بررسی علل تغییر در مصرف انرژی بخش صنعت ایران با استفاده از روش تجزیه

رضا گودرزی راد[۱]

تاریخ دریافت مقاله:
۸۹/۱/۳۰
تاریخ پذیرش مقاله:
۸۹/۴/۵

کلمات کلیدی:
اثر تولیدی، اثر ساختاری،اثر شدت انرژی، روش تجزیه، صنعت

چکیده:
بررسی رفتار مصرف انرژی در بخشهای مختلف، گامی اساسی و مهم برای برنامه ریزی انرژی است. یکی از روش‌های مورد استفاده در پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه انرژی برای تحلیل کمی مصرف انرژی در بخش صنعت، روش تجزیه است. در این مقاله برای تحلیل کمی علل تغییرات مصرف انرژی در بخش صنعت ایران طی سالهای ۸۴-۱۳۸۰ از این روش استفاده شده است. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که اثر تولیدی، مهمترین نقش را در تغییر مصرف انرژی در بخش صنعت طی این دوره دارا بوده بعد از آن اثرات شدت انرژی و ساختاری در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. همچنین، اثر شدت انرژی، نسبت به اثر ساختاری، نقش مهمتری در صرفه جویی انرژی در بخش صنعت طی این دوره داشته است.

۱) دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، وزارت نیرو rgoodarzirad@ yahoo.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

مقدمه

بررسی رفتار مصرف انرژی در بخش‌های مختلف از جمله صنعت، گامی اساسی و مهم برای برنامه‌ریزی انرژی است. قبل از اتخاذ سیاست مطلوب برای مدیریت مصرف انرژی، شناخت عوامل مؤثر بر مصرف انرژی در بخش‌های مختلف و تحلیل کمی آنها امری ضروری است. یکی از روش‌های مورد استفاده برای بررسی و تحلیل کمی علل تغییر در مصرف انرژی در بخش صنعت، روش تجزیه (Decomposition) است که به طور قابل توجهی در پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه انرژی از آن استفاده شده است.

در این مقاله برای بررسی و تحلیل عوامل مؤثر بر تغییر در مصرف انرژی در بخش صنعت ایران طی سالهای ۸۴-۱۳۸۰ ، از این روش استفاده می‌شود[۱]. حوزه مطالعه، بخش صنعت، شامل کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر است[۲]. حامل‌های انرژی مورد بررسی عبارتند از: نفت سفید، گازوئیل، بنزین، نفت کوره، گاز مایع، گازطبیعی، زغالسنگ، زغال چوب و برق.

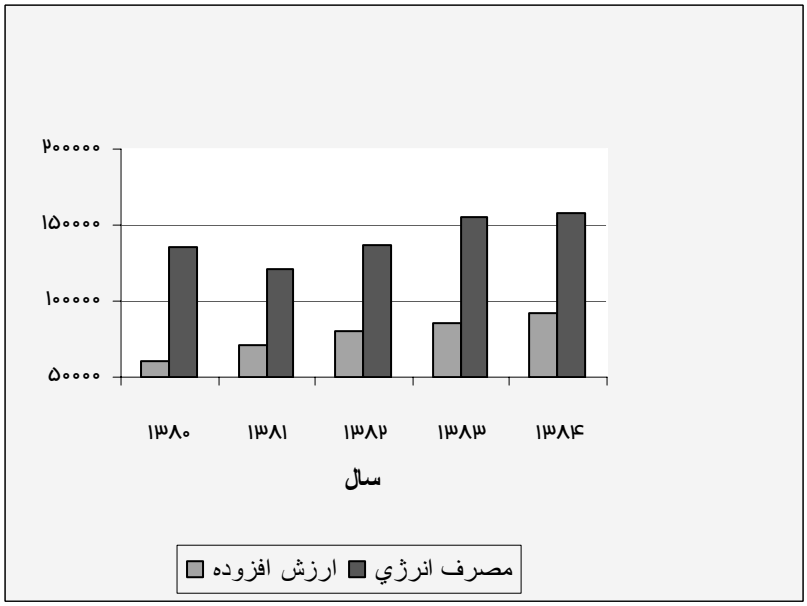
مصرف انرژی بخش صنعت در دوره ۸۴-۱۳۸۰

جدول۱: ارزش افزوده و مصرف انرژی صنعت طی سالهای ۸۴-۱۳۸۰

سال / متغیر	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴
ارزش افزوده (میلیارد ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶)	۶۱۱۵۳	۷۰۵۷۵	۸۰۶۳۰	۸۵۳۳۹	۹۱۷۴۳
مصرف انرژی (هزار بشکه معادل نفت خام)	۱۳۶۱۰۰	۱۲۰۹۰۰	۱۳۷۱۰۰	۱۵۵۳۰۰	۱۵۸۴۰۰

مأخذ: [۲ و ۳]

در جدول (۱)، مصرف انرژی و ارزش افزوده بخش صنعت (کارگاههای صنعتی بالای ده نفر کارکن) طی سالهای ۸۴-۱۳۸۰ آمده است.



نمودار۱: ارزش افزوده (میلیارد ریال) و مصرف انرژی (هزار boe) در بخش صنعت طی ۸۴-۱۳۸۰

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

نمودار (۱) نیز بیانگر روند تغییرات مصرف انرژی و ارزش افزوده، بخش صنعت طی دوره مذکور است. مصرف انرژی بـر مبنـای هـزار بشکه معادل نفت خام بوده شامل همه حاملهای انرژی (از جمله سوخت سنتی زغال چوب) است و ارزش افزوده نیز بر مبنـای میلیـارد ریال و براساس قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ است. چنانکه جدول و نمودار مربوطه نشان می‌دهد، طی این دوره، ارزش افزوده بخش صنعت روندی صعودی داشته و مصرف انرژی نیز همگام با آن (به جز سال ۱۳۸۱) روندی صعودی داشت. طی دوره ۸۴-۱۳۸۰، شدت انرژی بخش صنعت به ترتیب برابر ۲/۲۲ ، ۱/۷۱، ۱/۷۰ ، ۱/۸۲ و ۱/۷۳ بشکه معادل نفت خام به ازای یک میلیون ریـال ارزش افـزوده (بـه قیمت ثابت سال ۱۳۷۶) بود[۳].

روش تجزیه

برای شناخت عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در بخش صنعت طی سالهای ۸۴-۱۳۸۰، از روش تجزیه اسـتفاده مـی‌کنـیم. ایـن روش، به عنوان روشی کارآمد در شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در بخـش صـنعت، مـورد توجـه محققـان و پژوهشگران قرار گرفته در بسیاری از پژوهشها مورد استفاده قرار گرفته است[۴،۵].

اگر E بیانگر مصرف انرژی برحسب یک واحد فیزیکی، Q بیانگر تولید به قیمت ثابت و I بیانگر شدت انرژی برای کل بخـش صـنعت باشد، در آن صورت مصرف انرژی بخش صنعت از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E = I \times Q \qquad (۱)$$

برای هر یک از زیربخشهای صنعت نیز خواهیم داشت:

$$E_i = I_i \times Q_i \qquad (۲)$$

و بنابر این:

$$E = \sum_{i=1}^{n} E_i = \sum_{i=1}^{n} I_i . Q_i \qquad (۳)$$

اگر تغییر در مصرف انرژی در بخش صنعت بین دو مقطع زمانی t و ۰ را با ΔE نشان دهیم، در این صورت :

$$\Delta E = E_t - E_0 = \sum_{i=1}^{n} I_{it} Q_{it} - \sum_{i=1}^{n} I_{i0} Q_{i0} \qquad (۴)$$

اگر سهم زیر بخش i از کل تولید بخش صنعت را با S_i نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$S_i = \frac{Q_i}{Q} \qquad (۵)$$

با جایگذاری رابطه (۵) در (۴)

$$\Delta E = Q_t \sum_{i=1}^{n} I_{it} S_{it} - Q_0 \sum_{i=1}^{n} I_{i0} S_{i0} \qquad (۶)$$

رابطه اخیر را با عملیات جبری ساده می‌توان به صورت زیر نوشت[۴،۵]:

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

$$\Delta E = Q_t \sum_{i=1}^{n} I_{it} S_{it} - Q_0 \sum_{i=1}^{n} I_{i0} S_{i0} + Q_t \sum_{i=1}^{n} I_{i0} S_{it} - Q_t \sum_{i=1}^{n} I_{i0} S_{it} + Q_t \sum_{i=1}^{n} I_{i0} S_{i0} - Q_t \sum_{i=1}^{n} I_{i0} S_{i0}$$

$$\Delta E = (Q_t - Q_0) \sum_{i=1}^{n} I_{i0} S_{i0} + Q_t \sum_{i=1}^{n} (S_{it} - S_{i0}) I_{i0} + Q_t \sum_{i=1}^{n} S_{it} (I_{it} - I_{i0}) \quad (۷)$$

رابطه (۷) رابطه اصلی و اساسی روش تجزیه برای تحلیل عوامل تغییرات مصرف انرژی در بخش صنعت است که از سه جزء به شرح زیر تشکیل شده است:

اثر تولیدی = $(Q_t - Q_0) \sum_{i=1}^{n} I_{i0} S_{i0}$

اثر ساختاری = $Q_t \sum_{i=1}^{n} (S_{it} - S_{i0}) I_{i0}$

اثر شدت انرژی = $Q_t \sum_{i=1}^{n} S_{it} (I_{it} - I_{i0})$

در واقع، رابطه (۷) بیان می‌دارد که کل تغییرات مصرف انرژی در بخش صنعت بین دو مقطع زمانی t و ۰ (ΔE) ناشی از سه نوع اثر تولیدی، ساختاری و شدت انرژی است. اثر تولیدی بیانگر تغییر در مصرف انرژی ناشی از تغییر در تولید است[۶]. اثر ساختاری نیز بیانگر تغییر در مصرف انرژی به دلیل تغییر در ساختار و ترکیب زیربخشهای صنعتی است. اگر تغییر در ترکیب و ساختار صنعت به گونه‌ای باشد که صنایع کمتر انرژی‌بر نسبت به صنایعی که مصرف انرژی بالایی دارند بیشتر رشد کنند، در آن صورت مصرف انرژی کاهش خواهد یافت. برعکس، با افزایش سهم صنایع پر مصرف انرژی از کل تولید صنعت، مصرف انرژی بخش صنعت رو به فزونی خواهد نهاد.

اثر شدت انرژی بیانگر تغییر در مصرف انرژی ناشی از تغییر در شدت انرژی زیربخش‌های صنعتی است. با کاهش شدت انرژی زیربخش‌های صنعتی (و با فرض ثابت ماندن سایر عوامل)، مصرف انرژی زیربخش‌های صنعتی و در نتیجه مصرف انرژی کل صنعت کاهش خواهد یافت.

تغییر در شدت انرژی نیز به نوبه خود می‌تواند معلول عواملی چون بهبود تکنولوژی تولید، مدیریت انرژی، تغییر در ترکیب و کیفیت سوخت و تغییر در قیمت‌های نسبی انرژی باشد.

داده‌ها

برای بررسی کمی تغییرات مصرف انرژی بخش صنعت براساس رابطه (۷)، ارزش افزوده و مصرف انرژی زیربخشها و کل بخش صنعت مورد نیاز است. ارقام مربوط به ارزش افزوده، از نشریه حسابهای ملی مرکز آمار ایران و برحسب میلیارد ریال به قیمت ثابت

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

سال ۱۳۷۶ تهیه شده است. آمار مربوط به مصرف انرژی نیز از نشریه «نتایج آمارگیری از کارگاههای صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر» برای سالهای ۸۴-۱۳۸۰ تهیه شده است. در این نشریه آماری که از طرف مرکز آمار ایران منتشر می‌شود، داده‌های مربوط به مصرف انرژی برحسب واحد فیزیکی حامل انرژی مربوطه است[۱،۳،۴]. برای یکسان شدن واحدها، همه واحدها با استفاده از ضریب تبدیل مربوطه به بشکه معادل نفت خام تبدیل شدند.

نتایج محاسبات

در جدول (۲)، نتایج محاسبات مربوط به بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات مصرف انرژی در بخش صنعت طی سالهای ۸۴-۱۳۸۰ براساس رابطه (۷) آمده است. براساس داده‌های این جدول، طی دوره ۸۴-۱۳۸۰، حدود ۲۲ میلیون بشکه معادل نفت خام مصرف انرژی در بخش صنعت افزایش یافت. به عبارت دیگر، تغییرات مصرف انرژی بین سالهای این دوره برابر ۲۲ میلیون بشکه معادل نفت خام بود. این مقدار تغییر در مصرف انرژی، ناشی از اثرات تولیدی، ساختاری و شدت انرژی است. چنانچه اثرات ساختاری و شدت انرژی به وقوع نمی‌پیوستند، اثر تولیدی موجب افزایش مصرف انرژی به مقدار ۶۸ میلیون بشکه معادل نفت خام می‌شد؛ اما اثرات ساختاری و شدت انرژی موجب شد که رشد مصرف انرژی کمتر اتفاق افتاده به رقم ۲۲ میلیون بشکه معادل نفت خام برسد. چنانکه از جدول پیداست، اثرات ساختاری و شدت انرژی دارای علامت منفی هستند. این بدان معنی است که این دو اثر، بر خلاف اثر تولیدی، موجب کاهش در مصرف انرژی در بخش صنعت طی دوره مذکور شدند. به عبارت دیگر، اثر تولیدی در جهت افزایش، و اثرات ساختاری و شدت انرژی در جهت کاهش مصرف انرژی در صنعت عمل کرده‌اند. تأثیر منفی اثر ساختاری بر مصرف انرژی به این معنی است که طی دوره مذکور، ساختار و ترکیب زیربخش‌های صنعت به سمت صنایع کم انرژی‌بر تغییر یافت به طوری که سهم صنایع کم انرژی‌بر از تولید کل صنعت افزایش یافت.

منفی بودن اثر شدت انرژی نیز بدین معنی است که طی سالهای مطالعه، شدت انرژی در بخش صنعت کاهش یافته موجب کاهش در مصرف انرژی این بخش شده است. عوامل مختلفی می‌توانند علت کاهش شدت انرژی در این سالها به حساب آیند که از میان آنها می‌توان به بهبود تکنولوژی، مدیریت انرژی، تغییر در قیمت نسبی حاملهای انرژی و تغییر در ترکیب سوخت صنایع اشاره کرد. بررسی و تحلیل کمی عوامل مؤثر بر تغییر شدت انرژی در صنعت در این دوره، مطالعه‌ای مستقل بوده خارج از این مجال است.

جدول ۲: تجزیه تغییرات مصرف انرژی صنعت در دوره ۸۴-۱۳۸۰ در ایران

مقدار تاثیر و سهم / نوع اثر	میلیون بشکه معادل نفت خام	درصد
اثر تولیدی	۶۸	۳۰۵
اثر ساختاری	-۶	-۲۸
اثر شدت انرژی	-۳۹	-۱۷۶
اثر کل	۲۲	۱۰۰

مأخذ: محاسبات محقق

توجه: علامت منفی نشاندهنده کاهش و علامت مثبت بیانگر افزایش مصرف است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

در جدول (۲)، علاوه بر مقدار تغییر در مصرف انرژی صنعت ناشی از اثرات مختلف، سهم این اثرات در تغییر در مصرف انرژی صنعت نیز آمده است. چنانکه از جدول قابل مشاهده است، اثر تولیدی بیشترین نقش (۳۰۵٪) را در تغییر در مصرف انرژی صنعت طی این دوره دارا بود و پس از آن اثرات شدت انرژی و ساختاری در رتبه‌های بعدی قرار داشتند.

میزان انرژی صرفه جویی شده در صنعت طی این دوره را براساس داده‌های جدول (۲) می‌توان محاسبه کرد. اگر صرفه جویی انرژی را به صورت مابه التفاوت مصرف انرژی که می‌توانست واقع شود (تغییر در مصرف انرژی ناشی از اثر تولیدی) و مصرف انرژی که واقع شده است (تغییر در مصرف انرژی ناشی از مجموع اثرات یا اثر کل) تعریف کنیم در این صورت داریم:

اثر شدت انرژی + اثر ساختاری = اثر تولیدی – اثر کل = صرفه جویی در مصرف انرژی

براساس داده‌های جدول (۲)، طی دوره مطالعه حدود ۴۵ میلیون بشکه معادل نفت خام در مصرف انرژی در بخش صنعت صرفه جویی شد. سهم اثر ساختاری از این صرفه جویی در مصرف انرژی برابر ۱۳/۳ درصد و سهم اثر شدت انرژی برابر ۸۶/۷ درصد بود.

منابع

[۱] حیدری، ابراهیم و حسین صادقی، ۱۳۸۳، شاخت و بررسی رفتار صرفه جویی انرژی در صنایع بزرگ ایران، پژوهشهای اقتصادی، بهار و تابستان.

[۲] مرکز آمار ایران، نتایج آمارگیری از کارگاههای صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر، سالهای ۸۴–۱۳۸۰

[۳] مرکز آمار ایران، حسابهای ملی ۸۶–۱۳۷۰ (قابل دریافت از: www.sci.org.ir).

[4] Ang. B.W.2004, "Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method", Energy Policy, 32,1131-1139.

[5] Ang, B.W.,2005, "The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide, Energy Policy", 33,867-871

[6] Park, Se- Hark,1992" Decomposition of industrial Energy consumption, Energy Economics ,"

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]