

تدوین استراتژی مدیریت توزیع یارانه های انرژی در صنایع بشدت انرژی بر

هومن فرزانه- امید شاکری- مهرنوش دشتی- محمد قانع
استادیار گروه مهندسی انرژی، واحد علوم و تحقیقات
مدیریت پژوهش و توسعه شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور
دانشجوی دکتری مهندسی انرژی، واحد علوم و تحقیقات
شرکت فراز دانش آسیا

واژه‌های کلیدی: یارانه انرژی-تابع تولید-اقتصاد خرد-تئوری بنگاه اقتصادی

چکیده

آنچه در این مقاله بدان اشاره خواهد شد، تدوین استراتژی کارآ جهت هدفمند نمودن توزیع یارانه های انرژی در صنایع بشدت انرژی بر می باشد. بر این اساس دو روش تحلیلی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در روش نخست، بر اساس اصول علم اقتصاد سنجی، شکل ریاضی تابع تولید در واحدهای صنعتی منتخب مشخص گردیده و سپس بکمک استخراج ضرایب کشش عوامل تولید، سهم قیمت انرژی در قیمت تمام شده محصول هریک از واحدهای صنعتی منتخب بدست آورده شده است. در روش تحلیلی دوم، واحد صنعتی به عنوان یک بنگاه اقتصادی در نظر گرفته شده و با استناد به تئوریهای حاکم در گستره علم اقتصاد خرد و شکل ریاضی بدست آمده برای تابع تولید از روش اول، مدل جریان بهینه انرژی در هر یک از واحدهای صنعتی استخراج شده و بر اساس نتایج بدست آمده در نقطه بهینه عملکرد سیستم، سهم قیمت انرژی در قیمت تمام شده محصول محاسبه گردیده

است. در انتها، نتایج بدست آمده از روشهای تحلیل توسعه داده شده، منجر به توسعه و تدوین الگوی مدیریتی مناسب جهت هدفمند نمودن توزیع یارانه های انرژی در صنایع بشدت انرژی بر گردیده است.

مقدمه

کشور ایران با داشتن ذخائر غنی انرژی، خود به عنوان یکی از مصرف کنندگان اصلی حاملها و فرآورده های انرژی بشمار می آید. رشد روز افزون تقاضای انرژی پس از پایان جنگ تحمیلی بدلیل پویایی بخشهای مختلف کشور در جهت آبادانی و عمران کشور، چالش کاهش ذخائر فسیلی انرژی و در نتیجه بر هم خوردن تعادل عرضه و تقاضای انرژی در کشور را در پیش روی دولتمردان قرار داده است. مطالعه آمارهای مربوط به عرضه و تقاضای انرژی نشان دهنده رشد فزاینده مصرف انرژی در بخش مصرف کننده نهایی می باشد. یکی از مسائل عمده در این راستا، اختصاص سهم قابل توجهی از بودجه کشور به تخصیص یارانه انرژی بویژه در

هفتمین همایش ملی انرژی

نکته قابل تامل در تابع کاب-داگلاس، معرفی عوامل تولید در معادله (۱) می باشد. هنگامی که دوره زمانی به قدر کافی طولانی باشد تا بتوان کلیه تحولات تولید را از ابتدای تاسیس واحد صنعتی تا به حال بررسی نمود، تابع تولید کاب-داگلاس تحت تاثیر شاخصهای اقتصادی کلان در آن واحد صنعتی قرار خواهد گرفت. متداولترین این شاخصها در یک واحد صنعتی سرمایه و نیروی کار می باشد. هنگامی که مقطع زمانی خاص از مطالعه فرآیند تولید در یک واحد صنعتی مد نظر باشد، اعمال تحولات تکنولوژیکی در شکل گیری تابع تولید میسر می باشد. از اینرو، دوره زمانی مورد نظر در این نوع مطالعه باید به قدری باشد که بتواند تحولات فنی انجام گرفته جهت تولید محصول صنعتی را پوشش دهد و از طرفی آنقدر طولانی نباشد که لحاظ نمودن آن مستلزم ثابت نگه داشتن دامنه تغییرات و تحولات تکنولوژیکی کارخانه باشد. بر این اساس دو شاخص اصلی و تاثیر گذار بر پیش بینی میان مدت تولید در واحد صنعتی، میزان مواد اولیه مصرفی و همچنین انرژی کل مصرفی جهت تولید سطح مشخصی از محصول می باشد. دلایل انتخاب این دو شاخص جهت تدوین تابع تولید در یک واحد صنعتی را می توان به شرح ذیل مورد بررسی قرار داد: الف) تغییرات انجام گرفته در میزان مواد اولیه مصرفی جهت تولید محصول در یک دوره زمانی مشخص می تواند نمایانگر تحولات صورت گرفته در ظرفیت تولید واحد صنعتی باشد ب) ارتباط میزان مصرف مواد اولیه و تولید محصول نمایانگر بازده تولید در یک واحد صنعتی است. ج) میزان انرژی مصرفی جهت تولید محصول در یک دوره زمانی مشخص و ارتباط آن با میزان محصول تولید نمایانگر راندمان تکنولوژی در آن واحد صنعتی می باشد. در این تحقیق، روش ریاضی پیشنهادی جهت تخمین تابع تولید در واحدهای صنعتی بر مبنای روش رگرسیون غیر خطی حداقل مربعات در نظر گرفته شده است. ضرایب کشش انرژی (α) و کشش مواد اولیه ($\beta = 1 - \alpha$) برآورد گردیده بر اساس این روش در جدول (۱) نشان داده شده است.

بخش صنعت می باشد که سهمی معادل با ۱۷ درصد از کل را شامل می شود. با توجه به اهمیت این امر، هر گونه کاهش یا افزایش سهم یارانه انرژی در واحدهای صنعتی، نیازمند توسعه نظام مدیریتی هدفمند می باشد که در این تحقیق بدان پرداخته شده است.

در قدم نخست به منظور انتخاب رشته های صنعتی جهت مطالعه موردی آنها و تدوین استراتژی کلی بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعه، دو عامل زیر مد نظر قرار گرفته است:

- سهم محصول تولیدی واحد صنعتی در سبد تولید کل صنعت کشور

- میزان انرژی بری واحد صنعتی

با توجه به دو اصل اساسی فوق در انتخاب رشته های صنعتی منتخب، صنایع فولاد، آجر، سیمان، گچ و آهک، شیشه، قند و شکر، سرب و روی، مس، آلومینیوم، روغن نباتی و چوب و کاغذ انتخاب گردیدند.

همچنین به منظور رعایت تنوع محصول و تکنولوژی بکار گرفته شده در تولید، جهت بررسی هر یک از رشته های صنعتی، سه واحد صنعتی برگزیده شده اند. بر مبنای مطالعه انجام گرفته در واحدهای صنعتی منتخب، شاخصی تحت عنوان سهم قیمت انرژی در قیمت تمام شده محصول معرفی گردیده و تحلیل این شاخص به توسعه استراتژی مدیریتی جهت اولویت بندی رشته های صنعتی به منظور توزیع یارانه انرژی (تخصیص یا حذف) انجامیده است که در ادامه به بررسی آن پرداخته خواهد شد.

۲- توسعه روش شناسی مسئله:

۲-۱- استخراج تابع تولید در واحدهای صنعتی منتخب

معمول ترین توابعی که در تحلیل رفتار تولید واحدهای صنعتی کاربرد دارند توابع تولید با کشش جایگزینی ثابت می باشند که نوعی خاص از آنها، تابع تولید کاب-داگلاس می باشد. نمای ریاضی این تابع به صورت زیر قابل نمایش می باشد:

$$q = Ax_1^\alpha x_2^{1-\alpha} \quad (1)$$

هفتمین همایش ملی انرژی

جدول ۱- ضرایب کشتش انرژی و مواد مصرفی در صنایع منتخب

واحد تولیدی	کشتش انرژی تولید	کشتش مواد اولیه تولید	واحد تولیدی	کشتش انرژی تولید	کشتش مواد اولیه تولید
فولاد مبارکه اصفهان	۰/۲۲۸۶۶	۰/۲۲۲۱۲۳	روغن تیفی پارس	۰/۲۲۲۱۲۳	۰/۲۲۲۱۲۳
کوب آهن اصفهان	۰/۹۰۸۶۷	۰/۹۰۹۱۳۳	روغن نمکی شریاز	۰/۹۰۹۱۳۳	۰/۹۰۹۱۳۳
مجموع فولاد ایلواز	۰/۹۹۰۵۹۷	۰/۹۹۰۹۴۰۲	سرب و روی کاشیچین	۰/۹۹۰۹۴۰۲	۰/۹۹۰۹۴۰۲
آجر سازی سمند	۰/۸۷۰۵۸	۰/۷۹۴۷	مس سرب و روی ایران	۰/۷۹۴۷	۰/۷۹۴۷
آجر سازی گرگان	۰/۲۲۸۷۵۲	۰/۵۷۱۲۴۸	سرب و روی تبریز	۰/۵۷۱۲۴۸	۰/۵۷۱۲۴۸
آجر سازی حافظ	۰/۹۷۸۶۸۷	۰/۲۱۲۱۲	آلومینیوم ایرانکو	۰/۲۱۲۱۲	۰/۲۱۲۱۲
سیمان صوفیان اصفهان	۰/۰۶۲۱۶	۰/۲۲۲۸۲۱	آلومینیوم گنبد	۰/۲۲۲۸۲۱	۰/۲۲۲۸۲۱
سیمان لویه	۰/۰۴۹۱۳	۰/۹۵۸۰۸۷	آلومینیای ایران	۰/۹۵۸۰۸۷	۰/۹۵۸۰۸۷
سیمان آبیک	۰/۰۵۰۸۱	۰/۹۴۹۱۹	مس سرچشمه	۰/۹۴۹۱۹	۰/۹۴۹۱۹
نیشه قزوین	۰/۵۲۱۵۶	۰/۴۷۰۸۴۴	مس میبوک	۰/۴۷۰۸۴۴	۰/۴۷۰۸۴۴
نیشه همدان	۰/۲۸۲۲۱۲	۰/۵۱۵۲۵۶	مس سونگون	۰/۵۱۵۲۵۶	۰/۵۱۵۲۵۶
نیشه آبگینه	۰/۵۷۰۱۴۷	۰/۴۹۹۵۲	چوب و کاغذ مازندران	۰/۴۹۹۵۲	۰/۴۹۹۵۲
مجموع لاستیک کرمان	۰/۲۰۸۵۵۵	۰/۷۹۱۲۵۵	چژوکی نیش	۰/۷۹۱۲۵۵	۰/۷۹۱۲۵۵
قند فریمان	۰/۱۱۶۰۲۳	۰/۰۸۰۹۶۷	کاغذ سازی کاوه	۰/۰۸۰۹۶۷	۰/۰۸۰۹۶۷
قند آبروه	۰/۶۸۳۸۴۸	۰/۳۱۶۱۵۲	گچ جبل	۰/۳۱۶۱۵۲	۰/۳۱۶۱۵۲
قند اصفهان	۰/۴۵۵۲۱۴	۰/۵۴۴۶۸۶	گچ ساره	۰/۵۴۴۶۸۶	۰/۵۴۴۶۸۶
روغن نمکی بهار	۰/۱۹۹۱۳	۰/۸۰۰۸۷	گچ پردیسان	۰/۸۰۰۸۷	۰/۸۰۰۸۷
لاستیک ببرز	۰/۲۴۸۵۵۵	۰/۷۵۱۲۵	لاستیک ننا	۰/۷۵۱۲۵	۰/۷۵۱۲۵

مطالعه نرخ جایگزینی فنی در گروههای هدف بسیار ارزشمند است. زیرا بالا بودن نرخ جایگزینی نشان دهنده تمایل واحد صنعتی به کاهش مصرف انرژی و جایگزین نمودن آن در تابع تولید با افزایش مصرف مواد اولیه خواهد بود. مفهوم جمله فوق آن است که از نظر علم اقتصاد، کارخانجاتی نظیر آجر سازی و آلومینیوم سازی در قسمت فوقانی منحنی بی تفاوتی تولید قرار گرفته اند و تمایل آنها برای جایگزینی انرژی با مواد اولیه در یک سطح مشخص از تولید بسیار زیاد خواهد بود.

تعبیر فنی این نکته آن است که در کارخانجات مذکور، بهره وری تولید به واسطه افزایش دسترسی به منابع مواد اولیه به ازای بهره گیری از راندمان بالاتری از تکنولوژی میسر خواهد بود. لذا هدفگذاری در این دسته از کارخانجات باید به نحوی باشد که سیستمهای فرسوده و انرژی بر با تکنولوژی مدن تر و با شدت مصرف انرژی کمتر جایگزین شوند.

کارخانجاتی نرخ جایگزینی فنی در آنها پایین است در پایین منحنی بی تفاوتی تولید واقع شده اند و در نتیجه تمایل جایگزینی عامل انرژی با مواد اولیه مصرفی در آنها کم می باشد. لذا برای افزایش بهره بری تولید و کاهش شدت مصرف انرژی در این کارخانجات باید با ایجاد تنوع بیشتر در نوع و کیفیت محصول تولیدی، تمایل جایگزینی انرژی با مواد اولیه را افزایش داد. بنابراین بررسی RTS دو راهکار اساسی زیر را جهت بهبود شدت مصرف انرژی و کاهش مقدار ضریب کشتش انرژی در واحدهای صنعتی منتخب ارائه می نماید:

در صورتیکه کشتش انرژی بالا بوده و شدت مصرف انرژی با نرم جهانی تفاوت زیاد داشته باشد، زیاد بودن RTS نشانگر افزایش بهره بری تولید با کاهش مصرف انرژی از طریق اجرای راهکارهای مدیریتی انرژی مانند بهبود سطح عملیاتی در سیستم موجود می باشد که در اینصورت سهم انرژی در تابع تولید کاهش یافته و با افزایش سهم مواد اولیه مصرفی جبران می گردد.

در صورتیکه کشتش انرژی بالا و شدت مصرف انرژی هم با نرم جهانی اختلاف فاحشی داشته باشد، کم بودن مقدار RTS

در صورتیکه تابع تولید کاب-داگلاس را با دو عامل تولید انرژی و مواد اولیه در نظر بگیریم، هزینه تولید به صورت زیر محاسبه خواهد گردید:

$$C = Pr_p = Er_E + Mr_M \quad (2)$$

که در آن P میزان تولید و r_p ، r_M و r_E به ترتیب قیمت تمام شده تولید کال، قیمت مواد اولیه و انرژی می باشند. M و E نیز نشان دهنده میزان مواد اولیه و انرژی مصرفی در واحد صنعتی می باشند.

با استفاده از مفهوم نرخ جایگزینی فنی و بکارگیری آن در رابطه (۲) خواهیم داشت:

$$1 = E \frac{r_E}{C} + \frac{M}{RTS} \frac{r_E}{C} \quad (3)$$

که در نهایت سهم قیمت انرژی در قیمت تمام شده تولید به صورت زیر بدست خواهد آمد:

$$\frac{r_E}{r_p} = \frac{P}{E + \frac{M}{RTS}} \quad (4)$$

در روابط فوق RTS نرخ جایگزینی فنی می باشد که بر اساس رابطه زیر قابل محاسبه می باشد:

$$RTS = -\frac{dx_2}{dx_1} = \frac{f_1}{f_2} \quad (5)$$

رابطه فوق با توجه به برآورد ضرایب کشتش انرژی و مواد اولیه مصرفی به صورت زیر قابل نمایش خواهد بود:

$$RTS = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{M}{E} \right) \quad (6)$$

هفتمین همایش ملی انرژی

$$\text{Min } TC = \sum_i p_i F_i$$

s.t :

$$f(F_1, \dots, F_n) \geq Q \quad (V)$$

$$\sum_i F_i \leq A_i$$

$$F_i \geq 0$$

بنابراین در مدل فوق، مطلوبیت تولید، حداقل هزینه تعیین شده است. از آنجائیکه حل غیر مستقیم نامعادل شده است. $f(F_1, \dots, F_n) \geq Q$ که بیانگر تابع تولید واحد صنعتی می باشد در روش تحلیل اول بر اساس محاسبه ضرایب کشش عوامل تولید مانند انرژی و مواد مورد اشاره قرار گرفته است، در این روش از حل مستقیم معادله تابع تولید بر اساس منطق تئوری سیستمها و تفکیک کل مجموعه واحد صنعتی به اجزای سازنده آن استفاده شده است. بر این مبنا، در مدل علاوه بر محدودیت تقاضای تولید، محدودیتهای مانند میزان دسترسی به منابع انرژی، محدودیت پراکنش آلاینده زیست محیطی، محدودیتهای فنی سیستم و محدودیتهای جریانی (جرم و انرژی) لحاظ گردیده است و پس از استخراج نقطه بهینه کاری، سهم قیمت بهینه انرژی در قیمت تمام شده محصول بدست آمده است.

از آنجائیکه در مدل مذکور، بررسی عملکرد واحد صنعتی در وضعیت طراحی موجود و بدون در نظر گرفتن تغییرات در پارامترهای طراحی آن مد نظر می باشد، بیشترین سهم هزینه ای در تابع هزینه، منحصر به هزینه عملیاتی آن خواهد بود. درحقیقت بدلیل اینکه مدل مذکور جهت تحلیل عملیات واحد صنعتی توسعه داده شده است، فرض شده است که تکنولوژی موجود داده شده است و تنها هزینه عملیات معیار ارزیابی رفتار واحد صنعتی خواهد بود.

مصرف مواد واسطه ای نظیر مواد اولیه و انرژی مستلزم صرف هزینه هایی در بنگاه اقتصادی واحد صنعتی خواهد شد. تامین حاملهای انرژی از سطح اولیه انرژی در زیر بخش صنعتی صورت می پذیرد و سپس این مواد در شبکه انرژی آن جاری شده و بنا به نوع عملکرد تکنولوژیهای موجود در حجم

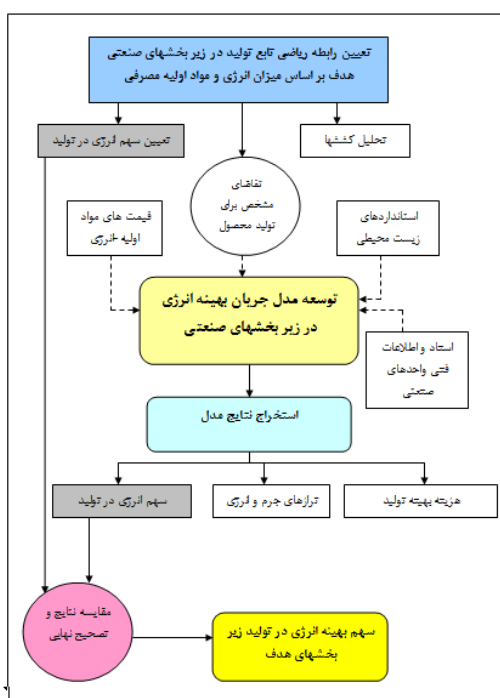
بیانگر آن است که دیگر نمی توان کاهش سهم انرژی در تابع تولید را با افزایش سهم مواد اولیه مصرفی جبران نمود زیرا سیستم فعلی تمایلی برای اینکار وجود ندارد. در نتیجه الگوی تولید واحد صنعتی می بایست تغییر کند و تنوع و کیفیت در محصول را افزایش داد. این موضوع در کارخانجات آلومینیوم سازی مصداق دارد.

۲-۲- توسعه مدل جریان بهینه انرژی بر اساس دیدگاه بنگاه اقتصادی

واحد صنعتی را می توان بر اساس شباهتهای ذیل مانند یک بنگاه اقتصادی در نظر گرفت: (۱) همانند بنگاه درصدد تولید محصول یا ارائه خدماتی مشخص می باشد که این خدمات در قالب عرضه محصول تولیدی قابل ارائه خواهد بود. (۲) جهت ارائه خدمات باید ترکیبی مشخص از عوامل تولید را مانند سرمایه، مواد واسطه ای مانند حاملهای انرژی فسیلی و الکتریکی و همچنین نیروی انسانی را بکار ببرد. (۳) جهت انجام کلیه فعالیتهای خود هدفی اقتصادی را دنبال می نماید که همان حداکثر نمودن مطلوبیت از ارائه خدمات و یا سود می باشد. جستجوی ترکیب بهینه عوامل تولید در یک بنگاه اقتصادی بکمک تکنیکهای بهینه سازی امکان پذیر خواهد بود. مهمترین شاخصه یک مسئله بهینه سازی تابع هدف آن می باشد. این تابع به صورت ترکیبی از چندین متغیر غیر وابسته که هر کدام تعبیر اقتصادی خاصی داشته و به عنوان متغیرهای تصمیم گیری مسئله شناخته می شوند خواهد بود و باید بر اساس محدودیتهای سیستم حداقل یا حداکثر گردد. بر این اساس مدل ریاضی جریان بهینه انرژی در بنگاه اقتصادی (واحد صنعتی) به شکل دستگاه معادلات (V) خواهد بود که در آن F_i ، p_i ، A_i و Q به ترتیب عوامل تولید (انرژی، مواد اولیه، سرمایه و نیروی کار) قیمت واحد عوامل تولید، محدودیت منابع و تقاضای مشخص که در اینجا سقف تولید محصول با کیفیت مشخص می باشد.

هفتمین همایش ملی انرژی

اطلاعات زیست محیطی: ضریب مجاز نشر آلاینده های زیست محیطی در تجهیز بخصوص و حد فوقانی نشر آلاینده های زیست محیطی برای صنعت مذکور ظرفیت موجود و در دست توسعه زیربخش صنعتی مورد نظر بر این اساس الگوریتم اجرایی مدل با توجه به آنچه تا کنون طی فازهای اول تا سوم پروژه تعیین سهم انرژی در تابع تولید صنایع شدت انرژی مورد اشاره قرار گرفته است در قالب شکل (۱) قابل نمایش خواهد بود.



شکل ۱- نمودار اجرایی مدل

۴- استخراج نتایج مدل

پس از توسعه مفهومی مدل، نتایج بدست آمده از آن برای هریک از زیر رشته های صنعتی فولاد، سیمان، آجر، شیشه، قند، لاستیک، روغن نباتی، مس، سرب و روی، آلومینیوم، چوب و کاغذ و گچ و آهک مورد بررسی قرار گرفته است. جهت تحلیل نتایج بدست آمده از مدل، فرضیات زیر در نظر گفته شده است:

کنترل‌های مختلف (تجهیزات فنی) به مصرف رسیده و یا به حامل‌های دیگر انرژی تبدیل می شوند.

در این مدل هزینه عملیاتی مشتمل بر دو بخش در نظر گرفته شده است. هزینه تعمیرات و نگهداری و همچنین هزینه مواد واسطه ای مصرفی.

۳- توسعه الگوریتم اجرایی مدل

پس از تحصیل مدل مناسب و تدوین ساختار ریاضی معادلات و نامعادلات مدل، مهمترین قدم ارائه یک الگوریتم مشخص جهت اجرایی نمودن و بکارگیری آن در زیر بخشهای صنعتی مختلف خواهد بود.

با توجه به توضیحاتی که در خصوص روند توسعه مفهومی مدل ارائه شد، مدل مذکور ماهیتا بر مبنای روش شناسی علم بهینه سازی ریاضی پایه ریزی شده است که هدف اصلی در آن حداقل نمودن هزینه عملیاتی سیستم با توجه به محدودیتهای نامبرده می باشد.

اولین نکته مهم در خصوص اجرایی نمودن مدل، ارتباط ساختاری معادلات آن با یکدیگر بواسطه نوع اطلاعاتی که بین آنها مبادله می شود خواهد بود.

همانگونه که در ابتدا نیز توضیح داده شد، متغیرهای اصلی این مدل جریان جرم مواد و انرژی و متغیر هزینه عملیاتی سیستم می باشد. سایر اطلاعات مورد نیاز طبق دسته بندی ذیل به صورت پارامترهای مدل و یا متغیرهای برون زا در آن لحاظ می گردند که شامل:

سطح معین تقاضا محصول جهت تولید در زیر بخش صنعتی مورد نظر

اطلاعات هزینه ای: قیمت واحد تعمیرات و نگهداری تکنولوژیهای مختلف، قیمت واحد مواد اولیه مصرفی، قیمت واحد حامل‌های فسیلی انرژی مصرفی و قیمت واحد الکتریسته مصرفی

اطلاعات تکنولوژیک: راندمان فنی تجهیزات مختلف بکار گرفته شده در واحد صنعتی مورد نظر و میزان انرژی ویژه مصرفی در خطوط فرآیندی مختلف (انتالپی جریان مواد)

هفتمین همایش ملی انرژی

باشند. P_{op} و P_{dp} با توجه به پراکندگی انواع تکنولوژی بکارگرفته شده در واحد صنعتی و بر اساس اطلاعات جمع آوری شده از یک نمونه واحد صنعتی مربوطه مثلاً مجتمع فولاد مبارکه در زیر رشته صنعتی فولاد محاسبه شده است. در این راستا از روابط آماری توسعه داده شده توسط واحد برنامه ریزی تولید در واحد صنعتی مربوطه استفاده گردیده است. همچنین هزینه نیروی کارگری نیز بر اساس قیمت ساعت کارکرد اعلام شده از طرف سازمان برنامه ریزی کشور برای گروههای کاری کارگر ساده، تکنیسین، مهندس، مهندس ارشد، مدیر و مدیر ارشد به ازای تعداد بکار گرفته شده از هر گروه در واحد صنعتی محاسبه شده است که جهت واقعی شدن قیمت برآورد شده، از ضرایب خاص بکار برده شده در جداول هزینه نیروی انسانی واحد صنعتی مورد نظر نیز استفاده گردیده است. هزینه مواد و انرژی نیز براساس قیمت واحد مصرفی هر یک از آنها و به ازای مقدار جرم و انرژی محاسبه شده در مدل برآورد خواهد گردید.

بر اساس مطالعات انجام گرفته، نتایج بدست آمده مشتمل بر شدت مصرف انرژی و سهم قیمت انرژی در قیمت تمام شده محصول در جدول (۲) نمایش داده شده است

جدول ۲- نتایج بهینه مدل و مقایسه آن با شرایط واقعی و استاندارد

زیر بخش صنعتی	شدت مصرف انرژی (GJ/tp)			سهم هزینه انرژی در هزینه تولید (%)
	بهینه	واقعی	استاندارد	
فولاد	۲۲۷	۲۶	۱۶۷	۹/۸
سیمان	۲۹۶	۴۰۹	۲۴	۱۲/۵
شیشه	۱۲۴۷	۲۴۵	۷۱	۱۱/۶
قند*	۴۲	۴۲	۱۶۳	۸/۵
آجر	۲۶۳	۲۸۶	۲۱۸	۱۳/۷
لاستیک	۲۰۱۳	۲۱۹۲	۱۱۷	۴/۱
روغن نباتی	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۰۰۸	۲/۴۸
آلومینیوم	۷۱۱	۷۲۱	۵۸۳	۶/۹۷
گچ و آهک	۲۲	۲۸	۱۱۴	۱۲/۳
چوب و کافز	۲۸۱	۲۸۵	۱۴۶	۱۱/۳
مس	۲۵۳	۲۷	۲۲	۵/۳
سرب و روی	۲۰	۲۱/۶	۱۲	۶/۷

* شدت مصرف در صنعت قند به ازای چنددر خام مصرفی محاسبه شده است

۵- نتیجه گیری:

دستاوردهای بدست آمده از بررسی نتایج جدول (۲) را می توان به در موارد ذیل مورد بررسی قرار داد:

(۱) متغیرهای اصلی حالت در هر یک از سیستمهای توسعه داده شده برای زیر رشته های صنعتی فوق، جرم و انرژی می باشند. بنابراین هدف از بکارگیری مدل، استخراج تراز بهینه جرم و انرژی در هر یک از رشته های صنعتی و سپس محاسبه هزینه تولید، قیمت تمام شده تولید و هزینه انرژی مصرفی به ازای آن خواهد بود.

(۲) قیمت واحد نیروی انسانی بکار گرفته شده و همچنین هزینه واحد تعمیرات و استهلاک تجهیزات به صورت پارامتر و متغیر برون زا در مدل لحاظ گردیده اند که اطلاعات آنها از واحدهای صنعتی مربوط به هر یک از گروههای هدف جمع آوری گردیده است.

(۳) قیمت واحد حاملهای فسیلی و الکتریکی مصرفی در زیر رشته های صنعتی به صورت متغیرهای برون زا در مدل لحاظ گردیده که بر اساس قیمت های داخلی فعلی، ۲۰۱/۶ ریال به ازای کیلووات ساعت برق، ۱۳۹ ریال به ازای مترمکعب گاز طبیعی، ۹۵ ریال به ازای لیتر مازوت و ۱۶۵ ریال به ازای لیتر نفت گاز در نظر گرفته شده است.

(۴) ارزش حرارتی حاملهای انرژی فسیلی به شرح ۳۶ مگاژول به ازای مترمکعب گاز طبیعی، ۳۹ مگاژول به ازای لیتر مازوت و ۳۲/۳۴ مگاژول به ازای لیتر نفت کوره در نظر گرفته شده است.

(۵) راندمان تبدیل برق از سوخت های فسیلی با احتساب تلفات شبکه ۳۰ درصد لحاظ گردیده است.

(۶) تراز بهینه جرم و انرژی استخراج شده برای میزان تولید محصول در سال ۱۳۸۶ برای زیر رشته های صنعتی بدست آمده است.

جهت محاسبه قیمت تمام شده تولید یک تن محصول در هر یک از رشته های صنعتی از رابطه زیر استفاده شده است:

$$P_P = P_E + P_M + P_{op} + P_{dp} + P_L \quad (8)$$

که در آن P_P ، P_E ، P_M ، P_{op} ، P_{dp} و P_L به ترتیب، قیمت یک تن محصول، قیمت انرژی، قیمت مواد مصرفی، قیمت واحد تعمیرات و نگهداری، قیمت استهلاک و کارکرد زیر ظرفیت و قیمت نیروی کار به ازای یک تن تولید محصول می

هفتمین همایش ملی انرژی

بر اساس نتایج بدست آمده از دو دیدگاه توسعه داده شده در روش شناسی حل مسئله، اولویت بندی رشته های صنعتی بر اساس سهم قیمت انرژی در قیمت تمام شده محصول آنها در جدول (۳) مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۳- اولویت بندی رشته های صنعتی بر اساس سهم قیمت انرژی در محصول تولید با احتساب قیمت های داخلی و فوب انرژی

قیمت فوب خلیج فارس انرژی	قیمت داخلی انرژی	
سیمان آجر گچ و آهک	آجر سیمان گچ و آهک شیشه چوب و کاغذ	اولویت با اهمیت زیاد
چوب و کاغذ فولاد شیشه لاستیک قند روغن نباتی	فولاد قند آلومینیوم سرب و روی	اولویت با اهمیت متوسط
مس آلومینیوم سرب و روی	مس لاستیک روغن نباتی	اولویت با اهمیت کم

از بررسی جدول فوق نتایج ذیل بدست خواهد آمد: اولاً، افزایش قیمت حامل های انرژی به سطح قیمت واقعی آنها منجر به افزایش سهم هزینه انرژی در هزینه تولید نهایی رشته های صنعتی خواهد گردید.

ثانیاً، در صنایعی که از نفت گاز و نفت کوره استفاده می کنند، افزایش قیمت حامل های فسیلی انرژی منجر به افزایش مشهود تری نسبت به سایر صنایعی می شود که سبد انرژی مصرفی آنها فقط شامل گاز طبیعی و برق می باشد (بدلیل قیمت بالای مازوت و نفت گاز). از اینرو اولویت بندی واحدهای صنعتی بر اساس قیمت انرژی فوب خلیج فارس با اولویت بندی آنها بر اساس قیمت های داخلی تفاوت خواهد داشت به نحوی که بر اساس قیمت های فوب خلیج فارس اولویت اول صنعت سیمان و اولویت آخر صنعت آلومینیوم می باشد. این در

(۱) در تمامی زیر شاخه های صنعتی میزان مصرف انرژی در شرایط کارکرد واقعی با استاندارد جهانی اختلاف چشمگیری دارد.

(۲) در اکثر زیر شاخه های صنعتی با اعمال شرایط کارکرد در وضعیت بهینه به سبب کاهش تلفات انرژی، شدت مصرف انرژی بهبود یافته و به ارقام استاندارد نزدیکتر می شود.

(۳) علت عمده اختلاف نتایج کارکرد در شرایط بهینه با استانداردهای جهانی در بسیاری از زیر گروه های صنعتی، کهنگی، فرسودگی و به اتمام رسیدن طول عمر تجهیزات نصب شده از یک سو و عدم تناسب ظرفیتهای نصب شده تجهیزات در آن واحدها و بکارگیری تکنولوژی های قدیمی تولید از سوی دیگر می باشد. این امر باعث می شود تا این اختلاف حتی با لحاظ نمودن راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی، به دلیل کاهش شدید راندمان عملیاتی تجهیزات، غیر قابل اجتناب باشد. برای نمونه در صنعت فولاد از فنیایی با دو برابر ظرفیت برای دمش هوا در کوره ها استفاده شده است. لذا در این زیر شاخه صنعتی نیاز اساسی به احیای تکنولوژی و استفاده از تجهیزات با شدت مصرف استاندارد انرژی وجود خواهد داشت.

(۴) سهم هزینه انرژی در تمامی واحدهای صنعتی سهم ناچیزی از هزینه تولید را پوشش خواهد داد که دلایل آن را می توان به شرح ذیل مورد بررسی قرار داد:

(۱-۴) اختلاف زیاد قیمت مصرفی انرژی با قیمت واقعی آن (۲-۴) فرسودگی و از رده خارج بودن تکنولوژی که منجر به افزایش سهم هزینه تعمیرات و نگهداری تجهیزات نسبت به هزینه انرژی (با توجه به قیمت پایین حامل های انرژی) در هزینه تمام شده تولید گردیده است.

(۳-۴) گران بودن مواد اولیه مصرفی در بسیاری از صنایع کانیهای معدنی مانند آلومینیوم، مس، فولاد و سرب و روی که سهم اصلی را در هزینه تمام شده تولید تشکیل داده اند. مجموعه عوامل فوق منجر به کاهش سهم قیمتی انرژی مصرفی در فرآیند تولید زیر شاخه های صنعتی شده است.

هفتمین همایش ملی انرژی

کاهش هزینه های خود خواهد داشت که مقدار عددی شاخص سهم هزینه انرژی در هزینه تمام شده تولید در آن بیشتر باشد.

ب) دیدگاه اقتصاد ملی: در این دیدگاه آن واحد صنعتی در اولویت اجرای راهکارهای صرفه جویی انرژی قرار خواهد گرفت که میزان انرژی بیشتری را به ازای تولید محصول خود مصرف نموده است. لذا شدت مصرف انرژی حائز اهمیت خواهد بود.

مراجع

- [1] The Energy Conservation Center Japan (ECCJ), The Institute of Energy Economics Japan (IEEJ), "Technical Cooperation On Analysis Of Energy Conservation And Rational Use Of Energy In The Social And Economic Sectors Of The Islamic Republic Of Iran", June 1997
- [2] Office of Energy Efficiency and Energy Innovators Initiative in Canada, "Energy Consumption Benchmark Guide: Cement Clinker Production", 2005
- [3] Ernst Worrell and Christiana Galitsky, US Environment Protection Agency. "Energy Efficiency Improvement Opportunities For Cement Making", January 2004
- [4] Jean-Thomas Bernard, "The Measurement of the Energy Intensity of Manufacturing Industries: A Principal Components Analysis", 2002
- [5] Office of Energy Efficiency, Natural Resources Canada, "The State of Energy Efficiency in Canada", 2006
- [6] Ernst Worrell and Christiana Galitsky, US Environment Protection Agency, "Energy Use And Carbon Dioxide Emissions From Steel Production in China", April 2006

حالیست که بر اساس قیمتهای داخلی انرژی سیمان در اولویت دوم و آلومینیوم در اولویت هشتم قرار داشته و اولویت آخر متعلق به صنعت روغن نباتی بوده است. قابل توجه است که سهم تعیین شده برای قیمت انرژی در واحدهای صنعتی، تنها به مصرف انرژی در فرآیندهای اصلی تولید در آنها واحدها اختصاص داشته است.

مشخص است که صنایعی مانند سیمان، آجر، گچ و آهک در هر دو سناریوی قیمت داخلی و سناریوی قیمت فوب خلیج فارس در اولویت با اهمیت بالا قرار خواهند داشت. صنایع فولاد و قند در اولویت میانی و صنعت مس نیز در حداقل اولویت بندی قرار خواهد گرفت. صنایعی مانند چوب و کاغذ، شیشه، لاستیک و آلومینیوم که سهم زیادی از مصرف نفت گاز و مازوت را به خود اختصاص می دهند با افزایش قیمت انرژی از سطوح اولویت پایین به سطوح اولویت میانی منتقل می گردند که به نظر می رسد باید در کانون بیشتری از توجه قرار گیرند زیرا پاشنه آشیل این اولویت بندی بشمار می آیند.

نتایج جدول (۳)، استراتژی مدیریتی کارآ را جهت اولویت بندی رشته های صنعتی برای تخصیص و یا حذف یارانه انرژی مشخص می نماید. مهمترین ویژگیهای استراتژی تدوین شده جهت توزیع یارانه در صنایع بشدت انرژی بر که در این تحقیق بدان پرداخته شده است عبارتند از: (۱) در نظر گرفتن اهمیت میزان مصرف انرژی در تولید محصول (۲) لحاظ نمودن نقش عوامل غیر انرژی مانند نیروی کار، میزان کیفیت مواد اولیه مصرفی، تعمیرات و نگهداری تجهیزات و فرسودگی و استهلاک آنها.

دستاوردهای مهم تحقیق انجام گرفته آن است که جهت اولویت بندی رشته های صنعتی به منظور اختصاص یا حذف هر گونه یارانه انرژی دو دیدگاه زیر را باید مد نظر قرار داد: الف) دیدگاه بنگاه اقتصادی: در این دیدگاه واحد صنعتی به عنوان تولید کننده محصول، هزینه انرژی را بخشی از هزینه تولید خود می داند و لذا آن واحد صنعتی تمایل به اجرای راهکارهای مدیریت انرژی و جایگزینی تکنولوژی فرسوده و