



تجزیه و تحلیل تغییر شدت انرژی در فعالیتهای اقتصاد ایران با رویکرد SDA

مریم رشیدی زاده^۱ - اسفندیار جهانگرد^۲

تاریخ دریافت: ۹۰/۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۳

چکیده

با توجه به ضرورت صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ایران، شناسایی عوامل موثر بر تغییرات شدت انرژی در اقتصاد ایران ضروری به نظر می‌رسد. هدف اصلی این مطالعه تجزیه تغییر شدت انرژی در فعالیتهای اقتصاد ایران با رویکرد SDA (تجزیه ساختاری)^۳ است. شدت انرژی به ۵ عامل ضریب مصرف انرژی، ضریب فناوری، ساختار تقاضای نهایی، سطح تقاضای نهایی و ضریب مصرف انرژی نهایی تجزیه می‌شود. که ضریب مصرف انرژی نشاندهنده تغییرات شدت و ساختار تقاضای نهایی نشاندهنده تغییرات ساختار در نظر گرفته می‌شود. منظور از تجزیه ساختاری در هر بخش، تغییر در سهم زیر بخش‌ها از تولید کل می‌باشد. بدین منظور از جداول داده - ستانده مرکز آمار ایران طی دوره ۸۰-۱۳۶۵ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد از کل عوامل موثر بر شدت انرژی، ضریب مصرف انرژی بیشترین تغییر را در شدت انرژی ایجاد نموده است. در بیشتر صنایع نیز اثر شدت از اثر ساختار تاثیرگذارتر بوده و در اکثر موارد اثر شدت در جهت افزایش شدت انرژی حرکت کرده است.

طبقه‌بندی JEL: Q43, C67

کلمات کلیدی: تجزیه شدت انرژی، اثر شدت، اثر ساختار، جدول داده - ستانده، تجزیه ساختاری

^۱ - کارشناس ارشد علوم اقتصادی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات maryam_rashidizadeh@yahoo.com (مسئول مکاتبات)

^۲ عضو هیئت علمی دانشگاه علامه طباطبائی ejahangard@gmail.com

^۳ Structural Decomposition Analysis

۱- مقدمه:

در سه دهه‌ی اخیر از انرژی به عنوان یکی از عوامل مهم تولید نام برده می‌شود که در کنار عوامل دیگر تولید نظیر کار، سرمایه و مواد اولیه نقش تعیین‌کننده‌ای در حیات اقتصادی کشورها به عهده دارد. بدین جهت مطالعات روند تحولات ساختار سیستم انرژی، بررسی نوسانات مصرف انرژی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و همچنین کاهش شدت انرژی از جمله مواردی است که اهمیت خاصی دارد. از سویی شدت انرژی شاخصی است که می‌تواند مصرف بهینه انرژی برای هر واحد تولید باشد.

پس از وقوع بحران جهانی قیمت نفت در اوایل و اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰، شدت انرژی (به مفهوم استفاده از انرژی برای یک واحد تولید)، مورد توجه محققان حوزه اقتصاد انرژی قرار گرفت و تلاش‌هایی جدی در جهت درک عوامل موثر بر مصرف و شدت انرژی انجام پذیرفت. حاصل این تلاش‌ها ایجاد روش‌های مختلف برای تجزیه‌ی شدت انرژی به عوامل تعیین‌کننده‌ی آن بوده است. تجزیه‌ی شدت انرژی این امکان را فراهم می‌کند که اثر تغییرات ساختاری اقتصاد بر شدت انرژی را از تغییرات شدت، تمیز دهیم. به عبارت دیگر، تجزیه شدت انرژی، اثر دو عامل کلیدی موثر بر تغییر در شدت انرژی را از یکدیگر جدا می‌کند تا بتوان عامل مهم‌تر را در کاهش یا افزایش شدت انرژی طی دوره‌های مختلف شناسایی کرد.

اثر شدت تغییر در شدت خالص انرژی مستقل از ترکیب فعالیت‌های اقتصادی است اما اثر ساختار به تغییر ترکیب فعالیت‌های اقتصادی (تغییر از فعالیت‌های اقتصادی انرژی بر به سمت فعالیت‌های اقتصادی بدون مصرف انرژی یا برعکس) با ثابت در نظر گرفتن عامل دیگر است. نگاهی به روند شدت انرژی در کشور بیانگر افزایش چشمگیر این متغیر در دهه‌های اخیر بوده است. بدیهی است اولین گام در کنترل روند افزایش این متغیر، شناسایی عوامل موثر بر تغییرات شدت انرژی می‌باشد. وجود روند افزایشی در سری زمانی شدت انرژی این سؤال را ایجاد می‌کند که آیا این افزایش ناشی از تغییرات شدت انرژی بوده یا نشاندهنده‌ی جایگزینی فعالیت‌های اقتصادی انرژی بر به جای فعالیت‌های انرژی‌اندوز بوده است و به عبارت دیگر تغییر ساختار فعالیت‌های اقتصادی منجر به روند افزایشی در شدت انرژی شده است.

انرژی به عنوان یکی از مهمترین عوامل تولید و همچنین به عنوان یکی از ضروری ترین محصولات نهایی، جایگاه ویژه‌ای در رشد و توسعه‌ی اقتصادی کشور داراست. از سوی دیگر با توجه به گستردگی منابع انرژی در ایران و همچنین تاثیرات سوء مصرف انرژی بر آلودگی هوا و تغییرات آب و هوایی، برنامه ریزی برای مصرف بهینه‌ی انرژی اهمیت فراوان داشته و باید با دقت بسیار انجام گیرد. عوامل بسیاری در تعیین شدت انرژی یک کشور موثر می‌باشد. شدت انرژی می‌تواند متأثر از سطح استانداردهای زندگی، عوامل آب و هوایی یا ساختار اقتصادی یک کشور باشد. کشورهایی که دارای سطح بالاتری از استاندارد زندگی هستند مصرف بیشتری داشته و در نتیجه این امر بر شدت انرژی آنها تاثیر می‌گذارد.^۱ در اقتصاد ایران، بخش خانگی و بخش حمل و نقل بیشترین سهم را در افزایش شدت انرژی دارا می‌باشند. بخش خانگی با گستردگی در سطح کشور جزو مصرف‌کنندگان اصلی اغلب انواع حامل‌های انرژی محسوب می‌شود و بخش حمل و نقل نیز به علت افزایش تعداد خودروها، فرسوده‌تر شدن خودروهای بنزینی، توسعه نیافتگی حمل و نقل عمومی و... سهم بیشتری از مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است.^۲

کمیابی منابع انرژی، به خصوص انرژی فسیلی که منبع اصلی تامین انرژی کشور ما به شمار می‌رود موجب شده تا در سالهای اخیر مساله بهبود کارایی انرژی و کاهش شدت انرژی در صنایع مختلف مورد توجه محققان زیادی قرار گیرد. به گونه‌ای که محققان برای اینکه بتوانند درک بهتری از شدت انرژی داشته باشند، روشهای گوناگونی برای تجزیه شدت انرژی ارائه نموده‌اند تا بر پایه آنها عوامل موثر بر میزان شدت انرژی را بررسی نمایند. هدف اصلی این مطالعه تجزیه و تحلیل تغییرات شدت انرژی در ایران در بازه‌ی زمانی ۸۰-۱۳۶۵ می‌باشد. این تحقیق از ۶ بخش تشکیل می‌شود. ابتدا مطالعات تجربی در خصوص تجزیه شدت انرژی از روشهای مختلف تبیین می‌شود. در قسمت دوم ساختار مصرف انرژی و روند شدت انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش سوم روشهای تجزیه شدت انرژی و تجزیه ساختاری تحلیل می‌شود. در قسمت چهارم مراحل محاسبه‌ی جداول داده - ستانده به قیمت ثابت توضیح داده می‌شود.

^۱ - وزارت نیرو، ترازنامه انرژی، (۱۳۸۷)

^۲ - همان منبع

در بخش پنجم نتایج آزمون مورد تحلیل قرار گرفته و در مرحله پایانی نیز نتایج تحقیق ارائه می‌شود.

۲- ادبیات موضوع

از اوایل دهه ۱۹۸۰، تکنیک تجزیه بطور گسترده‌ای در تحلیل‌های انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و برای ارزیابی سیاست انرژی مورد استفاده قرار گرفته است. تحلیل‌های تجزیه^۱ به تحلیل تقاضای انرژی معروف بوده و در پژوهش‌های مربوط به سیاست انرژی استفاده می‌شوند. در زمینه تجزیه شدت انرژی پژوهش‌های بسیاری توسط محققان خارجی انجام شده است. اما بررسی‌های انجام شده در مورد این موضوع در داخل کشور بسیار محدود می‌باشد ضمن اینکه در مورد تجزیه شدت انرژی با استفاده از جداول داده - ستانده تاکنون تحقیقی صورت نگرفته است. از معدود مطالعات انجام شده می‌توان به مطالعات زیر اشاره نمود. صادقی و حیدری ضمن تبدیل شاخص‌های اندازه‌گیری مقدار تولید و مصرف انرژی به شاخص‌های فیزیکی - اقتصادی، با استفاده از روش‌های ویژه تجزیه شدت انرژی به تجزیه و تحلیل کارایی انرژی در اقتصاد ایران بین سالهای ۷۸-۱۳۵۸ پرداخته و این روشها را دارای قدرت توضیح‌دهندگی بالا معرفی نموده‌اند. در این گزارش نشان داده می‌شود که عدم کارایی انرژی در اقتصاد ایران در دوره‌ی مورد نظر ناشی از بالا بودن اثر شدت خالص بوده و اثر ساختاری پایین‌ترین سهم را در توضیح رشد مصرف کل و شدت انرژی داشته است.^۲ قاسمی‌نژاد به بررسی تغییرات شدت انرژی در بخش ریلی ایران طی سالهای ۸۰-۱۳۷۰ پرداخته است و از دو الگوی تغییرات مصرف انرژی و تغییرات شدت انرژی و روش پارامتریک دیویژیا استفاده کرده است. نتایج این تحقیق حاکی از این است که سهم اثر ساختاری، یعنی ایجاد تغییر در ترکیب و ساختار فعالیت‌های مورد نظر بسیار پایین می‌باشد، در حالیکه اثر شدت خالص دارای بیشترین سهم در توضیح تغییرات مصرف و شدت انرژی می‌باشد.^۳ دهقان شبانی با استفاده از متد تجزیه

^۱-Decomposition Analysis

^۲ - حیدری و صادقی، (۱۳۸۲)

^۳-قاسمی نژاد، مهدی. (۱۳۸۴)

شدت انرژی، عوامل موثر بر میزان شدت انرژی را بررسی می‌نماید. او در این مطالعه به تجزیه شدت انرژی به دو اثر ساختاری و شدت خالص در کل صنعت و صنایع ۹ گانه ایران بر اساس طبقه بندی ISIC و بر اساس تکنیک‌های جمع‌پذیری و ضرب‌پذیری مبادرت ورزیده است. او که دوره زمانی ۸۲-۱۳۷۴ را مدنظر قرار داده، به این نتیجه دست یافته که نتایج تجزیه با تکنیک جمع‌پذیری و ضرب‌پذیری در همه موارد یکسان است و در کل صنعت اثر ساختاری دارای سهم اندکی در تغییرات اثر کل و اثر شدتی سهم غالبی در تغییرات اثر کل داشته است.^۱ خسروی با استفاده از روشهای چهارگانه‌ی ویژه، تجزیه شدت انرژی مبتنی بر رویکرد سری‌زمانی را برای صنایع سیمان کرمان مورد تحلیل قرار داده است. او در این مطالعه به تجزیه شدت مصرف انرژی به اثرات ساختاری، تولیدی و شدت خالص در صنعت سیمان کرمان پرداخته است که این تجزیه بر اساس داده‌های سری‌زمانی طی سالهای ۸۵-۱۳۷۵ صورت گرفته است. نتایج با استناد به روش (AVE-PDM1) که دارای کمترین میزان پسماند می‌باشد، حاکی از آن است که اثر ساختاری دارای سهم اندکی در توضیح تغییرات مصرف انرژی بوده و اثرات شدت خالص و تولیدی سهم غالبی در این توضیح دارند.^۲

جین و کاتل (۱۹۸۳) در مطالعه‌ای که در خصوص شدت انرژی الکتریکی در صنعت بریتانیا در طول دهه ۱۹۷۰ انجام دادند، مطالعات قبلی در خصوص تجزیه و تحلیل شدت انرژی را ادامه دادند. آنها در این تحقیق مبادرت به تجزیه مصرف انرژی با استفاده از روش‌های ویژه تجزیه نموده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که اثر ساختاری و تغییرات تکنولوژیکی تأثیر بسزایی روی تغییرات شدت انرژی بخش الکتریکی داشته‌اند.^۳

استرنر (۱۹۸۵) مصرف انرژی صنعتی را در کشوری که به‌جای افزایش قیمت انرژی، کاهش قیمت را تجربه کرده است، مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. در مکزیک دولت به منظور تشویق صنعت به مصرف داخلی انرژی سوبسید می‌دهد. متد مورد استفاده در این مطالعه، متد تجزیه مصرف است که ضمن تخمین اثر ساختاری و محاسبه میزان آن، اثر تغییرات فناوری بر تغییرات شدت انرژی صنعتی مکزیک را طی سالهای ۸۱-۱۹۷۰

^۱-دهقان شبانی، زهرا. (۱۳۸۵)

^۲-خسروی، سینا. (۱۳۸۷)

^۳-Jenne, C., Catell, R., (1983)

محاسبه نموده است. نتایج مطالعه حاکی از این است که شدت انرژی طی این مدت به خاطر استفاده از فناوری انرژی بر، افزایش یافته و اثر تغییرات تولید بر افزایش شدت انرژی بسیار اندک بوده است.^۱ آنگ (۱۹۸۷) ساختار انرژی مصرفی در صنعت دو کشور در حال رشد، یعنی سنگاپور و تایوان را مورد بررسی قرار داده است. تجزیه و تحلیل تغییرات ترکیب صنعت این دو کشور که با یک رشد سریع همه جانبه در حال دستیابی به توسعه پایدار می‌باشند، تصویری بهتر از اثرات ساختاری و تکنیکی روی نسبت میزان مصرف انرژی به محصول (شدت انرژی) ارائه می‌دهد. امروزه روشهای ترکیب این دو اثر برای پیش‌بینی تقاضای انرژی، بسیار گسترش یافته است. نتایج این مطالعه حاکی از این است که تغییرات ساختاری تاثیر اصلی را روی مصرف انرژی صنعتی داشته است.^۲ گارنر و الخفیف (۱۹۹۸) مطالعه‌ای را پیرامون تغییرات شدتی و ساختاری در صنایع کانادا انجام دادند. بدین منظور از روش شاخص دیویژیا و تکنیک‌های ضریبی استفاده نمودند. آنان زمان مطالعه را به ۳ دوره قبل از شوک نفتی ۷۳-۱۹۶۲، دوره شوک نفتی ۸۵-۱۹۷۳ و دوره بعد از شوک نفتی ۹۲ - ۱۹۸۵ تقسیم کردند. در دوره قبل از شوک نفتی کل مصرف انرژی صنایع کاهش پیدا کرده بود که این کاهش بیشتر ناشی از شاخص شدتی بوده و شاخص ساختاری ثابت مانده بود. در دوره دوم، شاخص ساختاری کاهش پیدا کرده اما کاهش شاخص شدتی کمتر بوده و در دوره سوم شاخص ساختاری کاهش ولی شاخص شدتی افزایش پیدا کرده بود که باعث افزایش شاخص کل انرژی شده بود.^۳ سومیترا و چاکرابورتی (۲۰۰۲) از روش شدت انرژی و تجزیه اثرات مصرف انرژی در هندوستان استفاده نموده‌اند. آنها در این مطالعه سعی بر این دارند تا با تشخیص اثرات ساختاری و شدت انرژی، اصلاحات ساختاری در حال انجام روی مصرف انرژی صنعتی را با استفاده از متدلوژی تجزیه مصرف انرژی و از روش شدت انرژی توجیه نمایند. در این مطالعه تاکید بر این است که روش سری‌های زمانی در متدلوژی تجزیه مصرف برای دوره‌های در حال اصلاح یک صنعت، بهترین روش پیشنهادی است.^۴ وبر (۲۰۰۹) در تحقیق خود با استفاده از روش تحلیل داده - ستانده با اندازه‌گیری تغییرات ساختار و مصرف انرژی به

^۱- Sterner, T., (1985)

^۲- Ang, B. W., (1994)

^۳- Gardner, D. Elkhafif, M., (1998)

^۴- Chakraborty., (1999)

تجزیه اقتصاد امریکا طی دوره ۲۰۰۲-۱۹۹۷ پرداخته است. نتایج این بررسی نشان می‌دهند که اگرچه افزایش جمعیت و مصارف خانگی، تقاضای انرژی را افزایش می‌دهند اما تغییر ساختار اقتصاد به ویژه افزایش شدید کسری تراز تجاری در مورد کالاهای تولیدی، این افزایش را بهتر می‌تواند بیان کند.^۱

۳- ساختار مصرف انرژی

۳-۱) روند مصرف نهایی انرژی در بخش‌های مختلف اقتصاد

۳-۱-۱) بخش خانگی و تجاری

همانگونه که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، بخش خانگی و تجاری مهمترین بخش مصرف‌کننده انرژی در کشور است. این بخش همواره بیشترین سهم از مصرف نهایی انرژی را به خود اختصاص داده است، بطوریکه در سال ۱۳۸۰ حدود ۴۳ درصد از انرژی مصرفی در بخش خانگی و تجاری مصرف شده است. مصرف انرژی در بخش خانگی در سال ۱۳۶۵ برابر ۱۱۳،۸ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده که در سال ۱۳۷۰ به ۱۵۷،۲ میلیون بشکه رسیده و در این مدت سالانه بطور متوسط رشدی معادل ۶ درصد داشته است.

جدول (۱) مصرف نهایی انرژی به تفکیک بخش‌های اقتصاد (میلیون بشکه معادل نفت خام)

بخش	سال	۱۳۶۵	۱۳۷۰	۱۳۷۵	۱۳۸۰
خانگی و تجاری		۱۱۳،۸	۱۵۷،۲	۲۲۹،۸	۲۷۵،۸
صنعت		۶۱،۷	۷۲،۹	۱۱۴،۹	۱۳۵
کشاورزی		۲۸،۱	۳۳،۱	۳۰،۸	۳۰،۴
حمل و نقل		۸۲،۸	۱۰۹،۳	۱۴۷،۹	۱۹۴،۱
کل		۲۸۶،۴	۳۷۲،۵	۵۲۲،۸	۶۳۵،۳

ماخذ: ترازنامه‌ی انرژی، ۱۳۸۸

در سال ۱۳۸۰ مصرف انرژی در بخش خانگی به ۲۷۵۸ میلیون بشکه رسیده که در مقایسه با سال ۱۳۷۰ بطور متوسط سالانه رشدی معادل ۷ درصد داشته است.^۱ علت افزایش مصرف انرژی در بخش خانگی را می‌توان به ارتقاء نسبی رفاه عمومی و نیز کاهش راندمان تجهیزات انرژی بر خانگی و پایین بودن قیمت‌ها نسبت داد.

۳-۱-۲) بخش صنعت

مصرف انرژی بخش صنعت از ۶۱،۷ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۶۵ به ۷۲،۹ میلیون بشکه در سال ۱۳۷۰ رسیده که در این مدت از متوسط رشد سالانه معادل ۳ درصد برخوردار بوده است. در دوره ۸۰-۱۳۷۰ این رشد ۶ درصد بوده است.

۳-۱-۳) بخش کشاورزی

بخش کشاورزی همواره کمترین سهم از مصرف انرژی را در بین بخش‌های مختلف اقتصادی به خود اختصاص داده است. مصرف انرژی در این بخش در سال ۱۳۶۵ برابر با ۲۸،۱ میلیون بشکه بوده که در سال ۱۳۷۰ به ۳۳،۱ میلیون بشکه می‌رسد که سالانه بطور متوسط از رشدی معادل ۳ درصد برخوردار بوده است. در دوره ۸۰-۱۳۷۰ این رشد ۰،۸- درصد بوده است. این کاهش رشد احتمالاً "به‌علت صرفه‌جویی در مصرف انرژی، با توجه به برقی شدن پمپ‌های آب کشاورزی بوده است.

۳-۱-۴) بخش حمل و نقل

مصرف بخش حمل و نقل در سال ۱۳۶۵ برابر با ۸۲،۸ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده که این رقم در سال ۱۳۷۰ به ۱۰۹،۳ میلیون بشکه رسیده و در این مدت سالانه بطور متوسط رشدی معادل ۶ درصد داشته است. در دوره ۸۰-۱۳۷۰ این رشد ۶،۵ درصد بوده

^۱-البته باید در نظر داشت در دوره‌ی پس از آزاد سازی مصرف انرژی از سال ۱۳۶۷ تا سال ۱۳۷۵ مصرف انرژی در این بخش سالانه بطور متوسط ۱۰،۰۴ درصد رشد داشته است.

است. این بخش بعد از بخش خانگی و تجاری بالاترین سهم از مصرف نهایی انرژی را در کشور داراست.^۱

۴- روند شدت انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی

در ایران فراوانی نسبی منابع انرژی سبب شده که مصرف سرانه و شدت انرژی در مقایسه با کشورهای با ساختارهای مشابه و منابع انرژی کمتر، بالاتر باشد. به عبارت دیگر کالاهای انرژی‌بر تا حدودی بالا بودن مصرف سرانه و شدت انرژی در ایران را توجیه می‌کنند. البته با توجه به فراوانی و غنای منابع انرژی ایران، این کشور می‌تواند در صنایع و فعالیت‌های اقتصادی انرژی‌بر دارای مزیت باشد و حتی ممکن است تا حدودی شدت بالای انرژی منطقی را توجیه کند، ولی آمار و اطلاعات نشان می‌دهند که شدت انرژی در کشور در مقایسه با بیشتر کشورهای عضو اوپک بالاتر است. هر چند تا حدود زیادی بالا بودن شدت انرژی در ایران به دلیل ناکارآمدی مصرف آن در جامعه ایران است، ولی توسعه‌ی بخش انرژی در دهه‌های اخیر می‌تواند بخشی از این پدیده را توضیح دهد.

در سالهای اخیر سهم گاز طبیعی (با آلاینده‌گی کمتر) از کل انرژی مصرفی کشور افزایش یافته است، اما باید توجه کرد که بطور کلی سطح بالای شدت انرژی می‌تواند دارای اثرات منفی بر محیط زیست باشد.^۲ با استفاده از شاخص شدت انرژی بخش‌های مختلف می‌توان مصرف انرژی را با دقت بیشتری مورد بررسی قرار داد. جدول (۲)، شدت انرژی کل کشور و نیز شدت انرژی مربوط به بخش‌ها را بر اساس اطلاعات داخلی مندرج در ترازنامه‌ی انرژی نشان می‌دهد.^۳ اگرچه بررسی شدت انرژی کل کشور در دوره‌ی ۸۵-۱۳۷۶ نشان می‌دهد که این شاخص بطور متوسط با نرخ رشدی معادل ۰،۲ درصد در سال افزایش یافته است، لیکن رشد این شاخص در سال ۱۳۸۴ به ۴ درصد و در سال ۱۳۸۵ به حدود ۲،۵ درصد رسیده که بسیار بیشتر از متوسط دوره مورد بحث است.

^۱ - ترازنامه انرژی، (۱۳۸۸)

^۲ - ترازنامه انرژی، (۱۳۸۸)

^۳ - مصارف انرژی در بخش خانگی و تجاری، بویژه خانگی، بیشتر جنبه رفاهی دارد و برای ایجاد ارزش افزوده مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. بنابراین محاسبه شدت انرژی برای این بخش چندان منطقی نیست.

رشد شدت انرژی در دوره‌ی ۸۵-۱۳۷۶ در بخش‌های کشاورزی، حمل‌ونقل و صنعت به ترتیب ۱،۷-، ۱،۴- و ۴- و در سال ۱۳۸۵ به ترتیب ۱،۷، ۷- و ۴- بوده است. بدین ترتیب شدت انرژی در بخش‌های مورد بررسی در دوره‌ی ۸۵-۱۳۷۶ کاهش یافته و لذا تاثیر منفی بر شدت انرژی کل داشته است، بنابراین رشد مثبت شدت انرژی کل در این دوره به‌ویژه در سالهای ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ می‌تواند ناشی از افزایش مصرف انرژی در بخش خانگی باشد. همچنین با توجه به اعداد شدت انرژی در این بخش‌ها، مشخص می‌شود که ایجاد ارزش‌افزوده در بخش حمل‌ونقل مستلزم انرژی فراوان است، در حالیکه در بخش کشاورزی و صنعت انرژی بسیار کمتری برای تولید هر واحد ارزش‌افزوده مورد استفاده قرار می‌گیرد.^۱

جدول (۲) شدت انرژی به تفکیک بخش‌ها

(بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال)

سال	کشاورزی	حمل‌ونقل	صنعت	کل کشور
۱۳۷۶	۰،۶۸	۷،۰۹	۴،۰۳	۲،۰۵
۱۳۷۷	۰،۷	۷،۳	۴،۰۲	۲،۰۲
۱۳۷۸	۰،۶۸	۶،۸	۳،۹۶	۲،۰۹
۱۳۷۹	۰،۶۷	۷	۳،۴	۱،۱۴
۱۳۸۰	۰،۶۸	۷،۰۹	۳،۱۶	۱،۹۴
۱۳۸۱	۰،۵۹	۷،۴۸	۳،۲	۱،۹۵
۱۳۸۲	۰،۵۹	۷،۴۱	۳،۱۴	۱،۹۱
۱۳۸۳	۰،۵۹	۷،۴۶	۲،۸۶	۱،۹۶
۱۳۸۴	۰،۵۷	۷،۵۱	۲،۸	۲،۰۳
۱۳۸۵	۰،۵۸	۷	۲،۶۸	۲،۰۸

منبع: ترازنامه انرژی، ۱۳۸۸

^۱ - ترازنامه انرژی، (۱۳۸۵)

۵- روش تحقیق:

در تجزیه شدت انرژی از تجزیه ساختاری با استفاده از جداول داده - ستانده به قیمت ثابت و رویکرد دو زمانه استفاده می‌شود.

۶- روشهای مجزا سازی شدت انرژی

مهمترین شاخصی که در غالب مطالعات به‌عنوان یک شاخص مهم و معتبر در ارتباط با اندازه‌گیری روند تغییرات کارایی انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد شاخص شدت انرژی می‌باشد. میزان تغییر شدت انرژی بسته به ساختار اقتصادی هر کشور متفاوت است. به‌طوریکه در کشورهای توسعه یافته شاهد روند نزولی شدت انرژی هستیم. بطور کلی می‌توان گفت با پیشرفت اقتصاد و افزایش درجه توسعه‌یافتگی شدت انرژی کاهش می‌یابد. روش مجزاسازی یا تجزیه مصرف انرژی از روشهای نوین تحلیل کارایی انرژی در صنایع مختلف می‌باشد. این روش که توسط کارشناسان کشورهای آسیای شرقی بیشتر از هر نقطه‌ی دیگر مورد توجه و کنکاش قرار گرفته، به تجزیه عناصر موثر بر مصرف و شدت انرژی اشاره دارد. تجزیه شدت انرژی با توجه به نوع داده‌های مورد استفاده در آن به ۳ روش کلی زیر انجام می‌گیرد:^۱

۶-۱) روش مصرف انرژی

در این متدولوژی تغییر در مصرف انرژی به ۳ اثر ۱- ساختاری ۲- تولیدی ۳- شدتی تجزیه می‌شود. اثر ساختاری به تغییر در مصرف انرژی در اثر تغییر در ترکیب یا سهم فعالیت‌های اقتصادی در سطح کلان و یا تغییر در ساختار طبیعت محصولات تولیدی از نظر میزان انرژی‌بری در سطح بنگاههای تولیدی دلالت دارد. اثر تولیدی مربوط به تغییر در کل مصرف انرژی به واسطه افزایش در حجم فعالیت‌ها و تولیدات است. با جداسازی دو اثر مزبور از کل تغییرات، اثر شدت انرژی حاصل می‌شود که یک معیار مناسب جهت تعیین روند کارایی انرژی به حساب می‌آید.

^۱ -خسروی، سینا (۱۳۸۷)

۲-۶) روش ضریب انرژی

در این روش به جای محاسبه‌ی مقادیر مطلق مربوط به اثرات تولیدی، ساختاری و شدتی، میزان تاثیرگذاری آنها و کل مصرف انرژی از طریق شاخص‌های مربوط بیان می‌شود. این شاخص‌ها قابلیت استفاده برای پیش‌بینی مقادیر مصرف در سالهای آتی را دارا می‌باشند.

۳-۶) روش شدت انرژی

این روش تغییرات در شدت انرژی کل را به اثرات ساختاری و شدتی تجزیه می‌کند. در این رویکرد تجزیه مصرف انرژی از نظر زمانی شامل روشهای دوزمانه^۱ (دوقطبی) و سری‌زمانی^۲ است. برای تجزیه بر اساس روش دوزمانه اطلاعات محدودی مورد نیاز است و فقط تغییرات بین سال پایه و یک سال مشخص، بدون در نظر گرفتن سالهای میانی محاسبه می‌شود.

اما در روش مجزاسازی از نوع سری‌زمانی، برای محاسبه اثرات تولیدی، ساختاری و شدت خالص یک سال مشخص مثل t نسبت به سال پایه، از اطلاعات تمام سالها استفاده می‌شود. برای این کار ابتدا الگوی مجزاسازی برای محاسبه‌ی مقادیر هر اثر (جزء) در فاصله‌های یک ساله (t) تا $(t+1)$ یا تغییرات متوالی سالیانه برآورد می‌شود و سپس با جمع زدن این مقادیر از سال پایه تا سال t مقدار تجمعی اثر در سال t بر مبنای سال پایه انتخابی بدست می‌آید.^۳

روش تجزیه تحلیل ساختاری (SDA)

در مورد کاهش شدت انرژی و بهبود سطح مصرف انرژی لازم است که عوامل تعیین کننده‌ی شدت انرژی و مصرف ناخالص را مورد بررسی قرار دهیم. در روند توسعه اقتصادی بعضی تاثیرات مثبت ممکن است کاهش یابد و یا به تاثیر منفی تبدیل شود.

^۱ - Period Wise^۲ - Time Series^۳ - حیدری، ابراهیم، (۱۳۸۲)

فرض کلیدی در روش SDA مستقل بودن عوامل تعیین‌کننده می‌باشد. به بیان دیگر این عوامل نباید روی هم اثر گذاشته و از طرفی با همدیگر بطور همزمان تغییر کنند. تغییر در ضریب مصرف انرژی منعکس‌کننده‌ی مصرف مستقیم است که به ساختار داده و مصرف انرژی واقعی قابل تجزیه می‌باشد. ضریب فناوری ارائه دهنده تقاضای کل تولید در واحد تقاضای نهایی است لذا تاثیر ساختار فناوری به معنی ساختار تقاضای کل به تولید است که بطور ضمنی اشاره می‌کند به نسبت تغییر تقاضای کل در تولید تحت تاثیر تغییر تقاضای نهایی. ساختار تقاضای نهایی به معنی تغییر در سهم یا ترکیب بخش‌های مصارف خانگی، مصارف دولتی، تشکیل سرمایه ثابت، تغییر در موجودی و سایر می‌باشد. روش تجزیه و تحلیل در این تحقیق، روش تجزیه دو قطبی می‌باشد. یعنی تجزیه برای سال پایه و سال مورد نظر به ترتیب صورت گرفته و سپس تجزیه با میانگین گرفتن از این دو قطب بدست آید.^۱ در اینجا دو قطب را با زمانهای ۰ و ۱ نشان می‌دهیم.

این مطالعه شدت انرژی را به ۵ عامل تجزیه می‌کند:

۱- ضریب مصرف انرژی

۲- ضریب فناوری (معکوس لئونتیف)

۳- ساختار تقاضای نهایی

۴- سطح تقاضای نهایی

۵- ضریب مصرف انرژی نهایی

بر این اساس با فرض $t=1$ معادله تجزیه از یک قطب SDA برابر خواهد بود با:

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{\mu(\epsilon_1 L_1 B_1 + h_1 c) F_1}{\mu(\epsilon_0 L_0 B_0 + h_0 c) F_0} \times \frac{V_0}{V_1}$$

که در این عبارت مخرج کسر (I_0) بیانگر کل مصرف ناخالص انرژی در سال پایه و صورت کسر (I_1) بیانگر کل مصرف ناخالص انرژی در سال مورد نظر می‌باشد. همچنین V_0 ارزش افزوده ناخالص سال پایه و V_1 ارزش افزوده ناخالص سال مورد نظر می‌باشند.

^۱ - منظور میانگین هندسی می‌باشد همانگونه که فرمولهای (۱,۱) تا (۱,۵) نشان‌دهنده هستند.

$$\frac{I_{11}}{I_{10}} = \frac{\mu(\epsilon_1 L_1 B_1 + h_1 C) F_1}{\mu(\epsilon_0 L_1 B_1 + h_1 C) F_1} \times \frac{\mu(\epsilon_0 L_1 B_1 + h_1 C) F_1}{\mu(\epsilon_0 L_0 B_1 + h_1 C) F_1} \\ \times \frac{\mu(\epsilon_0 L_0 B_1 + h_1 C) F_1}{\mu(\epsilon_0 L_0 B_0 + h_1 C) F_1} \\ \times \frac{\mu(\epsilon_0 L_0 B_0 + h_1 C) F_1}{\mu(\epsilon_0 L_0 B_0 + h_0 C) F_1} \\ \times \frac{\mu(\epsilon_0 L_0 B_0 + h_0 C) F_1}{\mu(\epsilon_0 L_0 B_0 + h_0 C) F_1} \times \frac{\lambda F_0}{\lambda F_1}$$

حال با فرض $t = 0$ معادله تجزیه از قطب دیگر برابر خواهد بود با:

$$\frac{I_{01}}{I_{00}} = \frac{\mu(\epsilon_1 L_0 B_0 + h_0 C) F_0}{\mu(\epsilon_0 L_0 B_0 + h_0 C) F_0} \times \frac{\mu(\epsilon_1 L_1 B_0 + h_0 C) F_0}{\mu(\epsilon_1 L_0 B_0 + h_0 C) F_0} \\ \times \frac{\mu(\epsilon_1 L_1 B_1 + h_0 C) F_0}{\mu(\epsilon_1 L_1 B_0 + h_0 C) F_0} \\ \times \frac{\mu(\epsilon_1 L_1 B_1 + h_1 C) F_0}{\mu(\epsilon_1 L_1 B_1 + h_0 C) F_0} \\ \times \frac{\mu(\epsilon_1 L_1 B_1 + h_1 C) F_1}{\mu(\epsilon_1 L_1 B_1 + h_1 C) F_0} \times \frac{\lambda F_0}{\lambda F_1}$$

بنابراین

$$\frac{I_1}{I_0} = (1.1)(1.2)(1.3)(1.4)(1.5)$$

که (۱،۱) به معنای تغییرات ضریب مصرف انرژی بوده و عبارت است از:

$$(1.1) = \sqrt{\frac{\mu(\epsilon_1 L_1 B_1 + h_1 C) F_1}{\mu(\epsilon_0 L_1 B_1 + h_1 C) F_1} \times \frac{\mu(\epsilon_1 L_0 B_0 + h_0 C) F_0}{\mu(\epsilon_0 L_0 B_0 + h_0 C) F_0}}$$

(۱،۲) به معنای تغییرات ضرایب معکوس لئونتیف بوده و عبارت است از:

$$(1.2) = \sqrt{\frac{\mu(\dot{\epsilon}_0 L_1 B_1 + h_1 C) F_1}{\mu(\dot{\epsilon}_0 L_0 B_1 + h_1 C) F_1} \times \frac{\mu(\dot{\epsilon}_1 L_1 B_0 + h_0 C) F_0}{\mu(\dot{\epsilon}_1 L_0 B_0 + h_0 C) F_0}}$$

(۱،۳) به معنای تغییرات ساختاری تقاضای نهایی بوده و عبارت است از:

$$(1.3) = \sqrt{\frac{\mu(\dot{\epsilon}_0 L_0 B_1 + h_1) F_1}{\mu(\dot{\epsilon}_0 L_0 B_0 + h_1) F_1} \times \frac{\mu(\dot{\epsilon}_1 L_1 B_1 + h_0) F_0}{\mu(\dot{\epsilon}_1 L_1 B_0 + h_0) F_0}}$$

(۱،۴) به معنای تغییرات تقاضای نهایی بوده و عبارت است از:

$$(1.4) = \sqrt{\frac{\mu(\dot{\epsilon}_0 L_0 B_0 + h_0 C) F_1}{\mu(\dot{\epsilon}_0 L_0 B_0 + h_0 C) F_0} \times \frac{\lambda F_0}{\lambda F_1} \times \frac{\mu(\dot{\epsilon}_1 L_1 B_1 + h_1 C) F_1}{\mu(\dot{\epsilon}_1 L_1 B_1 + h_1 C) F_0} \times \frac{\lambda F_0}{\lambda F_1}}$$

(۱،۵) به معنای تغییرات ضریب مصرف انرژی نهایی بوده و عبارت است از:

$$(1.5) = \sqrt{\frac{\mu(\dot{\epsilon}_0 L_0 B_0 + h_1 C) F_1}{\mu(\dot{\epsilon}_0 L_0 B_0 + h_0 C) F_1} \times \frac{\mu(\dot{\epsilon}_1 L_1 B_1 + h_1 C) F_0}{\mu(\dot{\epsilon}_1 L_1 B_1 + h_0 C) F_0}}$$

در فرمول‌های ذکر شده، $\dot{\epsilon}$ ضریب مصرف انرژی است که مصارف مختلف انرژی به ازاء هر واحد تولید را نشان می‌دهد و ماتریسی با رتبه 4×21 است که ۴ منظور انرژی‌های مورد نظر در این مطالعه یعنی نفت خام و گاز طبیعی، فرآورده‌های نفتی، گاز و برق بوده و ۲۱ منظور بخش‌های فعالیت‌های اقتصادی است که توضیح داده خواهد شد. L ضریب فناوری بوده و از ماتریس معکوس لئونتیف استخراج می‌شود و یک ماتریس 21×21

می‌باشد.^۱ B نشاندهنده ضرایب ساختاری تقاضای نهایی است، یعنی سهم هر کدام از بخش‌های اقتصادی از تقاضاهای نهایی را بیان می‌کند، بنابراین یک ماتریس 21×5 بوده که منظور از ۵ تقاضاهای نهایی (مصرف خصوصی، مصرف دولتی، سرمایه‌گذاری، صادرات و تغییر موجودی انبار) می‌باشد. h عبارت است از ضرایب مصرف انرژی نهایی و سهم هر کدام از تقاضاهای نهایی را از کل عرضه انرژی مشخص می‌کند و ماتریسی با رتبه 4×5 می‌باشد. منظور از ۴ بخش‌های انرژی (نفت خام و گاز طبیعی، فرآورده‌های نفتی، گاز و برق) و منظور از ۵ تقاضاهای نهایی می‌باشد. F بردار تمام تقاضاهای نهایی را نشان می‌دهد و یک ماتریس با درجه 5×1 است، هر درایه این ماتریس جمع تقاضاهای نهایی را شامل می‌شود. C ماتریس قطری با مقادیر صفر و یک می‌باشد که در آن عناصر روی قطر اصلی یک و سایر عناصر صفر می‌باشند به عبارتی یک ماتریس واحد با رتبه 5×5 می‌باشد. λ مجموع بردارهای سطری با رتبه K می‌باشد که K شامل عناصر یک است. همچنین λ مجموع بردارهای سطری بوده که عناصر آن شامل یک می‌باشد. μ و λ به این دلیل انتخاب می‌شوند که ضرب ماتریس‌ها در فرمولهای ذکرشده امکان‌پذیر باشد بنابراین μ یک ماتریس 4×4 و λ یک ماتریس 1×5 در نظر گرفته می‌شوند.

۷- همسان‌سازی جداول داده - ستانده

به منظور تحلیل و بررسی شدت انرژی در فعالیت‌های اقتصاد ایران از اطلاعات و داده‌های مربوط به جداول داده - ستانده استفاده می‌شود. این اطلاعات از جداول سالهای ۱۳۶۵ و ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ گردآوری شده است. در این تحقیق با توجه به کدهای دورقمی طبقه بندی ISIC^۲ بخش‌های همسان در هم ادغام شده و ۲۱ بخش مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. (طبقه بندی ISIC امکان ادغام و همسان‌سازی جداول را آسانتر می‌سازد.) این بخش‌ها عبارتند از: ۱- کشاورزی ۲- معادن ۳- صنایع غذایی ۴- نفت خام و گاز طبیعی ۵- فرآورده‌های نفتی ۶- آب ۷- برق ۸- گاز ۹- صنایع نساجی و پوشاک و چرم ۱۰- صنایع تولید چوب و محصولات چوبی ۱۱- صنایع تولید کاغذ، چاپ و انتشارات ۱۲- صنایع

^۱ L - همان $(I - A)^{-1}$ می‌باشد که A ماتریس ضرایب فنی به قیمت ثابت است.

^۲ - International Standard Industrial Classification

شیمیایی ۱۳- صنایع تولید محصولات معدنی غیر فلزی (غیر از نفت و ذغال سنگ) ۱۴- صنایع فلزات اساسی ۱۵- ساختمان ۱۶- صنایع تولید محصولات ماشین‌آلات و سایر صنایع تولیدی ۱۷- حمل و نقل و ارتباطات ۱۸- موسسات پولی و مالی ۱۹- آموزش و بهداشت ۲۰- بازرگانی، هتل و رستوران ۲۱- سایر خدمات

۹- استاندارد نمودن جداول داده - ستانده

همانطور که گفته شد برای اینکه امکان مقایسه‌ی جداول فراهم آید بایستی ادغام و همسان‌سازی جداول صورت گیرد. برای اینکار ابتدا بخش‌هایی که باید با یکدیگر ادغام شوند شناسایی شده و سپس در جدول محدوده‌های آن مشخص می‌شوند. در مرحله بعدی تمام اعدادی که در داخل یک محدوده هستند با هم جمع شده و با تکرار این عمل برای تمام محدوده‌ها به ماتریس جدیدی می‌رسیم که ابعاد آن مطابق با تعداد بخش‌هایی است که مورد نظر است.

۱۰- محاسبه جداول داده - ستانده به قیمت ثابت

در تعدیل جداول به قیمت‌های ثابت و حذف اثرات تغییرات قیمت‌ها بایستی از شاخص‌های ضمنی به تفکیک بخش‌ها استفاده شود و جداول به قیمت‌های ثابت محاسبه گردند. سه دلیل اصلی در مورد اهمیت تهیه جداول به قیمت‌های ثابت وجود دارد: ۱- گرچه جداول داده - ستانده بر حسب ارزشهای پولی تهیه می‌شوند، لیکن باید ضرایب را بر حسب کمیت تعبیر و تفسیر نمود. این ضرایب، ضرایب فنی می‌باشند. ۲- تاکید بر ارزش‌گذاری جداول به قیمت‌های ثابت آن است که این جداول را می‌توان به عنوان جزئی از نظام آماری شاخص‌های قیمت و مقدار محسوب کرد. ۳- با توجه به حجم زیاد اطلاعات در قالب نظام تعادلی داده - ستانده، امکان بسیار مهم و قوی را برای تحلیل‌های ساختار اقتصادی، منابع حسابداری رشد، تغییرات فناوری و بهره‌وری و غیره در قالب رویکرد ایستای مقایسه‌ای فراهم می‌آورد.^۱ به این منظور برای محاسبه شاخص‌های قیمتی

۱- جهانگرد، اسفندیار (۱۳۸۴)

مناسب هر بخش، از جداول تولید ناخالص ملی به قیمت جاری و ثابت که توسط مرکز آمار ایران منتشر می‌شود، استفاده می‌نماییم. لازم به ذکر است که سال پایه ۱۳۷۶ می‌باشد.

۱۱- محاسبه‌ی عوامل تعیین کننده شدت انرژی

همانگونه که به تفصیل گفته شد، شدت انرژی را به ۵ عامل تجزیه می‌کنیم که عبارتند از: ۱- ضریب مصرف انرژی ۲- ضریب فناوری ۳- ساختار تقاضاهای نهایی ۴- سطح تقاضاهای نهایی ۵- ضریب مصرف انرژی نهایی

۱۱-۱) محاسبه ضریب مصرف انرژی

ضریب مصرف انرژی، میزان مصرف انرژی برای تولید یک واحد از محصول را نشان می‌دهد. در روابط در نظر گرفته شده‌ی این تحقیق این ضریب را با ϵ_{ij} نمایش می‌دهیم:

$$\epsilon_{ij} = \frac{X_{ij}}{x_i}$$

که ϵ_{ij} میزان مصرف انرژی i برای تولید یک واحد از محصول j را نشان می‌دهد. X_{ij} میزان تولید هر بخش اقتصاد و x_i ارزش کل ستانده‌ها را مشخص می‌کند. برای محاسبه ماتریس ϵ از ماتریس ضرایب فنی به قیمت ثابت استفاده می‌نماییم، زیرا هر درایه‌ی ماتریس ضرایب فنی نشاندهنده‌ی مقدار کالا یا نهاده و خدمت خریداری شده به ازاء یک واحد تولید بخش خریدار است و نیاز هر بخش برای تولید فرآورده‌ی آن بخش را نمایان می‌سازد.^۱ برای تجزیه دوقطبی شدت انرژی، ϵ دارای اندیس ۰ و ۱ خواهد بود که اندیس ۰ نشاندهنده‌ی سال پایه و اندیس ۱ نشاندهنده‌ی سال گزارش خواهد بود.

برای دوره‌ی ۷۰-۱۳۶۵، ϵ_0 از ماتریس ضرایب فنی به قیمت ثابت سال ۱۳۶۵ با احتساب بخش‌های انرژی مربوط به ۲۱ بخش فعالیت‌های اقتصادی محاسبه شده و برای ϵ_1 هم به همین روال از جدول سال ۱۳۷۰ استفاده شده است. برای دوره‌های ۸۰-۱۳۷۰ و ۸۰-۱۳۶۵ هم به همین منوال انجام می‌گیرد و در نهایت برای هر دوره ۲ جدول شامل ϵ_0 و ϵ_1 بدست می‌آوریم.

^۱- توفیق، فیروز. (۱۳۷۱)

۱۱-۲) محاسبه ضریب فناوری

منظور از ضریب فناوری میزان تغییر فناوری به ازاء هر واحد محصول می‌باشد. در اینجا ضریب فناوری را با ماتریس معکوس لئونتیف نمایش می‌دهیم زیرا فناوری ارائه دهنده تقاضای کل تولید در واحد تقاضای نهایی است لذا تاثیر ساختار فناوری به معنی ساختار تقاضای کل تولید است که بطور ضمنی اشاره می‌کند به نسبت تغییر تقاضای کل در تولید تحت تاثیر تغییر تقاضای نهایی. علاوه بر این اثر تولید یک بخش بر روی بخش‌های دیگر هنگامی بطور کامل ظاهر می‌شود که در فرایند تولید علاوه بر اثرات مستقیم، همه‌ی اثرات غیرمستقیم نیز محاسبه شوند. محاسبه‌ی معکوس ماتریس لئونتیف برای دست یافتن به همین مقصود است.^۱ به منظور محاسبه‌ی ماتریس معکوس لئونتیف با استفاده از ماتریس ضرایب فنی به قیمت ثابت یعنی A ، $(I-A)^{-1}$ را بدست می‌آوریم و آن را با L نمایش می‌دهیم. مطابق قسمت قبل برای تجزیه‌ی دوقطبی، در اینجا هم برای سالهای پایه و مورد نظر اندیس ۰ و ۱ برای L قرار می‌دهیم.

۱۱-۳) محاسبه ساختار تقاضای نهایی

منظور از ساختار تقاضاهای نهایی، تغییر در ترکیب یا سهم هر کدام از تقاضاهای نهایی می‌باشد. این تغییر می‌تواند افزایش یا کاهش نسبت محصولات انرژی‌تر در ساختار بخش‌های مصرف‌خصوصی، مصرف‌دولتی، سرمایه‌گذاری، صادرات و تغییر موجودی انبار باشد. به منظور محاسبه‌ی این ساختار در ۲۱ بخش مورد نظر فعالیت‌های اقتصادی، برای هر درایه‌ی ماتریس، نسبت تقاضای نهایی هر بخش به کل تقاضای نهایی همان بخش محاسبه می‌شود و بدین ترتیب ماتریس ضرایب ساختاری تقاضای نهایی محاسبه می‌شود و آن را با حرف B نمایش می‌دهیم. هر عضو B_{ij} این ماتریس سهم بخش j را در هر کدام از تقاضاهای نهایی نشان می‌دهد. (تجزیه‌ی دوقطبی ما را ملزم به داشتن B_0 و B_1 می‌نماید).

^۱ - توفیق، فیروز. (۱۳۷۱)

^۲ - منظور ۲۱ بخش فعالیت‌های اقتصادی می‌باشد.

۱۱-۴) محاسبه تقاضای نهایی

تقاضاهای نهایی شامل مصرف خانوار، مصرف دولت، سرمایه‌گذاری، صادرات و تغییر موجودی انبار می‌باشد که جمع آنها را با حرف F نمایش داده و F_0 و F_1 را محاسبه می‌نماییم. لازم به ذکر است که F یک ماتریس 5×1 می‌باشد.

۱۱-۵) محاسبه ضریب مصرف انرژی نهایی

ضریب مصرف انرژی نهایی، میزان مصرف انرژی در تقاضاهای نهایی را نشان می‌دهد. ماتریس ضرایب مصرف انرژی نهایی را با h نمایش داده و اینگونه تعریف می‌کنیم:

$$h = \begin{pmatrix} e_{1fc} & e_{1s} & e_{1x} & e_{1i} & e_{1e} \\ e_{2fc} & e_{2s} & e_{2x} & e_{2i} & e_{2e} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ e_{kfc} & e_{ks} & e_{kx} & e_{ki} & e_{ke} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_c^{-1} & & & & \\ & f_s^{-1} & & & \\ & & f_x^{-1} & & \\ & & & f_i^{-1} & \\ & & & & f_e^{-1} \end{pmatrix}$$

که در آن انواع مختلف مصرف انرژی در تقاضاهای نهایی را نشان می‌دهد و f_c, f_s, f_x, f_i, f_e به ترتیب جمع مصرف، سرمایه‌گذاری، صادرات، واردات و سایر را نشان می‌دهند.^۱ در اینجا هم h_0 و h_1 را برای سالهای مورد نظر بدست می‌آوریم.

۱۲- تجزیه ساختاری شدت انرژی

با گذاشتن اعداد بدست آمده برای هرکدام از اجزاء روابط (۱،۱) تا (۱،۵) که در بند ۷ به تفصیل بیان شد، تغییرات ضرایب مصرف انرژی، ضرایب فناوری، ساختار تقاضای نهایی، تقاضای نهایی و ضریب مصرف انرژی نهایی محاسبه می‌شوند. جدول (۳) نشان

^۱ - لازم به ذکر است در روابط در نظر گرفته شده این تحقیق خالص صادرات مورد استفاده قرار گرفته است.

دهنده کل تغییرات بدست آمده‌ی این عوامل و همچنین تغییرات شدت انرژی در سالهای مورد بررسی می‌باشد.

جدول (۳) عوامل تعیین‌کننده شدت انرژی ایران طی دوره ۸۰-۱۳۶۵

عوامل	۱۳۶۵-۱۳۷۰	۱۳۷۰-۱۳۸۰	۱۳۶۵-۱۳۸۰
ضریب مصرف انرژی	۰,۶۹۹۹۶	۳,۹۳۴۱۰	۲,۶۵۱۳۶
ضریب فناوری	۱,۰۴۲۸۰	۱,۱۳۵۱۷	۱,۱۷۸۴۰
ساختار تقاضاهای نهایی	۰,۹۵۸۰۹	۰,۹۸۱۳۰	۰,۹۹۱۹۷
تقاضاهای نهایی	۱,۱۰۵۹۰	۰,۷۳۵۰۲	۰,۸۰۳۸۰
ضریب مصرف انرژی نهایی	۰,۹۹۹۹۷	۰,۹۹۹۹۸	۰,۹۹۹۹۶
تغییر شدت انرژی	۰,۷۷۳۳۷	۳,۲۲۱۰۹	۲,۴۹۱۱۰

منبع: محاسبات محقق و جداول داده ستانده سالهای ۱۳۶۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰

۱۳- آنالیز کلی جدول تجزیه

بر اساس مدل و جداول داده - ستانده‌ی انرژی و جدول بدست آمده در بند قبل می‌توان عوامل تغییر دهنده‌ی شدت انرژی را بررسی کرد. براساس جدول (۳) مقادیر بزرگتر از ۱ تاثیر مثبت این عوامل روی افزایش شدت انرژی را نشان می‌دهند در صورتیکه مقادیر کوچکتر از ۱ تاثیر منفی این عوامل روی شدت انرژی را نشان می‌دهند. مقادیر نزدیک به ۱ هم، تاثیر ضعیف این عوامل روی افزایش شدت انرژی را نشان می‌دهند. جدول (۴) نسبت سهم هر جزء یا مولفه را در تغییرات شدت انرژی نشان می‌دهد.^۱

۱۴- آنالیز شدت انرژی

طی دوره‌ی ۸۰-۱۳۶۵ شدت انرژی تقریباً "بصورت U شکل تغییر کرده است. در دوره‌ی ۷۰-۱۳۶۵ شدت انرژی روند کاهشی داشته و طی دوره‌ی ۸۰-۱۳۷۰ روند افزایشی داشته است. محاسبه تغییرات شدت انرژی طی دوره‌ی ۸۰-۱۳۶۵ نشان می‌دهد که شدت انرژی اگر چه طی سالهای ۷۰-۱۳۶۵ روند کاهشی داشته، اما طی کل دوره عموماً از روند

^۱- علامت منفی خاص عامل نیست بلکه نشاندهنده‌ی تاثیر منفی هر عامل بر شدت انرژی است.

صعودی برخوردار بوده است که این مطلب به نوعی با ساختار اقتصاد ایران که بعد از سالهای جنگ شروع به افزایش تولید نمود مطابقت دارد.

جدول (۴) سهم هریک از عوامل تعیین کننده شدت انرژی

عوامل	۱۳۶۵-۱۳۷۰	۱۳۷۰-۱۳۸۰	۱۳۸۰-۱۳۶۵
ضریب مصرف انرژی	-۱۴٫۵٪	۵۰٫۵٪	۴۰٪
ضریب فناوری	۲۱٫۷٪	۱۴٫۵٪	۱۸٪
ساختار تقاضاهای نهایی	-۲۰٪	-۱۲٫۶٪	-۱۵٪
تقاضاهای نهایی	۲۳٪	-۹٫۴٪	-۱۲٪
ضریب مصرف انرژی نهایی	-۲۰٫۸٪	-۱۳٪	-۱۵٪

منبع: جدول (۳)

تجزیه شدت انرژی در سال ۱۳۶۵ نشان می‌دهد که در بین عوامل پنج گانه‌ی ضریب مصرف انرژی، ضریب فناوری، ساختار تقاضاهای نهایی، ضریب مصرف انرژی نهایی و سطح تقاضای نهایی، ضریب مصرف انرژی نهایی و ساختار تقاضاهای نهایی عمده‌ترین عامل کاهش طی دوره می‌باشند و به ترتیب با سهمی حدود ۲۰٫۸ درصد و ۲۰ درصد، از دلایل کاهش شدت انرژی محسوب می‌شوند. در مقابل عواملی چون تقاضاهای نهایی و ضریب فناوری دارای تاثیر مثبت بر شدت انرژی بوده‌اند و به ترتیب با سهمی حدود ۲۳ درصد و ۲۱ درصد سبب افزایش شدت انرژی شده‌اند اما در نهایت شدت انرژی در این دوره کاهش یافته است. در این دوران، عدم سرمایه‌گذاری لازم در بخش انرژی و صدمات وارد شده بر تاسیسات این بخش طی دوران جنگ، موجب شد تا سیاست‌ها و اهداف برنامه‌ریزان اقتصادی بیشتر در راستای افزایش عرضه برای حمایت از تولید و مصرف باشد و به کیفیت مصرف توجهی نشود.

تنها اقدام انجام شده طی این دوره در خصوص کنترل مصرف فرآورده‌های نفتی، جایگزینی آن با گاز طبیعی بوده است. دوره‌ی ۸۰-۱۳۷۰ شدت انرژی روند افزایشی داشته

است که عمدتاً ناشی از تغییرات ضریب مصرف انرژی بوده است و با ۵۰ درصد سهم بالاترین سهم را در این دوره در تغییرات شدت انرژی داشته است. این مهم با توجه به اجرای برنامه‌های بازسازی کشور و برنامه‌های توسعه و افزایش رشد اقتصادی مطابقت دارد. در سال ۱۳۸۰ صنایع بسیاری افزایش مصرف انرژی را نشان می‌دهند. صنایعی مانند فلزات اساسی، صنایع تولید ماشین‌آلات، صنایع شیمیایی، صنایع تولید کاغذ و چاپ، صنایع تولید چوب و محصولات چوبی، صنایع نساجی و معادن از جمله این صنایع هستند. با توجه به جدول (۳) ساختار تقاضاهای نهایی و سطح تقاضاهای نهایی در این دوره کاهش نشان می‌دهند ولی در نهایت شدت انرژی افزایش یافته است. اما در کل طی دوره ۸۰ - ۱۳۶۵ که شدت انرژی در ایران افزایش پیدا کرده است نشان می‌دهد که بهره‌وری انرژی در ایران کاهش یافته است و این کاهش بهره‌وری انرژی عمدتاً ناشی از افزایش مصرف انرژی و کاهش ضریب فناوری می‌باشد، هنگامیکه فناوری نتواند افزایش مصرف انرژی را جبران کند، منجر به افزایش شدت انرژی و یا به عبارت دیگر کاهش بهره‌وری می‌گردد.

۱۵- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه شدت انرژی، به نکاتی پیرامون عوامل موثر بر آن پی می‌بریم. اثر ساختار، اثر ناشی از تغییر در ترکیب تقاضاهای نهایی در فعالیت‌های اقتصادی در نظر گرفته شده و اثر شدت، اثر ناشی از تغییر در شدت خالص انرژی مدنظر می‌باشد. صنایعی که بیشترین تغییر را در ساختار تقاضاهای نهایی و ضریب مصرف انرژی گذاشته‌اند، مورد بررسی قرار گرفتند و اثر ضریب مصرف انرژی بعنوان اثر شدت، اثر غالب محسوب می‌شود. لذا توجه به عوامل موثر بر اثر شدت، ما را به تحلیل بهتر رهنمون می‌سازد. همانطور که ذکر شد شدت انرژی طی دوره‌ی ۷۰-۱۳۶۵ روند کاهشی و طی دوره‌ی ۸۰-۱۳۷۰ روند افزایشی از خود نشان داده است، البته با در نظر گرفتن کل دوره یعنی ۸۰-۱۳۶۵، تغییرات شدت انرژی روند صعودی داشته است. با تجزیه شدت انرژی به ۵ عامل ضریب مصرف انرژی، ساختار تقاضاهای نهایی، ضریب فناوری، سطح تقاضای نهایی و ضریب مصرف انرژی نهایی، به این نتیجه رسیدیم که در سالهای ۷۰-

۱۳۶۵ دو عامل ضریب فناوری و تقاضای نهایی دارای تاثیر مثبت بر شدت انرژی بوده و بقیه عوامل تاثیر منفی داشته‌اند. در سالهای ۸۰-۱۳۷۰ نیز تجزیه شدت انرژی نشان می‌دهد که در قیاس با دوره‌ی قبل تغییرات محسوسی اتفاق افتاده است. به این صورت که دو عامل ضریب فناوری و ضریب مصرف انرژی باعث افزایش شدت انرژی در اقتصاد ایران شده‌اند و مابقی عوامل در جهت عکس عمل کرده‌اند. این در حالی است که ضریب فناوری در کل دوره متناسب با رشد مصرف انرژی حرکت نکرده بنابراین نتوانسته از روند صعودی شدت انرژی بکاهد. در نتیجه در کل، طی دوره ۸۰-۱۳۶۵ شدت انرژی در ایران افزایش پیدا کرده است که نشان‌دهنده‌ی کاهش بهره‌وری نیز می‌باشد. این افزایش شدت انرژی عمدتاً ناشی از افزایش مصرف انرژی بوده که خود متأثر از عواملی چون رشد سریع جمعیت، عدم آگاهی مصرف کنندگان انرژی در خصوص استفاده از کالاها و تجهیزات مناسب برای افزایش کارایی انرژی و نحوه صرفه جویی در مصرف، می‌باشد.

منابع و ماخذ

- ۱) توفیق، فیروز (۱۳۷۱)، "تحلیل داده - ستانده در ایران و کاربردهای آن در سنجش، پیش‌بینی و برنامه‌ریزی" انتشارات جامعه و اقتصاد.
- ۲) جهانگرد، اسفندیار. (۱۳۸۴)، "ارزیابی روشهای تعدیل جدول داده - ستانده در ایران"، فصلنامه پژوهشهای اقتصادی، سال پنجم، شماره سوم.
- ۳) حیدری، ابراهیم، (۱۳۸۲)، «برآورد و تجزیه و تحلیل کارایی انرژی در اقتصاد ایران»، پایان نامه دکتری علوم اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴) خسروی، سینا، (۱۳۸۷)، «تحلیل عوامل موثر بر شدت مصرف انرژی بر مبنای رهیافت تجزیه شدت انرژی در گروه صنایع سیمان کرمان»، پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران مرکز دانشکده اقتصاد و حسابداری.
- ۵) شریفی، علی مراد. صادقی، مهدی. دهقان شبانی، زهرا. (۱۳۸۵)، "تجزیه شدت انرژی در صنایع ایران"، فصلنامه پژوهشهای اقتصادی، شماره ۳۵.
- ۶) صادقی، حسین (۱۳۸۳) "شناخت و بررسی رفتار صرفه‌جویی انرژی در صنایع ایران" فصلنامه پژوهشهای اقتصادی، شماره ۱۱ و ۱۲ ص ۵۵-۳۱.

۷) قاسمی نژاد، محمد مهدی . (۱۳۸۴). " تحلیل شدت انرژی بخش حمل‌ونقل ریلی نسبت به حمل‌ونقل جاده‌ای"، پایان نامه کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه اصفهان.

۸) وزارت نیرو، ترازنامه انرژی ۱۳۸۸ و ۱۳۸۷.

- 9) Ang, B.W ,(1994). " Decomposition of industrial energy consumption; The energy intensity approach " . Energy Economics 16 , 173-174
- 10) Gardner, D. Elkhafif,M,(1998). " Understanding energy use: structural and energy intensity changes in Ontario industry " . Energy Economics 20,29-41
- 11) Jenne,C.,Catell,R.,(1983), " Electricity intensity in UK industry. Energy policy, 11,369-371
- 12) Sterner,T.,(1985)," Structural change and technology choice Energy use in Mexican" manufacturing industry . Energy Economics,7,77-86
- 13) Weber, C. (2009). "Measuring structural change and energy use: Decomposition of the US economy from 1997 to 2002" , Energy Policy 37 , 1561-1570
- 14) YanXIA,Xikang CHEN, Cuihong YANG,(2005)," An Analysis the Determinants of China's Energy Intensity change for 1987-2005 "(Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190
- 15) Muigiopadhyay & Chakraborty.(1999)," India's Energy Consumption Changes during". Economic Systems Research, 1999, 4(11):423-438.