مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)
جلد پانزدهم- شماره ۱و۲- سال ۱۳۸۲
صص ۱۶۲-۱۲۱

تجزیه و تحلیل کارائی انرژی در اقتصاد ایران

ابراهیم حیدری - حسین صادقی
دانشگاه تربیت مدرس ـ گروه اقتصاد

چکیـــــده

محدودیت منابع تجدید ناپذیر انرژی و مسئله حفظ محیط زیست از جمله موضوعاتی هستند که توجه سیاستگذاران بخش انرژی را به ضرورت بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی معطوف می‌دارند. بدیهی است برنامه‌ریزی و تصمیم گیری در این خصوص مستلزم شناخت وضعیت مصرف نهائی حاملهای انرژی از نقطه‌نظر کارایی می‌باشد. کارایی انرژی به میزان محصول (ستاده) حاصله به ازاء هر واحد انرژی مصرفی توسط بخش‌های مصرف کننده انرژی اشاره دارد. از میان شاخصهای متعددی که جهت محاسبه کارایی انرژی وجود دارد، شاخصهای فیزیکی، اقتصادی به لحاظ تناسب با بررسی‌های سطح کلان انتخاب و استفاده شده است. با توجه به اینکه در فرایند تغییر مصرف نهایی انرژی عواملی از قبیل سطح فعالیت، ساختار و ترکیب فعالیتهای اقتصادی و شدت بهره‌برداری از انرژی سهیم می‌باشند، تجزیه تغییرات مصرف و تفکیک اثرات عوامل مزبور توسط روش مجزاسازی (Decomposition) از جمله موضوعات مهم این تحقیق است که روی داده‌های مصرف و شدت انرژی پیاده شده است.نتایج نشان می‌دهد که عدم کارائی انرژی در اقتصاد ایران در دوره مطالعه(۷۸ ۱۳۵۸)ناشی از بالا بودن اثر شدت خالص انرژی بوده و اثر ساختاری پایین‌ترین سهم را در توضیح رشد مصرف کل و شدت انرژی داشته است.

واژه های کلیدی: کارائی،بهره‌وری،مصرف نهائی انرژی،شدت انرژی،مجزسازی حاصلجمعی،مجزاسازی ضربی .

مقدمه

استفاده بهینه از منابع انرژی با توجه به اهمیت روزافزون این منابع در شکل گیری و رشد فرایندهای اقتصادی، به ایفای صحیح نقش انرژی در امر صنعتی شدن جوامع و حفظ محیط زیست اشاره دارد. در این راستا موضوع کارائی انرژی بعنوان مسئله مهم و درخور توجه سیاستگذاران بخش انرژی در دنیا مطرح می‌باشد.

در علم اقتصاد سنتی به اتمسفر بعنوان یک منبع مجانی نگریسته می‌شود و استفاده از آن بعنوان یک عامل اقتصادی مطرح نبوده است.عوارض زیست محیطی بواسطه تشدید روند صنعتی شدن کشورهای پیشرفته و افزایش قیمت که بدنبال تحریم‌های نفتی و شکل گیری کارتل اوپک نمایانتر شده‌بودند،استفاده کارآمد از انرژی درسرفصل برنامه‌های اقتصادی وفعالیتهای تحقیق و توسعه در بخش انرژی آنها قرار گرفت. در رابطه با بهبود راندمان انرژی، دلایل متعدد دیگری از جمله صرفه جوئی های مالی، کاهش وابستگی به منابع پایان پذیر انرژی و لذا پایداری بیشتر منابع، کاهش تشدید اثرات گلخانه ای و تحول اقتصاد جهانی به سمت توسعه پایدار نیز وجود دارد.

در کلیت فرآیند تولید کارایی اقتصادی به دو جزء فنی وتخصیصی قابل تفکیک است .کارایی فنی به انتخاب مناسبترین ترکیب عوامل تولید از لحاظ فنی اشاره دارد. بر این اساس ترکیبات روی تابع تولید دارای بالاترین کارایی فنی بوده و به آنها بهینه مهندسی اطلاق می‌شود. کارایی تخصیصی به مسئله انتخاب ترکیب کارای عوامل تولید با در نظرگرفتن قیمتهای نسبی اشاره دارد. از اینرو کارایی اقتصادی دربرگیرنده ملاحظات فنی و هزینه‌ای است.بر این اساس وضعیتی را بهینه اقتصادی گویند که یک ترکیب بهینه مهندسی را با حداقل هزینه برای ایجاد یک سطح مشخص تولید بکار گیرد.

از آنجائیکه در محاسبه کارایی فنی به اطلاعات قیمتی در مورد محصول و عوامل تولید که عموماً غیرقابل دسترس یا غیر قابل اتکاء هستند،نیازی نیست از این رودر غالب مطالعات تجربی به کارایی فنی بیشتر توجه می‌شود. در یک فرآیند تولیدبا فرض ثابت بودن تمامی عوامل تولید بجز یکی از آنها، مسئله کارایی فنی عامل متغیر را می‌توان با استفاده از تابع

تولید یک عامله به بحث گذاشت.قرار گرفتن فعالیتهای واقعی روی تابع تولید نشانگر استفاده کارآمد و واقع شدن زیر تابع تولید استفاده غیر کارآمد از عامل مزبور را نشان می‌دهد.

تجزیه و تحلیل کارایی انرژی بعنوان یکی از عوامل مهم تولیدی، در مطالعات اقتصاد انرژی از جایگاه خاصی برخوردار است. استفاده غیرکارآمد از منابع انرژی عمدتاً ناشی از عوامل زیرمی‌باشد:

اول مشکلات مربوط به اطلاعات، که به عدم دسترسی مصرف کنندگان انرژی به اطلاعات مناسب در زمینه نحوه صرفه جویی درمصرف یا عدم آگاهی درخصوص کالاها و تجهیزات مناسب در جهت افزایش کارائی انرژی مربوط می گردد. دوم، مشکلات مربوط به سازماندهی که در ارتباط با ساختار بازار انرژی، دخالتهای غیر اصولی دولت و عدم استفاده صحیح آن از منابع انرژی یا سیستم های غلط قیمت گذاری مطرح می گردد. سوم مشکلات مالی است که به عدم توانائی مصرف کنندگان یا تولید کنندگان به تولید و بهره برداری و استفاده از تجهیزات و کالاهای کارآمد مصرف کننده انرژی اشاره دارد.

اقتصاد ایران به انحاء مختلف با مشکلات فوق مواجه است، فقدان بازارهای رقابتی، عدم وجود یک چارچوب نهادی و سازمانی مناسب و موثر برای سیاستگذاری انرژی، فقدان چارچوب تنظیمی، قانونی و سیاست قیمت گذاری غلط و ابزارهای غیر قیمتی ابتدائی و توسعه نیافته از جمله ویژه گیهای بخش انرژی در اقتصاد ایران است که به استفاده غیر کارآمد از منابع انرژی دامن می زنند. اینجاست که در کنار ملاحظات فنی اتخاذ استراتژیهای مناسب در اجرای بهتر سیاستهای بهبود راندمان انرژی بر مبنای شناخت اصولی پدیده‌های اقتصادی حاکم بر رفتار مصرف کنندگان انرژی ضرورتی انکار ناپذیر تلقی می‌شود.

هدف اصلی این مقاله شناخت رفتارشاخصهای کارائی انرژی، تمایز اثرات عوامل مختلف، تغییر در کل مصرف و شدت انرژی نهائی در سطح کلان اقتصاد ایران جهت کسب نتایج قابل استفاده در تدوین راهبردهای سیاستی بخش انرژی است.

ادبیات موضوع

انرژی بعنوان یکی از عوامل اصلی تولید دارای جایگاه مهمی در سیستم های اقتصادی است. از اینرومقوله‌کارائی انرژی در سیاستگذاریها و اغلب مطالعات بخش انرژی در دنیا مورد تاکید فراوان است. پترسون[۱] (۱۹۹٦) معتقد است: کارائی انرژی از جایگاه مهمی در مجموعه قواعد سیاستی عمومی در کشورهای پیشرفته برخوردار است. اهمیت کارائی انرژی به عنوان یک هدف سیاستی با منافع ایمنی انرژی و رقابت صنعتی و تجاری در ارتباط است، همانطوریکه به افزایش منافع زیست محیطی از جمله کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن منجرمی‌شود.

منظور از کارائی انرژی در این تحقیق "کارائی مصرف نهائی انرژی"[۲] است، بعبارت دیگر کارائی در سیستم های مصرف انرژی یا بخشهای مصرف کننده انرژی در اقتصاد موردنظر است نه سیستم عرضه انرژی. اگر سیستم عرضه نیز درنظر گرفته شود با کارائی انرژی اولیه مواجه می شویم که موضوع این مطالعه نمی باشد. کارائی مصرف نهائی انرژی میزان محصولی (واحد فعالیت)است که به ازاء هر واحد انرژی مصرفی در یک سیستم تولیدی یا خدماتی اصل می شود و با نسبت(ستاد مفید پروسه / داده انرژی پروسه) نشان داده می شود. بعلاوه کارائی انرژی در اینجا «کارائی تحقق یافته[۳]» انرژی یا همان بهره‌وری جزئی انرژی است.

پترسون (۱۹۹٦) در این ارتباط معتقد است:

«کارائی انرژی یک مقوله کلی است و هیچ معیار کمّی صریح و بدون ابهامی برای اندازه‌گیری آن وجود ندارد. در عوض بالاجبار می‌بایست براساس مجموعه ای از شاخصها تغییرات درکارآیی انرژی را کمّی نمود. بطور کلی کارائی انرژی به استفاده کمترانرژی برای تولید یک مقدار از خدمات یا تولید مفید اشاره دارد و بصورت نسبت [ستاد مفید پروسه/داده انرژی پروسه]

---

۱ -رجوع کنید به: patterson(1997)

2- Final Energy Consumption Efficiency

3 - Actual efficiency

تعریف می شود.

در مطالعات اقتصادی زمانی که از کارائی اقتصادی صحبت می شود منظور اینست که به موقعیتی دست یابیم که دیگر برایمان ممکن نباشد با ثابت نگهداشتن مطلوبیت یک فرد مطلوبیت فرد دیگر را افزایش دهیم. از آنجائیکه این تعریف از کارائی تا حد بسیار زیادی مرهون اقتصاددانی به نام پرتو است به موقعیت کارائی اجتماعی غالباً «بهینه پرتو[1]» گفته می شود .برای اینکه در این موقعیت باشیم بدست آوردن یک چیز بدون از دست دادن چیز دیگر امکان پذیر نیست. هر موقعیت دیگر غیر از این را موقعیت‌های غیرکارا و اتلاف‌گر می‌نامیم در این مفهوم هر دو کارایی فنی و تخصیصی نهفته است.

همانگونه که ملاحظه می‌شود،منظور از کارایی در این تحقیق با کارائی پرتو یا کارائی انرژی یک پروسه استاندارد در زمینه تخصیص منابع در ارتباط است ،اما لزوماً با آن یکسان نمی باشد.تفاوت بین این دو وجه کارائی را شکاف کارائی[2] می نامند. ا.ب هوارث و ا.ج سانستاد[3] (۱۹۹۵) اظهار می دارند که «تحلیلهای تکنولوژیک به شکاف کارائی مشاهده شده توجه دارند. شکاف کارائی عبارتست از تفاوت بین سطح کارائی واقعی حاصل شده با آن سطح کارائی که بر مبنای اثربخشی هزینه ای[4] توسط معیارهای مالی استاندارد شده قضاوت می‌شود. بعبارت دیگر شکاف کارائی نشان دهنده فاصله بازارهای واقعی دنیا از وضعیت ایده آل کارائی پرتو در زمینه تخصیص منابع می باشد.

بوسیف (۲۰۰۰)[5] اظهار می دارد «کارائی انرژی در ارتباط با کارائی اقتصادی است و شامل تغییرات فنی، رفتاری و اقتصادی است. این مقوله دربرگیرنده کلیه تغییراتی است که در نتیجه کاهش مقدار انرژی مورد استفاده جهت تولید یک واحد فعالیت اقتصادی حاصل می گردد و این تغییر لزوماً متناسب و همراه با تغییرات فنی نیست ولی می تواند ناشی از یک سازماندهی و مدیریت بهتر باشد».

---

[1] - Pareto Optimal

[2] - Efficency Gap

۳ - نگاه کنید به Howarth. R.B. and Sanstad

4- Cost-effective

۵- نگاه کنید به (Bossebeof. I.D. Chateau(2000)

به دلیل فراگیر بودن مفهوم کارائی انرژی در شرایط نظری و عملی، مسائلی که در ارتباط با این موضوع در مطالعات اقتصادی بخش انرژی در قالب الگوها و روشهای رایج علمی صورت میگیرد، متنوع می باشد. از جمله این مسائل عبارتند از: مسئله تعیین شاخصهای اندازه‌گیری کارائی انرژی، اعمال مجزاسازی ، مسئله تقاضا، روند مصرف و شدت انرژی.

در ارتباط با شاخصهای کارائی انرژی مسایل روش شناختی و نظری فراوانی وجود دارد که در آنها انواع شاخصها از جوانب مختلف از جمله سطح مطالعات (کلان، بخش و زیربخش) با واحدهای اندازه گیری ستاده ها و داده ها (فیزیکی، اقتصادی و ترمودینامیکی) تقسیم بندی می شوند. شدت انرژی که به معنی میزان انرژی مصرفی به ازاء هر واحد فعالیت (عکس کارائی انرژی)است،در غالب مطالعات بعنوان یک شاخص مهم و معتبر مورد استفاده قرار می گیرد. نسبت ستاده مفید به داده انرژی پروسه در اغلب مطالعات بخش انرژی مبنای تعریف شاخصهای اندازه‌گیری کارائی انرژی واقع شده است. در بکار گیری این نسبت، نحوه تعیین و اندازه‌گیری ستاده مفید و داده انرژی فرایند مبنای تفکیک و تمایز شاخصهای مزبور است. پترسون (۱۹۹۶) در این ارتباط چهار شاخص را از هم متمایز می سازد:

۱ـ شاخصهای ترمودینامیکی که ستاده و داده را بر حسب مقادیر ترمودینامیکی (آنتالپی) اندازه گیری می کنند و کاربرد آنها در مسایل فنی و مکانیکی مطرح است. ۲ـ شاخصهای فیزیکی، این شاخصها ستاده مفید و داده را هر دو بر حسب معیارهای فیزیکی مثل [تن، کیلومتر، مترمربع، دستگاه،] برای ستاده وبشکه یا تن معادل نفت‌خام برای انرژی ورودی پروسه اندازه گیری می کنند. ۳ـ معیارهای اقتصادی که ستاده و داده انرژی را هر دو برحسب مقادیرپولی بیان می کنند. ٤ـ معیارهای ترکیبی که ستاده و داده را بر حسب واحدهای متفاوت مثلاً یکی فیزیکی و دیگری اقتصادی یا ترمودینامیکی اندازه گیری می نمایند.

بوسینف، چاتی (۲۰۰۰) جهت محاسبه و مقایسه کارائی و شدت انرژی در ۲٤ کشور از معیار ترکیبی اقتصادی ـ فیزیکی استفاده کرده و روند این شاخص را طی دوره (۹۶-۱۹۸۰) برای کشورهای منتخب تحقیق محاسبه نموده است. در معیارهای

مزبور ستاده معادل تولید ناخالص داخلی (GDP) و مصرف انرژی بر حسب کیلوگرم یا تن معادل نفت خام درنظر گرفته شده است. مرکز تحقیق انرژی آسیاو اقیانوس آرام[1] (۲۰۰۱) نیز در گزارشی تحت عنوان شاخصهای کارائی انرژی از معیارهای اقتصادی، فیزیکی جهت محاسبه شاخصهای کارائی انرژی در کشورهای عضو APEC استفاده نموده است. آنگ[2] (۱۹۹٤)، آنگ ولی[3] (۱۹۹٤) نیز از معیارهای اقتصادی ـ فیزیکی استفاده کرده اند. فارلا و همکاران[4] (۱۹۹۸) از معیارهای اقتصادی ـ فیزیکی و معیارهای فیزیکی خالص جهت بررسی کارائی انرژی در اقتصاد هلند (۹۰-۱۹۸۰) استفاده نموده اند.علیهذا سطح مطالعه مبنای اصلی انتخاب معیار اندازه گیری ستاده و داده در محاسبه شاخصهای کارائی انرژی است.

روش مجزاسازی نیز که به تجزیه عناصر مؤثر بر مصرف و شدت انرژی اشاره دارد، در مطالعات بخش انرژی حائز اهمیت فراوان است. این روش بطور کلی دارای دو رویکرد کل مصرف و شدت انرژی می باشد. در رویکرد کل مصرف انرژی، تغییر در مصرف در سطح مورد مطالعه (بین دو سال انتخاب شده) به سه اثر ساختاری، تولید و شدت خالص تجزیه می‌شود. در رویکرد دوم تغییردرکل شدت انرژی به دو اثر ساختاری و شدت خالص بیان می‌گردد. جزء یا اثر ساختاری به تغییر در مصرف انرژی یا شدت آن ناشی از تغییر در ترکیب یا سهم فعالیتهای اقتصادی دلالت دارد. جزء یا اثر تولید نیز مربوط به تغییر در کل مصرف انرژی بواسطه افزایش در تولید و حجم فعالیت است. با جداسازی دو اثر مزبور از کل تغییرات، شدت خالص انرژی حاصل می شود که یک معیار مناسب جهت تعیین روند کارائی انرژی بحساب می آید.

1- Asian Pacific Energy Research Center(APERC).

2 -B.W.Ang, "Decomposition of Industrial Energy Consumption "Energy Economics(1994),16(3),163-174.

3 -B.W.Ang,S.Y.Lee," Decomposition of Industrial Energy Consumption",Energy Economics(1994),16(2),83-92.

4-J.Farla,R.Cuelenaere,K.Blok," Energy Efficiency and Structural Change in the Netherlands,1980-1990",Energy Economics 20(1998),1-28.

از جمله روشهای معروف مجزاسازی می توان از روشهای دیوزیا و فارلا نام برد. آنگ ولی (۱۹۹٤) ضمن معرفی کامل دو روش جمعی پارامتریک دیوزیا و پنج راه حل مربوطه به مقایسه نتایج حاصل از بکارگیری روشهای مزبور در اقتصاد تایوان طی دوره (۹۰-۱۹۷٤) پرداخته اند. نویسندگان خاطر نشان ساخته اند که انتخاب روش مناسب بستگی به سطح مطالعه و وضعیت داده های آماری دارد. آنگ (۱۹۹٤) رویکرد حاصلضربی تغییر در کل شدت انرژی را برای اقتصاد تایوان و سنگاپور بکار برده است. فارلا و همکاران (۱۹۹۸) ضمن ارائه یک رویکرد حاصلضربی اثرات تغییر در کل شدت انرژی، آنرا برای اقتصاد هلند بکار گرفته و نشان داده‌اند که در طول دوره مطالعه (۹۰-۱۹۸۰)، اثر شدت خالص عمده تغییرات شدت انرژی را توضیح می دهد. مرکز تحقیقات انرژی آسیا واقیانوس آرام (۲۰۰۱) جهت تجزیه شدت انرژی در سطح کلان برای کشورهای مورد مطالعه از روش حاصلضرب دیوریا استفاده کرده است.

علی طیبی(۱۳۷۷)[1] با استفاده از الگوی مجزاسازی دیوزیا تغییر در مصرف انرژی در بخش صنعت ایران را به عوامل تولیدی، ساختاری و شدت خالص تجزیه و سپس به بررسی رابطهٔ بین تولید و مصرف انرژی در این بخش پرداخته است. محقق با محاسبه اثرات مزبور برای دوره‌های یکساله، سه‌ساله و چهارساله طی دوره زمانی (۷۰-۱۳۵۰)، ضرایب مربوطه آنها را به عنوان کشش مصرف انرژی نسبت به ارزش تولیدات صنعتی بر حسب مورد در قالب دو روش کلی بدست آورده است. در روش اول کار بدینصورت است که ابتدا تغییرات کل مصرف انرژی در فرمول کشش انرژی نسبت به ارزش تولیدات را توسط تغییرات تولیدی، ساختاری، شدت

۱- طیبی ، علی ، «بررسی تغییرات ساختاری و شدت انرژی در بخش صنعت ایران با روش تجزیه ضرب مصرف انرژی» پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران ، دانشگاه تهران ۱۳۷۷.

انرژی و جزء پسمانده جایگزین و سپس ضریب مصرف را به تفکیک اثرات مزبور بدست آورده و مجموع آنها را بعنوان ضریب انرژی منظور نموده است.

در این تحقیق پس از بررسی روند متغیرهای مصرف و شدت انرژی در فعالیتهای تولیدی اقتصاد ایران ، باتجزیه تغییرات مصرف و شدت انرژی به استخراج روند جداگانه اجزای تولیدی،ساختاری ، شدت خالص و اثر پسمانده وبررسی سهم و وزن آنها در توضیح تغییرات متغیرهای مزبور با تأکید بر مسئله کارایی انرژی پرداخته می‌شود.وجه مشترک تحقیق حاضر با مطالعه طیبی (۱۳۷۷)در تجزیه مصرف و شدت انرژی به اثرات مورد اشاره بوده ولی از لحاظ نحوه تجزیه و تحلیل و برخورد با مسئله کارایی با آن متفاوت است.

متدلوژی (روش تحقیق)

همانطوریکه قبلاً اشاره گردید هدف اصلی این تحقیق بررسی و تجزیه و تحلیل رفتار کارائی انرژی در سیستم های مصرف کننده انرژی در سطح کلان اقتصاد ایران می باشد. بدین منظور از سه الگو به شرح زیراستفاده می‌گردد:

الگوی اول: تحلیل روند کل مصرف نهائی انرژی و شدتهای انرژی

در این الگو مسیر زمانی دو متغیر مذکور در طول دوره تحقیق (۷۸-۱۳۵۸) در کل اقتصاد و به تفکیک بخشهای اقتصادی مورد بررسی قرار می گیرد.بخشهای مصرف کننده انرژی به دو شکل تقسیم بندی می شوند. در شکل اول صرفاً بخشهای تولیدی مصرف کننده انرژی نهائی در نظر گرفته می شوند که شامل بخشهای: کشاورزی، صنایع[1] و خدمات هستند. کل مصرف انرژی نهائی در این سه بخش به صورت زیر محاسبه می شود:

[مصرف انرژی بخش مسکونی-تجاری-عمرانی غیرانرژی]-کل مصرف انرژی دراقتصادکلان=کل مصرف نهائی انرژی بخشهای تولیدی

در اینجا ضمن بررسی روند متغیر فوق در دوره مطالعه، رابطه آن با متغیر فعالیت در بخشهای تولیدی (تولید ناخالص داخلی واقعی)نیز براساس مشاهدات واقعی مورد ارزیابی قرارمی گیرد. GDP با استفاده از قیمت های ثابت سال ۱۳۶۱ در طول دوره تورم زدائی میشود.

۱- بخش صنایع در اینجا شامل صنایع کارخانه‌ای، نفت، آب و برق گاز ساختمان می‌باشد

شدت انرژی در این الگو به صورت نسبت زیر تعریف می شود:

$$\text{شدت انرژی} = \frac{\text{کل مصرف فاني انرژی در بخش های تولیدی}}{\text{gdp واقعی}}$$

همانطوریکه ملاحظه می شود نسبت فوق یک نسبت اقتصادی ـ فیزیکی است، بدینصورت که ستاده بر حسب واحدهای پولی و داده انرژی بر حسب واحدهای فیزیکی (میلیون بشکه معادل نفت خام) انـدازه گیری می شود. شاخص مزبور که در حقیقت عکس آن نشاندهنده کارائی انرژی (از نوع تعدیل نشده[1]) می باشد، برای سطح کلان یعنی مجموع بخشهای تولیدی بطور یـک جـا و بـرای سطح بخش به تفکیک سه بخش تولیدی فوق الاشاره محاسبه و مسیر زمانی آن تحـت بررسـی قـرار می گیرد.شدت انرژی در اینجا برابر است با میزان انرژی استفاده شده (برحسـب بشـکه معـادل نفـت خـام) بـه ازاء هـر واحـد محصـول بدست آمده در فعالیت یا فعالیت های اقتصادی.

لازم به توضیح است که با توجه به سطح مطالعه و درنظر گرفتن کلیه مناطق کشور در مطالعـه مصرف شدت انرژی در بخشهای تولیدی مصرف کننده انرژی، ضرورتی جهت تعدیل داده ها برای شرایط نرمال آب و هوائی وجود ندارد.

در شکل دوم تقسیم بندی بخش های مصرف کننده انرژی، به تقسیم بندی موجود در تـرازنامه انرژی کشور مراجعه می شود. در این نوع تقسیم بندی بخشهای: کشاورزی، صنعت، حمـل و نقل، خانگی و تجاری به چشم می خورد. کل مصرف نهائی انرژی در این چهاربخش بصورت زیر تعریف می شود:

مصارف غیر انرژی - کل مصرف انرژی در اقتصاد کلان =کل مصرف نهائی انرژی در بخشهای چهارگانه

با توجه به اینکه این متغیر مجموع مصرف انرژی نهائی را در بخشهای تولیدی و غیر تولیدی (خانگی) دربرمی گیرد، برای محاسبه مصرف سرانه انرژی در کشور و بررسی روند و

۱- نوع تعدیل نشده کارائی انرژی بدین معنی است که برمبنای کل مصرف نهایی انرژی بدون خارج ساختن اثرات تولیدی وساختاری محاسبه شده است.

$$\text{شدت انرژی} = \frac{\text{کل مصرف انرژی نهائی در اقتصاد کلان}}{\text{تولید ناخالص داخلی واقعی}}$$

نسبت مذکور نشان دهنده، میزان انرژی مورد استفاده (برحسب بشکه معادل نفت خام) به ازاء هر واحد تولید ناخالص داخلی در تمامی بخشهای تولیدی و غیر تولیدی اقتصاد است. در این روش تقسیم بندی می توان شدت انرژی را برای بخشهای چهارگانه مزبور محاسبه کرد.شدت انرژی مربوط به بخشهای کشاورزی و صنعت در این طبقه بندی با طبقه بندی قبلی تفاوتی ندارد، اما بخش خدمات در اینجا شامل دو زیر بخش حمل و نقل و تجاری بوده که در این طبقه بندی محاسبه شدت انرژی بطور جداگانه برای دو زیربخش فوق از ارزش تحلیلی خوبی برخوردار می باشد.معیار فعالیت (ستاده) برای زیربخش حمل و نقل و تجارت براساس طبقه بندی انجام شده در سالنامه آماری کشور محاسبه میگردد.

شایان ذکر است که در ترازنامه انرژی کل کشور میزان مصرف انرژی بخشهای تجاری و خانگی به طوریک جا گزارش شده است . از آنجائیکه معیار ستاده (فعالیت) همگنی برای بخشهای تجاری و خانگی متصور نمی‌باشد، از اینرو باید جهت محاسبه شدت انرژی این دو بخش از هم تفکیک شوند. در این تحقیق با استخراج داده های آماری مصرف حاملهای انرژی بخش مسکونی از سالنامه آماری کشور در سالهای تحت بررسی، مصرف انرژی بخش مسکونی و سهم مصرف آن از کل انرژی مصرفی در بخش خدمات را محاسبه و بطور متناسب از کل مصرف نهائی انرژی بخشهای مسکونی و تجاری (بر حسب بشکه معادل نفت خام) در ترازنامه انرژی کسر شده و با اضافه کردن مصرف نهائی انرژی بخش حمل و نقل کل مصرف انرژی بخش خدمات حاصل شده است.

الگوی دوم: مجزاسازی داده‌های مصرف و شدت انرژی

همانطوریکه در بخش قبل مطرح گردید روش مجزاسازی به تجزیه و تفکیک اجزاء تغییر مصرف انرژی و کل شدت انرژی از سال پایه تا هر سال دیگر در دوره مورد بررسی تحت دو رویکرد اشاره دارد. رویکرد اول به اثرات تولیدی، ساختاری و شدت خالص تغییر در کل مصرف نهائی انرژی و رویکرد دوم به تفکیک اثرات تولیدی و ساختاری کل شدت انرژی

مربوط می‌گردد. دراین تحقیق برای انجام مجزاسازی روی داده‌های کل مصرف انرژی از روش اول پارامتریک حاصلجمعی دیوزیا (PDM1) و برای مجزاسازی داده‌های شدت کل انرژی نیز از روش پارامتریک ضربی دیوزیا استفاده می‌شود. روشهای مزبور به شرح زیر معرفی می‌شوند:

الف) روش پارامتریک حاصلجمعی اول دیوزیا (PDM1):

در این روش کل تغییر در مصرف نهائی انرژی از سال پایه تا سال جاری t، در طول دوره بـه سه اثر ساختاری، تولیدی و شدت خالص تجزیه می‌شود. اگر مصرف انرژی در سال پایه با E_0 و در سال جاری با Et نشان داده شود، کل تغییر در مصرف انرژی به صورت زیر قابل بیان است:

$$\Delta E_{tot} = E_t - E_0 \qquad (۱)$$

ΔE_{tot} را می‌توان به شکل زیر تجزیه نمود:

$$\Delta E_{tot} = \Delta E_{pdn} + \Delta E_{str} + \Delta E_{\text{int}} + D \qquad (۲)$$

در اینجا:

ΔE_{tot} = کل تغییر در مصرف انرژی از سال پایه تا سال t (کل اثر)

ΔE_{pdm} = تغییر در مصرف انرژی ناشی از رشد تولید (اثر تولیدی)

ΔE_{str} = تغییر در مصرف انرژی ناشی از تغییر ساختاری در اقتصاد (اثر ساختاری)

ΔE_{int} = تغییر درمصرف انرژی ناشی از تغییر در شدت انرژی (اثر شدت خالص)

D = جمله پسمانده

کل مصرف نهائی انرژی در اقتصاد کلان در سال t به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E_t = \sum_i E_{it} \qquad (۳)$$

Eit، کل مصرف نهائی انرژی در بخش iام اقتصاد در سال tام می‌باشد.

کل مصرف نهائی انرژی (E_t) تابعی از سه متغیر به شرح زیر می‌باشد:

۱ـ سطح تولید (A_t): معیار فعالیت و عامل اثر تولید (فعالیتی) در رشد مصرف نهائی انرژی است.این متغیر در سطح کلان تولید ناخالص داخلی واقعی و برای بخش های تولیدی نیز بر حسب مورد تولید ناخالص داخلی واقعی مربوطه آنها بوده و طبیعتاً برحسب واحدهای پولی

انـدازه‌گـیری می‌شود. اگر سطح مطالعه زیر بخش یا کالا باشد از معیارهای فیزیکی نیز جهت محاسـبه چنیـن متغـیری می توان استفاده نمود، در این تحقیق بدلیل تنوع کالاها و مانعه‌الجمع بـودن معـیارهای انـدازه گـیری آنهـا استفاده از معیارهای فیزیکی چه در سطح کلان و چه در بخـش امکـان پذیرنیسـت. ایـن متغـیر را بـرای سـطح کلان با At و برای بخش با Ait نشان می دهیم.

۲ـ شـدت انـرژی بخش های تولیدی (Iit): میزان مصرف انرژی بخش iام به ازاء هر واحد فعالیت (ارزش پولی GDP) آن بوده و بصورت زیر محاسبه می گردد:

$$I_{it} = \frac{E_{it}}{A_{it}} \qquad (٤)$$

۳ـ پارامتر ساختار (Sit): سهم بخش تولیدی iام در تولید ناخالص داخلی واقعی ملی در سال tام است، به صورت

$$S_{it} = \frac{A_{it}}{A_t} \qquad (٥)$$

بـا توجـه بـه متغیرهای یاد شده، روش پارامتریک جمعی اول دیوزیا در قالب الگوی زیر معرفی می‌شود:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

(٦)

$$\Delta E_{pdn} = [E_0 + \alpha(E_t - E_0)]\ln(A_t / A_0)$$
$$\Delta E_{str} = \sum_i [E_{io} + \beta_i(E_{it} - E_{io})]\ln(S_{it} / S_{io})$$
$$\Delta E_{int} = \sum_i [E_{io} + \tau_i(E_{it} - E_{io})]\ln(I_{it} / I_{io})$$

α و β_i و τ_i پارامترهای ضرایب اهمیت مربوط به متغیرهای مصرف در سال پایه وجاری می‌باشند. پیداست که به ازاء هر ترکیبی از پارامترهای مزبور یک راه حل برای الگو وجود دارد، امادر این خصوص پنج راه حل مورد عمل در متون علمی مربوط معرفی شده است. α در این تحقیق دو راه حل مناسب به شرح زیر انتخاب و مورد استفاده قرار گرفته است:

الف-۱) راه حل میانگین ساده برای روش اول دیوزیا (AVE-PDM1):

در ایـن راه حـل به سالهای پایه وجاری ضریب اهمیت ۰/۵ داده‌می‌شود.با جایگذاری ضریب مزبور بجای پارامترها در الگوی اصلی خواهیم داشت :

$$\Delta E_{ot} = \qquad (۷)$$

اثر تولیدی
$$[E_{ot} + 0.5(E_t - E_0)]\ln(At / Ao)$$

اثر ساختاری
$$+ \sum_i [E_{io} + 0.5(E_{it} - E_{io})]\ln(Sit / Sio)$$

اثر شدت خالص
$$+ \sum_i [E_{io} + 0.5(E_{it} - E_{io})]\ln(I_{it} / I_{io})$$

الف ۲)راه حل لاسپیر برای روش اول دیوزیا (LAS-PDM1):

لاسپیر با درنظرگرفتن وزنهای صفر برای سال پایه و سال جاری و بر مبنای رابطه زیر برای کل مصرف انرژی تقریبی از روش اول دیوزیا به شرح زیر ارائه می دهد :

$$= \sum_i \left[A_t . \left(\frac{A_{it}}{A_t}\right) . \left(\frac{E_{it}}{A_{it}}\right) \right]$$

تغییر در کـل مصـرف انرژی بین سال پایه (0) و سال جاری (t1م) را می توان به شکل زیر به اثرات ساختاری، تولیدی و شدت خالص سرشکن نمود:

$$_{ot} = \sum_i [(A_0 + \Delta A_t) * (S_{io} + \Delta S_{it}) + (I_{io} + \Delta I_{it})] - \sum_i (A_o . S_{io} . I_{io})$$

اثر فعالیتی (تولیدی)
$$= \sum_i (\Delta A_t . S_{io} . I_{io})$$

اثر ساختاری
$$+ \sum_i (A_o . \Delta S_{it} . I_{io})$$

$$+\sum_i (A_0 . \Delta S_{it} . I_{io}) + R_{ot}$$

اثر شدت خالص

(۹) جمله پسمانده

این روش دارای قدرت توضیح دهندگی بالائی است چون تمامی اثرات تغییر مصرف کل انرژی را دربر می گیرد و برای تمامی‌سطوح قابل بکارگیری می باشد. همچنین اثر شدت خالص تغییر در مصرف انرژی بعنوان شاخص مناسبی جهت کارائی انرژی (نوع تعدیل شده آن) شناخته می شود. در این تحقیق برای بکارگیری روش مزبور از آمار سری زمانی استفاده شده و تغییر درکل مصرف نهائی انرژی در سطح اقتصاد کلان مربوط به بخشهای تولیدی از سال پایه (اولین سال دوره یعنی ۱۳۵۸) تا یکسال موردنظر (بعنوان سال‌جاری) به سه اثرساختاری، تولیدی و شدت خالص تجزیه می‌شود.

ب. مجزاسازی با استفاده از روش پارامتریک ضربی دیوزیا(برای شدت کل انرژی[1]):

این روش شدت کل انرژی را صرفاً به دو جزء ساختاری و شدت خالص انرژی تجزیه می نماید و برای تحلیل اجزاء شدت انرژی سطح کلان روش مناسبی است[2]. روش پارامتریک دیوزیا که بر مبنای داده‌های سالیانه بکار گرفته می شود، نرخ رشد شدت کل مصرف انرژی اقتصاد کلان (مربوط به بخش‌های تولیدی) را بین سال پایه و هر کدام از سالهای دوره به دو نرخ رشد تجزیه می نمایدکه یک نرخ رشد مربوط به اثر ساختاری و دیگری نیز به اثر شدت خالص اختصاص دارد. شیوه کار برای سطح کلان به شرح زیر است:

شدت کل انرژی در سطح کلان در یک زمان بصورت مجموع حاصلضرب شدتهای انرژی در سهم هر بخش از مجموع فعالیت (GDP) به شکل زیر قابل بیان است:

$$I_t = \sum_i S_{it} . I_{it} \qquad (۱۰)$$

که در اینجا:

$$S_{it} = \frac{A_{it}}{A_t}, \qquad I_{it} = \frac{E_{it}}{A_{it}}$$

با دیفرانسیل‌گیری از طرفین معادله ۷ نسبت به عامل زمان می توان نوشت:

---

۱ شدت کل انرژی عبارتست از نسبت کل مصرف نهائی انرژی به کل فعالیت انجام شده در سطح مطالعه.

۲ رجوع شود به گزارشAPERC

$$I_i' = \sum_i I_{it}.S_{it}' + \sum_i S_{it}.I_{it}' \qquad (۱۱)$$

با تقسیم نمودن دو طرف معادله بالا بر It و انتگرال گیری از دو طرف معادله جدید از سال پایه تا سال T (پایان دوره) رابطهٔ زیر بدست می آید:

$$Ln\left(\frac{I_T}{I_o}\right) = \int_0^T \left[\sum_i \frac{I_{it}.S_{it}'}{I_t}\right]dt + \int_0^T \left[\sum_i \frac{I_{it}'.S_{it}}{I_t}\right]dt \qquad (۱۲)$$

اگر RI_{OT} را نسبت شدتهای کل انرژی در سال T به سال پایه در نظر بگیریم خواهیم داشت:

$$RI_{oT} = \frac{I_T}{I_o} \qquad (۱۳)$$

بنابراین:

$$RI_{oT} = \exp\left\{\int_o^T \left[\sum_i \frac{E_{it}}{E_t}.\frac{S_{it}'}{S_{it}}\right]dt\right\} * \exp\left\{\int_o^T \left[\sum_i \frac{E_{it}}{E_t}.\frac{I_{it}'}{I_{it}}\right]dt\right\} \qquad (۱۴)$$

یا:

$$RI_{oT} = \exp\left\{\int_o^T \left[\sum_i \frac{I_{it}.S_{it}}{I_t}\right]dt\right\} * \exp\left\{\int_o^T \left[\sum_i \frac{S_{it}.I_{it}}{I_{it}}\right]dt\right\} \qquad (۱۵)$$

یا:

$$RI_{oT} = RI_{str}.xRI_{\text{int}} \qquad (۱۶)$$

که در آن RI_{str} شاخص اثر ساختاری برآورد شده و RI_{int} شاخص اثر شدت خالص برآورد شده می باشد.

برای استفاده در شرایط عملی می بایست مسیر انتگرالی را به مسیر و مسئله پارامتریک تبدیل نمود، برای اینکار آن مسیر انتگرالی را باید درنظر گرفت که شرایط زیر در آن صدق نماید:

$$\min\left\{\frac{E_{io}}{E_o}, \frac{E_{iT}}{E_T}\right\} \le \frac{E_{it}}{E_i} \le \max\left\{\frac{E_{io}}{E_o}, \frac{E_{iT}}{E_T}\right\} \qquad (۱۷)$$

و

$$\min\{S_{io}, S_{iT}\} \le S_{it} \le \max\{S_{io}, S_{iT}\} \qquad (۱۸)$$

با توجه به شرایط مزبور، پارامتر β_i را با مساوی قرار دادن رابطه ذیل با جمله اول معادله ۱٤ یا ۱۵، می توان استخراج نمود:

$$RI_{str} = \exp\left\{\sum_i \left[\frac{E_{io}}{E_o} + \beta_i \left(\frac{E_{iT}}{E_T} - \frac{E_{io}}{E_o}\right) \ln\left(\frac{S_{iT}}{S_{io}}\right)\right]\right\} \qquad (۱۹)$$

در اینجا $0 \le \beta_i \le 1$

با اعمال روش فوق برای هر دو جمله معادلات ۱۳ و ۱٤ دو روش پارامتر یک دیوزیا بصورت زیر حاصل می شود:

- روش پارامتر یک اول دیوزیا (PDM1):

$$RI_{str} = \exp\left\{\sum_i \left[\frac{E_{io}}{E_o} + \beta_i \left(\frac{E_{iT}}{E_T} - \frac{E_{io}}{E_o}\right) \ln\left(\frac{S_{iT}}{S_{io}}\right)\right]\right\} \qquad (۲۰)$$

و

$$RI_{int} = \exp\left\{\sum_i \left[\frac{E_{io}}{E_o} + \gamma_i \left(\frac{E_{iT}}{E_T} - \frac{E_{io}}{E_o}\right) \ln\left(\frac{I_{iT}}{I_{io}}\right)\right]\right\} \qquad (۲۱)$$

روش پارامتریک دوم دیوزیا (PDM2):

$$RI_{str} = \exp\left\{\sum_i \left[\frac{I_{io}}{I_o} + \beta_i \left(\frac{I_{iT}}{I_T} - \frac{I_{io}}{I_o}\right)(S_{iT} - S_{io})\right]\right\} \qquad (۲۲)$$

$$RI_{int} = \exp\left\{\sum_i \left[\frac{S_{io}}{I_o} + \gamma_i \left(\frac{S_{iT}}{I_T} - \frac{S_{io}}{I_o}\right)(I_{iT} - I_{io})\right]\right\} \qquad (۲۳)$$

در اینجا $0 \le \beta \le 1$ و $0 \le \gamma \le 1$ هستند.

برای حل این روش نیز پنج راه حل موجود است .دراینجا بر اساس راه حل میانگین ساده عمل می شودبعبارت دیگر هر دو پارامتر را برابر با 0.5 قرار می دهیم،که در اینصورت وزن مساوی را به دو سال پایه و جاری داده ایم و مجزاسازی یک حالت متقارن[1] نسبت به زمان پیدا می کند.

---

[1]. Symetrical manner

در تجزیه و تحلیل سری زمانی ،مجزاسازی بین دو سال متوالی(t+1 و t) انجام می گیرد. بعبارت دیگر نسبت شماره (۱۳) به صورت زیر بیان می شود:

$$RI_{ot} = \frac{(I_{t+1})}{I_t} \qquad (۲۴)$$

از اینرو اگر N تعداد سالهای مورد بررسی باشد،با ضرب نمودن متوالی نسبتها از سال اول تا هر سال دیگر در سری رویهمرفته N-1 اثر یا تغییرتجمعی[1] را خواهیم داشت.این کار را می توان هم برای شدت کل و هم برای شاخص اثرات ساختاری و شدت خالص انجام داد.با ضرب نمودن تغییرات تجمعی در سال t در شدت انرژی سال اول دوره برحسب مورد شدت کل انرژی،اثر ساختاری و اثرشدت خالص برآورد شده حاصل خواهد شد.برای نرمالایز شدن نتایج و سهولت بررسی ،شدت کل انرژی سال اول را برابر با یک میگیریم. مقدار نرمالایز شده هر اثر در سال t برابر با نسبت مقدار اثر در سال t به مقدار آن در سال اول بوده و شاخص رشد اثرات فوق بر پایه سال اول سری را نشان می‌دهد[2]

الگوی سوم: روش رگرسیون برای بررسی اثر شدت خالص

از آنجائیکه اثر شدت خالص نشاندهنده بخشی از تغییرات مصرف یا شدت انرژی است که صرفاًناشی از تغییر در شدت انرژی و خارج نمودن اثرات رشد تولید و تغییرات ساختاری از مجموع تغییرات مصرف انرژی و شدت آن می‌باشد، از اینرو مستقل از عوامل مزبور بوده و تحت تأثیر عوامل دیگری قرار دارد. با توجه به این مسئله مقدار مثبت این اثر استفاده غیر منطقی و غیر کارآمد و مقدار منفی آن نشاندهنده صرفه‌جویی و لذا بهبود کارایی انرژی است. اینجاست که به اهمیت این شاخص در بررسیهای کارایی انرژی پی می‌بریم.در میان عوامل مؤثر بر شدت خالص می‌توان به دو عامل مهم ترکیب حاملهای انرژی در سبد مصرف نهایی انرژی و دیگری قیمت واقعی انرژی اشاره نمود.علاوه بر اینها می‌توان به سیاستهای غیرقیمتی در طول سالهای برنامه‌های اول و دوم توسعه نیز اشاره نمود.در این تحقیق جهت برآورد رابطه اثر شدت خالص با متغیرهای مزبور از مدل رگرسیون زیر استفاده می‌شود:

---

1 - Comulative change

۲- برای اطلاع بیشتر به آنگ (۱۹۹۴) مراجعه شود.

$$INT_t = \alpha_0 + \alpha_1 * OS_t + \alpha_2 * PE_t + \alpha_3 * D \qquad (۲۵)$$

در اینجا Int ،OS و PE بترتیب نشاندهنده رشد اثر شدت خالص،نسبت فرآورده‌های نفتی در مصرف کل انرژی ، شاخص قیمت واقعی انرژی می‌باشند. و D متغیر مجازی سالهای برنامه‌های توسعه اقتصادی کشور است.t نیز اندیس زمان است. ضمناً این رابطه برای هر دو رویکرد مصرف و شدت انرژی برآورد می‌شود.با توجه به شدت بالای انرژی در فرآیند مصرف فرآورده‌های نفتی انتظار می‌رود که α_1 مقدار مثبت بخود بگیرد.علامت مورد انتظار برای α_2 و α_3 نیز منفی است.

٤ـ تجزیه و تحلیل یافته ها

شناخت و ارزیابی مسیر زمانی بهره برداری از انرژی و همچنین عوامل تاثیر گذار بر مصرف انرژی و چگونگی تاثیر بخشی آنها، جهت پی بردن به اهمیت و جایگاه آن در اقتصاد و سیاستگذاری جهت تعیین الگوی مصرف بهینه حاملهای انرژی امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. مقاله حاضر در این راستا به بررسی روند رفتار مصرف انرژی، شاخص های شدت و کارائی انرژی در سطح کلان اقتصاد ایران می پردازد. الگوهای مورد استفاده جهت تجزیه و تحلیل شامل، روند مصرف و شاخصهای کارائی، روش مجزاسازی مصرف و شدت انرژی است که در بخش قبلی معرفی شدند.

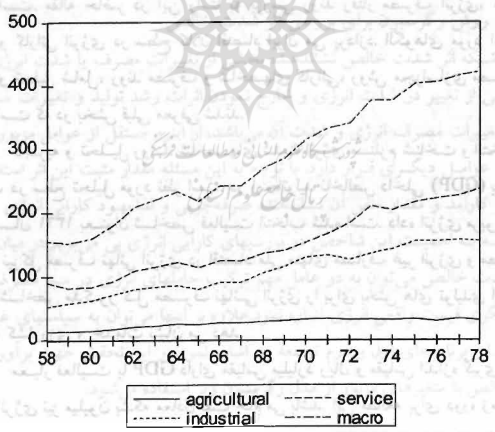
تجزیه و تحلیل روند شاخصهای شدت انرژی مستلزم شناخت و انتخاب شاخص فعالیت در سطح تحلیل مورد نظر است. در اینجاتولید ناخالص داخلی (GDP) به قیمت های ثابت سال ۱۳٦۱ بعنوان شاخص فعالیت انتخاب شده است. داده انرژی مربوط به مصرف انرژی نیزکل مصرف نهائی انرژی در اقتصاد ملی منهای مصارف غیر انرژی و مصرف خانگی است. شاخص مذکور کل مصرف نهائی انرژی را برای بخش های تولیدی اقتصاد شامل، صنعت، کشاورزی و خدمات نشان می دهد.

معیار فعالیت یا GDP دارای مقیاس میلیارد ریال و مقیاس اندازه گیری کل مصرف نهائی انرژی نیز میلیون بشکه معادل نفت خام می باشد. این مطالعه برای دوره زمانی ۲۱ ساله (۷۸-۱۳۵۸) انجام می شود.

روند مصرف کل انرژی

نمودار شماره (۱) مصرف کل انرژی را در سطح کلان اقتصاد ایران و به تفکیک بخشهای سه‌گانه تولیدی نشان می دهد طی دوره مطالعه (۷۸-۱۳۵۸) کل مصرف انرژی نهائی دارای نرخ رشد متوسط سالیانه ۵/۲ درصد بوده است حداکثر نرخ رشد این متغیر در طول دوره مذکور برابر با ۱۵ درصد (در سال ۱۳۶۲) و حداقل نرخ رشد آن ٦/٦- درصد (مربوط به سال ۱۳٦۵) می‌باشد. این در حالی است که تولید ناخالص داخلی طی دوره مزبور از نرخ رشد متوسط سالیانه ۲/٤ درصد و حداکثر و حداقل نرخ رشد به ترتیب برابر با ۱۵/۷ (سال ۱۳٦۱) و ۲۲/٦- (سال ۱۳٦۵) برخوردار بوده است.

جدول شمار (۱)سهم بخش های تولیدی ازمصرف نهائی انرژی و تولید ناخالص داخلی و همچنین نرخ رشد متوسط متغیرهای فوق در این بخشها را نشان می دهد. نتایج حاکی از آن است که حداقل یک دوم از کل مصرف نهایی انرژی مربوط به بخش خدمات است، در صورتیکه بخش صنعت بیش از ۳۳درصد و بخش کشاورزی نیز تقریباً کمتر از ۱۰درصدمصرف نهائی انرژی در اقتصاد را بخود اختصاص داده است.

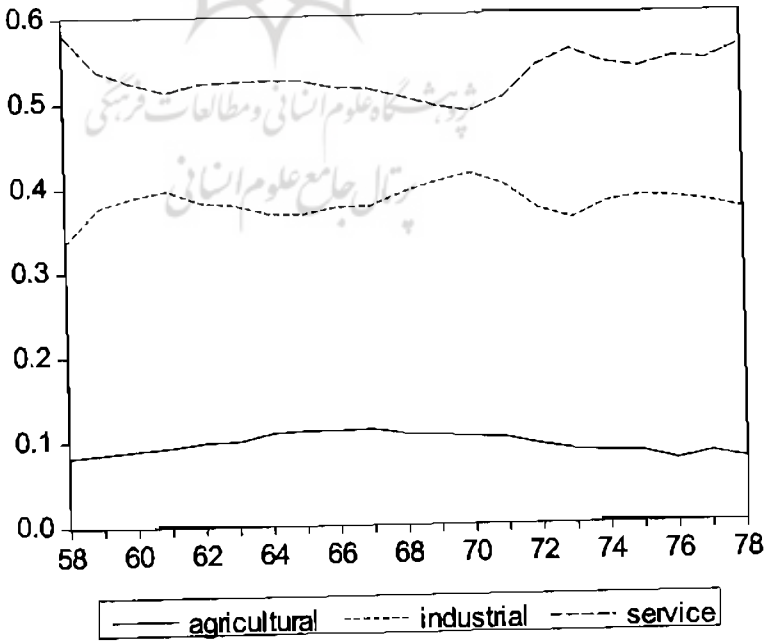


نمودار(۱):مصرف نهائی انرژی بخشهای تولیدی در اقتصاد ایران

جدول (۱):سهم و نرخ رشد مصرف انرژی و تولید در بخشهای تولیدی(درصد)

	سهم درمصرف انرژی	سهم در تولید ملی	نرخ رشد مصرف انرژی	نرخ رشد تولید
صنعت	۳۸	۲۹/٦	۵/۷	۱/۳
کشاورزی	۹/۳	۲٤	٤/۸	۵
خدمات	۵۲/۷	٤٦/٤	۵/۱	۱/۲

کل مصرف نهائی انرژی در سال آخر دوره (۱۳۷۸) در مقایسه با سال اول دوره (۱۳۵۸) دارای نرخ رشدی معادل ۱۷۱ درصد بوده که بخش خدمات در حدود ۵۲ درصد این نرخ رشد را توضیح می دهد. سهم بخش صنعت، کشاورزی از رشد مصرف انرژی نیز به ترتیب برابر با ٤۲ و ٦ درصد بوده است. همانطوریکه ملاحظه می شود بخش خدمات بالاترین سهم را هم در مصرف نهائی انرژی و هم در رشد مصرف داراست. بخش کشاورزی دارای کمترین سهم مصرف و پایینترین تاثیر در رشد مصرف انرژی می باشد. نمودار شماره (۲) روند سهم بخش های سرانه تولیدی در کل مصرف نهائی انرژی را نشان می دهد.



نمودار (۲) :سهم بخشهای تولیدی در کل مصرف نهائی انرژی

نمودار فوق نشان می دهد که بخش خدمات بالاترین سهم را در کل دوره از مصرف نهائی انرژی بخشهای تولیدی در اقتصاد دارا بوده است. روند سهم بخش خدمات از ابتدای دوره تا سال ۱۳۷۰ با کاهش تدریجی و سپس تا پایان دوره با افزایش همراه بوده است. بخش کشاورزی دارای کمترین و با ثبات ترین سهم در مصرف نهائی انرژی بوده و مقدار آن در طول دوره به بالاتر از ۱۰ درصد نرسیده است.

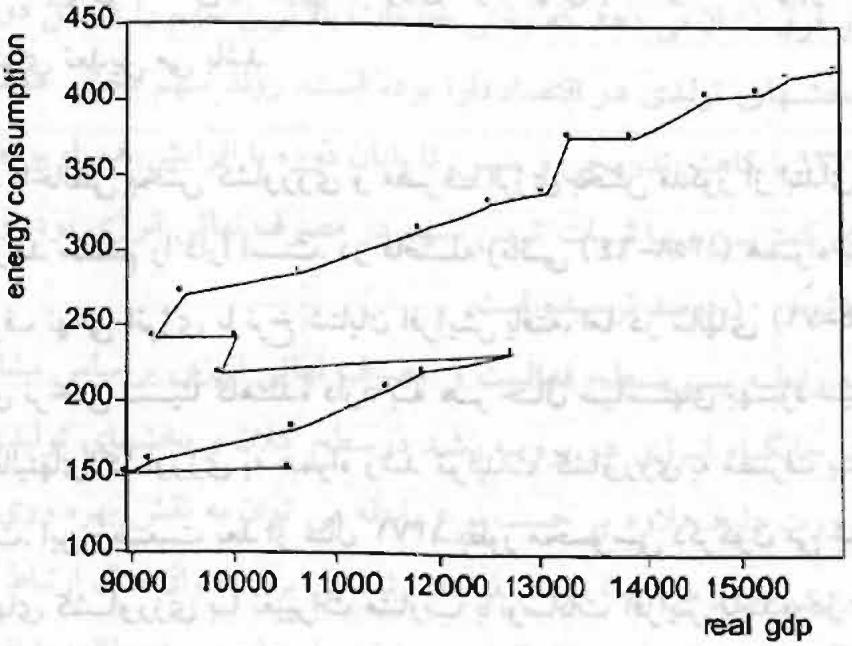
مطالعه رابطه بین سطح فعالیت و مصرف نهائی انرژی براساس مشاهدات واقعی جهت شناخت جایگاه انرژی در پروسه رشد درسطح کلان و بخشهای تولیدی بعنوان یک عامل تولید ضرورت دارد. علاوه بر حسب نوع رابطه می توان به نقش بهره وری عوامل تولید دیگر (نظیر نیروی کار و سرمایه) نیز در فرایند رشد پی برد. بعنوان مثال ارتباط مثبت بین دو متغیر فوق نشانگر اینست که توسعه فعالیت در بخش یا سطح مورد مطالعه با افزایش مصرف انرژی همراه بوده و یک ارتباط منفی نیز گواه بر بهبود بهره وری در سایر عوامل تولید در پروسه رشد است.

نمودارهای شماره ۳ و ٤ و ٥ و ٦ به ارتباط بین تولید ناخالص داخلی واقعی و مصرف انرژی در سطح کلان و بخشهای اقتصادی اشاره دارند. در سطح کلان طی فاصله زمانی (٦٤-۱۳۵۹) و (۷۸-۱۳٦۷) این رابطه مثبت است و نشان می دهد که همراه با رشد اقتصادی مصرف انرژی نیز بیشتر می شود. جالب اینجاست که در سالهایی که تولید واقعی کاهش یافته این ارتباط منفی و یا با تغییر بسیار ناچیز مصرف انرژی همراه بوده است. ارتباط بین تولید ناخالص داخلی و مصرف نهائی انرژی بخش صنعت در فاصله سالهای (٦۰-۱۳۵۸) منفی و نشان می دهد که با تشدید رکود فعالیتهای صنعتی مصرف انرژی بیشتر می شود، این گواه بر بهره‌وری نهائی منفی عامل انرژی در این بخش دارد. در سایر سالهای دوره این ارتباط عمدتاً مثبت است. این ارتباط مثبت برای سالهای ۱۳٦۸ به بعد دارای ثبات بیشتری است و نشان از افزایش مصرف انرژی در فرایند تولید صنعتی کشور دارد. برای سالهای (۷٤-۱۳۷۰) که دامنه تغییر بسیار کوچک از تغییر GDP صنعتی را در طول دوره نشان می دهد، تغییر در مصرف نهائی انرژی در این بخش نیز دامنه ناچیزی را به خود گرفته است. این روند نیز دال

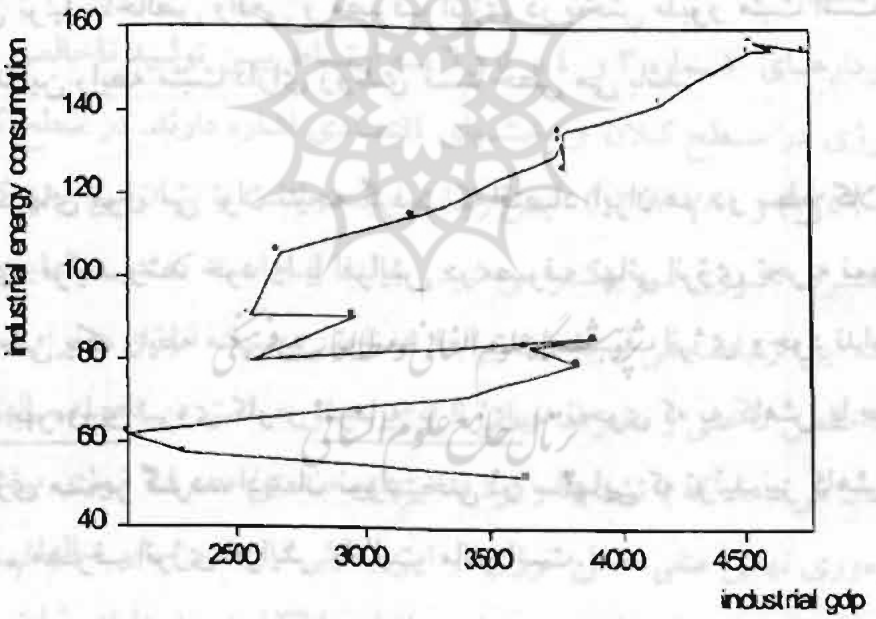
بر ثبات ارتباط فعالیتهای صنعتی با مصرف انرژی در سالهای بعد از ۱۳۶۸ و برنامه‌های توسعه ۵ ساله و سیاستهای تعدیل می باشد.

رابطه بین تولید ناخالص بخش کشاورزی و مصرف انرژی بخش مذکور از ابتدای دوره تا سال ۷۱ مثبت و روند منظم را دارا است. در فاصله زمانی (٦٤-۱۳۵۸) همراه با رشد بخش کشاورزی مصرف نهائی انرژی با نرخ شتابان افزایش یافته، اما در سالهای (۷۱-۱۳٦۵) افزایش مصرف انرژی نرخی نسبتاً کاهنده دارد به هر حال سیاستهای بهبود سیستم آبیاری و مکانیزاسیون فعالیتهای کشاورزی به همراه رشد تولیدات کشاورزی به مصرف بیشتر انرژی نیز دامن زده است. این وضعیت بعد از سال ۱۳۷۱ بطور محسوسی دگرگون می شود بنحوی که توسعه فعالیتهای کشاورزی با تغییرات متناوب با نوسانات افزایش یابنده، در مصرف انرژی همراه بوده است. هر چه به پایان دوره نزدیکتر می شویم دامنه نوسانات مذکور بیشتر می شود و رابطه بین مصرف انرژی و تولید بی ثبات تر می شود. در بخش خدمات نیز طی ۱۹ سال دوره رابطه بین تولید ناخالص واقعی و مصرف انرژی در بخش مذبور مثبت است، بعلاوه از سال ۱۳٦۸ به بعد این رابطه مثبت دارای روندی نسبتاً خطی می باشد.

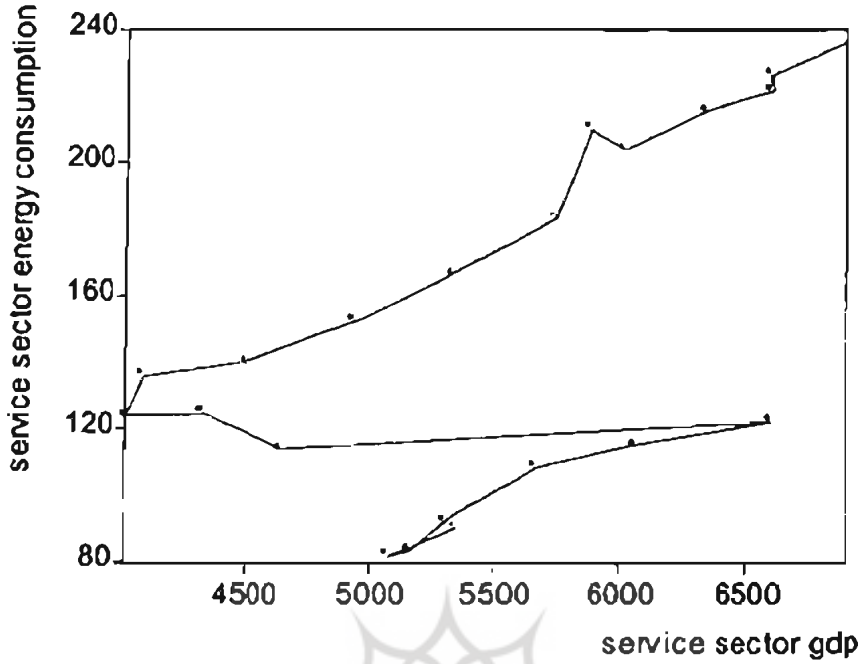
از بررسیهای فوق می توان نتیجه گرفت که اقتصاد ایران هم در سطح کلان و هم در بخشهای اقتصادی، فرایند رشد خود را با افزایش در مصرف نهائی انرژی تجربه نموده است و در هیچ فاصله زمانی یک رابطه منفی بین توسعه فعالیت و مصرف انرژی وجود ندارد که بتواند به نقش بهبود بهره‌وری نیروی کار و سرمایه یا انرژی به نحوی که به کاهش یا صرفه جویی در مصرف انرژی منجر گردد، اذعان نمود. حتی در سالهایی که تولید نیز کاهش و یا ثابت مانده است باز هم مصرف انرژی افزایش یا ثابت مانده است.



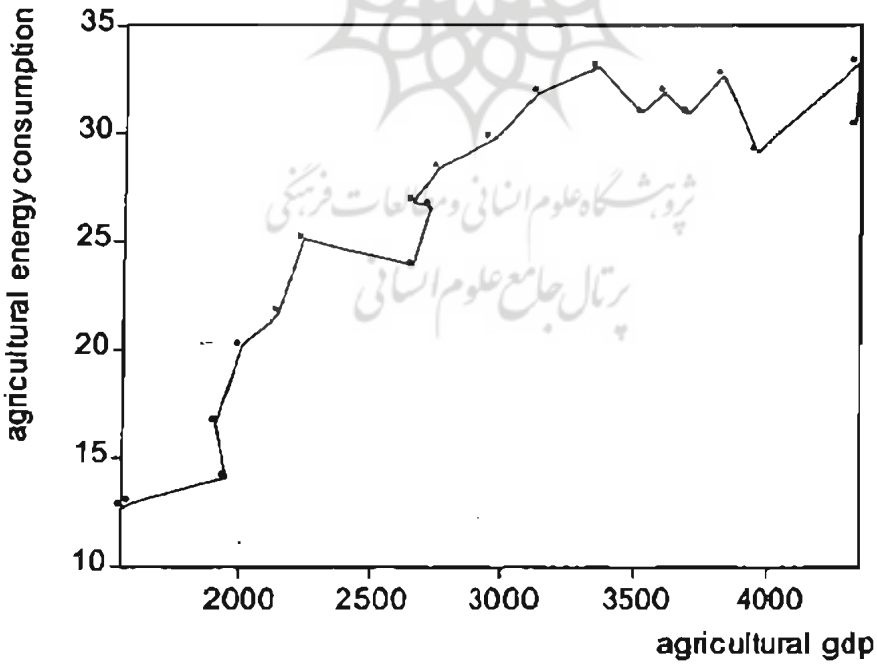
نمودار(۳):رابطه بین مصرف انرژی بخشهای تولیدی و تولید ناخالص داخلی



نمودار(٤):رابطه مصرف انرژی و تولید ناخالص بخش صنعت

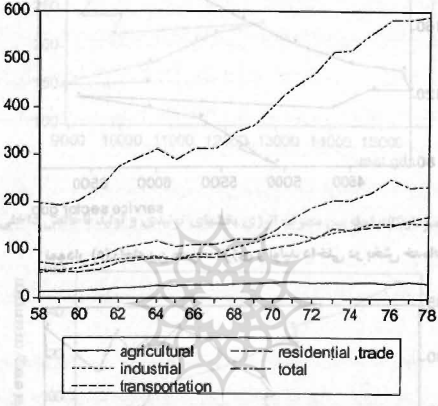


نمودار (۵):رابطه بین مصرف انرژی و تولید داخلی در بخش خدمات



نمودار (٦):رابطه بین مصرف انرژی و تولید در بخش کشاورزی

از آنجایی که در ترازنامه انرژی مصرف کنندگان انرژی به چهار بخش شامل، خانگی، تجاری، صنعت ، کشاورزی و حمل و نقل تقسیم شده است، از این رو می بایست روند مصرف انرژی به تفکیک چهار بخش مزبور نیز مشخص شود. نمودار شماره (۷) چنین روندی را نشان می دهد.



نمودار(۷):روند مصرف انرژی دربخشهای چهارگانه ترازنامه انرژی

همانطوریکه ملاحظه می شود در تمامی سالهای دوره بخش خانگی و تجاری بیشترین سهم از کل مصرف نهائی انرژی را در اقتصاد ایران به خود اختصاص داده، بخش کشاورزی پایین ترین سهم و بخش صنعت و حمل و نقل نیز تقریباً یکسان و روندی مشابه را دارا میباشند. جدول شماره (۲) سهم متوسط سالیانه مصرف بخشهای چهار گانه را در کل مصرف نهائی انرژی و همچنین رشد متوسط مصرف آنها را نشان می دهد:

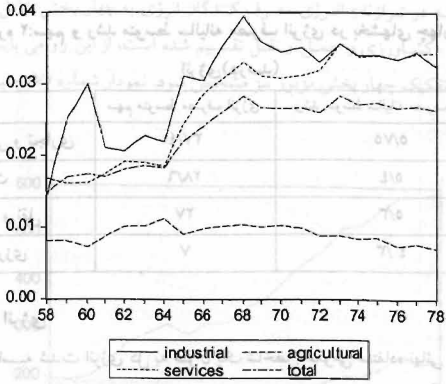
جدول شماره ۲:سهم و رشد متوسط سالیانه مصرف انرژی در بخشهای چهارگانه ترازنامه انرژی(درصد)

	سهم متوسط مصرف انرژی	رشد متوسط سالیانه مصرف انرژی
خانگی و تجاری	۳۷/٤	۵/۷۵
صنعت	۲۸/٦	۵/٤
حمل و نقل	۲۷	۵/۳
کشاورزی	۷	٤ /۳

شدت های انرژی

محاسبه شدت انرژی کل به عنوان یک شاخص عمومی استفاده نهائی از انرژی اولین گام شناخت روند کارائی انرژی در مطالعات اقتصاد انرژی به حساب می آید. شدت انرژی بطور کلی به میزان انرژی مورد استفاده (برحسب داده های انرژی مثل بشکه معادل نفت خام) جهت تولید یک واحد محصول (برحسب واحد فیزیکی یا پولی) اشاره دارد.عکس شدت انرژی همان کارائی انرژی است. نمودار شماره (۸)شدت انرژی را بر حسب بخشهای سه گانه تولیدی در سطح کلان نشان می دهد.

شاخص فعالیت برای هر سه بخش تولیدی، تولید ناخالص داخلی واقعی آنها به قیمت عوامل می باشد. همانطوریکه ملاحظه می شود شدت انرژی در بخش خدمات و صنعت دارای مسیری بالارونده و بیشتر از شدت انرژی در سطح کلان است اما در بخش کشاورزی این شاخص بسیار کمتر از سطح کلان و دارای مسیری کاهنده است. روند شدت انرژی در سطح کلان و بخشهای صنعت و خدمات ابتدای دوره تا سال ۱۳٦۸ دارای نوسانات کاهشی و افزایشی نامنظمی بوده اما بعد از سال ۱۳٦۸ تا پایان دوره مسیری نسبتاً هموار را طی می کند. این مسئله در حقیقت پیامد سیاستهای قیمت گذاری و کنترل مصرف انرژی از ابتدای برنامه‌های ۵ ساله توسعه اقتصادی و اجتماعی ایران می باشد.آزمون تحلیل واریانس برای تفاوت میانگین شدت انرژی قبل و بعد از برنامه های توسعه اقتصادی نیز معنی دار بودن



نمودار(۸):شدت انرژی در بخشهای تولیدی

تفاوت میانگین ها در این دوره را درسطح آزمون ۵٪ تأئید می کند.جدول شماره (۳) نرخ رشد شدت انرژی را در سطح کلان و بخشهای تولیدی طی دو زیر دوره قبل و بعد از سال ۱۳۶۸ و کل دوره را ارائه می دهد:

جدول شماره (۳):متوسط نرخ رشد سالیا نه شدت انرژی در بخشهای تولیدی و سطح کلان(درصد)

	۱۳۶۸-۱۳۵۸	۱۳۷۸-۱۳۶۹	کل دوره
صنعت	۱۰	-۱/۹	٤
کشاورزی	۲/۳	-۳/۸	-/۷
خدمات	٦/۷	۰/۳	۳/۵
کلان	٦/۵	-/۷	۲/۹

مقایسه شدت انرژی بین بخشهای تولیدی نشان میدهد که عامل اصلی تفاوت در شدتهای انرژی بین بخشهای تولیدی در طول دوره تفاوت در نوع فعالیت آنها(تفاوتهای بین بخشی)

بوده است.تکنیک مورد استفاده جهت این مقایسه تحلیل واریانس بوده و تفاوت در سطح آزمون ۵٪ را قویا تأئید می‌نماید[۱].

شدت انرژی GDP را می توان در بررسی موضوعات مرتبط با کل مصرف انرژی، حفاظت از انرژی، انتشار آلودگی و پیش بینی تقاضای انرژی مورد استفاده قرار دارد. شاخص مزبورتحت تأثیر مجموعه وسیعی از عوامل شامل: ساختار اقتصادی، شرایط اقلیمی، ترکیب جمعیت، سطح درآمدموجودی منابع و قیمتها قرار می گیرد. نظر به اینکه در این تحقیق بررسی رفتار مصرف کنندگان در سطح کلان و در حوزه جغرافیایی کل کشور مطرح است، وارد نمودن تاثیر شرایط اقلیمی که تعدیل در مصرف بواسطه تفاوتهای آب و هوایی را ایجاب می نماید و جهت مقایسه بهتر عناصر مصرف در مناطق مختلف بکار برده می شود، نادیده‌گرفته می شود.

ساختار اقتصادی نیز به ترکیب و سهم بخشهای مختلف در اقتصاد اشاره دارد، تغییر در ترکیب فعالیتها به نفع فعالیتهای انرژی بر به تشدید در این شاخص کمک می کند. موجودی منابع و قیمتها راهنمای تخصیص منابع انرژی بوده و تغییرات جمعیتی و سطح درآمد نیز به دلیل تغییر در سطح فعالیتها بر مصرف انرژی موثر هستند. لازم به توضیح است که شدت انرژی بیشتر همواره نشان دهنده کارائی انرژی کمتر نیست. برخی بخشها دارای نسبت بالاتری از واحدها و زیر بخش های انرژی بر می باشد و بواسطه طبیعت ساختار اقتصادی و نوع فعالیت خود از شدت انرژی بالا برخوردارند و ممکن است در مقایسه با بخشی که شدت انرژی پایین تری دارد، استفاده منطقی تری از انرژی را صورت دهند.

بنابر دلایل فوق در مطالعات بخش انرژی به محاسبه و بررسی شدت خالص انرژی توجه می‌شود. شدت خالص انرژی در حقیقت، شدت انرژی را پس از خارج نمودن اثرات توسعه فعالیت و تغییرات ساختار نشان می دهد و معیار مناسبتری جهت محاسبه کارائی انرژی بحساب می آید در قسمت بعدی به این موضوع پرداخته می شود.

۱- لازم به توضیح است که در اینجا جهت اختصار، از ارائه جدول و نتایج عددی تحلیل واریانس خودداری شده است.

تحلیل نتایج مجزاسازی

در این مطالعه دو حالت خاص از روش پارامتریک جمعی اول دیوزیا و یک حالت از روش پارامتریک حاصلضربی اول دیوزیا را بر ای مجزاسازی داده های مصرف و شدت انرژی بکار گرفته ایم که نتایج حاصله به شرح زیر می باشد:

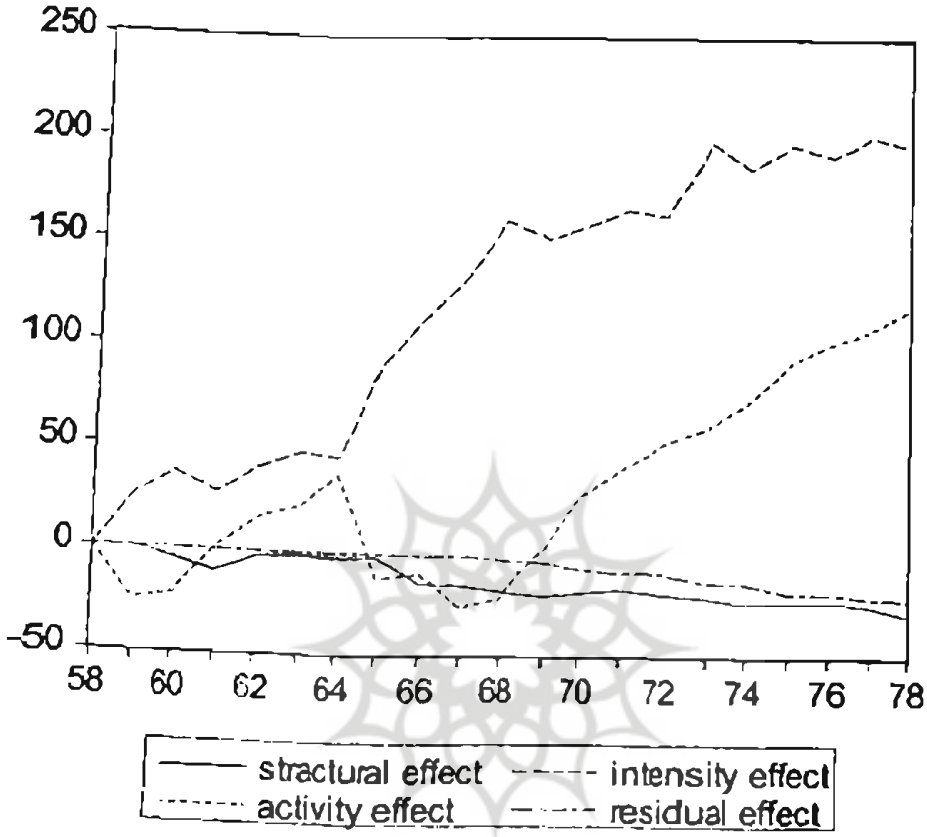
-نتایج حاصله از مجزاسازی تغییر در کل مصرف نهائی انرژی با استفاده از روش پارامتریک جمعی اول دیوزیا

بـر مبـنای ایـن روش دو راه حـل شـامل، راه حـل لاسـپیر(LAS-PDM1) و روش متوسـط (AVE-PDM1) روی داده‌ها اعمال شده است . نتایج حاصله در هر دو حالت نشان مـی دهـد کـه طـی دوره مطالعـه اثر شدت خالص بالاترین سهم را در تغییر کل مصرف نهائی انـرژی در اقتصـاد دارا بـوده و عـامل اصـلی افـزایش در مصـرف انرژی به شمار می رود. اثر سـاختاری در هـر دو روش بـرای تمامـی سـالهای دوره منفـی اسـت، بدیـن معنی که ترکیب فعالیـتهای اقتصـادی در طی دوره مطالعه بر روی روند مصرف انرژی اثر منفی گذارده است یا بعبارتی دیگر ترکیب فعالیتها در کل دوره نشان دهنده بهبود سـهم فعالیتهای با انرژی بری پایین در اقتصاد ملی بوده است.

اثر تولیدی تغییر در مصرف در فواصل زمانی (۶۰-۱۳۵۹) ، (٦٤-١٣٦١) ، (٦٨-١٣٦٥)، (٧٨-١٣٦٩) به تناوب منفی و مثبت بوده است. این نتیجه نیز نشانگر آن است که تغییر در سطح فعالیتهای اقتصادی و نحوهٔ تاثیر آن بر روند مصرف انرژی بعنوان یک عامل تولید در بخشهای اقتصادی در طول دوره متناوب بوده است. تغییر در حجم فعالیتها طی سالهای (۷۸-۱۳۶۹) دارای اثرات مثبت قابل ملاحظه ای بر مصرف کل انرژی برده و سهم نسـبتاً بالایی را از تغییر در مصرف به خود اختصاص داده است.این نحوه تاثیر گذاری رأ می توان به شرایط اقتصادی و بهبود فعالیتهای اقتصادی از زمان اجرای برنامه ۵ ساله اول توسعه اقتصادی مربوط دانسـت.

هـر دو راه حـل روند نسـبتاً یکسانی از اجراء ساختاری، تولیدی و شدت خالص رشد مصـرف انرژی را ارائه می دهند. از لحاظ روند جزء پسمانده (توضیح داده نشده) نتایج برآورد در دو روش دارای تفاوت معنی داری می باشد.

روش (AVE-PDM1) در مقایسه با روش (LAS-PDM1) دارای روندی با ثبات با دامنه ای بسیار کوچک و با واریانسی پایین در جزء پسمانده است. به همین لحاظ بهتر است بر مبنای نتایج این روش به تجزیه و تحلیل اجزاء ساختاری تولید و شدت خالص تغییر در مصرف کل انرژی پرداخت. نمودار شماره (۹) روند اثرات مذکور را نشان می دهد:



نمودار (۹):روند اثرات ساختاری ،تولیدی وشدت خالص تغییردر کل مصرف انرژی

روند اجزاء تغییر کل مصرف نهائی انرژی دلالت بر آن دارد که اثر شدت خالص دارای بالاترین سهم در افزایش مصرف نهائی انرژی در بخشهای تولیدی است و در این زمینه اثر تولیدی در مرتبه دوم قرار می گیرد. اثر ساختاری در تمامی طول دوره دارای تاثیر منفی برروی تغییرات مصرف انرژی بوده است. روند زمانی دو اثر ساختاری و تولیدی در نمودار ۱۰ دربرگیرنده نوسانات بالا و نامنظم از ابتدای دوره تا سال ۱۳۶۸ و مسیری نسبتاً هموار با نوسانات پایین برای سایر سالهای دوره می باشد. دامنه تغییرات نسبتاً بالای اثر شدت خالص

از سال ۱۳۵۸تا ۱۳۶۸ و دامنه تغییرات بسیار کوچک دو اثر دیگر نشاندهنده آن است که در این فاصله زمانی شدت بالای انرژی در اقتصاد ایران عامل اصلی افزایش در مصرف انرژی نهائی بوده است. این وضعیت بعد از سال ۱۳۶۸ تا حدود زیادی دگرگون می شود، بدین صورت که اثر شدت خالص مسیری تقریباً هموار با دامنه تغییرات نسبتاً پایین و اثر تولیدی سیر صعودی منظم با دامنه تغییرات بالا ر به خود می گیرد. این امر نشانگر تاثیر قابل ملاحظه رشد تولید و سطح فعالیتهای اقتصادی و تعدیل قیمت انرژی بر رشد مصرف انرژی در سالهای پایانی دورد یا (۱۳۷۸-۱۳۶۸) بوده است، هر چند اثر شدت خالص سهم بالای خود را تا پایان دوره حفظ می نماید. جدول شماره (٤) متوسط تغییرات اجزاء سه گانه تغییر در مصرف کل را در دو فاصله زمانی و کل دوره نشان می دهد:

جدول شماره ٤ :متوسط تغییرات سالیانه کل مصرف انرژی و اجزاءساختاری، تولیدی وشدت خالص آن

	۱۳۶۸-۱۳۵۸	۱۳۷۸-۱۳۶۹	کل دوره
اثر ساختاری	-۱/۷۸	-۱/۰۹	-۱/۳۹
اثر تولیدی	-۰/۷	۱٤/۱٤	۷/۸۵
اثر شدت خالص	۱۵/۵	۳/٦۸	۸/۹٦
کل تغییر	۱۳/۸	۱۵/۲۱	۱٤/۵۸

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

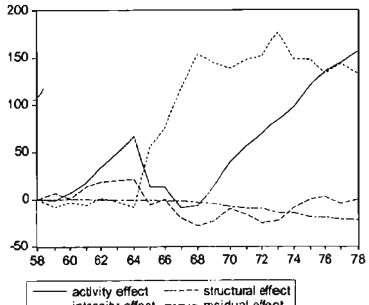
با خارج نمودن اثرات ساختاری و تولیدی از تغییر در کل مصرف نهائی انرژی، تغییرات مصرف به واسطه شدت انرژی حاصل خواهد شد. اگر شدت انرژی را بر مبنای تغییرات مزبور مجدداً محاسبه نمائیم «شدت خالص انرژی» بدست می آید که در مقایسه با شدت کل انرژی شاخص مناسبتری جهت بررسی کارائی انرژی محسوب می شود. نتایج مجزاسازی حاکی از آن است که علی رغم خارج نمودن اثرات ساختاری و تولیدی در افزایش مصرف نهایی انرژی و درنظر گرفتن صرفاً جزء شدت خالص آن، باز هم کارائی انرژی درطول دوره مطالعه تماماً روندی نزولی را از خود نشان میدهد. شدت کاهش کارائی انرژی بر مبنای

شدت خالص انرژی در فاصله زمانی (۱۳۶۸-۱۳۵۸) بسیار بالا و در سالهای پایانی دوره نسبتاً پایین بوده است.با توجه به نتایج حصله می توان گفت که عدم کارائی انرژی در اقتصاد ایران ریشه در بالا بودن شدت انرژی دارد و عوامل ساختاری و افزایش تولید در مقایسه با عامل شدت سهم بسیار پایینی را دارند. این مسئله در فرایند سیاستگذاری جهت بهره برداری بهینه انرژی اهمیت اساسی دارد.

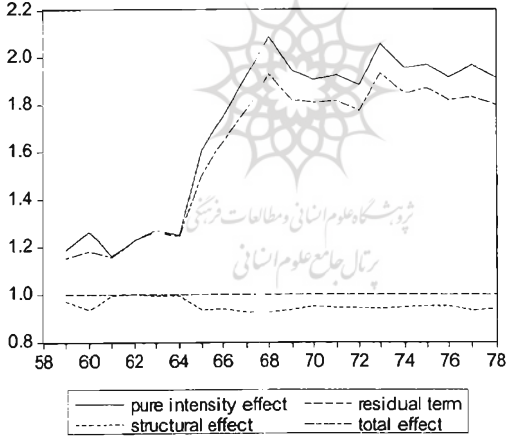
نتایج حاصله تجزیه تغییرات مصرف انرژی با در نظر گرفتن GDP بدون نفت بعنوان شاخص فعالیت نشان میدهد که اثر ساختاری نسبت به دو اثر دیگر سهم پایینی را داراست و در مقایسه با حالت GDP با نفت دارای نوسان بیشتری است .اثر شدت خالص بویژه از سال ۱۳٦٤ تا ۱۳٦۸ بشدت افزایش یافته و اثر تولیدی روند کاهشی را از خود نشان میدهد.از سال ۱۳٦۸ به بعد اثر شدت خالص علیرغم اینکه سهم بالای خود را حفظ نموده است،اما با نوسانات نسبتاً منظمی با حدود تغیرات جزیی برخوردار بوده است.این درحالی است که در این فاصله زمانی اثر فعالیتی به شدت افزایش یافته است تا جاییکه در پایان دوره از اثر شدت خالص جلو افتاده است . اثر شدت خالص در حالت GDP با نفت در تمامی طول دوره نقش غالب را داراست. با توجه به مراتب فوق خارج ساختن درآمد بخش نفت از GDP باعث نوسان اثر ساختاری و بهبود سهم اثر تولیدی در اغلب سالهای دوره می شود.به نمودار زیر توجه شود:

-نتایج حاصله از مجزاسازی شدت کل انرژی (رویکرد حاصلضرب دیوزیا)

براساس این روش نسبت شدت کل انرژی (مقدار شدت کل در هر سال نسبت به سال قبل) بصورت حاصلضرب دو اثر ساختاری و شدت خالص بیان می گردد. بعبارت دیگر بخشی از رشد شدت کل انرژی را به عوامل ساختاری و بخشی دیگر را به شدت خالص انرژی مربوط می سازد. این روش با درنظر گرفتن ضریب اهمیت یکسان برای دو سال متولی روی داده های اولیه مصرف و شدت انرژی اعمال شده است. مقایسه مقادیر واقعی و برآورد شده نسبتها نشان می دهد که نتایج حاصله بسیار قابل اطمینان می باشند. نمودار شماره (۱۰)نتایج مذکور را نشان می دهد:



نمودار(۱۰):روند اثرات ساختاری ،تولیدی و شدت خالص تغییر در مصرف کل انرژی در حالت GDP بدون نفت



نمودار(۱۱):اثرات ساختاری وشدت خالص رویکردمجزاسازی ضربی

نتایج حاکی از آن است که در تمامی سالهای دوره اثر شدت خالص دارای سهم غالب و مسلط بر روند کل شدت انرژی می باشد و سهم اثر ساختاری در این زمینه نسبتاً ناچیز است، این بدان معنی است که تغییرات ساختاری (تغییر در ترکیب سهم بخش‌های اقتصادی در تولید ملی) به نحوی که منجر به تغییر محسوس در شدت انرژی گردد در طول دوره مطالعه در اقتصاد ایران اتفاق نیافتاده است. مقایسه سه بخش تولیدی شامل، صنعت کشاورزی و خدمات از لحاظ شدت انرژی در طول دورهٔ مطالعه نشان می‌دهد که بخش صنعت تا قبل از سال ۱۳۷۳ دارای بالاترین شدت انرژی است و بعد از آن نیز با فاصله بسیار کمی از بخش خدمات رتبه اول را دارد. این بخش از لحاظ سهم نسبی در GDP بعد از بخش خدمات در مقام دوم است. سهم بخش صنعت در GDP ملی قبل از سال ۱۳۶۵ با نوسانات تقریباً منظم و مخالف با نوسانات سهم بخش خدمات و بعد از این سال روندی هموار را تا آخر دوره طی می کند.

روند سهم سه بخش در اقتصاد ملی نشان می‌دهد که هیچگونه دگرگونی ساختاری بصورت تغییر قابل توجه و مداوم سهم بخش‌ها در GDP رخ نداده است. از آنجائیکه اثر ساختاری در شدت کل انرژی شاخص تغییرات ساختاری بخشهای تولیدی در سطح مطالعه مورد نظر می‌باشد، یک تغییر محسوس در سهم بخش یا بخش‌های انرژی بر در فعالیتهای تولیدی منجر به سهم بالای اثر ساختاری در رشد کل انرژی می شود. بعنوان مثال اگر در یک فاصله زمانی در طول دوره سهم فعالیتهای انرژی بر بطور قابل توجهی افزایش یابد، سهم اثرات ساختاری در توضیح کل شدت انرژی بهبود یافته و در مقابل اثر شدت خالص نیز کاهش می‌یابد و هر چند ممکن است کل شدت انرژی نیز در فاصله مذکور سطح بالائی را داشته باشد، اما نشان از بالا بودن کارائی انرژی را دارد.

نتایج حاصله از مجزاسازی شدت انرژی در اقتصاد ایران گواه بر آن دارد که اثرات ساختاری شدت کل انرژی بجز در فاصله زمانی ٦٤-۱۳٦۰ که به مقدار ناچیزی افزایش یافته در سایر سالهای دوره مسیری نسبتاً هموار و ثابت در سطح بسیار پایین را دارا است و سهم غالب اثر شدت خالص در کل شدت انرژی تا پایان دوره حفظ شده است. براساس این نتایج

می توان گفت شدت کل انرژی یک شاخص نسبتاً کامل از کارائی انرژی در طول دوره مطالعه در اقتصاد ایران می‌باشد و اظهار نظر در خصوص کارائی انرژی با استفاده از اطلاعات اولیه شدت کل انرژی تا حد زیادی قرین به حقیقت است. بررسی نرخ رشد سالیانه کل شدت انرژی، اثرات ساختاری و شدت خالص چگونگی جهت گیری فعالیتهای اقتصادی از لحاظ انرژی بری را مشخص می نماید. به جدول (۵) توجه شود:

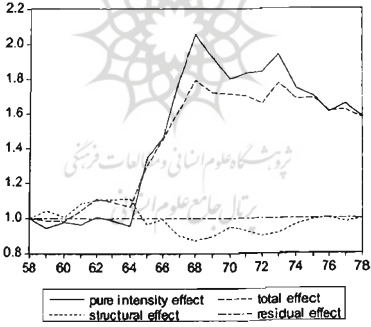
جدول شماره۵: نرخ رشد متوسط سالیانه اجزاء شدت کل انرژی در رویکرد ضربی

	۱۳۶۸-۱۳۵۸	۱۳۷۸-۱۳۶۹	کل دوره
اثر ساختاری	-۰/۵	۰/۱۷	۲/۵
اثر شدت خالص	۶/۲۶	-۰/۸۷	-۰/۱۶
کل شدت	۵/۷۲	-۰/۷	۲/۳۳

تغییرات در شدت کل انرژی در طول تحقیق را می توان به دو مرحله تقسیم نمود. در مرحله اول (۶۸-۱۳۵۸) ابتدا مسیری جابجا شونده و سپس جهش وار دارد و نرخ رشد متوسط سالیانه آن ۵/۷۲ درصد می باشد. در این مرحله نرخ رشد متوسط سالیانه اثر شدت خالص و اثر ساختاری به ترتیب ۶/۶۶ و ۰/۵- درصد بوده و تمایل در جهت توسعه بیشتر فعالیتهای با انرژی‌بری پایین (بخش‌های خدمات و کشاورزی) را نشان می دهد. مرحله دوم فاصله زمانی (۷۸-۱۳۶۹) بوده که شدت کل انرژی روندی با نوسان پائین و نسبتاً هموار داشته و نرخ رشد متوسط سالانه آن ۰/۷- درصد می باشد. در این مرحله نرخ رشد متوسط سالیانه دو اثر شدت خالص و ساختاری به ترتیب ۰/۸۷- و ۰/۱۷ درصد بوده و نشان دهنده گرایش تدریجی اقتصاد به سمت فعالیتهای با انرژی‌بری بالا (بخش صنعت) می باشد. جهش تدریجی و نسبتاً بااثبات سهم بخش صنعت در GDP در سالهای مذکور در مقایسه با سالهای اولیه دوره دال بر این موضوع است. در کل دوره (۷۸-۱۳۵۸) شدت کل انرژی دارای نرخ رشد متوسط سالیانه برابر با ۲/۳۳ درصد و دو اثر ساختاری و شدت خالص نیز به ترتیب از ۲/۵ و ۰/۱۶- نرخ رشد متوسط سالیانه برخوردار بوده‌اند با توجه به تمایز کامل دو مرحله در طول دوره از لحاظ

روند زمانی شدت کل انرژی و بالا بودن دامنهٔ تغییرات بهتر است نتایج مرحله‌ای را مبنای بررسی قرار داد.

نتایج مجزاسازی شدت کل انرژی در GDP بدون نفت که درنمودار (۱۲) نشان داده شده است ،حاکی از آنست که اثرات ساختاری در ابتدای دوره تا سال ۱۳۶۵ دارای نقش غالب در روند شدت کل بوده است.با توجه به اینکه درفاصله زمانی مذکور شدت خالص دارای روندی کاهشی است ،اثر ساختاری عامل افزایش شدت خالص می باشد. این وضعیت برای سالهای بعد از ۱۳۶۵ بکلی دگرگون شده است،بدینصورت که اثر ساختاری در سطح بسیارپایینی در حال نوسان بوده و اثر شدت خالص به شدت افزایش یافته و شدت کل را با خود به بالا کشیده است .تفاوت اصلی نتایج در دو حالت اقتصاد با نفت و بدون نفت در اینستکه در حالت اول اثر شدت خالص در تمامی طول دوره نقش غالب را داراست.



نمودار (۱۲):اثرات ساختاری وشدت خالص در شدت کل انرژی درحالتgdp بدون نفت

-نتایج تخمین الگوی رگرسیون اثر شدت خالص

الگوی رگرسیون شماره (۲۵) در دو حالت مصرف و شدت انرژی در طول دوره مطالعه برآورد شده است. نتایج برآورد به تفکیک دو حالت مزبور به شرح جدول زیر است:

جدول(٦): نتایج تخمین رابطه رشد شدت خالص و متغیرهای مؤثر بر آن*

	α_0	α_1	α_2	α_3	R^2	D.W	F-statistic
شدت خالص درکل مصرف	0.26 (2.62)	5.4 (2.9)	-0.94 (-2.9)	-0.22 (-1.96)*	0.615	1.73	7.4
شدت خالص درشدت انرژی	0.32 (5)	2.26 (1.4)*	-0.45 (-2.5)	-0.25 (-3.44)	0.61	2	7.25

***عدم معنی‌دار در سطح آزمون ۵ درصد. (اعداد داخل پرانتز آماره t مربوط به پارامترهستند.)**

حال به طور مختصر به بررسی اهم نتایج تخمین می‌پردازیم . همانگونه که ملاحظه می‌شود، مقادیر برآورد شده تمامی ضرایب دارای علائم مورد انتظار بوده و غیر از ضریب متغیر مجازی در حالت اول و ضریب سهم فرآورده‌های نفتی در حالت دوم ،سایر ضرایب در سطح آزمون ۵ درصد معنی‌دار هستند.دو ضریب مورد اشاره نیز به ترتیب در سطح آزمون ۸ درصد و ۱۰ درصد معنی‌دار هستند. با توجه به اینکه اثر شدت خالص در هر دو حالت بر حسب مورد نشاندهنده صرفه‌جویی انرژی بصورت تغییر در مصرف و شدت انرژی می‌باشد،می‌توان گفت در طول دوره مطالعه همراه با بهبود سهم فرآورده‌های نفتی در سبد مصرف نهایی انرژی، وضعیت این شاخص از بعد صرفه‌جویی بدتر شده است. از اینرو هدف صرفه‌جویی انرژی اقتضاء می‌کند که سهم این حاملها در سبد مصرف انرژی کاسته شود.تشدید جایگزینی گاز طبیعی بجای این فرآورده‌ها که مستلزم تغییرات فنی و اعمال سیاستهای مناسب قیمتی است به این مهم کمک می‌کند.

ضرایب برآورد شده شاخص قیمت واقعی انرژی نیز در هر دو حالت بر تأثیر منفی و معنی‌دار این متغیر بر شدت خالص تأکید دارد.از آنجائیکه در مجزاسازی مصرف کل مقادیر منفی اثر شدت خالص نشاندهنده بهبود کارایی انرژی و در مجزاسازی شدت کل این اثر عکس کارایی انرژی را نشان می‌دهد، می‌توان تأثیر مثبت سیاستهای تعدیل قیمت و بهبود روند جایگزینی گاز طبیعی بجای حاملهای نفتی بر کارایی انرژی پی برد.بطور خلاصه تعدیل در شدت انرژی و لذا تحقق هدف صرفه‌جویی واستفاده منطقی از انرژی شدیداً تحت تأثیر ترکیب بهره‌برداری از حاملها و نحوه قیمت‌گذاری انرژی می‌باشد. مقدار برآورد شده ضریب متغیر مجازی مربوط به سالهای برنامه‌های توسعه نیز در معادله اثر شدت خالص در حالت دوم بر تأثیر معنی‌دار سیاستهای بخش انرژی بر شدت مصرف انرژی در این سالها در سطح آزمون ۵ درصد دلالت دارد.

خلاصه ونتیجه گیری:

مصرف کل و شدت انرژی در اقتصاد ایران در طول دوره مطالعه غالباً روندی صعودی داشته است. نرخ رشد دو شاخص فوق در سالهای بعد از برنامه های توسعه اقتصادی نسبت به سالهای قبل از برنامه‌ها تا حد بالایی تعدیل یافته است. این امر نشان دهند: تاثیر قابل توجه سیاستهای تعدیل و بکار گیری ابزارهای قیمتی در بخش انرژی به منظور بهره برداری منطقی از انرژی است. علیرغم این مسئله، نتایج بررسی حاکی از آن است که در سطح کلان و تمامی بخش های اقتصادی به‌همراه بهبود و توسعه فعالیت، مصرف انرژی نیز افزایش می‌یابد. این رابطه که تا پایان دوره مورد بررسی برقرار می باشد، نشانگر وابستگی شدید اقتصاد ایران به عامل انرژی و عدم وجود هیچگونه رابطه جانشینی بین این عامل با سایر عوامل تولید در فرایند رشد اقتصادی می‌باشد. علاوه بر این، شدت انرژی هر چند در سالهای اجرای برنامه های توسعه تعدیل خوبی در روند آن مشاهده می‌گردد، اما همچنان سطح مطلق بالای خود را تا پایان دوره حفظ نموده است.

تجزیه تغییرات مصرف انرژی با بکار گیری روش مجزاسازی به اثرات ساختاری تولید و شدت خالص نشان میدهد که اثر شدت خالص سهم غالب خود را در روند افزایش مصرف

انرژی تا پایان دوره حفظ نموده و اثر ساختاری برای تمامی سالها منفی و دارای کمترین سهم بوده است.

نرخ رشد اثر شدت خالص درسالهای بعد از برنامه‌های پنج ساله به یک پنجم رشد آن در سالهای قبل از برنامه تقلیل یافته است . این در حالی است که اثر تولیدی از نرخ رشد مثبت قابل توجه در سالهای بعد از برنامه برخوردار بوده است. اعمال مجزاسازی روی داده‌های شدت انرژی نیز حاکی از سهم قابل توجه اثر شدت خالص در روند شدت کل انرژی در بخشهای تولیدی اقتصادی ایران است، هر چند این سهم در سالهای پایانی دوره رو به نزول بوده است.

نتایج مطالعه به نقش ضعیف عوامل ساختاری یا ترکیب فعالیتها در اقتصاد و نقش نسبتا بالا اما تعدیل شونده اثر شدت خالص و نقش روبه افزایش اثر تولیدی(رشد تولید) در روند مصرف انرژی تاکید دارند. با عنایت به نتایج بدست آمده می‌توان اذعان نمود که بکار گیری ابزارهای قیمتی وادامه سیاستهای تعدیل قیمت انرژی از طریق کاهش اثرات شدت خالص، بهمراه ابزارهای غیر قیمتی بمنظور اصلاح روش‌های تولیدی در جهت کاهش در اثرات شدت خالص، می توانند در تعدیل مصرف انرژی تاثیر قابل ملاحظه‌ای داشته باشد.نتایج تخمین رگرسیون نیز بر تأثیرگذاری معنی‌دار سهم فرآورده‌های نفتی و قیمت واقعی انرژی بر روند اثر شدت خالص در کل مصرف انرژی حکایت دارند.

منابع

۱ـ آذر، عادل. مومنی، منصور؛ «آمار و کاربرد مدیریت» جلد دوم، چاپ چهارم، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)، سال ۱۳۷۸

۲ـ امامی میبدی، علی؛ «اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری (علمی و کاربردی)»، چاپ اول، تهران، موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، سال ۱۳۷۹

۳ـ پی.آر.جی. لیارد و ا.ا. والترز؛ «تئوری اقتصاد خرد» مترجم: عباس شاکری، چاپ اول، تهران، نشرنی، سال ۱۳۷۷

٤- طیبی ،علی «بررسی تغییرات ساختاری و شدت انرژی در بخش صنعت ایران با روش تجزیه ضریب مصرف انرژی» پایان نامه کارشناسی ارشد،تهران، دانشگاه تهران ۱۳۷۷

٥- مرکز آمار ایران؛ «سالنامه آماری کشور» تهران، مرکز آمار ایران، سالهای ۷۹-۱۳۵۸

٦- نوشین، علی‌اکبر؛ «شناخت و کاربرد انواع انرژی» چاپ اول، تهران، دفترنشر فرهنگ اسلامی، سال ۱۳۷۱

۷- وزارت نیرو «ترازنامه انرژی کشور» تهران، وزارت نیرو، سالهای ۷۹-۱۳۷۲

۲) منابع انگلیسی

1- Asia Pacific Energy Research Canter (APERC); "Energy Efficiency Indicators, Astudy of energy efficiency indicators in APEC Economies" Tokyo, APERCC, 2001

2- Ang. B.W , Liu.F.L; "A new energy decomposition method: prefect in decomposition method: prefect in decomposition and Constent in aggregation" Energy, 26, 2001,PP.537-548.

3- Boyd. G.A, Pang. J.X; "Estimating the linkage between energy efficiency and productivity",Energy Policy, 28, 2000, PP. 289-96.

4- Ang. B.W, Lee. S.Y; "Decomposition of industrial energy consumption, Energy Economics, vol. 16, No.2,1994, PP. 83-92.

5- Ang. B.W; "Decomposition of industrial energy consumption, the energy intencity approach", Energy Economics, Vol, 16,No.3, 1994, PP. 163-174

6- Farla. J, Cuelenaere. R and Blok. K; "Energy efficiency and structural change in the Netherlands (1980-1990)". Energy Economics, 20, 1998, PP. 1-28.

7- Howarth. R.B and Sanstad. A.H; "Discount rates and energy efficiency" Contemporary Economic Policy, 13(3), Jully 1995, PP.101-109.

8- KA0. Chiang, CHEN.L, WANG.T, KUO. S, Homg.S; "Productirity Inprovement: Efficiency Approach vs Efficiency Approach" Omega, vol. 23, No.2, 1995, PP. 197-204.

9- Mahmud. Syes F; "the energy demand in the manufacturing sector of Pakistan: Some further results" Energy Economics, 20, 2001, PP. 641-648.

10- Paterson. M.G; "What is energy efficiency" Energy policy, vol. 24, No. 5, 1996. PP. 377-390

1- Paterson. M.G; "What is energy efficiency" Energy policy, vol. 24, No. 5, 1996. PP. 377-390
2- Bosseboef. I.D, chateau. B.B, lapillone. B; "Energy Efficiency pollicies and Indicators". World Energy Council Studies, 2000
3- Lebel. P.G; "Energy Economics and Technology" the Johns Hopkins University Press, Baltimor and london, 1982.
4- Hanly. N, Shergren. J.F, white. B; "Environmental Economics in theory and \practice" MAcMILLAN PRESS LTD, 1997.