

بررسی سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی با استفاده از روش مجزاسازی انرژی (مطالعه‌ی موردی شرکت‌های پگاه فارس، تهران و اصفهان)

بیژن باصری

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، bbaseri@gmail.com

شهاب درخشانیان

کارشناس مسئول صادرات شرکت شیر پاستوریزه پگاه فارس،

shahab_derakhshanian@yahoo.com

سعیده شفیعی

کارشناس دفتر مطالعات و تحقیقات مالیاتی سازمان امور مالیاتی کشور، s.sh1362@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۹/۴/۴

چکیده

این مقاله به تجزیه‌ی تغییر در مصرف انرژی در شرکت‌های پگاه فارس، تهران و اصفهان می‌پردازد. برای این مهم از داده‌های مصرف نهایی انرژی و میزان تولیدات شرکت‌های مورد مطالعه طی دوره‌ی زمانی ۱۳۸۶-۱۳۷۵ استفاده شده است. مدل مورد استفاده در این تحقیق، روش مجزاسازی انرژی (LMDI) است، که تغییر در مصرف انرژی نهایی را به اثرات ساختاری، تولیدی و شدت انرژی خالص تجزیه می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که از کل تغییر در مصرف نهایی انرژی، اثرات ساختاری و تولیدی، مثبت و اثر شدت انرژی خالص منفی بوده است، به طوری که اثر ساختاری در شرکت پگاه فارس به طور متوسط ۱۸۴/۰۶ واحد، تهران ۲۳۹/۴۱ و اصفهان ۱۰۷/۴۲ واحد و اثر تولیدی فارس ۴۱۴/۱۸ واحد، تهران ۵۵۳/۱ و اصفهان ۳۱۴/۳۹ واحد از تغییر در مصرف نهایی انرژی را توضیح می‌دهند. هم‌چنین اثر شدت انرژی خالص فارس به طور متوسط ۵۰۸/۲۶- واحد، تهران ۶۸۰/۰۸- واحد و اصفهان ۳۴۷- واحد از تغییر در مصرف نهایی انرژی را توجیه می‌کند.

طبقه بندی JEL: D21, Q41, Q7

کلید واژه: روش مجزاسازی انرژی، اثر ساختاری، اثر تولیدی، اثر شدتی، شرکت پگاه.

۱- مقدمه

اهمیت روزافزون منابع انرژی در شکل‌گیری و رشد اقتصادی و هم‌چنین ضرورت بهره‌برداری از این منابع بر پایه‌ی ملاحظات زیست‌محیطی و توسعه‌ی پایدار اقتصادی و اجتماعی، موضوع مطالعات روند تحولات ساختار سیستم انرژی، بررسی نوسانات مصرف انرژی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی را به عنوان مسئله‌ی مهم و شایان توجه سیاست‌گذاران بخش انرژی در دنیا مطرح کرده است. مصرف نهایی انرژی را می‌توان در بخش صنعت به عواملی از جمله سطح تولید، شدت انرژی و ترکیب تولید کالاها، صنعتی مربوط دانست. همراه با افزایش سطح تولید، افزایش در مصرف حامل‌های انرژی اجتناب‌ناپذیر است، بنابراین باید بحث صرفه‌جویی در مصرف را برآمده از دو عامل شدت انرژی و ترکیب تولیدات صنعتی دانست. صنعت لبنیات به عنوان زیر مجموعه‌ای از صنایع مواد غذایی، به علت شرایط بیولوژی فرآورده‌های لبنی و شرایط خاص نگهداری و فرآوری از سایر بخش‌های صنایع غذایی متمایز شده و از اهمیت خاصی در زمینه‌ی بهینه‌سازی برخوردار است. صنایع لبنی به دلیل رعایت اصول بهداشت، به طور کامل صنایع انرژی‌بری بوده و کم‌تر از نیروی کار در آن‌ها استفاده می‌شود، از این رو بهینه‌سازی انرژی در این صنعت از اهمیت بسیاری برخوردار است.

شدت انرژی به معنی میزان مصرف حامل‌های انرژی به ازای هر واحد فعالیت (تولید یا ارزش افزوده) می‌باشد. با توجه به این تعریف، شدت انرژی، شاخص وابستگی تولید به نهاده‌ی انرژی است و به عواملی از جمله فن آوری، کارآمدی تجهیزات مصرف‌کننده‌ی انرژی و هم‌چنین مدیریت تقاضای انرژی مربوط می‌شود. هرگونه بهبودی در این عوامل، منجر به کاهش شدت انرژی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در یک سطح مشخص تولید خواهد شد. در این مقاله ترکیب تولیدات بر حسب میزان انرژی‌بری زیربخش‌های تولیدی تعریف می‌شود. میزان نسبی شدت انرژی محصول تولیدی هر زیربخش، معیار مستقیم انرژی‌بری آن زیربخش است. زیربخش‌ها را می‌توان بر حسب میزان شدت انرژی آن‌ها به دو گروه انرژی‌بری بالا و انرژی‌بری پایین طبقه‌بندی کرد.^۱ روش انجام تحقیق براساس الگوی تجزیه یا مجزا سازی^۲ است، که این الگو از رویکرد ریاضی و

۱- با گذشت زمان و همراه با بهبود سهم زیر بخش‌های با انرژی‌بری بالا، در مجموع فعالیت‌های صنعتی با تشدید در مصرف انرژی مواجه خواهد شد. نقطه‌ی مقابل این وضعیت، منجر به صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود.

2- Decomposition.

محاسباتی داشته و به تفکیک اجزا و عناصر تغییر در مصرف انرژی و استخراج اثرات هر کدام می‌پردازد. روش تجزیه به طور گسترده‌ای در تحلیل‌های عددی، برای محاسبه و تفکیک اجزا و عوامل تغییر در یک متغیر در طول زمان یا بین دوره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش به تجزیه‌ی آثار عوامل مؤثر بر مصرف نهایی انرژی اشاره دارد و در مطالعات اقتصاد انرژی حائز اهمیت فراوان است. بر اساس این روش تغییر کل مصرف انرژی در سطح مورد مطالعه به مجموع سه اثر شامل، اثر ساختاری^۱، اثر تولیدی^۲ یا فعالیت^۳ و اثر شدت خالص^۴ تجزیه می‌شود، که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود. پس از مقدمه در بخش دوم به بررسی اجمالی پیشینه‌ی تحقیق و مطالعات انجام شده پرداخته می‌شود. سپس مبانی نظری موضوع و روش‌های بهینه‌سازی انرژی در بخش ۳، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش ۴، نتایج تحقیق بر اساس میزان مصرف انرژی و شاخص‌های بهینه‌سازی هر یک از سه شرکت به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و در پایان به مقایسه‌ی آن‌ها پرداخته شده است. بخش ۵، که در برگزیده نتیجه‌گیری است، پایان بخش مقاله می‌باشد.

۲- پیشینه‌ی تحقیق

مطالعات گوناگون داخلی و خارجی بسیاری در ارتباط با بررسی نوسانات مصرف انرژی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی انجام گرفته است. ژانگ^۵ (۲۰۰۳)، دلیل کاهش شدت انرژی در صنایع چین در دهه‌ی ۱۹۹۰ را با استفاده از روش مجزاسازی بررسی کرده است. نتایج مجزاسازی برای صنایع چین نشان‌گر این است که شرکت‌کننده‌ی اصلی در کاهش مصرف انرژی صنعتی در دهه‌ی ۱۹۹۰، کاهش در شدت انرژی واقعی بود و این نشان می‌دهد که روند کاهشی شدت انرژی واقعی در دهه‌ی ۱۹۸۰، در دهه‌ی ۱۹۹۰ نیز ادامه داشته است.

ژا، ژو و دینگ^۶ (۲۰۰۷)، برای بررسی شدت انرژی در بخش صنعت چین، از ۳۶ زیربخش صنعت با داده‌های ارزش‌افزوده و مصرف نهایی انرژی و با استفاده از روش

1- Structural Effect.
2- Production Effect.
3- Activity Effect.
4- Net Intensity Effect .
5- Zhong .
6- Zha, Zhou and Ding.

مجازسازی انرژی برای تجزیه‌ی شدت انرژی و برای دوره‌ی زمانی ۲۰۰۳-۱۹۹۳ استفاده کرده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که اثر ساختاری کم‌تر از اثر شدت بوده و تا ۱۹۹۸ سال به سال کاهش یافته اما از سال ۱۹۹۹ به بعد روند ثابتی به خود گرفته است. اثر شدت در کل دوره‌ی نمونه کاهش پیدا کرده است. بیش‌ترین سهم از اثر ساختاری و اثر شدت مربوط به زیربخش‌های تجهیزات الکتریکی، مکانیک و محصولات شیمیایی و کم‌ترین سهم مربوط به صنایع تولید و عرضه‌ی گاز، فرآورده‌های نفتی و زغال سنگ می‌باشد.

ما و استرن^۱ (۲۰۰۸)، روند تغییر شدت انرژی در کشور چین را بررسی کرده‌اند. در این تحقیق نیز از روش LMDI^۲ (که یکی از روش‌های مجازسازی است) برای دوره‌ی زمانی ۲۰۰۳-۱۹۸۰ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که ۱- تغییر تکنولوژیکی به عنوان مشارکت‌کننده در کاهش شدت انرژی تأیید می‌شود. ۲- تغییر ساختاری در صنعت و بخش‌های زیرمجموعه‌ی صنعت، شدت انرژی را طی دوره‌ی ۲۰۰۳-۱۹۸۰ افزایش داده است، هرچند که تغییر ساختاری در صنعت در دهه‌ی ۱۹۸۰ متفاوت از تغییر ساختاری در دوره‌ی بعد از ۱۹۹۰ می‌باشد. ۳- تغییر ساختاری در بردارنده‌ی انتقال تولید بین زیربخش‌های در مجموع شدت انرژی را کاهش داده است. ۴- افزایش در شدت انرژی از سال ۲۰۰۰ با پیشرفت تکنولوژیکی منفی توضیح داده می‌شود. ۵- جانشینی میان حامل‌ها به عنوان مشارکت‌کننده در تغییر شدت انرژی شناخته می‌شود.

ساندو و سید^۳ (۲۰۰۸)، روند شدت انرژی در صنایع استرالیا را با استفاده از روش مجازسازی LMDI برای دوره‌ی زمانی بین ۲۰۰۶-۲۰۰۵ و ۱۹۹۰-۱۹۸۹ مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بدون تغییر در ساختار و شدت انرژی خالص، رشد فعالیت به تنهایی سبب شده است مصرف انرژی در طول دوره‌ی ۷۵۹ پتاژول افزایش پیدا کند. تغییرات ساختاری از فعالیت‌های انرژی بر به سمت فعالیت‌های با انرژی‌بری کم‌تر، سبب کاهش مصرف انرژی به اندازه‌ی ۱۷۰

1- Ma and Stern.

2- Logarithmic Mean Divisia Index.

3- Sandu and Syed .

پتاژول شده است. هم چنین نتایج نشان می‌دهد که تغییرات در شدت انرژی خالص کاهش مصرف انرژی به اندازه‌ی ۳ پتاژول در استرالیا را به دنبال داشته است.

حیدری (۱۳۸۴)، پیش بینی تقاضای انرژی در اقتصاد ایران با استفاده از روش تجزیه را انجام داد. در این تحقیق میزان تقاضا یا مصرف نهایی حامل‌های سه‌گانه‌ی انرژی در بخش‌های تولیدی اقتصاد ایران شامل بخش صنعت، کشاورزی، خدمات و حمل و نقل، با استفاده از یک الگوی تجزیه و برای یک دوره‌ی ۱۵ ساله در قالب سه گزینه نرخ رشد تولید بالا، پایین و روند، پیش بینی شده است. نتایج پیش بینی تقاضای برق و گاز طبیعی نشان می‌دهد که در هر سه گزینه در طول سال‌های مورد پیش‌بینی، با تشدید مصرف ناشی از عوامل ساختاری و شدت انرژی مواجه هستیم. نتایج، نشان‌دهنده‌ی صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ی مصرف فرآورده‌های نفتی ناشی از کاهش شدت انرژی در گزینه‌های اول و دوم است.

شریفی و همکاران (۱۳۸۵)، تجزیه‌ی شدت انرژی در صنایع کشور طی دوره‌ی زمانی ۱۳۸۲-۱۳۷۴ را مورد بررسی قرار داده‌اند. این تحقیق به تجزیه‌ی شدت انرژی (به دو اثر ساختاری و شدتی) در کل صنعت و صنایع نه‌گانه‌ی ایران با استفاده از شاخص ایده‌آل فیشر و دو تکنیک جمع‌پذیری و ضرب‌پذیری با دو رویکرد داده‌های دو دوره‌ای و سری‌زمانی می‌پردازد. تجزیه‌ی شدت انرژی بر اساس داده‌های سری‌زمانی طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۲ انجام گرفته و تجزیه بر اساس داده‌های دو دوره‌ای به منظور بررسی شدت انرژی طی برنامه‌های دوم (۱۳۷۸-۱۳۷۴) و سوم (۱۳۸۲-۱۳۷۹) توسعه‌ی اقتصادی-اجتماعی و فرهنگی انجام شده است. نتایج تجزیه با تکنیک جمع‌پذیری و ضرب‌پذیری در همه‌ی موارد یکسان است و در کل صنعت و بیش‌تر صنایع نه‌گانه اثر ساختاری دارای سهم اندکی در تغییرات اثر کل شدت انرژی بوده و اثر شدتی، سهم غالبی 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.

ستاری و عوامی (۱۳۸۶)، ارزیابی فرصت‌های صرفه‌جویی مصرف انرژی در صنعت سیمان ایران را برای سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۸۳ انجام داده‌اند. نتایج حاصل از ممیزی انرژی نشان می‌دهد که ۲۲۳/۵ میلیون کیلو وات ساعت برق و ۱۶۸ میلیون لیتر معادل نفت کوره انرژی حرارتی در سال پتانسیل صرفه‌جویی انرژی برآورد شده است که به طور

کلی سالانه ارزش اقتصادی صرفه جویی در مصرف انرژی در این صنعت برابر ۵۰/۷ میلیون دلار می‌باشد و این کار از طریق بهبود فرایند، مدیریت تولید و معرفی تکنولوژی‌های جدید ممکن می‌شود.

با توجه به مطالعات انجام‌گرفته و اهمیت حیاتی انرژی در اقتصاد کشور، هدف اصلی این مقاله، بررسی عوامل مؤثر در فرایند تغییر مصرف انرژی در شرکت پگاه می‌باشد. به-همین منظور تغییر در مصرف انرژی شرکت‌های پگاه فارس، تهران و اصفهان در دوره‌ی مورد بررسی، به سه عامل رشد تولید، تغییر در ترکیب فعالیت‌ها (تغییر ساختاری) و شدت بخشی تجزیه می‌شود.

۳- مبانی نظری

از اوایل دهه‌ی ۱۹۸۰، روش‌های مجزاسازی به طور گسترده‌ای در تحلیل‌های انرژی صنایع و نیز ارزیابی و بررسی سیاست‌های انرژی و هم‌چنین کمی کردن اثرات تغییرات ساختاری، شدت انرژی بخشی و تغییرات در حجم فعالیت در تولید صنایع مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. کارشناسان اقتصاد انرژی دریافته‌اند که تغییرات در ترکیب تولید یک صنعت می‌تواند اثر عمده‌ای بر شدت انرژی صنعت که نسبت مصرف کل انرژی صنعت به تولید کل آن است، داشته باشد. به عنوان مثال کاهش در شدت انرژی کل ممکن است ناشی از کاهش در شدت انرژی بخشی نباشد و به واسطه‌ی تغییرات ساختاری در تولید از صنایع انرژی‌بر بالا (به عنوان مثال آهن، فولاد و صنایع شیمیایی) به صنایع با انرژی‌بری پایین (محصولات الکتریکی و تجهیزات حمل و نقل) باشد. مجزاسازی انرژی با استفاده از روش‌هایی انجام می‌شود که می‌توانند جمع‌پذیر^۱ یا ضرب‌پذیر^۲ باشند. فرض کنید صنایع کارخانه‌ای در اقتصاد به n زیرمجموعه تقسیم می‌شود و داده‌های مربوط به مصرف انرژی نهایی و ارزش‌افزوده‌ی (با حجم تولید) آن‌ها در دسترس باشند. زیرنویس‌های 0 و T ، مقادیر متغیرها را در سال‌های 0 و T نشان می‌دهند که مصرف انرژی بر حسب یک واحد مشترک مثل بشکه معادل نفت خام و میزان تولید بر حسب واحدی مثل تن یا بر حسب واحد پولی مثل دلار بیان می‌شوند،

1- Additive.
2- Multiplicative.

تا در هنگام محاسبه و تجزیه و تحلیل نتایج مشکلی به وجود نیاید. برای بیان روش مجزاسازی به صورت ذیل عمل می‌شود:

کل انرژی مصرفی را V در نظر بگیرید. فرض کنید n عامل وجود دارد که در تغییر V مشارکت دارند و هر کدام با یک متغیر قابل اندازه‌گیری همراه هستند که به موجب آن n متغیر x_1, x_2, \dots, x_n وجود دارد. زیرنویس i را به عنوان زیرگروهی از کل، که باید مطالعه شود در نظر بگیرید. در سطح زیرگروه رابطه‌ای به صورت $V_i = x_{1,i} x_{2,i} \dots x_{n,i}$ برقرار است. بر این اساس، شاخص عمومی تحلیل مجزاسازی¹ (IDA) به صورت زیر بیان می‌شود:

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

کل تغییرات از $V^* = \sum_i x_{1,i}^* x_{2,i}^* \dots x_{n,i}^*$ در زمان صفر، به

نسبت زیر مجزاسازی می‌شود: $V^T = \sum_i x_{1,i}^T x_{2,i}^T \dots x_{n,i}^T$ در زمان T می‌باشد. در روش مجزاسازی ضرب‌پذیر،

$$D_{tot} = V^T / V^* = D_{x_1} D_{x_2} \dots D_{x_n} \quad (2)$$

که در آن کل تغییر در انرژی به n عامل تجزیه می‌شود، اما در روش مجزاسازی جمع‌پذیر، تفاضل زیر مجزاسازی می‌شود:

$$\Delta V_{tot} = V^T - V^* = \Delta V_{x_1} + \Delta V_{x_2} + \dots + \Delta V_{x_n} \quad (3)$$

زیرنویس tot به کل تغییرات اشاره می‌کند و جملات سمت راست نیز اثرات همراه با عامل مربوطه در معادله‌ی (1) را به دست می‌دهد. با توجه به متغیرهای معرفی شده در بالا روش تجزیه دیویژیا به صورت زیر ارائه می‌شود:

روش میانگین لگاریتمی شاخص دیویژیا (LMDI I)

این روش بر اساس تغییرات کل مصرف انرژی برای اثرات عامل k به صورت ذیل بیان می‌شود:

$$D_{x_k} = \exp \left(\sum_i \frac{L(V_i^T, V_i^*)}{L(V^T, V^*)} \ln \left(\frac{x_{k,i}^T}{x_{k,i}^*} \right) \right) \\ = \exp \left(\sum_i \frac{(V_i^T - V_i^*) / (\ln V_i^T - \ln V_i^*)}{(V^T - V^*) / (\ln V^T - \ln V^*)} * \ln \left(\frac{x_{k,i}^T}{x_{k,i}^*} \right) \right), \quad (4)$$

$$\Delta V_{x_k} = \sum_i L(V_i^T, V_i^*) \ln \left(\frac{x_{k,i}^T}{x_{k,i}^*} \right) \\ = \sum_i \frac{V_i^T - V_i^*}{\ln V_i^T - \ln V_i^*} \ln \left(\frac{x_{k,i}^T}{x_{k,i}^*} \right) \quad (5)$$

که در حالت کلی مدلی n عاملی از LMDI برای مجزاسازی مصرف انرژی به دست می‌دهد. از این مدل عمومی می‌توان برای مجزاسازی مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و صنایع مختلف طبق شرایط موجود به کار برد که یک مورد از این کاربردها در ادامه توضیح داده می‌شود. تغییرات در مصرف انرژی صنایع ممکن است با کمی کردن اثرات تغییرات در سه عامل مختلف مورد مطالعه قرار گیرد: کل فعالیت صنعت (اثر فعالیت)، ترکیب فعالیت (اثر ساختاری) و شدت انرژی بخشی (اثر شدتی). برای بخش صنعتی به عنوان زیرگروهی از کل، معادله‌ی (۱) به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$E = \sum_i E_i = \sum_i Q \frac{Q_i}{Q} \frac{E_i}{Q_i} = \sum_i Q S_i I_i, \quad (6)$$

E کل مصرف انرژی در صنعت، Q کل فعالیت صنعت و S_i و I_i به ترتیب سهم فعالیت و شدت انرژی بخش i می‌باشد. از معادلات (۲) و (۳) داریم:

$$D_{tot} = E^T / E^* = D_{act} D_{str} D_{int} \quad (7)$$

$$\Delta E_{tot} = E^T - E^* = \Delta E_{tot} = \Delta E_{act} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int} \quad (8)$$

زیرنویس‌های act، str، و int به ترتیب سطح فعالیت، ترکیب فعالیت و شدت انرژی بخشی را نشان می‌دهند. در این مدل ملاحظه می‌شود که کل مصرف نهایی انرژی تابعی از سه متغیر به شرح زیر است.

الف) **سطح تولید یا فعالیت:** معیار فعالیت و عامل اثر تولیدی در رشد مصرف نهایی انرژی است. این متغیر برابر با ارزش‌افزوده‌ی واقعی تولیدات صنعتی می‌باشد.

مقدار این متغیر در سال t ام برای مجموع ارزش افزوده‌ی صنایع بزرگ با A_t و برای زیربخش i ام با A_{it} نشان داده می‌شود.

ب) **شدت انرژی بخش‌های تولیدی:** میزان مصرف انرژی گروه صنعتی i ام به‌ازای هر واحد فعالیت یا ارزش‌افزوده‌ی آن می‌باشد و به صورت زیر محاسبه قرار می‌شود:

$$I_{it} = E_{it}/A_{it} \quad (9)$$

که در آن صورت و مخرج کسر به ترتیب میزان انرژی مصرفی و ارزش‌افزوده یا میزان تولید صنعت i ام را نشان می‌دهد.

ج) **مشخصه‌ی ساختار:** سهم گروه صنعتی i ام در ارزش‌افزوده بخش صنعت در سال t ام می‌باشد و به طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$S_{it} = A_{it}/A_t \quad (10)$$

که A_t ارزش‌افزوده یا تولید کل صنعت است.

با توجه به مدل عمومی و مورد کاربردی روش LMDI، اجزاء مورد نظر در نسخه‌ی ضرب‌پذیر (۷) به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$D_{act} = \exp \left(\sum_i \frac{(E_i^T - E_i^*) / (\ln E_i^T - \ln E_i^*)}{(E^T - E^*) / (\ln E^T - \ln E^*)} \ln \left(\frac{Q^T}{Q^*} \right) \right) \quad (11)$$

$$D_{str} = \exp \left(\sum_i \frac{(E_i^T - E_i^*) / (\ln E_i^T - \ln E_i^*)}{(E^T - E^*) / (\ln E^T - \ln E^*)} \ln \left(\frac{S_i^T}{S_i^*} \right) \right) \quad (12)$$

$$D_{int} = \exp \left(\sum_i \frac{(E_i^T - E_i^*) / (\ln E_i^T - \ln E_i^*)}{(E^T - E^*) / (\ln E^T - \ln E^*)} \ln \left(\frac{I_i^T}{I_i^*} \right) \right) \quad (13)$$

و در نسخه‌ی جمع‌پذیر (۸) به صورت زیر مورد محاسبه قرار می‌گیرند:

$$\Delta E_{act} = \sum_i \frac{E_i^T - E_i^*}{\ln E_i^T - \ln E_i^*} \ln \left(\frac{Q^T}{Q^*} \right) \quad (14)$$

$$\Delta E_{str} = \sum_i \frac{E_i^T - E_i^*}{\ln E_i^T - \ln E_i^*} \ln \left(\frac{S_i^T}{S_i^*} \right) \quad (15)$$

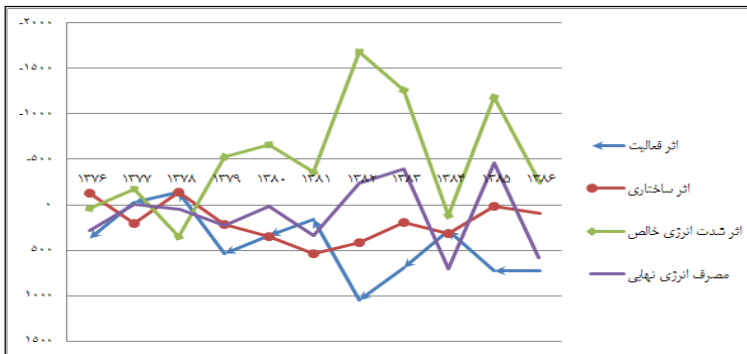
$$\Delta E_{int} = \sum_i \frac{E_i^T - E_i}{\ln E_i^T - \ln E_i} \ln \left(\frac{I_i^T}{I_i} \right) \quad (۱۶)$$

۴- نتایج تجربی

با استفاده از روش مذکور و داده‌های مصرف انرژی نهایی و میزان تولیدات شرکت‌های پگاه فارس، تهران و اصفهان که از واحد برنامه‌ریزی شرکت‌های مذکور گردآوری شده‌اند، به تجزیه‌ی فرایند تغییر در مصرف انرژی به اجزای رشد تولید، تغییر ترکیب فعالیت و اثر شدتی پرداخته می‌شود.

شرکت پگاه فارس

در این بخش با بهره‌گیری از روابط بخش قبلی به تجزیه و تحلیل نتایج پرداخته می‌شود. نتایج حاصل از مجزاسازی کلی مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه فارس که در نمودار (۱) نشان داده شده است، بیان می‌کند که در سال‌های اولیه‌ی دوره‌ی مورد بررسی، نوسانات در اجزای تغییر مصرف انرژی زیاد نیست و این به دلیل تنوع کم در محصولات شرکت و تمرکز بر یک محصول مثل شیر می‌باشد، اما در سال‌های بعد از ۱۳۷۹ تولیدات شرکت به دنبال تقاضای بیش‌تر برای سایر محصولات متنوع‌تر می‌شود که این تنوع محصول، نوعی جابه‌جایی در به کارگیری منابع، از جمله انرژی را به دنبال می‌آورد. هم‌چنین افزایش تولید کل به دلیل افزایش تقاضای کل شرکت سبب نوعی تغییرات و نوسان در مصرف انرژی شده است. از سوی دیگر اجرای سیاست‌های



مأخذ: نتایج تحقیق

نمودار ۱- تجزیه‌ی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه فارس طی دوره‌ی ۱۳۸۶-۱۳۷۵ (بشکه معادل نفت خام)

بهینه‌سازی مصرف انرژی با توجه به اهمیت بالای آن برای صنایع شیر که یکی از عوامل مهم تولید می‌باشد و مصرف بالای آن هزینه‌ی بالا و به دنبال آن بهای تمام شده‌ی بالایی را به شرکت تحمیل می‌کند، از عوامل مهم در تغییر روند مصرف انرژی نهایی بوده است.

در نمودار (۲) میزان تغییرات در مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه فارس به دلیل اثر تولیدی، اثر ساختاری و اثر شدت انرژی خالص، نشان داده شده است. در این نمودار مشاهده می‌شود که در کل دوره، به طور متوسط مصرف انرژی نهایی، ۹۹/۹۸ بشکه معادل نفت خام افزایش پیدا کرده است. از بین اجزای تجزیه شده، دو اثر تولیدی و اثر ساختاری، به افزایش مصرف انرژی نهایی و اثر شدت انرژی خالص به کاهش مصرف انرژی نهایی منجر شده‌اند. بدین ترتیب که اثر تولیدی به طور متوسط به اندازه‌ی

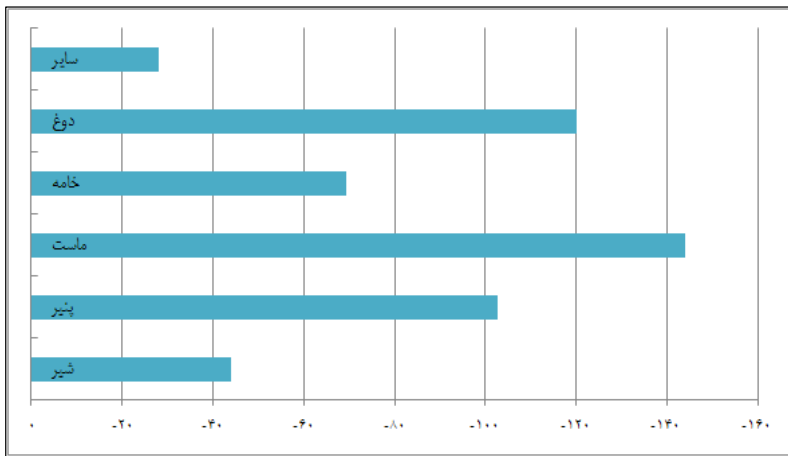


مأخذ: نتایج تحقیق

نمودار ۲- تجزیه‌ی تغییر در مصرف نهایی انرژی در شرکت پگاه فارس طی دوره‌ی ۱۳۸۶-۱۳۷۵ (بشکه معادل نفت خام)

۴۲۴/۱۸ بشکه‌ی معادل نفت خام و اثر ساختاری نیز به طور متوسط به اندازه‌ی ۱۸۴/۰۶ بشکه معادل نفت خام طی دوره به افزایش مصرف انرژی منجر شده‌اند. از سوی دیگر اثر شدت انرژی خالص به طور متوسط منجر به ۵۰۸/۲۶ بشکه معادل نفت خام کاهش در مصرف انرژی نهایی در طول دوره مطالعه شده است. با توجه به این که کل تغییرات در مصرف انرژی نهایی، حاصل جمع تغییرات ناشی از سه اثر تولیدی، ساختاری و شدت

انرژی خالص می‌باشد، از جمع این سه اثر به عدد ۹۹/۹۸، یعنی کل تغییرات در مصرف انرژی نهایی در شرکت پگاه فارس خواهیم رسید. اثر شدت خالص انرژی کل که از زیربخش‌های شیر، پنیر، ماست، خامه، دوغ و سایر به دست آمده، در نمودار (۳) نشان داده شده است. در این نمودار ملاحظه می‌شود که از ۵۰۸.۲۶ بشکه معادل نفت خام که توسط اثر شدت خالص انرژی توضیح داده می‌شود، واحد تولید ماست بیش‌ترین اثر شدتی و معادل ۱۴۳.۹۳ بشکه معادل نفت خام را نشان می‌دهد. بعد از واحد ماست، واحد تولید دوغ با ۱۲۰.۰۶ بشکه معادل نفت خام، واحد تولید پنیر با ۱۰۲.۸ بشکه معادل نفت خام، واحد تولید خامه با ۶۹.۴۵ بشکه معادل نفت خام، واحد تولید شیر با ۴۳.۹۵ بشکه معادل نفت خام و سایر با ۲۸.۰۵ بشکه معادل نفت خام تغییر در مصرف انرژی نهایی در شرکت پگاه فارس را نشان می‌دهند. این نتایج بیان‌کننده‌ی تمایل و حرکت واحدهای مختلف تولیدی (شیر، ماست، پنیر، خامه، دوغ



مأخذ: نتایج تحقیق

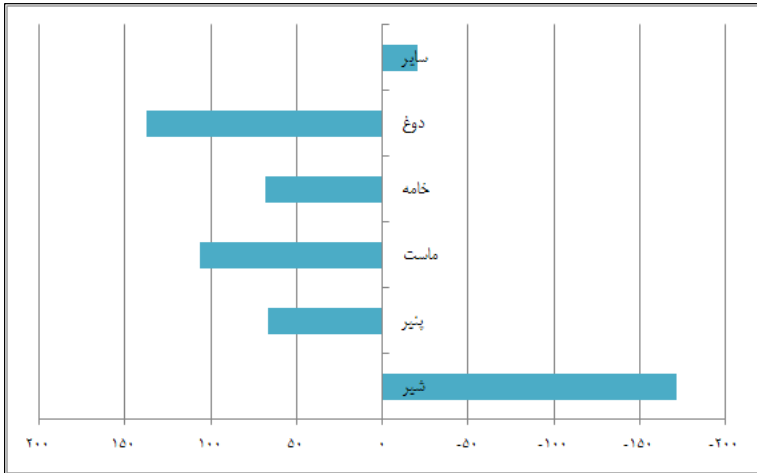
نمودار ۳- تغییر در مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه فارس به دلیل اثر شدت انرژی خالص (بشکه معادل نفت خام)

و سایر) شرکت پگاه فارس به سمت کاهش مصرف انرژی نهایی به ازای یک واحد تولید از محصولات شرکت می‌باشد و این نتیجه را می‌توان به سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف

انرژی در شرکت شیر پاستوریزه‌ی پگاه فارس و انجام اقدامات علمی و عملی مرتبط با این سیاست‌ها در این شرکت مرتبط دانست.

در نمودار (۴)، نتیجه‌ی مربوط به اثر ساختاری نشان داده شده است. با توجه به نمودار و نتیجه‌ی به‌دست آمده، ملاحظه می‌شود که برخی از واحدهای تولید محصول در طول دوره‌ی به‌طور متوسط کاهش در مصرف انرژی و برخی واحدها به‌طور متوسط افزایش مصرف انرژی نهایی در طول دوره را نشان می‌دهند. واحد تولید شیر بیش‌ترین کاهش در مصرف انرژی نهایی را نشان می‌دهد و نتیجه‌ی به‌دست آمده بیان می‌کند که تغییر ساختار و ترکیب تولید از محصول شیر به سمت تولید محصولات دیگر سبب شده است که مصرف انرژی نهایی به‌طور متوسط به اندازه‌ی ۱۷۱.۷۶ بشکه معادل نفت‌خام کاهش پیدا کند. هم‌چنین اگر سایر محصولات را نیز در نظر بگیریم، متوجه می‌شویم که با تغییر ترکیب تولید از این محصولات به سمت تولید محصولات دیگر، مصرف نهایی انرژی با کاهش ۲۰.۷۵ بشکه معادل نفت‌خام به‌طور متوسط مواجه شده است، اما در مورد محصولات دیگر که در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرند، باید به این اشاره کرد که تولید هر چهار محصول سبب افزایش در مصرف نهایی انرژی شرکت طی دوره‌ی مورد بررسی شده‌اند. به این ترتیب که تمایل و گرایش به تولید دوغ، به‌طور متوسط به اندازه‌ی ۱۳۷.۱۶ بشکه معادل نفت‌خام به مصرف انرژی نهایی شرکت افزوده است، که بیش‌ترین رقم می‌باشد. این رقم در مورد محصول ماست به‌طور متوسط ۱۰۵.۸۹ بشکه معادل نفت‌خام، محصول خامه به‌طور متوسط ۶۷.۳۲ بشکه معادل نفت‌خام و محصول پنیر به‌طور متوسط ۶۶.۲ بشکه معادل نفت‌خام می‌باشد و نشان می‌دهد که با تمایل بازار به سمت محصولات لبنی غیر از شیر سبب شده است تولید محصولات دیگر شرکت افزایش یافته و این افزایش تولید منجر به افزایش مصرف انرژی نهایی و تغییر در ساختار مصرف انرژی نهایی از تولید شیر به سمت تولید محصولاتی مثل دوغ، ماست و خامه شود. به عنوان مثال می‌توان به اقبال عمومی به مصرف دوغ اشاره کرد. به این ترتیب که با توجه به هشدارها و توصیه‌های پزشکی در مورد ضرر و زیان نوشابه‌های گازدار و هم‌چنین بخشنامه‌ی دولت مبنی بر ممنوع بودن توزیع نوشابه در وعده‌ی غذایی سازمان‌ها و نهادهای دولتی از جمله دانشگاه‌ها و وزارت‌خانه‌ها و توصیه به استفاده از دوغ و نیز توصیه‌های پزشکی در مورد مزایای این نوع محصول لبنی، تقاضا برای این محصول را افزایش داده است که شرکت پگاه فارس نیز با توجه به این افزایش

تقاضا و شرایط بازار، اقدام به افزایش تولید و عرضه‌ی این محصول کرده است و این افزایش تولید و هم‌چنین تغییر در ترکیب تولید سبب شده است مصرف انرژی نهایی در این واحد افزایش یابد. البته همین مسأله در مورد محصولات دیگر مثل ماست و غیره نیز می‌تواند صادق باشد. کما این که محصول ماست تقریباً شبیه دوغ می‌باشد و تحلیل تقریباً مشابهی را برای این محصول می‌توان انجام داد، اما در مورد محصولات خامه و پنیر به گونه‌ای دیگر می‌توان بحث کرد.

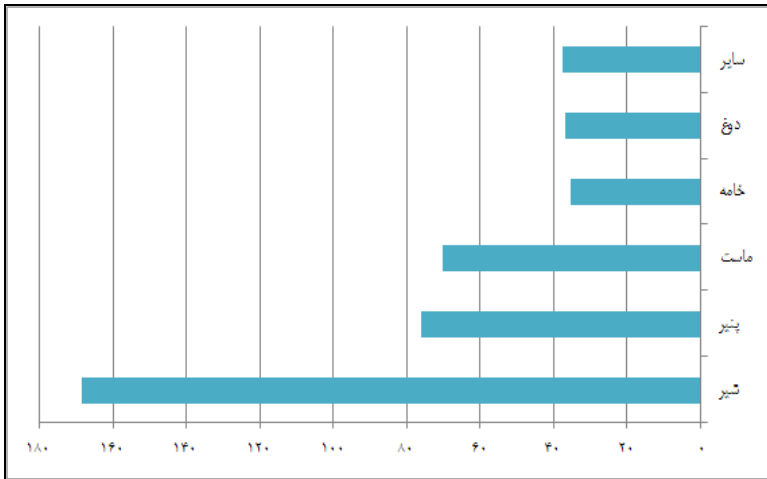


مأخذ: نتایج تحقیق

نمودار ۴- تغییر در مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه فارس به دلیل اثر ساختاری (بشکه معادل نفت خام)

نمودار (۵) نشان‌دهنده‌ی تغییر در مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه فارس به دلیل اثر تولیدی شرکت می‌باشد. توجه به نمودار ما را به این سو روانه می‌کند که تولید محصول شیر (با توجه به مصرف بالای انرژی در تولید این محصول) نقش بسیار زیادی در تغییر مصرف انرژی نهایی شرکت دارد. به طوری که اثر تولیدی مربوط به این محصول در تغییر مصرف انرژی نهایی شرکت به طور متوسط به اندازه‌ی ۱۶۸.۱۴ بشکه معادل نفت خام می‌باشد. و این موضوع را می‌توان در سهم بالای این محصول در سبد تولیدی شرکت پگاه فارس جستجو کرد. هم‌چنین نمودار (۴-۶) نشان می‌دهد محصول پنیر به طور متوسط به اندازه‌ی ۷۵.۹۸ بشکه معادل نفت خام، ماست به طور متوسط به

اندازه‌ی ۷۰.۱۶ بشکه معادل نفت‌خام، دوغ به طور متوسط به اندازه‌ی ۳۶.۹۳ بشکه معادل نفت‌خام و خامه به طور متوسط به اندازه‌ی ۳۵.۴۶ بشکه معادل نفت‌خام از تغییرات مصرف انرژی نهایی شرکت را توضیح می‌دهد. بنابراین شیر بالاترین انرژی‌بری و خامه کم‌ترین انرژی‌بری را در شرکت پگاه فارس دارد.

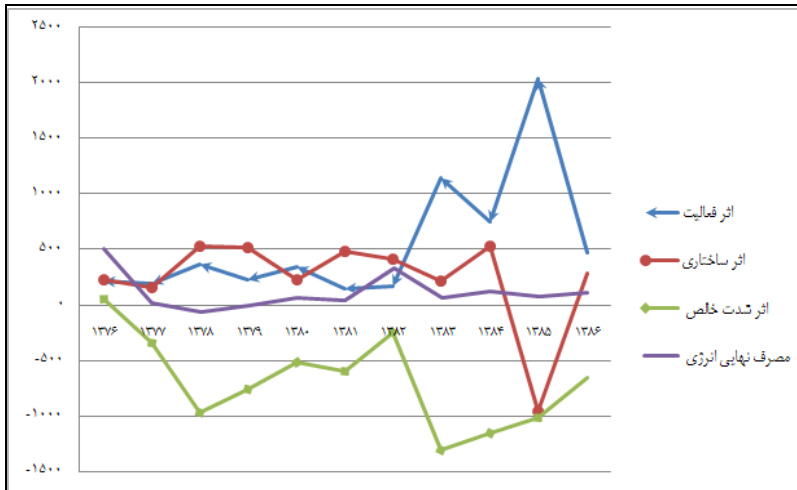


مأخذ: نتایج تحقیق

نمودار ۵- تغییر در مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه فارس به دلیل اثر تولیدی (بشکه معادل نفت‌خام)

شرکت پگاه تهران

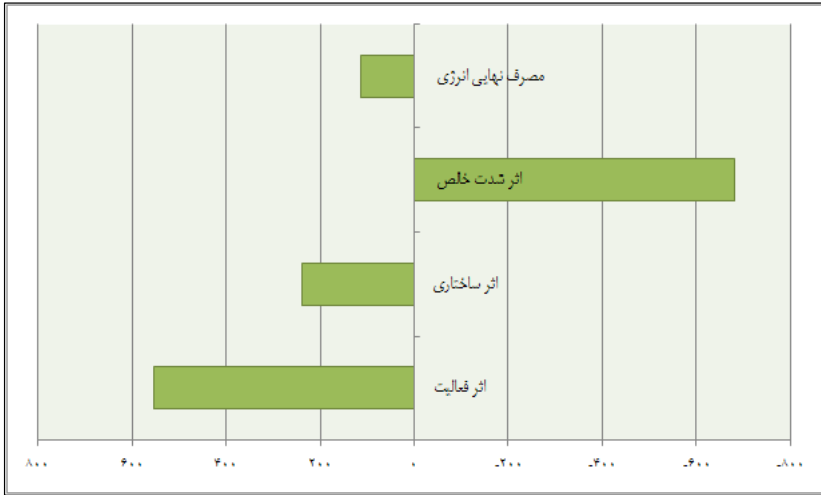
نتایج حاصل از مجزاسازی کلی مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه تهران به سه جزء اثرات فعالیت، ساختاری و شدت انرژی خالص در نمودار (۶) نشان داده شده است. همان‌طور که در نمودار (۶) ملاحظه می‌شود، تغییر مصرف نهایی انرژی توسط اثرات تولیدی، ساختاری و شدت خالص انرژی توضیح داده می‌شود. به این ترتیب که از کل تغییر در مصرف نهایی انرژی در دوره‌ی مورد نظر، به طور متوسط ۵۵۳/۱ بشکه معادل نفت‌خام توسط اثر فعالیت، ۲۳۹/۴ بشکه معادل نفت‌خام توسط اثر ساختاری و ۶۸۰/۰۸ بشکه معادل نفت‌خام توسط اثر شدت خالص توضیح داده می‌شود. به این معنی که از کل ۱۱۲/۴۴ بشکه معادل نفت‌خام تغییر در مصرف نهایی انرژی از ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶، گسترش فعالیت و افزایش تولیدات شرکت سبب شده است تا مصرف نهایی انرژی ۵۵۳/۱ واحد افزایش یابد.



مأخذ: نتایج تحقیق

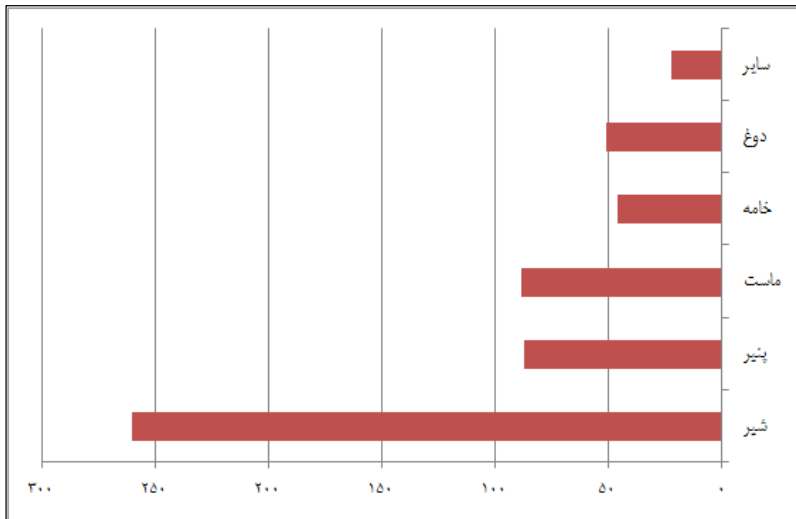
نمودار ۶- تجزیه‌ی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه تهران طی دوره‌ی ۱۳۷۶-۱۳۸۶ (بشکه معادل نفت خام)

از سوی دیگر تغییر در نوع فعالیت و جابه‌جایی در ساختار تولید از یک فعالیت به فعالیت دیگر موجب افزایش $۲۳۹/۴$ واحدی در مصرف انرژی نهایی شده است و در نهایت این که به دنبال اجرای سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در شرکت و با کاهش مصرف انرژی به ازای هر واحد محصول، $۶۸۰/۰۸$ - واحد از کل مصرف انرژی نهایی کاهش پیدا کرده است که در نمودار (۷) نیز به طور جداگانه ملاحظه می‌شود. اثر تولیدی در نمودار (۸) به دلیل فعالیت‌های تولید شیر، ماست، پنیر، خامه، دوغ و سایر مصارف نشان داده شده است. با توجه به نمودار ملاحظه می‌شود که از $۵۵۳/۱$ بشکه معادل نفت خام تغییر در مصرف انرژی به دلیل اثر تولیدی، $۲۵۹/۸$ آن توسط فعالیت تولید شیر که بیش‌ترین اثر را داشته است، توضیح داده می‌شود. بعد از محصول شیر، به ترتیب ماست با $۸۸/۱$ واحد، پنیر $۸۶/۷$ واحد، دوغ $۵۰/۴$ ، خامه $۴۵/۹$ واحد و سایر مصارف $۲۱/۹$ واحد از تغییرات به دلیل اثر تولیدی را توضیح می‌دهد.



مأخذ: نتایج تحقیق

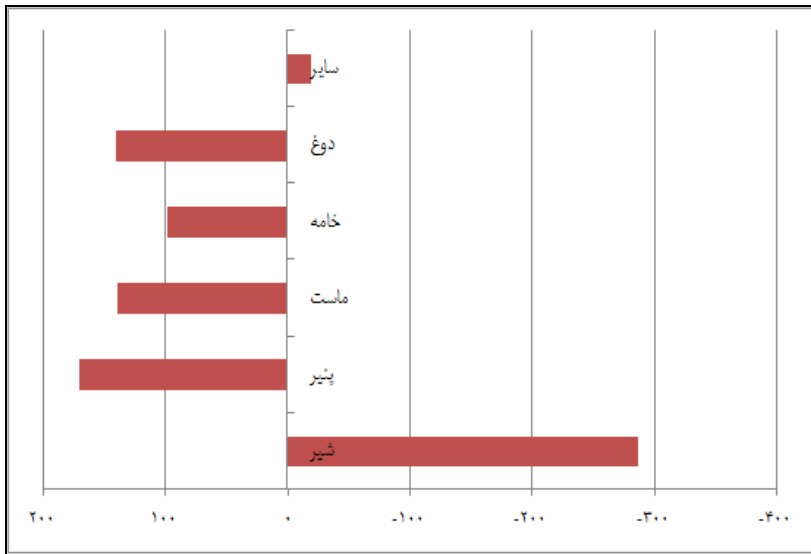
نمودار ۷- تجزیه‌ی تغییر در مصرف نهایی انرژی در شرکت پگاه تهران طی دوره‌ی ۱۳۸۶-۱۳۷۶ (بشکه معادل نفت خام)



مأخذ: نتایج تحقیق

نمودار ۸- تغییر در مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه تهران به دلیل اثر تولیدی (بشکه معادل نفت خام)

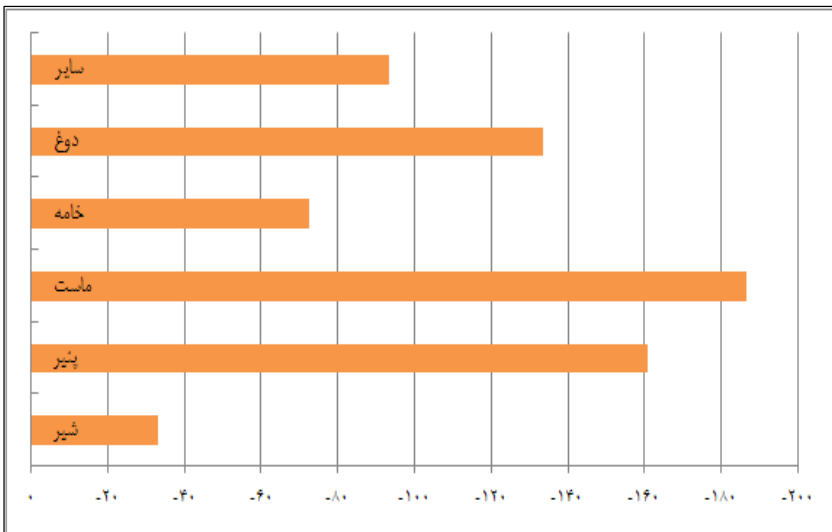
نمودار (۹)، تغییر در مصرف نهایی انرژی به دلیل اثر ساختاری را نشان می‌دهد که در آن تغییر در ساختار تولید و جابه‌جایی از تولید محصول شیر به سمت تولید محصولات دیگر، به دلیل سودآوری کم‌تر آن سبب کاهش در مصرف نهایی انرژی شده است. به عبارت دیگر روگردانی از تولید محصول شیر به دلیل سود کم‌تر باعث کاهش ۲۸۷ واحدی در مصرف نهایی انرژی می‌شود. هم‌چنین گرایش به سمت تولید محصول پنیر ۱۶۹/۵ واحد افزایش در مصرف نهایی انرژی، محصول ماست ۱۳۹/۲ واحد افزایش در مصرف انرژی، محصول دوغ ۱۴۰ واحد افزایش مصرف نهایی انرژی و خامه ۹۸ واحد افزایش در مصرف انرژی نهایی را باعث شده‌اند، بنابراین شیر بالاترین انرژی بری و سایر فرآورده‌های لبنی تولید شده کم‌ترین انرژی بری را در شرکت پگاه تهران دارند. دلیل افزایش در مصرف نهایی انرژی محصولاتی از قبیل ماست، دوغ و پنیر را می‌توان تقاضای بیش‌تر بازار و تمایل مدیریت شرکت به تولید این محصولات به دلیل سودآوری بیش‌تر در فرآوری شیر و تبدیل آن به محصولات دیگر عنوان کرد.



مأخذ: نتایج تحقیق

نمودار ۹- تغییر در مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه تهران به دلیل اثر ساختاری (بشکه معادل نفت خام)

اثر شدت خالص انرژی کل که از محصولات شیر، پنیر، ماست، خامه، دوغ و غیره به دست آمده، در نمودار (۱۰) نشان داده شده است. با توجه به نمودار ملاحظه می‌شود که از ۶۰۸/۰۸ - بشکه معادل نفت خام که توسط اثر شدت خالص انرژی توضیح داده می‌شود، واحد تولید ماست بیش‌ترین اثر شدتی و معادل ۱۸۶/۶ بشکه معادل نفت خام را نشان می‌دهد. بعد از واحد ماست، واحد تولید پنیر با ۱۶۱/۰۲ بشکه معادل نفت خام، واحد تولید دوغ با ۱۳۳/۶ بشکه معادل نفت خام، واحد تولید خامه با ۷۲/۶ بشکه معادل نفت خام و واحد تولید شیر با ۳۲/۹ بشکه معادل نفت خام تغییر در مصرف انرژی نهایی در شرکت پگاه تهران را نشان می‌دهند. این نتایج بیان‌کننده‌ی تمایل و حرکت واحدهای مختلف تولیدی (شیر، ماست، پنیر، خامه، دوغ و سایر) شرکت پگاه تهران به سمت کاهش مصرف انرژی نهایی به ازای یک واحد تولید از محصولات شرکت می‌باشد و این را می‌توان به سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در شرکت پگاه تهران نسبت داد.

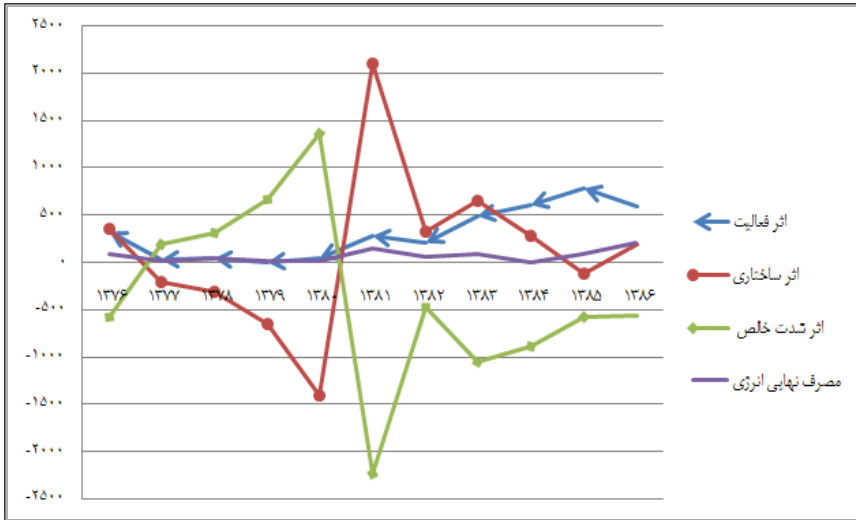


مأخذ: نتایج تحقیق

نمودار ۱۰- تغییر در مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه تهران به دلیل اثر شدت انرژی خالص (بشکه معادل نفت خام)

شرکت پگاه اصفهان

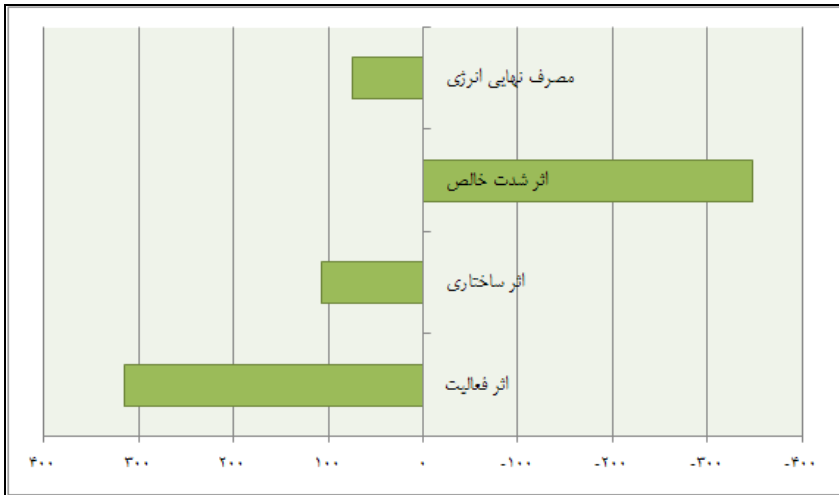
شرکت پگاه اصفهان، یکی دیگر از شرکت‌های مجموعه صنایع شیر ایران - پگاه است که در این تحقیق به بررسی و تجزیه و تحلیل مصرف انرژی و تجزیه‌ی آن به اثرات تولیدی، ساختاری و شدت خالص، پرداخته می‌شود. در نمودار (۱۱) نتایج مجزاسازی مصرف نهایی انرژی برای دوره‌ی زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶ نشان داده شده است. در این نمودار ملاحظه می‌شود که تغییر مصرف نهایی انرژی روند نسبتاً ثابتی داشته و به طور متوسط سالانه ۱/۵۲ درصد رشد داشته است. این مقدار تغییر در مصرف نهایی انرژی توسط اثرات ساختاری، تولیدی و شدت خالص توضیح داده شده است. به این ترتیب که اثر تولیدی تا سال ۱۳۸۰ روند نسبتاً با ثباتی داشته و متناسب با رشد مصرف نهایی انرژی حرکت می‌کرده، اما بعد از سال ۱۳۸۰ به دلیل افزایش فزاینده‌ی فعالیت و تنوع دادن به محصولات به دلیل گسترش تقاضا، اثر تولیدی قسمت بیش‌تری از تغییر مصرف نهایی انرژی را توضیح می‌دهد. اثر ساختاری تا سال ۱۳۸۰ روند نزولی و منفی و اثر و شدت خالص نیز روند صعودی و مثبت داشته‌اند و بعد از آن با تغییر سیاست‌های شرکت در رابطه با مصرف انرژی و نیز تغییر در ساختار تولید، اثر ساختاری روند صعودی و مثبت و اثر شدت خالص نیز روند نزولی و منفی به خود گرفته است. در نمودار (۱۲)، میزان تغییرات در مصرف نهایی انرژی و اثرات تولیدی، ساختاری و شدت خالص که تغییرات مصرف نهایی انرژی را توضیح می‌دهند، نشان داده شده است. در این نمودار ملاحظه می‌شود که در کل دوره‌ی سالانه به طور متوسط مصرف نهایی انرژی ۷۴/۸۱ بشکه معادل نفت‌خام افزایش پیدا کرده است. اثر تولیدی و اثر ساختاری به افزایش مصرف نهایی انرژی و اثر شدت خالص، به کاهش مصرف انرژی نهایی منجر شده‌اند. بدین ترتیب که اثر تولیدی به طور متوسط به اندازه‌ی ۳۱۴/۳۹ بشکه معادل نفت‌خام و اثر ساختاری نیز به طور متوسط به اندازه‌ی ۱۰۷/۱۲ بشکه معادل نفت‌خام طی دوره به افزایش مصرف انرژی منتهی شده‌اند. اثر شدت خالص نیز به طور متوسط منجر به ۳۴۷ بشکه معادل نفت‌خام کاهش در مصرف انرژی نهایی در طول دوره‌ی مطالعه شده است.



مأخذ: نتایج تحقیق

نمودار ۱۱- تجزیه‌ی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه اصفهان (بشکه معادل نفت خام)

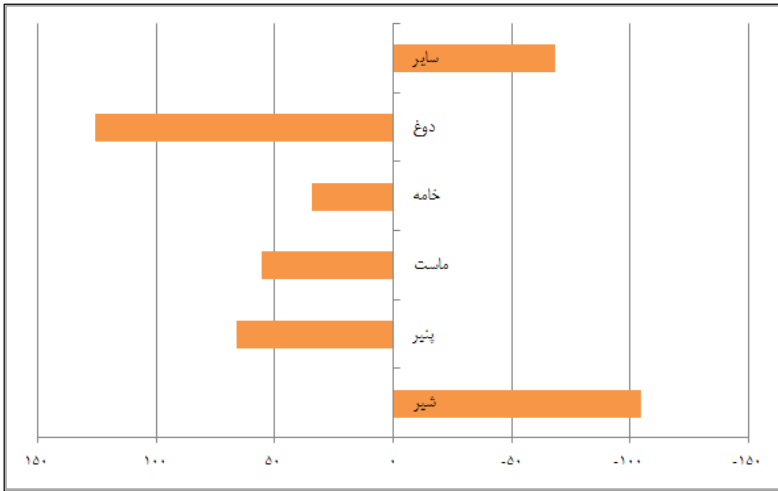
نمودار (۱۳)، تغییر در مصرف نهایی انرژی شرکت پگاه اصفهان را به دلیل اثر تولیدی نشان می‌دهد. با توجه به نمودار، ملاحظه می‌شود که تولید محصول شیر نقش بسیار زیادی در تغییر مصرف انرژی نهایی شرکت دارد. به طوری که اثر تولیدی مربوط به این محصول در تغییر مصرف انرژی نهایی شرکت به طور متوسط به اندازه‌ی ۱۲۱/۴۳ بشکه معادل نفت خام می‌باشد و این موضوع را می‌توان به سهم بالای محصول شیر در برنامه‌ی تولیدی شرکت پگاه اصفهان نسبت داد. هم‌چنین نمودار (۱۳) نشان می‌دهد که محصول پنیر به طور متوسط به اندازه‌ی ۵۱/۰۹ بشکه معادل نفت خام، ماست به طور متوسط به اندازه‌ی ۴۹/۷۷ بشکه معادل نفت خام، دوغ به طور متوسط به اندازه‌ی ۳۳/۲۱ بشکه معادل نفت خام و خامه به طور متوسط به اندازه‌ی ۲۷/۹۳ بشکه معادل نفت خام از تغییرات مصرف انرژی نهایی شرکت را توضیح می‌دهد.



مأخذ: نتایج تحقیق

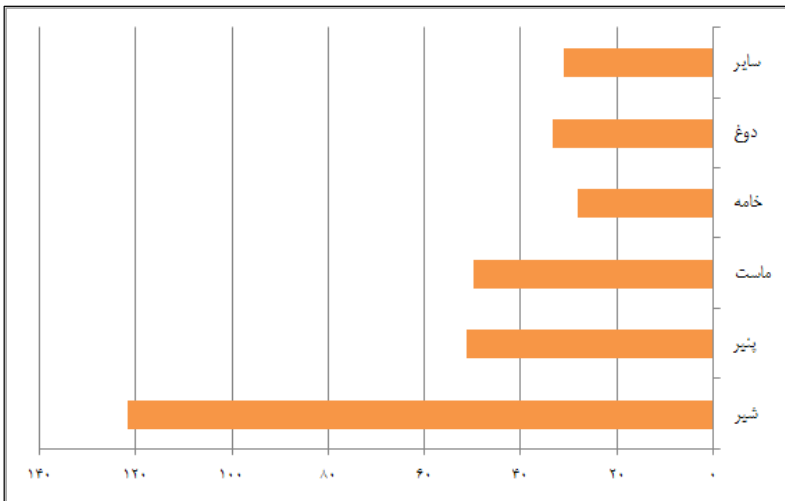
نمودار ۱۲- تجزیه‌ی تغییر در مصرف نهایی انرژی در شرکت پگاه اصفهان طی دوره‌ی ۱۳۸۶-۱۳۷۵ (بشکه معادل نفت خام)

نتایج مربوط به اثر ساختاری تغییر در مصرف نهایی انرژی شرکت پگاه اصفهان، در نمودار (۱۴) نشان داده شده است. اثر ساختاری مربوط به شیر که در طول دوره از تولید آن کاسته شده و به فعالیت‌های دیگر افزوده شده است، ۱۰۴/۹۳- می‌باشد. که نشان می‌دهد تغییر در برنامه‌ی تولید شیر سبب کاهش در مصرف نهایی انرژی شده است. البته از طرف دیگر اثر ساختاری مربوط به سایر محصولات، مصرف نهایی انرژی را افزایش می‌دهد، به این ترتیب که تمایل به افزایش تولید دوغ سبب افزایش ۱۲۵/۲۱ بشکه معادل نفت خام در مصرف نهایی انرژی شده است. سایر محصولات از قبیل پنیر، ۶۵/۷۹ بشکه معادل نفت خام، ماست، ۵۵/۴۵ بشکه معادل نفت خام و خامه ۳۴/۲۵ بشکه معادل نفت خام مصرف نهایی انرژی را افزایش داده‌اند. در حقیقت با تغییر ترکیب تولید به دلایل سودآوری، تقاضای بیش‌تر و عوامل دیگر به سمت محصولات پنیر، ماست، دوغ و خامه، مصرف نهایی انرژی افزایش یافته است. در این شرکت شیر بالاترین انرژی‌بری و خامه پایین‌ترین انرژی‌بری را دارد.



مأخذ: نتایج تحقیق

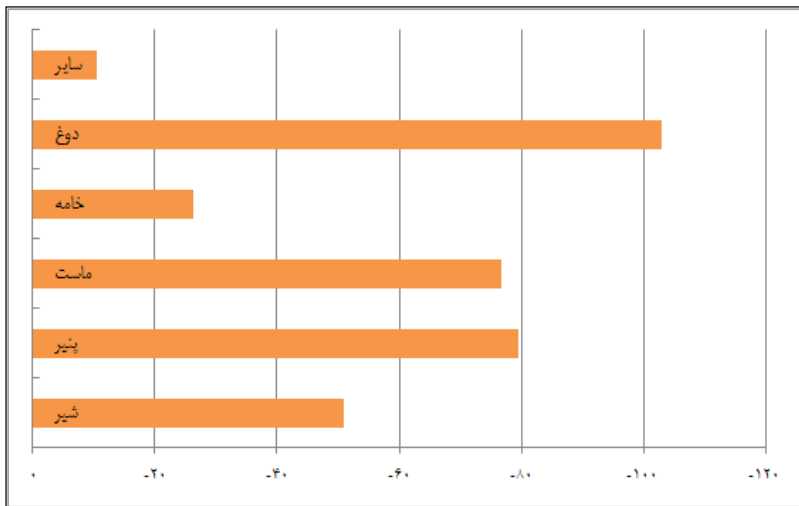
نمودار ۱۳- تغییر در مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه اصفهان به دلیل اثر تولیدی (بشکه معادل نفت خام)



مأخذ: نتایج تحقیق

نمودار ۱۴- تغییر در مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه اصفهان به دلیل اثر ساختاری (بشکه معادل نفت خام)

آخرین نتیجه که در این مطالعه به دست آمده، مربوط به اثر شدت خالص انرژی شرکت پگاه اصفهان می‌باشد که در نمودار (۱۵) نشان داده شده است. اثر شدت خالص به طور متوسط در دوره‌ی مورد بررسی سالانه ۳۴۷ بشکه معادل نفت خام کاهش مصرف انرژی نهایی را نشان می‌دهد. این نتیجه خود ناشی از تغییر شدت انرژی در بخش‌های مختلف تولید شرکت می‌باشد، به این معنی که تغییر در شدت انرژی تولید دوغ سبب کاهش در مصرف انرژی نهایی معادل ۱۰۳/۰۱ بشکه نفت خام شده است. بعد از واحد تولید دوغ، واحد تولید پنیر با ۷۹/۵۳ بشکه معادل نفت خام، ماست با ۷۶/۸ بشکه معادل نفت خام، شیر با ۵۰/۹۶ بشکه معادل نفت خام و واحد تولید خامه با ۲۶/۲۸ بشکه معادل نفت خام، مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه اصفهان را کاهش داده‌اند.



مأخذ: نتایج تحقیق

نمودار ۱۵- تغییر در مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه اصفهان به دلیل اثر شدت خالص انرژی (بشکه معادل نفت خام)

با توجه به نتایج به دست آمده، ملاحظه می‌شود که در هر سه شرکت مورد مطالعه مصرف انرژی نهایی به دلیل اثرات تولیدی و ساختاری به طور افزایشی و به دلیل اثر شدت خالص به طور کاهشی تغییر پیدا کرده است که شدت هر کدام از اثرات در

شرکت‌های مختلف به دلیل اختلاف در ساختارهای مربوطه و میزان پایبندی به سیاست‌های بهینه‌سازی متفاوت است.

بررسی مقایسه‌ای تغییر مصرف انرژی نهایی

در این مطالعه عوامل مؤثر بر تغییر مصرف انرژی نهایی در شرکت‌های پگاه فارس، تهران و اصفهان مورد بررسی قرار گرفت. آمارها نشان می‌دهد مصرف انرژی در شرکت پگاه فارس با نرخ رشد ۱.۹۸ درصد در سال، از ۴۵۰۶ بشکه معادل نفت‌خام در سال ۱۳۷۵، به ۵۶۰۶ بشکه معادل نفت‌خام در سال ۱۳۸۶ افزایش یافته است. در شرکت پگاه اصفهان مصرف انرژی با نرخ رشد ۱/۵۲ درصد در سال، از ۴۵۱۹ به ۵۳۴۲ بشکه معادل نفت‌خام افزایش یافته است. همچنین در شرکت پگاه تهران مصرف نهایی انرژی با رشد ۱/۳ درصد در سال از ۷۹۹۹ در سال ۱۳۷۵، به ۹۲۳۶ در سال ۱۳۸۶ افزایش یافته است. تجزیه‌ی مصرف انرژی نهایی نشان می‌دهد که در شرکت پگاه فارس کل انرژی مصرفی به طور متوسط سالانه ۹۹/۹۸ بشکه معادل نفت‌خام افزایش پیدا کرده است، این در حالی است که در شرکت پگاه تهران، افزایش در مصرف انرژی نهایی به طور متوسط سالانه ۱۱۲/۴۴ بشکه معادل نفت‌خام بوده و در شرکت پگاه اصفهان نیز مصرف انرژی نهایی به طور متوسط سالانه افزایشی برابر با ۷۴/۸۱ بشکه معادل نفت‌خام داشته است.

با توجه به افزایش ۹۹/۹۸ واحدی در مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه فارس و تجزیه‌ی عواملی که در این افزایش تأثیرگذار بوده‌اند، می‌توان به این نتیجه دست یافت که اثر تولیدی به طور متوسط سالانه ۴۲۴/۱۸ بشکه معادل نفت‌خام، اثر ساختاری به طور متوسط سالانه ۱۸۴/۰۶ بشکه معادل نفت‌خام و اثر شدت خالص، ۵۰۸/۲۶- بشکه معادل نفت‌خام از تغییرات انرژی در شرکت را توضیح می‌دهند.

در شرکت پگاه تهران، تغییر در مصرف انرژی نهایی به دلیل اثر تولیدی به طور متوسط سالانه برابر با ۵۵۳/۱ بشکه معادل نفت‌خام، اثر ساختاری ۲۳۹/۴۱ بشکه معادل نفت‌خام و اثر شدت خالص نیز ۶۸۰/۰۸- بشکه معادل نفت‌خام بوده است.

مصرف انرژی نهایی شرکت پگاه اصفهان نیز بر اساس نتایج به دست آمده با توجه به اثر تولیدی به طور متوسط سالانه ۳۱۴/۳۹ بشکه معادل نفت‌خام تغییر یافته است، در حالی که اثر ساختاری به طور متوسط ۱۰۷/۴۲ بشکه معادل نفت‌خام و اثر شدت

خالص ۳۴۷- بشکه معادل نفت خام تغییر در مصرف انرژی نهایی شرکت را توضیح می‌دهد.

همان گونه که جدول (۱) نشان می‌دهد، از مجموع ۴۲۴/۱۸ واحد بشکه معادل نفت خام، اثر تولیدی در شرکت پگاه فارس، ۱۶۸/۱۴ واحد مربوط به شیر، ۷۵/۹۷ واحد مربوط به پنیر، ۷۰/۱۶ واحد مربوط به ماست، ۳۵/۴۶ واحد مربوط به خامه، ۳۶/۹۳ واحد مربوط به دوغ و در نهایت ۳۷/۵ واحد بشکه معادل نفت خام مربوط به سایر مصارف می‌باشد. اثر تولیدی شرکت پگاه تهران ۵۵۳/۱ واحد بشکه معادل نفت خام بوده، که محصول شیر ۲۵۹/۸۳ واحد، پنیر ۸۶/۷۵ واحد، ماست ۸۸/۱۷ واحد، خامه ۴۵/۹۳ واحد، دوغ ۵۰/۴۸ واحد و سایر مصارف ۲۱/۹۲ واحد از تغییرات مصرف انرژی نهایی به دلیل اثر تولیدی را توضیح می‌دهد. هم‌چنین اثر تولیدی در شرکت پگاه اصفهان ۳۱۴/۳۹ واحد بشکه معادل نفت خام بوده است که از این مقدار، ۱۲۱/۴۳ واحد به شیر، ۵۱/۰۹ واحد به پنیر، ۴۹/۷۷ واحد به ماست، ۲۷/۹۳ واحد به خامه، ۳۳/۲۱ واحد به دوغ و ۳۰/۹۳ واحد به سایر مصارف ارتباط دارد.

جدول ۱- نتایج اثر تولیدی برای شرکت‌های فارس، تهران و اصفهان

شرکت	محصول	شیر	پنیر	ماست	خامه	دوغ	سایر
فارس	۱۶۸/۱	۷۵/۹	۷۰/۱	۳۵/۴	۳۶/۹	۳۷/۵	
تهران	۲۵۹/۸	۸۶/۷	۸۸/۱	۴۵/۹	۵۰/۴	۲۱/۹	
اصفهان	۱۲۱/۴	۵۱/۰۹	۴۹/۷	۲۷/۹	۳۳/۲	۳۰/۹	

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول (۲)، نتایج اثر ساختاری برای شرکت‌های فارس، تهران و اصفهان را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، اثر ساختاری شرکت فارس که ۱۸۴/۰۶ واحد بشکه معادل نفت خام می‌باشد که شیر ۱۷۱/۷۶- واحد، پنیر ۶۶/۲ واحد، ماست ۱۰۵/۸۹ واحد، خامه ۶۷/۳۱ واحد، دوغ ۱۳۷/۱۶ واحد و سایر مصارف ۲۰/۷۵- واحد را توضیح می‌دهند. از کل ۲۳۹/۴۱ واحد بشکه معادل نفت خام، اثر ساختاری شرکت تهران، شیر ۲۸۷/۷۸- واحد، پنیر ۱۶۹/۵۸ واحد، ماست ۱۳۹/۲۷ واحد، خامه ۹۷/۰۸ واحد، دوغ ۱۴۰/۰۱ واحد و سایر مصارف ۱۹/۷۶- واحد را توضیح می‌دهد و اثر ساختاری شرکت اصفهان که برابر ۱۰۷/۴۲ واحد می‌باشد، شیر معادل ۱۰۴/۹۳- واحد،

پنیر معادل ۶۵/۷۹ واحد، ماست معادل ۵۵/۴۵ واحد، خامه معادل ۳۴/۲۵ واحد، دوغ معادل ۱۲۵/۲۱ واحد و سایر مصارف معادل ۶۸/۳۶- واحد از آن را توجیه می‌کند.

جدول ۲- نتایج اثر ساختاری برای شرکت‌های فارس، تهران و اصفهان

محصول شرکت	شیر	پنیر	ماست	خامه	دوغ	سایر
فارس	-۱۷۱/۷۶۲	۶۶/۲۰۶۳۴	۱۰۵/۸۹۶	۶۷/۳۱۸۰۱	۱۳۷/۱۶۳۹	-۲۰/۷۵۳۷
تهران	-۲۸۷/۷۸۲	۱۶۹/۵۸۸۳	۱۳۹/۲۷۸۳	۹۸/۰۸۳	۱۴۰/۰۱۸۷	-۱۹/۷۶۶۲
اصفهان	-۱۰۴/۹۳۲	۶۵/۷۹۵۳۵	۵۵/۴۵۶۲۵	۳۴/۲۵۵۹۸	۱۲۵/۲۱۳۱	-۶۸/۳۶۶۶

مأخذ: نتایج تحقیق

نتایج اثر شدت خالص برای سه شرکت تولید کننده‌ی فرآورده‌های لبنی در جدول (۳) آمده است. بر این اساس اثر شدت خالص شرکت پگاه فارس ۵۰۸/۲۶- واحد بشکه معادل نفت خام می‌باشد، که شیر ۴۳/۹۵- واحد، پنیر ۱۰۲/۸- واحد، ماست ۱۴۳/۹۳- واحد، خامه ۶۹/۴۵- واحد، دوغ ۱۲۰/۰۶- واحد و سایر مصارف ۲۸/۰۵- واحد از آن را توضیح می‌دهد، در حالی که در شرکت پگاه تهران اثر شدت خالص ۶۸۰/۰۸- واحد بوده است. و محصولات شیر، پنیر، ماست، خامه، دوغ و سایر مصارف به ترتیب ۳۲/۹۴- واحد، ۱۶۱/۰۲- واحد، ۱۸۶/۶۱- واحد، ۷۲/۶۳- واحد، ۱۳۳/۶۳- واحد و ۹۳/۲۳- واحد از آن را توضیح داده‌اند. برای شرکت پگاه اصفهان این اثر برابر با ۳۴۷- واحد بوده و شیر ۵۰/۹۶-، پنیر ۷۹/۵۳-، ماست ۷۶/۸-، خامه ۲۶/۲۸-، دوغ ۱۰۳/۰۱- و سایر مصارف ۱۰/۳۹- واحد از تغییر مصرف انرژی نهایی به دلیل اثر شدت خالص را توضیح می‌دهد.

جدول ۳- نتایج اثر شدت خالص انرژی برای شرکت‌های فارس، تهران و اصفهان

محصول شرکت	شیر	پنیر	ماست	خامه	دوغ	سایر
فارس	-۴۳/۹۵۶۸	-۱۰۲/۸۰۳	-۱۴۳/۹۳۴	-۶۹/۴۵۲۹	-۱۲۰/۰۶۲	-۲۸/۰۵۹۳
تهران	-۳۲/۴۹۲۷	-۱۶۱/۰۲	-۱۸۶/۶۱۳	-۷۲/۶۳۷۲	-۱۳۳/۶۳۶	-۹۳/۲۳۰۹
اصفهان	-۵۰/۹۶۹۷	-۷۹/۵۳۰۹	-۷۶/۸۰۲۸	-۲۶/۲۸۳۶	-۱۰۳/۰۱۹	-۱۰/۳۹۷۲

مأخذ: نتایج تحقیق

۵- نتیجه‌گیری

از آن‌جا که نتیجه‌ی حاصل در مورد اثر ساختاری، توضیح دهنده‌ی قسمت زیادی از تغییر انرژی مصرفی در این صنعت می‌باشد، می‌توان گفت که هرچه از تولید محصولاتی که انرژی‌بر هستند کاسته و به سمت محصولاتی که انرژی کم‌تری صرف تولید آن‌ها می‌شود، حرکت شود، میزان انرژی نهایی مصرف شده به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد، به عنوان مثال در مورد محصول شیر که مصرف انرژی بالا و سودآوری کم‌تری دارد و به عنوان ماده‌ی خام به بازار ارائه می‌شود، در صورتی که فرآوری بیش‌تری روی آن انجام گیرد، می‌تواند با همان میزان مصرف انرژی و حتی کم‌تر، سود بیش‌تری به دست آورد.

از سوی دیگر با توجه به نتیجه‌ی به دست آمده در مورد اثر تولیدی، می‌توان به این موضوع اشاره کرد که اگر واحدی به تولید با انرژی کمی اقدام کند، مجبور به استفاده از تکنولوژی پیشرفته‌ای می‌باشد تا میزان انرژی مصرفی را در این صورت کاهش دهد، چرا که هرچه حجم فعالیت بیش‌تر باشد میزان انرژی مصرفی نیز بیش‌تر خواهد بود و هم‌چنین به تولید محصولاتی اقدام شود که انرژی‌بری پایینی دارند.

موضوع مهم دیگری که در رابطه با مصرف انرژی مطرح می‌شود و صنایع شیر ایران و به طور خاص شرکت پگاه فارس، تهران و اصفهان آن را در برنامه‌های خود گنجانده و موفق بوده‌اند، رعایت استانداردهای زیست محیطی است. آمارهای منتشر شده از تمام دنیا به‌ویژه مناطق صنعتی، نشان از انتشار گازهای گلخانه‌ای بسیار مضر برای حیات بشری دارد. در این زمینه، حمایت دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی از تولیدکنندگان، باید به عنوان یکی از اولویت‌های اساسی مصرف بهینه دنبال شود.

فهرست منابع

حیدری، ابراهیم (۱۳۸۴)، پیش‌بینی تقاضای انرژی در اقتصاد ایران بر اساس روش تجزیه، مجله‌ی تحقیقات اقتصادی، دانشگاه تهران، شماره‌ی ۶۹، صفحات ۵۶-۲۷.

ستاری، سورنا و عوامی، اکرم (۱۳۸۶). ارزیابی فرصت‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی در صنعت سیمان ایران، فصل‌نامه‌ی بررسی‌های اقتصاد انرژی، شماره‌ی ۱۱، صفحات ۸۵-۹۸.

شریفی، علیمراد، صادقی، مهدی، نفر، مهدی و زهرا دهقان شعبانی (۱۳۸۷). تجزیه‌ی شدت انرژی در صنایع ایران، پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره‌ی ۳۵، صفحات ۱۰۹-۷۹.

شکیبایی، علیرضا (۱۳۷۸). اقتصاد انرژی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.

شورای جهانی انرژی (۱۳۷۵). انرژی برای جهان فردا، ترجمه‌ی داریوش فروغی، کمیته‌ی ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران، مرکز آموزش مدیریت دولتی.

عمادزاده، مصطفی، شریفی، علیمراد، دلالی اصفهانی، رحیم و مهدی صفدری (۱۳۸۲). تحلیلی از روند شدت انرژی در کشورهای OECD، فصل‌نامه‌ی پژوهش‌نامه‌ی بازرگانی، شماره‌ی ۲۸، ۹۵-۱۱۸.

وزارت نیرو، معاونت انرژی، ترازنامه‌ی انرژی، سال‌های مختلف.

وزارت امور اقتصادی و دارایی (۱۳۷۶). نقش بخش انرژی در توسعه‌ی اقتصادی کشور، چاپ اول.

Ang, B. W. (2005), *The LMDI Approach to Decomposition Analysis: A Practical Guide*, Energy Policy, 33, pp 867-871.

Ang, B. W. and S. Y. Lee (1994), *Decomposition of Industrial Energy Consumption*, Energy Economics, 19(12), pp 83-92.

Ang, B. W. (2004), *Decomposition Analysis for Policymaking in Energy: Which is the Preferred Method*, Energy Policy, 32, pp 1131-1139.

Ma, C., Stern, D. I. (2008), *China's Changing Energy Intensity Trend: A Decomposition Analysis*, Energy Economics, 30, pp 1037-1053.

Zha, D., Zhou and N. Ding (2007), *The Contribution Degree of Sub-Sectors to Structure Effect and Intensity Effects on Industry Energy Intensity in China from 1993 to 2003, Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Article in Press.

Sandu and Syed (2008), *Trends in Energy Intensity in Australian Industry*. Abare.gov. au, Research Report, 08.15.

Zhang, Z.X., (2003), *Why did the Energy Intensity Fall in China's Industry Sector in the 1990s The Relative Importance of Structural Change and Intensity Change*. Energy Economics 25, 625-638.