

تحلیل تجزیه تأثیر بدهی بر مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی ایران با استفاده از شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا^۱

سیده مهسا قاضی میرسعید (نویسنده مسئول)

کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی

mahsaghazi1996@gmail.com

علی فریدزاد

دانشیار گروه اقتصاد انرژی، کشاورزی و محیط زیست، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی

faridzadali@yahoo.com

مرتضی خورسندی

دانشیار گروه اقتصاد انرژی، کشاورزی و محیط زیست، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی

mkhorsandi57@yahoo.com

نوع مقاله: علمی - پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۵

چکیده:

عوامل متعددی بر تغییرات مصرف انرژی در ایران اثرگذار هستند. یکی از این عوامل، بدهی است که می‌تواند از کانال‌های مصرف و سرمایه‌گذاری بر مصرف انرژی اثر بگذارد. هدف مطالعه‌ی حاضر این است که جنبه‌های دیگری از سهم عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی را نمایان سازد. پژوهش حاضر با استفاده از شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا به تحلیل تجزیه تأثیر بدهی بر مصرف انرژی ایران در سطح بخش‌های اقتصادی و کل اقتصاد به شش اثر شامل سه اثر متداول مرتبط با تولید و سه اثر مرتبط با بدهی طی دوره زمانی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۵ به سه صورت زنجیره‌ای، دو دوره‌ای و دو دوره‌ی پنج ساله می‌پردازد. نتایج در سطح بخش‌های اقتصادی و کل اقتصاد نشان می‌دهد که اثر ساختار بدهی بیشترین سهم را در افزایش مصرف انرژی و اثر بدهی دولت بیشترین سهم را در کاهش مصرف انرژی در کل دوره‌ی و به خصوص زبردوره‌ی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۳ به خود اختصاص داده‌اند.

طبقه‌بندی *JEL*: C43, L60, Q10, Q40, R20, R40

کلید واژه‌ها: مصرف انرژی، اثر ساختاری، بدهی، تحلیل تجزیه شاخصی، شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا

^۱ مقاله حاضر مستخرج از پایان‌نامه است.

۱. مقدمه

امروزه انرژی به عنوان یکی از عوامل تولید در کنار کار و سرمایه، از اهمیت خاصی برخوردار است. نقش مؤثر انرژی در توسعه و رفاه اقتصادی از یک سو و محدودیت منابع انرژی و مصرف فزاینده آن به موازات رشد جوامع بشری از سوی دیگر، باعث شده موضوعات مرتبط با انرژی و میزان مصرف آن به عنوان یکی از مهم‌ترین مباحث در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کشورها مطرح شود (پورعبادالهیان کویچ و همکاران، ۱۳۹۴).

با توجه به نوسانات موجود در مصرف انرژی در سطح کلان و اهمیت توجه به کارایی انرژی و مصرف بهینه آن، بررسی شدت انرژی به عنوان شاخص منعکس‌کننده مصرف بهینه، بسیار مهم است. شدت انرژی^۱، میزان انرژی موردنیاز برای هر واحد از متغیر محرک اقتصادی (مانند تولید ناخالص داخلی، ارزش افزوده و مانند آن) را اندازه‌گیری می‌کند. با این حال، این نرخ با مشکلات اندازه‌گیری و مفهومی همراه است. بدین معنی که شدت انرژی نسبت به هر عاملی که ممکن است به متغیرهای آن در صورت کسر (مصرف انرژی) یا مخرج (تولید ناخالص داخلی) خدشه وارد نماید، بسیار تأثیرپذیر است (بهاتاچاریا^۲، ۱۳۹۷). بنابراین تنها نمی‌توان به شاخص شدت انرژی به عنوان شاخص منعکس‌کننده مصرف بهینه بسنده کرد و نیاز است تا عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در یک چارچوب منطقی و علمی از هم مجزا شوند. با این وجود، بررسی شاخص مذکور در سطح کلان نیز نمی‌تواند تمامی عوامل مؤثر هم‌جهت و غیرهم‌جهت با شدت انرژی را نمایش دهند که دلیل آن تأثیرپذیری شاخص‌های تجزیه شده در سطح کلان از وضعیت مصرف انرژی و سایر متغیرهای اقتصادی در سطح بخش‌های اقتصادی است. از این رو مطالعه و تجزیه شدت انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی می‌تواند علاوه بر میزان تأثیر این عوامل، جهت آن‌ها را در دوره‌های زمانی مختلف بر شدت انرژی بخشی نشان دهد.

در عمده‌ی مطالعات داخلی سه اثر شامل اثر فعالیت، اثر ساختاری و اثر شدت انرژی به عنوان عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی و کل اقتصاد ایران شناسایی شده‌اند. در مطالعه آماده و هاشمی (۱۳۹۸)، سه عامل فعالیت، ساختاری و شدتی بر مصرف انرژی بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۳ اثر گذار بوده است که در بخش حمل‌ونقل، افزایش مصرف انرژی عمدتاً ناشی از اثر ساختاری در قالب بکارگیری از صنایع انرژی‌بر بوده است و در بخش صنعت نیز اثر شدت انرژی

^۱. Energy Intensity

^۲. Bhattacharyya

نقش اصلی را در افزایش مصرف انرژی داشته است. همچنین پورعبدالالهان کویچ و همکاران (۱۳۹۴)، عوامل مؤثر بر مصرف انرژی در زیربخش‌های صنعتی ایران را مورد مطالعه قرار داده‌اند که بر اساس نتایج، عامل اصلی افزایش مصرف انرژی، اثر فعالیت و مهم‌ترین عامل کاهش مصرف انرژی نیز اثر شدت انرژی بوده است. علاوه بر این عوامل، عوامل دیگری نیز بر تغییرات مصرف انرژی اثر گذار هستند که یکی از این عوامل، بدهی خصوصی^۱ و بدهی دولت^۲ است که تاکنون مورد توجه پژوهشگران در ایران قرار نگرفته است. بدهی می‌تواند مصرف انرژی بخش‌های خصوصی و سازمان‌های دولتی را با تغییر محدودیت‌های بودجه مالی آن‌ها تحت تأثیر قرار دهد (سون و لیو^۳، ۲۰۲۰). لذا هدف مطالعه حاضر این است که به تحلیل تجزیه تأثیر بدهی بر مصرف انرژی ایران در سطح بخش‌های اقتصادی و کل اقتصاد طی دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۵ بپردازد. پرسش اصلی نیز در ارتباط با مطالعه حاضر این است که کدام یک از عوامل مؤثر بیشترین سهم را در تغییرات مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی و کل اقتصاد طی دوره زمانی مورد بررسی و با توجه به دامنه‌های زمانی مختلف داشته‌اند؟

بنابراین مطالعه حاضر در شش بخش سازماندهی شده است. در بخش دوم ابتدا مبانی نظری در ارتباط با تجزیه مصرف انرژی به سه اثر متداول و سه اثر مرتبط با بدهی ارائه شده است و سپس به برقراری پیوند بین بدهی و مصرف انرژی اختصاص یافته است. در بخش سوم مطالعات تجربی صورت گرفته در زمینه تجزیه مصرف انرژی با استفاده از شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا بیان شده است. در بخش چهارم، روش‌شناسی پژوهش در خصوص تجزیه مصرف انرژی با استفاده از شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا در حالت جمعی اثبات و ارائه شده است. در بخش پنجم، ابتدا پایه‌های آماری و سپس نتایج حاصل از به کارگیری روش پژوهش در سطح بخش‌های اقتصادی و در سطح کل اقتصاد ارائه شده است. در بخش آخر نیز، نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی، محدودیت‌های پژوهش و پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی ارائه خواهد شد.

۲. مبانی نظری: تجزیه مصرف انرژی به عوامل مؤثر بر تغییرات آن

مصرف انرژی در واقع همان تأمین تقاضای انرژی مورد نیاز است که قابل اندازه‌گیری باشد

1. Private Debt

2. Government Debt

3. Sun and Liu

و عوامل متعددی بر مصرف انرژی در هر کشور تأثیرگذار است که از جمله آن‌ها می‌توان به تغییرات آب‌وهوا، استانداردهای زندگی، درآمد ملی، الگوهای مصرفی متفاوت و علاوه بر آن، تغییرات ساختاری اشاره کرد (فریدزاد، ۱۳۹۴). کارایی انرژی^۱، سریع‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین روش برای امنیت انرژی و مقابله با چالش‌های اقتصادی و زیست محیطی است و شدت انرژی^۲، مصرف انرژی در واحد تولید ناخالص داخلی، شاخص مهمی از کارایی انرژی به شمار می‌رود که می‌تواند در سطح صنعت یا فعالیت، در سطح منطقه‌ای، ملی و جهانی اندازه‌گیری شود.

شدت انرژی به شکل گسترده‌ای برای اندازه‌گیری ترجیحات نسبی در اقتصاد استفاده می‌شود، با این حال با مشکلات اندازه‌گیری و مفهومی همراه است. از جمله مشکلات مربوط به تولید ناخالص داخلی عبارت‌اند از: (۱) اندازه‌گیری باید با توجه به وجود اقتصاد زیرزمینی یا غیررسمی که مبادلات آن در آمارهای ملی وارد نمی‌شود، صورت گیرد که برای کشورهای در حال توسعه اهمیت بیشتری دارد، (۲) عدم کارایی در رفتار منجر به افزایش مخارج و افزایش تولید ناخالص داخلی می‌گردد. به عبارت دیگر، آمارهای تولید ناخالص داخلی ممکن است عدم کارایی ساختاری در یک اقتصاد را پنهان نماید، (۳) جهت مقایسه بین‌المللی، تبدیل GDP به یک واحد مشترک ضروری است که یکی از ارزش‌های متداول، دلار آمریکا است. با این حال، این رویکرد با مشکلاتی همراه است. برای مثال، ارزش پول رایج در کشورها همواره در نوسان است (بهاتاچاریا، ۱۳۹۷).

همچنین، مشکلات مربوط به اندازه‌گیری مصرف انرژی نیز بر محاسبه شدت انرژی اثر می‌گذارد که از جمله مشکلات مربوط به آن عبارت‌اند از: (۱) استفاده از انرژی‌های سنتی در کشورهای در حال توسعه، داده‌هایی را ایجاد می‌کند که اغلب از صحت و درستی برخوردار نیستند و خارج نمودن انرژی‌های سنتی از تحلیل می‌تواند مصرف انرژی را کمتر از حد بیان کند، (۲) تجمیع انرژی‌ها به یک واحد مشترک مشکل‌زا خواهد بود، (۳) تعریف و اشکال مختلف انرژی در دسترس و مصرف بخش‌های انرژی یکسان نیستند و حتی در یک کشور هم می‌تواند از یک زمان به زمان دیگر متفاوت باشد که به منظور مقایسه، نیاز به تعاریف قابل قیاس و قابل ارائه خواهد بود (بهاتاچاریا، ۱۳۹۷).

بنابراین با توجه به مشکلات موجود در اندازه‌گیری شدت انرژی، نیاز است تا عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی در یک چارچوب منطقی و علمی

^۱. Energy Efficiency

^۲. Energy Intensity

تجزیه شوند که روش تحلیل تجزیه شاخصی، تغییرات مصرف انرژی را به سه اثر متداول به شرح زیر تجزیه می‌کند:

اثر فعالیت^۱: میزان مصرف انرژی را در نتیجه افزایش تولید نشان می‌دهد، به طوری که سایر عوامل مؤثر از جمله کارایی، تکنولوژی و الگوی مصرف ثابت باقی بمانند (فریدزاد، ۱۳۹۴).

اثر ساختار^۲: اثر ساختاری نیز میزان تغییر در مصرف انرژی را تنها به دلیل تغییر در ساختار رفتار مصرف‌کنندگان انرژی نشان می‌دهد (فریدزاد، ۱۳۹۴). به عبارت دیگر، تغییر ساختاری در یک اقتصاد نشان‌دهنده انتقالات در سهم فعالیت‌های اقتصادی در سطح بخشی است (بهاتاچاریا، ۱۳۹۷).

اثر شدت انرژی^۳: اثر شدت انرژی به کمک عوامل مختلفی از جمله تکنولوژی، افزایش کارایی تجهیزات انرژی‌بر، آگاهی بیشتر مصرف‌کنندگان نسبت به اهمیت انرژی و تغییر الگوی مصرف، اعمال روش‌های مدیریت مصرف انرژی و مانند آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد و اثر شدت انرژی برآیندی از تغییرات یاد شده را بر مصرف انرژی با فرض ثبات تولید و عدم تغییر ساختار مصرف‌کنندگان انرژی اندازه‌گیری می‌کند (فریدزاد، ۱۳۹۴).

علاوه بر سه اثر فوق‌الذکر که به عنوان عوامل متداول مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی شناخته شده‌اند، عوامل دیگری نیز بر تغییرات مصرف انرژی اثرگذار هستند که سبب می‌شود تجزیه مصرف انرژی با دقت بیشتری صورت گیرد. یکی از این عوامل، بدهی است که به عنوان عامل زیرمجموعه اثر ساختاری می‌تواند از کانال‌های سرمایه‌گذاری و مصرف خانوارها، موجبات افزایش مصرف انرژی را فراهم آورد. لذا روش تحلیل تجزیه شاخصی، تغییرات مصرف انرژی را به سه اثر مرتبط با بدهی به شرح زیر نیز تجزیه می‌کند:

اثر مقیاس بدهی خصوصی^۴: بدهی خصوصی سرانه نشان‌دهنده میزان بدهی خصوصی به ازای هر نفر است و اثر مقیاس بدهی خصوصی میزان تغییر در مصرف انرژی را به دلیل تغییر در بدهی خصوصی سرانه در دوره‌های مختلف اندازه‌گیری می‌کند (سون و لیو، ۲۰۲۰).

1. Activity Effect

2. Structural Effect

3. Energy Intensity Effect

4. The Scale Effect of Private Debt

اثر ساختار بدهی^۱: اثر ساختار بدهی میزان تغییر در مصرف انرژی را به دلیل تغییر در ساختار بدهی در دوره‌های مختلف اندازه‌گیری می‌کند و ساختار بدهی نیز از نسبت بدهی دولت بر بدهی خصوصی بدست می‌آید (سون و لیو، ۲۰۲۰).

اثر بدهی دولت^۲: از آنجایی که بدهی دولت از طریق سرمایه‌گذاری بر مصرف انرژی اثر می‌گذارد، لذا اثر بدهی دولت، تغییر در مصرف انرژی را به دلیل تغییر در بدهی دولت که سرمایه‌گذاری می‌شود، در دوره‌های مختلف اندازه‌گیری می‌کند (سون و لیو، ۲۰۲۰). بنابراین تجزیه مصرف انرژی در ساده‌ترین حالت به سه اثر متداول امکان پذیر است اما با در نظر گرفتن بدهی خصوصی و بدهی دولت به عنوان یک ابزار بین زمانی و به عنوان عوامل زیرمجموعه اثر ساختاری، می‌توان جنبه‌های دیگری از سهم عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی و در سطح کل اقتصاد را مورد بررسی قرار داد تا شناخت دلایل رشد مصرف انرژی به طور مؤثرتری امکان پذیر گردد.

۲-۱. پیوند بین بدهی و مصرف انرژی

با توجه به روند افزایش مصرف انرژی در دهه‌های اخیر و محدودیت منابع آن، تجزیه مصرف انرژی می‌تواند اثر عوامل کلیدی مؤثر بر تغییرات آن یعنی سه اثر متداول شامل اثر فعالیت، اثر ساختاری و اثر شدت انرژی را از یکدیگر تجزیه کند تا بتوان عوامل مهم‌تر در کاهش و افزایش مصرف انرژی طی دوره‌های مختلف را جهت برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری صحیح و مطلوب شناسایی کرد. علاوه بر سه اثر متداول، بدهی نیز بر مصرف انرژی اثرگذار هستند.

بدهی، به عنوان یک ابزار بین زمانی، محدودیت‌های بودجه فعلی را کاهش می‌دهد و می‌تواند مصرف انرژی بخش‌های خصوصی و سازمان‌های دولتی را با تغییر محدودیت‌های بودجه مالی آن‌ها تحت تأثیر قرار دهد (سون و لیو، ۲۰۲۰). بدهی در حالت کلی به دو بخش بدهی خصوصی و بدهی دولت تقسیم می‌شود که بدهی خصوصی نیز شامل بدهی خانوار و بدهی شرکت‌ها است. نحوه‌ی اثرگذاری هر یک به شرح زیر است:

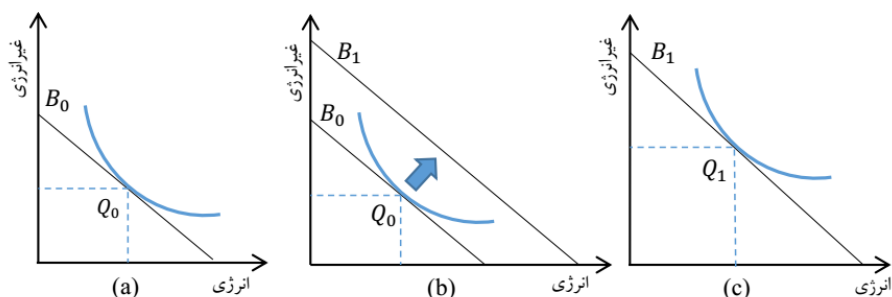
بدهی خانوار و مصرف انرژی خانوار: محدودیت‌های اعتباری مانع اساسی در مصرف خانوار است. بدهی به عنوان یک ابزار بین زمانی، محدودیت‌های بودجه فعلی را از طریق انتقال خط بودجه به راست (B_0 به B_1)، کاهش می‌دهد و دسترسی آسان‌تر و ارزان‌تر به اعتبار باعث می‌شود خانوارها کالای انرژی و کالای غیرانرژی بیشتری مصرف کنند

1. The Structure Effect of Debt

2. The Effect of Government Debt

(نمودار (۱)). از یک طرف بدهی می‌تواند به طور مستقیم بر مصرف انرژی تأثیر بگذارد (اثر مصرف مستقیم انرژی)^۱ و از طرف دیگر، بدهی به طور غیرمستقیم مصرف انرژی را افزایش می‌دهد (اثر مصرف غیرمستقیم انرژی)^۲ (سون و یو، ۲۰۲۰).

نمودار (۱): تغییر رفتار مصرف‌کننده با افزایش درآمد



منبع: سون و لیو (۲۰۲۰)

بدهی شرکت‌ها و سرمایه‌گذاری: بخش دیگر بدهی خصوصی، بدهی شرکت‌ها است که بدهی شرکت‌ها از طریق سرمایه‌گذاری به مصرف انرژی کمک می‌کند. به دلیل فشارهای سیاسی، شرکت‌های مالی دولتی به راحتی تحت تأثیر مقامات دولتی قرار گرفته و محدودیت‌های اعتباری شرکت‌های غیرمالی برای سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهند. با انعطاف مالی و کاهش محدودیت بودجه، رابطه دقیق بین هزینه و درآمد کاهش یافته و حساسیت شرکت نسبت به نرخ بهره کاهش می‌یابد. در نتیجه تقاضای بنگاه‌ها برای اعتبارات تقریباً سیری‌ناپذیر است و بدهی شرکت‌ها به سرعت رشد می‌کند. علاوه بر بدهی در حال گسترش، اعتبار در چندین بخش اقتصادی متمرکز شده است که مصرف انرژی بالایی دارند، که از جمله آن می‌توان به صنایع فولاد، سیمان، املاک و مستغلات، صنعت آلومینیوم، ساخت اتومبیل و ساختمان اشاره نمود (سون و لیو، ۲۰۲۰).

بدهی دولت و مصرف انرژی: برای اقتصادهایی که سیستم مالی آن‌ها مبتنی بر بانک است، بدهی نقش اصلی را در پویایی سرمایه‌گذاری ایفا می‌کند، به این معنی که منبع اصلی سرمایه‌گذاری مالی، وام‌های بانک است و از این طریق محدودیت‌های اعتباری کاهش می‌یابد. سرمایه‌گذاری منجر به رشد اقتصادی می‌شود که تقاضا برای مصرف انرژی

¹. Direct Energy Consumption Effect

². Indirect Energy Consumption Effect

را افزایش می‌دهد و روند روبه رشد بدهی دولت از یک سو و افزایش سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها از سوی دیگر، به عنوان مؤثرترین روش برای تحریک رشد اقتصادی، نقش مهمی در افزایش مصرف انرژی ایفا می‌کند که این سرمایه‌گذاری‌ها عمدتاً منجر به توسعه سریع صنعت سنگین که انرژی بر هستند نیز می‌شود (سون و لیو، ۲۰۲۰).

۳. مروری بر مطالعات تجربی

روش تحلیل تجزیه شاخصی در مطالعات خارجی گسترده‌تر و متنوع‌تر از مطالعات داخلی هستند که در ادامه به جدیدترین پژوهش‌های خارجی صورت گرفته در حوزه‌ی تحلیل تجزیه مصرف انرژی با استفاده از روش شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا شاخصی اشاره می‌گردد:

کیوخی و شوال‌پور^۱ (۲۰۲۱) عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی و انتشار کربن دی-اکسید (CO₂)^۲ در بخش برق ایران را با استفاده از روش LMDI، بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷، به چهار اثر شامل اثر فعالیت، اثر ساختار تولید، اثر شدت انرژی و اثر ترکیب سوختی تجزیه کرده‌اند. در این مطالعه عوامل مؤثر بر اساس مالکیت نیروگاه‌ها تجزیه شده است. بر اساس نتایج، اثر فعالیت عامل اصلی رشد و اثر شدت انرژی عامل اصلی کاهش مصرف انرژی و انتشار CO₂ بوده است.

وانگ^۳ و همکاران (۲۰۲۱) عوامل اساسی ایجاد تغییرات در مصرف انرژی خانگی (HEC)^۴ در چین را طی سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۱۷ با استفاده از روش LMDI به اثر ساختار انرژی، اثر شدت انرژی، اثر ساختار منطقه‌ای، اثر مصرف سرانه و اثر مقیاس جمعیت تجزیه می‌کنند. بر اساس نتایج، شدت انرژی و ساختار منطقه‌ای، HEC را کاهش می‌دهد، مقیاس‌های جمعیت، مصرف سرانه و ساختار انرژی باعث تحریک رشد HEC می‌شود. همچنین ساختار انرژی روستایی سهم بیشتری در افزایش HEC دارد.

آکیورک^۵ (۲۰۲۰) با استفاده از روش تجزیه LMDI، رشد مصرف کل انرژی در ۱۰ صنعت تولیدی ترکیه را به سه اثر فعالیت، اثر ساختاری و اثر شدتی در دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۰۵ تجزیه کرده است. نتایج در زیربخش‌های الف) محصولات غذایی، نوشیدنی‌ها و

1. Kouyakhi, and Shavvalpour)

2. Carbon Dioxide (CO₂)

3. Wang

4. Household Energy Consumption

5. Akyürek

دخانیات، ب) منسوجات و محصولات نساجی، ج) چوب و محصولات چوبی، د) تفاله، کاغذ و محصولات کاغذی، انتشار و چاپ، و) مواد شیمیایی، محصولات شیمیایی و الیاف ساخته شده توسط بشر، ه) محصولات پلاستیکی و لاستیکی و ی) تجهیزات، نشان می‌دهد که اثر فعالیت سهم قابل توجهی در رشد مصرف انرژی داشته است.

لین و رضا^۱ (۲۰۲۰) به تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف برق در بخش‌های اقتصادی پاکستان طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ با استفاده از روش LMDI به پنج عامل شامل سهم مصرف برق بخشی، شدت انرژی، ساختار اقتصادی، تولید ناخالص داخلی سرانه و جمعیت پرداخته‌اند. بر اساس نتایج، شدت انرژی عامل اصلی رشد مصرف برق و ساختار اقتصادی عاملی اصلی کاهش مصرف بوده است. تولید ناخالص داخلی سرانه و جمعیت نیز در رشد مصرف برق در دوره مورد مطالعه مؤثر بوده‌اند.

لی^۲ و همکاران (۲۰۱۹) عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف آب و انرژی در چین را با استفاده از روش LMDI جمعی طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۱ تجزیه کرده‌اند. اثر کلی تغییر مصرف آب به چهار عامل شامل مصرف آب صنعتی، ساختار صنعتی، مقیاس اقتصادی و مقیاس جمعیت و اثر کلی تغییر مصرف انرژی به سه عامل شامل شدت مصرف، فعالیت اقتصادی و جمعیت تجزیه شده است. بر اساس نتایج، رشد جمعیت و تولید ناخالص داخلی سرانه، عوامل اصلی مصرف آب و انرژی بوده‌اند.

چن^۳ و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از روش تجزیه LMDI جمعی، مصرف انرژی خورشیدی در ایالات متحده را طی دوره زمانی ۱۹۸۳-۲۰۱۷ به چهار اثر شامل اثر ساختاری مصرف انرژی، اثر شدت انرژی تجدیدپذیر، اثر فعالیت اقتصادی و اثر جمعیت تجزیه کرده‌اند. بر اساس نتایج، اثر جمعیت و فعالیت در تمام سال‌ها منجر به افزایش مصرف انرژی شده است و تأثیر اثرات شدت انرژی و ساختاری بر مصرف انرژی خورشیدی به صورت ناپایدار بوده است.

کالادو^۴ و همکاران (۲۰۱۸)، با استفاده از روش تجزیه LMDI، تغییرات در مصرف انرژی کلمبیا را طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ به ۴ اثر جمعیت، فعالیت، ساختار و شدت تجزیه می‌کنند. بر اساس نتایج اثرات جمعیت و فعالیت در جهت افزایش مصرف انرژی کشور و اثر شدت و به میزان کم‌تر اثر ساختار در جهت کاهش مصرف انرژی مؤثر هستند.

1. Lin & Raza

2. Li

3. Chen

4. Román-Collado

از سایر مطالعات صورت گرفته در حوزه تجزیه مصرف انرژی با روش شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا می‌توان به فلیپ پرین^۱ و همکاران (۲۰۲۱)، بیانکو^۲ (۲۰۲۰)، فانگ^۳ و همکاران (۲۰۲۰)، لیو^۴ و همکاران (۲۰۱۹)، پابلو رومئو^۵ و همکاران (۲۰۱۹)، وانگ و فنگ^۶ (۲۰۱۸)، گوانگ‌نی^۷ و همکاران (۲۰۱۸)، کیم^۸ (۲۰۱۷)، جمیل و شهزاد^۹ (۲۰۱۷)، آچر و بلومی^{۱۰} (۲۰۱۶)، دوران^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۵)، چونگ^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۵) و ژانگ و گو^{۱۳} (۲۰۱۳) اشاره کرد.

مطالعات صورت گرفته در داخل ایران در زمینه تجزیه مصرف انرژی با استفاده از شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا رویکرد تحلیل تجزیه شاخصی محدود هستند که در ادامه به جدیدترین مطالعات اشاره می‌شود:

آماده و هاشمی (۱۳۹۸)، با بکارگیری روش تجزیه LMDI جمعی، به تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در قالب آثار شدتی، ساختاری و فعالیت در دو بخش صنعت و حمل‌ونقل طی دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۳ به صورت زنجیره‌ای می‌پردازند. بر اساس نتایج، افزایش مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل بیشتر ناشی از اثر ساختاری در قالب بکارگیری از صنایع انرژی‌بر بوده است و در بخش صنعت نیز اثر شدتی نقش اصلی را در افزایش مصرف انرژی داشته است.

محسنی و همکاران (۱۳۹۷) به تجزیه مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل با روش تجزیه LMDI جمعی و ضربی و بررسی عوامل مؤثر بر آن طی دوره زمانی ۱۳۷۶-۱۳۹۰ می‌پردازند. بر اساس نتایج، اثر ساختاری تأثیر اندک بر تغییرات مصرف انرژی داشته است و اثر تولیدی نیز عامل اصلی افزایش مصرف انرژی در تمام طول دوره بوده است. اثر شدتی در طول دوره همواره کاهش داشته است که نشان‌دهنده آن است که برنامه‌های سیاست‌گذار برای ارتقای بهره‌وری انرژی با موفقیت همراه بوده است.

1. Praene

2. Bianco

3. Fang

4. Liu

5. Pablo-Romero

6. Wang and Feng

7. Nie

8. Kim

9. Jamil and Shahzad

10. Achour and Belloumi

11. Duran

12. Chong

13. Zhang and Guo

صالحی ابر و باقری (۱۳۹۵) به تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در نیروگاه‌های ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۸۶ به سه عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری و اثر شدت با استفاده از روش تجزیه LMDI جمع‌پذیر می‌پردازند. نتایج این تجزیه نشان می‌دهد که اثر فعالیت و اثر ساختاری موجب افزایش مصرف انرژی کل نیروگاه‌های حرارتی شده است و در مقابل، اثر شدت انرژی در کاهش مصرف انرژی کل نیروگاه‌ها نقش داشته است.

پورعبادالهیان کویچ و همکاران (۱۳۹۴) با بکارگیری چهار روش تحلیل تجزیه شاخصی (LMDI، AMDI، GFI، شاخص لاسپیرز)، تغییرات مصرف انرژی را طی دوره زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۱ در زیربخش‌های صنعتی ایران به سه اثر فعالیت، ساختاری و شدت انرژی تجزیه می‌کنند. بر اساس نتایج، روش LMDI تجزیه را بدون هیچ عامل باقی‌مانده‌ای انجام می‌دهد. همچنین در هر چهار شاخص، عامل اصلی افزایش مصرف انرژی، اثر فعالیت و مهم‌ترین عامل کاهش مصرف انرژی نیز اثر شدت انرژی بوده است و اثر ساختاری سهم ناچیزی در تغییرات مصرف انرژی داشته است.

ناظمی و محمدیان (۱۳۹۴) به تجزیه و تحلیل تغییرات مصرف انرژی و شدت انرژی با استفاده از فرم ضریبی روش LMDI در بخش صنعت کشور، به تفکیک زیربخش‌های آن، طی دوره زمانی ۱۳۷۵-۱۳۹۰ می‌پردازند. با توجه به نتایج، بین سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۰، مصرف انرژی بخش صنعت رشدی ۱۰۵ درصدی را تجربه کرده است که بخش عمده‌ای از این افزایش، بالغ بر ۱۲۰ درصد، به واسطه افزایش تولیدات صنعت می‌باشد. اثر ساختاری نیز باعث افزایش ۲۶ درصدی در مصرف انرژی گردیده ولی اثر شدت انرژی، باعث کاهش ۳۰ درصدی در انرژی مصرفی بخش صنعت شده است.

قلی‌زاده و براتی (۱۳۹۱) عوامل مؤثر بر تغییرات انرژی مصرفی بخش مسکونی را با استفاده از تکنیک تجزیه LMDI جمع‌پذیر، برای دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۷۳ تحلیل می‌کنند. بررسی چهار اثر درآمدی خانوار، بهره‌وری انرژی، رشد جمعیت و جایگزینی انرژی نشان می‌دهد که درآمد خانوار بیشترین اثر را بر رشد مصرف انرژی مسکونی دارد. پس از آن رشد جمعیت و بهره‌وری انرژی دو عامل مؤثر بر افزایش مصرف انرژی هستند و جایگزینی سوخت‌ها نیز اثری کم اما مثبت بر رشد مصرف انرژی بخش مسکونی دارد.

بنابراین مطالعه حاضر چند مزیت دارد: اول اینکه برای اولین بار تأثیر بدهی بر مصرف انرژی در ایران بررسی خواهد شد و در نهایت مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی و کل اقتصاد به شش اثر شامل سه اثر متداول مرتبط با تولید و سه اثر مرتبط با بدهی تجزیه می‌گردد. دوم اینکه مطالعات داخلی عمدتاً به تجزیه مصرف انرژی در سطح یک یا

چند بخش اقتصادی و یا زیربخش‌های یک بخش اقتصادی پرداخته‌اند ولی مطالعه حاضر، مصرف انرژی را در سطح بخش‌های اقتصادی و کل اقتصاد ایران بطور همزمان تجزیه خواهد کرد. سوم، در مطالعه حاضر تجزیه مصرف انرژی به سه شکل دو دوره‌ای، زنجیره‌ای و دو دوره‌ی پنج ساله صورت می‌گیرد که در هیچ یک از مطالعات گذشته نتایج به طور همزمان در این سه حالت بررسی نشده‌اند.

۴. روش تجزیه مصرف انرژی

بررسی رفتار مصرف انرژی و شدت انرژی در بخش‌های مختلف، گامی اساسی در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در حوزه انرژی محسوب می‌شود. یکی از روش‌های مورد استفاده در این زمینه، روش تجزیه است. روش تجزیه، شاخصی تکنیکی است که برای اولین بار در اواخر دهه ۱۹۷۰ برای مطالعه تأثیر تغییرات ترکیب محصول بر تقاضای انرژی صنعتی استفاده شد (آنگ و ژانگ^۱، ۲۰۰۰). روش‌های تحلیلی مختلفی به منظور تحلیل تقاضای انرژی استفاده می‌شوند که یکی از این روش‌ها، تحلیل تجزیه براساس عوامل مؤثر (DA)^۲ است. دو تکنیک معمول تحلیل تجزیه بر اساس عوامل مؤثر^۳ شامل تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)^۴ و تحلیل تجزیه شاخصی (IDA)^۵ است. روش تحلیل تجزیه ساختاری پس از مقاله لئونتیف در سال ۱۹۴۱ با عنوان روابط مقداری داده-ستانده در سیستم اقتصادی آمریکا رواج یافت. این تحلیل از اطلاعات از جداول داده-ستانده بهره می‌گیرد و کاربردهای فراوانی در تحلیل متغیرهای اقتصادی، زیست محیطی و انرژی در اقتصاد دارد.

روش‌های متداول تحلیل تجزیه شاخصی بین تحلیل‌گران را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: روش‌های مرتبط با شاخص لاسپیرز^۶ و روش‌های مرتبط با شاخص دیویژیا^۷. روش‌های مورد استفاده در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ شبیه شاخص لاسپیرز

^۱. Ang & Zhang

^۲. Factor (or Decomposition) Analysis

^۳. تکنیک دیگری نیز وجود دارد که تحلیل تجزیه نظری تولید (PDA) نامیده می‌شود و به منظور نشان دادن اثرات کارایی تولید و فناوری بر مصرف یا انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (هوانگ، ۲۰۲۰).

^۴. Structural Decomposition Analysis

^۵. Index Decomposition Analysis

^۶. Laspeyres Index

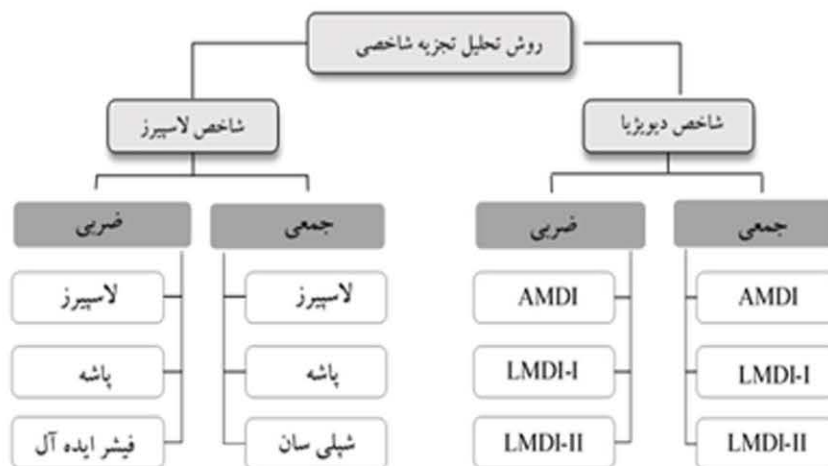
^۷. Divisia Index

در مفهوم هستند. پس از آن توسعه و اصلاح روش‌های مرتبط با شاخص دیویژیا انجام شد که می‌توان به ریتلر^۱ و همکاران (۱۹۸۷)، هوارس^۲ و همکاران (۱۹۹۱) و آنگ^۳ و همکاران (۲۰۰۲) اشاره کرد (آنگ، ۲۰۰۴). با اشاره به روشی که هانکینسون و ریس^۴ (۱۹۸۳) برای مصرف برق صنعتی انگلستان استفاده کردند، ریتلر و همکاران (۱۹۸۷) نشان دادند که تجزیه می‌تواند به روش دیگری انجام شود. سپس بوید^۵ و همکاران (۱۹۸۸) روش دیگری را پیشنهاد کردند و شاخص دیویژیا را معرفی کرده و از آن برای مطالعه مصرف انرژی صنعتی ایالات متحده استفاده کردند. در ادامه لیو^۶ و همکاران (۱۹۹۲) روش وزن‌دهی تطبیق دیویژیا را نیز معرفی کردند (آنگ و ژانگ، ۲۰۰۰). در نهایت شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا به عنوان بهترین روش توسط آنگ (۲۰۰۴) پیشنهاد گردید.

رویکرد تحلیل تجزیه شاخصی را می‌توان برای تجزیه شدت انرژی (شاخص شدت) و تجزیه مصرف انرژی (شاخص کمیت) استفاده کرد. چنان‌چه تابع تعیین‌کننده، تابع شدت انرژی باشد، IDA در ساده‌ترین حالت به دو عامل، اثر ساختار و اثر شدت انرژی قابل تجزیه است و هنگامی که تابع تعیین‌کننده، تابع مصرف انرژی باشد، IDA در ساده‌ترین حالت به سه عامل، اثر فعالیت، اثر ساختار و اثر شدت انرژی قابل تجزیه است که در مطالعه حاضر نیز تابع تعیین‌کننده، تابع مصرف انرژی است. در نمودار (۲) انواع روش‌های محاسباتی تکنیک تحلیل تجزیه شاخصی ارائه شده است.

1. Reitler
2. Howarth
3. Ang
4. Hankinson and Rhys
5. Boyd
6. Liu

نمودار (۲): طبقه‌بندی انواع رویکردهای تکنیک تحلیل تجزیه شاخصی



بر اساس نمودار (۲)، روش‌های تحلیل تجزیه شاخصی بر پایه شاخص لاسپیرز و بر پایه شاخص دیویژیا به دو شکل جمعی^۱ و ضربی^۲ طبقه‌بندی می‌شوند و قابل محاسبه هستند. اما در این میان، شاخص دیویژیا که در مطالعه حاضر مورد استفاده قرار خواهد گرفت، نسبت به روش لاسپیرز از اولویت محاسباتی و کاربردی برخوردار است. روش تحلیل تجزیه شاخصی بر پایه شاخص دیویژیا شامل دو رویکرد شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا (LMDI)^۳ و شاخص میانگین حسابی دیویژیا (AMDI)^۴ است که در روش AMDI، اگر مجموعه داده حاوی صفر باشد، این روش شکست می‌خورد و باید از روش شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا استفاده کرد (آنگ، ۲۰۰۴). روش شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا چندین مزیت دارد: (۱) تجزیه علمی‌تر است، (۲) تجزیه را به صورت کامل ارائه می‌دهد و باقی‌مانده ایجاد نمی‌کند، (۳) فرمول‌بندی و کاربرد آن آسان است، (۴) امکان محاسبه مقادیر صفر و منفی را دارند، (۵) نتایج نسخه‌های ضربی و جمعی با یک رابطه ساده به هم مرتبط می‌شوند، (۶) معادلات تجزیه بدون در نظر گرفتن تعداد عوامل مورد نظر، دارای شکل ریاضی یکسانی هستند و (۷) تفسیر نتایج تجزیه به فرم جمعی آسان‌تر از تفسیر نتایج تجزیه به فرم ضربی است (هوانگ، ۲۰۲۰).

1. Additive

2. Multiplicative

3. Logarithmic Mean Divisia Index

4. Arithmetic Mean Divisia Index

شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا شامل دو روش شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا- یک (LMDI-I)^۱ و شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا- دو (LMDI-II)^۲ است. تفاوت این دو روش در فرمول وزن بکار گرفته شده در آن‌ها است. در حالت کلی، روش تجزیه جمعی هنگام استفاده از یک شاخص کمیت (مصرف انرژی) مناسب‌تر است و نتایج تجزیه به صورت یک واحد فیزیکی ارائه می‌گردد. بنابراین در پژوهش حاضر از روش LMDI-I در حالت جمعی که برای اولین بار توسط آنگ و همکاران (۱۹۹۸)^۳ برای تجزیه مصرف انرژی معرفی شد، به منظور تحلیل تجزیه تأثیر بدهی بر مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی ایران استفاده می‌شود.

روش تحلیل تجزیه شاخصی با تعریف یک تابع تعیین‌کننده که تابعی از n عامل است، شروع می‌شود. سپس به تجزیه این تابع به n عامل مزبور با استفاده از فرم‌های مختلف جمعی و ضربی می‌پردازد. فرض کنید تابع تعیین‌کننده V ، مجموع V_i عامل مختلف باشد؛ به طوری که هر یک از V_i ها، تابعی از n عامل باشند. بدین معنی که n عامل بر تغییرات V طی زمان اثر بگذارد. تابع V_i به صورت زیر است (آنگ، ۲۰۰۵):

$$V_i = x_{1,i} \cdot x_{2,i} \dots x_{n,i}$$

در این صورت، تحلیل تجزیه شاخصی برای تابع V در حالت عمومی به صورت معادله (۱) خواهد بود:

$$V = \sum_i V_i = \sum_i x_{1,i} \cdot x_{2,i} \dots x_{n,i} \quad (1)$$

i ها می‌توانند یک ویژگی مانند زیربخش‌های مصرف‌کننده انرژی یا نوع سوخت و ... باشند. اگر دوره‌ی زمانی از صفر تا t باشد، مجموع تغییرات از $V^0 = x_{1,i}^0 \cdot x_{2,i}^0 \dots x_{n,i}^0$ به $V^t = x_{1,i}^t \cdot x_{2,i}^t \dots x_{n,i}^t$ تغییر می‌کند. تجزیه جمعی، از معادله (۲) به صورت مجموع اجزا حاصل می‌شود (آنگ، ۲۰۰۵):

$$\Delta V_{tot} = V^t - V^0 = \Delta V_{X1} + \Delta V_{X2} + \dots + \Delta V_{Xn} + V_{rsd} \quad (2)$$

اندیس tot بیان‌کننده کل یا تمامی تغییرات و اندیس rsd بیانگر قسمت باقیمانده است که برای شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا که تجزیه را به صورت کامل انجام می‌دهد، تقریباً برابر صفر است. همچنین سمت راست معادله (۲)، آثار مرتبط با عوامل معادله (۱) را نشان می‌دهد.

1. Logarithmic Mean Divisia Index - I

2. Logarithmic Mean Divisia Index - II

3. Ang

در شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا-یک (LMDI-I)، فرمول عمومی برای اندازه‌گیری اثر K ام در تجزیه جمعی در سمت راست معادله (۲) به صورت معادله (۳) است (آنگ، ۲۰۰۵):

$$\Delta V_{XK} = \sum_i L(V_i^T \cdot V_i^0) \ln \left(\frac{X_{k,i}^T}{X_{k,i}^0} \right) \quad (3)$$

همچنین تابع متوسط لگاریتمی دو عدد مثبت را می‌توان به صورت معادله (۴) محاسبه کرد که با جایگزاری در معادله (۳)، معادله (۵) حاصل می‌شود:

$$L(V_i^T \cdot V_i^0) = \frac{(V_i^T - V_i^0)}{(\ln V_i^T - \ln V_i^0)} \quad (4)$$

$$\Delta V_{XK} = \sum_i \frac{V_i^T - V_i^0}{\ln V_i^T - \ln V_i^0} \ln \left(\frac{X_{k,i}^T}{X_{k,i}^0} \right) \quad (5)$$

در پژوهش حاضر همان‌طور که بیان شد، تابع تعیین‌کننده، تابع مصرف انرژی است. لذا به منظور تحلیل تجزیه تأثیر بدهی خصوصی و بدهی دولت بر مصرف انرژی ایران، ابتدا از نسبت $\frac{D_{pri}}{POP}$ به عنوان شاخص بدهی خصوصی سرانه استفاده می‌شود و با استفاده از این نسبت، سایر عوامل مرتبط با بدهی که شامل ساختار بدهی و شاخص بدهی دولت هستند و سه اثر متداول که شامل اثر فعالیت، اثر ساختار صنعتی و اثر شدت انرژی می‌شوند، به طور همزمان تعیین خواهند شد (سون و لیو، ۲۰۲۰).

بر اساس معادله (۱)، تحلیل تجزیه شاخصی تابع مصرف انرژی به صورت معادله (۶) خواهد بود:

$$E = \sum_i E_i = \sum POP \times \frac{D_{pri}}{POP} \times \frac{D_{gov}}{D_{pri}} \times \frac{GDP}{D_{gov}} \times \frac{GDP_i}{GDP} \times \frac{E_i}{GDP_i} \quad (6)$$

در رابطه‌ی (۶)، E_i ، POP ، D_{pri} ، D_{gov} ، GDP و GDP_i به ترتیب نشان‌دهنده‌ی مصرف انرژی بخش i ، جمعیت، بدهی خصوصی، بدهی دولت، تولید ناخالص داخلی^۱ و تولید ناخالص داخلی بخش i هستند. هر یک از نسبت‌های موجود در معادله (۶)، یک عامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی است که در معادله (۷) هر نسبت نام‌گذاری شده است:

$$E = \sum_i E_i = \sum_i POP \times PDPC \times DSTR \times DE \times STR_i \times INT_i \quad (7)$$

pop : به عنوان اثر فعالیت^۲

$\frac{D_{pri}}{POP}$: بدهی خصوصی سرانه (PDPC)^۳ (اثر مقیاس بدهی خصوصی)^۴

^۱ تولید ناخالص داخلی عبارت است کل ارزش ریالی محصولات نهایی تولید شده توسط واحدهای اقتصادی مقیم کشور در دوره زمانی معین (سالانه یا فصلی). (بانک مرکزی ج.ا.ایران)

^۲ Activity Effect

^۳ بدهی خصوصی سرانه نشان‌دهنده میزان بدهی خصوصی به ازای هر نفر است (سون و لیو، ۲۰۲۰).

^۴ Private Debt Per Capita (The Scale Effect of Private Debt)

$$\begin{aligned} & \frac{D_{gov}}{D_{pri}} : \text{ساختار بدهی (DSTR)}^1 \text{ (اثر ساختار بدهی)}^2 \\ & \frac{GDP}{D_{gov}} : \text{کارایی در تولید ناشی از بدهی (مخارج) دولت (DE)}^3 \text{ (اثر بدهی دولت)}^4 \\ & \frac{GDP_i}{GDP} : \text{سهم بخش } i \text{ در تولید ناخالص داخلی (STR}_i\text{)} \text{ (اثر ساختار صنعتی)}^5 \\ & \frac{E_i}{GDP_i} : \text{شدت انرژی بخش } i \text{ (INT}_i\text{)} \text{ (اثر شدت انرژی)}^6 \end{aligned}$$

بر اساس معادله (۲)، تجزیه مصرف انرژی در حالت جمع‌پذیر به صورت معادله (۸) خواهد بود:

$$\Delta E_{tot} = E_{tot}^t - E_{tot}^0 = \Delta E_{act} + \Delta E_{pdpc} + \Delta E_{dstr} + \Delta E_{de} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int} \quad (8)$$

اندیس‌های act ، $pdpc$ ، $dstr$ ، de ، str و int به ترتیب دلالت بر اثر فعالیت، اثر مقیاس بدهی خصوصی، اثر ساختار بدهی، اثر بدهی دولت، اثر ساختار صنعتی و اثر شدت انرژی دارند. اثرات سمت راست معادله (۸) بر اساس فرم عمومی شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا-یک در معادله (۵)، از طریق معادلات (۹) تا (۱۴) قابل محاسبه هستند:

$$\Delta E_{act} = \sum_i w_i \ln \left(\frac{POP^t}{POP^0} \right) \quad (9)$$

$$\Delta E_{pdpc} = \sum_i w_i \ln \left(\frac{PDPC^t}{PDPC^0} \right) \quad (10)$$

$$\Delta E_{dstr} = \sum_i w_i \ln \left(\frac{DSTR^t}{DSTR^0} \right) \quad (11)$$

$$\Delta E_{de} = \sum_i w_i \ln \left(\frac{DE^t}{DE^0} \right) \quad (12)$$

$$\Delta E_{str} = \sum_i w_i \ln \left(\frac{STR_i^t}{STR_i^0} \right) \quad (13)$$

$$\Delta E_{int} = \sum_i w_i \ln \left(\frac{INT_i^t}{INT_i^0} \right) \quad (14)$$

$$w_i = \frac{E_i^t - E_i^0}{\ln(E_i^t) - \ln(E_i^0)}$$

تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی به شش اثر در حالت جمعی به این معنی است که با مثبت بودن هر اثر، آن اثر در جهت افزایش مصرف انرژی تأثیر گذار بوده است و اعداد منفی نیز عکس این مطلب را نشان می‌دهد. علاوه بر روش تجزیه مصرف انرژی، انتخاب دوره زمانی نیز دارای اهمیت بسیاری در تحلیل نتایج است. تحلیل تجزیه مصرف

^۱ . ساختار بدهی از نسبت بدهی دولت بر بدهی خصوصی بدست می‌آید (سون و ليو، ۲۰۲۰).

^۲ . Debt Structure (The Structure Effect of Debt)

^۳ . کارایی در تولید ناشی از بدهی (مخارج) دولت از نسبت تولید ناخالص داخلی بر بدهی دولت بدست می‌آید.

^۴ . Output Efficiency of Government Debt (The Effect of Government Debt)

^۵ . Share of Sector i in GDP (The Effect of Industrial Structure)

^۶ . Energy Intensity of Sector i (Energy Intensity Effect)

انرژی در پژوهش حاضر که با استفاده از شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا-یک (LMDI-I) در حالت جمعی صورت می‌گیرد، به سه صورت دو دوره‌ای، زنجیره‌ای (سری زمانی) و دو دوره‌ی پنج ساله خواهد بود. تجزیه به شکل دو دوره‌ای بر اساس سال مبنای ۱۳۸۵ و سال نهایی ۱۳۹۵ محاسبه می‌شود و نشان می‌دهد که در کل دوره‌ی مورد مطالعه تأثیر بدهی بر تغییرات مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصاد به چه صورت بوده است و یک نمای کلی از عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی را نشان می‌دهد. در حالت سری زمانی، از سال ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۹۵، هر سال نسبت به سال قبل خود سنجیده خواهد شد و تحلیل تجزیه مصرف انرژی به شکل دقیق‌تری صورت می‌گیرد و می‌توان روند تغییرات مصرف انرژی و روند اثرگذاری عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی را در دوره زمانی مورد نظر بررسی کرد تا عوامل مهم‌تر در کاهش و یا افزایش مصرف انرژی شناسایی شوند. در حالت دو دوره‌ی پنج ساله، یک دوره‌ی پنج ساله برای سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ و دوره‌ی پنج ساله دیگر نیز برای سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ در نظر گرفته می‌شود و اهمیت این حالت به دلیل بحث تکنولوژی است که در هر ۵ سال تغییر می‌کند و می‌تواند بر تغییرات مصرف انرژی اثر بگذارد. در نهایت، هدف تمامی آن‌ها بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی است.

۵. پایه‌های آماری، بررسی و تحلیل نتایج

۵-۱. پایه‌های آماری

در پژوهش حاضر به منظور تحلیل تجزیه مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی ایران و کل اقتصاد با تأکید بر بدهی خصوصی و بدهی دولت، از پایه‌های آماری مختلفی استفاده شده است که در ادامه هر یک توضیح داده خواهند شد. اطلاعات جمعیتی مورد نیاز برای دوره زمانی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵، از جداول برآورد جمعیت کل کشور از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ (به صورت سالانه)، منتشر شده توسط مرکز آمار ایران جمع‌آوری شده است. آمار و اطلاعات مورد نیاز در خصوص تولید ناخالص داخلی برای دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۸۵، از جداول درآمد و تولید ناخالص داخلی به تفکیک فعالیت‌های اقتصادی و به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰، از حساب‌های ملی ایران، منتشر شده توسط بانک مرکزی ج.ا.ایران جمع‌آوری شده است. به منظور ایجاد هماهنگی میان بخش‌های موجود در ترازنامه انرژی و گروه‌های موجود در تولید ناخالص داخلی، تفکیک بخش‌های اقتصادی

در نظر گرفته شده برای تولید ناخالص داخلی شامل ۴ بخش خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی می‌باشد.

آمار و اطلاعات مورد نیاز در خصوص مصرف انرژی بخش‌های اقتصادی و کل اقتصاد برای دوره زمانی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ از جداول ترازنامه انرژی منتشر شده توسط وزارت نیرو برای سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۵ با واحد میلیون بشکه معادل نفت خام جمع آوری شده است. بخش‌های اقتصادی موجود در ترازنامه انرژی در سمت مصرف انرژی شامل ۶ بخش خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل، کشاورزی، سایر مصارف و مصارف غیرانرژی هستند که به منظور ایجاد هماهنگی با گروه‌های موجود در تولید ناخالص داخلی، دو بخش سایر مصارف و مصارف غیر انرژی حذف شده‌اند و سهم آن‌ها به ۴ بخش دیگر اضافه شده است. بنابراین بخش‌های اقتصادی مورد نظر در پژوهش حاضر به منظور تجزیه مصرف انرژی، شامل ۴ بخش خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی می‌باشند.

آمار و اطلاعات مورد نیاز در خصوص بدهی برای دوره زمانی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵، از پایگاه داده جهانی بدهی (GDD)^۱ در صندوق بین‌المللی پول (IMF)^۲ با واحد درصدی از تولید ناخالص داخلی جمع‌آوری شده است. در خصوص بدهی خصوصی، تنها اطلاعات کل بدهی خصوصی از وام‌ها و اوراق بدهی به عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی و در خصوص بدهی دولت، تنها اطلاعات بدهی دولت مرکزی^۳ به عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی

برای ایران در دسترس بوده‌اند که از آن‌ها در پژوهش حاضر استفاده می‌گردد.^۴

۲-۵. تجزیه و تحلیل نتایج در سطح بخش‌های اقتصادی

در جدول (۱)، گزارش جزئیات تجزیه مصرف انرژی در بخش‌های خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی به ۶ اثر شامل اثر مقیاس بدهی خصوصی، اثر

^۱. Global Debt Database

^۲. International Monetary Fund

^۳. دولت عمومی شامل زیربخش‌های دولت مرکزی، دولت ایالتی و دولت محلی می‌باشد. دولت عمومی، شرکت‌ها و یا شبه شرکت‌های عمومی را دربر نمی‌گیرد. در ایران دولت مرکزی مشتمل بر وزارتخانه‌ها و مؤسسات وابسته و همچنین صندوق‌های تامین اجتماعی و سازمان‌های مشابه می‌باشند.

^۴. در مقاله‌ی حاضر تلاش شده است که نزدیک‌ترین بازه‌ی زمانی به زمان حاضر انتخاب گردد، با این حال به دلیل محدودیت در آمار و اطلاعات مربوط به بدهی خصوصی از وام‌ها و اوراق بدهی و بدهی دولت مرکزی، دوره زمانی (۱۳۸۵-۱۳۹۵) انتخاب گردیده است.

ساختار بدهی، اثر بدهی دولت، اثر فعالیت، اثر ساختار صنعتی و اثر شدت انرژی برای دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۵ به صورت دو دوره‌ای آورده شده است. ارقام منفی نشان‌دهنده کاهش مصرف انرژی معادل میلیون بشکه نفت خام و ارقام مثبت نشان‌دهنده افزایش مصرف انرژی هستند.

جدول (۱): تجزیه مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی به صورت دو دوره‌ای (۱۳۸۵-۱۳۹۵)

بخش اقتصادی	اثر مقیاس بدهی خصوصی	اثر ساختار بدهی	اثر بدهی دولت	اثر فعالیت	اثر شدت انرژی	اثر ساختار صنعتی	اثر کل
بخش خانگی، عمومی و تجاری	۱۱۹/۲۰۹	۴۹۴/۳۳۸	-۵۷۶/۰۹۹	۶۲/۵۶۶	۱/۴۷۵	۰/۱۷۱	۱۰۱/۶۶۰
بخش صنعت	۶۸/۱۶۵	۲۸۲/۶۶۹	-۲۲۹/۴۲۱	۳۵/۷۷۶	۱۱۵/۵۳۱	-۱۳/۲۸۳	۱۵۹/۴۳۸
بخش حمل‌ونقل	۷۸/۰۱۷	۳۲۳/۵۲۲	-۳۷۷/۰۳۰	۴۰/۹۴۷	-۵۶/۵۸۳	۷۱/۰۳۳	۷۹/۹۰۵
بخش کشاورزی	۱۲/۰۹۵	۵۰/۱۵۶	-۵۸/۴۵۱	۶/۳۴۸	۱۰/۰۷۰	۱/۹۸۰	۲۲/۱۹۷

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس جدول (۱)، اثر کل^۱ و یا به عبارت دیگر تغییرات مصرف انرژی در بخش‌های خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال پایه ۱۳۸۵ مثبت بوده است. بدین معنی که مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی افزایش یافته است. بیشترین افزایش مربوط به بخش صنعت به میزان ۱۵۹/۴ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است و در سایر بخش‌ها شامل خانگی، عمومی و تجاری، حمل‌ونقل و کشاورزی نیز مصرف انرژی به ترتیب به میزان ۱۰۱/۶، ۷۹/۹ و ۲۲/۱ میلیون بشکه معادل نفت خام افزایش یافته است.

از میان عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی، مشاهده می‌شود که همواره اثر ساختار بدهی بیشترین سهم را در افزایش مصرف انرژی و اثر بدهی

^۱. جمع عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در هر دوره‌ی مورد نظر، مقدار اثر کل (برآوردی) را می‌دهد.

$$\Delta E_{tot} = \Delta E_{act} + \Delta E_{pdpc} + \Delta E_{dstr} + \Delta E_{de} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int}$$

همچنین تغییر مصرف انرژی در هر دوره نیز از تفاضل مصرف انرژی در دو سال مورد نظر بدست می‌آید که اثر واقعی را می‌دهد.

$$\Delta E_{tot} = E_{tot}^t - E_{tot}^0$$

از آنجایی شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیای رویکرد تحلیل تجزیه شاخصی، تجزیه را به صورت کامل انجام می‌دهد و باقی‌مانده‌ای ایجاد نمی‌کند، اثر کل در جدول (۱) و اثر واقعی (تغییر مصرف انرژی) با هم برابر هستند و تفاوتی ندارند.

دولت بیشترین سهم را در کاهش مصرف انرژی در هر ۴ بخش اقتصادی در حالت دو دوره‌ای داشته‌اند. بر اساس تعریف اثر ساختار بدهی، افزایش در مصرف انرژی در بخش‌های خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی در دوره‌ی ۱۳۸۵-۱۳۹۵ به دلیل تغییر در ساختار بدهی، به ترتیب به میزان $۴۹۴/۳$ ، $۲۸۲/۶$ ، $۳۲۳/۵$ و $۵۰/۱$ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است و همچنین بر اساس تعریف اثر بدهی دولت، کاهش در مصرف انرژی در بخش‌های مذکور به دلیل تغییر در بدهی دولت در دوره‌ی ۱۳۸۵-۱۳۹۵ نیز به ترتیب به میزان ۵۷۶ ، $۳۲۹/۴$ ، ۳۷۷ و $۵۸/۴$ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است.

در جدول (۲)، گزارش جزئیات تجزیه مصرف انرژی در بخش‌های خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی به ۶ اثر برای دوره زمانی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۵ به صورت دو دوره‌ی پنج ساله آورده شده است.

تقسیم کل دوره به دو زیردوره نشان می‌دهد که در زیردوره‌ی ۱۳۸۵-۱۳۹۰، در تمامی بخش‌های اقتصادی، اثر بدهی دولت بیشترین سهم را در افزایش مصرف انرژی و اثر ساختار بدهی بیشترین سهم را در کاهش مصرف انرژی داشته‌اند و در زیردوره‌ی ۱۳۹۰-۱۳۹۵ نیز در تمامی بخش‌های اقتصادی اثر ساختار بدهی بیشترین سهم را در افزایش مصرف انرژی و اثر بدهی دولت بیشترین سهم را در کاهش مصرف انرژی به خود اختصاص داده‌اند. با این حال، در زیردوره‌ی ۱۳۹۰-۱۳۹۵ نسبت به زیردوره‌ی ۱۳۸۵-۱۳۹۰، سهم اثر ساختار بدهی و اثر بدهی دولت در تغییرات مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی بیشتر بوده است.

بر اساس تعریف اثر ساختار بدهی، افزایش در مصرف انرژی در زیردوره‌ی ۱۳۹۰-۱۳۹۵ به دلیل تغییر در ساختار بدهی، در بخش‌های خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی به ترتیب به میزان $۷۲۵/۴$ ، $۴۸۷/۷$ ، $۴۸۵/۱$ و $۷۹/۷$ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است و همچنین بر اساس تعریف اثر بدهی دولت، کاهش در مصرف انرژی به دلیل تغییر در بدهی دولت در زیردوره‌ی ۱۳۹۰-۱۳۹۵ در بخش‌های خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی به ترتیب به میزان $۸۱۶/۷$ ، $۵۴۹/۱$ ، $۵۴۶/۱$ و $۸۹/۸$ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است.

جدول (۲): تجزیه مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی به صورت دو دوره‌ی پنج ساله

بخش اقتصادی	اثر مقیاس بدهی خصوصی	اثر ساختار بدهی	اثر بدهی دولت	اثر فعالیت	اثر شدت انرژی	اثر ساختار صنعتی	اثر کل
بخش خانگی، عمومی و تجاری							
۱۳۸۵-۱۳۹۰	۳۴/۸۰۴	-۱۹۰/۸۶۲	۱۹۶/۵۵۷	۲۹/۹۰۶	-۲۹/۰۴۸	-۳/۷۷۹	۳۷/۵۷۸
۱۳۹۰-۱۳۹۵	۸۵/۴۰۳	۷۲۵/۴۶۹	-۸۱۶/۷۹۶	۳۱/۹۳۰	۳۳/۷۱۲	۴/۳۶۴	۶۴/۰۸۲
بخش صنعت							
۱۳۸۵-۱۳۹۰	۱۹/۷۳۲	-۱۰۸/۲۰۸	۱۱۱/۴۳۶	۱۶/۹۵۵	۷۵/۳۹۸	-۲/۱۵۷	۱۱۳/۱۵۶
۱۳۹۰-۱۳۹۵	۵۷/۴۲۲	۴۸۷/۷۸۰	-۵۴۹/۱۸۵	۲۱/۴۶۸	۴۲/۲۰۲	-۱۳/۴۰۶	۴۶/۲۸۲
بخش حمل‌ونقل							
۱۳۸۵-۱۳۹۰	۲۲/۸۱۰	-۱۲۵/۰۸۹	۱۲۸/۸۲۱	۱۹/۶۰۰	-۶۴/۵۶۵	۵۶/۷۳۳	۲۸/۳۱۰
۱۳۹۰-۱۳۹۵	۵۷/۱۰۸	۴۸۵/۱۰۹	-۵۴۶/۱۷۸	۲۱/۳۵۱	۱۲/۸۵۸	۱۱/۳۴۷	۴۱/۵۹۴
بخش کشاورزی							
۱۳۸۵-۱۳۹۰	۳/۴۰۸	-۱۸/۶۹۰	۱۹/۲۴۸	۲/۹۲۹	۱۰/۶۰۱	-۵/۹۴۰	۱۱/۵۵۵
۱۳۹۰-۱۳۹۵	۹/۳۹۱	۷۹/۷۷۵	-۸۹/۸۱۸	۳/۵۱۱	-۱/۸۳۸	۹/۶۲۰	۱۰/۶۴۲

منبع: یافته‌های پژوهش

در جدول (۳)، گزارش جزئیات تجزیه مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی به ۶ اثر برای دوره زمانی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۵ به صورت زنجیره‌ای آورده شده است.

جدول (۳): تجزیه مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی به صورت زنجیره‌ای

بخش اقتصادی	اثر مقیاس بدهی خصوصی	اثر ساختار بدهی	اثر بدهی دولت	اثر فعالیت	اثر شدت انرژی	اثر ساختار صنعتی	اثر کل
بخش خانگی، عمومی و تجاری							
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۱۵/۸۷۴	-۴۱/۹۲۰	۵۱/۰۹۳	۵/۵۹۰	-۵/۰۰۳	۹/۱۰۹	۳۴/۷۴۳
۱۳۸۶-۱۳۸۷	-۲۷/۸۹۰	-۸۶/۴۷۸	۱۰۵/۵۹۷	۶/۱۷۵	-۱/۹۹۲	-۱۳/۶۸۱	-۱۷/۲۶۹
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۳۵/۴۹۲	۶۴/۲۸۲	-۱۰۳/۶۱۷	۶/۱۵۸	۱۷/۰۰۴	-۳/۵۶۵	۱۵/۷۵۳
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۱۵/۰۴۵	۳۳/۵۱۵	-۲۸/۱۴۰	۶/۱۴۴	-۴۳/۰۱۳	-۲/۰۴۵	-۱۸/۱۹۳
۱۳۸۹-۱۳۹۰	-۳/۵۸۵	-۱۶۲/۷۸۴	۱۷۴/۱۰۲	۶/۱۷۵	۲/۷۵۳	۶/۱۸۴	۲۲/۸۴۵
۱۳۹۰-۱۳۹۱	-۱/۸۰۱	۱۲۹/۶۳۸	-۱۷۲/۷۱۱	۵/۷۹۵	-۳۵/۱۷۴	۳۸/۷۲۲	-۳۲/۳۲۹
۱۳۹۱-۱۳۹۲	-۵۶/۷۸۱	-۷/۲۲۰	۵۶/۵۱۰	۵/۷۹۶	۲۱/۵۳۵	۱۳/۷۶۹	۳۳/۶۰۹
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۳۹/۳۹۴	۳/۱۲۴	-۳۳/۳۳۷	۶/۰۹۲	۷/۰۵۵	-۸/۵۳۵	۱۳/۸۹۴
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۵۶/۳۶۱	۵۵۵/۹۱۳	-۶۳۶/۲۱۷	۶/۲۹۱	۲۵/۲۵۱	۰/۵۸۵	۱۸/۱۹۳
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۵۰/۱۲۲	۲۳/۶۳۵	-۱۸/۶۸۴	۶/۵۹۵	۱۶/۲۴۵	-۶۶/۵۹۹	۳۱/۳۲۵
بخش صنعت							
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۸/۰۶۸	-۲۱/۳۰۵	۲۵/۹۶۷	۲/۸۴۱	۳۸/۸۷۷	-۳/۸۴۴	۵۰/۶۰۴
۱۳۸۶-۱۳۸۷	-۱۶/۰۵۴	-۴۹/۷۷۷	۶۰/۷۸۲	۳/۵۵۵	۱۳/۶۵۲	۸/۷۹۲	۲۰/۹۵۰
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۲۱/۴۶۰	۳۸/۸۶۷	-۶۲/۶۵۰	۳/۷۲۳	۷/۹۳۰	-۲/۸۳۷	۵/۴۹۳
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۹/۵۲۳	۲۱/۲۱۳	-۱۷/۸۱۱	۳/۸۸۹	۲/۳۳۹	۰/۶۶۴	۱۹/۸۱۸
۱۳۸۹-۱۳۹۰	-۲/۳۹۵	-۱۰۸/۷۶۴	۱۱۶/۳۳۶	۴/۱۲۶	۱۱/۰۹۷	-۴/۰۹۸	۱۶/۲۹۱
۱۳۹۰-۱۳۹۱	-۱/۵۶۶	۹۱/۶۷۷	-۱۳۲/۱۳۶	۴/۰۹۸	۸۰/۴۲۸	-۴/۱۵۱	۱۳/۴۸۲
۱۳۹۱-۱۳۹۲	-۴۱/۰۱۱	-۵/۲۳۵	۴۰/۸۱۶	۴/۱۸۶	۱۷/۹۷۷	-۱۵/۶۶۳	۱/۱۱۰
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۲۸/۰۶۲	۲/۲۲۵	-۲۳/۶۷۶	۴/۳۴۰	۶/۱۲۵	۶/۸۱۲	۲۳/۸۸۸
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۳۹/۴۴۶	۳۸۹/۰۷۳	-۴۳۸/۲۷۸	۴/۴۰۳	-۹/۵۸۷	۰/۹۷۵	-۱۳/۶۶۸
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۳۳/۸۳۰	۱۵/۹۴۹	-۱۲/۶۰۸	۴/۴۵۰	-۵۹/۳۰۰	۳۹/۴۴۸	۲۱/۷۷۰
بخش حمل‌ونقل							
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۹/۸۶۵	-۲۶/۰۵۳	۳۱/۷۵۴	۳/۴۷۴	-۲۴/۰۶۳	۹/۱۰۸	۴/۰۸۶
۱۳۸۶-۱۳۸۷	-۱۷/۱۶۰	-۵۴/۵۷۵	۶۶/۶۴۱	۳/۸۹۷	-۱/۵۹۶	۲۸/۷۷۱	۱۶/۲۳۸
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۲۴/۱۲۴	۴۲/۶۹۲	-۷/۰۴۲۹	۴/۱۸۶	۶/۹۴۶	۲۰/۷۳۹	۲۹/۲۵۸
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۱۰/۳۰۹	۲۲/۹۶۵	-۱۹/۲۸۱	۴/۲۱۰	-۴۳/۰۱۵	-۱/۳۲۱	-۲۶/۰۳۳
۱۳۸۹-۱۳۹۰	-۲/۴۰۴	-۱۰۹/۱۴۷	۱۱۶/۷۳۵	۴/۱۴۰	۶/۰۱۷	-۱/۵۸۰	۱۴/۷۶۲
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۰/۵۶۴	۹۱/۳۴۳	-۱۲۱/۶۹۲	۴/۰۸۳	-۸/۲۲۰	۴۴/۲۶۹	۱۰/۳۴۷
۱۳۹۱-۱۳۹۲	-۴۱/۱۶۹	-۵/۲۳۵	۴۰/۹۷۳	۴/۲۰۲	۶/۰۹۸	۴/۴۸۵	۹/۳۵۴
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۲۷/۹۸۲	۲/۲۱۹	-۲۳/۶۰۸	۴/۳۲۸	۵/۳۱۱	-۵/۴۷۲	۱۰/۷۵۸
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۳۸/۸۹۹	۳۸۳/۶۷۸	-۴۳۳/۲۰۰	۴/۳۴۲	۱۳/۵۱۴	-۱۶/۸۰۱	-۸/۵۷۰
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۳۳/۵۲۱	۱۵/۸۰۴	-۱۲/۴۹۳	۴/۴۱۰	-۳/۳۷۶	-۱۸/۱۶۰	۱۹/۷۰۵
بخش کشاورزی							
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۱/۳۹۹	-۲/۶۹۴	۴/۵۰۳	۰/۴۹۳	-۵/۳۷	-۱/۵۶۹	۱/۶۶۷
۱۳۸۶-۱۳۸۷	-۲/۶۱۰	-۸/۰۹۳	۹/۸۸۲	۰/۵۷۸	۱۳/۸۲۶	-۸/۴۰۱	۵/۱۸۱
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۳/۵۸۰	۶/۴۸۴	-۱۰/۴۵۱	۰/۶۲۱	-۱/۶۸۸	۲/۹۵۰	۱/۴۹۶
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۱/۵۶۸	۳/۴۴۳	-۲/۹۳۳	۰/۶۴۰	-۲/۱۵۹	۰/۷۹۹	۱/۴۰۹
۱۳۸۹-۱۳۹۰	-۱/۳۸۴	-۱۷/۴۴۰	۱۸/۶۵۲	۰/۶۶۲	-۱/۶۸۴	۰/۹۹۶	۱/۸۰۲
۱۳۹۰-۱۳۹۱	-۰/۸۹	۱۴/۴۸۳	-۱۹/۲۹۵	۰/۶۶۷	-۱/۷۹۳	۶/۲۶۹	۱/۴۰۰
۱۳۹۱-۱۳۹۲	-۶/۵۳۹	-۱/۸۳۳	۶/۵۰۸	۰/۶۶۷	-۱/۳۶۶	۳/۴۸۸	۱/۹۷۷
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۴/۴۶۰	۰/۳۵۴	-۲/۷۶۳	۰/۶۹۰	-۱/۱۴۳	۱/۰۶۲	۱/۶۶۰
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۶/۳۷۵	۶۲/۸۸۲	-۷/۸۳۴	۰/۷۱۲	۰/۳۵۷	۲/۴۶۳	۱/۸۵۴
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۵/۶۷۳	۲/۶۷۵	-۲/۱۱۴	۰/۷۴۶	۱/۴۵۴	-۴/۶۳۳	۳/۸۰۱

منبع: یافته‌های پژوهش

بررسی نحوه‌ی اثر گذاری عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در بخش‌های خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی به صورت زنجیره‌ای نشان می‌دهد که در زيردوره ۱۳۹۳-۱۳۹۴ در مقایسه با سایر زيردوره‌ها، اثر ساختار بدهی بیشترین سهم را در افزایش مصرف انرژی و اثر بدهی دولت نیز بیشترین سهم را در کاهش مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی داشته‌اند. بر اساس تعریف اثر ساختار بدهی، افزایش در مصرف انرژی در بخش‌های خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی در زيردوره‌ی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ به دلیل تغییر در ساختار بدهی، به ترتیب به میزان ۵۵۵/۹، ۳۸۹، ۳۸۳/۶ و ۶۲/۸ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است و همچنین بر اساس تعریف اثر بدهی دولت، کاهش در مصرف انرژی در بخش‌های مذکور به دلیل تغییر در بدهی دولت در زيردوره‌ی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ نیز به ترتیب به میزان ۶۲۶/۲، ۴۳۸/۲، ۴۳۲/۲ و ۷۰/۸ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است.

۳-۵. تجزیه و تحلیل نتایج در سطح کل اقتصاد

گزارش جزئیات عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد^۱ برای دوره زمانی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ به سه صورت زنجیره‌ای، دو دوره‌ی پنج ساله و دو دوره‌ای در جدول (۴) آورده شده است.

نتایج عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد در دوره‌ی ۱۳۸۵-۱۳۹۵ به صورت دو دوره‌ای نشان می‌دهد که همانند بخش‌های اقتصادی بررسی شده در پژوهش حاضر در حالت دو دوره‌ای، اثر ساختار بدهی بیشترین سهم را در افزایش مصرف انرژی و اثر بدهی دولت بیشترین سهم را در کاهش مصرف انرژی داشته‌اند. بر اساس تعریف اثر ساختار بدهی، افزایش در مصرف انرژی در کل اقتصاد در دوره‌ی ۱۳۸۵-۱۳۹۵ به دلیل تغییر در ساختار بدهی، به میزان ۱۱۵۰/۶ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است و بر اساس تعریف اثر بدهی دولت، کاهش در مصرف انرژی در کل اقتصاد به دلیل تغییر در بدهی دولت در دوره‌ی ۱۳۸۵-۱۳۹۵ به میزان ۱۳۴۱ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است.

^۱. هر عامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد در هر یک از سه حالت زنجیره‌ای، دو دوره‌ای و دو دوره‌ی پنج ساله که در جدول (۴) آورده شده است، از تجمیع اثر مورد نظر در هر حالت در تمامی بخش‌هایی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند، بدست می‌آید.

جدول (۴). تجزیه مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد در سه حالت

سال	اثر مقیاس بدهی خصوصی	اثر ساختار بدهی	اثر بدهی دولت	اثر فعالیت	اثر شدت انرژی	اثر ساختار صنعتی	اثر کل اقتصاد
۱۳۸۵-۱۳۹۵	۲۷۷/۴۸۵	۱۱۵۰/۶۸۴	-۱۳۴۱/۰۰۰	۱۴۵/۶۳۷	۷۰/۴۹۲	۵۹/۹۰۱	۲۶۲/۲۰۰
۱۳۸۵-۱۳۹۰	۸۰/۷۵۴	-۴۴۲/۸۴۹	۴۵۶/۰۶۴	۶۹/۳۹۰	-۷/۶۱۴	۴۴/۸۵۶	۲۰۰/۶۰۰
۱۳۹۰-۱۳۹۵	۲۰۹/۳۲۴	۱۷۷۸/۱۳۳	-۲۰۰/۹۷۶	۷۸/۲۶۰	۸۶/۹۳۵	۱۱/۹۲۵	۱۶۲/۶۰۰
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۳۵/۲۰۵	-۹۲/۹۷۲	۱۱۳/۳۱۷	۱۲/۳۹۸	۱۰/۳۴۸	۱۲/۸۰۵	۹۱/۱۰۰
۱۳۸۶-۱۳۸۷	-۶۴/۱۵۵	-۱۹۸/۹۳۳	۲۴۲/۹۰۳	۱۴/۲۰۵	۱۵/۸۸۹	۱۵/۱۸۱	۲۵/۱۰۰
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۸۴/۶۵۶	۱۵۳/۳۲۵	-۲۴۷/۱۴۸	۱۴/۶۸۸	۳۰/۱۹۲	۱۶/۲۸۷	۵۲/۰۰۰
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۳۶/۴۴۶	۸۱/۱۸۶	-۶۸/۱۶۵	۱۴/۸۸۳	-۸۵/۸۴۷	-۱/۸۰۳	-۲۳/۳۰۰
۱۳۸۹-۱۳۹۰	-۸/۷۶۸	-۳۹۸/۱۳۵	۴۲۵/۸۱۵	۱۵/۱۰۳	۱۹/۱۸۳	۲/۵۰۲	۵۵/۷۰۰
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۲/۰۲۰	۳۳۷/۱۴۱	-۴۳۵/۸۳۴	۱۴/۶۲۴	۳۶/۲۴۱	۴۸/۱۰۹	-۷/۷۰۰
۱۳۹۱-۱۳۹۲	-۱۴۵/۵۰۰	-۱۸/۵۰۲	۱۴۴/۸۰۶	۱۴/۸۵۲	۴۴/۲۴۴	۶/۱۰۰	۴۶/۰۰۰
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۹۹/۸۹۹	۷/۹۳۲	-۸۴/۲۸۴	۱۵/۴۵۰	۱۷/۳۴۷	-۶/۱۳۴	۵۰/۲۰۰
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۱۴۱/۰۸۱	۱۳۹۱/۵۴۵	-۱۵۶۷/۵۳۰	۱۵/۷۴۷	۲۹/۴۳۶	-۱۲/۷۷۹	-۲/۵۰۰
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۱۳۳/۱۵۶	۵۸/۰۶۳	-۴۵/۸۹۸	۱۶/۲۰۱	-۴۴/۹۷۷	-۲۹/۹۴۳	۷۶/۶۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

در حالت دو دوره‌ی پنج ساله، نتایج همانند بخش‌های اقتصادی بررسی شده در پژوهش حاضر است. به این ترتیب که در زیردوره‌ی ۱۳۹۵-۱۳۹۰ نسبت به زیردوره‌ی ۱۳۹۰-۱۳۸۵، اثر ساختار بدهی بیشترین سهم را در افزایش مصرف انرژی و اثر بدهی دولت نیز بیشترین سهم را در کاهش مصرف انرژی داشته‌اند. بر اساس تعریف اثر ساختار بدهی، افزایش در مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد در زیردوره‌ی ۱۳۹۵-۱۳۹۰ به دلیل تغییر در ساختار بدهی، به میزان ۱۷۷۸/۱ میلیون بشکه معادل نفت بوده است. بر اساس تعریف اثر بدهی دولت، کاهش در مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد به دلیل تغییر در بدهی دولت در زیردوره‌ی ۱۳۹۵-۱۳۹۰ نیز به میزان ۲۰۰/۹ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است.

بررسی نحوه‌ی اثر گذاری عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد به صورت زنجیره‌ای نیز نشان می‌دهد که بجز زیردوره‌ی ۱۳۸۹-۱۳۸۸، در سایر زیردوره‌های دو ساله، از میان سه اثر مرتبط با بدهی شامل اثر مقیاس بدهی خصوصی، اثر ساختار بدهی و اثر بدهی دولت، همواره دو اثر و در برخی از زیردوره‌ها هر سه اثر، بیشترین سهم را در تغییرات مصرف انرژی داشته‌اند. با این حال، بررسی تمام زیردوره‌های دو ساله نشان می‌دهد که در سطح کل اقتصاد همانند بخش‌های بررسی شده، در زیردوره‌ی ۱۳۹۴-

۱۳۹۳، اثر ساختار بدهی بیشترین سهم را در افزایش مصرف انرژی و اثر بدهی دولت نیز بیشترین سهم را در کاهش مصرف انرژی در کل دوره‌ی مورد بررسی به خود اختصاص داده‌اند.

بر اساس تعریف اثر ساختار بدهی، افزایش در مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد در زیردوره‌ی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ به دلیل تغییر در ساختار بدهی، به میزان ۱۳۹۱/۵ میلیون بشکه معادل نفت بوده است و بر اساس تعریف اثر بدهی دولت، کاهش در مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد به دلیل تغییر در بدهی دولت در زیردوره‌ی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ نیز به میزان ۱۵۶۷/۵ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی

بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی شامل خانگی، عمومی و تجاری، صنعت، حمل‌ونقل و کشاورزی و در سطح کل اقتصاد طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۵ به سه صورت دو دوره‌ای، دو دوره پنج ساله و زنجیره‌ای نشان می‌دهد که ابتدا در حالت دو دوره‌ای (۱۳۸۵-۱۳۹۵) که کل دوره‌ی مورد مطالعه را در بر می‌گیرد، اثر ساختار بدهی بیشترین سهم را در افزایش مصرف انرژی و اثر بدهی دولت بیشترین سهم را در کاهش مصرف انرژی داشته‌اند. سپس در حالت دو دوره‌ی پنج ساله که کل دوره‌ی مورد مطالعه به دو قسمت تقسیم می‌شود، مشاهده می‌شود که در زیردوره‌ی ۱۳۹۵-۱۳۹۰، اثر ساختار بدهی بیشترین سهم را در افزایش مصرف انرژی و اثر بدهی دولت بیشترین سهم را در کاهش مصرف انرژی به خود اختصاص داده‌اند و در نهایت در حالت زنجیره‌ای که تمام سال‌های میانی را در بر می‌گیرد، مشخص می‌گردد که از میان تمامی زیردوره‌های دو ساله، در زیردوره‌ی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ که اتفاقاً در پنج ساله‌ی دوم یعنی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ قرار دارد، اثر ساختار بدهی^۱ بیشترین سهم را در افزایش

^۱ اثر ساختار بدهی در سطح بخش‌های اقتصادی در کل دوره مورد مطالعه و به خصوصی زیردوره‌ی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ سبب افزایش مصرف انرژی شده است. با این حال، امکان بررسی ساختار بدهی در سطح بخش‌های اقتصادی به طور دقیق وجود ندارد. زیرا اطلاعات بدهی خصوصی و بدهی دولت به عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی در سطح بخش‌های اقتصادی در دسترس نیست.

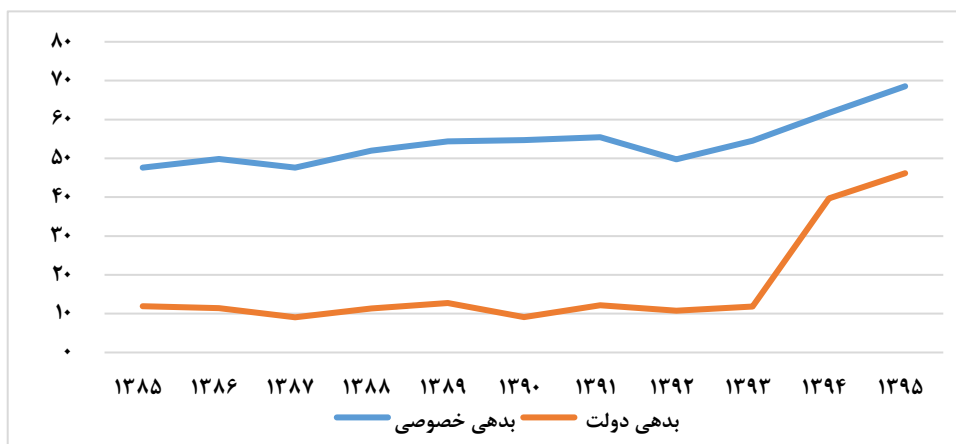
مصرف انرژی و اثر بدهی دولت^۱ نیز بیشترین سهم را در کاهش مصرف داشته‌اند.^۲ بر اساس تعریف، اثر ساختار بدهی میزان تغییر در مصرف انرژی را به دلیل تغییر در ساختار بدهی اندازه‌گیری می‌کند و ساختار بدهی نیز از نسبت بدهی دولت بر بدهی خصوصی بدست می‌آید. بر اساس نمودار (۳) که میزان بدهی خصوصی و بدهی دولت در ایران را به عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی نشان می‌دهد، در کل دوره‌ی مورد مطالعه و به خصوص زیردوره‌ی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، رشد بدهی دولت سریع‌تر از رشد بدهی خصوصی بوده است و بنابراین افزایش در ساختار بدهی منجر به افزایش چشمگیر در مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد شده است.

همچنین اثر بدهی دولت میزان تغییر در مصرف انرژی را به دلیل تغییر در بدهی دولت اندازه‌گیری می‌کند و در سطح کل اقتصاد در کل دوره‌ی مورد مطالعه و به خصوص زیردوره‌ی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، بدهی دولت به طور چشمگیری افزایش یافته است. یکی از دلایل اصلی این امر، تحریم‌های اقتصادی است که از سال ۱۳۸۸ تاکنون اقتصاد کشور را در بر گرفته است. به دلیل کاهش درآمدهای نفتی و وابستگی شدید درآمد و مخارج دولت به درآمدهای نفتی، تحریم‌ها باعث ایجاد کسری در بودجه دولت شده‌اند و دولت به منظور تأمین کسری، اقدام به استقراض کرده است. با توجه به این که اثر بدهی دولت سبب کاهش مصرف انرژی شده است، لذا احتمال می‌رود که بدهی‌های دولت عمدتاً به مصارف جاری اختصاص یافته باشند و با کاهش سهم مخارج سرمایه‌ای دولت در کل مخارج، مصرف انرژی نیز از این ناحیه کاهش یافته است.

^۱ اثر بدهی دولت در سطح بخش‌های اقتصادی در کل دوره مورد مطالعه و به خصوص زیردوره‌ی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ سبب کاهش مصرف انرژی شده است و این اثر، تغییر در مصرف انرژی را به دلیل تغییر در بدهی دولت اندازه‌گیری می‌کند. بررسی بدهی دولت در سطح بخش‌های اقتصادی ممکن نیست. زیرا اطلاعات بدهی دولت به عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی در سطح بخش‌های اقتصادی در دسترس نیست. با این حال، با توجه به شرایط کشور در این دوره، احتمال می‌رود که بدهی‌های دولت کمتر صرف سرمایه‌گذاری در سطح بخش‌های اقتصادی شده باشند و مصرف انرژی از این ناحیه کاهش یافته است.

^۲ مطالعه حاضر برای اولین بار به تحلیل تجزیه تأثیر بدهی بر مصرف انرژی ایران پرداخته است، بنابراین امکان بررسی مطالعات دیگر و مطابقت نتایج با مطالعه حاضر وجود ندارد.

نمودار (۳): میزان بدهی خصوصی و بدهی دولت در ایران (درصدی از تولید ناخالص داخلی)



منبع: صندوق بین‌المللی پول، پایگاه داده جهانی بدهی (GDD)

بنابراین در پاسخ به پرسش اصلی پژوهش که کدام یک از عوامل مؤثر بیشترین سهم را در تغییرات مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی و کل اقتصادی طی دوره زمانی مورد نظر داشته‌اند، نتایج نشان می‌دهد که عوامل مرتبط با بدهی بیشترین سهم را در تغییرات مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی و در سطح کل اقتصاد در دوره‌ی مورد مطالعه داشته‌اند. لذا باید بدهی‌ها شامل بدهی خصوصی و بدهی دولت در جهت افزایش کارایی در مصرف انرژی مورد استفاده قرار گیرند.^۱

در پژوهش حاضر از بدهی خصوصی از وام‌ها و اوراق بدهی استفاده شده است که خانوارها و شرکت‌ها از کانال‌های مصرف خانوار و سرمایه‌گذاری موجبات افزایش مصرف انرژی را ایجاد کرده‌اند. خانوارها می‌توانند با بکارگیری این بدهی‌ها در خرید و نصب درب و پنجره‌های دوجداره در منازل، تعویض لوازم خانگی فرسوده با لوازم خانگی با استانداردهای بالا و همچنین نصب صفحات خورشیدی در پشت بام منازل، سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی شوند. شرکت‌ها نیز می‌توانند از این بدهی‌ها در بکارگیری تجهیزات با تکنولوژی‌های جدید، تعویض تجهیزات فرسوده و پرمصرف با تجهیزات با کارایی بالا و همچنین سرمایه‌گذاری در جهت استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر بهره‌گیرند.

^۱ با توجه به اینکه بدهی‌ها بیشترین سهم را در تغییرات مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی و کل اقتصاد داشته‌اند، لذا باید تلاش شود از این بدهی‌ها به گونه‌ای استفاده شود که طبق تعریف کارایی انرژی، به ازای یک واحد مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی بیشتری ایجاد شود.

همچنین مشخص گردید با وجود افزایش بدهی دولت به ویژه در زیردوره‌ی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، اثر بدهی دولت سبب کاهش مصرف انرژی شده است. علت این امر این بوده است که به دلیل تشدید تحریم‌ها و کاهش منابع درآمدی دولت از محل صادرات نفت خام، بدهی‌های ایجاد شده بیشتر صرف امور جاری دولت شدند و کمتر به سرمایه‌گذاری‌ها اختصاص یافته‌اند و از این ناحیه، مصرف انرژی کاهش یافته است. لذا لازم است که دولت ابتدا با استفاده از راهکارهای مناسب اقدام به کاهش کسری بودجه خود کند تا فرصت برای اختصاص بدهی‌ها به سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها البته همراه با کارایی در مصرف انرژی فراهم شود. لذا دولت با مدیریت هزینه‌ها و اصلاح درآمدها می‌تواند کسری بودجه را کنترل نماید و از جمله اقداماتی که دولت پس از تحقق سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی به منظور افزایش کارایی در مصرف انرژی^۱ می‌تواند انجام دهد، عبارت‌اند از وضع قوانین و استانداردهای تدوین شده برای افزایش کارایی انرژی و اجرا و نظارت بر اجرای آن توسط یک نهاد مستقل و قدرتمند، آموزش کارکنان و مدیران در ادارات و سازمان‌های دولتی در امر استفاده‌ی صحیح از انرژی و صرفه‌جویی در مصرف آن، اقدام به تعویض تجهیزات پرمصرف و فرسوده در وزارت‌خانه‌ها و سازمان‌های دولتی با تجهیزات کم‌مصرف و با کارایی بالا، فراهم کردن زیرساخت‌های موردنیاز به منظور اجرایی کردن طرح دولت الکترونیک به صورت صحیح، نظارت دقیق بر استانداردهای ساخت‌وساز به منظور بهینه‌سازی در مصرف انرژی، تقویت و نوسازی ناوگان حمل‌ونقل عمومی و مواردی از این قبیل می‌باشد. بر اساس تعریف، اثر ساختار بدهی میزان تغییر در مصرف انرژی را به دلیل تغییر در ساختار بدهی در دوره‌های مختلف اندازه‌گیری می‌کند و اثر بدهی دولت نیز میزان تغییر در مصرف انرژی را به دلیل تغییر در بدهی دولت در دوره‌های مختلف اندازه‌گیری می‌کند. با توجه به اینکه در سطح بخش‌های اقتصادی مصرف انرژی به دلیل تغییر در ساختار بدهی افزایش یافته است، با این حال، امکان بررسی تغییر در ساختار به دلیل اطلاعات درونی بدهی خصوصی و بدهی دولت به عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی در سطح بخش‌های اقتصادی وجود ندارد. همچنین با وجود اینکه مصرف انرژی در سطح بخش‌های

^۱ در ابعاد نظری، شدت انرژی به نسبت مقدار مصرف انرژی به میزان کل تولید ناخالص داخلی گفته می‌شود که عکس تعریفی است که برای کارایی انرژی بکار برده می‌شود (فریدزاد، ۱۳۹۴). لذا، کارایی در مصرف انرژی از نسبت تولید ناخالص داخلی بر مصرف انرژی بدست می‌آید و بدین معنی است که به ازای یک واحد مصرف انرژی، چه میزان تولید ناخالص داخلی ایجاد شده است و افزایش تولید ناخالص داخلی در ازای یک واحد مصرف انرژی، افزایش کارایی در مصرف انرژی را به دنبال دارد.

اقتصادی به دلیل تغییر در بدهی دولت کاهش یافته است، اما امکان بررسی تغییر در بدهی دولت در سطح بخش‌های اقتصادی به دلیل در دسترس نبودن اطلاعات وجود ندارد.

در مقاله حاضر، تحلیل تجزیه تأثیر بدهی بر مصرف انرژی ایران انجام شده است که انواع انرژی‌ها اعم از فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی، زغال سنگ، برق و انرژی‌های تجدیدپذیر را در بر می‌گیرد. لذا این امکان وجود دارد که تحلیل تجزیه به تفکیک انواع انرژی‌ها صورت گیرد تا شناخت دقیق‌تری نسبت به تأثیر بدهی بر مصرف انرژی در سطح بخش‌های اقتصادی و کل اقتصاد به منظور ارائه‌ی سیاست مناسب حاصل شود. همچنین تأثیر بدهی خصوصی و بدهی دولت در ایران بر انتشار دی‌اکسید کربن با تأکید بر شاخص تغییرات آب و هوایی نیز می‌تواند موضوع مهم دیگری برای پژوهش‌های آتی باشد.

فهرست منابع:

- بهاتاچاریا، سوبس سی (۲۰۱۱)، اقتصاد انرژی: تعاریف، مفاهیم، بازارها و سیاست‌ها، ترجمه علی فریدزاد (۱۳۹۷)، تهران: انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی، جلد اول.
- پورعبادالهیان کویچ، محسن، پناهی، حسین، شهبازی هومونلو، شهریار و صالحی ابر، خدیجه (۱۳۹۴)، تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در زیر بخش‌های صنعتی ایران: مقایسه روش لاسپیرز و دیویژیا، فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۲(۴): ۷۰-۴۹.
- صالحی ابر، خدیجه و باقری، هاجر (۱۳۹۵)، تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی ایران (مطالعه موردی: نیروگاه‌ها)، سی‌ویکمین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران- ایران.
- 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، ۴(۱۵): ۱۱۷-۸۷.
- قلی‌زاده، علی اکبر و براتی، جواد (۱۳۹۱)، تحلیل عوامل مؤثر بر مصرف انرژی خانگی و برق مصرفی خانوار در ایران: با تأکید بر بهره‌وری انرژی، فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، ۷(۲۶): ۱۶۷-۱۴۵.
- لطفی، شبنم، فریدزاد، علی و سالم، علی‌اصغر (۱۳۹۷)، تجزیه شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران: رویکرد ترکیبی تحلیل تجزیه شاخصی و تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۲۶(۸۵): ۱۵۱-۱۸۷.
- محسنی، رضا، رحیمی، ابوالفضل و کاکاوند، میثم (۱۳۹۷)، تجزیه مصرف انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن (مطالعه موردی: بخش حمل و نقل ایران)، پژوهشنامه حمل و نقل، ۱۵(۵۷): ۱۷۵-۱۹۴.

- ناظمی، علی و محمدیان، سهیلا (۱۳۹۴)، تحلیل تغییرات مصرف انرژی و شدت انرژی مبتنی بر تجزیه عوامل در زیر بخش‌های صنعت در ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۱(۴۵): ۲۵۵-۲۲۱.
- هاشمی، مه‌ری و آماده، حمید (۱۳۹۸)، تجزیه‌ی مصرف انرژی در بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل (رهیافت تلفیق شاخص LMDI و شاخص Decoupling)، فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، ۱۴(۳): ۱۲۵-۱۴۸.
- Akyürek, Z. (2020), LMDI decomposition analysis of energy consumption of Turkish manufacturing industry: 2005–2014, *Energy Efficiency*, 1-15.
- Achour, H. & Belloumi, M. (2016), Decomposing the influencing factors of energy consumption in Tunisian transportation sector using the LMDI method, *Transport Policy*, 52: 64-71.
- Ang, B. W. (1994), Decomposition of industrial energy consumption: the energy intensity approach, *Energy Economics*, 16(3): 163-174.
- Ang, B. W. (2004), Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?, *Energy policy*, 32(9): 1131-1139.
- Ang, B. W. (2005), The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide, *Energy policy*, 33(7): 867-871
- Ang, B. W. (2015), LMDI decomposition approach: a guide for implementation, *Energy Policy*, 86: 233-238.
- Ang, B. W. & Lee, S. Y. (1994), Decomposition of industrial energy consumption: some methodological and application issues, *Energy Economics*, 16(2): 83-92.
- Ang, B. W. & Zhang, F. Q. (2000), A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies, *Energy*, 25(12): 1149-1176.
- Ang, B. W., Zhang, F. Q. & Choi, K. H. (1998), Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition. *Energy*, 23(6): 489-495.
- Bianco, V. (2020), Analysis of electricity consumption in the tourism sector. A decomposition approach, *Journal of Cleaner Production*, 248: 119286.
- Boyd, G. A., Hanson, D. A. & Sterner, T. (1988), Decomposition of changes in energy intensity: a comparison of the Divisia index and other methods. *Energy economics*, 10(4): 309-312.
- Chen, J., Yu, J., Song, M. & Valdmanis, V. (2019), Factor decomposition and prediction of solar energy consumption in the United States, *Journal of Cleaner Production*, 234: 1210-1220.
- Chong, C., Ma, L., Li, Z., Ni, W. & Song, S. (2015), Logarithmic mean Divisia index (LMDI) decomposition of coal consumption in China based on the energy allocation diagram of coal flows, *Energy*, 85: 366-378.

- Duran, E., Aravena, C. & Aguilar, R. (2015), Analysis and decomposition of energy consumption in the Chilean industry, *Energy Policy*, 86: 552-561.
- Fang, D., Hao, P., Yu, Q. & Wang, J. (2020), The impacts of electricity consumption in China's key economic regions, *Applied Energy*, 267: 115078.
- Jamil, F. & Shahzad, A. (2017), Decomposition Analysis of Energy Consumption in Pakistan for the Period 1990-2013, *NUST Journal of Social Sciences and Humanities*, 3(2): 152-177.
- Hankinson, G. A. & Rhys, J. M. W. (1983), Electricity consumption, electricity intensity and industrial structure. *Energy Economics*, 5(3): 146-152.
- Howarth, R. B., Schipper, L., Duerr, P. A. & Ström, S. (1991), Manufacturing energy use in eight OECD countries: decomposing the impacts of changes in output, industry structure and energy intensity, *Energy economics*, 13(2): 135-142.
- Huang, Y. H. (2020), Examining impact factors of residential electricity consumption in Taiwan using index decomposition analysis based on end-use level data, *Energy*, 213: 119067.
- International Monetary Fund (IMF), Global Debt Database (GDD).
- Kim, S. (2017), LMDI decomposition analysis of energy consumption in the Korean manufacturing sector, *Sustainability*, 9(2): 202.
- Kouyakh, N. R. & Shavvalpour, S. (2021), The driving forces of energy consumption and Carbon dioxide emissions in Iran's electricity sector: A decomposition analysis based on types of ownership, *Cleaner Environmental Systems*, 2: 100012.
- Li, Y., Wang, S. & Chen, B. (2019), Driving force analysis of the consumption of water and energy in China based on LMDI method, *Energy Procedia*, 158, 4318-4322.
- Lin, B., & Raza, M. Y. (2020), Analysis of electricity consumption in Pakistan using index decomposition and decoupling approach, *Energy*, 214: 118888.
- Liu, X. Q., Ang, B. W. & Ong, H. L. (1992), The application of the Divisia index to the decomposition of changes in industrial energy consumption, *The Energy Journal*, 13(4).
- Liu, H., Wang, C., Tian, M. & Wen, F. (2019), Analysis of regional difference decomposition of changes in energy consumption in China during 1995–2015, *Energy*, 171: 1139-1149.
- Nie, H. G., Kemp, R., Xu, J. H., Vasseur, V. & Fan, Y. (2018), Drivers of urban and rural residential energy consumption in China from the perspectives of climate and economic effects, *Journal of Cleaner Production*, 172: 2954-2963.

- Pablo-Romero, M. D. P., Sánchez-Braza, A. & Sánchez-Rivas, J. (2021), Tourism and electricity consumption in 9 European countries: a decomposition analysis approach, *Current Issues in Tourism*, 24(1): 82-97.
- Praene, J. P., Rasamoelina, R. M. & Ayagapin, L. (2021), Past and prospective electricity scenarios in Madagascar: The role of government energy policies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149: 111321.
- Reitler, W., Rudolph, M. & Schaefer, H. (1987), Analysis of the factors influencing energy consumption in industry: a revised method, *Energy Economics*, 9(3): 145-148.
- Román-Collado, R., Cansino, J. M. & Botia, C. (2018), How far is Colombia from decoupling? Two-level decomposition analysis of energy consumption changes, *Energy*, 148: 687-700.
- Sun, X. & Liu, X. (2020), Decomposition analysis of debt's impact on China's energy consumption, *Energy Policy*, 146: 111802.
- Wang, M. & Feng, C. (2018), Decomposing the change in energy consumption in China's nonferrous metal industry: An empirical analysis based on the LMDI method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*
- Wang, S., Sun, S., Zhao, E. & Wang, S. (2021), Urban and rural differences and regional assessment of household energy consumption in China, *Energy*, 121091.