

تجزیه شدت انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی ایران

با تأکید بر دو اثر مقیاس و الگوی مصرف

زینب بیسادی* علی فریدزاد** علی اصغر بانویی***

تاریخ پذیرش

۱۳۹۹/۱۲/۱۹

تاریخ دریافت

۱۳۹۹/۰۳/۱۵

چکیده:

نقش و اهمیت انرژی در رشد و توسعه اقتصادی را نمی‌توان نادیده گرفت. همین موضوع سبب می‌شود تا میزان کارایی و بهره‌وری انرژی مصرفی با استفاده از شاخص شدت انرژی مورد بحث و بررسی قرار گیرد. شاخص شدت انرژی در ایران در مقایسه با سایر کشورها بسیار بالاتر است و اعمال سیاست‌های قیمتی مانند اجرای هدفمندی یارانه حامل‌های انرژی نیز تاکنون تأثیری بر روند کاهشی این شاخص نداشته است. اهمیت سیاست‌های غیر قیمتی در روند کاهش شدت انرژی و همچنین مشکلات اندازه‌گیری که در شاخص شدت انرژی وجود دارد سبب شده تا تجزیه شدت انرژی به‌عنوان یک راهکار در شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش مصرف انرژی و بهبود نرسایی این شاخص ارائه گردد. به همین منظور در این مطالعه با استفاده از رویکرد داده-ستانده مبتنی بر تحلیل تجزیه ساختاری، شاخص شدت انرژی برای سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۰ به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ به پنج مؤلفه شدت انرژی، اثر تکنولوژی، اثر ساختار تقاضا، اثر الگوی مصرف و اثر مقیاس تجزیه شده است. نتایج تجزیه شدت انرژی در این مطالعه حاکی از آن است که عامل اصلی افزایش شدت انرژی اثر مقیاس است و کمترین میزان اثرگذاری بر شدت انرژی مربوط به اثر الگوی مصرف است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که به‌طور کلی ۱۳ بخش از ۲۴ بخش اقتصادی بررسی شده افزایش شدت انرژی را تجربه کرده‌اند و از میان این ۱۳ بخش، ۹ بخش آن به زیر بخش‌های صنعت تعلق دارد.

کلیدواژه‌ها: الگوی مصرف، ساختار تقاضا، اثر مقیاس، تجزیه ساختاری، شدت انرژی.

طبقه‌بندی JEL: C67, Q43, Q41.

* کارشناس ارشد توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

zeynab_bisadi@atu.ac.ir

ali.faridzad@atu.ac.ir

banouei@atu.ac.ir

** دانشیار گروه اقتصاد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران،

*** استاد گروه اقتصاد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران،

۱. مقدمه

یکی از مهم‌ترین شاخص‌هایی که می‌تواند میزان کارایی مصرف انرژی را منعکس کند و امکان مقایسه میزان بهره‌وری و کارایی انرژی را در میان سایر کشورها فراهم آورد، شاخص شدت انرژی است. این شاخص که از نسبت (تقسیم) مصرف انرژی بر تولید ناخالص داخلی محاسبه می‌شود به دلیل مشکلاتی که در اندازه‌گیری مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی به وجود می‌آید، نمی‌تواند شاخص مناسبی برای تعیین میزان مصرف انرژی در سطح کلان و کلان-بخشی باشد؛ بنابراین برای کاهش این نارسایی نیاز است تا شاخص شدت انرژی تجزیه و در سطح بخش‌های اقتصادی به عوامل قابل توضیح تجزیه گردد.

مطالعات زیادی مانند مطالعه پورعبدالهان و همکاران (۱۳۹۴) در حوزه تجزیه شدت مصرف انرژی در سطح کلان - بخشی مورد اشاره قرار گرفته است که عمدتاً سه اثر شدت انرژی، اثر ساختار و اثر فعالیت را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعات منظور از اثر ساختار، اثر ساختار تولید بوده است که تغییرات مصرف انرژی را از منظر تغییرات تکنولوژی مورد ارزیابی قرار می‌دهد اما نکته حائز اهمیت آن است که اثر ساختار تنها به اثر تکنولوژی ختم نمی‌شود و می‌توان اثر ساختار را از منظر ساختار تقاضای نهایی نیز مورد ارزیابی قرار داد. اهمیت ساختار تقاضای نهایی به جهت آثاری است که هم بر رشد اقتصادی و هم بر روند مصرف انرژی دارد و به همین علت به بررسی بیشتری نیازمند است. بنابراین در این مطالعه نیز به جهت اهمیت بالای تقاضای نهایی، علاوه بر اثر ساختار تقاضا، دو اثر مقیاس و اثر الگوی مصرف نیز به صورت جداگانه، تقاضای نهایی را مورد بررسی قرار می‌دهند که در بخش سوم به تفصیل توضیح داده خواهد شد. بنابراین بررسی که در این پژوهش مطرح می‌شود آن است که از میان مؤلفه‌های موردنظر در این پژوهش که در بخش سوم این مطالعه معرفی خواهند شد، کدام مؤلفه بیشترین میزان اثرگذاری را بر مصرف انرژی به خود اختصاص داده است؟ با تفکیک ساختار تقاضای نهایی، الگوی مصرف انرژی در سطح تقاضای نهایی از بخش‌های اقتصادی، چگونه شکل گرفته است؟

مطالعه حاضر تلاش می‌کند تا با تجزیه شاخص شدت انرژی با استفاده از روش الگوی داده-ستانده رویکرد تحلیل تجزیه ساختاری مقداری در طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۰ بر اساس داده‌ها و اطلاعات موجود، به پرسش‌های مطرح‌شده با تأکید بر ساختار تقاضای نهایی انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی پاسخ دهد. به همین منظور، مقاله حاضر در قالب هفت بخش اصلی سازماندهی شده است. در بخش دوم به مروری بر مطالعات تجربی صورت گرفته بر روش تحلیل تجزیه ساختاری پرداخته می‌شود. سپس مبانی نظری، شاخص شدت انرژی و نارسایی آن مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. بخش بعدی، به بررسی روش پژوهش انجام‌گرفته می‌پردازد و سپس پایه‌های آماری، تحلیل و تجزیه نتایج ارائه می‌شود و در آخرین بخش، به جمع‌بندی و توصیه‌های سیاستی پرداخته می‌شود.

۲. ادبیات نظری

شدت انرژی یکی از شاخص‌های مهم تعیین کارایی انرژی در سطح اقتصاد ملی هر کشور است که از تقسیم مصرف نهایی انرژی (و یا عرضه انرژی اولیه) بر تولید ناخالص داخلی محاسبه می‌گردد و نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات (برحسب واحد پول) چه مقدار انرژی مصرف‌شده است. همان‌طور که در مقدمه نیز اشاره شد، شاخص شدت انرژی دارای مشکلاتی در اندازه‌گیری مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی است که در ادامه به آن اشاره می‌شود.

۲-۱. مشکلات اندازه‌گیری در محاسبه شاخص شدت انرژی

در محاسبه شاخص شدت انرژی، مشکلاتی در اندازه‌گیری مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی وجود دارد. اولین مشکل مربوط می‌شود به اختلال‌هایی که در اندازه‌گیری مصرف انرژی به وجود می‌آید. به‌عنوان مثال به‌کارگیری داده‌هایی که از مصرف انرژی‌های سنتی^۱

۱. منظور از انرژی سنتی؛ پسماند حیوانی، پسماندهای محصولات کشاورزی، ذغال و هیزم است.

به دست می‌آید و اغلب از صحت و درستی برخوردار نیستند یا تجمیع انرژی‌ها به یک واحد مشترک که تنها ارزش کل انرژی را منعکس می‌کند و میزان انرژی در دسترس را نشان نمی‌دهد، می‌تواند در اندازه‌گیری مصرف انرژی اختلال به وجود آورد. دومین مشکل به اختلال‌هایی که در اندازه‌گیری تولید ناخالص داخلی اشاره دارد. مشکلاتی نظیر نبود اطلاعات صحیح و کارآمد در مورد اقتصادهای غیررسمی و یا زیرزمینی (به‌تایچا، ۱۳۹۷، صص: ۹۳-۹۱).

۲-۲. تحلیل تجزیه شدت انرژی: ابزاری برای سیاست‌گذاری غیرقیمتی کاهش مصرف انرژی

یکی از دغدغه‌های امروز سیاست‌گذاران تلاش برای مدیریت مصرف و کاهش شدت انرژی از طریق ابزارهای غیرقیمتی (غیرتورم‌زا) است بر این اساس، اولین گام برای کنترل روند افزایش شدت انرژی، شناسایی کامل ساختار آن و عوامل مؤثر بر افزایش یا کاهش آن است. یکی از روش‌های شناسایی و تفکیک عوامل مؤثر بر شدت انرژی، روش تحلیل تجزیه است که به شکل گسترده در مطالعات تجربی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در تحلیل تجزیه شدت انرژی در یک وضعیت عمومی و کلی با تفکیک عوامل مؤثر بر شدت انرژی متغیرهای مؤثر در کاهش یا افزایش شدت انرژی طی دوره‌های زمانی مختلف شناسایی می‌شود. شدت انرژی را می‌توان به عوامل مختلفی تجزیه کرد، اما مطالعات انجام‌شده در این حوزه از جمله مطالعه سان^۲ (۱۹۹۸) نشان می‌دهد به‌طور کلی شدت انرژی در حالت عمومی به سه مؤلفه اثر شدت^۳، تغییرات در ساختار اقتصادی (اثر ساختار)^۴ و تغییرات در فعالیت‌های اقتصادی (اثر فعالیت)^۵ به صورت زیر تجزیه می‌شود.

1. Bhattachryya
2. Sun
3. The Intensity Effect
4. The Structural Effect
5. The Activity Effect

$$\Delta e = \Delta e_{Int} + \Delta e_{Str} + \Delta e_{Act} \quad (1)$$

در رابطه (۱) Δe_{Act} , Δe_{Str} , Δe_{Int} به ترتیب نشان‌دهنده تغییرات شدت انرژی ناشی از اثر شدت، اثر ساختار و اثر فعالیت است. اثر شدت به‌نوعی میزان کارایی و یا بهره‌وری مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی را نمایان می‌کند؛ بنابراین اثر شدت انرژی بیانگر آن است که تغییر نسبت مصرف انرژی هر بخش، نسبت به ارزش افزوده همان بخش به چه میزان منجر به تغییر مصرف انرژی می‌شود. همچنین اثر ساختار را می‌توان از دو منظر مورد بررسی قرار داد. نخست اثر ساختار تولید و دیگری اثر ساختار مصرف. اثر ساختار تولید بیانگر آن است که تغییر در ترکیب یا سهم فعالیت‌های اقتصادی به چه میزان منجر به تغییر مصرف انرژی می‌شود. اثر ساختار مصرف نیز بیانگر آن است که هر تغییر در تقاضای نهایی به چه میزان منجر به تغییر شدت انرژی می‌شود. اثر فعالیت نیز، تغییراتی را که در فعالیت‌های اقتصادی اتفاق افتاده است را نشان می‌دهد؛ بنابراین این اثر تنها افزایش حجم تولید و فعالیت را فارغ از میزان مصرف انرژی، نوع تکنولوژی و ساختار در بخش‌های اقتصادی مورد تحلیل و بررسی قرار می‌دهد.

رومان کولادو (۲۰۱۸) در مطالعه خود شدت انرژی را به پنج اثر شدت انرژی، اثر تکنولوژی، اثر ساختار تقاضا، اثر الگوی مصرف، اثر مقیاس مبتنی بر رابطه (۲) تجزیه می‌کند که در این مطالعه نیز از این ابعاد در تجزیه، به‌منظور تجزیه و تحلیل ابعاد تغییرات شدت انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی استفاده شده است.

$$\Delta e = \Delta e_E + \Delta e_L + \Delta e_S + \Delta e_D + \Delta e_f \quad (2)$$

در رابطه فوق Δe_E , Δe_L , Δe_S , Δe_D , Δe_f به ترتیب نشان‌دهنده تغییرات شدت انرژی ناشی از اثر شدت، اثر تکنولوژی، اثر ساختار تقاضا، اثر الگوی مصرف و اثر مقیاس است. اثر شدت در رابطه (۲) همان اثر شدتی است که در رابطه (۱) مورد بررسی قرار گرفته شد اما تفاوت روابط (۲) و (۱) در این است که در رابطه (۲) اثر فعالیت را در نظر گرفته نشده و اثر ساختار نیز به چهار اثر تکنولوژی، اثر ساختار تقاضا، اثر الگوی مصرف، اثر

مقیاس تجزیه شده است^۱. در واقع همان طور که در مقدمه بیان شد اثر ساختار را می توان به دو اثر ساختار تولید و اثر ساختار مصرف (تقاضای نهایی) تجزیه کرد. مؤلفه ای که می تواند اثر ساختار تولید را مشخص نماید اثر تکنولوژی است. بنابراین در این مطالعه با استفاده از اثر تکنولوژی، ساختار تولید مورد بررسی قرار می گیرد. به بیان دیگر این اثر نشان می دهد که آیا تکنولوژی های جدیدی که در بخش های اقتصادی مورد استفاده قرار می گیرند، باعث افزایش مصرف انرژی می شود و به مراتب افزایش بخش های انرژی بر را به دنبال دارد و یا باعث کاهش مصرف انرژی می شود و تعداد بخش هایی که انرژی بر هستند را کاهش می دهد.

همچنین ساختار مصرف (تقاضای نهایی) در مطالعات دیگر مانند مطالعه جهانگرد و همکاران (۱۳۹۶) با عنوان اثر ساختار مصرف بیان گردیده در حالی که در مطالعه حاضر با ساختار مصرف با استفاده از سه مؤلفه اثر ساختار تقاضای نهایی، اثر الگوی مصرف و اثر مقیاس مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین اثر ساختار تقاضا نشان می دهد که در هر جزء تقاضای نهایی (مصرف نهایی خانوار، مصرف نهایی دولت، تشکیل سرمایه و تغییر در موجودی انبار و صادرات) کدام بخش بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است. اثر الگوی مصرف نیز نمایانگر آن است که تغییر نسبت هر کدام از اجزاء تقاضای نهایی (مصرف نهایی خانوار، مصرف نهایی دولت، تشکیل سرمایه و تغییر در موجودی انبار، صادرات) به تقاضای نهایی کل به چه میزان باعث تغییر در مصرف انرژی می شود و در آخر، افزایش و یا کاهش سطح فعالیت های اقتصادی از طریق افزایش تقاضا بر مصرف انرژی را می توان با اثر مقیاس نمایش داد. به عبارت دیگر، اثر مقیاس بیان می کند تغییر در تقاضای نهایی کل به چه میزان منجر به تغییر در مصرف انرژی می شود.

۱. لازم به ذکر است که هیچ کدام از مولفه های فوق با یکدیگر همپوشانی نداشته اند. به عنوان مثال اثر فعالیت با اثر مقیاس همپوشانی نداشته است چرا که اثر فعالیت از منظر عرضه و اثر مقیاس از منظر تقاضا تغییرات در شدت انرژی را مورد بررسی قرار می دهد.

۳. پیشینه پژوهش

در متون اقتصادی تحلیل‌های مربوط به تجزیه را می‌توان به روش‌های مختلفی تقسیم‌بندی کرد اما به‌طور کلی تجزیه می‌تواند به سه روش تحلیل و تجزیه با استفاده از روش اقتصادسنجی، تحلیل تجزیه مبتنی بر شاخص‌های خرد (تحلیل تجزیه شاخص) و تحلیل تجزیه با استفاده از الگوهای داده-ستانده (تحلیل تجزیه ساختاری) طبقه‌بندی شود. پژوهش حاضر با استفاده از الگوهای داده-ستانده رویکرد تحلیل تجزیه ساختاری، شاخص شدت انرژی را تجزیه و مورد بررسی قرار می‌دهد، از این رو در ادامه به برخی از مهم‌ترین مطالعات انجام‌شده در این حوزه اشاره می‌شود.

لطفی و همکاران (۱۳۹۷)، اسماعیلی (۱۳۹۸)، در مطالعه خود شدت انرژی با استفاده از روش تحلیل تجزیه شاخص و روش تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید تجزیه کردند و دریافته‌اند اثر جانشینی نیروی کار با انرژی عاملی مؤثر بر شدت انرژی است. همچنین رجبی کویخی (۱۳۹۹)، غفاریان قدیم (۱۳۹۹)، هاشمی (۱۳۹۷) و پورعبادالهیان کویچ (۱۳۹۴) شدت انرژی را با استفاده از تحلیل تجزیه شاخص تجزیه کرده و نتیجه گرفته‌اند اثر فعالیت بیشترین تأثیر بر افزایش شدت انرژی داشته است. به‌علاوه مراسلی و اسدی (۱۳۹۷)، آرمن و تقی‌زاده (۱۳۹۲)، با استفاده از روش اقتصادسنجی دریافته‌اند، اثر تکنولوژی عامل مهمی در کاهش شدت انرژی محسوب می‌شود و موسوی برازجانی (۱۳۹۷) نیز در مطالعه خود اثر شدت انرژی عامل اصلی افزایش شدت انرژی معرفی می‌کند.

۳-۱. تحلیل تجزیه مبتنی بر الگوهای داده-ستانده (تحلیل تجزیه ساختاری)

روش تحلیل تجزیه ساختاری^۱ (SDA) یکی از روش‌هایی است که با استفاده از الگوهای داده - ستانده صورت می‌پذیرد. این روش می‌تواند هم در الگوی قیمتی و هم الگوی

1. Structural Decomposition Analysis

مقداری داده – ستانده به کار گرفته شود (جهانگرد، ۱۳۹۳، ص: ۱۵۱). برخی از مطالعات که با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری صورت گرفته عبارت‌اند از:

جهانگرد و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه خود اقدام به تجزیه مصرف انرژی برای سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۰ کردند. در این مطالعه با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) مصرف انرژی به چهار اثر ساختار مصرف، ساختار تولیدی، تغییر در حجم مصرف و شدت انرژی تجزیه شده است. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که اثر شدت انرژی سبب افزایش و اثر ساختاری و اثر تولیدی نیز سبب کاهش مصرف انرژی شده است.

اللهیاری ثانی (۱۳۹۱) در مطالعه خود با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)، مصرف انرژی را به چهار اثر ساختار تولید، اثر ساختار مصرف، اثر شدت انرژی و اثر حجم مصرف برای کشور ایران طی سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۸۰ و دو کشور اندونزی و نروژ برای سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۵ تجزیه می‌کند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اثر شدت انرژی، بیشترین تأثیر را در افزایش مصرف انرژی در هر سه کشور داشته، همچنین میزان تأثیرگذاری هر چهار اثر در کشور ایران نسبت به کشورهای نروژ و اندونزی در تعیین مصرف انرژی بیشتر است.

رنجکش زرنق (۱۳۹۵)، چاوش زاده (۱۳۹۶) در پایان‌نامه خود با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری اقدام به تجزیه میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن کردند. نتایج نشان می‌دهد افزایش سطح تقاضای نهایی و رشد اقتصادی عامل اصلی افزایش انتشار گاز دی‌اکسید کربن است.

وانگ و لیو^۱ (۲۰۲۰) در مطالعه خود انرژی مصرفی را با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری طی سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۰ به هشت اثر تجزیه کردند. نتایج نشان می‌دهد اثر شدت باعث کاهش مصرف انرژی شده است.

رومان کولادو و همکاران^۲ (۲۰۱۸) در مطالعه خود با استفاده از روش تحلیل تجزیه

1. Wang and Liu
2. Roman- Collado et al.

ساختاری (SDA) برای سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۰۸ مصرف انرژی را به پنج اثر شدت انرژی، اثر تکنولوژی، اثر ساختاری، اثر مقیاس و اثر الگوی مصرف تجزیه کرده است. نتایج نشان می‌دهد اثر شدت انرژی و اثر مقیاس بیشترین تأثیر را بر مصرف انرژی داشته است. همچنین یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد میزان مصرف انرژی و فعالیت‌های اقتصادی با اثر مقیاس رابطه مستقیمی دارد.

وی و همکاران^۱ (۲۰۱۷) در مطالعه خود میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن (CO₂) برای سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۰ با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)، شدت انتشار (CO₂) به چهار عامل اثر تکنولوژی، اثر اتصال بخش‌ها، اثر ساختار اقتصادی و اثر مقیاس تجزیه می‌کنند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که دو اثر تکنولوژی و اثر ساختار اقتصادی، شدت انتشار (CO₂) را در طول مدت تحقیق، کاهش دادند در حالی که باقی عوامل سبب افزایش انتشار (CO₂) می‌شوند.

سوپاسا و همکاران^۲ (۲۰۱۶) در مطالعه خود شدت انرژی برای سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۹۵ با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری به پنج اثر بهره‌وری انرژی، اثر ساختار تولید، اثر الگوی مصرف، اثر گروه تقاضای نهایی و اثر مقیاس تجزیه می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد اثر بهره‌وری انرژی و اثر سطح مصرف نهایی دو عامل اصلی افزایش مصرف انرژی هستند و سه عامل دیگر در طی سال‌های مورد مطالعه متغیر هستند. با توجه به مطالعات صورت گرفته در داخل و خارج از کشور مطالعه حاضر نسبت به مطالعات گذشته از چند منظر متفاوت است:

اول، در اغلب مطالعات گذشته، مانند مطالعه جهانگرد و همکاران (۱۳۹۶) و مطالعه اللهیاری (۱۳۹۱) صرفاً پنج بخش کشاورزی، انرژی، صنعت، ساختمان، خدمات و بازرگانی مورد بررسی قرار گرفته است، در حالی که در این مطالعه بخش‌های اقتصادی، منطبق بر جدول داده - ستانده (طیف گسترده‌تر و با جزئیات بیشتری از عملکرد بخش‌های

1. Wei et al.

2. Supasa et al.

اقتصادی) مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. دوم، در این مطالعه از منظر مبانی نظری و تکنیک بکار گرفته شده، عوامل گسترده‌تری از عوامل مؤثر بر شدت انرژی در قالب روش تحلیل تجزیه ساختاری مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. بر این اساس، دو اثر مقیاس و الگوی مصرف و همچنین اثر تقاضای نهایی به‌طور ویژه در سطح بخش‌های اقتصادی ایران مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

۴. روش پژوهش

روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) نخستین بار در سال ۱۹۴۱ توسط لئونتیف مطرح شد اما استفاده از الگوهای تجزیه در حوزه انرژی از ابتدای دهه ۱۹۸۰ آغاز شده است. در واقع استفاده از این الگوها به سبب شناسایی علل تغییرات شدت انرژی رواج یافت (سان، ۱۹۹۸، ص: ۸۵). روش تحلیل تجزیه ساختاری (SDA) با بهره‌گیری از جداول داده - ستانده به دو صورت الگوهای مقداری و الگوهای قیمتی تقسیم‌بندی می‌شود. در این پژوهش نیز با بهره‌گیری از روش تحلیل تجزیه ساختاری (الگوهای مقداری)، شدت انرژی به مؤلفه‌های موردنظر تجزیه می‌شود. همچنین به‌منظور ارزیابی میزان واقعی انرژی مصرف‌شده در تولید محصولات و خدمات به شکل بومی (با فرض تکنولوژی بومی) از جداول داده- ستانده با لحاظ تفکیک واردات استفاده می‌شود؛ بنابراین تمامی روابط بر اساس جدول داده- ستانده داخلی بیان می‌شود. جدول (۱) روابط ریاضی مورد نیاز برای تجزیه شدت انرژی را ارائه می‌دهد.

جدول (۱). روابط تراز تولیدی و روابط تجزیه شدت انرژی

$x = A^d x + y$ (۳)	$x = (I - A^d)^{-1} \cdot y$ (۴)
$x = L^d \cdot y$ (۵)	$\hat{E} = e_i / x_j$ (۶)
$e = \hat{E} \cdot L^d \cdot y$ (۷)	$y = S^d \cdot \hat{D}^d \cdot f^d$ (۸)
$e = \hat{E} \cdot L^d \cdot S^d \cdot \hat{D}^d \cdot f^d$ (۹)	$\Delta e_{\hat{E}} = \Delta \hat{E} \cdot L^d \cdot S^d \cdot \hat{D}^d \cdot f^d$ (۱۰)
	$\Delta e_{L^d} = \hat{E} \cdot \Delta L^d \cdot S^d \cdot \hat{D}^d \cdot f^d$ (۱۱)
	$\Delta e_{S^d} = \hat{E} \cdot L^d \cdot \Delta S^d \cdot \hat{D}^d \cdot f^d$ (۱۲)
	$\Delta e_{\hat{D}^d} = \hat{E} \cdot L^d \cdot S^d \cdot \Delta \hat{D}^d \cdot f^d$ (۱۳)

	$\Delta e_{fd} = \hat{E} \cdot L^d \cdot S^d \cdot \hat{D}^d \cdot \Delta f^d$ (۱۴)
	$\Delta e = \Delta e_{\bar{E}} + \Delta e_{L^d} + \Delta e_{S^d} + \Delta e_{\hat{D}^d} + \Delta e_{f^d}$ (۲)
$S^d = \frac{f_{ij}^d}{\sum f_j^d}$ (۱۵)	$\hat{D}^d = \frac{\sum f_j^d}{\sum f_{ij}^d}$ (۱۶)
$f^d = \begin{bmatrix} \sum f_{ij}^d \\ \vdots \\ \sum f_{ij}^d \end{bmatrix}$ (۱۷)	$e = \hat{E} \cdot L^d \cdot K$ (۱۸)
	$\Delta e_{K^d} = \hat{E} \cdot L^d \cdot \Delta K^d$ (۱۹)

-رابطه (۳) و (۴) یک رابطه تراز تولیدی لئونتیف است؛ که در آن X یک بردار به ابعاد $(ix1)$ که نشان‌دهنده تولید کل است و A^d نیز یک ماتریس به ابعاد (ixi) باشد که نشان‌دهنده ضرایب فنی تولید داخلی است و Y را یک بردار به ابعاد $(ix1)$ که نشان‌دهنده تقاضای نهایی است.

-رابطه (۵) نشان می‌دهد ماتریس $(I - A^d)^{-1}$ در رابطه (۴) یک ماتریس معکوس لئونتیف (ضریب فزاینده تولید داخلی) است و آن را در رابطه (۵) می‌توان با L نمایش داد.

-رابطه (۶) ماتریس \hat{E} را نشان می‌دهد که از نسبت مصرف انرژی e_i به ارزش افزوده بخش متناظر با مصرف انرژی محاسبه می‌شود، سپس به صورت یک ماتریس قطری به ابعاد (ixi) نوشته می‌شود. این ماتریس نشان می‌دهد که به ازای هر واحد تولید در یک بخش به طور مستقیم، چه میزان انرژی مورد نیاز است.

-رابطه (۷) بیانگر کل مصرف انرژی مستقیم و غیرمستقیم بخش‌های تولیدی است؛ بنابراین e یک بردار $(ix1)$ است. این رابطه از ضرب رابطه (۶) در رابطه (۵) حاصل می‌شود.

-رابطه (۸) نشان می‌دهد بردار تقاضای نهایی Y را می‌توان به صورت ضرب سه ماتریس (S^d, D^d, f^d) که S^d نشان‌دهنده ماتریس ساختار تقاضا، D^d نشان‌دهنده ماتریس قطری نسبت مؤلفه‌های تقاضا به تقاضای نهایی و f^d بردار تقاضای نهایی نمایش داد.

-رابطه (۹) از جایگذاری رابطه (۸) در رابطه (۷) حاصل می‌شود و شدت انرژی به پنج مؤلفه تجزیه می‌شود. روابط (۱۰) تا (۱۴) تغییرات شدت انرژی ناشی از هر مؤلفه را نشان می‌دهد که در بخش بعدی به تفصیل توضیح داده خواهد شد. رابطه (۲) نیز تغییرات کل شدت انرژی را نشان می‌دهد.

-رابطه (۱۵) ماتریس S^d را نشان می‌دهد. در این رابطه f_{ij}^d نشان‌دهنده درایه‌های ماتریس تقاضای نهایی داخلی است و $\sum f_j^d$ بیانگر مجموع هر مؤلفه تقاضای نهایی داخلی است. این ماتریس به ابعاد (ixd) است.

-رابطه (۱۶) ماتریس \hat{D}^d نشان می‌دهد. در این رابطه $\sum f_j^d$ نشان‌دهنده جمع ستونی ماتریس تقاضای نهایی و $\sum f_{ij}^d$ نشان‌دهنده تقاضای نهایی کل است. این ماتریس به صورت یک ماتریس قطری به ابعاد (dxd) نوشته می‌شود.

-رابطه (۱۷) بردار f^d را به صورت یک بردار ستونی (dxd) که نشان‌دهنده تقاضای نهایی کل است و تمام درایه‌های آن یکسان است، نمایش می‌دهد.

- به منظور تفکیک اثر ساختار تقاضا به جای Y از ماتریس تقاضای نهایی استفاده می‌شود که در این رابطه با K نمایش داده می‌شود؛ بنابراین رابطه (۱۸) از بازنویسی رابطه (۷) حاصل می‌شود.

- در رابطه (۱۹) Δe_{K^d} تغییرات شدت انرژی ناشی از تغییرات ماتریس تقاضای نهایی نشان می‌دهد. همچنین ΔK^d بیانگر تغییرات ماتریس تقاضای نهایی در طول یک دوره زمانی مشخص است.

منبع: یافته‌های پژوهش و بر اساس مطالعه رومان کولادو و همکاران (۲۰۱۸)

۴-۱. تغییرات شدت انرژی مربوط به هر مؤلفه

اولین اثر مربوط به اثر شدت انرژی است. این اثر بیانگر آن است که تغییر نسبت مصرف انرژی هر بخش، نسبت به ارزش افزوده همان بخش در طول یک دوره زمانی مشخص به چه میزان منجر به تغییر مصرف انرژی به طور مستقیم و غیرمستقیم می شود. تغییرات این اثر را می توان با استفاده از شکل گسترده رابطه (۱۰) محاسبه کرد:

$$\Delta e_{\bar{E}} = \frac{1}{2} \sum \left([\hat{E}_1 - \hat{E}_0] (L_0^d \cdot S_0^d \cdot \hat{D}_0^d \cdot f_0^d) + [\hat{E}_1 - \hat{E}_0] (L_1^d \cdot S_1^d \cdot \hat{D}_1^d \cdot f_1^d) \right) \quad (10)$$

دومین اثر مربوط به اثر تکنولوژی است. این اثر بیان می کند که پیشرفت تکنولوژی که منجر به تغییر در تولید می شود، به چه میزان منجر به تغییر در مصرف انرژی به صورت مستقیم و غیرمستقیم در سطح بخش اقتصادی می شود. تغییرات شدت انرژی ناشی از اثر تکنولوژی را می توان با استفاده از شکل گسترده رابطه (۱۱) محاسبه کرد:

$$\Delta e_{L^d} = \frac{1}{2} \sum \left([L_1^d - L_0^d] (\hat{E}_0 \cdot S_0^d \cdot \hat{D}_0^d \cdot f_0^d) + [L_1^d - L_0^d] (\hat{E}_1 \cdot S_1^d \cdot \hat{D}_1^d \cdot f_1^d) \right) \quad (11)$$

و سومین اثر مربوط به اثر ساختار تقاضا نهایی است. منظور از ساختار تقاضای نهایی تغییر در ترکیب یا سهم هرکدام از اجزای تقاضای نهایی است. این تغییر می تواند افزایش و یا کاهش نسبت مصرف انرژی در اجزاء تقاضای نهایی (مصرف خصوصی، مصرف دولتی، تشکیل سرمایه و تغییر در موجودی انبار، صادرات) را نشان دهد (جهانگرد و رشیدی زاده، ۱۳۹۰، ص: ۸۵). تغییرات شدت انرژی ناشی از اثر ساختار تقاضا را می توان با استفاده از شکل گسترده رابطه (۱۲) محاسبه کرد:

$$\Delta e_{S^d} = \frac{1}{2} \sum \left([S_1^d - S_0^d] (\hat{E}_0 \cdot L_0^d \cdot \hat{D}_0^d \cdot f_0^d) + [S_1^d - S_0^d] (\hat{E}_1 \cdot L_1^d \cdot \hat{D}_1^d \cdot f_1^d) \right) \quad (12)$$

چهارمین اثر، اثر الگوی مصرف است. این اثر بیانگر آن است که تغییر نسبت هرکدام از اجزاء تقاضای نهایی (مصرف نهایی خانوار، مصرف نهایی دولت، تغییر در موجودی انبار و صادرات) به تقاضای نهایی کل، به چه میزان باعث تغییر در مصرف انرژی به طور مستقیم و غیرمستقیم می شود. تغییرات شدت انرژی ناشی از اثر الگوی مصرف را می توان با استفاده از شکل گسترده رابطه (۱۳) محاسبه کرد:

$$\Delta e_{\bar{D}d} = \frac{1}{2} \sum \left([\bar{D}_1^d - \bar{D}_0^d](\bar{E}_0 \cdot L_0^d \cdot S_0^d \cdot f_0^d) + [\bar{D}_1^d - \bar{D}_0^d](\bar{E}_1 \cdot L_1^d \cdot S_1^d \cdot f_1^d) \right) \quad (13)$$

و در نهایت اثر مقیاس بیانگر آن است که افزایش یا کاهش کل تقاضای نهایی به چه میزان منجر به تغییر در مصرف انرژی به صورت مستقیم و غیرمستقیم می‌شود. تغییرات شدت انرژی ناشی از اثر مقیاس را می‌توان با استفاده از شکل گسترده رابطه (۱۴) محاسبه کرد:

$$\Delta e_{fd} = \frac{1}{2} \sum \left([f_1^d - f_0^d](\bar{E}_0 \cdot L_0^d \cdot S_0^d \cdot \bar{D}_0^d) + [f_1^d - f_0^d](\bar{E}_1 \cdot L_1^d \cdot S_1^d \cdot \bar{D}_1^d) \right) \quad (14)$$

در تمامی روابط فوق \bar{E}_0 بیانگر ماتریس قطری شدت انرژی، L_0^d ماتریس معکوس لئونتیف، S_0^d ماتریس ساختار تقاضا، \bar{D}_0^d ماتریس قطری نسبت مؤلفه‌های تقاضا به تقاضای نهایی و در آخر، f_0^d بردار تقاضای نهایی در سال مبدأ است. \bar{E}_1 بیانگر ماتریس قطری شدت انرژی، L_1^d ماتریس معکوس لئونتیف، S_1^d ماتریس ساختار تقاضا، \bar{D}_1^d ماتریس قطری نسبت مؤلفه‌های تقاضا به تقاضای نهایی و در آخر f_1^d بردار تقاضای نهایی در سال مقصد است. تعدادی از پژوهشگران از جمله دیازنباخر و لوس^۱ (۱۹۹۸) طیف گسترده‌ای از تجزیه‌های احتمالی را مورد بررسی قرار داده‌اند و نتیجه گرفتند بهترین راهکار این است که میانگین تمام حالات در نظر گرفته شود؛ بنابراین $\frac{1}{2}$ در رابطه‌های فوق نیز بیانگر میانگین تغییرات هر مؤلفه است. اکنون تغییرات کل شدت انرژی بین دو سال مبدأ و مقصد، از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$\Delta e = \Delta e_{\bar{E}} + \Delta e_{Ld} + \Delta e_{Sd} + \Delta e_{\bar{D}d} + \Delta e_{fd} \quad (2)$$

در رابطه فوق $\Delta e_{\bar{E}}$ ، Δe_{Ld} ، Δe_{Sd} ، $\Delta e_{\bar{D}d}$ ، Δe_{fd} به ترتیب نشان‌دهنده تغییرات شدت انرژی ناشی از اثر شدت، اثر تکنولوژی، اثر ساختار تقاضا، اثر الگوی مصرف و اثر مقیاس است و Δe نشان‌دهنده تغییرات کل شدت انرژی است. برای تفکیک ساختار تقاضای نهایی نیز از شکل گسترده رابطه (۱۹) استفاده می‌شود:

$$\Delta e_{Kd} = \frac{1}{2} \sum \left([K_1^d - K_0^d](\bar{E}_0 \cdot L_0^d) + [K_1^d - K_0^d](\bar{E}_1 \cdot L_1^d) \right) \quad (19)$$

در رابطه فوق K_0^d, K_1^d نشان‌دهنده ماتریس تقاضای نهایی در سال مقصد و مبدأ است. L_0^d, \hat{E}_0 به ترتیب نشان‌دهنده ماتریس قطری شدت انرژی و ماتریس معکوس لئونتیف در سال مبدأ است و L_1^d, \hat{E}_1 نشان‌دهنده ماتریس قطری شدت انرژی و ماتریس معکوس لئونتیف در سال مقصد است.

۵. پایه‌های آماری

در مطالعه حاضر^۱ از جداول داده-ستانده سال ۱۳۸۰ به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ و جدول داده-ستانده سال ۱۳۹۰ به قیمت جاری منتشرشده توسط مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی استفاده شده است. جداول داده-ستانده ارائه شده از ۷۱ بخش اقتصادی تشکیل شده است که به جهت تطابق بین سرفصل‌های موجود در ترازنامه انرژی و بخش‌های اقتصادی موجود در جداول داده-ستانده، بخش‌های اقتصادی که از نظر کد ISIC.rev3 به هم مرتبطند به صورت سطری و ستونی با یکدیگر جمع شده است و در نهایت این جداول به ۲۴ بخش اقتصادی تجمیع گردیده است. آمارهای میزان مصرف انرژی نیز در سرفصل‌های کلی مانند خانگی عمومی تجاری، صنعت، حمل‌ونقل، کشاورزی و سایر مصارف در ترازنامه انرژی سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ گزارش شده است اما پژوهش حاضر نیازمند بررسی میزان مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی متناسب با جداول داده-ستانده ارائه شده است؛ بنابراین نیاز است تا تعدیلاتی جهت یکسان‌سازی سرفصل‌های مصرف انرژی و بخش‌های اقتصادی جدول داده-ستانده صورت پذیرد. به همین منظور از روش مطرح‌شده در مقاله بانوئی و کمال (۱۳۹۳) و مطالعه نوروزی (۱۳۹۸) استفاده شده است.

۱. برای بررسی تغییرات ساختار تولید، سنجش بهره‌وری و تجزیه تحلیل مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی لازم است که آثار قیمتی از جداول داده-ستانده حذف شود؛ بنابراین استفاده از جداول داده-ستانده به قیمت ثابت، می‌تواند راهکار مناسبی برای سنجش تغییرات مقداری به شمار رود. جدول داده-ستانده سال ۱۳۸۰ به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ آخرین جدول در دسترس برای محاسبه و بهره‌برداری در این مطالعه است.

همان‌طور که در قسمت قبل نیز اشاره شد میزان مصرف انرژی در بخش‌های «کشاورزی» و «حمل‌ونقل» به تفکیک حامل‌های انرژی در ترازنامه انرژی و ترازنامه هیدروکربوری ۱۳۹۰ گزارش شده است. همچنین مجموع حامل‌های انرژی، میزان مصرف انرژی در بخش‌های «برق» و «گاز طبیعی» را ارائه می‌کند. برای محاسبه میزان مصرف انرژی توسط بخش «معدن» نیز از نتایج آمارگیری معادن در حال بهره‌برداری کشور در طی سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ که توسط مرکز آمار منتشر می‌شود استفاده شده است. بخش «صنعت» و زیر بخش‌های آن در جدول داده-ستانده شامل کارگاه‌های صنعتی از یک نفر کارکن و بیشتر است؛ بنابراین برای محاسبه مصرف انرژی از نتایج آمارگیری کارگاه‌های صنعتی یک تا ده نفر کارکن و بیش‌تر از ده نفر کارکن در ارتباط با مصرف انرژی در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ منتشر شده توسط مرکز آمار استفاده گردیده است.

میزان مصرف انرژی در بخش «تجاری و عمومی» به زیر بخش‌های «پست و خدمات پشتیبانی حمل‌ونقل»، «عمده‌فروشی، خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاهای»، «هتل، خوابگاه و رستوران»، «بانکداری و فعالیت مالی و بیمه»، «آموزش»، «بهداشت»، «آب»، «ساختمان» و «سایر خدمات» اختصاص داده شده است. برای محاسبه میزان مصرف انرژی فرض می‌شود بخش‌های مذکور به نسبت مجموع تقاضایی که از بخش «برق»، «توزیع گاز طبیعی» و «کک و فرآورده‌های نفتی»، دارا هستند، انرژی مصرف می‌کنند. همچنین، در این مطالعه تلاش شده است تا مصرف انرژی تنها برای تولیدات داخلی و همچنین تقاضای نهایی داخلی مورد بررسی قرار گیرد. چراکه واردات کالاهایی با تکنولوژی شدت مصرف انرژی بالاتر و یا پایین‌تر می‌تواند در برآورد شدت انرژی در سطح کلان و یا بخشی و حتی در سطح عوامل تجزیه مشکل ایجاد کند. به همین منظور برای ارزیابی میزان واقعی انرژی مصرف شده در تولید محصولات و خدمات به شکل بومی (با فرض تکنولوژی بومی) از جداول داده-ستانده با لحاظ نتیجه تفکیک واردات^۱ استفاده می‌شود.

۱. تفکیک واردات به سه روش انجام می‌شود: روش اول به تفکیک واردات واسطه‌ای می‌پردازد در روش دوم علاوه بر تفکیک واردات واسطه‌ای واردات مصرفی و سرمایه‌ای نیز با عنوان سایر واردات تفکیک می‌شود. در روش سوم واردات به واردات

۶. تجزیه و تحلیل نتایج تجربی

در این بخش ابتدا تحلیل نتایج تجزیه شدت انرژی ارائه می‌شود و در بخش دوم، به منظور بررسی بهتر اثر ساختار تقاضا نتایج تفکیک اثر ساختار تقاضا ارائه خواهد شد.

۶-۱. تحلیل نتایج تجزیه شدت انرژی

تجزیه شدت انرژی به پنج اثر شدت انرژی، اثر تکنولوژی، اثر ساختار تقاضا، اثر الگوی مصرف و اثر مقیاس در قالب جدول (۲) ارائه می‌شود.

جدول (۲). تجزیه شدت انرژی به پنج اثر در بخش‌های اقتصادی ایران طی سال‌های ۱۳۹۰-

۱۳۸۰ (ارقام به میلیون بشکه معادل نفت خام)

رشته فعالیت	اثر شدت انرژی	اثر تکنولوژی	اثر ساختار تقاضا	اثر الگوی مصرف	اثر مقیاس	جمع
کشاورزی شکار جنگلداری و ماهیگیری	۲۴/۰۷	۰/۰۶	-۳/۷۸	۱/۴۶	۲۵/۱۶	۴۶/۹۸
استخراج معدن	۲/۵۵	-۷/۸۷	-۱/۰۹	۰/۱۷	۱/۰۷	-۵/۱۷
ساخت محصولات غذایی آشامیدنی توتون و تنباکو	۳/۰۷	-۰/۲۷	۰/۱۸	۱/۰۳	۱۲/۳۸	۱۶/۳۸
صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۰/۹۴	-۱/۳۹	-۴/۳۲	۰/۳۶	۴/۲۰	-۰/۲۲
ساخت چوب و محصولات چوبی	-۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۵۸	-۰/۰۴	۰/۵۲	۱/۰۷
ساخت کاغذ، محصولات کاغذی و چاپ	-۱/۰۵	-۱/۱۵	۱/۶۳	۰/۰۰	۲/۶۰	۲/۰۳
ساخت کک، فراورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای	-۲۶/۹۴	۹/۲۹	۶/۶۵	۰/۴۳	۱۲/۹۴	۲/۳۷
ساخت مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی	-۳/۶۴	۱۳/۴۱	۱۲/۵۶	۱/۸۸	۲۲/۷۲	۴۶/۹۲

واسطه‌های واردات مصرفی و واردات سرمایه‌ای تفکیک می‌شود. روش سوم در عمل به واقعیت نزدیک تر است. در این مطالعه از روش سوم استفاده شده است. (بانوئی (۱۳۹۱))

رشته فعالیت	اثر شدت انرژی	اثر تکنولوژی	اثر ساختار تقاضا	اثر الگوی مصرف	اثر مقیاس	جمع
ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک	-۰/۲۰	-۱/۱۱	۰/۶۴	۰/۰۴	۱/۴۳	۰/۸۰
ساخت سایر محصولات کانی غیر فلزی	۱۵/۰۰	۰/۴۳	۶/۷۸	-۱/۳۴	۲۷/۵۱	۴۸/۳۸
ساخت فلزات اساسی	-۱۸/۵۲	۰/۸۴	۱۹/۰۲	-۱/۶۷	۲۶/۴۱	۲۶/۰۷
سایر صنایع	۱۷/۷۴	۱/۵۳	۹/۴۷	-۱/۰۱	۱۴/۰۲	۴۱/۷۶
برق	-۳۲/۶۶	-۶/۴۱	۲۹/۴۷	۵/۱۰	۱۴۲/۶۵	۱۳۸/۱۴
توزیع گاز طبیعی	-۱۷/۰۲	-۶/۴۶	۴/۹۵	-۰/۰۴	۱۴/۹۶	-۳/۶۱
آب	-۰/۴۶	-۰/۰۹	-۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۳۴	-۰/۲۵
ساختمان	-۹/۴۶	-۰/۱۲	۰/۸۲	-۰/۸۷	۸/۰۴	-۱/۶۰
عمده‌فروشی، خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها	-۱۶/۸۰	۰/۷۰	۱/۴۳	۰/۱۷	۱۱/۶۶	-۲/۸۴
حمل و نقل	۲۱۱/۱۴	۲/۷۸	۱۱/۵۸	۱/۷۹	۵۷/۰۷	۲۸۴/۳۶
پست و خدمات پشتیبانی و انبارداری	-۳/۹۸	۰/۱۰	۱/۴۵	۰/۰۲	۱/۶۹	-۰/۷۳
فعالیت خدماتی مربوط به تأمین جا و غذا	-۳/۰۲	-۰/۲۲	۰/۳۹	۰/۰۲	۱/۵۸	-۱/۲۵
بانک و فعالیت مالی و بیمه	-۵/۸۱	۳/۸۸	۰/۸۹	۰/۰۴	۲/۱۷	۱/۱۸
آموزش	-۲/۵۵	-۰/۰۸	-۰/۳۳	-۰/۹۰	۲/۸۵	-۱/۰۰
بهداشت	-۹/۳۸	-۰/۰۵	-۲/۰۹	-۰/۵۰	۴/۸۴	-۷/۱۸
سایر خدمات	-۳۱/۲۲	-۰/۳۷	۳/۰۵	-۱/۵۴	۱۶/۸۶	-۱۳/۲۲
جمع	۹۱/۶۳	۷/۵۸	۹۹/۸۵	۴/۶۲	۴۱۵/۶۸	۶۱۹/۳۶

منبع: یافته‌های پژوهش و با استفاده از روابط (۳) تا (۶) و روابط (۹) تا (۱۷)

همان‌طور که ملاحظه می‌شود اعداد موجود در جدول متشکل از اعداد مثبت و اعداد منفی است. اعداد مثبت نشان‌دهنده افزایش مصرف انرژی و اعداد منفی نشان‌دهنده آن است که مصرف انرژی در بخش موردنظر کاهش یافته است. ستون اول جدول فوق به بررسی اثر شدت می‌پردازد؛ بنابراین می‌توان گفت بخش «حمل و نقل» بیشترین میزان مصرف انرژی را در اثر شدت به خود اختصاص داده که از جمله دلایل آن می‌توان به این

مسئله اشاره کرد که درصد بالایی از حمل‌ونقل، به حمل‌ونقل جاده‌ای اختصاص دارد که مصرف انرژی بیشتری نسبت به انواع دیگر حمل‌ونقل دارد. به‌علاوه سوخت مورد استفاده در حمل‌ونقل بیشتر از فرآورده‌های نفتی مانند بنزین، نفت‌گاز است. با اعمال سیاست‌های قانون هدفمند کردن یارانه‌ها و افزایش قیمت حامل‌های انرژی مصرف بنزین در این سال کاهش یافته اما در مورد نفت‌گاز باید گفت به‌طور کلی با توجه به احتیاط بیشتر دولت در اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف نفت‌گاز از جمله عدم سهمیه‌بندی و عدم تغییر قیمت تا سال ۱۳۸۹ و اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها، روند افزایش مصرف آن در کشور ادامه داشته است. این احتیاط به دلیل این است که تغییر مصرف نفت‌گاز تابعی از رشد اقتصادی و افزایش مصرف بخش‌های صنعتی و حمل‌ونقل حرفه‌ای است و تغییر قیمت آن، با شدت بیشتری بر اقتصاد کل کشور تأثیرگذار خواهد بود (مرادی و همکاران، ۱۳۹۴، ص: ۱۶). همچنین بخش «برق» کمترین میزان مصرف انرژی را در اثر شدت به دلیل افزایش چشمگیری که در تولید ناخالص داخلی متناظر با این بخش رخ داده به خود اختصاص داده است.

ستون دوم جدول فوق نشان‌دهنده اثر تکنولوژی در میان بخش‌های اقتصادی است؛ بنابراین بخش «ساخت مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی» بیشترین مصرف انرژی را در اثر تکنولوژی را به خود اختصاص داده است. عمده‌ترین دلیل این افزایش می‌توان به این مورد اشاره کرد که در صنعت پتروشیمی کشور، اغلب تکنولوژی‌ها وارداتی هستند و در انتخاب نوع تکنولوژی‌ها، تکنولوژی‌هایی انتخاب و خریداری شده که در حال افول هستند (عزیزی، ۱۳۸۳، ص: ۶). مورد بعدی می‌تواند، عدم تغییر تکنولوژی‌های فرسوده به دلیل اعمال تحریم‌ها باشد. همچنین بخش «استخراج معدن» کمترین مصرف انرژی را در اثر تکنولوژی را به خود اختصاص داده است. بر طبق مطالعه محمدزاده و زیتون نژاد (۱۳۹۱) بخش معدن در طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۵۵ سطح بهره‌وری کل عوامل به میزان ۲/۹۴ درصد در حال افزایش بوده است. ستون سوم جدول (۲) اثر ساختار تقاضا نهایی را

نشان می‌دهد که نتایج این اثر در بخش بعدی یعنی تفکیک اثر ساختار تقاضا نهایی به تفصیل بیان می‌شود.

۲-۶. تفکیک اثر ساختار تقاضا نهایی با تأکید بر الگوی مصرف خانوار

در این بخش به دلیل اهمیت بالایی که اثر ساختار تقاضا نهایی بر روند شدت مصرف انرژی دارد، ساختار تقاضای نهایی (ماتریس تقاضای نهایی) بدون آنکه به مؤلفه دیگری تجزیه شود به‌طور کامل مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این تفکیک از رابطه (۱۹) استفاده می‌شود. نتایج این تفکیک در قالب جدول (۳) ارائه می‌شود:

جدول (۳). تفکیک اثر ساختار تقاضا با توجه به اجزای تقاضای نهایی برای بخش‌های

اقتصادی ایران طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۰ (ارقام به میلیون بشکه معادل نفت خام)

رشته فعالیت	مصرف نهایی خانوار	مصرف نهایی دولت	تشکیل سرمایه و تغییر در موجودی انبار	صادرات	جمع
کشاورزی، شکار، جنگلداری و ماهیگیری	۱۰/۱۴	۰/۳۴	۶/۸۷	۵/۹۲	۲۳/۲۷
استخراج معدن	۰/۰۶	۰/۰۰	-۰/۱۰	۰/۴۵	۰/۴۱
ساخت محصولات غذایی آشامیدنی توتون و تنباکو	۸/۲۳	۰/۰۱	۲/۱۶	۳/۱۳	۱۳/۵۲
صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۴/۳۸	۰/۰۲	-۵/۰۰	۰/۷۷	۰/۱۷
ساخت چوب و محصولات چوبی	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۸۷	۰/۰۶	۱/۰۷
ساخت کاغذ، محصولات کاغذی و چاپ	۱/۹۶	۰/۰۶	۱/۵۲	۰/۸۱	۴/۳۴
ساخت کک، فراورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای	۹/۶۵	۰/۲۲	۱/۹۷	۱۰/۱۱	۲۱/۹۵
ساخت مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی	۱۲/۶۵	۰/۳۳	-۸/۳۳	۳۰/۶۱	۳۵/۲۶
ساخت محصولات از لاستیک	۰/۷۰	۰/۰۱	۰/۳۲	۱/۰۲	۲/۰۵

رشته فعالیت	مصرف نهایی خانوار	مصرف نهایی دولت	تشکیل سرمایه و تغییر در موجودی انبار	صادرات	جمع
و پلاستیک					
ساخت سایر محصولات کانی غیرفلزی	۶/۹۶	۰/۷۱	۹/۴۳	۱۴/۷۹	۳۱/۸۹
ساخت فلزات اساسی	۶/۱۵	۰/۲۵	۲۷/۳۶	۱۱/۱۸	۴۴/۹۴
سایر صنایع	۵/۵۳	۰/۰۹	۱۳/۰۹	۲/۳۸	۲۱/۱۰
برق	۱۱۱/۷۲	۳/۸۹	-۲۵/۷۱	۸۸/۴۷	۱۷۸/۳۷
توزیع گاز طبیعی	۱۲/۳۱	۰/۳۷	-۵/۸۲	۱۴/۵۶	۳۱/۴۲
آب	۰/۴۶	۰/۰۱	-۰/۲۳	۰/۰۶	۰/۲۹
ساختمان	۰/۵۴	۰/۱۳	۷/۱۸	۰/۱۲	۷/۹۷
عمده‌فروشی، خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها	۷/۲۹	۰/۰۹	۵/۱۵	۰/۸۳	۱۳/۳۵
حمل‌ونقل	۱۶/۶۴	۰/۰۰	۳۱/۵۸	۱۷/۸۳	۶۶/۰۵
پست و خدمات پشتیبانی و انبارداری	۳/۴۷	۰/۰۴	-۰/۱۰	۰/۱۰	۳/۵۲
فعالیت خدماتی مربوط به تأمین جا و غذا	۰/۷۰	-۰/۱۹	۱/۲۳	۰/۳۵	۲/۰۹
بانک و فعالیت مالی و بیمه	۲/۱۳	۰/۰۳	۰/۶۸	۰/۴۶	۳/۳۰
آموزش	۰/۴۷	۰/۶۵	۰/۲۵	۰/۱۰	۱/۴۷
بهداشت	۰/۰۵	۱/۱۹	۰/۰۶	۰/۰۹	۱/۳۹
سایر خدمات	۷/۱۳	۳/۵۷	۶/۰۸	۱/۸۱	۱۸/۵۹
جمع	۲۲۹/۴۶	۱۱/۸۰	۷۰/۵۲	۲۰۶/۰۰	۵۱۷/۷۸

منبع: یافته‌های پژوهش و با استفاده از رابطه (۱۹)

جدول (۳) همانند جدول (۲) متشکل از اعداد مثبت و اعداد منفی است. اعداد مثبت افزایش شدت انرژی یا به عبارت دیگر افزایش مصرف انرژی را در بخش مورد نظر نشان می‌دهند. اعداد منفی نیز کاهش شدت انرژی و یا کاهش مصرف انرژی را نشان می‌دهند. به‌طور کلی تمام بخش‌های اقتصادی در تقاضای نهایی افزایش شدت انرژی را نشان می‌دهند. نتایج تفکیک اثر ساختار تقاضای نهایی در جدول (۳) و اثر الگوی مصرف و اثر مقیاس در جدول (۲) گویای آن است که بخش «برق» بیشترین میزان افزایش مصرف انرژی در

میان سایر بخش‌های اقتصادی به خود اختصاص داده است.

اثر ساختار تقاضای نهایی و اثر الگوی مصرف، به دلیل اندازه‌گیری وزن مؤلفه‌های تقاضای نهایی، افزایش مصرف انرژی در بخش «برق» را به دو عامل نسبت می‌دهند. عامل اول، افزایش تقاضای برق در بخش خانوار است که طبق مطالعه بیات و همکاران (۱۳۹۷) می‌تواند تحت تأثیر عوامل اقتصادی- اجتماعی مانند، افزایش درآمد خانوار که هم برافزایش مصرف انرژی اثرگذار است و هم در افزایش تقاضای خانوار از لوازم الکترونیکی و یا شرایط آب و هوایی از این منظر که افزایش تعداد روزهای سرد و گرم می‌تواند در مصرف انرژی مؤثر باشد و یا استفاده از واحدهای مسکونی که برچسب انرژی ندارند و همچنین کاهش بعد خانوار می‌تواند مصرف انرژی خانوار را افزایش دهد. عامل دوم نیز به افزایش صادرات برق مربوط می‌شود. آمار و اطلاعات نشان می‌دهد که صادرات برق طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ یک‌روند افزایشی داشته است به طوری که میزان خالص صادرات برق در سال ۱۳۸۰، ۳۰۴ (میلیون کیلو وات ساعت) بوده است و در سال ۱۳۹۰ به ۵۰۱۲ (میلیون کیلو وات ساعت) رسیده است.

در مورد نتیجه اثر مقیاس نیز می‌توان گفت با افزایش تقاضای نهایی کل، مصرف برق نیز افزایش پیدا می‌کند چراکه بررسی‌ها نشان می‌دهد پیوند کل پیشین بخش برق بزرگ‌تر از پیوند پسین آن است که نشان‌دهنده وابستگی کل اقتصاد کشور به تولید واسطه‌ای بخش برق است و نیازمندی کل اقتصاد به ستانده بخش برق را می‌رساند، در حقیقت بخش برق بیش از آنکه برای توسعه نیازمند نهاده‌های واسطه‌ای دیگر بخش‌های اقتصاد باشد، بخش‌های دیگر اقتصاد برای رشد خود نیازمند ستانده واسطه‌ای بخش برق‌اند (منظور و همکاران، ۱۳۹۸، ص: ۱۵۷).

همچنین کمترین میزان شدت انرژی در تفکیک اثر ساختار تقاضای نهایی متعلق به بخش «صنایع نساجی، پوشاک و چرم» است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد در بخش «صنایع نساجی، پوشاک و چرم» شاهد رشد ۴۴ درصدی تقاضای نهایی از واردات هستییم،

به عبارت دیگر میزان تقاضای نهایی از بخش «صنایع نساجی، پوشاک و چرم» برای محصولات ملی به میزان ۴۴ درصد کاهش پیدا کرده است. همچنین صادرات این بخش نسبت به سال ۱۳۸۰ به میزان ۲۸ درصد رشد داشته است؛ بنابراین انتظار می‌رود که کاهش قابل توجه تقاضای نهایی منجر به کاهش مصرف انرژی شود اما نتایج پژوهش، افزایش محدود مصرف انرژی را نشان می‌دهد. این افزایش به این دلیل است که در برخی کارخانه‌های نساجی به دلیل عدم استفاده از همه ظرفیت تولید و فرسودگی دستگاه‌های مورد استفاده، مصرف انرژی افزایش می‌یابد (نصیری زاده، ۱۳۹۰، ص: ۱۰).

با توجه به نتایج تفکیک اثر ساختار تقاضا در پاسخ به این سؤال که با تفکیک ساختار تقاضای نهایی، الگوی مصرف انرژی در سطح تقاضای نهایی از بخش‌های اقتصادی، چگونه شکل گرفته است می‌توان نشان داد^۱ که ۴۴ درصد از تفکیک ساختار تقاضای نهایی را مصرف نهایی خانوار توضیح می‌دهد. این مؤلفه مؤثرترین مؤلفه تقاضای نهایی بر شدت انرژی است و بیشترین اثر را بر میزان مصرف انرژی دارد. پس از آن صادرات کالا و خدمات در رتبه دوم قرار می‌گیرد. این مؤلفه ۴۰ درصد از ساختار تقاضای نهایی را تشکیل داده است. تشکیل سرمایه و تغییر در موجودی انبار و همچنین مصرف نهایی دولت نیز بعد از صادرات به عنوان مؤثرترین اجزای تقاضای نهایی شناخته می‌شوند.

۳-۶. بررسی تغییرات کل شدت انرژی به صورت بخشی

مجموع تمامی اثرات، نشان‌دهنده تغییرات کل شدت انرژی در میان بخش‌های اقتصادی است که در ستون ششم جدول (۲) نمایش داده شده است. نتایج به دست آمده از پژوهش نشان می‌دهد به طور کلی شدت انرژی در اقتصاد ایران افزایش یافته است^۲ اما به صورت

۱. جمع ستونی هر کدام از اجزای تقاضای نهایی به جمع کل (کل تغییرات اثر ساختار تقاضای نهایی) برای مثال $\frac{229/46}{517/78} \times 100 = 44\%$ جمع ستونی مصرف نهایی خانوار به جمع کل

۲. بررسی ساختار کلی اقتصادی ایران نشان می‌دهد طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۰ تا حدودی تغییری در ساختار اقتصادی ایران رخ داده است (بانویی و بکایی، ۱۳۹۰، ص: ۲۳۲)؛ اما ساختار اقتصادی ایران طی سال‌های ۱۳۸۹-

بخشی، شدت انرژی در ۱۱ بخش از ۲۴ بخش اقتصادی بررسی شده، کاهش جزئی داشته که در ستون ششم جدول (۲) با اعداد منفی نمایش داده شده است. ۱۳ بخش باقی‌مانده از ۲۴ بخش اقتصادی بررسی شده، نیز افزایش شدت انرژی را نشان می‌دهند. این بخش‌ها در جدول شماره (۴) نمایش داده شده است.

جدول (۴). سهم افزایش شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۰

وزن به درصد	نام محصول/ رشته فعالیت
۰/۱۲	ساخت محصولات از لاستیک و پلاستیک
۰/۱۶	ساخت چوب و محصولات چوبی
۰/۱۸	بانک و فعالیت مالی و بیمه
۰/۳۱	ساخت کاغذ، محصولات کاغذی و چاپ
۰/۳۶	ساخت کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای
۲/۵۰	ساخت محصولات غذایی آشامیدنی توتون و تنباکو
۳/۹۷	ساخت فلزات اساسی
۶/۳۶	سایر صنایع
۷/۱۵	ساخت مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی
۷/۱۶	کشاورزی، شکار، جنگلداری و ماهیگیری
۷/۳۷	ساخت سایر محصولات کانی غیرفلزی
۲۱/۰۴	برق
۴۳/۳۲	حمل و نقل
۱۰۰	مجموع

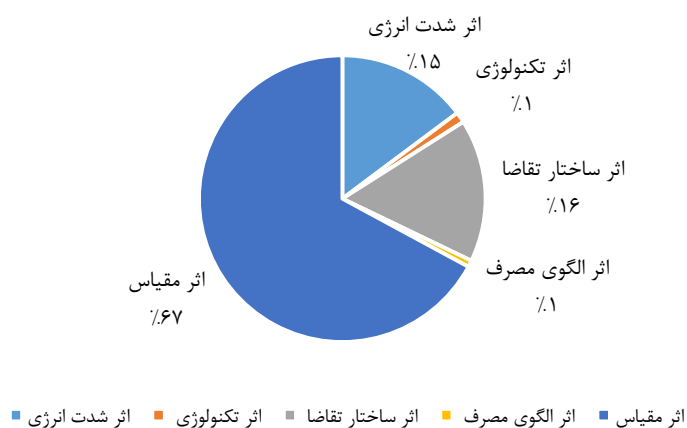
منبع: یافته‌های پژوهش و با استفاده از نتایج جدول (۲)

بخش‌های «کشاورزی»، «ساخت کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای»، «ساخت مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی»، «ساخت فلزات

۱۳۸۵ نیز تغییر به سزایی نداشته است. در سال ۱۳۹۰ نیز تغییری در ساختار اقتصادی ایران مشاهده نشده است چراکه قانون هدفمند شدن یارانه‌ها در سه‌ماهه پایانی سال ۱۳۸۹ اجرایی شد و تغییر ساختاری (جایگزینی فعالیت‌ها و محصولات تولیدی) تا سال ۱۳۹۰ به علت زمان کم وجود ندارد. همچنین به دلیل افزایش قیمت حامل‌های انرژی به صورت هم‌زمان و تحریم‌های اقتصادی و فقدان واردات تکنولوژی‌های جدید تولیدی زمینه تغییر در فعالیت‌های تولیدی در کشور به وجود نیامده است (فریدزاد، ۱۳۹۱، ص: ۲۱).

اساسی»، «عمده‌فروشی، خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها»، «حمل‌ونقل» در سال ۱۳۹۰ با استفاده از روش حذف فروض به‌عنوان بخش کلیدی شناخته شده‌اند؛ بنابراین بر اساس مطالعه صادقی و موسوی نیک (۱۳۹۵) افزایش شدت انرژی در این بخش‌ها به دلیل افزایش رشد اقتصادی (به‌عنوان بخش پیشران در تولید سایر بخش‌های اقتصادی) و صنعت محور بودن آن‌ها دور از انتظار نیست. نکته حائز اهمیت این است که بخش «عمده‌فروشی، خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها» به‌عنوان بخش کلیدی معرفی شده است اما این بخش در طول یک دهه کاهش شدت انرژی را تجربه می‌کند که از دلایل عمده آن خدمات محور بودن آن است. به‌بیان‌دیگر این بخش نقش واسطه‌گری و توزیع‌کننده در اقتصاد ایفا می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد، بخش «حمل‌ونقل» کاملاً در اختیار این بخش قرار گرفته به‌طوری‌که در بین ۴۰ بخش اقتصادی بیشترین مصرف واسطه‌ای بخش «حمل‌ونقل»، به بخش «عمده‌فروشی، خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها» تعلق دارد (شریفی، ۱۳۹۰، ص: ۲۲۲). لذا این امر باعث می‌شود شدت انرژی در بخش «حمل‌ونقل» افزوده شود. همچنین ۹ بخش از ۱۳ بخش فوق به بخش‌های صنعتی اشاره دارد. بخش‌های صنعتی عمدتاً به دلیل نوع فرآیند تولید و استفاده از تکنولوژی‌های قدیمی، مصرف انرژی بالایی دارند. برای مثال در بخش «ساخت فلزات اساسی» که شامل فولاد، آلومینیم و مس می‌شود می‌توان گفت که ۳۰ درصد کارخانه‌های فولاد کشور خصوصی بوده و با ظرفیت کامل فعالیت نکرده و دارای مشکلات ساختاری است. همچنین کارخانه‌های مس و آلومینیم نیز از تکنولوژی قدیمی استفاده می‌کنند که باعث افزایش مصرف انرژی در بخش «ساخت فلزات اساسی» می‌شود (دهقانی و مسعودی، ۱۳۹۰، ص: ۶-۱۳). افزایش مصرف انرژی در بخش «برق» نیز علاوه بر دلایلی که در قسمت قبل ذکر شد می‌تواند به دلیل ائتلاف منابع در فرآیند تولید و توزیع و انتقال باشد. در بخش «کشاورزی» نیز تغییر تجهیزات و ادوات کشاورزی، عامل اصلی افزایش مصرف انرژی در این بخش به حساب می‌آید.

همان طور که اشاره شد، هر پنج مؤلفه بررسی‌شده در تجزیه شدت انرژی، افزایش شدت انرژی را در طول سال‌های مورد پژوهش نشان می‌دهند. این در حالی است که میزان اثرگذاری هر کدام از این مؤلفه‌ها متفاوت است. نمودار (۱) میزان اثرگذاری هر کدام از مؤلفه‌های تجزیه را در تغییرات شدت انرژی کل نشان می‌دهد.



نمودار (۱). تجزیه شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به نمودار فوق می‌توان در پاسخ به این سؤال که کدام مؤلفه بیشترین میزان اثرگذاری را بر مصرف انرژی به خود اختصاص داده است، بیان کرد که ۶۷ درصد از تغییرات شدت انرژی بخش‌های اقتصادی ایران ناشی از اثر مقیاس است. به عبارت دیگر افزایش تقاضای نهایی و یا رشد اقتصادی می‌تواند مهم‌ترین دلیل افزایش مصرف انرژی در میان بخش‌های اقتصادی باشد. بعد از اثر مقیاس به ترتیب بیشترین اثر، مربوط به اثر ساختار تقاضا با ۱۶ درصد، اثر شدت با ۱۵ درصد، اثر تکنولوژی با ۱ درصد و اثر الگوی مصرف با کمتر از یک درصد است.

۴-۶. بررسی نتایج مطالعات گذشته با مطالعه حاضر

بررسی نتایج این مطالعه با مطالعات قبلی مانند مطالعه جهانگرد و همکاران (۱۳۹۶) و مطالعه اللهیاری (۱۳۹۱) نشان می‌دهد که مطالعه حاضر و مطالعه جهانگرد و همکاران (۱۳۹۶) هر دو افزایش تقاضای نهایی که در مطالعه حاضر با اثر مقیاس و در مطالعه جهانگرد و همکاران (۱۳۹۶) با اثر تغییر در حجم مصرف را عامل اصلی افزایش شدت انرژی در ایران معرفی کرده‌اند. در حالی که مطالعه اللهیاری (۱۳۹۱) اثر شدت را عامل اصلی افزایش شدت انرژی معرفی می‌کند. همچنین در مطالعه جهانگرد و همکاران (۱۳۹۶) اثر ساختار به‌طور کلی باعث کاهش شدت انرژی شده است در حالی که در مطالعه حاضر تمامی پنج اثر منجر به افزایش شدت انرژی می‌شود اما اثر تکنولوژی و اثر الگوی مصرف به میزان ناچیزی منجر به افزایش شدت انرژی می‌شوند. در مطالعه اللهیاری (۱۳۹۱) نیز اثر ساختار تولید منجر به کاهش شدت انرژی شده است. همچنین در مطالعه جهانگرد و همکاران (۱۳۹۶) بخش انرژی بیشترین میزان افزایش مصرف انرژی در میان ۵ بخش مورد بررسی به خود اختصاص داده است. این در حالی است که نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد بیشترین افزایش مصرف انرژی مربوط به بخش حمل‌ونقل یعنی بخش خدماتی است. در مطالعه اللهیاری نیز بخش انرژی و صنایع به‌عنوان بیشترین افزایش شدت انرژی در میان ۵ بخش مورد مطالعه شناخته شده است.

۷. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

شاخص شدت انرژی یک از مهم‌ترین شاخص‌هایی است که برای بهره‌وری و کارایی مصرف انرژی به کار گرفته می‌شود. تجزیه این شاخص یکی از راه‌شناسایی مؤلفه‌های مؤثر بر مصرف انرژی به حساب می‌آید. در این مطالعه تلاش شده تا شاخص شدت انرژی برای سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ به پنج مؤلفه اثر شدت، اثر تکنولوژی، اثر ساختار تقاضا، اثر الگوی مصرف و اثر مقیاس تجزیه شود. نتایج و تجزیه تحلیل یافته‌ها نشان می‌دهند که عامل اصلی افزایش شدت انرژی اثر مقیاس است و به ترتیب بعد از اثر مقیاس، اثر ساختار

تقاضا، اثر شدت انرژی، اثر تکنولوژی و اثر الگوی مصرف باعث تغییر در شدت انرژی شده‌اند. همچنین یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که ۱۳ بخش اقتصادی افزایش شدت انرژی را در طی سال‌های مورد مطالعه تجربه کرده‌اند؛ که عمده این بخش‌ها به زیر بخش‌های صنعت تعلق داشته است. اما در این میان بخش «حمل و نقل» به دلیل عدم تغییر قیمت نفت گاز، استفاده از حمل و نقل جاده‌ای به جای حمل و نقل ریلی و استفاده از تکنولوژی قدیمی، بیشترین میزان افزایش شدت انرژی را به خود اختصاص داده است. همچنین نتایج تفکیک اثر ساختار تقاضا نشان می‌دهد که الگوی مصرف انرژی به‌طور کلی تحت تأثیر مصرف نهایی خانوار است و بعد از مصرف نهایی خانوار، به ترتیب صادرات کالا و خدمات، تشکیل سرمایه و تغییر در موجودی انبار، مصرف نهایی دولت می‌تواند بیشترین میزان اثرگذاری را بر الگوی مصرف انرژی داشته باشند.

با توجه به نتایج به دست آمده و روش به کار رفته در مطالعه حاضر می‌توان گفت که توصیه‌های سیاستی ارائه شده در این بخش مبتنی بر سیاست‌های غیرقیمتی است و مواردی مانند به کارگیری تکنولوژی با کارایی بالا، انجام ممیزی انرژی در فواصل زمانی مشخص، آموزش دوره‌های تخصصی بهره‌وری انرژی به مدیران و مهندسين مشغول به کار، گسترش ناوگان ریلی، خروج نیروگاه‌های فرسوده و دارای راندمان پایین، استراتژی مدیریت بار و جلوگیری از کاهش تلفات در سیستم توزیع برق و استفاده از واحدهای مسکونی دارای برچسب انرژی می‌تواند به کاهش شدت انرژی کمک نماید.

منابع:

- Allahyari Sani, N. (2012). Investigating and Analyzing Energy Consumption Sources in the Economies of Iran, Indonesia and Norway Using Structural Decomposition Analysis. M.Sc. Dissertation. Allameh Tabataba'i University. (In Persian)
- Armen, S. A., & Taghizadeh, S. (2013). Assessment of Effective Factors on Energy Intensity in Iran Industrial Manufacturing. *Iranian Energy Economics*, 2(8), 1-20 (In Persian).
- Azizi, A. R. (2004). The role and position of research and development centers in the petrochemical industry. The Second National Conference on Technology Development in the Oil Industry, Tehran (In Persian).

-
- Banouei, A. A. & Kamal, E. (2014). Measurement of Direct and Indirect Carbon Dioxide Content in Iran's Exports and Imports Using Input –Output. *Quarterly Journal of Economic Development Policy*, 2(2), 41-70 (In Persian).
 - Banouei, A.A. (2012). Evaluation of the Different Treatments and Methods of Separating Imports with Emphasis on 2002 IOT of Iran. *Quarterly Journal of Economic Policy*, 4(8), 31-74 (In Persian).
 - Banouei, A.A., & Nazem Bokaei, M. (2011). The Analysis Growth Sources and Structural Changes in Iran Economy Using I-O Tables 1986-2006. *Journal of Iran's Economic Essays*, 8(16), 205-235 (In Persian).
 - Bayat, N., Varahrami, V., & Salem, A. (2019), Determination of Economic and Social Factors on of Electricity Expenditure for Rural Households in Iran: Batch Self-Organizing Map Approach. *Journal of Economics and Modelling*, 9, 147-175 (In Persian).
 - Bhattachryya, SC. (2019), *Energy Economics: Concepts, Issues, Markets and Governance*, (Faridzad, A.) Allameh Tabataba'i University Press (In Persian).
 - Chavoshzadeh, S. (2017). Structural decomposition analysis of carbon dioxide emissions in Iran with emphasis on energy sub-sectors Approach. M.Sc. Dissertation. AlZahra University (In Persian).
 - Dehghani, F., & Maghsoudi, I. (2012). Assessment the effect of subsidy reform on energy industries. *Islamic Parliament Research Center of the Islamic Republic of Iran*, (11088), 1-14 (In Persian).
 - Dietzenbacher, E., & Los, B. (1998). Structural decomposition techniques: sense and sensitivity. *Economic Systems Research*, 10(4), 307-324.
 - Energy Balance Sheet of Iran (2013); www.moe.gov.ir
 - Faridzad, A. (2012). Investigating the Capability and Validity of Using I-O Tables over Time with regard to Change in Iran's Economic Structure. *Islamic Parliament Research Center of the Islamic Republic of Iran*, (12763), 1-24 (In Persian).
 - Faridzad, A. (2016). Energy Intensity Decomposition Analysis in Iranian Energy-Intensive Industries Using the Logarithmic Mean Divisia Index with Emphasis on the Chain-Linked and Period-Wise Approach. *Iranian Energy Economics*, 4(15), 87-117 (In Persian).
 - Ghaffarian Ghadem, M. (2020). Estimation of Combined Energy Intensity Index in Iranian Economy with Emphasis on Physical Units of Production Approach. M.Sc. Dissertation. Allameh Tabataba'i University (In Persian).
 - Goshashi, H., Roknizadeh, J., Javadi, A., & Torabi, H. (2012). Decomposition Analysis of Iran's Energy Consumption Trends during the Years 2004-2010. The 2th National Conference on Energy Management in Oil and Energy Industries, Hamandishan Company (In Persian).
 - Hashemi, M. (2018). Energy consumption analysis in Iran (combined approach of LMDI method and Decoupling index) Approach. M.Sc. Dissertation. University of Science and Technology of Iran (In Persian).

- <http://www.amar.org.ir>
- Ismaili, L. (2019). Measuring the Impact of Factors Affecting Changes in Energy Intensity in Iran's Food Industry: A Comprehensive Decomposition Method Approach. M.Sc. Dissertation. Shahid Bahonar University of Kerman (In Persian).
- Jahangard, E. (2014). *Input-Output Analysis Technology, Planning and Development*, Amareh Press (In Persian).
- Jahangard, E., Golshani, V., Abdullah Milani, M., & Ghaffarzadeh, H. (2017). Energy Consumption Decomposition in Iran 2011-2011 (A Static Comparison Analysis with SDA Approach). *Applied Economics*, 7(20), 1-10 (In Persian).
- Lotfi, Sh., Faridzad, A., & Salem, A. (2018). Decomposition of Energy Intensity of Iranian Economic Sectors: Index Decomposition Analysis Approach Combine with Production-Theoretical Decomposition Analysis. *Journal of Economic Research and Policies*, 26(85), 151-187 (In Persian).
- Mahmoudzadeh, M., & Zeytoon Nejad Moosavian., S.A. (2012). Measuring and Analyzing the Shares of Economic Growth Sources in the Mining Sector of Iran: A Neoclassical Growth Accounting Approach. *Iranian Journal of Macroeconomics*, 7(13), 121-142 (In Persian).
- Manzoor, D., Mostafavisani, A., & Karimirizi, M. (2019). Electricity Input – Output Analysis in Iranian Economics (Generalize Hypothetical Extraction Method. *Journal of Economic Research and Policies*, 27 (90) 137-164 (In Persian).
- Moradi, Y., Madah, A., & Mohammadi, V. (2015). Management Summary: Country Transportation Challenges and Energy Consumption in the Ground Sector (Road and Rail Sub-Sections). *Islamic Parliament Research Center of the Islamic Republic of Iran*. (14646) (In Persian).
- Moraseli, A., & Asadi Malek Abadi, H. (2019). Decomposing energy Intensity change: A distance function approach. *Iranian Energy Economics*, 8 (29), 1-25 (In Persian).
- Mousavi Borazjani, M. (2018). Energy intensity analysis and study of intensity convergence in Iranian manufacturing industries Approach. M.Sc. Dissertation. Shiraz University (In Persian).
- Nasirizadeh, H. (2011). The Impact of Targeting Subsidies on the Textile Industry. The 3th Yazd National Conference on Textile Engineering and Clothing, Islamic Azad University, Yazd Branch (In Persian).
- Norouzi Peykani, S. (2009). Measuring the Rebound Effects of Energy Carriers Consumption in Iranian Economic Sectors Using Input – Output Approach. M.Sc. Dissertation. Allameh Tabataba'i University (In Persian).
- Pourebaddollahan Covich, M., Fallahi, F., Alizadeh, E., & Salehi Abar, Kh. (2016). Decomposing Influencing Factors of Energy Consumption Changes in the Iranian Industrial Subsectors: The Comparison of Laspeyres and Divisia Methods. *Applied Theories of Economics*, 2(4), 49-70 (In Persian).

- Rajabi Kouikhi, N. (2020). Identifying effective policy solutions to reduce energy intensity and carbon dioxide emissions in the power plant industry, based on the LMDI method Approach. M.Sc. Dissertation. University of Science and Technology of Iran (In Persian).
- Ranjesh Zarnegh, H. (2016). Structural decomposition analysis of changes in carbon dioxide emissions in Iran's economic activities Approach. M.Sc. Dissertation. AlZahra University (In Persian).
- Rashidizadeh, M., & Jahangard, E. (2011). Analysis of Energy Intensity Change in the Activities of the Iranian Economy with the SDA approach. *Applied Economics*, 2(6), 67-91 (In Persian).
- Román-Collado, R., Ordoñez, M., & Mundaca, L. (2018). Has electricity turned green or black in Chile? A structural decomposition analysis of energy consumption. *Energy*, 162, 282-298.
- Sadeghi, N., & Mousavi Nik, H. (2017). A Comparative Study of Traditional, Eigenvector and Hypothetical Extraction Methods to Identify Key Sectors. *Iranian Journal of Economic Research*, 21(69), 173-208 (In Persian).
- Sharify, N., (2012). Transport Position and Its Effect on the Other Economic Sectors in Iran: An Input-Output Analysis. *Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research*, 2(5), 207-238 (In Persian).
- Sun, J. (1998). Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition model. *Energy economics*, 20(1), 85-100.
- Supasa, T., Hsiau, S. S., Lin, S. M., Wongsapai, W., & Wu, J. C. (2016). Has energy conservation been an effective policy for Thailand? An input-output structural decomposition analysis from 1995 to 2010. *Energy Policy*, 98, 210-220.
- Wang, Q., & Liu, Y. (2020). India's renewable energy: New insights from multi-regional input output and structural decomposition analysis. *Journal of Cleaner Production*, 243, 124230
- Wei, J., Huang, K., Yang, S., Li, Y., Hu, T., & Zhang, Y. (2017). Driving forces analysis of energy-related carbon dioxide (CO₂) emissions in Beijing: an input-output structural decomposition analysis. *Journal of cleaner production*, 163, 58-68.

Decomposition of Energy Intensity in Iranian Economic Sectors with Emphasis on Scale Effect and Consumption Pattern

Zeynab Bisadi*

Ali Faridzad (Ph.D)**

Ali Asghar Banouei (Ph.D)***

Received:
04/06/2020

Accepted:
09/03/2021

Abstract

Energy has a crucial role in the economic growth and development. Meanwhile, the energy intensity index is the main index for measurement of the efficiency and productivity of energy consumption. Energy intensity index in Iran is higher than other countries and reducing the energy subsidies has not led to declining the rate of energy intensity. The importance of non-price energy policies in the process of reducing energy intensity has led to the analysis of energy intensity decomposition as a solution to identify the factors affecting the reduction of energy consumption. In this study, the energy intensity index for the period of 2001-2011 is decomposed using structural decomposition analysis into five components as energy intensity effect, technology effect, demand structure effect, consumption pattern effect and scale effect. The results show that the main effect of increasing the energy intensity is the scale effect and the lowest one is the consumption pattern effect. Furthermore, industrial sectors reveal a higher energy intensity effect.

Keywords: *Consumption Pattern, Energy Intensity, Scale Effect, Energy Structural Ddecomposition, Structure Demand.*

JEL Classification: *C67, Q41, Q43.*

* MA in Economic Development and Planning, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran, (Corresponding Author),

Email: zeynab_bisadi@atu.ac.ir

** Associate Professor of Energy Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran,

Email: ali.faridzad@atu.ac.ir

*** Professor of the Faculty of Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran. Iran

Email: banouei@atu.ac.ir