

## شناخت و بررسی رفتار صرفه‌جویی انرژی در صنایع بزرگ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۳/۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۳/۱۰/۲۳

<sup>۱</sup> دکتر ابراهیم حیدری

<sup>۲</sup> دکتر حسین صادقی

### چکیده

در این تحقیق، روشهای مجزاسازی (تجزیه) دیوژیا را در مورد سه حامل مهم انرژی شامل برق، گاز طبیعی، فرآورده‌های نفتی و کل مصرف انرژی در صنایع بزرگ ایران به کار برده ایم و به تجزیه اثرها و عوامل تولیدی، ساختاری و شدت خالص در تغییرات مصرف کل طی دوره ۱۳۵۸-۱۳۸۰ برای محاسبه میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی پرداخته‌ایم و نتایج محاسبات الگو برای قبل و بعد از سال ۱۳۶۸ مقایسه شده است. نکته کلی این است که اثرها ساختاری در هر چهار مورد، سهمی اندک در توضیح رفتار مصرف انرژی داشته است. نتایج بیانگر این است که تغییرات ساختاری در صنایع بزرگ ایران در مورد غالب حاملها و کل مصرف منجر به صرفه‌جویی در مصرف انرژی شده است، هر چند اثرگذاری آن ضعیف بوده است.

کلیدواژه: صنایع بزرگ، مصرف نهایی انرژی، مجزاسازی، اثر تولیدی، اثر ساختاری اثر شدت خالص.

E.Mail: aheydari@yahoo.com

۱. استادیار دانشگاه خلیج فارس؛ تلفن محل کار: ۰۷۷۱ ۳۵۳۴۱۴۷؛ نمابر: ۵۵۵۹۴۸۹

E.Mail: Sadeghih@modares.ac.ir

۲. استادیار دانشگاه تربیت مدرس؛ تلفن محل کار: ۸۰۰۳۲۱۸ نمابر: ۸۰۰۸۵۷۱

## مقدمه

اهمیت روزافزون منابع انرژی در شکل گیری و رشد فرآیندهای اقتصادی و همچنین ضرورت بهره‌برداری از این منابع بر پایه ملاحظات زیست‌محیطی و توسعه پایدار اقتصادی و اجتماعی، موضوع صرفه‌جویی در مصرف انرژی را به عنوان مسأله 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، ترکیب تولید کالاهای 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. شدت انرژی به معنی میزان مصرف حاملهای انرژی به ازای هر واحد فعالیت (تولید و یا ارزش افزوده) می‌باشد. با توجه به این تعریف، شدت انرژی شاخص وابستگی تولید به نهاده انرژی است و به عواملی از جمله فناوری، کارآمدی تجهیزات مصرف‌کننده 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 مطالعه، ترکیب تولیدات صنعتی بر حسب میزان انرژی‌بری زیربخشهای صنعتی 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. با گذشت زمان و همراه با بهبود سهم زیربخشهای با انرژی‌بری بالا در مجموع فعالیت‌های صنعتی با تشدید در مصرف انرژی مواجه خواهیم شد. نقطه مقابل این وضعیت، منجر به صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود.

هدف اصلی این مقاله، شناخت و بررسی رفتار صرفه‌جویی در مصرف نهایی انرژی در صنایع بزرگ ایران و عوامل مؤثر بر آن می‌باشد. به این منظور به تجزیه میزان و سهم اثرگذاری سه عامل رشد تولید، تغییر در ترکیب فعالیت‌های صنعتی (تغییر ساختاری) و شدت انرژی در فرآیند تغییر مصرف نهایی حاملهای انرژی پرداخته می‌شود.

## ۱. ادبیات موضوع

روش مجزاسازی<sup>۱</sup> مصرف انرژی به تجزیه اثرها عوامل مؤثر بر مصرف نهایی انرژی اشاره دارد و در مطالعات بخش انرژی دارای اهمیت فراوان است. بر اساس این روش، تغییر در کل

## 1. Decomposition

مصرف انرژی در سطح مورد مطالعه (بین دو سال انتخاب شده) به چهار اثر ساختاری<sup>۱</sup> تولیدی<sup>۲</sup> شدت خالص<sup>۳</sup> و اثر پسمانده<sup>۴</sup> تجزیه می‌شود. جزء یا اثر ساختاری به تغییر در مصرف انرژی برآمده از تغییر در ترکیب یا سهم فعالیت‌های اقتصادی دلالت دارد. جزء یا اثر تولید نیز مربوط به تغییر در کل مصرف انرژی به واسطه افزایش در تولید و حجم فعالیت است. از آنجا که شدت انرژی، میزان مصرف به ازای هر واحد فعالیت (تولید یا ارزش افزوده) را نشان می‌دهد اثر شدت خالص انرژی، تغییرات مصرف برآمده از تغییر در شدت انرژی را بیان می‌کند. اثر شدت خالص، یک معیار مناسب برای شناخت و بررسی رفتار صرفه‌جویی انرژی به شمار می‌آید. مقدار منفی این اثر، بین دو سال مشخص، بیانگر کاهش در مصرف به واسطه کاهش در شدت انرژی است و صرفه‌جویی در مصرف انرژی را نشان می‌دهد؛ در حالی که مقدار مثبت آن، گرایش به مصرف بیشتر را نشان می‌دهد. در این تحقیق، صرفه‌جویی انرژی برای سه حامل انرژی شامل برق، گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی محاسبه می‌شود. اثر شدت خالص، شاخصی کلیدی برای بررسی رفتار صرفه‌جویی انرژی در این مطالعه به شمار می‌آید. در مطالعات مشابه یا حتی به نسبت مرتبط نیز جدای از سطح یا بخش مورد مطالعه به شکلی ویژه به شناخت رفتار زمانی این شاخص پرداخته شده است. در ادامه به برخی مطالعات که از نظرات انتخاب الگو، شاخصهای مناسب و همچنین ارزیابی و تجزیه و تحلیل یافته‌ها به این تحقیق کمک می‌کنند اشاره می‌شود.

آنگ (۱۹۹۴) روشهای دیوژیا را برای مجزاسازی مصرف انرژی برق در اقتصاد تایوان و سنگاپور به کار برده است. نتایج مجزاسازی برای سنگاپور نشانگر این است که به طور عمده تغییرات مشاهده شده در مصرف نهایی در فاصله زمانی ۱۹۸۵-۱۹۷۴ به وسیله تغییر در شدت خالص انرژی توضیح داده می‌شود؛ در حالی که در سالهای ۱۹۹۰-۱۹۸۵ با تغییرات ساختاری توضیح داده شده است. نتایج مجزاسازی برای تایوان نشانگر آن است که اثر شدت خالص در تمام مراحل توضیح تغییرات در مصرف برق در مقایسه با اثرها ساختاری، نقش غالبی داشته است.

فارلا و همکاران (۱۹۹۸) ضمن ارایه یک روش خاص مجزاسازی اثرها تغییر در کل شدت انرژی، آن را برای اقتصاد هلند به کار گرفته و نشان داده‌اند که در طول دوره مطالعه

1. Structural Effects
2. Production Effects
3. Pure Intensity Effects
4. Residual Effects

(۱۹۸۰-۱۹۹۰) اثر شدت خالص، عمده تغییرات شدت انرژی را توضیح می دهد. شایان ذکر است که در طول این دوره تمام تغییر در شدت انرژی منفی بوده است. مرکز تحقیقات انرژی آسیا و اقیانوس آرام (۲۰۰۱) برای تجزیه شدت انرژی در سطح کلان برای کشورهای مورد مطالعه از روش دیوژیا استفاده کرده است. نتایج مجزاسازی در این تحقیق برای کشور ژاپن نشانگر سهم بسیار بالای اثر شدت خالص در طول دوره ۱۹۸۰-۱۹۹۸ برای کشور برونئی نشانگر سهم بسیار بالای اثر ساختاری در فاصله سالهای ۱۹۸۰-۱۹۹۸ می باشد. برای کشور چین نیز سهم بسیار بالای اثر شدت خالص در سالهای ۱۹۸۰-۱۹۹۸ مشاهده می شود.

نتایج مجزاسازی شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای کشورهای مورد مطالعه نشان می دهد که در چین، کل شدت انرژی ۶/۶- درصد، اثر ساختاری ۲/۵- درصد و اثر شدت خالص ۲/۶- درصد کاهش یافته است. در ژاپن، کل شدت انرژی ۹/۳۳- درصد، اثر شدت خالص ۲/۳۴- درصد کاهش و اثر ساختاری کمتر از ۵/۰ درصد رشد داشته است. در کانادا که بالاترین میزان انرژی بری در بخش صنعت کارخانه‌ای را دارد، کل شدت انرژی ۴/۱۳- درصد، شدت خالص و اثر ساختاری نیز به ترتیب ۱/۱۱- و ۶/۲- درصد کاهش داشته اند. در آمریکا نیز کل شدت انرژی از ۵/۲۷۵ تن معادل نفت خام به میلیون دلار در سال ۱۹۸۰ به ۸/۲۳۲ تن معادل نفت خام به میلیون دلار کاهش نشان داده است و بنابراین دارای نرخ کاهش معادل ۲/۱۲- بوده است. اثر شدت خالص ۲/۸- درصد و اثر ساختاری نیز ۵/۴- درصد کاهش نشان می دهند.

## ۲. روش تحقیق

در این مقاله از الگوی تجزیه دیوژیا به منظور شناخت و بررسی اجزا و عوامل تغییر در مصرف نهایی انرژی در صنایع بزرگ و تفکیک اثرها تولیدی، ساختاری، شدت خالص و پسمانده در تغییرات مصرف حاملهای انرژی در طول دوره مورد بررسی استفاده می شود. از آنجا که اثر شدت خالص، بیانگر تغییر در مصرف انرژی مستقل از رشد تولید و ترکیب فعالیتهای صنعتی یا تغییر در مصرف در رشد و ساختار ثابت است، بنابراین با توجه به ضرورت افزایش در مصرف انرژی به دلیل رشد تولید یا تغییر ترکیب فعالیتها، صرفه‌جویی انرژی برآمده از کاهش در این جزء به وسیله بهبود بازده تجهیزات، ممیزی انرژی، ترکیب حاملها در سبد انرژی و کاربرد ابزارهای قیمتی و غیرقیمتی امکان‌پذیر می باشد. در اینجا با استفاده از یک مدل رگرسیون به بررسی این مسأله پرداخته می شود.

با توجه به موارد بالا الگوهای مورد استفاده تحقیق به شرح زیر معرفی می‌شوند.

### الگوی اول: تجزیه تغییرات مصرف انرژی

ز جمله روش‌های معروف و مرسوم تجزیه مصرف انرژی روش حاصل جمعی دیوژیا می‌باشد.

در این الگو، کل تغییر در مصرف نهایی انرژی از سال پایه تا سال جاری  $t$  در طول دوره به چهار اثر ساختاری، تولیدی، شدت خالص و اثر پسمانده تجزیه می‌شود. اگر مصرف انرژی در سال پایه با  $E$  و در سال جاری با  $E_t$  نشان داده شود، کل تغییر در مصرف انرژی به شکل زیر است.

$$\Delta E_{tot} = E_t - E. \quad (1)$$

$\Delta E_{tot}$  را می‌توان به شکل زیر تجزیه کرد.

$$\Delta E_{tot} = \Delta E_{pdn} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int} + D \quad (2)$$

در اینجا

$\Delta E_{tot}$  = کل تغییر در مصرف انرژی از سال پایه تا سال  $t$  (کل اثر)؛

$\Delta E_{pdn}$  = تغییر در مصرف انرژی برآمده از رشد تولید (اثر تولیدی)؛

$\Delta E_{str}$  = تغییر در مصرف انرژی برآمده از تغییر ساختاری در اقتصاد (اثر ساختاری)؛

$\Delta E_{int}$  = تغییر در مصرف انرژی برآمده از تغییر در شدت انرژی (اثر شدت خالص) و

$D$  = جمله پسمانده

کل مصرف نهایی انرژی در بخش صنعت در سال  $t$  به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$E_t = \sum_i E_{it} \quad (3)$$

$E_{it}$  کل مصرف نهایی انرژی در گروه صنعتی  $i$ ام در سال  $t$ ام می‌باشد.

کل مصرف نهایی انرژی ( $E_t$ ) تابعی از سه متغیر به شرح زیر می‌باشد.

۱. **سطح تولید (A):** معیار فعالیت و عامل اثر تولیدی در رشد مصرف نهایی انرژی

است. این متغیر برابر با ارزش افزوده واقعی تولیدات صنعتی می‌باشد. مقدار این متغیر در سال  $t$  ام برای مجموع ارزش افزوده صنایع بزرگ با  $A_t$  و برای زیربخش  $i$  ام با  $A_{it}$  نشان داده می‌شود.

۲. **شدت انرژی بخش‌های تولیدی (I<sub>it</sub>):** میزان مصرف انرژی گروه صنعتی  $i$ ام به ازای

هر واحد فعالیت یا ارزش افزوده آن بوده و به شکل زیر محاسبه می‌شود.

$$I_{it} = \frac{E_{it}}{A_{it}} \quad (4)$$

۳- مشخصه ساختار (Sit): سهم گروه صنعتی  $\bar{A}_m$  در ارزش افزوده بخش صنعت در

سال  $\bar{A}_m$  است.

$$S_{it} = \frac{A_{it}}{A_t} \quad (5)$$

با توجه به متغیرهای معرفی شده در بالا دو رویکرد مشخصه ای روش تجزیه دیوژیا به

شرح زیر ارائه می شود.

الف) روش مشخصه ای حاصل جمعی اول دیوژیا (PDM۱)

این روش بر مبنای متغیر مصرف کل انرژی (E) سه اثر تولیدی، ساختاری و شدت

خالص به شکل زیر بیان می شود.

$$\Delta E_{pdn} = [E_t + \alpha(E_t - E_o)] \ln(A_t / A_o) \quad (6)$$

$$\Delta E_{str} = \sum_i [E_{io} + \beta_i(E_{it} - E_{io})] \ln(S_{it} / S_{io}) \quad (7)$$

$$\Delta E_{int} = \sum_i [E_{io} + \tau_i(E_{it} - E_{io})] \ln(I_{it} / I_{io}) \quad (8)$$

ب) روش مشخصه ای حاصل جمعی دوم دیوژیا (PDM۲)

این روش بر اساس متغیر شدت کل انرژی بیان می شود. شدت کل انرژی در سال  $\bar{A}_m$  که

با  $\bar{I}_t$  نشان داده می شود به شکل زیر است.

$$\bar{I}_t = \frac{E_t}{A_t} \quad (9)$$

با توجه به  $\bar{I}_t$  و متغیرهای معرفی شده قبلی، PDM۲ در قالب مدل زیر ارائه می شود.

$$\Delta E_{pdn} = [I_o + \alpha(I_t - I_o)](Y_t - Y_o) \quad (10)$$

$$\Delta E_{str} = \sum [I_{io}Y_o + \beta(I_{it} + Y_t - I_{io}Y_o)](S_{it} - S_{io}) \quad (11)$$

$$\Delta E_{int} = \sum [Y_{io} + \tau_i(Y_{it} - Y_{io})](I_{it} - I_{io}) \quad (12)$$

در اینجا مشخصه  $\alpha$  ضریب تغییر در مصرف و شدت کل انرژی در اثر تولیدی است و

مقادیر صفر یا مثبت را به خود می گیرد ( $\alpha \geq 0$ ). مشخصه  $\beta_i$  ضریب تغییر در مصرف و

شدت انرژی بخش  $\bar{A}_m$  در اثر ساختاری است و مقادیر کوچکتر یا مساوی با یک را می گیرد

( $\alpha_j \leq 1$ ). مشخصه  $\tau_i$  ضریب تغییر در مصرف و تولید بخش  $\bar{A}_m$  در اثر شدت خالص

است و مقدار آن می بایستی کوچکتر و یا مساوی با یک باشد ( $\tau_i \leq 1$ ). اختصاص مقادیر

کوچکتر (نزدیک به صفر) به مشخصه های مزبور بیانگر ضرایب اهمیت پایین متغیرهای مصرف، شدت انرژی و تولید در سال  $t$  است و بالعکس.

بنابراین به ازای هر ترکیبی از مشخصه های مزبور، یک راه حل برای روشهای دیوژیا وجود دارد. در این مورد سه راه حل کلی و مرسوم وجود دارد که می‌بایست از میان آنها بهترین راه‌حل را انتخاب کرد. مجموع مربعات مقادیر اثرها پسمانده با توجه به ماهیت این اثرها، به عنوان معیار انتخاب بهترین راه‌حل به شمار می‌آید. بهترین راه‌حل آن است که در میان تمامی راه‌حلها دارای حداقل مجموع مربعات اثرها پسمانده باشد. در ادامه، سه راه‌حل مزبور به شرح زیر معرفی می‌شوند.

۱. راه حل لاسپیرز (LAS-PDM): در این راه حل ضریب اهمیت مصرف در سال جاری در محاسبه اجزا (اثرها) مساوی صفر در نظر گرفته می‌شود. بنابراین مقدار هر سه مشخصه را مساوی با صفر می‌گیرد.

۲. راه حل میانگین ساده روشهای دیوژیا (AVE-PDM): در این راه حل، سال پایه و سال جاری با ضریب اهمیت یکسان وارد مدل می‌شوند، لذا سه مشخصه  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\tau$  را برابر با ۰/۵ در نظر می‌گیرند.

۳. راه حل تعدیل شده وزنی براساس دو روش اصلی دیوژیا (AWT-PDM): در این روش با مساوی قرار دادن معادلات متناظر اثرها تولیدی، ساختاری و شدت خالص (برحسب مورد) در دو روش اصلی دیوژیا، مشخصه های الگو به شکل زیر به دست می‌آیند.

$$\alpha = [I_o(A_t - A_o) - E_o \ln(A_t / A_o)] / [(I_o - I_t)(A_t - A_o) - (E_o - E_t) \ln(A_t / A_o)] \quad (13)$$

$$\beta_i = [I_{io} \cdot A_o (S_{it} - S_{io}) - E_{io} \ln(S_{it} / S_{io})] / [(I_{io} A_o - I_{it} A_t)(S_{it} - S_{io})] \quad (14)$$

$$- (E_{io} - E_{it}) \ln(S_{it} / S_{io}) \quad (15)$$

$$\tau_i = [A_{io}(I_{it} - I_{io}) - E_{io} \ln(I_{it} / I_{io})] / [(A_{io} - A_{it})(I_{it} - I_{io}) - (W_{io} - E_{it}) \ln(I_{it} / I_{io})]$$

در این حالت، مشخصه ها در طول بررسی ثابت نیستند و توسط سطوح مصرف انرژی و تولید در هر سال مشخص می شوند. به عبارت دیگر برای هر سال یک ترکیب خاص از مشخصه ها استفاده می شوند.

تجزیه مصرف انرژی از نظر زمانی شامل روشهای دوزمانه<sup>۱</sup> و سری زمانی<sup>۲</sup> می باشد. برای تجزیه براساس روش دوزمانه اطلاعات محدودی مورد نیاز است و در این حالت فقط تغییرات بین سال پایه و یک سال مشخص، بدون در نظر گرفتن سالهای میانی محاسبه می شود. اما در روش مجزا سازی از نوع سری زمانی برای محاسبه اثرها و اجزای تولیدی، ساختاری و شدت خالص مصرف انرژی در یک سال مشخص، مثل  $t$  نسبت به سال پایه از اطلاعات تمام سالها استفاده می شود. برای این کار ابتدا الگوی مجزا سازی برای محاسبه مقادیر هر اثر (جزء) در فاصله های یک ساله ( $t$  تا  $t+1$ ) یا تغییرات متوالی سالیانه برآورد می شود و سپس با جمع زدن این مقادیر از سال پایه تا سال  $t$  مقدار تجمعی اثر در سال  $t$  بر مبنای سال پایه انتخابی به دست می آید. در این حالت می توان به دو شکل عمل کرد: ۱. سال اول دوره را برای تمام سالهای دوره به عنوان سال پایه منظور و اثرها را محاسبه کرد و ۲. با تقسیم کل دوره به فاصله های زمانی مساوی (مثلاً 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 یاد شده تفاوتی ندارد؛ اما در مقایسه با روش دودوره ای، مقادیر اثرهای تولیدی، ساختاری و شدت خالص در روش سری زمانی با در نظر گرفتن تمام اطلاعات، دقیقتر و مطمئن تر است.

در این تحقیق با تقسیم کل دوره به پنج فاصله زمانی مساوی و با در نظر گرفتن سال اول هر فاصله زمانی به عنوان سال پایه، مقادیر اثرها (اجزاء) و وزن تأثیرگذاری هر کدام (که معادل با سهم هر اثر در دامنه کلی تغییر مصرف انرژی است) بر کل تغییرات مصرف به طور جداگانه برای هر مقطع محاسبه می شود.

1. Priode Wise
2. Time series

## الگوی دوم: روش رگرسیون برای بررسی اثر شدت خالص

همان گونه که بیان شد اثر شدت خالص، نشانگر بخشی از تغییرات مصرف انرژی است که برآمده از تغییر در شدت انرژی باخارج کردن اثرهای رشد تولید و تغییرات ساختاری از مجموع تغییرات مصرف انرژی می‌باشد؛ بنابراین مستقل از این عوامل و تحت تأثیر عوامل دیگری است. با توجه به روابط معرفی شده، مقدار مثبت این اثر نشانگر استفاده غیر منطقی و غیر کارآمد انرژی و مقدار منفی آن نشاندهنده صرفه‌جویی انرژی است. در بین عوامل مؤثر بر شدت خالص می‌توان به عنوان مثال به عواملی از جمله قیمت واقعی انرژی، بهبود کارایی تجهیزات مصرف‌کننده انرژی، امکان جایگزینی حاملها با یکدیگر و ابزارها و مشوقهای غیر قیمتی در برنامه‌های توسعه اقتصادی کشور اشاره کرد.

در این تحقیق، رفتار صرفه‌جویی در مصرف انرژی با استفاده از برآورد رابطه اثر شدت خالص با متغیرهای مدل رگرسیون زیر بررسی می‌شود.

$$\log(INT)_t = \alpha_0 + \alpha_1 * \log(OS)_t + \alpha_2 * \log(PE)_t + \alpha_3 * D_t + U_t \quad (16)$$

در این مدل OS، Int و PE بترتیب نشاندهنده اثر شدت خالص کل مصرف انرژی نسبت مصرف گاز طبیعی به فرآورده‌های نفتی در کل مصرف نهایی انرژی و قیمت متوسط واقعی انرژی می‌باشند. D متغیر مجازی نشانگر سالهای برنامه‌های توسعه، U جمله اخلاص و t نیز اندیس زمان است.

## ۳. معرفی اجمالی وضعیت مصرف انرژی در صنایع بزرگ کشور

## الف) کل مصرف نهایی حاملهای انرژی

مصرف انرژی در صنایع بزرگ (کارگاههای بزرگ صنعتی) در ابتدای سال ۱۳۶۰ معادل ۴۶ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده که در پایان دوره به ۱۲۰ میلیون بشکه معادل نفت خام افزایش یافته است. از اینرو سهم صنایع مزبور در کل مصرف انرژی بخش صنعت<sup>۱</sup> در سالهای ۱۳۶۰ و ۱۳۸۰ به ترتیب برابر با ۷۰ و ۷۶ درصد بوده است. جدول شماره (۱) به برخی شاخصهای مصرف انرژی در صنایع بزرگ اشاره دارد.

۱. در اینجا کل مصرف انرژی بخش صنعت که در ترازنامه انرژی گزارش شده است مورد نظر است، این میزان مصرف مربوط به صنایع کارخانه‌ای، بخشهای آب و برق می‌باشد.

جدول ۱. وضعیت شاخصهای مصرف نهایی انرژی در صنایع بزرگ میلیون بشکه معادل نفت خام

حامل	برق			گاز طبیعی			فرآورده‌های نفتی و سایر سوختها			کل مصرف انرژی		
	سال	مقدار مصرف	متوسط نرخ رشد	سهم در کل صنعت	مقدار مصرف	متوسط نرخ رشد	سهم در کل صنعت	مقدار مصرف	متوسط نرخ رشد	سهم در کل صنعت	مقدار مصرف	متوسط نرخ رشد
۱۳۵۸-۶۲	۲/۸۳	۱۰	۵۳	۶/۶۷	۶۴	۱۶/۶	۳۵/۶	۲۱	۶۷	۴۶	۲۵	۶۶
۱۳۶۲/۶۷	۳/۶۶	-۰/۳	۵۶/۵	۱۰/۳	-۴/۸	۹۷	۵۰/۴	۰/۹	۷۴	۶۴	-۰/۱	۷۷
۱۳۶۸-۷۲	۴/۵	۱۲	۴۷	۱۸/۵	۳۱	۴۵	۴۸	-۰/۳	۶۷	۷۱/۸	۴/۵	۵۹
۱۳۷۳-۷۷	۹/۳	۱۴	۵۷	۴۸	۱۵	۶۶	۵۰	۶	۸۱	۱۰۷/۳	۱۰	۷۲
۱۳۷۸-۸۰	۱۳/۴	۱۵	۶۸/۸	۵۹/۳	۰/۹	۷۳	۴۵	۷	۸۲	۱۱۷/۷	۵/۱	۷۵/۵

برگرفته از: ۱. مرکز آمار ایران؛ آمار کارگاههای بزرگ صنعتی؛ سالهای ۱۳۸۰-۱۳۵۸. ۲. وزارت نیرو؛ ترازنامه انرژی؛ سالهای ۱۳۸۰-۱۳۷۲

۳. محاسبات محقق

چنان که ملاحظه می‌شود در بخش صنعت، سهم صنایع بزرگ در مصرف نهایی کل انرژی از ۶۰ تا ۷۵ درصد در طول دوره نوسان داشته و در کل دوره این سهم به طور متوسط معادل ۶۸ درصد بوده است. این سهم در سالهای پایانی دوره به طور مرتب رو به افزایش بوده است. در این دوره صنایع بزرگ دارای بالاترین سهم در مصرف فرآورده‌های نفتی بوده‌اند؛ گاز طبیعی و برق به ترتیب در رتبه‌های بعدی مصرف این صنایع قرار می‌گیرند. بالاترین نرخهای رشد مصرف در بیشتر سالها مربوط به گاز طبیعی و پایینترین نرخ رشد مربوط به فرآورده‌های نفتی بوده است.

نرخ رشد بالای مصرف گاز طبیعی و برق در صنایع بزرگ کشور، بیانگر جایگزینی این دو حامل به جای فرآورده‌های نفتی و سوختهای جامد است؛ هر چند این حاملها سهم بالای خود را در سبد مصرف نهایی انرژی صنایع بزرگ در طول این دوره حفظ کرده‌اند. این وضعیت نشاندهنده پتانسیل قابل توجه صرفه‌جویی انرژی به ویژه در زمینه فرآورده‌های نفتی در صنایع بزرگ کشور می‌باشد. جدول شماره ۲ به سهم حاملهای مختلف انرژی در کل مصرف نهایی انرژی در صنایع بزرگ کشور اشاره دارد.

## جدول ۲. سهم حاملهای چهارگانه انرژی در سبد مصرف نهایی انرژی در صنایع بزرگ

(درصد)

سال	برق	گازطبیعی	فرآورده‌های نفتی	کل
۱۳۵۸-۶۲	۶/۷	۱۴/۴	۷۸/۹	۱۰۰
۱۳۶۳/۶۷	۵/۸	۱۶/۲	۷۸	۱۰۰
۱۳۶۸-۱۳۷۲	۶/۳	۲۵/۳	۶۸/۳	۱۰۰
۱۳۷۳-۷۷	۸/۴	۴۴	۴۷/۸	۱۰۰
۱۳۷۸-۸۰	۱۱/۴	۵۰	۳۸/۵	۱۰۰
متوسط سالیانه	۷/۱	۲۷/۸	۶۵	۱۰۰

برگرفته از: همان

آمار جدول ۲ بیانگر کاهش مستمر سهم فرآورده‌های نفتی و سوختهای جامد در کل مصرف انرژی و به جای آنها افزایش مستمر مصرف گازطبیعی است. اگر به انرژی برق - که در یک سطح حداقل مصرف، جایگزینی ندارد- به عنوان حامی گران قیمت نگاه کنیم، ادامه این روند در سالهای آینده، اهمیت تحقق پتانسیلهای صرفه‌جویی انرژی در این زیربخش را بیشتر بیان می‌کند. تحقق این امر علاوه بر توسعه شبکه گاز رسانی در کشور، مستلزم سیاستهای مناسب قیمت گذاری، بهبود تلاشهای تحقیق و توسعه در زمینه‌های فنی و توسعه بازار تجهیزات کارآمد خواهد بود.

بین صنایع بزرگ کشور در کل دوره، صنایع کانی غیر فلزی، صنایع فلزات اساسی، صنایع شیمیایی و صنایع غذایی به ترتیب بالاترین سهم را در مصرف نهایی انرژی داشته‌اند. به طور متوسط این چهار رشته صنعتی در سالهای مورد مطالعه به ترتیب ۳۶، ۱۵، ۱۴/۳ و ۱۴ درصد از کل مصرف انرژی صنایع بزرگ را به خود اختصاص داده‌اند. جدول ۳ اطلاعاتی را در زمینه سهم رشته‌های نه گانه صنعتی در مصرف حاملهای انرژی و ارزش افزوده صنایع بزرگ ارایه می‌دهد.

با نگاهی به این جدول ملاحظه می‌کنیم که به طور کلی همراه با بهبود سهم این رشته‌ها در مجموع ارزش افزوده صنایع بزرگ، سهم مصرف انرژی این صنایع نیز افزایش می‌یابد. به این دلیل اگر انرژی‌بری را به مصرف بالای انرژی در مجموع فعالیت صنعتی تعبیر کنیم، این صنایع انرژی‌بر محسوب می‌شوند، یعنی رشد نسبی آنها به افزایش به نسبت بالای مصرف انرژی در صنایع بزرگ می‌انجامد. حال اگر انرژی‌بری را به مصرف انرژی به ازای هر واحد فعالیت تلقی کنیم، ممکن است تقسیم‌بندی صنایع از نظر انرژی‌بری با این حالت متفاوت باشد. در ادامه بیشتر به این مسأله پرداخته می‌شود.

جدول ۳. سهم گروههای نه گانه در مجموع ارزش افزوده و مصرف انرژی صنایع بزرگ کشور\*

صنعتی	غذایی و دارویی		نساجی		چوب		کاغذ و چوب		شیمیایی		کانی غیرفلزی		فلزات اساسی		ماشین آلات		متفرقه	
	VA	E	VA	E	VA	E	VA	E	VA	E	VA	E	VA	E	VA	E	VA	E
۱۳۵۸-۶۳	۱۷	۱۷	۳۳/۵	۷/۵	۶/۱	۲	۳	۷/۱	۱۱	۸	۵۱	۵۴۳/۵	۵	۴/۳	۲۲	۱۱	۱/۰	۰/۵
۱۳۶۳-۶۷	۱۷/۵	۱۷	۲۲	۵/۵	۷/۱	۵/۱	۲/۶	۸/۱	۲۱	۵	۶/۴۱	۱۳	۷	۳/۷	۱۱	۲/۰	۱/۰	
۱۳۶۸-۷۲	۱۵/۱	۱۵	۸/۶۱	۸/۸	۶/۱	۵/۱	۵/۱	۲	۲۱	۷/۵	۶/۱۱	۸۸	۳/۵۱	۲/۵	۷/۵	۳/۰	۱/۰	
۱۳۷۳-۷۷	۳	۱۰	۱۰	۶	۱	۵/۰	۲/۶	۵/۱	۵۱	۵۱	۰۱	۷۲	۵/۳۱	۳۱	۶	۴/۰	۸/۰	
۱۳۷۸-۸۰	۲۲/۳	۲۲	۶/۳	۴/۲	۷/۷۰	۵/۰	۲	۲	۳۳	۳۳/۵	۵/۷	۷۱	۷/۱۱	۲۲	۴/۴	۲/۰	۲۷/۰	
متوسط کل دوره	۷/۵۸	۶	۱۷/۴	۸/۸	۵/۱	۳/۱	۵/۸	۷/۱	۶۱	۱/۴۱	۵/۲۱	۶۳	۱۱	۵/۲۲	۵	۲/۰	۱/۰	

\* VA ارزش افزوده و E مصرف کل انرژی می باشد.

برگرفته از: همان

مسیر زمانی سهم مصرف انرژی این صنایع نشان می‌دهد که از ابتدای دوره تا سال ۱۳۷۳ صنایع کانی غیر فلزی دارای بالاترین سهم در مصرف کل انرژی در میان صنایع بزرگ بوده است. این سهم در فاصله زمانی یادشده روندی نزولی داشته است. روند سهم مصرف انرژی صنایع فلزات اساسی، عکس حالت قبل است. به این شکل که در ابتدای دوره از سطوح پایین در حدود ۳ درصد به بیش از ۲۵ درصد در سال ۱۳۷۳ رسیده است. بعد از سال ۱۳۷۳ این کمیت در هر دو بخش صنعتی، مسیر به نسبت یکنواختی را پیموده است. رفتار زمانی سهم مصرف انرژی در صنایع شیمیایی، مسیری به نسبت هموار (از ابتدای دوره تا سال ۱۳۷۱) بین ۵ تا ۱۰ درصد داشته است و در سالهای پایانی روندی جهشی را نشان می‌دهد و در پایان دوره به ۳۰ و ۲۵ درصد رسیده است.

سهم مصرف در سایر صنایع، دارای مسیر زمانی هموار یا با تغییرات به نسبت پایین بوده است. اگر افزایش مطلق سهم مصرف نهایی انرژی را معیار قرار دهیم، نتایج نشانگر کاهش درجه انرژی‌بری صنایع کانی غیرفلزی و افزایش درجه انرژی‌بری صنایع شیمیایی و صنایع فلزات اساسی است. اما واقعیت این است که افزایش در سهم مطلق مصرف انرژی می‌تواند برآمده از عواملی از جمله رشد تولید، تغییر ساختار یا ترکیب تولیدات صنعتی و شدت انرژی باشد. روش تجزیه دیوژیا، الگویی مناسب برای تفکیک و جداسازی اثرهای این عوامل بر فرآیند مصرف انرژی است که در این تحقیق به‌کار گرفته می‌شود.

#### ب) شدت مصرف حاملهای انرژی

به‌طور متوسط صنایع بزرگ در حدود ۷۰ درصد از کل انرژی نهایی بخش صنعت را مصرف می‌کنند. بنابراین مطالعه تغییرات شدت انرژی در این صنایع دازای اهمیت فراوان است. در سال ۱۳۵۸ شدت انرژی در صنایع بزرگ برابر با ۵۳ بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال ارزش افزوده بوده و در سال ۱۳۸۰ به ۵۳ بشکه رسیده است. در این صنایع، نرخ متوسط رشد این کمیت در طول دوره مطالعه، بسیار کوچک و نزدیک به صفر بوده که در مقایسه با نرخ رشد شدت انرژی بخش صنعت که معادل ۱/۵ درصد می‌باشد، بسیار پایین تر است. جدول شماره ۴ شدت انرژی در زمینه انواع حاملها و کل مصرف انرژی را در صنایع بزرگ کشور نشان می‌دهد.

جدول ۴. میزان و نرخ رشد شدت مصرف حاملهای انرژی در صنایع بزرگ

بشکله معادل نفت خام به میلیون ریال - درصد

حاملها	برق		گاز طبیعی		فراآوردههای نفتی و سایر سوختها		کل مصرف انرژی	
	شدت مصرف	نرخ رشد	شدت مصرف	نرخ رشد	شدت مصرف	نرخ رشد	شدت مصرف	نرخ رشد
۱۳۵۸-۶۲	۳/۶	۰/۴	۵/۷	+۴۸	۴۶	+۲۴	۵۵	+۶
۱۳۶۳-۶۷	۳/۸	-۱	۱۰	-۶/۸	۵۳	۰	۶۷/۷	-۱
۱۳۶۸-۷۲	۳/۷	+۴/۹	۱۵	+۲۰	۴۰	-۹/۴	۵۹	-۱/۷
۱۳۷۳-۷۷	۴/۷	+۲/۸	۲۴/۶	+۶/۲	۲۷	-۶/۵	۵۶	-۰/۱
۱۳۷۷-۸۰	۵/۵	+۱/۶	۲۷/۵	-۱/۳۲	۲۰/۱	-۶/۱	۵۳/۲	۸/۳۱
متوسط سالانه در کل دوره	۴	+۱/۸	۱/۴۸	+۱۴/۷	۳۹	-۳/۹	۵۹	+۰/۰۰۰۸۹

برگرفته از: همان

نتایج بدست آمده از این جدول بیانگر این است که شدت کل مصرف انرژی به‌جز در سالهای اولیه دوره (۱۳۶۲-۱۳۵۸) در سایر فاصله‌های زمانی به‌طور متوسط، نرخ رشد منفی داشته است و متوسط نرخ رشد این شاخص در کل دوره، نزدیک به صفر بوده است. به‌طور نسبی شدت مصرف گاز طبیعی بالاترین نرخ رشد را در طول فاصله‌های زمانی و دوره دارا بوده است. در حالی که شدت مصرف حاملهای نفتی از تمامی فاصله‌ها و در کل دوره، نرخ رشد منفی داشته است. سهم بالای حاملهای نفتی در شدت کل انرژی کاملاً مشهود است. تغییرات شدت مصرف گاز طبیعی و حاملهای نفتی در طول دوره بیانگر تشدید جایگزینی این دو حامل در بخش صنعت است. شدت مصرف برق در مقایسه با دو حامل دیگر بسیار پایین و به نسبت نرخ رشد پایبندی داشته است. در روش تجزیه دیوژیا اثر تغییرات شدت مصرف انرژی بر تغییرات تقاضای نهایی برای حاملهای انرژی سایر عوامل، تفکیک می‌شود. این اثر که به آن اثر شدت خالص گفته می‌شود، معیار کمی صرفه‌جویی انرژی به حساب می‌آید.

#### ۵. نتایج محاسبات الگوی مجزاسازی و تجزیه و تحلیل آنها

##### الف) نتایج مجزاسازی مصرف انرژی برق

در این زمینه روش AWT-PDM به عنوان بهترین روش مجزاسازی سری زمانی انتخاب شده است. جدول شماره ۵ به‌طور جداگانه مقادیر اثرهای تولیدی، ساختاری شدت خالص و اثر پسمانده و سهم آنها را در روند تغییرات مصرف برق در چهار مقطع زمانی و کل دوره نشان می‌دهد.

جدول ۵. تغییر در کل مصرف انرژی برق، مقادیر و وزن تأثیرگذاری اجزای چهار گانه آن در مقاطع مختلف در دوره مورد مطالعه

میلیون کیلووات ساعت-درصد

دوره زمانی	اثر پسمانده		اثر شدت خالص		اثر ساختاری		اثر تولیدی		کل تغییرات
	مقدار	وزن	مقدار	وزن	مقدار	وزن	مقدار	وزن	اثر کل
۱۳۵۸-۶۳	-۲۸	۱	۱۱۸/۶	۴/۳	۲/۴	-۶۶	۹۲	۲۵۴۰	۲۵۶۴
۱۳۶۳-۶۸	۲۶	۲/۸۹	-۳۹	۴۲	۱۷/۵	۱۶۲	۳۷	-۳۴۴	-۵۴۷
۱۳۶۸-۷۳	-۱۳۹	۱/۳۱	۲۸۷۷	۲۷	۱۰	-۱۰۵۵	۶۱	۶۴۷۴	۸۱۵۷
۱۳۷۳-۷۸	-۱۷/۷	۰/۱۸	۵۳۳۵	۵۴	۲۱	-۲۱۰۴	۲۳	۲۳۵۱/۷	۵۵۶۵
۱۳۷۸-۸۰	-۹۰	۱/۹	۲۷۹۶	۵۹	۱۸	-۸۳۷	۲۱	۱۰۰۶	۲۸۷۵
۱۳۵۸-۸۰	-۲۴۸	۰/۹	۱۰۷۳۴	۳۹۸	۱۴/۴	-۳۹۰۰	۴۴	۱۲۰۲۷	۱۸۶۱۳

برگرفته از: محاسبات الگو

چنانکه ملاحظه می‌شود در طول سالهای ۱۳۶۳-۱۳۶۸ مصرف برق معادل ۵۴۷ میلیون کیلووات ساعت کاهش یافته است. از این مقدار ۳۴۴ میلیون کیلووات ساعت آن برآمده از کاهش ارزش افزوده و ۳۹ میلیون کیلووات ساعت آن حاصل کاهش در شدت انرژی برق یا صرفه‌جویی در مصرف بوده است و اثر کل در سایر مقاطع مثبت بوده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر تولیدی در تمام مقاطع دارای بالاترین وزن تأثیرگذاری بر روند تغییرات مصرف برق بوده است. این وزن در طول دوره به طور متوسط ۴۴ درصد بوده است. اثر ساختاری در سایر مراحل به جز مرحله دوم منفی بوده و پایین ترین وزن تأثیرگذاری بر روند تغییرات مصرف را داشته است. این مطلب بیانگر بهبود سهم فعالیتهای با انرژی‌بری کمتر از نظر مصرف برق در ترکیب فعالیتهای صنعتی به ویژه در سالهای ۱۳۶۸ به بعد است. اثر شدت خالص به جز در مقطع دوم در سایر سالها مثبت بوده است. چنانکه از سال ۱۳۶۸ تا پایان دوره به طور مستمر مثبت و همراه با بهبود میزان اثرگذاری بوده و تشدید گرایش به مصرف (عدم صرفه‌جویی) انرژی برق را در این سالها نشان داده است. بر اساس نتایج به دست آمده در تمام مقاطع، سهم عوامل تصادفی در تغییرات مصرف - که به وسیله اثر پسمانده مشخص می‌شود- بسیار ناچیز بوده است. مطالعه آنگ (۱۹۹۴) در زمینه مجزاسازی مصرف انرژی برق

در اقتصاد تایوان و سنگاپور نیز نشاندهنده سهم بالای اثر شدت خالص در تمامی مراحل در توضیح تغییرات مصرف برق در مقایسه با اثرهای ساختاری بوده است.

### ب) نتایج مجزاسازی مصرف گاز طبیعی در صنایع بزرگ

روش AWT-PDM به عنوان بهترین روش مجزاسازی در زمینه مصرف گاز طبیعی انتخاب شده است. جدول شماره ۶ مقادیر اثرهای تولیدی، ساختاری، شدت خالص و اثر پسمانده و وزن تأثیرگذاری آنها را بر تغییرات مصرف گاز طبیعی به طور جداگانه در چهار مقطع زمانی و کل دوره نشان می‌دهد.

جدول ۶. تغییر در کل مصرف گاز طبیعی و مقادیر و وزن تأثیرگذاری اجزاء چهار گانه آن در

#### مقاطع مختلف طی دوره مطالعه

هزار متر مکعب - درصد

دوره زمانی	اثر پسمانده		اثر شدت خالص		اثر ساختاری		اثر تولیدی		کل تغییرات
	مقدار	وزن	مقدار	وزن	مقدار	وزن	مقدار	وزن	اثر کل
۱۳۵۸-۶۳	۳۴/۸	۳	۶۸۰/۸	۵۷	۹۸	۸	۳۷۳	۳۱	۱۱۸۶
۱۳۶۳-۶۸	-۱۰/۷	۲/۷	-۲۷۹	۶۹	۳۰/۵	۷/۶	-۷۹/۶	۲۰	-۳۳۹
۱۳۶۸-۷۳	۱۰۶	۲/۲	۱۹۲۵	۴۰	۱۴۵	۳	۲۵۴۰	۵۳	۴۷۱۸
۱۳۷۳-۷۸	-۱۴	۰/۴	۱۹۸۸	۵۷	-۱۶۴	۴/۷	۱۳۰۸	۳۷	۳۱۱۸
۱۳۷۸-۸۰	-۱۰	۱	۳۸۲	۵۶	-۴۰/۴۶	۶	۲۴۶	۳۶	۵۷۸
۱۳۵۸-۸۰	۱۰۵	۱	۴۶۹۷	۵۰	۷۰	۰/۷	۴۳۸۸	۴۴	۹۲۶۲

ماخذ: محاسبات الگو

در اینجا نیز مانند دو حالت قبل مصرف کل در مقطع دوم کاهش یافته است. اثر شدت خالص به جز مقطع دوم - که دارای وضعیتی خاص است - در سایر مقاطع همه دارای مقدار مثبت با سهم بالا در روند تغییرات کل مصرف بوده است؛ چنانکه در مراحل اول و چهارم در رتبه اول تأثیرگذاری است. مقادیر مثبت اثر ساختاری در سالهای ۱۳۷۴-۱۳۵۸ در ترکیب فعالیتهای صنعتی بیانگر بهبود سهم فعالیتهای با انرژی‌بری بالا در زمینه مصرف گاز طبیعی بوده است.

### ج) نتایج مجزاسازی فرآورده‌های نفتی در صنایع بزرگ

الگوی AVE-PDM<sub>2</sub> مناسبترین روش مجزاسازی حاملهای نفتی شناخته شده است. جدول شماره ۷ مقادیر اثرهای تولیدی، ساختاری، شدت خالص و اثر پسمانده و وزن تأثیرگذاری آنها را بر تغییرات مصرف فرآورده‌های نفتی به طور جداگانه در چهار مقطع زمانی و کل دوره نشان می‌دهد. چنانکه مشاهده می‌شود، مجموع مصرف این حاملها در کل دوره ۸۹/۲۴ میلیون بشکه معادل نفت خام افزایش یافته است. با توجه به مقادیر کل اثر در سالهای ۱۳۶۳-۱۳۸۰ خالص تغییرات مصرف این حاملها نزدیک به صفر بوده و تغییر مصرف در کل دوره برآمده از افزایش قابل ملاحظه مصرف در سالهای ابتدایی دوره (۱۳۶۰-۱۳۶۳) بوده است. اثر شدت خالص در مقطع اول بالابوده اما در مقاطع دیگر، نزدیک به صفر یا منفی بوده است. این اثر در طول برنامه‌های اول و دوم توسعه منجر به صرفه‌جویی در مصرف به میزان ۳۴ میلیون بشکه معادل نفت خام شده است. این، نشانگر بهبود نسبی بازده مصرف نهایی این حاملها است. اثر ساختاری نیز دارای مقدار بسیار پایین ۰/۵ در مرحله دوم و مقدار منفی در سایر مراحل است.

#### جدول ۷. تغییر در کل مصرف فرآورده‌های نفتی و مقادیر و وزن تأثیرگذاری اجزای چهارگانه آن

در مقاطع مختلف در دوره مطالعه

بشکه معادل نفت خام - درصد

کل تغییرات دوره	اثر کل	اثر تولیدی		اثر ساختاری		اثر شدت خالص		اثر پسمانده	
		مقدار	وزن	مقدار	وزن	مقدار	وزن	مقدار	وزن
۱۳۵۸-۶۳	۲۴	۱۱/۶	۴۰	-۲	۷	۱۵	۵۲	/۰۶	/۰۲
۱۳۶۳-۶۸	-۱/۶۵	-۲/۵	۷۳	۰/۵	۱۴	۰/۱	۳	۰/۳	۸/۸
۱۳۶۸-۷۳	۱۰	۳۳	۵۷	-۵	۹	-۱۸/۷	۳۲	۱	۱/۷
۱۳۷۳-۷۸	-۱۰	۶	۲۷	-۰/۲۲	۱	-۱۵/۵	۷۰	-۰/۰۲	۰/۹
۱۳۷۸-۸۰	۲/۶۴	۵/۱	۵۶	-۰/۴۸	۳	-۲/۸	۳۶	۰/۱	۳
۱۳۵۸-۸۰	۲۴/۸۹	۵۳/۱	۶۳	-۷/۴۸	۹	-۲۱/۷	۲۶	۰/۹	۱

برگرفته از: محاسبات الگو

هر دو اثر در طول دوره به کاهش تغییرات مصرف حاملهای نفتی کمک کرده‌اند که نتیجه آن کاهش سهم این حاملها در سبد مصرف نهایی انرژی بوده است، تا اینکه سهم آنها در کل

مصرف انرژی از حدود ۸۵ درصد در ابتدای دوره به تقریباً ۴۳ درصد در پایان دوره رسیده است.

#### د) تجزیه و تحلیل نتایج تجزیه کل مصرف انرژی در صنایع بزرگ

روش AVE-PDM مناسبترین نتایج را در زمینه تجزیه اثرهای تغییر کل مصرف انرژی ارائه داده است. جدول شماره ۸ مقادیر اثرهای چهارگانه و وزن تأثیرگذاری آنها را بر تغییرات مصرف کل انرژی در چهار مقطع زمانی جداگانه و در کل دوره مطالعه نشان می‌دهد.

**جدول ۸. تغییر در کل مصرف انرژی و مقادیر و وزن تأثیرگذاری اجزای چهارگانه آن در مقاطع مختلف طی دوره مطالعه**

بشکه معادل نفت خام-درصد

دوره زمانی	اثر پسمانده		اثر شدت خالص		اثر ساختاری		اثر تولیدی		کل تغییرات
	مقدار	وزن	مقدار	وزن	مقدار	وزن	مقدار	وزن	اثر کل
۱۳۵۸-۶۳	۰/۰۶	۰/۱۸	۱۶/۵۷	۳/۶	-۱/۱۸	۴۵	۱۵	۳۰/۵	
۱۳۶۳-۶۸	۰/۳۴	۵/۴	-۱/۹	۱۲	۰/۷۶	۵۱	-۳/۲	-۴	
۱۳۶۸-۷۳	۰/۸۴	۱/۳	-۴/۷	۷/۶	-۴/۷	۸۳	۵۲	۴۳	
۱۳۷۳-۷۸	۰/۰۵	۰/۳۷	-۰/۴۳	۱۴	-۲/۶	۸۳	۱۵	۱۲	
۱۳۷۸-۸۰	۰/۲۱	۲	۱/۱	۷	-۷/۲	۷۸	۸۶	۷/۸۳	
۱۳۵۸-۸۰	۱/۵۸	۱/۳۸	۱۰/۵	۸	-۸/۵۲	۸۱	۷۹	۹۰/۳۳	

برگرفته از: محاسبات الگو

نتایج نشان می‌دهد که کل مصرف انرژی در فاصله زمانی دوم (۱۳۶۳-۱۳۶۸) به میزان ۴ میلیون بشکه معادل نفت خام کاهش یافته است. این کاهش برآمده از رشد پایین و منفی تولید صنعتی در این سالها به ویژه در سال آخر و صرفه‌جویی در مصرف انرژی حدود ۲ میلیون بشکه معادل نفت خام به دلیل کاهش شدت انرژی بوده است و مقدار منفی شدت خالص میزان صرفه‌جویی انرژی را نشان می‌دهد.

در سایر مقاطع، اثر کل دارای مقادیر مثبت بوده و بالاترین میزان تغییر مصرف کل برابر با ۴۳ میلیون بشکه و مربوط به سالهای برنامه اول توسعه بوده است. در برنامه دوم، این مقدار به کمتر از ۳۰ درصد برنامه اول (۱۲ میلیون بشکه) کاهش یافته است. به طوری که تغییرات مصرف در هر دو مقطع، به وسیله اثر تولیدی توضیح داده شده است. نتایج نشانگر کاهش مستمر اثر شدت خالص در طول برنامه‌های توسعه بوده که در نتیجه در طول این برنامه‌ها مصرف کل انرژی به ترتیب به میزان ۴/۷ و ۰/۴۳ میلیون بشکه معادل نفت خام کاهش یافته

است. اثر ساختاری به جز مقطع دوم - که نزدیک به صفر است - در سایر مقاطع، مقادیر منفی داشته و از نظر تأثیرگذاری نیز در طول برنامه‌های توسعه در رتبه دوم قرار داشته است. با نگاهی کوتاه به نتایج مطالعات معرفی شده در قسمت دوم این تحقیق به ضعف نسبی نقش بازدارنده اثر شدت انرژی در صنایع ایران در مقایسه با کشورهای مورد بررسی پی می‌بریم. به عنوان مثال تحقیق فارلا و همکاران (۱۹۹۸) در مورد مجزاسازی اثرهای تغییر در کل شدت انرژی برای اقتصاد هلند، نشان داده است که در کل دوره مطالعه اثر شدت خالص باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی شده و سهم آن در مقایسه با اثرهای ساختاری بیشتر بوده است. علاوه بر این، نتایج مجزاسازی شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای کشورهای مورد مطالعه در گزارش مرکز تحقیقات انرژی آسیا و اقیانوس آرام (۲۰۰۱) نشان داده است در کشورهای چین، ژاپن، کانادا و آمریکا نیز اثر شدت خالص منجر به کاهش مستمر در مصرف انرژی در دوره مطالعه شده است.

#### ۶. نتایج تخمین الگوی رگرسیون صرفه‌جویی انرژی

معادله رگرسیون شماره ۱۶ برای اثر شدت خالص کل مصرف انرژی به عنوان شاخص صرفه‌جویی انرژی برآورد شده است که نتیجه آن به شرح زیر می‌باشد.

$$\log(INT)_t = 5/98 + 0/26 \log(OS)_t - 0/43 \log(PE)_t - 0/36 D_t \quad (17)$$

$$R^2 = 0/64 \quad DW = 2/1$$

(۴/۹۲) (۲/۰۷) (-۲/۵۵) (-۳/۲)

اعداد داخل پرانتز مقادیر آماره  $t$  مربوط به ضرایب می‌باشد. چنانکه ملاحظه می‌شود تمام ضرایب در سطح آزمون ۰/۰۵ معنی‌دار هستند. کشش قیمتی انرژی که برابر با ۰/۴۳ می‌باشد نشان می‌دهد که سیاستهای قیمتی در طول دوره مطالعه دارای تأثیری معنی‌دار و به نسبت بالا بر رفتار صرفه‌جویی انرژی در صنایع بزرگ بوده است. ضریب متغیر مجازی برنامه‌های توسعه بر روی صرفه‌جویی انرژی نیز معنی‌دار و منفی است، به این معنی که سیاستهای غیر قیمتی در طول برنامه‌های توسعه منجر به کاهش اثر شدت خالص یا بهبود صرفه‌جویی انرژی شده است. مقدار مثبت و معنی‌دار ضریب  $(\log OS)$  به افزایش اثر شدت خالص و بنابراین به نبود صرفه‌جویی در مصرف، همراه با افزایش سهم گاز طبیعی در سبد مصرف نهایی انرژی اشاره دارد. آمارهای رسمی نشان می‌دهد که سهم فرآورده‌های نفتی در سبد مصرف انرژی در طول دوره به طور مستمر کاهش یافته و در مقابل، سهم گاز طبیعی بیشتر شده است. از آنجا که سهم برق در طول دوره بسیار پایین و به نسبت یکنواخت بوده است، می‌توان به جایگزینی شدید گاز طبیعی به جای فرآورده‌های نفتی در فرآیند مصرف انرژی در طول دوره مطالعه پی

برد. این مسأله هر چند به کاهش در مصرف فرآورده‌های نفتی انجامیده است، اما به افزایش شدت مصرف گاز طبیعی و بنابراین به افزایش شدت کل مصرف انرژی منجر شده است. مقایسه جدولهای ۱ و ۲ در این مقاله گویای چنین وضعیتی است. پایین بودن قیمت نسبی گاز طبیعی، سهولت بیشتر در دسترسی به این حامل، پایین بودن سرمایه‌گذاری در تجهیزات کارآمد مصرف‌کننده گاز طبیعی یا توسعه نیافتن بازار آنها از جمله دلایل این امر است که ضرورت تدوین سیاستهای مناسب را در این زمینه‌ها به منظور کاهش شدت انرژی اجتناب‌ناپذیر می‌سازد.

#### ۷. نتیجه‌گیری

این مقاله به تجزیه تغییرات مصرف حاملهای انرژی در صنایع بزرگ اختصاص داشت. نتایج مجزاسازی در زمینه مصرف برق بر وابستگی بسیار شدید رشد تولید صنعتی به این حامل، اثر منفی و ضعیف عوامل ساختاری یا ترکیب تولیدات صنعتی و بهبود تدریجی نقش مثبت اثرهای شدت انرژی یا تشدید گرایش به مصرف (نبود صرفه‌جویی) در فرآیند مصرف نهایی این حامل دلالت داشتند. بنابراین منطقی است پتانسیل صرفه‌جویی را در مصرف برق در صنایع کشور و به طور عمده در زمینه‌هایی از جمله تعدیل قیمت انرژی و بهبود کارایی تجهیزات جستجو کرد و هر گونه تلاشی در این رابطه به کاهش نقش اثر شدت خالص و بنابراین به بهبود کارایی این حامل می‌انجامد.

نتایج مجزاسازی مصرف گاز طبیعی بیانگر آن است که در طول دوره مطالعه، مصرف گاز طبیعی هم از ناحیه رشد تولید و شدت مصرف و هم از نظر تغییرات ساختاری در بخش صنعت، تأثیر مثبت پذیرفته است؛ بنابراین می‌توان پذیرفت که در صنایع مورد مطالعه، گرایش به صرفه‌جویی در مصرف این حامل دیده نمی‌شود. این گرایش در سالهای پایانی دوره تشدید شده است.

مجزاسازی مصرف فرآورده‌های نفتی بیانگر نقش بازدارنده اثر شدت خالص (صرفه‌جویی) از سال ۱۳۶۸ تا پایان دوره بر فرآیند مصرف این حاملها بوده و در مجموع نتایج نشانگر بهبود رویه صرفه‌جویی استفاده از این حاملها در بخش صنعت ایران به ویژه از سال ۱۳۶۸ به بعد می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان پذیرفت که افزایش تولیدات صنعتی، عامل اصلی افزایش یا پایداری مصرف فرآورده‌های نفتی در طول دوره بوده تا آنجا که در پایان دوره به عنوان تنهاترین عامل در این زمینه تلقی شده است. این مسأله با توجه به نرخ رشد تولیدات صنعتی در طول سالهای مورد مطالعه، کاملاً طبیعی به نظر می‌رسد. بنابراین

باید پتانسیل صرفه‌جویی را در مصرف این حاملها در تشدید سیر نزولی اثرهای شدت خالص (تمایل به صرفه‌جویی) و اثر ساختاری جستجو کرد.

نتایج مجزاسازی کل مصرف انرژی نیز بیانگر نقش بیشتر اثرهای تولیدی و شدت انرژی و همچنین نقش بسیار ضعیف اثرها ساختاری در توضیح تغییرات مصرف انرژی بوده است. نتایج تخمین معادله رگرسیون شدت خالص انرژی به عنوان شاخص صرفه‌جویی در مصرف انرژی نشان می‌دهد که در طول برنامه‌های توسعه اقتصادی، رفتار صرفه‌جویی به طور معنی‌داری از سیاستهای تعدیل قیمت انرژی و همچنین از سیاستهای غیر قیمتی بخش انرژی تأثیر مثبت پذیرفته‌است.

در پایان شایان ذکر است که در طول دوره مطالعه، میزان و سهم مصرف حاملهای انرژی در سبد مصرف نهایی انرژی در صنایع بزرگ نشانگر تشدید جایگزینی گاز طبیعی به جای فرآورده‌های نفتی می‌باشد. توجه به این مسأله در تدوین سیاستهای مناسب برای بهبود بازده و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، اهمیت اساسی دارد.

### ضمیمه: طبقه‌بندی فعالیتهای صنعتی و نحوه گردآوری اطلاعات

با توجه به تنوع فعالیتها در بخش صنعت، گزارشهای آماری فعالیتهای صنعتی در قالب یک معیار جهانی تحت عنوان «طبقه‌بندی استاندارد بین‌المللی فعالیتهای صنعتی» (ISIC) منتشر می‌شود. این طبقه‌بندی در جدیدترین ویرایش خود، فعالیتهای صنعتی را در سطح کدهای ۲ و ۳ و ۴ رقمی معرفی می‌کند. بر این اساس، بخش صنعت ساخت به ۲۳ کد دو رقمی، ۶۱ کد سه رقمی و ۱۳۹ کد چهاررقمی تقسیم‌بندی شده است. در ویرایش قبلی این معیار، بخش صنعت به ۹ زیربخش با کدهای سه رقمی و ۲۹ کد چهاررقمی طبقه‌بندی شده بود. در طول دوره این تحقیق (۷۸-۱۳۵۸) گزارشهای آماری فعالیتهای بخش صنعت در اقتصاد ایران در سالهای ۱۳۷۲-۱۳۵۸ براساس ویرایش قدیم و از سال ۱۳۷۳ به بعد مطابق با ویرایش جدید توسط مرکز آمار ایران در نشریات آمار کارگاههای بزرگ صنعتی منتشر شده است. پایه آماری این تحقیق در سالهای ۱۳۷۲-۱۳۵۸ شامل آمار کدهای ۳ رقمی (صنایع ۲۳ گانه) می‌باشد. چنانکه کدهای ۲۳ گانه در طبقه‌بندی جدید نتیجه گسترش طبقه‌بندی قبلی می‌باشد، برای یکنواختی پایه آماری در این تحقیق، طبقه‌بندی مربوط به سالهای ۱۳۸۰-۱۳۷۳ نیز با استناد به معیارهای مربوطه مطابق با شکل طبقه‌بندی قدیم، تغییر شکل یافته است. به این ترتیب بخش صنعت ایران در جدول دوره مطالعه (۱۳۸۰-۱۳۵۸) به نه زیربخش به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود.

۱. صنایع مواد غذایی، آشامیدنیها و دخانیات: کد ۳۱۰ در ویرایش قبل و شامل مجموع کدهای ۱۵ و ۱۶ در ویرایش جدید.
۲. صنایع نساجی پوشاک و چرم، کد ۳۲۰ در ویرایش قبل و مجموع کدهای ۱۷، ۱۸ و ۱۹ در ویرایش جدید
۳. صنایع چوب و محصولات چوبی: کد ۳۲۰ در ویرایش قبل و کد ۲۰ باضافه بخشی از کد ۳۶ (زیربخش مبلمان) در ویرایش جدید.
۴. صنایع کاغذ مقوا و چاپ انتشار: کد ۳۴۰ در ویرایش قبل و مجموع کدهای ۲۱ و ۲۲ در ویرایش جدید.
۵. صنایع شیمیایی: کد ۳۵۰ در ویرایش قبل و مجموع کدهای ۲۳، ۲۴ و ۲۵ در ویرایش قبل
۶. صنایع کانی غیرفلزی: کد ۳۶۰ در ویرایش قبل و کد ۲۶ در ویرایش جدید.
۷. صنایع تولید فلزات اساسی: کد ۳۷۰ در ویرایش قبل کد ۲۷ در طبقه‌بندی جدید.

۸. صنایع ماشین آلات، تجهیزات و ابزار و محصولات فلزی، کد ۳۸۰ در طبقه بندی قبلی و مجموع کدهای ۲۸ الی ۳۵ در طبقه بندی جدید.
۹. صنایع متفرقه: کد ۳۹۰ در طبقه بندی قبلی و مجموع کدهای ۳۷ و بخشی از کد ۳۶ در ویرایش جدید.

## منابع

۱. آندرسن؛ «سیاست‌گذاریه‌های بهبود راندمان انرژی» مترجمان: امیرعباس صدیقی؛ سید غلامحسین تاش؛ چاپ اول، تهران، مرکز نشرسمر، سال ۱۳۷۶.
  ۲. ابریشمی، حمید؛ مهرآرا، محسن؛ «اقتصاد سنجی کاربردی (رویکردهای نوین)» چاپ اول، تهران، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، سال ۱۳۸۱.
  ۳. امامی میبدی، علی؛ «اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری (علمی و کاربردی)» چاپ اول، تهران، موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، سال ۱۳۷۹.
  ۴. سازمان ملل متحد؛ «برنامه ریزی انرژی در کشورهای در حال توسعه» مترجمان: امیرعباس صدیقی؛ پوران گمار.
  ۵. مرکز آمار ایران؛ «سالنامه آماری کشور» تهران، مرکز آمار ایران، سالهای ۸۰-۱۳۵۸.
  ۶. وزارت نیرو «ترازنامه انرژی کشور» تهران، وزارت نیرو، سالهای ۸۰-۱۳۷۲.
  ۷. مرکز آمار ایران: آمار کارگاههای بزرگ صنعتی کشور، تهران، مرکز آمار ایران، سالهای ۸۰-۱۳۵۸.
8. P.G.Lebel; "Energy Economics and Technology" The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, (1982).
  9. N. Hanly, J.F.Shorgren, B.White; "Environmental Economics In theory and Practice". MACMILLAN PRESS LTD, (1997).
  - 10.M.G. Patterson; "What is energy efficiency?" Energy Policy VOL 24, NO.5, 1996, PP377\_390.
  - 11.A.F.Adenikinju and O.B.Alaba; "Energy Use and Productivity Performance in the Nigerian Manufacturing Sector (1970 \_ 90)". OPEC Review, 23(3), September 1999, PP 251-64
  - 12.G.A.Boyd, J.X.Pang; "Estimating the linkage between energy efficiency and Productivity" Energy Policy 28(200), PP.289-296.
  - 13.J.Farla, R.Cuelenaere, K.BloK; "Energy efficiency and structural change in the Netherlands, (1980-1990)" Energy Economics 20(1998), PP.1-28.

14. R.B.Howarth and A.H.sanstad; "Discount Rates and energy efficiency" Contemporary Economic Policy 13(3), July 1995, PP.101-109.
15. B.W.Ang; "Decomposition of industrial energy Consumption". Energy Economic 1994, 16(3), PP.163-174.
16. B.W.Ang and S.Y.Lee; "Decomposition of industrial energy Consumption" Energy Economics (1994, 1912), PP.83-92.
17. I.D. Bosseboeuf, B.Bertrand Chateau, B.lapillonne; "Energy Efficiency policies and Indicators" World Energy Council Studies, (2000).
18. J.W.SUN, Energy demand in fifteen European Union countries by 2001- A forecasting model based on the decomposition approach, Energy 26 (2001) 594-560 .