

بررسی کارایی و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل و نقل با روش TSL (۱۳۷۹-)

(۱۳۵۰)

دکتر حسین عباسی نژاد*

داریوش وافی نجار**

چکیده

بهره‌وری و کارایی مصرف انرژی از جمله شاخص‌های مهمی هستند که در تبیین رفتار ساختار مصرف انرژی بخش‌های مختلف اقتصادی در کشور، برای سیاست‌گذاری نقش مهمی را ایفا می‌کنند. به همین منظور در این مقاله به بررسی وضعیت این شاخص‌ها در مصرف انرژی بخش‌های مختلف اقتصادی در کشور، طی دوره ۱۳۷۹-۱۳۵۰ پرداخته می‌شود. همچنین بر اساس آمارهای موجود، با استفاده از تابع تولید با توجه به رابطه همزمانی در قالب سیستم معادلات همزمان و روش TSL کشش نهاده‌ای و قیمتی برای بخش حمل و نقل و صنعت محاسبه گردیده است.

روند کلی شاخص شدت مصرف انرژی در سه بخش مورد بررسی (صنعت، کشاورزی، حمل و نقل) صعودی بوده و لذا طی دوره مورد بررسی کارایی انرژی کاهش یافته است. به طور مشابه شاخص کشش نقطه‌ای انرژی که درصد تغییر در رشد سالانه انرژی را در ازای درصد تغییر در ارزش افزوده بخش، نشان می‌دهد برای اکثر سالها، بزرگتر از یک بوده که در مجموع حاکی از نزولی بودن بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی در سه دهه مورد بررسی است. تخمین تابع تولید برای بخش حمل و نقل و صنعت در ایران که در آن انرژی در کنار کار و سرمایه گذاری به‌عنوان یک نهاده وارد گردیده است، برای دوره ۱۳۴۷-۷۹ نتایج زیر را به‌دست داده است. بخش حمل و نقل: کشش نهاده‌ای انرژی: ۱/۲، کشش قیمتی انرژی: ۰/۲-، کشش تولیدی انرژی: ۰/۸- بخش صنعت: کشش نهاده‌ای انرژی: ۰/۷۶۲، کشش قیمتی انرژی: ۰/۴-، کشش تولیدی انرژی: ۰/۸- هم‌چنانکه ملاحظه می‌شود کشش‌های نهاده‌ای انرژی مطلوب، اما کشش‌های قیمتی بالنسبه پایین است و گویای آنست که تغییرات اندک قیمت انرژی به تنهایی نمی‌تواند تأثیر قابل توجهی در میزان مصرف آن در بخش حمل و نقل داشته باشد، مگر در سطح افزایش‌های بالا و با فرض ثابت بودن قیمت سایر عوامل و اعمال سیاست‌های تبعیض قیمت، برای انتقال مصرف از یک سوخت یا نهاده به سمت یک سوخت یا نهاده دیگر.

* عضو هیئت علمی دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران
** عضو هیئت علمی موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

کلید واژه

انرژی، شدت مصرف انرژی، کارایی و بهره‌وری انرژی، کشش نقطه‌ای، تابع تولید، کشش نهاده‌ای، کشش قیمتی



۱- مقدمه

تعریف انرژی: «نیروی محرکه لازم برای به گردش درآوردن چرخ تولید و خدمات، که حاصل از سوخت یا فرآورش منابع مختلف نظیر نفت، گاز، زغال‌سنگ، انرژی‌های هسته‌ای، خورشیدی و امثال آن باشد.» است، سئوالی که اقتصاد در مسائل انرژی پاسخگوست این است که چقدر و چگونه تولید و مصرف کنیم و چه الگوهایی را در تولید و مصرف آن رعایت نماییم.

بر اساس آمار، ایران در سال ۱۳۷۹ با ۲۳ تریلیون مترمکعب ذخیره گاز طبیعی، مقام دوم را بعد از روسیه در دنیا داراست. در زمینه ذخایر نفت نیز پس از چهار کشور عربستان، روسیه، عراق و کویت با ۸۹/۷ میلیارد بشکه در مقام پنجم قرار دارد. با توجه به اهمیت استراتژیک نفت و گاز در سطح جهان و وابستگی شدید کشور به درآمدهای نفتی لزوم برنامه‌ریزی صحیح برای و مصرف بهینه از این ماده در کشور احساس می‌شود.

نفت و گاز سهم قابل توجهی در مصرف انرژی کشور دارد. براساس آمار، در سال ۷۹ بیش از ۵۰ درصد از کل مصرف انرژی بخش‌های مختلف اقتصادی را نفت و فرآورده‌های نفتی و ۴۲ درصد آنرا گاز طبیعی تشکیل داده است. بخش خانگی و تجاری با حدود ۲۹٪ کل مصرف انرژی، در سال ۷۹، بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است و از کل انرژی مصرفی این بخش ۴۱٪ آن مربوط به مصرف فرآورده‌های نفتی و ۴۶ درصد مربوط به گاز است. بخش حمل و نقل نیز ۲۱ درصد از انرژی مصرفی کشور را به خود اختصاص داده است، که تمامی آنرا فرآورده‌های نفتی تشکیل می‌دهد. بخش صنعت با ۱۶۸/۶ میلیون بشکه معادل نفت خام، برابر ۱۹٪ از کل مصرف کشور در این سال را به خود اختصاص داده است، که به ترتیب ۳۰ و ۵۳ درصد از آنرا نفت و گاز به خود اختصاص داده است و پس از بخش حمل و نقل در رتبه سوم قرار دارد.

۱ - طبق آخرین آماری که از سوی وزارت نفت در سال ۱۳۸۲ ارائه شده است مقدار ذخایر نفت کشور به ۱۳۰ میلیارد بشکه افزایش یافته است. بااستناد به این آمار ایران، از نظر نفت نیز همانند گاز در مقام دوم جهان قرار می‌گیرد.

در این مقاله ابتدا مبانی نظری رابطه تولید با سطح انرژی بررسی می‌گردد. سپس جایگاه هر یک از بخش‌های مورد بررسی (کشاورزی، حمل و نقل و صنعت)، از نظر رشد مصرف انرژی، درصد انرژی مصرفی در هر بخش، شدت مصرف انرژی، کشش نقطه ای انرژی و بهره‌وری انرژی... طی سال‌های ۷۹-۱۳۵۰ مورد بررسی قرار می‌گیرد. در پایان نیز به منظور محاسبه کشش‌های نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش حمل و نقل و صنعت، تابع تولید مفروض با استفاده از سیستم معادلات همزمان تخمین زده شده و تقاضای مشتق شده، انرژی از آن محاسبه می‌گردد.

۲- بررسی نظری رابطه سطح تولید با انرژی

بدون شک رابطه نزدیکی میان استفاده از تابع تقاضای انرژی و روش تابع تولید وجود دارد و البته این رابطه یک رابطه دو طرفه است. چنین ارتباطی می‌تواند از طریق آزمونهای مختلف بررسی گردد، اما به لحاظ رفتاری چنین ارتباطی در نظریه‌ها تعریف گردیده است. یک نمونه این ارتباط را در توابع رفتاری تولید می‌توان مشاهده کرد، که انرژی به عنوان یک نهاده در آن لحاظ شده و از تابع تولید برای محاسبه تابع تقاضای مشتق شده آن استفاده می‌گردد.

توابع تولید بیانگر رابطه فنی میان سطح تولید، با هر یک از نهاده‌های موجود در تولید است و فهرستی است (جدول یا معادله ریاضی) که نشان دهنده حداکثر مقدار ستانده‌ای که می‌توان از هر مجموعه خاص از نهاده‌ها با فرض ثبات سایر شرایط، تولید کرد.

توسعه تقاضای انرژی معمولاً به‌وسیله مدل‌های تقاضا مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مدل‌ها ابزار مناسبی جهت تحلیل کمی تقاضای انرژی به‌شمار می‌آیند. مدل‌های تقاضا برای انرژی بر پایه روش‌های آماری اقتصادسنجی و تکنیک‌های مهندسی و برخورد سیستمی ایجاد شده‌اند. هر یک از مدل‌ها برای تجزیه و تحلیل مقدار تقاضای انرژی و تغییرات زمانی آن به‌کار می‌رود، به کمک آنها اثرات متغیرهای اقتصادی و فنی و گسترش احتیاجات انرژی بررسی می‌شود. مطالعات اولیه‌ای که توسط دپره‌وووست، موريسن وردلینگ و مجمع ملی انرژی (۱۸۷۱) انجام شده است، صرفاً به سطح تولید

(بخش یا در کل) توجه دارد و آنرا عامل مؤثر در تقاضای انرژی در نظر می‌گیرد و فرض بر آن بوده است که قیمت‌های عوامل تولید، در برآورد تابع تقاضای انرژی هیچ نقشی ندارند. اما مطالعات انجام شده به وسیله آندرسن، باکستر و مانت و تریل تابع تقاضای انرژی را با توجه به تغییرات قیمت انرژی و همچنین امکان جانشینی انواع مختلف سوخت‌ها، نشان داده‌اند، نقش قیمت‌های دیگر عوامل تولید، سرمایه و نیروی کار و مواد اولیه را نادیده گرفته‌اند. همچنین مطالعاتی نیز بعدها توسط برنند و وود در مورد تقاضای انرژی در آمریکا (۱۹۷۵) و سدایو و خالد و رانو، گریفین، گریگوری، پندیک هودسن و جورگنسن انجام گردید، که به بررسی کشش‌های کوتاه و بلند مدت انرژی در کشورهای مختلف پرداختند.

از دیدگاهی دیگر در رابطه با نقش انرژی در تولید، می‌توان چنین استنباط کرد که سطح درآمدی که هر واحد تولیدی و یا کل اقتصاد می‌تواند تولید کند، به موجودی سرمایه قابل لمس، مقدار سرمایه انسانی نهفته در نیروی کار، کمیت و کیفیت منابع طبیعی و سطوح تکنولوژی در آن واحد یا کل اقتصاد بستگی دارد. رابطه میان بکارگیری این عوامل تولید و درآمد، تابع تولید نام دارد.

در مطالعه تجربی برنت و وود^۱ که در سال ۱۹۷۹ انجام شد، آنها استدلال کردند که در تابع تولید کل، انرژی یک عامل تولید است که ارتباط جدایی‌ناپذیر ضعیفی با نیروی کار دارد، تابع تولید پیشنهادی آنها عبارتست از:

$$Q_t = F[g(K, E), L] \quad (1)$$

مطالعه دیگری که در زمینه رابطه مصرف انرژی با سطح تولید انجام گرفته است، توسط ساچ و برانو (۸۱-۱۹۷۹) بوده است. این دو با ارائه مدلی، ارتباط بین مواد خام وارداتی و تابع عرضه کل اقتصاد را بررسی کردند که به تأثیرات افزایش قیمت نفت در عرضه کل اقتصاد در مدل توجه خاص شده است. شکل کلی تابع مورد نظر این دو، به صورت ذیل است:

$$Q_t = f(L, K, R) \quad (2)$$

که در آن Q تولید ناخالص داخلی است و فرض می‌شود که به‌نهادهای خدمات سرمایه (K)، کار (L) و موادخام وارداتی (R) وابسته است. همچنین بازده نسبت به مقیاس تولید برای هر عامل نزولی و مثبت است.

تأثیری که افزایش قیمت نفت در سال‌های گذشته بر اقتصاد کشورها برجای گذارده نمایشی واقعی از تأثیرگذاری انرژی بر تولید و اقتصاد جامعه است. انتقال به سمت چپ منحنی عرضه کل اقتصاد در نتیجه افزایش قیمت انرژی که به بحران انرژی در غرب (۷۴-۱۳۷۳) مشهور گردید نیز، نمونه کاملاً مشخصی از تأثیرگذاری انرژی در اقتصاد و فعالیت‌های تولیدی در کشورهاست.

۳- معرفی مدل و روش مورد استفاده در تخمین

برای تخمین تابع تولید و محاسبه اثرنهادهای انرژی در تولیدبخش صنعت لازمست روشی را انتخاب کرد که ضمن آن که تخمین‌های معناداری را با توضیح دهنده‌گی بالا ارائه دهد، مشکلاتی همانند ایستایی خود همبستگی و همزمانی را نیز نداشته باشد. برای رسیدن به چنین مدلی باید هر یک از عوامل موجد این مشکلات را شناسایی و اصلاح نمود، تا بتوان تخمین‌های قابل اطمینانی را به‌دست آورد. مشکلاتی نظیر ایستایی و خود همبستگی با روش‌های معمول شناسایی و رفع گردیده است و با توجه به احتمال وجود همزمانی میان متغیرهای تابع تولید، که به شکل کلی زیر:

$$Q_t = A_0 \cdot L_t^{a_1} \cdot E_t^{a_2} \cdot K_t^{a_3} \cdot e^{u_t} \quad (3)$$

معرفی می‌گردد، (زیرا براساس تئوری هر یک از متغیرهای E ، مصرف انرژی، K ، میزان سرمایه‌گذاری، تابعی از سطح تولید می‌باشند.) از معادلات همزمان به شکل زیر استفاده گردیده:

$$\begin{aligned} Q_t &= A_0 \cdot L_t^{a_1} \cdot E_t^{a_2} \cdot K_t^{a_3} \cdot e^{u_t} \\ E_t &= A_1 \cdot Q_t^{\gamma_1} \cdot E_{t-1}^{\gamma_2} \cdot e^{v_t} \end{aligned} \quad (4)$$

$$K_t = f(Q_t, K_{t-1})$$

در چنین مدلی می‌توان اثرات متقابل انرژی و تولید را بریکدیگر، به‌دست آورد و مشخص نمود که در اثر تغییر در میزان یکی از این دو متغیر، متغیر دیگر چگونه و چه

مقدار تغییر خواهد کرد و اثر بازگشتی ناشی از این تغییر بر متغیر اول به چه میزان است. اگر از طرفین عبارت فوق لگاریتم بگیریم خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \log E_t &= \log A_1 + \gamma_1 \log Q + \gamma_2 \log E_{t-1} + V_t \\ \log Q_t &= \log A_2 + \alpha_1 \log L_t + \alpha_2 \log K_t + \alpha_3 \log E_t + V_t \end{aligned} \quad (5)$$

$$\log K_t = \log f(Q_t, K_{t-1})$$

در این حالت ضرایب هر یک از متغیرهای فوق نشانگر کشش آن متغیر نسبت به متغیر وابسته خواهد بود. نحوه عمل این سیستم معادلات همزمان به این شکل خواهد بود که به‌عنوان مثال چنانچه میزان استفاده از نهاده سرمایه در معادله تولید، یک درصد افزایش پیدا کند (با فرض ثابت بودن متغیرهای دیگر)، مقدار تولید به میزان ۲ درصد تغییر خواهد کرد. به‌ازای همین مقدار در معادله یک $\log Q_t$ تغییر پیدا می‌کند که نتیجه آن تغییری به میزان ۱ درصد در متغیر مصرف انرژی است. مجدداً در معادله یک $\log E_t$ تغییر پیدا می‌کند و از آنجا سطح تولید را تغییر می‌دهد. با افزایش طول دوره تأثیر تغییرات رفته رفته کاهش پیدا کرده و تعدیل‌ها به پایان می‌رسد.^۱

اثرات تعدیل تا آنجا ادامه می‌یابد که واکنش اولیه ایجاد شده کاملاً خنثی شود. تأثیرات اولیه معمولاً از طریق نهاده‌های تولید بر تولید وارد می‌شود، اما گاه به‌جهت تأثیر عوامل مختلف برونزا همانند عامل تحریم، جنگ و انقلاب و یا هر عامل پیش‌بینی نشده دیگر، سطح تولید عامل ایجاد تغییر می‌گردد و طبیعی است که تقاضا برای هر یک از نهاده‌ها را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد. از آنجا که هدف ما دستیابی به تخمین ضرایب معادله اول (α_i ها) است، لذا این معادله را با توجه به مسئله همزمانی میان متغیرها به صورت سیستمی وبا استفاده از روش دو مرحله ای حداقل مربعات^۲ تخمین زده‌ایم، که نتایج در بخش‌های بعدی عیناً آورده خواهد شد.

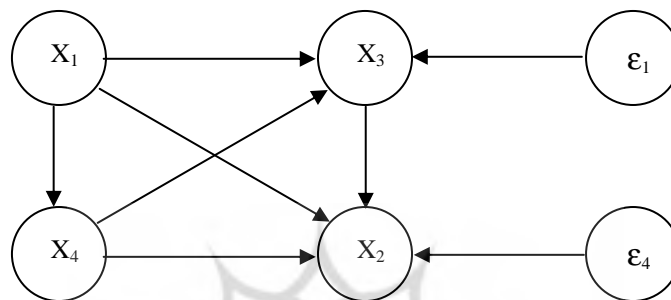
دلایلی که استفاده از روش TSLS را در مدل‌ها ضروری می‌سازد، اساساً به رابطه

۱- البته لازم به ذکر است که چنین تعدیلاتی در مدل‌های تعادل عمومی به طور مشخص به منظور ارزیابی و محاسبه تمام اثرات سیستم بر متغیرهای هدف در نظر گرفته می‌شود.

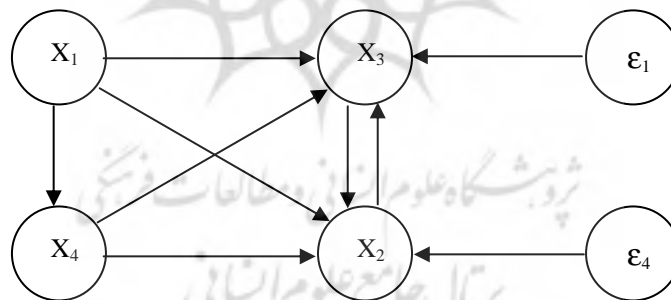
2- Two stage least square(TSLS)

متغیر توضیحی با جزء خطا مربوط می‌شود. به طور کلی رابطه میان متغیرها می‌تواند یکطرفه، دو طرفه و یا دوطرفه همراه با ارتباط میان اجزاء اخلاص باشد. این ارتباطات را به سهولت می‌توان در قالب نمودارهای ذیل (با متغیرهای فرضی X_1 و X_2 که با اجزاء اخلاص در ارتباط هستند) نمایش داد.

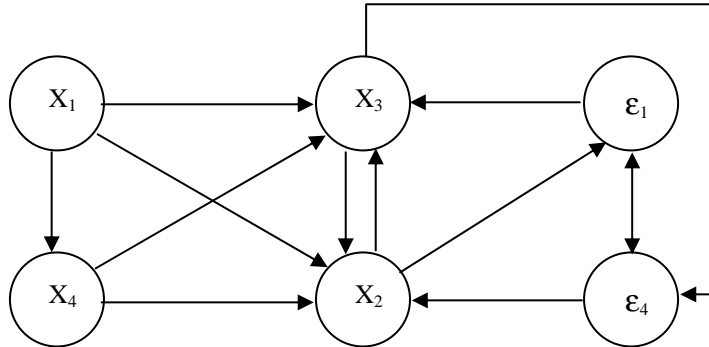
الف- در مورد مدل‌هایی که روابط علی بین دو متغیر یکسویه هستند:



ب- در مورد مدل‌هایی که روابط علی دوسویه هستند، که در این صورت یک حلقه ایجاد می‌کنند:



ج- حالت سوم زمانی است که با فرض روابط دو طرفه، اجزاء اخلاص نیز با یکدیگر در ارتباطند:



تفسیر روابط به این صورت است که

۱- X_1 وابسته به X_4 است،

۲- X_1 میتواند به جزء خطای ϵ_4 از طریق X_4 مرتبط شود،

۳- X_4 میتواند به طور مستقیم به جزء خطای ϵ_1 از طریق X_1 مرتبط باشد،

۴- در نهایت اینکه ϵ_1 می‌تواند با ϵ_4 در ارتباط باشد.

در چنین شرایطی فروض ارتباط یکسویه و غیر وابسته بودن متغیرهای توضیحی، به اجزاء اخلاص که از شرایط OLS میباشد، نقض شده و در نتیجه ضرایب تخمینی از کارایی لازم برخوردار نخواهند بود. در این شرایط یک راه، استفاده از روش دو مرحله‌ای حداقل مربعات خواهد بود.^۱ معهدنا با مبنا قرار دادن نتایج به دست آمده برای ضرایب تابع تولید معرفی شده در سیستم معادلات (۵) و با استفاده از یک رابطه بهینه یابی (با فرض تابع هزینه C_t به شکل زیر) می‌توان تقاضای مشتق شده برای هر یک از نهاده‌ها و از جمله نهاده انرژی را به شکل زیر محاسبه نمود.

۱ - جهت مطالعه بیشتر در این زمینه به منابع شماره ۸ (فارسی) و ۱۲ (لاتین) مراجعه شود

$$\begin{aligned} \text{MAX } Q_i &= A_0 \cdot L_i^{a_1} \cdot E_i^{a_2} \cdot K_i^{a_3} \cdot e^{u_i} \\ \text{S.T } Ct &= P_L L + P_K K + P_E E \end{aligned} \quad (۶)$$

آنگاه خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} f_L(L, K, E) &= P_L \\ f_K(L, K, E) &= P_K \\ f_E(L, K, E) &= P_E \end{aligned} \quad (۷)$$

بدین ترتیب توابع تقاضای مشتق شده، برای هر یک از نهاده‌ها به راحتی با استفاده از روابط فوق قابل محاسبه خواهد بود.^۱

همچنین لازم به ذکر است که در تحلیل‌های آماری، در بخش‌های مختلف برای محاسبه شاخص‌های کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی به صورت ذیل عمل شده است:

کارایی انرژی = (ارزش افزوده بخش / میزان انرژی مصرف شده در بخش)

واحد هر یک از اجزاء رابطه فوق نیز همان است که در بند ۴ به آن اشاره شده است.

بهره‌وری انرژی = نرخ رشد ارزش افزوده بخش / نرخ رشد مصرف انرژی

۴- داده‌های آماری مورد استفاده در مدل

شکی نیست که از جمله لوازم اصلی و اولیه در تخمین، در دست داشتن اطلاعات و آمار صحیح است لذا ماهیت ارقام به کار رفته در تحلیل آماری بخش‌ها و یا مدل مورد استفاده برای بخش حمل و نقل و صنعت نقش مهمی در صحت تحلیل‌ها و محاسبه ضرایب تخمینی خواهند داشت. بر این اساس داده‌های آماری استفاده شده برای کلیه بخش‌ها در برگیرنده آمارهای ارزش افزوده، سرمایه‌گذاری و نیروی کار است، که از حساب‌های ملی بانک مرکزی ایران و مصرف انرژی نیز از ترازنامه انرژی وزارت نیرو

۱- البته در یک سیستم تعادل عمومی وقتی ارزشهای تعادلی K و L و E در رابطه با PL و PK و PE حل می‌گردد، هزینه سرمایه ثابت فرض می‌شود، زیرا که انعکاسی از نرخ ترجیحات زمانی است که تقریباً به متغیرهای وابسته که در اینجا مورد توجه نیستند، وابسته است (مثلاً انعکاسی از نرخ بهره جهانی است) و در ادامه با فرض ثابت بودن سایر شرایط افزایش در قیمت انرژی تقاضای داخلی آنرا کاهش می‌دهد و نحوه تعدیل مانند (وقتی است که افزایش داخلی در نرخ دستمزدها، تقاضا برای کار را کاهش می‌دهد، افزایش در PE سبب می‌شود ارزش تولید نهایی انرژی پایینتر از هزینه نهایی آن قرار بگیرد و در نتیجه سبب کاهش سطح E می‌شود و به تبع آن تولید نهایی کار و سرمایه کاهش می‌یابد.

استخراج گردیده است. آمار مربوط به ارزش افزوده در این مجموعه طی دوره و بر حسب میلیارد ریال، براساس قیمت‌های ثابت سال ۱۳۶۱ بیان گردیده است. داده‌های آماری مربوط به نیروی کار که برحسب هزار نفر آمده است، در برگیرنده کلیه نیروی کار شاغل اعم از متخصص، نیمه متخصص و ساده در هر سال است. همچنین آمار سرمایه‌گذاری بیانگر میزان سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص سالانه بخش است که برحسب قیمت‌های ثابت سال ۶۱ بیان گردیده است. انرژی مصرفی نیز در برگیرنده مصرف انواع مختلف سوخت‌ها برحسب میلیون بشکه معادل نفت خام می‌باشد.

در کل اقتصاد داده‌های آمارهایی که در این قسمت استفاده شده‌اند، شامل آمار مربوط به تولید ناخالص داخلی برحسب قیمت‌های ثابت سال ۶۱، ارزش ریالی صادرات نفت و میزان انرژی مصرف شده و همچنین کل سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص انجام شده در کشور طی این دوره است. در ضمن دامنه مشاهدات برای تمام بخش‌ها ۷۹-۱۳۵۰ در نظر گرفته شده است.

۵- وضعیت هر یک از بخش‌های مورد بررسی در مصرف انرژی

۵-۱- بخش صنعت

از نظر مصرف انرژی بخش صنعت در میان بخش‌های مورد بررسی بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص داده و سهم آن طی دوره، هیچگاه از ۲۴ درصد تقلیل نیافته است. بیشترین سهم مصرف انرژی طی این سالها در قبل از انقلاب مربوط به سالهای ۱۳۵۲ و ۱۳۵۶ با ۲۸ درصد و بعد از انقلاب مربوط به سال ۱۳۷۱ با ۳۰/۱ درصد بوده است. اگرچه مصرف انرژی در این بخش همواره در طی دوره روندی صعودی داشته است، اما این افزایش مصرف، تماماً در نتیجه افزایش کارایی و رشد واقعی ارزش افزوده، بخش که بالطبع مصرف انرژی بیشتری را می‌طلبد، نبوده است. بلکه طی بررسی‌های به عمل آمده می‌توان بخشی از آن را نتیجه پایین بودن کارایی مصرف سوخت، که ناشی از عواملی چون استهلاک بیش از حد تجهیزات سرمایه‌ای مصرف‌کننده انرژی و نیز ارزان بودن (و در نتیجه استفاده بی‌رویه) سوخت مصرفی

است، دانست.

این مسئله را می‌توان با استفاده از شاخص کارایی در مصرف انرژی که معکوس شاخص شدت مصرف انرژی (انرژی‌بری) در بخش صنعت است نیز بررسی نمود. شاخص شدت مصرف انرژی که در جدول شماره (۱) برای سال‌های ۷۹-۱۳۵۰ محاسبه شده‌است، یکی از شاخص‌هایی است که نمایانگر وضعیت درونی بخش صنعت در مصرف انرژی است. بررسی روند کلی این شاخص طی دوره مورد بررسی حاکی از برتری انرژی بخش صنعت است و در واقع گویای آن است که کارایی در مصرف انرژی روندی نزولی داشته‌است به‌عنوان مثال این شاخص در سال ۱۳۵۰، ۰/۰۴ بوده‌است و بیانگر آن است که درازای هر هزار ریال ارزش افزوده ایجاد شده، ۰/۰۴ تن انرژی، مصرف گردیده. این شاخص در سال ۱۳۷۲ به ۰/۰۷ افزایش یافته‌است و این درحالی است که در سال ۷۲، مواجه با یک رکود در بخش صنعت نیز بوده‌ایم. در سال‌های بعد نیز روند نزولی کارایی مصرف انرژی کماکان ادامه و در سال ۱۳۷۹ شدت مصرف انرژی به ۰/۱۱۵ افزایش یافته‌است.

از دیگر شاخص‌های محاسبه شده در جدول شماره (۱)، که بیانگر وضعیت درونی این بخش است، شاخص کشش نقطه‌ای انرژی است. این کشش از تقسیم رشد انرژی مصرفی بخش، به رشد ارزش افزوده برای هر سال به‌دست می‌آید. زمانی که این شاخص بزرگتر از یک باشد، بدان معناست که رشد مصرف انرژی در صنعت بیشتر از رشد ارزش افزوده بخش است و درازای یک درصد ارزش افزوده ایجاد شده، بیشتر از یک درصد انرژی، مصرف گردیده‌است، عکس همین تعبیر نیز برای زمانی که کشش نقطه‌ای انرژی کوچکتر از یک باشد صادق است. از نقطه نظر اقتصادی روند مطلوب برای این شاخص وقتی است، که مقدار آن کوچکتر یا حداکثر برابر با یک باشد و این یکی از اهدافی است که برای بخش انرژی در برنامه دوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۷۸-۱۳۷۴) پیش‌بینی شده. متوسط این کشش طی برنامه اول توسعه برابر ۱/۱ بوده، که اندکی بزرگتر از یک است و در طی برنامه دوم توسعه، روندی نزولی و حتی در سال ۷۸ منفی داشته (در نتیجه کاهش رشد انرژی) و به ۰/۵۶- می‌رسد. مقدار این شاخص در سال ۷۹ افزایش یافته و به ۰/۹۳ رسیده‌است.

جدول شماره ۱- بررسی وضعیت بخش صنعت از نظر برخی شاخص‌ها

سال	رشد مصرف انرژی صنعت	رشد ارزش افزوده صنعت	کشش نقطه‌ای انرژی	شدت مصرف انرژی
۱۳۵۰	۱۳/۰۲	۱۷/۳۸۱	-۰/۷۴۹	-۰/۴۸۳۲
۱۳۵۱	۱۷/۵	۱۸/۳۰۳	-۰/۹۵۶	-۰/۴۸۰۰
۱۳۵۲	۲۶/۶۷	۱۹/۴۲۴	۱/۳۷	-۰/۵۰۹۱
۱۳۵۳	۱۴/۵	۱۷/۵۲۶	-۰/۸۳۰	-۰/۴۹۶۲
۱۳۵۴	۱۸/۹	۸/۱۹۳۶	۲۳۰	-۰/۵۴۵۴
۱۳۵۵	۱۵	۳۰۰۳۲	-۰/۵۰۷	-۰/۴۸۳۳
۱۳۵۶	۱۱/۰۴	۴/۹۷۵۷	۲/۲۱	-۰/۵۱۱۲
۱۳۵۷	-۱۲/۴۳	-۱۰/۴۴۲	۱/۱۹	-۰/۴۹۹۸
۱۳۵۸	۵/۸۸	-۹/۲۴۶۷	-۰/۵۸۳۲
۱۳۵۹	۲/۱	۷/۷۸۶۸	-۰/۳۷۰	-۰/۵۵۲۴
۱۳۶۰	۱۶/۱	۸/۰۳۲۸	۲/۰۰	-۰/۵۹۳۹
۱۳۶۱	۱۵/۵	-۴/۳۷۴۹	-۳/۵۴	-۰/۷۱۷۴
۱۳۶۲	۱۰/۹	۱۱/۸۹۹	-۰/۹۱۶	-۰/۷۱۱۰
۱۳۶۳	۴/۹	۱۲/۲۸۴	-۰/۴۰۰	-۰/۶۶۴۴
۱۳۶۴	۲/۷۶	-۲/۱۰۸۱	-۱/۳۱	-۰/۶۹۷۴
۱۳۶۵	-۷/۰۲	-۶/۳۵۴۵	۱/۱۰	-۰/۶۹۲۵
۱۳۶۶	۱۴/۹۷	۱۱/۱۱۵	۱/۳۴	-۰/۷۱۶۵
۱۳۶۷	۰/۱۱	۲/۰۵۳۹	-۰/۵۳	-۰/۷۰۲۹
۱۳۶۸	۱۵/۳	۸/۹۱۸۴	۱/۷۱	-۰/۷۴۴۱
۱۳۶۹	۹/۸	۱۵/۹۳۲	-۰/۶۱۸	-۰/۷۰۵۱
۱۳۷۰	۱۲/۰۸	۱۸/۰۳۷	-۰/۶۶۹	-۰/۶۶۹۵
۱۳۷۱	۱۲/۴۷	۳/۲	۳/۹	-۰/۷۳
۱۳۷۲	-۱/۷۷	۱	-۱/۷۸	-۰/۷
۱۳۷۳	۷/۴	۱/۹	۳/۸۹	-۰/۱۱۵
۱۳۷۴	۵	۵/۸	-۰/۸۶	-۰/۱۲۸
۱۳۷۵	۸/۹	۶/۴	۱/۳۹	-۰/۱۳۳
۱۳۷۶	-۰/۱	۸/۲	-۰/۰۱	-۰/۱۱۵
۱۳۷۷	۱/۴	۲	-۰/۷	-۰/۱۲
۱۳۷۸	-۱/۴	۲/۵	۰/۵۶	-۰/۱۱۳
۱۳۷۹	۸/۹	۹/۶	-۰/۹۳	-۰/۱۱۵

در مجموع از بررسی این شاخص‌ها می‌توان چنین نتیجه گرفت که کارایی مصرف انرژی در صنعت طبق شاخص‌های شدت مصرف انرژی و کارایی انرژی (معکوس شدت مصرف انرژی)، کاهش یافته است.

۲-۵- بخش کشاورزی

در این بخش نیز همانند بخش صنعت با محاسبه برخی از شاخص‌ها وضعیت درونی این بخش، در مصرف انرژی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول شماره (۲) وضعیت درونی بخش کشاورزی را از نظر مصرف انرژی نشان می‌دهد. شاخص شدت مصرف انرژی در این بخش که بیانگر میزان کارایی مصرف انرژی است، همچنانکه ملاحظه می‌گردد بسیار کمتر از شدت مصرف انرژی در بخش صنعت است. این مسئله با توجه به متفاوت بودن ساختار این دو بخش کاملاً طبیعی است. روند این شاخص در طول دوره بعد از انقلاب تا سال ۱۳۷۹ تقریباً یکنواخت بوده و به‌طور متوسط برابر ۰/۰۰۹۵ بوده. اما قبل از انقلاب طی سالهای ۵۵-۱۳۵۰ مقدار آن در مقایسه با بعد از انقلاب پایین تر است اما اگر نسبت به رشد بخش در نظر گرفته شود، همچنانکه کشش نقطه‌ای انرژی نشان می‌دهد، طی سال‌های قبل از انقلاب، مصرف انرژی از رشد بسیار بالایی برخوردار بوده است، به‌طوری که متوسط آن برای دوره ۵۶-۱۳۵۰ برابر ۴/۳ می‌باشد. متوسط کشش نقطه‌ای انرژی در طول برنامه اول و دوم توسعه برابر ۱/۵ بوده است (بدون در نظر گرفتن اعداد منفی) و همچنانکه در بخش صنعت نیز توضیح داده شد، بیانگر آن است که در ازای یک درصد افزایش در ارزش افزوده بخش، به‌طور متوسط برابر ۱/۵ درصد افزایش در مصرف انرژی وجود داشته است. به عبارت دیگر متوسط کشش درآمدی (تولیدی) انرژی در این بخش بزرگتر از یک است.

در مجموع بررسی این شاخص‌ها نشان می‌دهد، که کارایی انرژی طی دوره، روندی نزولی را طی نموده است و بررسی کشش نقطه‌ای نیز در طی دوره، نشانگر حساسیت بالای مصرف انرژی در بخش، به ارزش افزوده است.

جدول شماره ۲- بررسی برخی از شاخصها در بخش کشاورزی

سال	شدت مصرف انرژی بخش کشاورزی	نرخ رشد ارزش افزوده کشاورزی	نرخ رشد مصرف انرژی	کشش نقطه‌ای انرژی
۱۳۵۰	۰/۰۰۴۱۳	۰/۸۸	۱۲/۲	۱۳/۷
۱۳۵۱	۰/۰۰۴۰۴	۱۳/۱۸	۱۰/۸	۰/۸۲۴
۱۳۵۲	۰/۰۰۴۵۴	۶/۴۶	۱۹/۶	۳/۰۳
۱۳۵۳	۰/۰۰۵۰۲	۳/۷	۱۴/۷	۳/۹۸
۱۳۵۴	۰/۰۰۵۶۲	۹/۷۸	۲۲/۸	۲/۳۳
۱۳۵۵	۰/۰۰۵۹۲	۱۱/۵	۱۷/۴	۱/۵۱
۱۳۵۶	۰/۰۰۷۳۸	-۳/۸۵	۱۹/۸	-۵/۱۳
۱۳۵۷	۰/۰۰۶۹۳	۶/۵۱	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
۱۳۵۸	۰/۰۰۶۸۶	۵/۹۵	۴/۹	۰/۸۳۳
۱۳۵۹	۰/۰۰۶۷۴	۳/۴۴	۱/۵۷	۰/۴۵۷
۱۳۶۰	۰/۰۰۷۲۲	۱/۹۷	۹/۳	۴/۷۱
۱۳۶۱	۰/۰۰۷۹۴	۷/۱۰	۱۷/۷۳۰	۲/۴۹
۱۳۶۲	۰/۰۰۹۲۱	۴/۸۶	۲۱/۷	۴/۴۶
۱۳۶۳	۰/۰۰۹۲۲	۷/۳۳	۷/۴۲	۱/۰
۱۳۶۴	۰/۰۰۹۸۹	۷/۸۱	۱۵/۷	۲/۰۰
۱۳۶۵	۰/۰۰۹۰۲	۴/۴۴	-۴/۷۸	-۱/۰۷
۱۳۶۶	۰/۰۰۹۷۹	۲/۴۶	۱۱/۳	۴/۵۸
۱۳۶۷	۰/۰۱۱۲	-۲/۴۹	۰/۷۵	-۰/۳۰
۱۳۶۸	۰/۰۱۰۳۴	۳/۷۰	۵/۹۷	۱/۶۱
۱۳۶۹	۰/۰۱۰۰۱	۸/۱	۴/۵۷	۰/۵۶۷
۱۳۷۰	۰/۰۱۰۲۲	۵/۱۴	۷/۴	۱/۴۴
۱۳۷۱	۰/۰۰۹۸	۷/۴	۳/۷۶	۰/۵
۱۳۷۲	۰/۰۱۱۱	۵/۴۹	۲۲/۶۵	۴/۱۲
۱۳۷۳	۰/۰۰۰۹	۱/۹	۲/۹	۱/۵۲
۱۳۷۴	۰/۰۰۰۸	۲/۳	-۳/۱	-۱/۳۵
۱۳۷۵	۰/۰۰۰۹	۳/۶	۵/۸	۱/۶۱
۱۳۷۶	۰/۰۰۰۷	۳/۵	-۱۱	-۳/۱۴
۱۳۷۷	۰/۰۰۰۸	۹/۵	۱۴/۱	۱/۴۸
۱۳۷۸	۰/۰۰۰۷	-۰/۳	-۸/۴	۲۸
۱۳۷۹	۰/۰۰۰۷	۳/۸	۱/۶	۰/۴۲

۳-۵- بخش حمل و نقل

یکی دیگر از بخشهای مورد بررسی در این مقاله بخش حمل و نقل است. سهم مصرف انرژی این بخش نیز در طول دوره، به طور متوسط برابر ۲۴ درصد بوده است و پس از بخش های خانوار و صنعت و نیروگاهها بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است. جدول شماره (۳) نیز نشانگر وضعیت این بخش از نظر مصرف انرژی است، شاخص شدت مصرف انرژی در این بخش طی دوره ۷۹-۱۳۵۰ روندی بالنسبه صعودی داشته است. لذا طی این مدت کارایی مصرف انرژی کاهش یافته و از ۰/۰۶۶ در سال ۱۳۵۰، به ۰/۱۲۵ در سال ۱۳۷۹ رسیده است. البته مقدار این شاخص در طول برنامه اول در این بخش، روندی نزولی را طی نموده است و از ۰/۱۳۷ به ۰/۱۰۹ تقلیل یافته است، که حاکی از افزایش کارایی مصرف انرژی است ولی در طول برنامه دوم تا سال ۱۳۷۹ افزایش با نوساناتی روبرو بوده، اما در مجموع متوسط آن به ۰/۱۲۳ افزایش می یابد. کسش نقطه ای انرژی نیز در این بخش به طور متوسط بالاتر از یک بوده است، اما مقدار آن برای دوره برنامه اول توسعه، به طور متوسط برابر ۰/۷۱ بوده است و بیانگر آن است که در این دوره یک درصد افزایش در ارزش افزوده بخش، به طور متوسط تنها ۰/۷ درصد مصرف انرژی را در این بخش افزایش داده است. متوسط این شاخص در طول برنامه دوم تا سال ۱۳۷۹ (بدون اعداد رشد منفی) برابر ۱/۱۵ بوده است، که حاکی از کاهش بهره وری انرژی نسبت به برنامه اول است.

در یک جمع بندی از وضعیت مصرف انرژی در سه بخش یاد شده، می توان بیان داشت که در مجموع کارایی مصرف انرژی در این بخشها طی دوره مورد بررسی کاهش یافته و این بخشها انرژی برتر شده اند. مقایسه روند رشد مصرف انرژی با روند رشد ارزش افزوده بخشها (کسش نقطه ای)، صرف نظر از برخی سالها که کسش نقطه ای انرژی بسیار بالا بوده است نشان می دهد که مقدار آن به طور متوسط نزدیک به یک است. اگر چه این روند بالنسبه مطلوب است، اما با وجود پتانسیلها بالای صرفه جویی در بخشها (از طریق بهبود قیمتها، اصلاح فرهنگ مصرف و جایگزینی یا کاهش استهلاك ماشین آلات و سرمایه ها...) این روند می تواند مطلوبتر باشد. به عبارت دیگر کسش نقطه ای انرژی می تواند مقداری کوچکتر از یک باشد آنچنانکه در بسیاری از کشورهای توسعه یافته این وضعیت مشاهده می شود.

جدول شماره ۳- بررسی برخی از شاخص‌ها در بخش حمل و نقل

سال	شدت مصرف انرژی	نرخ رشد بخش حمل و نقل	رشد مصرف انرژی	کشش نقطه‌ای انرژی در بخش
۱۳۵۰	۰/۰۶۶	۱۴/۵	۱۴/۱	۰/۹۷
۱۳۵۱	۰/۰۵۱	۴۳/۱	۱۰/۴	۰/۲۴
۱۳۵۲	۰/۰۵۱	۲۱/۶	۲۲	۱/۰۱
۱۳۵۳	۰/۰۴۶	۲۷/۱	۱۵	۰/۵۵
۱۳۵۴	۰/۰۴۷	۲۱/۶	۲۳	۱/۰۷
۱۳۵۵	۰/۰۵۴	۵/۷	۲۲	۳/۸
۱۳۵۶	۰/۰۶۵	۰/۹۱	۲۱/۷	۲۳/۸
۱۳۵۷	۰/۰۷	-۶/۹۷	۰/۵۲	-۰/۰۷
۱۳۵۸	۰/۰۶۵	۹/۵۳	۱/۷	۰/۱۸
۱۳۵۹	۰/۰۵۹	۱/۴	-۷/۵	-۵/۴۸
۱۳۶۰	۰/۰۷۲	-۱۸/۵	...	۰/۰۴
۱۳۶۱	۰/۰۷۶	۴/۵۹	۹/۳	۲
۱۳۶۲	۰/۰۸۱	۱۵/۵	۲۳/۷	۱/۵
۱۳۶۳	۰/۰۸۶		۱/۸۷	۷/۶
۱۳۶۴	۰/۰۹۱	۰/۶۶	۶/۱۵	۹۲/۹
۱۳۶۵	۰/۱۰۰	-۱۳/۴	-۴/۹	۰/۳۵
۱۳۶۶	۰/۱۳۱	-۱۸/۱	۷/۵۹	-۰/۴
۱۳۶۷	۰/۱۳۹	-۶/۷	-۱/۴	۰/۲۱
۱۳۶۸	۰/۱۳۷	۹/۲	۸	۰/۸۷
۱۳۶۹	۰/۱۱۲	۲۱/۶	۶/۷	۰/۳۱
۱۳۷۰	۰/۱۱۲	۱۶/۲	۸	۰/۵
۱۳۷۱	۰/۱۰۷	۱۱/۵	۶/۴	۰/۵۶
۱۳۷۲	۰/۱۰۹	۷/۷۹	۱۰/۲	۱/۳
۱۳۷۳	۰/۱۲۳	۶	۱۸/۲	۳/۰۳
۱۳۷۴	۰/۱۲۸	-۶/۳	-۱/۹	۰/۳
۱۳۷۵	۰/۱۲۶	۵/۶	۳/۹	۰/۷
۱۳۷۶	۰/۱۱۵	۱۵/۳	۵/۲	۰/۳۴
۱۳۷۷	۰/۱۲۳	-۲/۹	۴	-۱/۳۸
۱۳۷۸	۰/۱۲۴	۵	۵/۸	۱/۱۶
۱۳۷۹	۰/۱۲۵	۷	۷/۶	۱/۰۹

۶- تخمین تابع تولید و استخراج تقاضای مشتق شده انرژی بخش حمل و نقل

با استفاده از آمار مربوط به دوره ۷۹-۱۳۴۷ و استفاده از بسته نرم‌افزاری EVIEWS و با توجه به رابطه همزمانی میان معادلات در قالب سیستم معادلات همزمان، از روش 2Sls که در قسمت ۳-۲ نشان داده شد، نتایج حاصل از تخمین تابع تولید برای بخش حمل و نقل به صورت زیر به دست آمد:

$$\log VAT_t = 2.23 + 1.2 \log E_t + 0.74 \log K_t - 1.2 \log L_t \quad (8)$$

(0.4) (1.8) (2.4) (-1.17)

$$R^2 = 0.90$$

که در آن VAT ارزش افزوده بخش حمل و نقل، E مصرف انرژی در بخش حمل و نقل، K سرمایه‌گذاری و L نیروی کار است. عبارات داخل پرانتز آماره t هستند. که برای نهاده انرژی و سرمایه‌گذاری در سطح ۹۳ و ۹۵ درصد معنادار است، اما برای عرض از مبدأ و نهاده نیروی کار بی معنا و حتی ضریب نیروی کار دارای علامت منفی است. به همین دلیل مدل با حذف عرض از مبدأ، مجدداً تخمین و نتایج به صورت ذیل به دست آمد:

$$\log VAT_t = 0.96 \log E_t + 0.83 \log K_t - 0.77 \log L_t \quad (9)$$

(5.4) (6.2) (-2.5)

$$R^2 = 0.91$$

همچنان که ملاحظه می‌گردد کلیه ضرایب معنادار و علامت آنها به جز نیروی کار، مثبت و موافق انتظار است. منفی بودن ضریب نیروی کار بیانگر منفی بودن بازدهی نیروی کار در این بخش است، به طوری که با یک درصد افزایش در هر واحد نیروی کار اضافی، ارزش افزوده بخش حمل و نقل به میزان ۰/۷۷ درصد کاهش یافته.

همچنین با استفاده از یک رابطه بهینه‌یابی و با فرض اینکه هزینه کل تولید برای بخش حمل و نقل به این صورت بیان شود:

$$C_t = P_L \cdot L + P_K \cdot K + P_E \cdot E$$

می‌توان توابع تقاضای مشتق شده برای هر یک از نهاده‌ها را نیز به دست آورد. (در خط هزینه فوق P_i قیمت نهاده‌ها است).

لذا با حداقل کردن خط هزینه با قید ثابت تولید در معادله شماره (۸)، تابع تقاضای مشتق شده برای انرژی، به صورت زیر به دست خواهد آمد.

$$E_t = .4P_E^{-0.2} \cdot P_T^{0.27} \cdot P_K^{-0.3} \cdot VAT^{0.8} \quad (10)$$

که در آن توان قیمت‌ها در واقع همان کشش‌های قیمتی و توان ارزش افزوده بخش حمل و نقل، کشش تولیدی انرژی است. تابع تقاضای مشتق شده فوق، تابع تقاضا برای انرژی به صورت کلی است اما بدیهی است که خود انرژی نیز تابعی از سوخته‌های مختلف است که در بخش حمل و نقل (طبق آمار) این سوخته‌ها شامل فرآورده‌های نفتی، گاز، سوخته‌های جامد و برق است و قیمت آن نیز بالطبع تابعی از قیمت هر یک از این سوخته‌ها خواهد بود. بنابر این P_E و E به ترتیب مجموعه‌ای از قیمت‌ها و مقادیر همگن برای انرژی هستند. لذا به طور جداگانه می‌توان توابع تقاضا برای هر یک از سوخته‌های تشکیل دهنده انرژی را نیز محاسبه نمود.

تفسیر نتایج

کشش نهاده‌ای انرژی در معادله تخمینی شماره (۸) برابر $1/2$ است و بیانگر آن است که در ازای یک درصد تغییر در نهاده انرژی ارزش افزوده بخش به میزان $1/2$ درصد تغییر خواهد کرد. لذا سطوح تولید نسبت به تغییرات نهاده انرژی از حساسیت بالایی برخوردار است. در معادله شماره (۹) با حذف عرض از مبدأ تا حدودی کاهش و به $0/96$ تقلیل می‌یابد. ولی در هر حال نسبت به سایر نهاده‌ها از حساسیت بالاتری برخوردار است.

همچنین کشش قیمتی تقاضای انرژی در این بخش برابر با $0/2$ است که حاکی از بی‌کشش بودن آنست و بیانگر آن است که افزایش قیمت (و یا کاهش آن) در این بخش نمی‌تواند چندان تأثیری بر تقاضا برای انرژی بگذارد. این نتیجه با واقعیت موجود نیز منطبق است، زیرا که شدت نیاز این بخش به مصرف انرژی به حدی است که اساساً افزایش قیمت به تنهایی نمی‌تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش مصرف آن داشته باشد، لذا تقاضای آن بی‌کشش است. همچنین این بررسی نشان می‌دهد که تقاضا برای انرژی علاوه بر قیمت خود آن، به قیمت سایر نهاده‌ها و نیز کشش تولیدی آن بستگی

دارد (منظور ارزش افزوده بخش خدمات است).

۷- تخمین تابع تولید و استخراج تقاضای مشتق شده انرژی و تابع هزینه تولید بخش صنعت

با استفاده از آمار مربوط به دوره ۷۹-۱۳۴۷ و استفاده از بسته نرم‌افزاری EViews و روش تخمین تک معادله‌ای 2Sls با توجه به مسئله همزمانی میان معادلات، که در قسمت ۲-۳ نشان داده شد. نتایج حاصل از تخمین تابع تولید برای بخش صنعت به صورت زیر به دست آمد:

$$\text{LogVAI}_t = -4.29 + 0.76 \log E_t + 0.4 \log K_t + 1.05 \log L_t \quad (11)$$

t (-3.5) (16) (7.6) (6.47)

$$R^2 = 0.95$$

که در آن VAI ارزش افزوده بخش صنعت، E مصرف انرژی در بخش صنعت، K سرمایه‌گذاری و L نیروی کار است. عبارات داخل پرانتز آماره t می‌باشند، که تمامی آنها در سطح ۹۵٪ معنادار هستند. همچنین با استفاده از یک رابطه بهینه‌یابی و با فرض اینکه هزینه کل تولید برای بخش صنعت به صورت ذیل بیان شود

$$C_t = P_L \cdot L + P_K \cdot k + P_E \cdot E$$

می‌توان توابع تقاضای مشتق شده برای هر یک از نهاده را نیز به دست آورد. (در خط هزینه فوق P_i قیمت نهاده‌هاست.)

لذا با حداقل کردن خط هزینه با قید ثابت تولید، تابع تقاضای مشتق شده برای انرژی، به صورت زیر به دست خواهد آمد.

$$E_t = 2.66 P_E^{-0.4} \cdot P_L^{0.27} \cdot P_K^{0.11} \cdot \text{VAI}^{0.8}$$

که در آن توان قیمت‌ها در واقع همان کشش‌های قیمتی و توان ارزش افزوده صنعت، کشش تولیدی انرژی است. تابع تقاضای مشتق شده فوق، تابع تقاضا برای انرژی به صورت کلی است اما بدیهی است که خود انرژی نیز تابعی از سوخت‌های مختلف است که در بخش صنعت (طبق آمار) این سوخت‌ها، شامل فرآورده‌های نفتی، گاز، سوخت‌های جامد و برق هستند و قیمت آن نیز بالطبع تابعی از قیمت هر یک از این

سوخت‌ها خواهد بود. بنابر این P_E و E به ترتیب مجموعه‌ای از قیمت‌ها و مقادیر همگن برای انرژی است. لذا به‌طور جداگانه می‌توان توابع تقاضا برای هر یک از سوخت‌های تشکیل‌دهنده انرژی را نیز محاسبه نمود.

همچنین تابع هزینه کل صنعت به‌صورت زیر به‌دست می‌آید

$$TC_t = 3.62(P_L^{0.27} \cdot P_E^{0.62} \cdot P_K^{0.11})VAI_t$$

تفسیر نتایج

در تابع تولید بخش صنعت همچنانکه ملاحظه می‌شود، تمامی ضرایب در سطح ۰/۰۵ معنادارند و علامت تمامی ضرایب نیز موافق تئوری است. ضریب انرژی مصرفی برابر ۰/۷۶ است، که همان کشش نهاده‌ای انرژی در بخش صنعت می‌باشد و مبین آن است که در ازای یک درصد تغییر در نهاده انرژی تولید به میزان ۰/۷۶ درصد تغییر خواهد کرد. کشش نهاده‌ای انرژی در بخش صنعت کوچکتر از یک است و لذا انرژی به‌عنوان یک نهاده بی‌کشش (نسبت به تولید) محسوب می‌گردد. کشش نهاده‌ای نیروی کار بزرگتر از یک و برابر با ۱/۵۰ است و تأثیر بیشتری بر تولید نسبت به سایر نهاده‌ها برجای می‌گذارد. آنچنانکه از مجموع ضرایب محاسباتی مشخص می‌گردد، بخش صنعت مواجه با بازدهی صعودی نسبت به مقیاس تولید است و این امر بیانگر آن است که اگر تمامی نهاده‌ها را به یک نسبت افزایش دهیم، تولید بیشتر از آن افزایش پیدا خواهد کرد (به میزان ۲/۲۱ برابر آن). همچنین، مقدار R^2 مدل که بیانگر درصد توضیح دهندگی تغییرات متغیر وابسته (ارزش افزوده) توسط متغیرهای توضیحی (انرژی، کار و سرمایه) می‌باشد برابر با ۰/۹۵ است، به‌عبارت دیگر متغیرهای توضیحی توانسته‌اند ۹۵ درصد از تغییرات متغیر وابسته را بیان نمایند.

همچنین آنچنانکه معادله تقاضای مشتق شده انرژی نشان می‌دهد، کشش قیمتی نهاده انرژی برابر ۰/۴- است. به‌عبارت دیگر یک درصد تغییر در قیمت انرژی تنها ۰/۴ درصد، مصرف انرژی را کاهش می‌دهد، لذا انرژی به‌عنوان یک نهاده بی‌کشش در بخش صنعت مطرح می‌شود و افزایش قیمت آن به‌عنوان یک سیاست به‌منظور کاهش مصرف انرژی در این بخش، نمی‌تواند تأثیر قابل توجهی در مصرف آن برجای گذارد.

علاوه بر این، نکته مهم دیگری که در راستای سیاست صرفه‌جویی انرژی از طریق افزایش قیمت آن باید توجه شود، تغییر در قیمت سایر نهاده‌هاست. به عبارت دیگر اگر همراه با افزایش قیمت انرژی، قیمت نهاده‌های جانشین نیز افزایش یابد مصرف انرژی ممکن است ثابت باقی بماند و یا حتی افزایش نیز پیدا کند. کشش تولیدی مصرف انرژی نیز برابر $0/8$ است. به عبارت دیگر یک درصد تغییر در تولید صنعت به میزان متوسط $0/8$ درصد تقاضای انرژی را تغییر خواهد داد.

منابع دیگری که با اتکا به تابع تولید تخمینی بخش صنعت محاسبه گردیده است، تابع هزینه کل بخش صنعت است، این تابع بیانگر رابطه سطح ارزش افزوده بخش با هزینه کل آن است قیمت‌ها نیز معمولاً داده شده، فرض می‌گردند. با استفاده از این رابطه به راحتی می‌توان تخمینی از هزینه کل بخش صنعت را به دست آورد.

۸- خلاصه، نتیجه و پیشنهادات

در این مقاله تأثیرات متقابل مصرف انرژی و تولید یا ارزش افزوده در هر یک از بخش‌های صنعت، کشاورزی و حمل و نقل از نظر آماری مورد بررسی قرار گرفت و برخی از شاخص‌ها که نمایانگر وضعیت درونی آنها از نظر مصرف انرژی بود بررسی گردید. از جمله شاخص‌های مورد بررسی، شاخص شدت مصرف انرژی بود. روند این شاخص طی دوره مورد بررسی در تمامی بخش‌ها به‌طور متوسط، صعودی بوده است و در نتیجه کارایی مصرف انرژی که معکوس این شاخص است، طی دوره روندی نزولی داشته است. لذا هر سه بخش مورد بررسی طی دوره، به سمت انرژی‌بری بیشتر حرکت کرده است. شاخص کشش نقطه‌ای انرژی که از تقسیم نرخ رشد مصرف انرژی به نرخ رشد تولید به دست آمده است، گرچه طی دوره برای بخش‌های مورد بررسی مقادیر متفاوتی را به دست می‌دهد، اما به طور کلی مقدار آن طی دوره برنامه اول توسعه، بالنسبه مطلوب و تقریباً برابر یک و متوسط آن در برنامه دوم تا سال ۱۳۷۹، برای تمامی بخش‌های مورد بررسی، افزایش یافته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بهره‌وری انرژی کاهش یافته است.

گذشته از این تحلیل آماری، وضعیت مصرف انرژی در رابطه با تولید در بخش

صنعت و حمل و نقل، در قالب یک تابع تولید و به‌عنوان یک نهاد در کنار دیگر نهاده‌های تولید، نظیر کار و سرمایه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تولید با استفاده از یک رابطه بهینه‌یابی تابع تقاضای مشتق شده انرژی نیز محاسبه گردید. نتایج حاصل از محاسبات برای دو بخش مذکور به صورت ذیل بوده است:

بخش حمل و نقل: کشش نهاده‌ای انرژی ۱/۲، کشش قیمتی انرژی: -۰/۲، کشش تولیدی (درآمدی) انرژی: ۰/۸

بخش صنعت: کشش نهاده‌ای انرژی: ۰/۷۶۲، کشش قیمتی انرژی: -۰/۴، کشش تولیدی انرژی: ۰/۸

با توجه به آنچه که در این مقاله بیان گردید، برخی از راه‌حل‌های پیشنهادی که نتیجه مستقیم تحلیل‌های انجام شده، در خصوص موضوعات مختلف مورد بحث است این گونه تبیین می‌شود که کشش نهاده‌ای محاسبه‌شده برای انرژی، در بخش صنعت و حمل و نقل بستگی مستقیم به ساختار تولیدی در بخش دارد. لذا شدت و ضعف آن نیز وابسته به ساختار بخش است، اما در مجموع اتخاذ سیاست‌های مناسب می‌تواند زمینه را برای دستیابی به هدف صرفه‌جویی در مصرف انرژی فراهم سازد، تا از مصرف بیهوده و بالای انرژی در تولید پرهیز شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده ابزار اجرایی این سیاست را می‌توان به صورت ذیل بیان کرد:

الف. سیاست افزایش موثر قیمت انرژی در کلیه بخش‌های اقتصادی،

ب. تغییر در ساختار تولید و تدوین استراتژی توسعه اقتصادی کشور،

ج. اعمال سیاست تبعیض قیمتی برای انتقال مصرف، از یک سوخت یا نهاد به

سمت سوخت یا نهاد دیگر،
د. ترکیبی از سیاست‌های فوق.

الف. سیاست افزایش موثر قیمت انرژی: همچنان که ملاحظه گردید کشش قیمتی به‌دست آمده در بخش صنعت و حمل و نقل پایین بوده و کوچکتر از یک است و این بدان معناست که تغییرات قیمت نمی‌تواند تأثیر چندانی بر مصرف انرژی داشته باشد، اما در عین حال با افزایش سطح قیمت می‌توان تاحدی مصرف انرژی را کاهش داد. منوط بر آنکه قیمت نهاده‌های جانشین تا آن حد افزایش پیدا نکنند، که این تأثیر را

خنثی نمایند. در مجموع نکات ذیل نیز قابل توجه اند:

نکته اول اینکه افزایش قیمت فراورده‌های نفتی نقش چندانی در افزایش کارایی نظام تولیدات صنعتی و کشاورزی (به‌عنوان دو بخش اصلی تولیدی در کشور) نخواهد داشت، زیرا بهبود کارایی، مستلزم تغییر در ساختار تولیدات و نوآوری و اصلاحات اساسی در نظام مدیریت تولیدی کشور است.

نکته دوم اینکه تا زمانی که کشور فاقد نظام کارآمد توزیع یارانه و اخذ مالیات باشد، هیچ سطح کاملاً عادلانه‌ای از قیمت واقعی انرژی متصور نیست و افزایش اندک سالیانه در قیمت انرژی تاثیر چندانی در کاهش مصرف آن نخواهد داشت و حتی به برخی از مشکلات معیشتی و اجتماعی جامعه دامن خواهد زد.

ب. تغییر در ساختار تولید و تدوین استراتژی توسعه اقتصادی کشور: مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور، اساساً بستگی نزدیکی به ساختار تولید در این بخش‌ها دارد. طی سالیان متمادی به‌جهت عوامل مختلف از قبیل ارزان بودن نسبی قیمت انرژی، استهلاک شدید ماشین‌آلات سرمایه‌ای انرژی‌بر، عدم وجود الگوی استاندارد مصرف انرژی در کشور و مسایل مربوط به فقر تکنولوژیکی و عدم سرمایه‌گذاری اساسی در این زمینه ساختار تولیدی در کشور به‌سمت انرژی‌بری بیشتر سوق داده شده است. در کنار این مسئله جامعه هنوز از فقدان یک استراتژی مدون، که بتواند اهداف موردنظر در بخش انرژی را با اهداف دیگر بخش‌ها در سطح کلان هماهنگ نماید، در رنج است.

ج. اتخاذ راه‌حل سوم و اعمال سیاست تبعیض قیمتی برای انتقال مصرف از یک سوخت یا نهاد، به سمت سوخت یا نهاد دیگر و همچنین توجه به سایر راه‌حل‌های فوق و قراردادن همه عوامل مؤثر در صرفه‌جویی انرژی در یک مجموعه و هماهنگ نمودن آنها باهم، می‌تواند تأثیر قابل توجهی در سیاست‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی کشور را در پی داشته باشد. اما موضوع تغییر ساختار در عین حال در یک دوره بلند مدت و با سرمایه‌گذاری‌های بالایی همراه خواهد بود.

نخست اینکه برای پاسخگویی به مصرف بالای انرژی در کشور و تجدیدنظر در روند تولید انرژی لازم است در این زمینه، ضمن مشارکت بخش خصوصی و سرمایه‌گذاری‌های

خارجی در امر تولید و اکتشاف، توجه اساسی و بیشتری بر تولید گاز طبیعی به‌عنوان سوختی تمیزتر، ارزان‌تر و فراوان‌تر در کشور صورت پذیرد. این مسئله می‌باید همراه با انتقال بخشی از مصارف حرارتی فرآورده‌های نفتی به سمت گاز طبیعی انجام پذیرد. و دوم اینکه ضمن اعمال سیاست‌های کاهش مصرف انرژی و تعیین الگوی مصرف انرژی در کشور (مطابق با آنچه که در قسمت‌های قبل نیز گفته شد) سرمایه‌گذاری در امر تولید انرژی‌های جایگزین (انرژی‌های خورشیدی، بادی، اتمی و...) نیز می‌باید انجام پذیرد. بدیهی است سرمایه‌گذاری در این زمینه با وجود منابع ارزان نفت و گاز در اولویت‌های پایین‌تری قرار دارند. لذا پیش‌بینی زمان مناسب برای استفاده از این منابع با در نظر گرفتن ملاحظات سیاست‌های، اقتصادی و امنیتی کشور و همچنین کمکی که تکنولوژی استفاده از این منابع، می‌تواند به مطالعات و تحقیقات در کشور بنماید، امری ضروری است.

فهرست منابع

- ۱- سال‌های مختلف *سالنامه آماری*، مرکز آمار ایران و حساب‌های ملی بانک مرکزی.
- ۲- برنامه و بودجه، *مجموعه اطلاعاتی سری زمانی آمار حساب‌های ملی، پولی و مالی (۷۹-۱۳۳۱)*
- ۳- *مجله مجلس و پژوهش* شماره‌های ۸، ۱۲، ۱۵، ۱۶؛ نشریه مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.
- ۴- وافی نجار، داریوش، "تحلیل اثر نهاده‌ای انرژی و تخمین تابع تولید انرژی برای ایران" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران، ۱۳۷۵
- ۵- محمدرضا رنج برفلاح، تحلیل ساختار صنعت پتروشیمی و نقش آن در توسعه اقتصادی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۷۱، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.
- ۶- بانک جهانی، گزارش فنی *استراتژی بهبود راندمان مصرف نهایی انرژی برای ایران*، ژانویه ۱۹۹۴.
- ۷- راثو میلر، *اقتصادسنجی کاربردی*، ترجمه دکتر حمید ابریشمی، چاپ اول ۱۳۷۰.
- ۸- دامودار گجراتی، *مبانی اقتصادسنجی*، ترجمه دکتر حمید ابریشمی، ۱۳۷۱. جلد دوم.
- 9- Y. Saboohi, *Model for Analysis of Demand for Energy*, university of stuttgart, 1989.
- 10- E. Berndt & D. wood, "Technology prices & The driven demand for Energy", *The Review of Economics & statistics*, PP. 259 - 68.

- 11- W. Dupre & j. west "united states energy through the year 2000", *Us Derertment of interier*, Dec. 1972.
- 12- Khaled R. "Estimtes of energy and non energy elasticities in selected manufacture", *Energy Economics*, April 1987.
- 13- M. Giffin & T Gregory, "An intecountry translog model & energy substitution Response", *American Economic Review*, 1976.
- 14- R. S. Pindyck, "interfual substitution & industrial demand for energy", *The Review of Economic & statics*, 1979.
- 15- Hudson & P. W jorgenson, "U. S. Energy policy & Economic growth", *The Bell Journal of Economics & managment science*, 5, 1974.
- 16- Robert S. Pindyck, *The structure of world Energy Demond*, 1979.
- 17- Revanker L. L., "Class of variable elasticity of substitution production function", *Econometrica*, 1971, 39,61-72.
- 18- Berndt & D. wood, "Technology prices & the derived demand for Energy", *The Review of Economics & Statistic*, PP. 259-68.
- 19- Menahem prywes, "A nested Approach to capital energy substitution", *energy economics*, january 1986.
- 20- Charles M. Friel Ph. D., *Two-Stage Least-Squares Regression (2SLS)*, Criminal Justice Center, Sam Houston State University

