Archive of SID

فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران/ سال دهم/ شماره ۳۵/ تابستان ۱۳۸۷/ صفحات ۷۹-۱۱۰

تجزیه شدت انرژی در صنایع ایران

دکتر علی مراد شریفی*
دکتر مهدی صادقی**
دکتر مهدی نفر***
زهرا دهقان شبانی****

تاریخ ارسال: ۸۵/۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۱۸

چکیده

مسأله بهبود کارایی انرژی به ویژه با توجه به افزایش قیمت انرژی در سال‌های اخیرمورد توجه پژوهشگران قرارگرفته است؛ به‌گونه‌ای که پژوهشگران برای درک بهتر از شدت انرژی، روش‌های گوناگونی برای تفکیک شدت انرژی ارائه کرده تا عوامل مؤثر بر میزان شدت انرژی را بررسی نمایند. در این پژوهش به تجزیه شدت انرژی (به دو اثر ساختاری و شدتی) در صنایع نه گانه ایران با استفاده از شاخص ایده‌آل فیشر و تکنیک ضرب‌پذیری با رویکرد داده‌های سری زمانی می‌پردازیم. تجزیه شدت انرژی را براساس داده‌های سری زمانی در سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۳ انجام داده‌ایم. نتایج تجزیه نشان می‌دهد که در بیشتر صنایع نه گانه، اثر ساختاری سهم اندکی در تغییرات اثر کل شدت انرژی داشته و اثر شدتی سهم بیشتر در تغییرات اثر کل داشته است. در بیشتر صنایع در سال‌های مختلف اثر شدتی در جهت کاهش شدت انرژی حرکت کرده و اثر ساختاری سهم ضعیفی در کاهش شدت انرژی داشته است.

طبقه‌بندی JEL: C43 ,L60, Q40.

واژگان کلیدی: شدت انرژی، اثر ساختاری، اثر شدتی، شاخص ایده‌آل فیشر، صنایع نه‌گانه ایران.

* استادیار اقتصاد دانشگاه اصفهان
e-mail:asharifi@istt.org
** استادیار اقتصاد دانشگاه امام صادق
e-mail: sadeghi@isu.ac.ir
*** استادیار اقتصاد دانشگاه اصفهان
e-mail: nafar@ui.ac.ir
**** دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه اصفهان
e-mail: Zahra_dehghan2003@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در سه دهه 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. از سوی دیگر، صنعت به‌عنوان یکی از ارکان مهم اقتصاد، که توسعه آن به عنوان مهم‌ترین عامل در تحول ساختاری اقتصاد ایران و نیل به اقتصاد بدون اتکا به نفت محسوب می‌شود، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

اهمیت بهبود کارایی انرژی مصرفی در صنعت و زیربخش‌های آن به این دلیل است که باعث کاهش هزینه تولید در سطح کلان، پرداخت میزان کمتر یارانه و کاهش قیمت تمام‌شده محصولات صنعتی‌شده و از این طریق باعث ارتقای سطح ارزش افزوده این بخش‌ها، افزایش توان رقابتی، افزایش کیفیت تولید و در نهایت، باعث کاهش واردات برخی کالاهای مورد لزوم و افزایش صادرات مصنوعات ساخته شده می‌شود. بدین روی، مطالعات روند تحولات ساختار سیستم انرژی، بررسی نوسانات مصرف انرژی، صرفه-جویی در مصرف انرژی و همچنین، کاهش شدت انرژی در بخش صنعت و زیر بخش‌های آن از جمله مواردی است که اهمیت خاصی دارد.

شدت انرژی به معنی میزان مصرف حامل‌های انرژی به ازای یک واحد فعالیت (تولید و یا ارزش افزوده) است. تغییرات شدت انرژی را می‌توان ناشی از دو اثر شدتی و ساختاری دانست. منظور از اثر شدتی، تغییر شدت انرژی ناشی از تغییر در شدت خالص انرژی مستقل از ترکیب فعالیت‌های صنعتی[۱] است که در بخش‌ها به وسیله عواملی از قبیل پیشرفت تکنولوژی، قیمت انرژی، جانشینی حامل‌های انرژی، تغییرکارایی انرژی و همچنین، مدیریت تقاضای انرژی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. اثر ساختاری شدت انرژی، به تغییر در شدت انرژی ناشی از تغییر در ترکیب یا سهم فعالیت‌های اقتصادی[۲] گفته می‌شود که سیاست‌های توسعه صنعتی، جابجایی تقاضای مصرف‌کننده و اثر سیاست‌های کلان اقتصادی بر آن، مؤثر هستند.

هدف از این پژوهش، تجزیه شدت انرژی در صنایع کشور به عوامل مؤثر آن و تعیین میزان و سهم هر یک از این عوامل در دوره زمانی (۱۳۷۴-۱۳۸۳) است.

---

۱. حیدری و صادقی.(۱۳۸۳).

۲. حیدری و صادقی.(۱۳۸۳).

www.SID.ir

Archive of SID

۱. ادبیات موضوع

از اوایل دهه ۱۹۸۰، تکنیک تجزیه به‌طورگسترده‌ای در تحلیلهای انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و برای ارزیابی سیاست انرژی مورد استفاده قرارگرفته است. تحلیلهای تجزیه[1] به تحلیل تقاضای انرژی معروف بوده و در پژوهش‌های مربوط به سیاست انرژی استفاده می‌شوند. این روش‌شناسی برای تجزیه تغییرات به چند عامل به‌کار گرفته می‌شود. همچنین، نتایج این روش در تحلیل تقاضای انرژی و مصرف انرژی برای تصمیم‌گیری مفید وکاربرد نتایج آن برای ارزیابی کارایی صنایع مختلف مورد توجه می‌باشد. بر اساس این روش، تغییر در شدت انرژی در سطح مورد مطالعه به سه عامل اثر شدت خالص(شدتی)، اثر ساختاری و اثر پسماند تجزیه می‌شود که در قسمت مقدمه این اثرات توضیح داده شده است.

در زمینه تجزیه شدت انرژی پژوهش‌های بسیاری انجام شده است. در ادامه، به برخی از پژوهش‌هایی که از نظر الگو، شاخص‌های مناسب و تجزیه و تحلیل به این پژوهش کمک کرده‌اند، اشاره می‌شود.

آنگ[2] (۱۹۹۴) در پژوهشی مصرف انرژی صنایع تایوان وسنگاپور را با استفاده از شاخص دیویژیا[3] وبا به‌کار بردن روش شدت انرژی از طریق دو تکنیک ضرب‌پذیری وجمع‌پذیری مورد مطالعه قرار داده است. آنگ در این پژوهش تفکیک مصرف انرژی را به صورت دوره‌ای و هم به صورت سالانه برای صنایع سنگاپور و تایوان در سال‌های ۱۹۷۱- ۱۹۹۰ انجام داده و به این نتیجه رسید که در سنگاپور در سال ۱۹۹۰ شدت انرژی کل ۹۹/۲ درصد مقدار آن در سال ۱۹۷۱ بوده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در صنعت سنگاپور، عامل ساختاری در جهت کاهش مصرف انرژی و عامل شدتی در جهت افزایش مصرف انرژی عمل کرده است؛ اما در صنعت تایوان در سال ۱۹۹۰، شدت انرژی کل ۷/ ۸۴ درصد مقدار آن در سال ۱۹۷۱ بوده است. براساس نتایج به دست آمده، عامل ساختاری در جهت افزایش مصرف انرژی وعامل شدتی درجهت کاهش مصرف انرژی عمل کرده است. مقایسه نتایج دوره‌ای و سالانه نشان می‌دهد که انحراف بین برآورد پنج روش متداول برای هر کدام از عوامل ساختاری و شدتی در تفکیک دوره‌ای نسبت به تفکیک سالانه میل به افزایش دارد و همچین نتایج به دست آمده از داده‌های سالانه وابسته به روشی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد.

گارنر و الخفیف[4] (۱۹۹۸) در پژوهشی تغییرات شدتی و ساختاری را در صنایع آنتاریو(کانادا) به‌کار بردند. آنها شاخص شدت انرژی کل را بر اساس روش شاخص دیویژیا و تکنیک‌های ضرب‌پذیری مورد

1. Decomposition analysis
2.Ang
3.Divisia Index
4.Gardner & Elkhafif

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه قرار داده و زمان مطالعه رابه ۳ دوره قبل از شوک نفتی ۱۹۶۲- ۱۹۷۳ و دوره شوک نفتی (۱۹۷۳-۱۹۸۵) و دوره بعد از شوک نفتی ۱۹۸۵-۱۹۹۲ تقسیم کردند. در دوره قبل از شوک نفتی (دوره اول) کل مصرف انرژی صنایع کاهش پیدا کرده بود. این کاهش بیشتر ناشی از شاخص شدتی بوده و شاخص ساختاری ثابت باقی مانده است. دردوره شوک نفتی (دوره دوم) شاخص ساختاری کاهش پیدا کرد، اما کاهش شاخص شدتی کم بوده و پس از شوک نفتی دوره سوم، شاخص ساختاری کاهش، ولی شاخص شدتی به اندازه‌ای افزایش پیدا کرده که باعث افزایش شاخص کل انرژی شده است.

چوکی هونگ و ری[1] (۲۰۰۱) در پژوهش خود، تغییرات در تقاضای انرژی و شاخص‌های مربوط به آن از قبیل شدت کل انرژی و نشر دی‌اکسید کربن، تجزیه انرژی را با استفاده ازشاخص‌های اقتصادی و آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. این پژوهشگران برای تجزیه انرژی از دو تکنیک ضربی (ضرب پذیری) و جمعی (جمع پذیری) استفاده کرده و شدت کل انرژی را به دو اثر ساختاری و شدت خالص تجزیه کرده‌اند. آنها ثابت می‌کنند که اگر از میانگین لگاریتمی در روش‌شناسی تجزیه استفاده شود، حالت نسبتی و تفاضلی می‌توانند به یکدیگر تبدیل شوند. آنها برای نشان دادن تقارن بین دو روش اندازه‌گیری تغییرات از مصرف الکتریسیته در صنعت و داده‌های تولیدی مربوط به کشورهای سنگاپور و تایوان از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ استفاده کرده‌اند. داده‌های مربوط به کشور سنگاپور ۲۸ زیر بخش را دربرمی‌گیرد. در کشور تایوان داده‌های ۱۷ زیربخش صنعت را به‌کارگرفته است. همچنین، شدت انرژی الکتریکی برای سال ۱۹۸۰ به یک نرمالیزه شده است. آنها نشان می‌دهند که برای کشور سنگاپور $I_{۱۹۹۰}/I_{۱۹۸۰}=۱/۱۱۴۹$ و $I_{۱۹۹۰}-I_{۱۹۸۰}=۰/۱۱۴۹$ بوده و برای کشور تایوان این شاخص $I_{۱۹۹۰}/I_{۱۹۸۰}=۰/۹۱۴۶$ و $I_{۱۹۹۰}-I_{۱۹۸۰}=-۰/۰۸۵۴$ است.

بوید و روپ[2] (۲۰۰۴) در مقاله خود با عنوان یادداشتی بر تجزیه شاخص ایده‌آل فیشر در تغییرات ساختاری شدت انرژی، ابتدا به مقایسه شاخص ایده‌آل فیشر و شاخص تورنکوئیست پرداخته و سپس، برای مقایسه کاربردی این دو شاخص، شدت انرژی صنعت آمریکا در سال‌های ۱۹۸۳ تا ۱۹۹۸ را با استفاده از این دو شاخص تجزیه کرده‌اند. آنها ۱۹ زیر بخش صنعت را مبنا قرار داده و تجزیه شدت انرژی را برای دو حامل انرژی برق و سوخت‌های فسیلی مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که شاخص فیشر تجزیه را به طور کامل انجام می‌دهد، اما شاخص تورنکوئیست تجزیه را به‌طورکامل انجام نمی‌دهد که این امر به لحاظ نظری بسیار مهم است. در تجزیه شدت انرژی بخش صنعت آمریکا دیده شد که شدت انرژی (برق و سوخت‌های فسیلی) به نسبت هموار بوده و در دهه ۱۹۹۰ مشاهده شد که کاهش شدت انرژی حامل برق، نیمی در اثر تغییرات ساختاری و نیمی دیگر در اثر تغییرات شدتی بوده است.

1.Choi. K.H & Rhee
2.Boyd & Roop

www.SID.ir

Archive of SID

محمد مهدی قاسمی‌نژاد(۱۳۸۴) در پژوهشی در قالب رساله کارشناسی ارشد، به تجزیه شدت و مصرف انرژی بخش حمل ونقل زمینی (ریلی وجاده‌ای) در سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۸۱ پرداخته است. وی از دو الگوی تغییرات مصرف انرژی و الگوی تغییرات شدت انرژی و دو روش پارامتریک دیویژیا (الف. راه حل میانگین ساده برای روش اول دیویژیا و ب. راه حل میانگین ساده برای روش دوم دیویژیا) استفاده کرده است. وی در پژوهش خود به این نتیجه می‌رسد که اثر ساختاری سهم بسیار ضعیفی در توضیح تغییرات مصرف و شدت انرژی بخش حمل و نقل داشته و اثر شدت خالص مصرف انرژی بیشترین سهم را در توضیح تغییرات مصرف و شدت انرژی در بخش حمل و نقل زمینی دارد.

۲. روش تحقیق

در تجزیه شدت انرژی از تکنیک ضرب‌پذیری (ضربی) و جمع‌پذیری(جمعی) و دو رویکرد داده‌های سری زمانی و دو دوره‌ای استفاده می‌شود.

۲-۱. رویکرد زمانی تجزیه شدت انرژی

تجزیه شدت انرژی از نظر رویکرد زمانی شامل روش‌های دو دوره‌ای(دوزمانه) و سری زمانی است. برای تجزیه بر اساس روش دوزمانه، اطلاعات محدودی مورد نیاز است و در این حالت، تنها تغییرات بین سال پایه و یک سال مشخص، بدون در نظرگرفتن سال‌های میانی محاسبه می‌شود؛ اما در روش مجزاسازی از نوع سری زمانی برای محاسبه اثرها در یک سال مشخص، مثل t نسبت به سال پایه از اطلاعات تمام سال‌ها استفاده می‌شود. برای این کار ابتدا الگوی مجزاسازی برای محاسبه مقادیر هر اثر در فاصله‌های یک ساله (t تا $t+1$) یا تغییرات متوالی سالانه برآورد شده و سپس، با جمع زدن این مقادیر از سال پایه تا سال t مقدار تجمعی اثر در سال t بر مبنای سال پایه انتخابی به‌دست می‌آید. در این حالت می‌توان به دو شکل عمل کرد: الف. سال اول دوره را برای تمام سال‌های دوره به‌عنوان سال پایه منظور و اثرها را محاسبه کرد و ب. با تقسیم کل دوره به فاصله‌های زمانی مساوی (به طور مثال ۵ ساله) سال اول هر فاصله زمانی را به عنوان سال پایه منظور و اثرهای سال‌های دیگر را در هر فاصله محاسبه کرد. مقدار کل تغییر در مصرف براساس دو روش یادشده تفاوتی ندارد.[۱]

در این پژوهش به دلیل اینکه تجزیه انرژی براساس رویکرد سری زمانی بهتر توضیح داده می‌شود و نتایج تجزیه بر اساس این رویکرد کمتر به روش مورد استفاده وابسته بوده و تفاوت جمله پسماند از

---

۱. حیدری و صادقی، (۱۳۸۳).

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار هدف درمقایسه با روش تجزیه دو دوره‌ای بسیار کوچکتر است.[1] از روش داده‌های سری زمانی استفاده شده و سال ۱۳۷۴ سال پایه در نظر گرفته شده است.

۲-۲. تکنیک ضربی و جمعی تجزیه شدت انرژی

آنگ(۱۹۹۵) بیان می‌کند که چنانچه $I_{\circ}$ و I_t شدت کل انرژی در سال صفر و سال t باشد، تغییر در شدت کل انرژی در روش جمعی آن به‌صورت زیر انجام می‌شود:

$$\Delta I_{tol} = \Delta I_{str} + \Delta I_{\text{int}} + R_{res} \qquad (۱)$$

که در آن:

ΔI_{tol} : تفاوت در شدت کل انرژی سال جاری و سال پایه،

ΔI_{str} : تغییر در شدت کل انرژی بر اثر ساختار تولید،

ΔI_{int} : تغییر در شدت کل انرژی در اثر عامل خالص شدت انرژی،

و R_{res} : جمله پسماند است.

در صورتی که تجزیه به‌صورت کامل انجام شود، جمله پسماند برابر صفر است. همچنین، روش ضربی نگرش شدت کل انرژی بصورت $\frac{I_t}{I_0}$ بوده و به‌صورت زیر خلاصه می‌شود:

$$R_{tol} = R_{str} \times R_{\text{int}} \times R_{res} \qquad (۲)$$

که در آن:

R_{tol} : اثر کل شدت انرژی (شدت انرژی سال جاری به سال پایه)،

R_{str} : تغییر در شدت کل انرژی بر اثر ساختار تولید (اثر ساختاری)،

R_{int} : تغییر در شدت کل انرژی بر اثر عامل خالص شدت انرژی،

R_{res} : جمله پسماند.

در صورتی که تجزیه به‌صورت کامل انجام شود، جمله پسماند برابر یک است.[2]

در این پژوهش از روش **ضربی** تجزیه شدت انرژی استفاده گردیده است. در جدول ۱، شاخص‌های متداولی که در تجزیه انرژی به روش ضرب‌پذیری استفاده می‌شود، آورده شده است.

1.Ang,(1994)

۲. در قسمت پیوست، اثبات شده که شاخص فیشر تجزیه را به طور کامل انجام می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول-۱. شاخص‌های روش ضرب پذیری تجزیه شدت انرژی

نام دسته	اثر خالص شدت	اثر ساختاری
لاسپیرز[۱]، پاشه[۲] اجورث[۳]	$\frac{\sum_i \left(\alpha_i S_{i,\circ} I_{i,T} + \beta_i S_{i,T} I_{i,T}\right)}{\sum_i \left(\gamma_i S_{i,\circ} I_{i,\circ} + \lambda_i S_{i,T} I_{i,\circ}\right)}$	$\frac{\sum_i \left(\alpha_i S_{i,T} I_{i,\circ} + \beta_i S_{i,T} I_{i,T}\right)}{\sum_i \left(\gamma_i S_{i,} I_{i,\circ} + \lambda_i S_{i,\circ} I_{i,T}\right)}$
فیشر ایده‌ال	$\sqrt{S_L \times S_P}$	$\sqrt{I_L \times I_P}$
استاول	$\frac{I_L - S_L}{۲} + \sqrt{\left(\frac{I_L - S_L}{۲}\right)^۲ + \frac{I_T}{I_\circ}}$	$\frac{S_L - I_L}{۲} + \sqrt{\left(\frac{S_L - I_L}{۲}\right)^۲ + \frac{I_T}{I_\circ}}$
تورنکوئیست[۴]، وارتیا I[۵] و استو- وارتیا[۶]	$\exp\left[\sum_i w_i^* \ln\left(I_{i,T} / I_{i,\circ}\right)\right]$	$\exp\left[\sum_i w_i^* \ln\left(S_{i,T} / S_{i,\circ}\right)\right]$

مأخذ: Ang & Liu, 2003

---

۱. اگر $\alpha_i = \gamma_i = ۱, \beta_i = \lambda_i = \circ$ باشند از روش لاسپیرز استفاده می‌شود.

۲. اگر $\alpha_i = \gamma_i = \circ, \beta_i = \lambda_i = ۱$ باشند از روش پاشه استفاده می‌شود.

۳. اگر $\alpha_i = \gamma_i = \beta_i = \lambda_i = ۰/۵$ باشند از روش مارشال- اجورث استفاده می‌شود.

۴. روش تورنکوئیست زمانی استفاده می‌شود که روابط $W_i^* = \left(E_{i,T} / E_T + E_{i,\circ} / E_\circ\right)/۲$ و $W_i^{'} = \left(E_{i,T} / Y_T + E_{i,\circ} / Y_\circ\right)/۲$ برقرار باشند.

۵. روش وارتیا I زمانی به‌کار می‌رود که روابط $W_i^* = L\left(E_{i,T} / Y_T, E_{i,\circ} / Y_\circ\right) / L\left(I_T, I_\circ\right)$ و $W_i^{'} = L\left(E_{i,T} / Y_T, E_{i,\circ} / Y_\circ\right)$ برقرار باشد.

۶. روش استاو- وارتیا زمانی استفاده می‌شود $W_i^{'} = L\left(E_{i,T} / Y_T, E_{i,\circ} / Y_\circ\right)$ و $W_i^* = L\left(E_{i,T} / E_T, E_{i,\circ} / E_\circ\right) / \sum_i L\left(E_{i,T} / E_T, E_{i,\circ} / E_\circ\right)$ برقرار باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

توضیحات:

$S_{i,t}$: سهم ارزش افزوده صنعت i به کل صنعت در دوره t ($S_{i,t} = \frac{Y_{i,t}}{Y_t}$)،

$I_{i,t}$: شدت انرژی صنعت i در دوره t ($I_{i,t} = \frac{E_{i,t}}{Y_{i,t}}$)،

I_L: اثر شدتی فرمول لاسپیرز ،

I_P: اثر شدتی فرمول پاشه،

S_L: اثر ساختاری فرمول لاسپیرز،

S_P: اثر ساختاری فرمول پاشه،

Y_t: ارزش افزوده کل صنعت در دوره t ،

E_t: مصرف انرژی کل صنعت در دوره t،

$E_{i,t}$:مصرف انرژی صنعت i در دوره t ،

$Y_{i,t}$:ارزش افزوده صنعت i در دوره t.

شاخص لاسپیرز تغییرات را در هر لحظه با استفاده از وزن براساس سال پایه (سال صفر) اندازه می‌گیرد. حال آنکه شاخص پاشه تغییرات را با استفاده از وزن براساس سال جاری (سال t) به‌جای سال صفر اندازه می‌گیرد. شاخص مارشال-اجورث به سال پایه و جاری وزن یکسان می‌دهد. در صورتیکه شاخص فیشر ایده‌آل از میانگین هندسی شاخص‌های لاسپیرز و پاشه می‌کند. در فرمول‌بندی شاخص استاول از شاخص اثر ساختاری و شدتی لاسپیرز استفاده شده‌است. این شاخص براساس یک نگرش تحلیلی است که ارزش را نسبت به اجزای تشکیل‌دهنده اثر ساختاری و شدتی تجزیه می‌نماید. شاخص‌های تورنکوئیست، وارتیا I و استاو- وارتیا برمبنای مفهوم شاخص دیویژیا استوار شده‌است. آنها فرم تغییرات لگاریتمی را به‌کار برده‌اند و کاملاً از پنج شاخص بالا متفاوت هستند. شاخص تورنکوئیست از میانگین حسابی ساده بر پایه ارزش دوره جاری استفاده کرده‌است.[1]

در این پژوهش، در تجزیه شدت انرژی از شاخص ایده‌آل فیشر استفاده کرده‌ایم. **مزیت شاخص فیشر** این است که به تازگی در ادبیات تجزیه شدت انرژی واردشده و تجزیه را به‌طور کامل انجام می‌دهد.

1. Ang & Liu.(2003).

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۳. تجزیه شدت انرژی با استفاده از شاخص فیشر و تکنیک ضرب‌پذیری

همان‌طور که اشاره شد، شکل ضربی نگرش شدت کل انرژی به‌صورت $\frac{I_t}{I_\circ}$ بوده و به‌صورت زیر خلاصه می‌شود:

$$R_{tol} = R_{str} * R_{\text{int}} * R_{res}$$

فرض می‌کنیم یک بخش اقتصادی شامل N زیر بخش باشد که در این صورت، شدت انرژی به صورت زیر خواهد بود:

$$I_t = \frac{E_t}{Y_t} = \sum_{i=1}^{N} \frac{E_{i,t}}{Y_{i,t}} * \frac{Y_{i,t}}{Y_t} = \sum_{i=1}^{N} I_{i,t} S_{i,t} \qquad (۳)$$

که در آن:

Y_t: ارزش افزوده کل صنعت در دوره t،

E_t: مصرف انرژی کل صنعت در دوره t،

$E_{i,t}$:مصرف انرژی صنعت i در دوره t،

$Y_{i,t}$:ارزش افزوده صنعت i در دوره t،

$S_{i,t}$: سهم ارزش افزوده صنعت i به کل صنعت در دوره t ($S_{i,t} = \frac{Y_{i,t}}{Y_t}$)،

$I_{i,t}$: شدت انرژی صنعت i در دوره t ($I_{i,t} = \frac{E_{i,t}}{Y_{i,t}}$).

این رابطه نشان می‌دهد که یک تغییر در شدت انرژی I ممکن است مربوط به تغییرات در شدت انرژی بخش $I_{i,t}$ یا ساختار تولید $S_{i,t}$ باشد.

$$R_{tol} = \frac{I_t}{I_\circ} \qquad (۴)$$

براساس رابطه ۴، می‌توان نوشت:

$$R_{tol} = \frac{I_t}{I_\circ} = \frac{\sum_{i=1}^{N} S_{i,T} I_{i,T}}{\sum_{i=1}^{N} S_{i,\circ} I_{i,\circ}} \qquad (۵)$$

www.SID.ir

Archive of SID

اگر رابطه ۵ را در $\left(\frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,\circ}}{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,T}}\right)^{\frac{1}{2}}$ ضرب و تقسیم‌کنیم:

$$\frac{I_T}{I_\circ} = \frac{\sum_i I_{i,T} S_{i,T}}{\sum_i I_{i,\circ} S_{i,\circ}} * \frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,\circ}}{\sum_i S_{i,0} I_{i,T}} * \frac{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,T} I_{i,\circ}} = \left(\frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,\circ}}\right)^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,\circ}}\right)^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,\circ}}{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,T}}\right)^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,T} I_{i,\circ}}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (۶)$$

با کمی تغییر در رابطه ۶، رابطه ۷ به دست می‌آید:

$$\frac{I_T}{I_\circ} = \left(\frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,T}} * \frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,\circ}}{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,\circ}}\right)^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,T} I_{i,\circ}} * \frac{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,\circ}}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (۷)$$

در رابطه ۷، عبارت‌های $\frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,T}}$، $\frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,\circ}}{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,\circ}}$، $\frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,T} I_{i,\circ}}$ و $\frac{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,\circ} I_{i,\circ}}$ به ترتیب اثر ساختاری شاخص پاشه، اثر ساختاری شاخص لاسپیرز، اثر شدتی شاخص پاشه و اثر شدتی شاخص لاسپیرز هستند.[1] بنابراین، براساس رابطه ۷ خواهیم داشت:

$\frac{I_T}{I_\circ}$ =(اثرساختاری پاشه×اثر ساختاری لاسپیرز) $\times$ $^{۰/۵}$(اثر شدتی پاشه × اثر شدتی لاسپیرز)

با توجه به اینکه شاخص فیشر در حالت ضربی میانگین هندسی دو شاخص پاشه و لاسپیرز است[2] بنابراین:

1.Ang & Liu.(2003).
2.Ang & Liu.(2003).

www.SID.ir

Archive of SID

$$\frac{I_T}{I_\circ} = \text{(اثر ساختاری فیشر)} \times \text{(اثر شدتی فیشر)} \quad (۸)$$

بنابراین، با استفاده از شاخص فیشر در تجزیه شدت انرژی می‌توان اثر شدت انرژی کل را به دو اثر ساختاری و شدتی تجزیه کرد.

۳. نتایج محاسبات الگوی مجزا سازی و تجزیه و تحلیل آنها

در این قسمت، به تجزیه شدت انرژی در کل صنایع نه گانه با استفاده از شاخص ایده‌آل فیشر و تکنیک ضرب‌پذیری با رویکرد داده‌های سری زمانی می‌پردازیم. در تجزیه شدت انرژی بر اساس داده‌های سری زمانی تجزیه برای سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۳ انجام شده که براساس این داده‌ها، سال ۱۳۷۴ به عنوان سال پایه در نظر گرفته شده است.

در تجزیه شدت انرژی، تغییرات کل شدت انرژی (اثر کل) به دو اثر ساختاری و شدتی تفکیک می‌شود. اثر ساختاری که بیانگر تغییر در ترکیب ارزش افزوده فعالیت‌های صنعتی بوده است. در تکنیک ضرب‌پذیری چنانچه اثر ساختاری کوچک‌تر از یک باشد شاخص شدت انرژی کاهش یافته است و اگر مقدار این اثر بزرگتر از یک باشد شدت انرژی افزایش یافته است؛ به این معنا که ساختار صنعت به سمت فعالیت‌های با انرژی‌بری بیشتر حرکت کرده است. در تکنیک ضرب پذیری اگر اثر شدتی بزرگتر از یک باشد این اثر در جهت افزایش شاخص شدت انرژی عمل کرده است و اگرکوچکتر از یک باشد در جهت کاهش شدت انرژی حرکت کرده است[1]

۳-۱. تجزیه شدت انرژی در صنایع مواد غذایی، آشامیدنی و دخانیات

براساس تکنیک ضرب پذیری (داده‌های سری زمانی) تفکیک شدت انرژی در صنایع مواد غذایی،آشامیدنی و دخانیات اثرکل به جز در سال ۱۳۸۰ در بقیه سال‌ها بزرگتر از یک است. اثر ساختاری صنایع مواد غذایی و آشامیدنی و دخانیات بجز در سال ۱۳۷۵ که بزرگتر از یک بوده و در بقیه سال‌ها کمتر از یک است و در جهت کاهش شاخص شدت انرژی حرکت کرده است. اثر شدتی صنایع مواد غذایی و آشامیدنی و دخانیات بجز در سال ۱۳۸۰ در بقیه سال‌ها بزرگتر از یک بوده و اثر شدتی در جهت افزایش شدت انرژی حرکت کرده است. اثر شدتی در تغییرات اثر کل در صنایع مواد غذایی و آشامیدنی و دخانیات براساس دو تکنیک بیشترین سهم را دارد.

1.Boyde and Roop.(2004).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول-۲. تجزیه شدت انرژی صنایع مواد غذایی،آشامیدنی‌ها ودخانیات

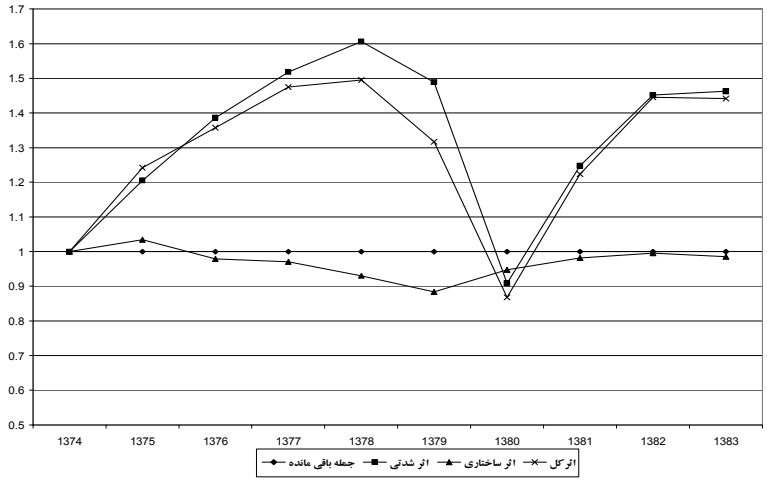
سال	اثرکل	اثر ساختاری	اثر شدتی	جمله باقی مانده
۱۳۷۴	۱	۱	۱	۱
۱۳۷۵	۱/۲۴۲۰۲	۱/۰۳۴۵۴۱۶	۱/۲۰۵۳۴۲	۱
۱۳۷۶	۱/۳۵۷۴۶۹	۱/۹۷۹۲۹۶۴	۱/۳۸۶۱۶۵	۱
۱۳۷۷	۱/۴۷۵۰۱	۰/۹۷۱۱۱۶۵	۱/۵۱۸۸۷۸	۱
۱۳۷۸	۱/۴۹۴۹۳۱	۰/۹۳۰۷۰۳۹	۱/۶۰۶۲۳۴	۱
۱۳۷۹	۱/۳۱۷۰۵۷	۰/۸۸۴۱۹۶۳	۱/۴۸۹۵۵	۱
۱۳۸۰	۰/۸۶۷۷۲۳	۰/۹۴۷۳۱۴۸	۰/۹۰۸۳۲۵	۱
۱۳۸۱	۱/۲۲۳۸۳۷	۰/۹۸۱۱۰۵۷	۱/۲۴۷۴۰۲	۱
۱۳۸۲	۱/۴۴۵۳۸۳	۱/۹۹۵۵۰۰۹	۱/۴۵۱۹۱۳	۱
۱۳۸۳	۱/۴۴۱۶۳۷	۱/۹۸۵۶۰۳۲	۱/۴۶۲۷۱۲	۱

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

www.SID.ir

Archive of SID

نمودار-۱. تجزیه شدت انرژی صنایع مواد غذایی،آشامیدنی‌ها و دخانیات



۳-۲. تجزیه شدت انرژی در صنایع نساجی، پوشاک وچرم

براساس تکنیک ضرب‌پذیری (داده‌های سری زمانی) تفکیک شدت انرژی در صنایع نساجی، پوشاک وچرم اثر کل در برخی سال‌ها بزرگتر از یک و در برخی دیگر کوچکتر از یک است. اثر ساختاری صنایع نساجی، پوشاک وچرم در تمام سال‌ها بزرگتر از یک بوده و در جهت افزایش اثر کل حرکت کرده است. اثر شدتی صنایع نساجی، پوشاک و چرم بجز در سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ در بقیه سال‌ها کوچکتر از یک بوده و در جهت کاهش اثر کل حرکت کرده است.

جدول-۳. تجزیه شدت انرژی صنایع نساجی، پوشاک وچرم

سال	اثرکل	اثر ساختاری	اثر شدتی	جمله باقی مانده
۱۳۷۴	۱	۱	۱	۱
۱۳۷۵	۱/۹۰۱۰۸۵	۱/۹۵۷۱۳۳	۰/۹۹۴۸۸۶۶	۱
۱۳۷۶	۰/۹۴۶۳۶۸۶	۱/۸۹۷۴۷۸	۰/۸۶۸۴۳۰۶	۱

www.SID.ir

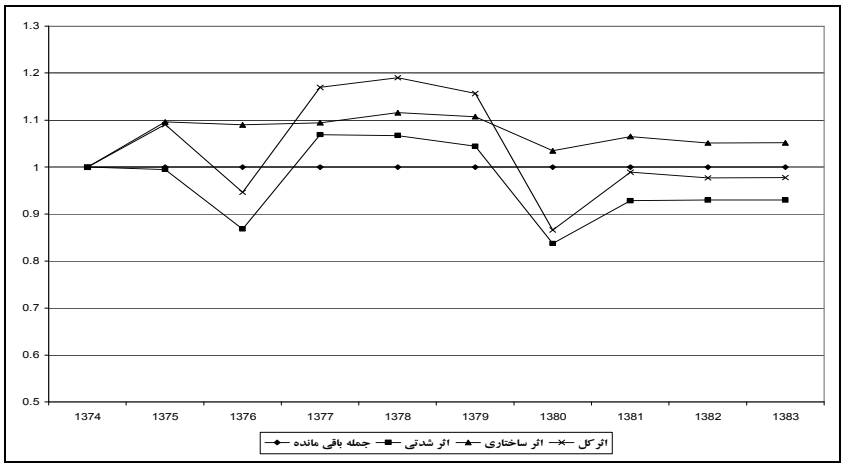
Archive of SID

ادامهٔ جدول-۳. تجزیه شدت انرژی صنایع نساجی، پوشاک وچرم

سال	اثرکل	اثر ساختاری	اثر شدتی	جمله باقی مانده
۱۳۷۷	۱/۱۶۹۳۱۱۳	۱/۹۴۱۴۳	۱/۶۸۷۰۲۷	۱
۱۳۷۸	۱/۱۹۰۲۶۷۵	۱/۱۱۵۷۵۹۴	۱/۶۶۷۷۹۹	۱
۱۳۷۹	۱/۱۵۶۲۱۳۳	۱/۱۰۷۱۲۷۱	۱/۴۴۳۳۸۶	۱
۱۳۸۰	۰/۸۶۶۱۵۸۳	۱/۳۴۶۶۱۲	۰/۸۳۷۱۴۳۵	۱
۱۳۸۱	۰/۹۸۹۰۶۱۷	۱/۶۵۱۵۸۸	۰/۹۲۸۵۵۹۷	۱
۱۳۸۲	۰/۹۷۷۰۳۰۳	۱/۵۰۹۸۶۹	۰/۹۲۹۶۳۳۱	۱
۱۳۸۳	۰/۹۷۷۲۸۹	۱/۵۱۳۲۴۶	۰/۹۲۹۵۷۹۲	۱

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

نمودار-۲. تجزیه شدت انرژی صنایع نساجی، پوشاک و چرم



www.SID.ir

Archive of SID

۳-۳. تجزیه شدت انرژی در صنایع چوب و محصولات چوبی

براساس تکنیک ضرب‌پذیری (داده‌های سری زمانی) تفکیک شدت انرژی در صنایع چوب و محصولات چوبی اثرکل بجز در سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ در بقیه سال‌ها کمتر از یک بوده که نشان می‌دهد شدت انرژی در این سال‌ها نسبت به سال پایه ۱۳۷۴ کاهش یافته است. اثر ساختاری صنایع چوب و محصولات چوبی در همه سال‌ها کوچک‌تر از یک بوده و در جهت کاهش اثر کل حرکت کرده است.

صنایع چوب و محصولات چوبی بجز در سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۸۰، ۱۳۸۲ و۱۳۸۳ در بقیه سال‌ها بزرگتر از یک است. اثر شدتی در بیشتر سال‌ها در جهت افزایش اثرکل حرکت کرده است.

جدول-۴. تجزیه شدت انرژی صنایع چوب و محصولات چوبی

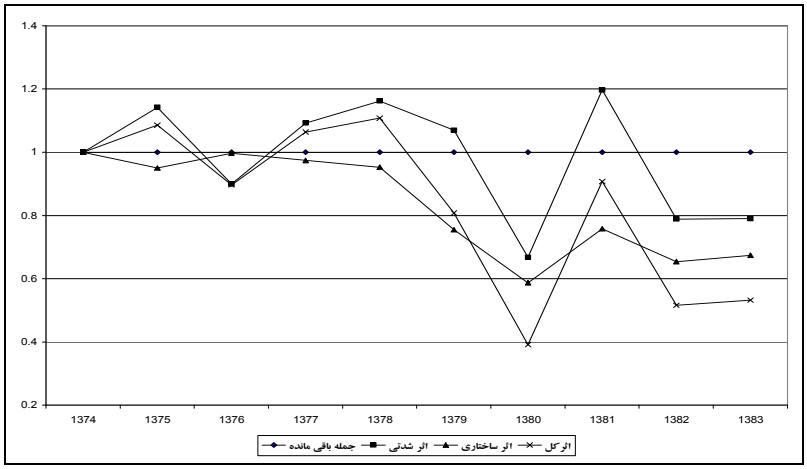
سال	اثرکل	اثر ساختاری	اثر شدتی	جمله باقی مانده
۱۳۷۴	۱	۱	۱	۱
۱۳۷۵	۱/۰۸۵۷۹۴	۰/۹۵۰۴۰۳	۱/۱۴۲۴۵۶۵۶۲	۱
۱۳۷۶	۰/۸۹۶۶۶۶	۰/۹۹۷۱۷۳	۰/۸۹۹۲۰۸۰۱۲	۱
۱۳۷۷	۱/۰۶۴۲۹۸	۰/۹۷۴۰۳۲	۱/۰۹۲۶۷۲۷۸۶	۱
۱۳۷۸	۱/۱۰۷۷۹	۰/۹۵۳۰۴۴	۱/۱۶۲۳۷۰۲۳۳	۱
۱۳۷۹	۰/۸۰۷۵۱۵	۰/۷۵۵۲۷۷	۱/۰۶۹۱۶۳۷۶۱	۱
۱۳۸۰	۰/۳۹۱۶	۰/۵۸۶۹۴۱	۰/۶۶۷۱۸۷۶۱۳	۱
۱۳۸۱	۰/۹۰۷۴۴۲	۰/۷۵۷۹۴۹	۱/۱۹۷۲۳۳۱۹	۱
۱۳۸۲	۰/۵۱۵۶۷۹	۰/۶۵۴۰۹۹	۰/۷۸۸۳۸۰۷۵۳	۱
۱۳۸۳	۰/۵۳۲۴۰۱	۰/۶۷۴۲۳۱	۰/۷۸۹۶۴۱۶۴	۱

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

www.SID.ir

Archive of SID

نمودار-۳.تجزیه شدت انرژی صنایع چوب و محصولات چوبی



۳-۴. تجزیه شدت انرژی صنایع کاغذ، مقوا، چاپ و انتشار

براساس تکنیک ضرب پذیری(داده‌های سری زمانی) تفکیک شدت انرژی در صنایع کاغذ، مقوا، چاپ و انتشار اثرکل بجز در سال ۱۳۸۰ در بقیه سال‌ها بزرگتر از یک است. به این معنا که شدت انرژی در این سال‌ها نسبت به سال پایه افزایش یافته است. اثر ساختاری صنایع کاغذ، مقوا، چاپ و انتشار در همه سال‌ها بجز سال ۱۳۷۹ دارای مقادیرکمتر از یک بوده و به این معنا که این اثر در جهت کاهش اثر کل حرکت کرده است.

اثر شدتی صنایع کاغذ، مقوا، چاپ و انتشار بجز در سال ۱۳۸۰ در سایر سال‌ها بزرگتر از یک بوده است. اثر شدتی در بیشتر سال‌ها بیشترین سهم را در تغییرات اثرکل داشته است.

www.SID.ir

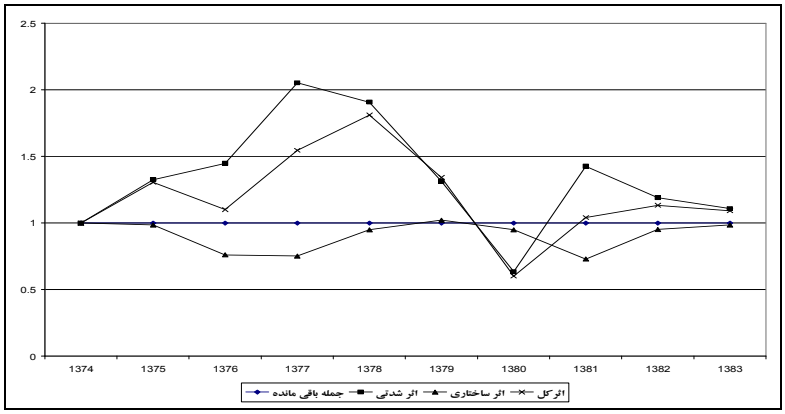
Archive of SID

جدول-۵. شدت انرژی صنایع کاغذ، مقوا، چاپ و انتشار

سال	اثرکل	اثر ساختاری	اثر شدتی	جمله باقی مانده
۱۳۷۴	۱	۱	۱	۱
۱۳۷۵	۱/۳۰۷۸۶۲	۰/۹۸۵۹۶۳	۱/۳۲۶۴۸۱۸	۱
۱۳۷۶	۱/۱۰۱۵۶۶	۰/۷۶۰۷	۱/۴۴۸۰۹۴۹	۱
۱۳۷۷	۱/۵۴۶۵۵۳	۰/۷۵۳۳۰۳	۲/۰۵۳۰۳۰۳	۱
۱۳۷۸	۱/۸۱۲۷۴۴	۰/۹۴۹۹۹۸	۱/۹۰۸۱۵۶۵	۱
۱۳۷۹	۱/۳۴۳۳۶۳	۱/۰۲۲۱	۱/۳۱۴۳۱۵۷	۱
۱۳۸۰	۰/۶۰۳۱۰۸	۰/۹۴۹۶۲۹	۰/۶۳۵۰۹۸۳	۱
۱۳۸۱	۱/۰۴۱۴۷۸	۰/۷۲۹۴۳۷	۱/۴۲۷۷۸۳	۱
۱۳۸۲	۱/۱۳۳۸۴۴	۰/۹۵۲۱۹۱	۱/۱۹۰۷۷۲۸	۱
۱۳۸۳	۱/۰۹۲۴۶۴	۰/۹۸۵۴۶۶۳۱	۱/۱۰۸۵۷۶۱	۱

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

نمودار-۴. شدت انرژی صنایع کاغذ، مقوا، چاپ و انتشار



مأخذ: محاسبات این پژوهش.

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۵. تجزیه شدت انرژی در صنایع شیمیایی

براساس تکنیک ضرب پذیری(داده‌های سری زمانی) تفکیک شدت انرژی در صنایع شیمیایی اثرکل بجز در سال ۱۳۷۵ در بقیه سال‌ها کمتر از یک بوده است. به این معنا که شدت انرژی در این سال‌ها نسبت به سال پایه (۱۳۷۴) کاهش یافته است. اثر ساختاری در صنایع شیمیایی در همه سال‌ها بزرگتر از یک بوده و اثر ساختاری در جهت افزایش اثر کل حرکت کرده است. اثر شدتی در صنایع شیمیایی بجز در سال ۱۳۷۵ در بقیه سال‌ها کمتر از یک بوده و در همه سال‌ها بجز سال ۱۳۷۵، اثر شدتی بیشترین سهم را در تغییرات اثر کل داشته است.

جدول-۶. تجزیه شدت انرژی صنایع مواد شیمیایی

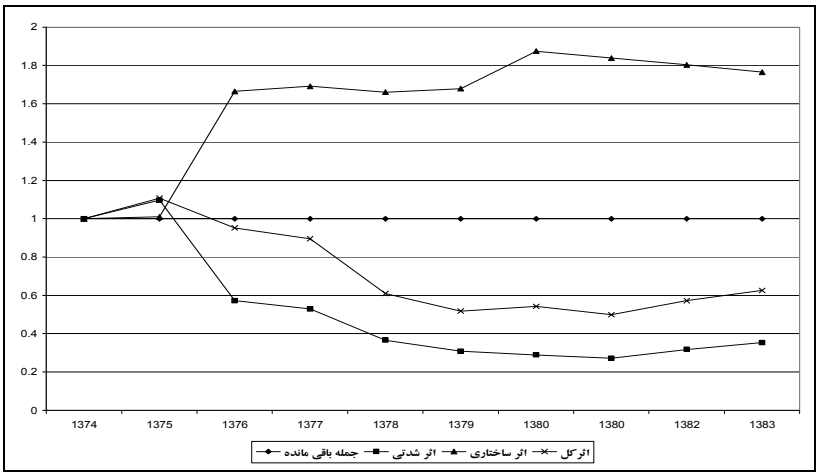
سال	اثرکل	اثر ساختاری	اثر شدتی	جمله باقی مانده
۱۳۷۴	۱	۱	۱	۱
۱۳۷۵	۱/۱۰۷۸۶۹	۱/۰۱۰۲۵۹	۱/۰۹۶۶۱۸	۱
۱۳۷۶	۰/۹۵۲۳۹۴	۱/۶۶۴۳۲۶	۰/۵۷۲۲۴	۱
۱۳۷۷	۰/۸۹۵۹۲۱	۱/۶۹۲۳۳۴	۰/۵۲۹۴	۱
۱۳۷۸	۰/۶۰۹۳۵۶	۱/۶۶۰۲۷	۰/۳۶۷۰۲۲	۱
۱۳۷۹	۰/۵۱۸۲۶۴	۱/۶۷۹۱۲۷	۰/۳۰۸۶۵۱	۱
۱۳۸۰	۰/۵۴۲۷۷۱	۱/۸۷۴۷۲۳	۰/۲۸۹۵۲۱	۱
۱۳۸۱	۰/۴۹۹۰۴۳	۱/۸۳۸۱۱۳	۰/۲۷۱۴۹۷	۱
۱۳۸۲	۰/۵۷۲۴۹۵	۱/۸۰۳۲۲۱	۰/۳۱۷۴۸۵	۱
۱۳۸۳	۰/۶۲۶۰۴۴	۱/۷۶۵۴۳۱	۰/۳۵۴۶۱۲۳	۱

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

www.SID.ir

Archive of SID

نمودار-۵. تجزیه شدت انرژی صنایع مواد شیمیایی



۳-۶. تجزیه شدت انرژی در صنایع کانی‌های غیر فلزی

براساس تکنیک ضرب پذیری(داده‌های سری زمانی) تفکیک شدت انرژی در صنایع کانی‌های غیر فلزی اثرکل در همه سال‌ها بجز سال ۱۳۷۵، ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ کوچکتر از یک بوده است. به این معنا که شدت انرژی در این سال‌ها نسبت به سال پایه۱۳۷۴کاهش یافته است. اثر ساختاری در صنایع کانی‌های غیر فلزی در همه سال‌ها تقریبا یک است. به این معنا که تغییرات اثر ساختاری اثری بر تغییرات اثرکل ندارد. اثر شدتی در صنایع کانی‌های غیر فلزی بجز در سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ در بقیه سال‌ها بزرگتر از یک بوده و در جهت افزایش اثر کل عمل کرده است. اثر شدتی برابر اثر کل بوده و بیشترین سهم را در اثر کل دارد.

www.SID.ir

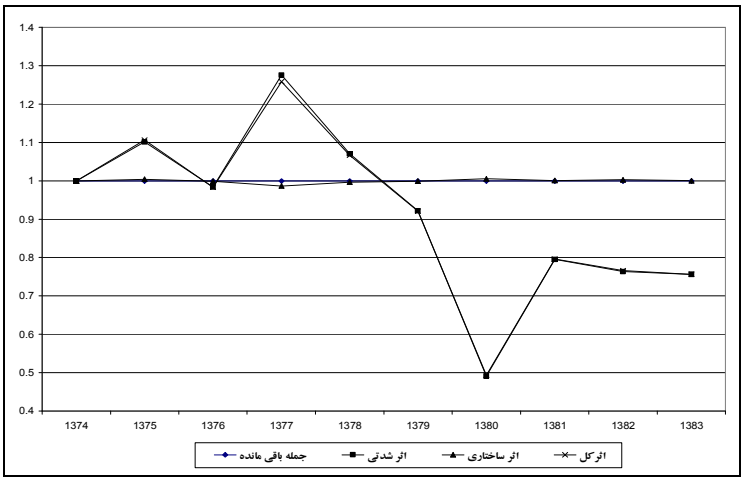
Archive of SID

جدول-۷. تجزیه شدت انرژی صنایع کانی غیر فلزی

سال	اثرکل	اثر ساختاری	اثر شدتی	جمله باقی مانده
۱۳۷۴	۱	۱	۱	۱
۱۳۷۵	۱/۱۰۶۲۳۱	۱/۰۰۴۲۰۷	۱/۱۰۱۵۹۷	۱
۱۳۷۶	۰/۹۸۳۱۶۴	۰/۹۹۹۱۰۵	۰/۹۸۴۰۴۵	۱
۱۳۷۷	۱/۲۵۸۶۹۲	۰/۹۸۶۷۴۶	۱/۲۷۵۵۹۹	۱
۱۳۷۸	۱/۰۶۶۸۲۴	۰/۹۹۶۳۵	۱/۰۷۰۷۳۳	۱
۱۳۷۹	۰/۹۲۱۲۳۸	۰/۹۹۹۳۷۳	۰/۹۲۱۸۱۷	۱
۱۳۸۰	۰/۴۹۳۲۷۱	۱/۰۰۵۰۹۸	۰/۴۹۰۷۶۹	۱
۱۳۸۱	۰/۷۹۵۶۶۴	۱/۰۰۰۷۲۴	۰/۷۹۵۰۸۸	۱
۱۳۸۲	۰/۷۶۵۶۰۷	۱/۰۰۳۱۸۸	۰/۷۶۳۱۷۴	۱
۱۳۸۳	۰/۷۵۶۵۳۳	۱/۰۰۰۱۳۴۶	۰/۷۵۶۴۳۱۲	۱

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

نمودار-۶. تجزیه شدت انرژی صنایع کانی غیر فلزی



www.SID.ir

Archive of SID

۳-۷. تجزیه شدت انرژی در صنایع فلزات اساسی

براساس تکنیک ضرب‌پذیری(داده‌های سری زمانی)تفکیک شدت انرژی درصنایع تولید فلـزات اساسـی اثرکل بجز در سال ۱۳۷۹ در بقیه سال‌هاکوچکتر از یک بوده است. اثر ساختاری در صنایع تولید فلزات اساسی حول وحوش مقدار باقی مانده(یک) است، به این معنا که براساس هر دو تکنیک، اثر سـاختاری سهم ضعیفی در تغییرات اثر کل دارد. اثر شدتی در صنایع تولید فلزات اساسی بجز در سـال ۱۳۷۹ در بقیه سال‌ها کوچک‌تر از یک بوده و در جهت کاهش شدت انرژی نسبت به سال پایه حرکت کرده‌است.

جدول-۸. تجزیه شدت انرژی صنایع فلزات اساسی

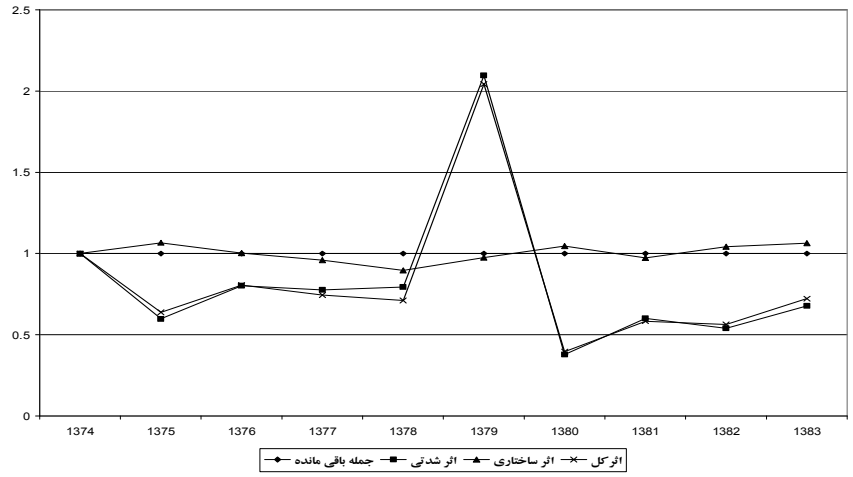
سال	اثرکل	اثر ساختاری	اثر شدتی	جمله باقی مانده
۱۳۷۴	۱	۱	۱	۱
۱۳۷۵	۰/۶۳۸۳۸۳	۱/۰۶۷۴۸۸	۰/۵۹۸۰۲۴	۱
۱۳۷۶	۰/۸۰۶۲۹۲	۱/۰۰۳۸۱۴	۰/۸۰۳۲۲۸	۱
۱۳۷۷	۰/۷۴۵۰۳۶	۰/۹۵۹۱۸۵	۰/۷۷۶۷۳۹	۱
۱۳۷۸	۰/۷۱۰۴۳۸	۰/۸۹۶۲۳۷	۰/۷۹۳۲۰۴	۱
۱۳۷۹	۲/۰۴۴۱۱۷	۰/۹۷۵۴۵۱	۲/۰۹۵۵۶۲	۱
۱۳۸۰	۰/۳۹۵۲۸۹	۱/۰۴۶۴۴۴	۰/۳۷۷۷۴۴	۱
۱۳۸۱	۰/۵۸۴۵۰۵	۰/۹۷۳۷۴۲	۰/۶۰۰۲۶۷	۱
۱۳۸۲	۰/۵۶۳۸۸۱	۱/۰۴۲۶۷۸	۰/۵۴۰۸۰۱	۱
۱۳۸۳	۰/۷۲۲۲۱۱	۱/۰۶۴۳۵۱۲	۰/۶۷۸۵۴۶	۱

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

www.SID.ir

Archive of SID

نمودار-۷. تجزیه شدت انرژی صنایع فلزات اساسی



۳-۸- تجزیه شدت انرژی در صنایع ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزار فلزی

براساس تکنیک ضرب‌پذیری(داده‌های سری زمانی)تفکیک شدت انرژی درصنایع ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزار فلزی اثرکل بجز در سال ۱۳۷۵ در بقیه سال‌ها کوچک‌تر از یک است و به معنی آن است که شدت انرژی در این سال‌ها نسبت به سال پایه ۱۳۷۴، کاهش یافته است. اثر ساختاری در صنایع ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزار فلزی درهمه سال‌ها کمتر از یک است. بدین معنی که اثر ساختاری در جهت کاهش اثر کل حرکت کرده است. اثرشدتی در صنایع ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزار فلزی به‌جز در سال ۱۳۷۵ در تمامی سال‌ها کمتر از یک است و در جهت کاهش اثر کل حرکت کرده است.

جدول-۹. تجزیه شدت انرژی صنایع ماشین‌آلات،تجهیزات و ابزار فلزی

سال	اثرکل	اثر ساختاری	اثر شدتی	جمله باقی مانده
۱۳۷۴	۱	۱	۱	۱
۱۳۷۵	۱/۰۴۷۵۱	۰/۹۶۶۹۶۵	۱/۰۸۳۲۹۶	۱
۱۳۷۶	۰/۶۹۶۵۸۷	۰/۹۹۱۵۳۵	۰/۷۰۲۵۳۳	۱
۱۳۷۷	۰/۸۹۵۴۲۹	۰/۹۷۹۳۲۷	۰/۹۱۴۴۳۳۱	۱
۱۳۷۸	۰/۷۲۲۷۲۸	۰/۹۳۳۹۹۱	۰/۷۷۳۸۰۶	۱
۱۳۷۹	۰/۶۱۰۸۲۹	۰/۸۶۵۰۵۵	۰/۷۰۶۱۱۶	۱

www.SID.ir

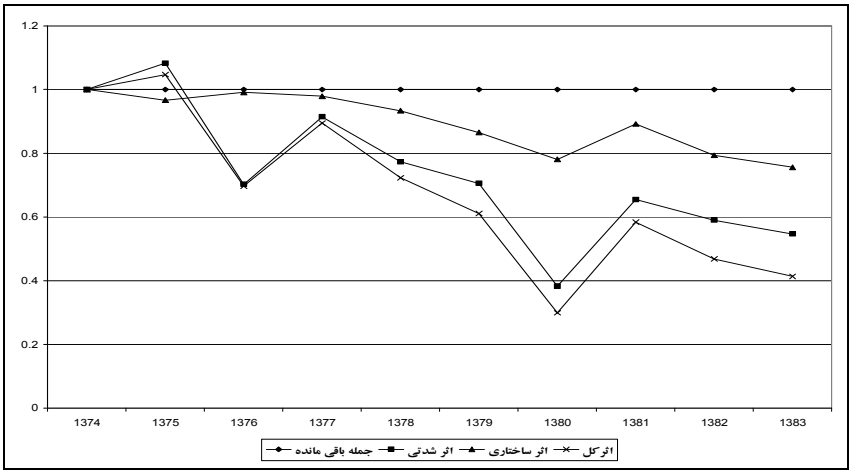
Archive of SID

ادامهٔ جدول-۹. تجزیه شدت انرژی صنایع ماشین‌آلات،تجهیزات و ابزار فلزی

سال	اثرکل	اثر ساختاری	اثر شدتی	جمله باقی مانده
۱۳۸۰	۰/۲۹۹۴۰۵	۰/۷۸۱۳۳۷	۰/۳۸۳۱۹۶	۱
۱۳۸۱	۰/۵۸۴۶۶۴	۰/۸۹۲۰۳۳	۰/۶۵۵۴۲۹	۱
۱۳۸۲	۰/۴۶۸۵۱۵	۰/۷۹۳۶۵۹	۰/۵۹۰۳۲۲	۱
۱۳۸۳	۰/۴۱۳۶۲۸۷	۰/۷۵۶۴۳۱۲	۰/۵۴۶۸۱۶	۱

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

نمودار-۸. تجزیه شدت انرژی صنایع ماشین‌آلات،تجهیزات و ابزار فلزی



۳-۹. تجزیه شدت انرژی در صنایع متفرقه

صنایع متفرقه شامل بازیافت و تولید مصنوعات طبقه‌بندی نشده است. براساس تکنیک ضرب‌پذیری(داده‌های سری زمانی) تفکیک شدت انرژی درصنایع متفرقه اثرکل بجز در سال‌های ۱۳۸۱،۱۳۷۵، ۱۳۸۲و ۱۳۸۳ در بقیه سال‌ها کوچک‌تر از یک است. به این معنی که در این سال‌ها شدت انرژی نسبت به سال پایه (۱۳۷۴) کاهش یافته است. اثرساختاری درصنایع متفرقه درهمه سال‌ها تقریباً یک است. بدین معنی است که اثری خنثی در تغییرات اثرکل دارد. اثر شدتی در صنایع متفرقه در همه سال‌ها بجز ۱۳۷۵، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ کمتر از یک بوده است و بیشترین سهم در تغییرات اثرکل دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول-۱۰. تجزیه شدت انرژی صنایع متفرقه

سال	اثرکل	اثر ساختاری	اثر شدتی	جمله باقی مانده
۱۳۷۴	۱	۱	۱	۱
۱۳۷۵	۱/۰۰۷۳۳۹	۱/۰۰۰۰۰۰۰۶۲	۱/۰۰۷۳۳۹	۱
۱۳۷۶	۰/۶۳۰۰۹۹	۰/۹۹۹۹۹۹۵۴۹	۰/۶۳۰۰۹۹	۱
۱۳۷۷	۰/۷۵۹۸۸	۰/۹۹۹۹۹۹۹۸۲	۰/۷۵۹۸۸	۱
۱۳۷۸	۰/۸۷۸۷۷۷	۱/۰۰۰۰۰۰۰۶۴	۰/۸۷۸۷۷۷	۱
۱۳۷۹	۰/۳۲۸۹۴۱	۱/۰۰۰۰۰۰۰۱۷	۰/۳۲۸۹۴۱	۱
۱۳۸۰	۰/۶۸۴۷۵۵	۰/۹۹۹۹۹۹۸۲۲	۰/۶۸۴۷۵۵	۱
۱۳۸۱	۲/۱۰۵۱۲۳	۱/۰۰۰۰۰۰۰۲۲	۲/۱۰۵۱۲۳	۱
۱۳۸۲	۱/۶۶۷۱۳۷	۰/۹۹۹۹۹۹۹۶۹	۱/۶۶۷۱۳۷	۱
۱۳۸۳	۱/۷۵۶۴۲۱۴	۱/۰۰۰۰۰۰۲۵	۱/۷۵۶۴۲۱	۱

مأخذ: محاسبات این پژوهش.

نمودار-۹. تجزیه شدت انرژی صنایع متفرقه

www.SID.ir

Archive of SID

۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش به تجزیه شدت انرژی پرداختیم. نتایج مجزاسازی شدت انرژی با استفاده از تکنیک ضرب پذیری و رویکرد داده‌های سری زمانی در صنایع نه‌گانه کشور بیانگر این است که اثر شدتی درصنایع نساجی، پوشاک و چرم، صنایع شیمیایی، صنایع تولید فلزات اساسی، صنایع ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزار فلزی و صنایع متفرقه در بیشتر سال‌ها در جهت کاهش اثر کل حرکت‌کرده و در صنایع موادغذایی، آشامیدنی و دخانیات، صنایع چوب و محصولات چوبی، صنایع کاغذ، چاپ و انتشار و صنایع کانی‌های غیرفلزی در بیشتر سال‌ها در جهت افزایش اثر کل حرکت کرده است.

اثر ساختاری در صنایع چوب و محصولات چوبی، صنایع کاغذ، چاپ و انتشار و صنایع ماشین آلات، تجهیزات و ابزار فلزی در بیشتر سال‌ها در جهت کاهش اثر کل بوده و در صنایع موادغذایی، آشامیدنی و دخانیات، صنایع نساجی، پوشاک و چرم و صنایع شیمیایی، صنایع کانی‌های غیرفلزی، صنایع تولید فلزات اساسی و صنایع متفرقه در بیشتر سال‌ها در جهت افزایش اثر کل حرکت کرده است (گفتنی است در صنایع کانی‌های غیر فلزی، صنایع تولید فلزات اساسی و صنایع متفرقه اثر ساختاری هیچ اثری بر شدت انرژی در اکثر سال‌ها ندارد).

با بررسی برآیند اثرات ساختاری و شدتی که اثر کل را تشکیل می‌دهند، اثر ساختاری(تغییر در شدت انرژی ناشی از تغییر در ترکیب ارزش افزوده فعالیت‌های صنعتی) سهم اندکی در تغییرات اثر کل شدت انرژی داشته و اثر شدتی(تغییر شدت انرژی ناشی از تغییر در شدت خالص انرژی مستقل از ترکیب فعالیت‌های صنعتی) بیشترین سهم را در تغییرات اثر کل داشته است. بنابراین، توجه به عوامل مؤثر بر اثر شدتی نظیر پیشرفت تکنولوژی، قیمت حاملهای انرژی، جانشینی حامل‌های انرژی، تغییرکارایی انرژی و مدیریت تقاضای انرژی را باید مد نظر قرار داد تا بتوان از طریق کاهش اثر شدتی، شدت انرژی را در این صنایع کاهش داده و از این طریق باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی این صنایع شد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

حیدری، ابراهیم و صادقی، حسین. (۱۳۸۳). شناخت و بررسی رفتار صرفه جویی انرژی در صنایع ایران. فصلنامه پژوهشهای اقتصادی. شماره ۱۱و۱۲، ص ۵۵-۳۱.

سازمان برنامه و بودجه. آمار کارگاه‌های بزرگ صنعتی کشور. سالهای مختلف.

قاسمی‌نژاد، محمدمهدی.(۱۳۸۴). تحلیل شدت انرژی بخش حمل و نقل ریلی نسبت به حمـل و نقـل جاده‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه اصفهان.

مرکز آمار ایران، کارگاههای بزرگ صنعتی، سال‌های مختلف.

نیلی، مسعود.(۱۳۸۲). خلاصه مطالعات طرح استراتژی توسعه صنعتی کشور، چاپ دوم، تهران: دانشگاه صنعتی شریف، موسسه انتشارات علمی.

وزارت نیرو، ترازنامه انرژی، سال۱۳۸۳.

Ang, B. W. (1993). Sector Disaggregation Structural Change and Industrial Energy consumption:An Approach to Analyze The Interrlationship. Energy Economics,Vol10 ,pp.1032-1044.

Ang, B. W. (1994). Decomposition of Industrial Energy Consumption;The Energy Intensity Approach .Energy Economics,Vol 16 ,pp.163-174.

Ang, B. W., P.W.Lee(1994). Decomposition of Industrial Energy Consumption;Some Methodological and Application Issues.Energy Economic,Vol 16,pp083-92.

Ang, B. W.(1995).Multilevel Decomposition of Industrial Energy Consumption. Energy Economics,Vol 17 ,pp. 39-51.

Ang, B. W., Zhang F.Q(2000). A Survey of Index Decomposition Analysis in Energy and Enviromental Studies. Energy, Vol.25, pp.1149-1176.

Ang, B. W., F.L.Liu and H.S.Chung(2004).Generalized Fisher Index Approach to Energy Decomposition Analysis. Energy Economics,Vol.26 ,pp.757-763.

Boyd, A.G., Roop.M.J., (2002). A Note on the Fisher Index Decomposition for Structural Change in Energy Intensity. Energy Journal . Vol25, No .1.

Choi, k.h., B.W. Ang.(2003). Decomposition of Aggregate Energy Intensity change in Two Measures:Ratio and Difference. Energy Economics, Vol.25 ,pp.615-624.

Dumagan, j.,(2002). Comparing the superlative Tornqvist and Fisher Ideal Index. . Economics Letters. Vol 76, pp.251-258.

Douglas Gardner (1993). Industrial Energy Use in Ontario from 1962 to 1984. Energy Economics,Vol.15 ,pp.25-32.

Fisher, F.M., Shell, K. (1998). Economic Analysis of Production Price Indices. Cambridge University Press. Cambridge.UK.

www.SID.ir

Archive of SID

Fisher, F.M., Shell, K. (1972). The Economic Theory of Price Indices. Academic Press, New York.

Gardner, Elkhafif,A.T. (1993).Understanding Industrial Energy Use: Structural and Energy Intensity Change in Ontario. Energy Economics,Vol.20 ,pp.29-41.

Hallerbach, w.(2005). An Alternative Decomposition of The Fisher Index. Economics Letters. Vol86, pp.147-152.

Huang (1993). Industrial Energy Use and Structural Change: A Case Study of the Peoples Republic of China. Energy Economics,Vol15 ,pp. 131-136.

Chung, H.S., Rhee, H.C., (2001). A Residual- Free Decomposition of the Source of Carbon Dioxide Emissio. Energy. Vol.26, P.p 15-30.

Liu, F.L. and B. W. Ang (2003). Eight Methods for Decomposiotion the Aggregate Energy Intensity of Industry. Applied Energy. Vol.76, pp. 15-23.

www.SID.ir

Archive of SID

پیوست ۱

در زیر اثبات می‌شود در تجزیه شدت انرژی توسط شاخص فیشر با استفاده از تکنیک ضرب پذیری مقدار باقی‌مانده یک است و تجزیه به صورت کامل انجام می شود.

$$I_t = \frac{E_t}{Y_t} = \sum_i \frac{E_{i,t}}{Y_{i,t}} * \frac{Y_{i,t}}{Y_t} = \sum_i I_{i,t} S_{i,t}$$

شاخص شدت انرژی:

$$\frac{\frac{E_T}{Y_T}}{\frac{E_0}{Y_0}} = \frac{\sum_i S_{i,T} I_{i.T}}{\sum_i S_{i,0} I_{i.0}}$$

برای شاخص ایده‌آل فیشر

$$F_{str} = (L_{str} * Pa_{str})^{1/2}$$

$$F_{\text{int}} = (L_{\text{int}} * Pa_{\text{int}})^{1/2}$$

که در آن:

F_{str}: شاخص فیشر اثر ساختاری، L_{str}: شاخص لاسپیرز اثر ساختاری، Pa_{str}: شاخص پاشه اثر ساختاری،

F_{int}: شاخص فیشر اثر شدتی، L_{int}: شاخص لاسپیرز اثر شدتی، pa_{int} : شاخص پاشه اثر شدتی،

و بنابراین :

$$F_{tol} = F_{str} * F_{\text{int}} = \{(L_{str} * Pa_{str})(L_{\text{int}} * Pa_{\text{int}})\}^{1/2}$$

$$= \left\{ \left(\frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,0}}{\sum_i S_{i,0} I_{i,0}} * \frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,0} I_{i,T}} \right) \left(\frac{\sum_i S_{i,0} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,0} I_{i,0}} * \frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,T} I_{i,0}} \right) \right\}^{1/2} = \left(\frac{\sum_i S_{i,T} I_{i,T}}{\sum_i S_{i,0} I_{i,0}} \right)$$

بنابراین، با استفاده از شاخص فیشر تجزیه به صورت کامل انجام می‌شود و باقی‌مانده یک می‌باشد (Boyd & Roop، ۲۰۰۴).

www.SID.ir

Archive of SID

پیوست ۲

ارزش افزوده و مصرف انرژی بخش صنعت

جدول-۶. مصرف انرژی (پتا ژول)

فعالیت	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳
صنعت	۴۶۲/۴۶	۵۱۹/۴۳	۵۵۱/۷۹	۵۸۳/۸۴	۵۶۱/۱۱	۸۹۶/۶۸	۶۴۱/۴۹	۵۵۲/۵۴	۶۳۵/۳۹	۷۲۸/۳۸
صنایع موادغذایی،آشامیدنی و دخانیات	۳۶/۸۹	۴۱/۸۵۷	۵۳/۲۵	۶۲/۴۶۶	۷۰/۵۶۵	۵۶/۹۸۴	۶۰/۰۷۸	۶۳/۰۷۳	۷۲/۰۷۲	۶۷/۰۱
صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۲۳/۷۱۱	۲۱/۵۴۴	۱۹/۳۰۹	۱۹/۲۵۴	۱۹/۷۶۶	۱۸/۹۰۹	۱۷/۰۲	۱۵/۱۷۵	۱۴/۴۱۷	۱۳/۹۰۱
صنایع چوب و محصولات چوبی	۲/۱۳۳۲	۲/۲۲۵۹	۲/۳۳۸۷	۲/۵۷۴۹	۲/۵۶۶۲	۲/۶۱۷۱	۱/۹۵۶۵	۲/۶۰۱۷	۱/۹۳۴۷	۲/۱۶
صنایع کاغذ و مقوا	۶/۴۲۸۶	۸/۱۶۱۳	۶/۶۸۱۸	۹/۵۹۴۴	۱۰/۸۸۹	۹/۵۵۷۳	۱۳/۸۳۷	۸/۵۳۲۹	۷/۹۶۹۲	۸/۱۶۲
صنایع شیمیایی	۱۲۴/۷۶	۱۶۰/۹۷	۱۸۷/۷۹	۱۹۲/۱۲	۱۶۸/۷۳	۱۵۲/۵	۲۳۳	۱۶۰/۸۳	۱۸۴/۵۵	۲۶۱/۷۷
صنایع محصولات کانی غیر فلزی	۱۰۶/۸۲	۱۲۳/۶۴	۱۲۲/۱۳	۱۵۳/۲۶	۱۴۶/۰۴	۱۵۲/۱	۱۴۷/۷۳	۱۴۹/۶	۱۷۲/۱۹	۱۶۶/۵۱۱
صنایع تولید فلزات اساسی	۱۴۴/۴۶	۱۳۹/۳۶	۱۴۱/۲	۱۲۳/۰۷	۱۲۲/۵۳	۴۸۱/۳۳	۱۴۵/۵۱	۱۲۶/۶۵	۱۵۵/۸۷	۱۷۵/۶۹
صنایع ماشین آلات، تجهیزات و ابزار فلزی	۱۷/۱۲۱	۲۱/۵۱۹	۱۸/۹۵۳	۲۱/۳۷۱	۱۹/۸۷۱	۲۴/۱۸۳	۲۲/۱۹۳	۲۵/۶۳۹	۲۶/۰۷۹	۳۲/۹۳۰
صنایع متفرقه	۰/۱۴۲۹	۰/۱۵۳۲	۰/۱۳۸۴	۰/۱۲۲۳	۰/۱۶۵۳	۰/۱۳۴۳	۰/۱۶۹۸	۰/۴۳۸۶	۰/۳۱۰۴	۰/۲۴۹۱

مأخذ: مرکز آمار ایران، آمار کارگاه‌های صنعتی ۵۰ نفر کارکن وبیشتر طی سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۸۳

www.SID.ir

Archive of SID

جدول-۷. ارزش افزوده به قیمت ثابت ۱۳۷۹ (میلیارد ریال)

فعالیت	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳
صنعت	۴۰۲۲۶	۴۶۶۲۸	۵۳۰۵۹	۵۱۵۸۸	۵۹۷۹۸	۶۸۱۳۹	۱۱۴۶۲۸	۸۷۳۵۱	۸۶۰۸۰	۱۶۳۶۷۰/۵۷
صنایع موادغذایی،آشامیدنی و دخانیات	۵۵۵۰/۳	۵۵۹۸/۱	۵۹۰۲	۶۳۷۱/۷	۷۱۰۲	۶۵۰۹/۶	۹۹۹۰/۴	۸۸۶۵/۷	۷۵۰۲/۳	۱۲۷۷۰/۸۶
صنایع نساجی،پوشاک و چرم	۴۶۲۳	۴۲۴۷/۹	۴۳۸۵/۵	۳۵۳۹/۱	۳۵۶۹/۳	۳۵۱۵/۲	۴۲۲۳/۶	۳۷۷۰/۶	۳۱۷۱/۷	۵۳۷۱/۲۷
صنایع چوب و محصولات چوبی	۳۷۲/۶	۳۵۸/۰۶	۴۵۵/۵۷	۴۲۲/۵۸	۴۰۴/۶۳	۷۲۸/۶۹	۸۷۲/۶۶	۵۷۲/۵۸	۶۵۵/۳۲	۱۰۶۲/۵
صنایع کاغذ و مقوا	۱۱۸۲/۲	۱۱۴۷/۶	۱۱۱۵/۵	۱۱۴۰/۸	۱۱۰۴/۶	۱۳۰۸/۳	۱۷۲۱/۲	۱۷۲۲/۷	۱۲۹۲/۵	۱۹۹۰/۵۶
صنایع شیمیایی	۹۳۳۱/۴	۱۰۸۶۷	۱۴۷۴۸	۱۶۰۳۹	۲۰۷۱۰	۲۲۰۰۸	۳۲۱۰۸	۲۷۵۶۰	۲۴۱۱۲	۴۸۴۳۶/۷۴

www.SID.ir

Archive of SID

ادامهٔ جدول-۷. ارزش افزوده به قیمت ثابت ۱۳۷۹ (میلیارد ریال)

فعالیت	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳
صنایع محصولات کانی غیر فلزی	۳۷۲۷/۴	۳۹۰۰	۴۳۳۴/۵	۴۲۴۸/۸	۴۷۷۶/۸	۵۷۶۱/۲	۱۰۴۵۱	۷۵۰۱/۵	۷۸۴۷/۹	۱۴۴۰۰/۰۹
صنایع تولید فلزات اساسی	۶۴۰۲/۳	۹۶۷۵/۱	۷۷۶۱/۴	۷۳۲۱/۱	۷۶۴۴	۱۰۴۳۶	۱۶۳۱۴	۱۰۹۸۰	۱۲۲۵۱	۳۰۸۵۵/۵۸
صنایع ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزار فلزی	۸۹۶۹/۴	۱۰۷۶۲	۱۴۲۵۴	۱۲۴۲۹	۸۹۱۵/۵	۱۹۱۷۳	۳۸۸۳۱	۲۶۲۶۶	۲۶۱۶۰	۴۱۶۰۸/۸۵
صنایع متفرقه	۶۷/۰۸۱	۷۱/۳۵۳	۱۰۳/۰۹	۷۵/۵۵۵	۸۱/۲۹	۱۹۱/۶۷	۱۱۶/۳۸	۱۱۱/۷۹	۸۷/۳۹۶	۱۷۲/۶۰

مأخذ: مرکز آمار ایران، آمار کارگاه‌های صنعتی ۵۰ نفر کارکن و بیشتر طی سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۸۳.

www.SID.ir