات مصرف انرژی در اثر متغیر شدت انرژی و تغییر در شدت انرژی



عامل جمعیت به‌عنوان حجم فعالیت‌ها در نظر گرفته شده است و انتظار می‌رود با افزایش جمعیت، مصرف انرژی در بخش‌های مختلف ساختمان به علت نیاز به ساخت ساختمان‌های بیشتر و مصرف بیشتر انرژی گرمایشی و سرمایشی و...، حمل‌ونقل به علت افزایش در اندازه و حجم ناوگان و همچنین افزایش نفر ـ کیلومتر یا تن ـ کیلومتر، در

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

بخش کشاورزی به علت افزایش تولیدات کشاورزی و در بخش صنعت به علت افزایش در میزان تولیدات صنعتی و توسعهٔ صنایع بالادستی افزایش یابد. همان‌گونه که در شکل ۱۱ مشخص است میزان تغییرات انرژی در اثر فعالیت تبعیت خوبی از الگوی تغییر در متغیر فعالیت (جمعیت) داشته و روند تغییرات مصرف انرژی، روند تغییر جمعیت را دنبال می‌کند.

عامل ارزش افزودهٔ سرانه که حاصل تقسیم ارزش افزودهٔ تولیدی در بخش‌های مختلف نسبت به جمعیت است، عامل ساختاری در نظر گرفته شده است. این شاخص از پیشرفت‌های فناوری و تغییر در الگوها و ساختارهایی که به نوعی بر ارزش افزودهٔ تولیدی در بخش‌های اقتصادی تأثیرگذارند، اثرپذیر بوده و ازآنجایی‌که این شاخص حاصل‌تقسیم دو عامل است، در حالت کلی انتظار می‌رود با افزایش/کاهش این شاخص، میزان مصرف انرژی افزایش/ کاهش یابد. همان‌گونه که در شکل ۱۲ نیز قابل‌مشاهده است روند تغییر در اثر ساختاری با تغییرات در عامل ساختاری متناسب بوده و از الگوی تغییر پیروی می‌کند. در صورتی که میزان رشد ارزش افزوده از نسبتی مشخص از رشد مصرف انرژی در یک بخش بیشتر باشد، نشان از یک تغییر در فناوری و استفاده از تجهیزات و فناوری‌های نوین و با بازدهٔ انرژی بالاتر است. این موضوع می‌تواند بر نتایج اثر تغییرات ساختاری در تغییرات مصرف اثرگذار باشد. عامل شدت انرژی که حاصل‌تقسیم میزان مصرف انرژی به ارزش افزودهٔ تولیدی در بخش‌های مختلف است، به‌عنوان عامل شدت انرژی در نظر گرفته شده است. پایین‌آمدن این شاخص نشان‌دهندهٔ تأثیر مطلوب اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی در یک بخش / سطح کلان بوده و نسبت رشد مصرف انرژی و رشد اقتصادی را اندازه‌گیری می‌کند. این شاخص از اقدامات و سیاست‌های قیمتی و غیرقیمتی بهینه‌سازی مصرف انرژی اثرپذیر بوده و در حالت کلی انتظار می‌رود با افزایش/کاهش این شاخص، میزان مصرف انرژی افزایش/کاهش یابد. همان‌گونه که در شکل ۱۳ نیز قابل‌مشاهده است روند تغییر در اثر شدت انرژی با تغییرات در عامل شدت انرژی متناسب بوده و از الگوی تغییر پیروی می‌کند.

نتایج تحلیل ابزارهای اقتصادسنجی و روش تحلیل تجزیه (دو روش لاسپیرز و میانگین لگاریتمی دیویژیا) برای تحلیل داده‌ها و بررسی عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی نشان می‌دهد هر دو روش اقتصادسنجی و تحلیل تجزیه برای شناسایی و تعیین سهم عوامل اثرگذار بر مصرف معتبر و قابل‌اعتماد است و نتایج این دو روش همدیگر را تأیید می‌کنند. با درنظرگرفتن داده‌های مربوط به دورهٔ ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۷ مشخص شد در روش

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

اقتصادسنجی دو متغیر جمعیت و ارزش افزودهٔ اقتصادی تولیدی در زیربخش‌های اقتصادی بر مصرف انرژی اثرگذارند و رابطهٔ بین آن‌ها بر اساس تابع کاب - داگلاس تعیین و ضرایب با استفاده از رگرسیون به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد تأثیر متغیر جمعیت از ارزش افزوده بیشتر است. همچنین، با استفاده از تحلیل جمع انباشته اثر سیاست‌های انرژی، وقایع‌نگار سیاست‌های انرژی و تغییرات مصرف مطابقت و نتایج نشان می‌دهد اقدامات و سیاست‌های قیمتی تأثیری فوری، اما مقطعی بر کاهش مصرف انرژی دارند.

همچنین، نتایج تحلیل تجزیه نشان می‌دهد روش میانگین لگاریتمی دیویژیا به علت کمتربودنِ عامل باقیمانده از دقت بیشتری برخوردار است و طبق این روش و برای متوسط کل دورهٔ مورد بررسی به‌طور متوسط، اثر ساختاری ۴۸٪، اثر فعالیت ۱۸ درصد و اثر شدت انرژی ۱۸ درصد در افزایش مصرف انرژی مؤثر بوده‌اند. نتایج تحلیل نشان‌دهندهٔ مطلوب‌بودن روش تحلیل تجزیه در شناسایی عوامل تأثیرگذار بر تغییرات مصرف انرژی بوده و استفاده از دو روش تحلیل اقتصادسنجی و تحلیل تجزیه در سیاست‌گذاری‌های حوزهٔ انرژی توصیه می‌شود.

منابع

- امینی، فیروزه؛ شفیع‌زاده، محمدعلی؛ صابرفتاحی، لیدا؛ توانپور، مصطفی؛ سلیمانپور، پانته‌آ؛ فرمد، مجید و گل‌قهرمانی، نسرین (۱۳۹۹). *ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۷*. تهران.
- پورعبادالهان، محسن؛ شهبازی، شهریار و صالحی، خدیجه (۱۳۹۴). تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در زیربخش‌های صنعتی ایران: مقایسه روش‌های لاسپیرز و دیویژیا. *فصل‌نامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد*. سال دوم، شماره ۴، صص ۴۹-۷۰.
- تارنمای مرکز آمار ایران، درگاه ملی آمار، https://www.amar.org.ir.
- جهانگرد، اسفندیار و تجلی، هدیه (۱۳۹۰). تجزیه شدت انرژی‌بری در صنایع کارخانه‌ای ایران. *فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی*. سال هشتم، شماره ۳۱، صص ۵۸-۲۵.
- سیف، الهمراد و حمیدی، داود (۱۳۹۵). بررسی تأثیر شاخص‌های منتخب اقتصاد دانش‌بنیان بر شدت انرژی استان‌های کشور. *پژوهش‌نامه اقتصاد انرژی ایران*. سال پنجم، شماره ۱۷، صص ۱۴۵-۱۰۱.
- عباسی‌نژاد، حسین (۱۳۹۷). *اقتصادسنجی، مبانی و روش‌ها*، انتشارات دانشگاه تهران.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]

- عبدلی، قهرمان و ایرانشاهی، زینب (۱۳۹۳). تحلیل اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی در صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران. *فصل‌نامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*. سال بیست و دوم، شماره ۷۱، صص ۱۲۴-۱۰۳.
- فتحی‌زاده، حسین؛ نونژاد، مسعود؛ حقیقت، علی و امینی‌فرد، عباس (۱۳۹۹). رابطه رشد اقتصادی، شدت انرژی و توسعه مالی: یک مقایسه از اقتصادهای ایران و ترکیه. *فصل‌نامه اقتصاد کاربردی*. دوره ۱۰، شماره ۳۲ و ۳۳، صص ۴۲-۱۹.
- فریدزاد، علی (۱۳۹۴). تحلیل تجزیه شدت انرژی در صنایع انرژی‌بر ایران با استفاده از روش شاخص لگاریتم میانگین دیویژیا با تأکید بر رویکرد زمانی دو دوره‌ای و زنجیره‌ای. *پژوهش‌نامه اقتصاد انرژی ایران*. سال چهارم، شماره ۱۵، صص ۱۱۷-۸۷.
- ناظمی، علی و محمدیان، سهیلا (۱۳۹۴). تحلیل تغییرات مصرف انرژی و شدت انرژی مبتنی‌بر تجزیه عوامل در زیربخش‌های صنعت در ایران. *فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی*. سال یازدهم، شماره ۴۵، صص ۲۵۵-۲۲۱.
- International energy agency. (2020). Statistics report Key World Energy Statistics. www.iea.org
- Marrero, G. A., Ramos, F. J. (2013). Activity Sectors and Energy Intensity: Decomposition Analysis and Policy Implications for European Countries (1991–2005). *Journal of energies*, 6, 2521-2540. doi:10.3390/en6052521.
- Reuter, M., Patel, M. K., Eichhammer, W. (2019). Applying ex post index decomposition analysis to final energy consumption for evaluating European energy efficiency policies and targets. *Journal of Energy Efficiency*, 12, 1329–1357.
- Santiago, A., Huacuja, H., Dorronsoro, B., Pecero, J., Santillan, C., Barbosa, J., Monterrubio, J. (2014). A Survey of Decomposition Methods for Multi-objective Optimization Recent Advances on Hybrid Approaches for Designing Intelligent Systems. *Recent Advances on Hybrid Approaches for Designing Intelligent Systems*, pp 453-465.
- Stachura, P. (2018). Structural decomposition analysis applied to the energy use in Poland, *Economic and Environmental Studies* (E&ES), ISSN 2081-8319.
- Trudeau, N. (2012). Analyzing changes in energy and potential improvements in energy consumption. *Energy Statistics and Indicators Training*. Georgia.
- Zhang, W., Wang, N. (2021). Decomposition of energy intensity in Chinese industries using an extended LMDI method of production element endowment, *Journal of Energy*, Volume 221.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-05-24]