فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال دهم / شماره‌ی ۴۰/ بهار ۱۳۹۳/ صفحات ۱۷۹- ۱۴۹

برآورد تابع تقاضای حامل‌های انرژی در صنایع انرژی‌بر ایران

فاضله خادم

دانشجوی دکترای اقتصاد انرژی، دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشگر مؤسسه‌ی مطالعات بین المللی انرژی **Fazehelkhadem@yahoo.com**

محمدنبی شهیکی تاش

استادیار گروه اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان
Mohammad_tash@yahoo.com

غلامعلی رحیمی*

دانشجوی دکترای اقتصاد انرژی، دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشگر مؤسسه‌ی مطالعات بین المللی انرژی **Alirahimigh2000@yahoo.com**

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۰۷

چکیده

در این پژوهش به تحلیل ساختار انرژی۱۰ صنعت انرژی‌بر (کد ۴رقمی طبقه‌بندی ISIC) زیرگروه "صنعت تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی" (کد ۲۶) و "صنعت تولید فلزات اساسی" (کد ۲۷) در دوره‌ی ۸۶-۱۳۸۲ پرداخته می‌شود. برای محاسبه‌ی کشش جانشینی بین انرژی موریشیما، کشش خود قیمتی و متقاطع میان برق خریداری شده، برق تولید شده، گاز طبیعی و گازوئیل، از تابع تجمعی ترانسلوگ و با توجه به داده‌های پانل، برای تخمین پارامتر در سیستم معادلات همزمان، از روش ISUR استفاده شده است. نتایج بررسی سهم هزینه نشان می‌دهد، مجموع سهم ۴ جزء اصلی انرژی، به طور متوسط، ۸۷ درصد از سهم هزینه‌ی انرژی را در اختیار دارند و برق خریداری شده، با داشتن سهمی معادل۶۰ درصد از هزینه‌ی انرژی، مهم‌ترین جزء انرژی به شمار می‌رود. نتایج کشش متقاطع به این شرح می‌باشد که برق خریداری شده با ۳ جزء دیگر رابطه‌ی جانشینی داشته و با توجه به کشش جانشینی بین انرژی موریشیما، قوی‌ترین رابطه‌ی جانشینی و مکملی به ترتیب میان برق خریداری شده- برق تولید شده و گاز طبیعی- برق تولید شده است.

طبقه‌بندی JEL: C32, E31, E58

کلید واژه: صنایع انرژی‌بر، تابع تجمعی ترانسلوگ، کشش خودقیمتی و متقاطع بین انرژی، کشش جانشینی بین انرژی موریشیما

---

*- نویسنده مسئول

۱- مقدمه

صنعت تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی (کد ۲۶) و صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷)، از مهم‌ترین صنایع در سطح داخلی و بین‌الملل می‌باشند. با بررسی مقادیر گزارش شده از مرکز آمار ایران، این دو صنعت در میان ۲۳ صنعت (کد۲رقمی ISIC[1])، بالاترین میزان ارزش تولیدات و هم‌چنین میزان به‌کارگیری نهاده‌های نیروی‌کار، سرمایه، مواد اولیه و در نهایت انرژی را در اختیار دارند. جایگاه این دو صنعت کشور، در سطح جهانی نیز قابل توجه و اساسی است، به گونه‌ای که براساس گزارش‌های وزارت صنایع، در سال‌های اخیر شاهد رشد سهم تولیدات داخلی این دو صنعت مهم، در میان تولیدات جهانی بوده‌ایم.

فرایند تولیدات این دو صنعت به گونه‌ای است که به میزان انرژی بالایی نیاز دارند. در حقیقت این مسأله از نوع ساختار این صنایع نشأت می‌گیرد. ساختار این صنایع به‌صورتی است که بیش‌تر بنگاه‌های فعال، دارای زیر ساخت‌های بزرگ و گسترده و تجهیزات بسیار سنگین هستند که برای راه‌اندازی خط تولید خود، نیاز مبرم و اساسی به نهاده‌ی انرژی در مقیاس بالا دارند. بدین‌ترتیب صنعت تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی (کد ۲۶) و صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷)، نسبت به دیگر صنایع کشور، وابستگی بیش‌تری به نهاده‌ی انرژی دارند و از این منظر، رتبه‌ی نخست مصرف انرژی را دارا می‌باشند.

نهاده‌ی انرژی دارای تنوع فراوانی است. انرژی شامل زیر شاخه‌های گوناگونی است که هر کدام از ۲۳ صنعت کد۲رقمی(طبقه‌بندی کالاها و خدمات ISIC)، بسته به نوع ساختار تولیدی خود و نوع تجهیزات کارخانه‌ای و هم‌چنین فرایند توزیع خود، تعدادی از این زیر شاخه‌های انرژی را به خدمت گرفته است و مورد بهره‌برداری قرار می‌دهد. بر اساس اطلاعات منتشر شده از سوی مرکز آمار ایران (۱۳۹۱)، نهاده‌ی انرژی در کشور به ۱۲ زیر شاخه تقسیم می‌شود که شامل نفت سفید، گازوئیل، گاز مایع، گاز طبیعی، بنزین، نفت سفید و نفت کوره، ذغال سنگ، ذغال چوب، برق خریداری شده، برق تولید شده، آب و سایر مواد سوختی می‌باشد. در میان این ۱۲ جزء انرژی، برق خریداری شده، برق تولید شده، گازوئیل و گاز طبیعی، ۴ جزء اصلی و مهم انرژی هستند، که میزان مصرف و سهم بالاتری را نسبت به دیگر اجزا دارند، به گونه‌ای که مجموع ۴ جزء

1- International Standard Industrial Classification

عنوان شده، در دو صنعت تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی (کد ۲۶) و صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷)، به طور متوسط سهمی معادل ۸۷ درصد از هزینه‌ی انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. در این تحقیق، ساختار اجزای اصلی انرژی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

بدین ترتیب در بخش ۲، پیشینه تحقیق، بخش ۳، روش تحقیق، بخش ۴، نتایج و تحلیل یافته ها و بخش ۵، نتیجه گیری و پیشنهادات ارائه می گردد.

۲- پیشینه‌ی تحقیق

چو و همکاران[1] (۲۰۰۴)، ساختار صنایع کشور کره را مورد ارزیابی قرار داده و در پژوهش خود به بررسی اجزای انرژی و محاسبه‌ی کشش آلن و کشش خود قیمتی و متقاطع بین انرژی[2] در دوره‌ی ۹۷-۱۹۸۱ پرداخته‌اند. در این تحقیق از روش زلنر برای تخمین پارامترهای تابع تجمعی ترانسلوگ[3] با ۳ نهاده‌ی برق، ذغال‌سنگ و نفت استفاده شده است. نتایج محاسبه‌ی کشش آلن و کشش متقاطع نشان می‌دهد که ۳ جزء انرژی، جانشین یکدیگر هستند.

بوسکوئت و لدوکس[4] (۲۰۰۶)، در پژوهشی به بررسی ساختار نهاده‌ی انرژی در صنایع کشور فرانسه پرداخته‌اند. آن‌ها در تحقیق خود از تابع هزینه‌ی تجمعی ترانسلوگ برای تخمین توابع تقاضای اجزای انرژی و محاسبه‌ی کشش خود قیمتی و متقاطع میان برق، نفت و گاز استفاده کرده‌اند. با توجه به داده‌های پانل، به منظور تخمین پارامترهای سیستم همزمان، از راهکار رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تکراری برده‌اند. نتایج گزارش شده‌ی کشش متقاطع، نشان از جانشین بودن برق، نفت و گاز با یکدیگر دارد.

مابوگو و همکاران[5] (۲۰۰۷)، در مقاله‌ی خود ساختار انرژی ۹ صنعت بزرگ کشور نیجریه را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در این تحقیق، از اطلاعات ۳۰ سال (۲۰۰۰-۱۹۷۰) صنایع غیر فلزی، فلزات اساسی، سازه‌های فلزی، کاغذسازی، مواد غذایی و آشامیدنی، شیمیایی، نساجی و چوب برای محاسبه‌ی کشش آلن و هم‌چنین کشش متقاطع میان

1- Cho et al
2- Inter-Fuel Substitution
3- Aggregate Translog Function
4- Bousquet and Ladoux
5- Mabugu et al

۳ جزء برق، نفت و گاز استفاده شده است. با توجه به مقادیر محاسبات کشش آلن و متقاطع، نفت و گاز، نفت و برق جانشین، گاز و برق مکمل هستند.

توتیل[1] (۲۰۰۸)، به وسیله‌ی تابع هزینه‌ی تجمعی ترانسلوگ و توابع سهم هزینه‌ی اجزای انرژی، توابع تقاضای گاز طبیعی، نفت و ذغال سنگ را استخراج و به وسیله کشش‌های جانشینی آلن و موریشیما[2] و کشش خود قیمتی و متقاطع، ساختار انرژی را در صنعت تولید برق امریکا بررسی کرده است. وی در تحقیق خود از روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط، برای تخمین پارامترهای کارا در سیستم معادلات همزمان استفاده کرده است. نتایج به‌دست آمده از تحقیق در دوره‌ی ۲۰۰۴-۱۹۹۰ به این شرح بوده است که، ذغال سنگ با سهمی معادل ۷۸ درصد، اصلی‌ترین نهاده‌ی نیروگاه برق به شمار می‌رود. با توجه به کشش آلن، موریشیما و متقاطع، ۳ جزء نهاده‌ی جانشین یکدیگر هستند و قوی‌ترین رابطه‌ی جانشینی میان گاز و نفت برقرار است.

گیبسون و همکاران[3] (۲۰۰۸)، به بررسی و تحلیل ساختار هزینه‌ی صنایع کشور چین و به طور مشخص به بررسی کشش درون نهاده‌ای انرژی در دوره‌ی ۲۰۰۴ – ۱۹۹۵ پرداخته‌اند. آن‌ها در پژوهش خود از تابع هزینه‌ی ترانسلوگ جهت استخراج توابع هزینه هر یک از نهاده‌های سرمایه‌ی نیروی‌کار و انرژی و هر یک اجزای تشکیل‌دهنده‌ی نهاده‌ی انرژی بهره برده‌اند. نهاده‌ی انرژی در صنایع چین از ۴ جزء اصلی برق، بنزین، گازوئیل و ذغال‌سنگ تشکیل شده است. همه‌ی کشش‌های جانشینی فنی آلن و قیمتی میان نهاده‌ی انرژی، سرمایه و نیروی‌کار مثبت بوده و هم‌چنین بیش‌ترین کشش جانشینی فنی و قیمتی به ترتیب مربوط به انرژی- سرمایه و انرژی- کار است. نتایج کشش بین نهاده‌ای انرژی نشان می‌دهد که ذغال‌سنگ و برق جانشین اساسی یکدیگرند و ذغال‌سنگ- گازوئیل مکمل اساسی هم می‌باشند.

سرلتیس و همکاران[4] (۲۰۱۰) به بررسی کشش بین اجزاء نهاده‌ی انرژی کشور امریکا در طی سال‌های ۲۰۰۷ - ۱۹۶۰ پرداخته‌اند. آن‌ها در پژوهش خود از تابع هزینه‌ی تجمعی ترانسلوگ برای محاسبه‌ی ۳ نوع کشش جانشینی آلن، قیمتی و موریشیما میان اجزای نهاده‌ی انرژی بهره برده‌اند. نتایج محاسبات کشش‌ها بدین‌ترتیب است که با توجه به کشش آلن و قیمتی، فراورده‌های نفتی و ذغال‌سنگ دارای رابطه‌ی

1- Tuthill
2- Inter-Fuel Morishima Elasticity of Substiotution
3- Gibson et al
4- Selertis et al

مکملی بسیار ضعیف و دیگر اجزای نهاده‌ی انرژی دارای رابطه‌ی جانشینی هستند و بر اساس کشش موریشیما، همه‌ی اجزای نهاده‌ی انرژی دارای رابطه‌ی جانشینی می‌باشند.

واستسکی و همکاران[1] (۲۰۱۱)، در پژوهش خود با هدف برآورد کشش بین نهاده‌ای انرژی، به تحلیل ساختار هزینه‌ای انرژی صنایع ۳ گروه از کشورهای پردرآمد (۶ کشور)، درآمد متوسط (۵ کشور) و کم درآمد (۴ کشور) در طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۶ پرداخته‌اند. اجزای انرژی صنایع کشورهای مورد مطالعه شامل، مشتقات نفتی، گاز طبیعی، ذغال‌سنگ و برق می‌باشد. در این تحقیق از تابع درجه‌ی دوم نرمال‌شده[2] برای محاسبه‌ی کشش در دو دوره‌ی بلندمدت و کوتاه‌مدت، میان اجزای انرژی استفاده شده است. نتایج کشش‌های جانشینی به این ترتیب بوده که در بیش‌تر موارد، مقادیر کشش‌های بلندمدت، بزرگ‌تر از مقادیر کشش‌های کوتاه‌مدت است و تفاوت معناداری میان مقادیر کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت در سطح کشورها وجود ندارد.

اسمیس و همکاران[3] (۲۰۱۲) در تحقیق خود ساختار هزینه‌ی انرژی دو صنعت بزرگ استیل و آهن کشور چین را در دوره‌ی ۲۰۰۷- ۱۹۷۸ مورد ارزیابی قرار داده‌اند. آن‌ها از تابع تجمعی ترانسلوگ به منظور محاسبه‌ی توابع سهم تقاضا و کشش‌های جانشینی میان ۴ جزء انرژی بهره بردند. نتایج حاصل از محاسبه‌ی کشش جانشینی میان ذغال-سنگ، برق، گاز طبیعی و نفت در صنایع انرژی‌بر[4] و سنگین بدین ترتیب بوده است که، تمامی اجزای انرژی جانشین یکدیگر هستند و در طول دوره‌ی مورد مطالعه، کشش جانشینی میان ذغال‌سنگ- برق و ذغال سنگ - گاز طبیعی ثابت بوده، در حالی‌که کشش جانشینی میان ذغال‌سنگ و نفت، در طی دوره رشد داشته است.

از میان پژوهش‌های داخلی، تاکنون از راهکار تابع قیمت تجمعی ترانسلوگ برای بررسی اجزای انرژی استفاده نشده و در برخی موارد، اجزای انرژی در تابع هزینه‌ی ترانسلوگ و به‌جای خود نهاده‌ی انرژی به‌کار گرفته شده است و با توجه به تخمین پارامترها، به بررسی و تحلیل کشش میان چند جزء انرژی با سایر نهاده‌ها پرداخته شده است.

صمدی و همکاران (۱۳۸۸)، به بررسی ساختار تولید و میزان استفاده از نهاده‌ها و به‌طور مشخص تخمین مصرف انرژی و هم‌چنین تحلیل رابطه‌ی کشش میان برق با

1- Vasetsky et al
2- Normalized Quadratic
3- Smyth et al
4- Energy Intensive Industries

نهاده‌های نیروی کار، سرمایه و سایر حامل‌های انرژی در بخش صنعت فلزات اساسی در دوره‌ی ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۲ پرداخته‌اند و در رهیافت پارامتریک به منظور تخمین پارامترها، از تابع هزینه‌ی ترانسلوگ و روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تکراری بهره برده‌اند. نتایج حاصل از پژوهش آن نشان می‌دهد که سرمایه و برق مکمل یکدیگر بوده و این در حالی است که سرمایه با سایر حامل‌های انرژی رابطه‌ی جانشینی دارد. بررسی کشش میان برق و سایر حامل‌های انرژی حاکی از آن است که میان برق و سایر حامل‌های انرژی رابطه‌ی جانشینی برقرار نمی‌باشد.

سهیلی (۱۳۹۱)، با هدف تعیین میزان تأثیر متغیرهای قیمت و سطح فعالیت‌های اقتصادی در تقاضای حامل‌های انرژی به بررسی نهاده‌های برق و نفت گاز در بخش کشاورزی و در دو مقطع کوتاه‌مدت و بلندمدت دوره‌ی ۸۷-۱۳۳۸ پرداخته است. نتایج حاصل از برآورد مدل‌ها نشان می‌دهد که کشش قیمتی کوتاه‌مدت و بلندمدت تقاضای برق و نفت گاز در بخش کشاورزی پایین است و هم‌چنین قدرمطلق کشش بلندمدت قیمتی و تولیدی مرتبط با برق و نفت گاز، از قدرمطلق آن‌ها در کوتاه‌مدت بیش‌تر است. تحلیل نتایج بدین صورت بوده است که در کوتاه‌مدت به‌کارگیری جایگزینی برای حامل‌های انرژی وجود ندارد ولی این مطلب در مقطع بلندمدت صدق نمی‌کند و بنگاه‌ها می‌توانند با افزایش کارایی ماشین‌آلات به تغییرات قیمت واکنش نشان دهند.

۳- روش تحقیق

تابع قیمت تجمعی ترانسلوگ و توابع سهم هزینه‌ی اجزای نهاده[1]

آن‌چه که در این پژوهش به دنبال آن هستیم، بررسی کشش‌های جانشینی و تحلیل روابط میان اجزای نهاده‌ی انرژی می‌باشد. به منظور بررسی ارتباط متقابل میان اجزای نهاده‌ی صنعت و تحلیل نوع ارتباط اجزای یک نهاده، نیاز به یک تابع هزینه‌ی اتعطاف‌پذیر و کامل می‌باشد که ارتباط میان اجزا را به خوبی به نمایش درآورد. بدین‌منظور مناسب‌ترین تابع، که با رویکرد کشش بین نهاده‌ای هم‌خوانی داشته باشد، تابع قیمت تجمعی ترانسلوگ می‌باشد. مبانی نظری تابع قیمت تجمعی ترانسلوگ توسط دایورت و والز[2] (۱۹۸۷) معرفی شده است. تابع قیمت تجمعی ترانسلوگ، تمامی مزیت‌های تابع اصلی ترانسلوگ را داراست، به عنوان مثال، علاوه بر پارامترهای

1- Inter-Factor Cost Share
2- Diewert and Wales

متغیرهای اصلی، ضرایب آثار متقابل متغیرها بر یکدیگر نیز قابل محاسبه می‌باشد. تابع تجمعی ترانسلوگ دارای انعطاف بیش‌تری نسبت به دیگر توابع تجمعی بوده و هم‌چنین از محدودیت کم‌تری نسبت به دیگر توابع برخوردار است و در عین حال می‌توان محدودیت‌های مختلفی از جمله همگنی، تقارن و دیگر محدودیت‌ها را بر این تابع آزمون کرد. تعداد پارامترهای موجود در آن به اندازه‌ای است که تمام اثرات و شاخص‌های اقتصادی از قبیل کشش‌های جانشینی آلن، موریشیما و کشش‌های خودقیمتی و متقاطع میان اجزای نهاده را می‌توان محاسبه کرد.

فرم کلی تابع قیمت تجمعی انرژی ترانسلوگ به صورت زیر می‌باشد.

$$\mathrm{LnPE} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i \mathrm{LnPE_i} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij} \mathrm{LnPE_i LnPE_j} + u$$

در رابطه‌ی بالا، P_E قیمت تجمعی نهاده‌ی انرژی، P_{E_i} قیمت هر یک از اجزای نهاده‌ی انرژی و u جزء اخلال معادله می‌باشد.

بر اساس لم شفارد، با مشتق‌گیری از تابع قیمت تجمعی انرژی ترانسلوگ، نسبت به قیمت هر یک از اجزای این نهاده، می‌توان توابع سهم هزینه‌ی اجزای انرژی را محاسبه کرد (شفارد[1]، ۱۹۷۰). فرم کلی تابع سهم تقاضای اجزای انرژی به صورت زیر بیان شده است:

$$\mathrm{SE_i} = \frac{\partial \mathrm{LnPE}}{\partial \mathrm{LnPE_i}} = \beta_i + \sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij} \mathrm{LnPE_j} + e_i \quad , \qquad i,j = 1,2,3,\dots,n$$

در رابطه‌ی بالا، S_{E_i} سهم هزینه‌ی هر یک از اجزای نهاده‌ی انرژی می‌باشد، که ازطریق لم شفارد[2] به‌دست آمده است.

نهاده‌ی انرژی صنایع دارای ۴ جزء اصلی گازوئیل، گاز طبیعی، برق خریداری شده و برق تولید شده است، بدین‌ترتیب، یک تابع قیمت تجمعی ترانسلوگ و ۴ تابع سهم هزینه خواهیم داشت. فرم تجربی تابع قیمت تجمعی ترانسلوگ و توابع هزینه‌ی اجزای نهاده‌ی انرژی به شرح ذیل می‌باشد:

1- Shephard
2- Shephard Lemma

تابع تجمعی قیمت انرژی

$$LnPE = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{4} \beta_i LnPE_i + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} \gamma_{ij} LnPE_i LnPE_j + u \quad , \quad i,j = G,N,B,P$$

تابع سهم هزینه‌ی گازوئیل (G[1])

$$SE_G = \beta_G + \gamma_{GG} LnP_G + \gamma_{GN} LnP_N + \gamma_{GB} lnP_B + \gamma_{GP} LnP_P + e_G$$

تابع سهم هزینه‌ی گاز طبیعی(N[2])

$$SE_N = \beta_N + \gamma_{NN} LnP_N + \gamma_{NG} LnP_G + \gamma_{NB} lnP_B + \gamma_{NP} LnP_P + e_N$$

تابع سهم هزینه‌ی برق خریداری شده (B[3])

$$SE_B = \beta_B + \gamma_{BB} LnP_B + \gamma_{BG} LnP_G + \gamma_{BN} lnP_N + \gamma_{BP} LnP_P + e_B$$

تابع سهم هزینه‌ی برق تولید شده (P[4])

$$SE_P = \beta_P + \gamma_{PP} LnP_P + \gamma_{PG} LnP_G + \gamma_{PN} lnP_N + \gamma_{PB} LnP_B + e_p$$

در روابط بالا، G: گازوئیل، N: گاز طبیعی، B: برق خریداری شده، P: برق تولید شده می‌باشد.

به منظور تخمین پارامترهای سیستم معادلات و به منظور تأمین شرط تابع تجمعی هزینه‌ی نرمال و خوش‌رفتار، دو شرط تقارن و همگنی از درجه‌ی یک در قیمت اجزای نهاده بر تابع تجمعی هزینه اعمال می‌شود.

شرط همگنی:

$$\sum_{i=1}^{4} \beta_i = 1 \quad , \quad \sum_{j=1}^{4} \gamma_{ij} = \sum_{i=1}^{4} \gamma_{ji} = 0 \quad , \quad i,j = G,N,B,P$$

شرط تقارن:

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji} \quad , \quad i,j = G,N,B,P$$

با اعمال محدودیت (شرط) تقارن، تعداد پارامترهای سیستم معادلات همزمان، از ۲۱ عدد به ۱۵ عدد کاهش پیدا می‌کند.

1- Gasoline
2- Natural Gas
3- Bought Electricity
4- Produced Electricity

مجموع سهم هزینه‌ی نهاده‌ها برابر با یک می‌باشد، برآورد سیستم معادلات در حالت عادی موجب صفر شدن ماتریس واریانس- کوواریانس اجزاء اخلال می‌شود، بنابراین یکی از معادلات سهم هزینه‌ی اجزای نهاده حذف شده و تمامی معادلات تابع تجمعی و سهم تقاضای اجزای نهاده، بر حسب قیمت جزء نهاده‌ای که معادله‌ی سهم آن حذف شده است، نرمال می‌شوند. با توجه به آزمون‌های سنجی، بهترین برآورد با حذف معادله‌ی سهم تقاضای گاز طبیعی به‌دست می‌آید. بدین‌ترتیب تعداد معادلات از ۵ معادله به ۴ معادله کاهش پیدا می‌کند. روابط تابع تجمعی ترانسلوگ و ۳ تابع سهم هزینه‌ی اجزای نهاده‌ی انرژی، پس از حذف تابع سهم هزینه‌ی گاز طبیعی، به صورت زیر می‌باشد:

تابع تجمعی قیمت انرژی

$$\mathrm{LnPE} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{3} \beta_i \mathrm{Ln}\left(\frac{\mathrm{PE_i}}{\mathrm{P_N}}\right) + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} \gamma_{ij} \mathrm{Ln}\left(\frac{\mathrm{PE_i}}{\mathrm{P_N}}\right)\mathrm{Ln}\left(\frac{\mathrm{PE_j}}{\mathrm{P_N}}\right) + u \quad , \quad i,j = G,B,P$$

تابع سهم هزینه‌ی گازوئیل (G)

$$\mathrm{SE_G} = \beta_G + \gamma_{GG}\mathrm{Ln}\left(\frac{\mathrm{P_G}}{\mathrm{P_N}}\right) + \gamma_{GB}\ln\left(\frac{\mathrm{P_B}}{\mathrm{P_N}}\right) + \gamma_{GP}\mathrm{Ln}\left(\frac{\mathrm{P_P}}{\mathrm{P_N}}\right) + e_G$$

تابع سهم هزینه‌ی برق خریداری شده (B)

$$\mathrm{SE_B} = \beta_B + \gamma_{BB}\mathrm{Ln}\left(\frac{\mathrm{P_B}}{\mathrm{P_N}}\right) + \gamma_{BG}\mathrm{Ln}\left(\frac{\mathrm{P_G}}{\mathrm{P_N}}\right) + \gamma_{BP}\mathrm{Ln}\left(\frac{\mathrm{P_P}}{\mathrm{P_N}}\right) + e_B$$

تابع سهم هزینه‌ی برق تولید شده (P)

$$\mathrm{SE_P} = \beta_P + \gamma_{PP}\mathrm{Ln}\left(\frac{\mathrm{P_P}}{\mathrm{P_N}}\right) + \gamma_{PG}\mathrm{Ln}\left(\frac{\mathrm{P_G}}{\mathrm{P_N}}\right) + \gamma_{PB}\mathrm{Ln}\left(\frac{\mathrm{P_B}}{\mathrm{P_N}}\right) + e_P$$

با توجه به حذف تابع سهم (هزینه) تقاضای گار طبیعی از توابع سیستم معادلات، تعداد پارامترهای سیستم معادلات از ۱۵ پارامتر به ۱۰ پارامتر کاهش پیدا می‌کند.

قیمت اجزای انرژی ($\mathrm{PE_i}$): شاخص قیمت سوخت و اجزای انرژی از طریق تقسیم کل هزینه‌های صرف شده برای منابع سوخت انرژی بر مقدار فیزیکی این منابع حاصل می‌شود. به گزارش مرکز آمار ایران، انرژی و منابع سوختی به کار رفته در تمامی صنایع کشور به ترتیب شامل برق، آب، نفت سفید، گازوئیل، گاز طبیعی، گاز مایع، بنزین، ذغال سنگ و ذغال چوب می‌باشد. از آن‌جایی‌که هر یک از مقادیر فیزیکی حامل‌های انرژی و سوخت بر حسب واحدهای مختلف بیان می‌شوند، برای محاسبه‌ی قیمت واحد اجزای انرژی، باید هزینه‌ی کل اختصاص یافته برای هر یک از اجزا را به کل مقدار

فیزیکی تقسیم کرد. با توجه به گزارش مرکز آمار ایران، واحد محاسبه‌ی مقدار و حجم برق مصرفی، کیلو وات ساعت، گاز طبیعی، بر اساس متر مکعب و گازوئیل با لیتر می‌باشد. در روابط زیر، نحوه‌ی محاسبه‌ی قیمت واحد اجزای اصلی شرح داده شده است:

$$P_E = \frac{\text{کل هزینه‌ی برق‌های خریداری شده و تولید شده}}{\text{مقدار فیزیکی برق خریداری شده و تولید شده (واحد کیلو وات ساعت)}}$$

قیمت واحد گاز طبیعی

$$P_N = \frac{\text{کل هزینه‌ی گازهای طبیعی}}{\text{مقدار فیزیکی گاز طبیعی (واحد متر مکعب)}}$$

قیمت واحد گازوئیل

$$P_G = \frac{\text{کل هزینه‌ی گازوئیل‌های}}{\text{مقدار فیزیکی گازوئیل (واحد لیتر)}}$$

روش تخمین پارامترها

افزایش کارایی تخمین پارامترها، معادله‌ی تابع تجمعی ترانسلوگ و معادلات سهم هزینه‌ی اجزای نهاده، با عنوان سیستم معادلات همزمان با یکدیگر و به روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تخمین زده می‌شوند، زیرا اولا هریک از معادلات سهم هزینه دارای پارامترهای یکسانی با معادله‌ی تجمعی می‌باشند، ثانیا معادلات سهم هزینه‌ی اجزای نهاده از معادله‌ی تابع تجمعی استخراج شده‌اند و اجزاء اخلال معادلات سهم هزینه با جزء اخلال تابع تجمعی در ارتباط می‌باشند. برای حل مشکل خودهمبستگی در الگوی سیستمی به ظاهر غیرمرتبط، روش SURE [1] به گونه‌ای می‌باشد که ارتباط بین اجزاء اخلال را در نظر گرفته و شرط حداقل واریانس را برای تأمین کارایی پارامترها برآورده می‌کند. (زلنر[2]، ۱۹۶۲). روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط (SURE) که به روش زلنر معروف است در شرایطی استفاده می‌شود که رگرسیون‌ها هیچ ارتباط ظاهری با یکدیگر ندارند، ولی میان اجزای اخلال ارتباط وجود

1- Seemingly Unrelated Regressions
2- Zellner

دارد. در رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط به‌جـای مـاتریس $\Gamma=\begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \cdots & \gamma_{1G} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \cdots & \gamma_{2G} \\ . & . & \cdots & . \\ \gamma_{G1} & \gamma_{G2} & \cdots & \gamma_{GG} \end{bmatrix}$

در سیستم معادلات $\Gamma Y_t+BX_t=\varepsilon_t$، ماتریس $\Gamma=\begin{bmatrix} \gamma_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \gamma_{22} & \dots & 0 \\ . & . & \dots & . \\ 0 & 0 & \dots & \gamma_{GG} \end{bmatrix}$ ، قطری است.

با توجه به ماتریس Γ تعریف شده، می‌توان نتیجه گرفت که ویژگی سیستم معادله‌ی طراحی شده بر این اساس به گونه‌ای است که در هـر معادلـه تنهـا یـک متغیـر درون‌زا ظاهر می‌شود و در واقع یـک الگـوی هـم‌زمـان در اختیـار نـداریم، بلکـه مجموعـه‌ای از معادلات به ظاهر نامرتبط داریم (زلنر، ۱۹۶۲). با توجه به دسترسی داده‌های ۵ سـال از ۱۰ صنعت کد ۴رقمی ISIC، روش برآورد سیستمی رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط، در حالـت دسترسـی بـه داده‌هـای پانـل متـوازن، رگرسـیون‌هـای بـه ظـاهر نـامرتبط تکراری(ISUR[1]) می‌باشد و تخمین مدل سیسـتمی در نـرم افـزار **Eviews** انجـام گرفتـه است. از آن‌جا که مجموع سهم هزینه‌ها از کل هزینه‌ی تولید، برابـر بـا یـک مـی‌باشـد، برآورد سیستم معادلات در حالت عادی موجب صفر شدن ماتریس واریانس- کوواریانس اجزاء اخلال می‌شود و این مسأله مشکل هم‌خطی کامـل را ایجـاد مـی‌کنـد. بـه منظـور جلوگیری از بروز ایـن مشـکل در تخمـین سیسـتم معـادلات، یکـی از معـادلات سـهم هزینه‌ی نهاده حذف شده و معادلات تابع هزینه و سهم هزینه‌ی نهاده، بر حسب قیمـت نهاده‌ای که معادله‌ی سهم آن حذف شده است، نرمال می‌شوند (زلنر، ۱۹۶۲).

کشش خودقیمتی و متقاطع بین نهاده‌ای[2]

کشش خود قیمتی و متقاطع بین نهاده‌ای، اثـرات ناشـی از تغییـرات قیمـت اجـزای نهاده (با فرض ثبات قیمت تجمعی نهاده)، بر روی مقدار خود اجـزا، و یـا تغییـر مقـادیر دیگر اجزا را اندازه‌گیری می‌کند. اگر مقدار کشش متقاطع بین نهاده‌ای میان جفت جزء، مثبت (منفی) شود، اجزای مورد نظر جانشین (مکمل) یکدیگرند. با توجه به کشش خود

1- Iterative Seemingly Unrelated Regressions
2- Inter-Factor Own-Cross Price Elasticity

قیمتی بین نهاده‌ای، چنان‌چه قیمت یکی از اجزای نهاده افزایش یابد، باید مقدار جزء مورد نظر کاهش پیدا کند، تا سطح تولید بنگاه ثابت باقی بماند. روابط ریاضی کشش خود قیمتی و متقاطع بین نهاده‌ای به شرح زیر می‌باشد:

رابطه‌ی کلی کشش قیمتی به صورت زیر است:

$$\varepsilon_{ij} = \left.\frac{\partial \mathrm{LnX_i}}{\partial \mathrm{LnPE_i}}\right|_{\mathrm{dPE=0}}$$

در رابطه‌ی بالا PE معادل با قیمت هر یک از اجزای انرژی و X_i مقدار مصرف هر یک از اجزای انرژی می‌باشد.

بر اساس لم شفارد داریم:

$$\varepsilon_{ij}=\frac{\mathrm{PE_j C_{ij}}}{\mathrm{C_i}} \quad , \quad \mathrm{C_{ij}}=\frac{\partial^2 \mathrm{LnPE}}{\partial \mathrm{LnPE_i} \partial \mathrm{LnPE_j}} \quad , \mathrm{C_i}=\frac{\partial \mathrm{LnPE}}{\partial \mathrm{LnPE_i}} \quad , \quad \mathrm{i,j=1,2,3, \ldots,n}$$

در رابطه‌ی بالا، C تابع هزینه‌ی تجمعی ترانسلوگ، C_i مشتق اول تابع هزینه‌ی تجمعی نسبت به نهاده‌ی i، C_{ij} مشتق جزئی اول و دوم تابع هزینه‌ی تجمعی ترانسلوگ نسبت به اجزای j, i.

با در نظر گرفتن تابع هزینه‌ی تجمعی ترانسلوگ، روابط کشش خود قیمتی و متقاطع بین انرژی به صورت زیر می‌باشد:

کشش خود قیمتی اجزای نهاده‌ی انرژی.

$$\varepsilon_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + \mathrm{SE_i^2} - \mathrm{SE_i}}{\mathrm{SE_i}} \quad , \quad \mathrm{i = G, N, B, P}$$

کشش متقاطع بین اجزای نهاده‌ی انرژی.

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\gamma_{ij} + \mathrm{SE_i SE_j}}{\mathrm{SE_i}} \quad , \quad \mathrm{i \neq j} \quad , \quad \mathrm{i, j = G, N, B, P}$$

در رابطه‌ی بالا SE معرف مقدار سهم هزینه‌ی هر یک اجزای انرژی از کل هزینه‌ی انرژی صنایع می‌باشد. با توجه به رابطه‌ی کشش خود قیمتی و متقاطع، هرچه سهم هزینه‌ی اجزای انرژی که قیمت آن دچار تغییر شده، بیش‌تر باشد، اثرات تقاطعی و خودقیمتی بین نهاده‌ای شدیدتر می‌شود. به طور خلاصه، هر کدام از اجزای نهاده که قیمت آن دستخوش تغییر می‌شود، چنان‌چه سهم هزینه‌ی بالایی داشته باشد، دیگر اجزا، جانشین یا مکمل بهتری برای جزء نهاده‌ی مورد نظر می‌باشند.

کشش جانشینی فنی بین نهاده‌ای موریشیما

کشش موریشیما، درصد تغییرات در نسبت مقدار ۲ جزء نهاده، به ۱ درصد تغییرات در نسبت قیمت همان جفت جزء را محاسبه می‌کند. کشش جانشینی فنی موریشیما توسط موریشیما (۱۹۶۷) معرفی شده و در ادامه توسط چمبرز[1] (۱۹۸۸) بسط یافته است. کشش جانشینی موریشیما قادر است اطلاعات کاملی از مقایسه‌ی ایستا، تغییرات روابط فنی میان سهم اجزای نهاده‌ها در واکنش به تغییرات در نسبت قیمت اجزای نهاده‌ها ارائه دهد. یکی از مزایای مهم کشش موریشیما نسبت به دیگر کشش‌های جانشینی فنی بین نهاده‌ای، در نظر گرفتن سهم هر کدام از اجزای نهاده به طور مناسب، در روابط محاسباتی کشش می‌باشد. ضرب سهم اجزای نهاده در رابطه‌ی کشش موریشیما، موجب می‌شود که رابطه‌ی کشش فنی به نحو صحیح و درست محاسبه شود و دچار تورش در محاسبه‌ی کشش جانشینی فنی نشود. (بلکوربی و روسل[2]، ۱۹۸۹)

چنان‌چه از نسبت سطح بهینه‌ی جزء نهاده‌ی i نسبت به جزء نهاده‌ی j لگاریتم گرفته شود داریم:

$$\mathrm{Log}\left(\frac{X_i}{X_j}\right) = \mathrm{Log}\left(\frac{C_i(PE_i)}{C_j(PE_j)}\right)$$

حال با توجه به رابطه‌ی بالا و لم شفارد، می‌توان اثرات درصد تغییر در قیمت جزء نهاده‌ی i (PE_i) بر روی مقدار نسبی $\frac{i}{j}$ (با فرض ثابت بودن قیمت نهاده‌ی j (P_j)) را به صورت رابطه‌ی کشش موریشیما به نمایش درآورد:

$$M_{ij} = \delta_{ij}^{m} = \frac{PE_i C_{ij}(PE_j)}{C_j(PE_j)} - \frac{PE_i C_{ii}(PE_j)}{C_i(PE_j)}$$

تغییر قیمت جزء i، ۲ اثر متفاوت بر روی مقدار نسبی $\frac{i}{j}$ بر جای می‌گذارد: نخست موجب تغییر در مقدار جزء i شده و در مرحله‌ی بعد، اثرات تقاطعی بر روی جزء j دارد. آن‌چه که کشش موریشیما به بررسی آن می‌پردازد، در حقیقت اثر متقابل خالص است، به دلیل آن‌که، اثرات خود قیمتی را از اثرات متقاطع حذف می‌کند. (چمبرز، ۱۹۸۸)

$$\delta_{ij}^{m} = \varepsilon_{ji} - \varepsilon_{ii} \quad , \quad i \neq j , \quad i, j = G, N, B, P$$

1- Chambers
2- Blackorby and Russell

$$\delta_{ji}^{m} = \varepsilon_{ij} - \varepsilon_{jj} \quad , \quad i \neq j , \quad i,j = G,N,B,P$$

در روابط فوق، ε_{ii} کشش خودقیمتی نهاده‌ی i و ε_{ij} کشش متقاطع میان نهاده‌ی i و j.

$\delta_{ij}^{m} \succ 0$: دو جزء i و j جانشین فنی یکدیگرند و افزایش در قیمت جزء i (افزایش در قیمت نسبی $\frac{i}{j}$، با فرض ثبات در قیمت جزء j)، موجب افزایش مقدار نسبی $\frac{j}{i}$ می‌شود.

$\delta_{ij}^{m} \prec 0$: دو جزء i و j مکمل فنی یکدیگرند و افزایش در قیمت جزء i (افزایش در قیمت نسبی $\frac{i}{j}$، با فرض ثبات در قیمت جزء j)، موجب کاهش مقدار نسبی $\frac{j}{i}$ می‌شود.

۴- نتایج و تحلیل یافته ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، شامل ۱۰ گروه داده‌ی آماری از هزینه، مقدار، قیمت اجزای نهاده‌ی انرژی و قیمت انرژی صنایع زیرگروه کد ۲۶ و ۲۷ (صنایع انرژی‌بر[1])، در دوره‌ی ۸۶-۱۳۸۲ می‌باشد. تمامی این داده‌ها از مرکز آمار ایران (۱۳۹۱) گردآوری شده است.

اطلاعات ۱۰ صنعت مورد بررسی در قالب کد و توضیحات بر اساس طبقه‌بندی کالاها و خدمات (ISIC)، در جدول ۱ آورده شده است. صنایع مورد مطالعه شامل ۵ صنعت با کدهای ۴ رقمی ۲۶۹۱، ۲۶۹۲، ۲۶۹۴، ۲۶۹۵و ۲۶۹۹ که زیر گروه صنعت تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی (کد ۲۶) و هم‌چنین ۵ صنعت با کدهای ۴ رقمی۲۷۱۰، ۲۷۲۱، ۲۷۲۳، ۲۷۳۱ و ۲۷۳۲ که زیر گروه صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷) می‌باشند. صنایع تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی و صنعت تولید فلزات اساسی از صنایع سنگین کشور می‌باشد و سهم بالایی از تولید و فروش در میان دیگر صنایع را در اختیار دارند. از دیگر ویژگی‌های این صنایع می‌توان به مصرف بالای انرژی نسبت به دیگر صنایع فعال در کشور اشاره کرد.

1- Energy Intensive Industries

جدول ۱- صنایع زیر گروه ۲ صنعت کد ۲۶ و ۲۷ در طبقه‌بندی کالاها و خدمات (ISIC)

کد ۲رقمی	کد ۳رقمی	کد ۴رقمی	شرح
۲۶			**تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی**
	۲۶۹		تولید محصولات کانی غیر فلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر
		۲۶۹۱	تولید کالاهای سرامیکی غیرنسوز غیرساختمانی
		۲۶۹۲	تولید محصولات سرامیکی نسوز – عایق حرارت
		۲۶۹۴	تولید سیمان، آهک و گچ
		۲۶۹۵	تولید محصولات ساخته شده از بتن، سیمان و گچ
		۲۶۹۹	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی طبقه‌بندی‌نشده در جای دیگر
۲۷			**تولید فلزات اساسی**
	۲۷۱		تولید محصولات اولیه‌ی آهن و فولاد
		۲۷۱۰	تولید محصولات اولیه‌ی آهن و فولاد
	۲۷۲		تولید فلزات اساسی گران‌بها و فلزات اساسی غیرآهنی
		۲۷۲۱	تولید محصولات اساسی مسی
		۲۷۲۳	تولید فلزات گران‌بها و سایر محصولات اساسی- به‌جز آهن، فولاد، مس و آلومینیوم
	۲۷۳		ریخته‌گری فولاد
		۲۷۳۱	ریخته‌گری آهن و فولاد
		۲۷۳۲	ریخته‌گری فلزات غیرآهنی

ماخذ: مرکز آمار ایران (۱۳۹۱)

اهمیت و جایگاه ۱۰ صنعت انرژی‌بر در میان صنایع کشور

اطلاعات میزان انرژی‌بری صنعت تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی (کد ۲۶) و صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷) در جدول ۲ گزارش شده است. با توجه به مقادیر جدول، ۱۰ صنعت اساسی و انرژی‌بر کشور، در مجموع ۳۹. ۹۲ درصد از انرژی کشور را به خود اختصاص داده‌اند، که بیش از یک سوم میزان انرژی مصرفی کشور در اختیار تنها ۱۰ صنعت قرار دارد. از منظر و دیدگاه میزان انرژی‌بری، صنایع مورد مطالعه از صنایع مهم و اساسی می‌باشند. میزان مصرف انرژی در میان این ۱۰ صنعت تقریبا متفاوت می‌باشد، به گونه‌ای که دو صنعت تولید محصولات اولیه‌ی آهن و فولاد (کد۲۷۱۰) و تولید سیمان، آهک و گچ (کد۲۶۹۴)، با میزان سهم انرژی‌بری ۲۳ و ۱۱ درصد، بزرگ‌ترین سهم مصرف انرژی را به ترتیب در میان صنعت تولید فلزات اساسی(کد ۲۷) و صنعت تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی(کد ۲۶) به خود اختصاص داده‌اند. در مجموع میزان انرژی‌بری صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷)

به‌میزان ۱۹. ۷۹ درصد از صنعت تولید سایر کانی‌های غیر فلزی (کد ۲۶) بیش‌تر می‌باشد.

جدول ۲- درصد سهم مصرف نهاده‌ی انرژی در صنایع انرژی‌بر در دوره‌ی ۸۷-۱۳۷۵

کد صنعت	نام صنعت	سهم انرژی	کد صنعت	نام صنعت	سهم انرژی
۲۶۹۱	کالاهای سرامیکی غیرنسوز	۰/۴۶*	**۲۷۲۳**	فلزات گران‌بها و سایر محصولات اساسی	۰/۷۵
۲۶۹۲	محصولات سرامیکی نسوز	۰/۲۳	**۲۷۳۱**	ریخته‌گری آهن و فولاد	۰/۸۲
۲۶۹۴	سیمان، آهک و گچ	۱۱	**۲۷۳۲**	ریخته‌گری فلزات غیرآهنی	۰/۱۴
۲۶۹۵	محصولات از بتن، سیمان و گچ	۰/۶۳	**۲۶**	سایر محصولات کانی غیر فلزی	۱۳/۳۵
۲۶۹۹	سایر محصولات کانی غیر فلزی	۱/۰۳	**۲۷**	تولید فلزات اساسی	۳۳/۱۴
۲۷۱۰	محصولات اولیه‌ی آهن و فولاد	۲۳/۰۲	**۱۰ صنعت**	-	۳۹/۹۲
۲۷۲۱	محصولات اساسی مسی	۰/۸۶			

ماخذ: مرکز آمار ایران (۱۳۹۱)

(*) واحد محاسبه: درصد

سهم هزینه‌ی هر یک از اجزای نهاده‌ی انرژی

اجزای مهم و اصلی انرژی شامل ۴ جزء بوده که به ترتیب درجه‌ی اهمیت شامل برق خریداری شده، گاز طبیعی، گازوئیل و برق خریداری شده می‌باشد. جدول ۳، به تحلیل سهم هر یک از این اجزا پرداخته است. آن‌چه که از این جدول برداشت می‌شود آن است که برق خریداری شده با متوسط سهمی معادل ۶۰ درصد هزینه‌ی انرژی، بیش‌ترین سهم هزینه‌ی انرژی را داشته و برق تولید شده توسط صنایع مورد مطالعه، با داشتن سهمی برابر با ۵ درصد از هزینه‌ی انرژی، کم‌ترین سهم را در بین ۴ جزء اصلی انرژی داراست. گاز طبیعی و گازوئیل از درجه‌ی اهمیت کم‌تری نسبت به برق خریداری شده برخوردار هستند و به ترتیب با داشتن سهم هزینه‌ی انرژی برابر با ۱۴ و ۸ درصد، جایگاه دوم و سوم را در اختیار دارند. آن‌چه که نتیجه می‌شود این است که در فرایند تولید ۱۰ صنعت، که از بزرگ‌ترین صنایع، از منظر میزان مصرف انرژی به شمار می‌روند، به طور متوسط بیش‌ترین مبلغ اختصاص داده شده برای نهاده‌ی انرژی، صرف هزینه‌ی خریداری برق می‌شود و برق خریداری شده مهم‌ترین جزء انرژی به حساب می‌آید.

درجه‌ی اهمیت برق خریداری شده در میان ۴ جزء اصلی، با توجه به نوع ساختار صنایع مختلف، متفاوت می‌باشد، ولی همواره هزینه‌ی صرف شده برای خریدن برق، اصلی‌ترین هزینه‌ی تولید مربوط به انرژی است. به منظور بررسی ساختار مصرف انرژی در صنایع کد ۲۶و ۲۷، محاسبه‌ی سهم هزینه‌ی ۴ بخش مهم انرژی، علاوه بر متوسط صنایع، به تفکیک کد ۲۶ و ۲۷، نیز انجام گرفته است. نتیجه نشان می‌دهد که صنایع زیر گروه صنعت تولید سایر کانی‌های غیر فلزی (کد ۲۶)، نسبت به صنایع فلزات اساسی (کد ۲۷)، به طور متوسط از گازوئیل و گاز طبیعی بیش‌تر و برق خریداری شده و برق تولید شده‌ی کم‌تری بهره می‌برند.

جدول ۳- سهم هریک از اجزای اصلی نهاده‌ی انرژی ۱۰ صنعت زیر گروه کد ۲۶و۲۷ در دوره‌ی ۸۶-۱۳۸۲

کد صنعت	نام صنعت	سهم گازوئیل	سهم گاز طبیعی	سهم برق خریداری شده	سهم برق تولید شده
۲۶۹۱	کالاهای سرامیکی غیرنسوز	۰/۰۵	۰/۳۰	۰/۵۱	۰/۰۱
۲۶۹۲	محصولات سرامیکی نسوز	۰/۱۴	۰/۲۸	۰/۴۱	۰/۰۲
۲۶۹۴	سیمان، آهک و گچ	۰/۰۱	۰/۲۰	۰/۵۳	۰/۰۱
۲۶۹۵	محصولات از بتن، سیمان و گچ	۰/۱۷	۰/۰۷	۰/۵۹	۰/۰۱
۲۶۹۹	سایر محصولات کانی غیر فلزی	۰/۲۴	۰/۰۴	۰/۴۸	۰/۰۳
۲۷۱۰	محصولات اولیه‌ی آهن و فولاد	۰/۰۱	۰/۲۵	۰/۶۲	۰/۱۰
۲۷۲۱	محصولات اساسی مسی	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۴۳	۰/۲۶
۲۷۲۳	فلزات گران‌بها و سایر محصولات	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۸۳	۰/۰۴
۲۷۳۱	ریخته‌گری آهن و فولاد	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۸۰	۰/۰۲
۲۷۳۲	ریخته‌گری فلزات غیرآهنی	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۸۱	۰/۰۰۴
۲۶	سایر محصولات کانی غیر فلزی	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۵۰	۰/۰۲
۲۷	تولید فلزات اساسی	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۷۰	۰/۰۸
۱۰ صنعت	-	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۶۰	۰/۰۵

ماخذ: مرکز آمار ایران (۱۳۹۱)

خلاصه وضعیت سهم ۴ جزء اصلی انرژی

اطلاعات مندرج در جدول ۴، نمایش وضعیت بیش‌ترین و کم‌ترین سهم هزینه‌ای هر یک از اجزا، از هزینه‌ی اختصاص یافته به انرژی در ۱۰ صنعت زیرگروه صنایع فلزات

اساسی (کد ۲۷) و تولید سایر کانی‌های غیر فلزی (کد ۲۶) در دوره‌ی ۸۶-۱۳۸۲، می‌باشد. مقادیر گزارش شده در این جدول نشان می‌دهد که صنعت تولید فلزات گران‌بها و سایر محصولات اساسی- به‌جز آهن، فولاد، مس و آلومینیوم (کد ۲۷۲۳)، به‌ترتیب بیش‌ترین سهم برق خریداری شده (۸۳ درصد) و کوچک‌ترین سهم گازطبیعی (۱درصد) را نسبت به دیگر صنایع داراست. صنعت ریخته‌گری فلزات غیرآهنی (کد ۲۷۳۲)، سهمی بسیار ناچیز (۰/۴ درصد) از هزینه‌ی انرژی مصرفی خود را به تولید برق اختصاص داده است و در مقابل، صنعت تولید محصولات اساسی مسی (کد ۲۷۲۱)، ۲۶ درصد از هزینه‌ی انرژی را، در فرایند تولید برق مصرف کرده است. تحلیل بیش‌ترین و کم‌ترین سهم اختصاص یافته به خرید گازوئیل، نشان می‌دهد که صنعت تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر (کد ۲۶۹۹) و صنعت تولید محصولات اولیه‌ی آهن و فولاد (کد ۲۷۱۰) نسبت به دیگر صنایع، به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین هزینه را صرف خرید گازوئیل کرده‌اند. با توجه به تفاوت در مصرف نوع حامل انرژی و اختصاص سهم متفاوت به هر یک از اجزای انرژی در میان ۱۰ صنعت مورد مطالعه، دلیل مهم این مسأله را می‌توان به تفاوت در ساختار تولید و کارخانجات و نوع محصول تولیدی توسط هر صنعت نسبت داد. بر اساس این‌که هر صنعت دارای چه فرایند تولید و توزیعی می‌باشد، درجه‌ی اهمیت چهار جزء اصلی، متفاوت می‌شود.

جدول ۴- خلاصه وضعیت سهم ۴ جزء اصلی انرژی ۱۰ صنعت زیر گروه کد ۲۶و۲۷ در دوره‌ی ۸۶-۱۳۸۲

سهم نهاده	کم‌ترین سهم	کد صنعت	نام صنعت	بیش‌ترین سهم	کد صنعت	نام صنعت
گازوئیل	۰/۰۱	۲۷۱۰	محصولات اولیه‌ی آهن و فولاد	۰/۲۴	۲۶۹۹	سایر محصولات کانی غیر فلزی
گاز طبیعی	۰/۰۱	۲۷۲۳	فلزات گران‌بها و سایر محصولات	۰/۳۰	۲۶۹۱	کالاهای سرامیکی غیرنسوز
برق خریداری شده	۰/۴۱	۲۶۹۲	محصولات سرامیکی نسوز	۰/۸۳	۲۷۲۳	فلزات گران‌بها و سایر محصولات
برق تولید شده	۰/۰۰۴	۲۷۳۲	ریخته‌گری فلزات غیرآهنی	۰/۲۶	۲۷۲۱	محصولات اساسی مسی

ماخذ: مرکز آمار ایران (۱۳۹۱)

سهم اجزای اصلی انرژی، از کل هزینه‌ی انرژی

تا این‌جا نسبت به سهم هر یک از اجزای نهاده‌ی انرژی بحث شد. آن‌چه که در جدول ۵ آمده است، بررسی مجموع سهم اجزای اصلی و به دنبال آن تحلیل درجه‌ی اهمیت ۴ جزء اصلی نهاده‌ی انرژی می‌باشد. در جدول زیر، مجموع سهم ۴ جزء اصلی نهاده‌ی انرژی برای ۱۰ صنعت گردآوری شده است. به طور متوسط گازوئیل، گاز طبیعی، برق خریداری شده و برق تولید شده، ۸۷درصد از کل هزینه‌ی انرژی را در اختیار دارند، که سهم بسیار بالایی از هزینه‌ی انرژی بوده و حکایت از اساسی بودن ۴ جزء، در میان ۱۲ جزء انرژی دارد. این درجه‌ی اهمیت، در صنایع مختلف، متفاوت است و از ۷۵ درصد هزینه‌ی انرژی در صنعت تولید سیمان، آهک و گچ (کد ۲۶۹۴) تا ۹۴ درصد هزینه‌ی انرژی در صنعت ریخته‌گری فلزات غیر آهنی(کد ۲۷۳۲)، متغیر است. با مقایسه‌ی مقادیر گزارش شده برای مجموع سهم انرژی مرتبط با صنایع زیرگروه کدهای ۲۶ و ۲۷، این طور نتیجه‌گیری می‌شود که مجموع هزینه‌ی اختصاص یافته به این ۴ جزء اصلی، در صنایع کد ۲۶، کم‌تر از صنایع کد ۲۷ است. یکی از دلایل مهم این موضوع را می‌توان به هزینه‌ی کم‌تر صنعت تولید سایر کانی‌های غیر فلزی (کد ۲۶)، در ۲ بخش برق خریداری شده و برق تولید شده، نسبت به صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷) مرتبط دانست.

جدول ۵-مجموع سهم اجزای اصلی انرژی ۱۰ صنعت زیر گروه کد ۲۶و۲۷ در دوره‌ی ۸۶-۱۳۸۲

کد صنعت	نام صنعت	مجموع سهم ۴ جزء	کد صنعت	نام صنعت	مجموع سهم ۴ جزء
۲۶۹۱	کالاهای سرامیکی غیرنسوز	۰/۸۷	۲۷۲۳	فلزات گران‌بها و سایر محصولات	۰/۹۳
۲۶۹۲	محصولات سرامیکی نسوز	۰/۸۶	۲۷۳۱	ریخته‌گری آهن و فولاد	۰/۸۹
۲۶۹۴	سیمان، آهک و گچ	۰/۷۵	۲۷۳۲	ریخته‌گری فلزات غیرآهنی	۰/۹۴
۲۶۹۵	محصولات از بتن، سیمان و گچ	۰/۸۳	۲۶	سایر محصولات کانی غیر فلزی	۰/۸۲
۲۶۹۹	سایر محصولات کانی غیر فلزی	۰/۷۹	۲۷	تولید فلزات اساسی	۰/۹۱
۲۷۱۰	محصولات اولیه‌ی آهن و فولاد	۰/۹۷	۱۰ صنعت	-	۰/۸۷
۲۷۲۱	محصولات اساسی مسی	۰/۸۳			

ماخذ: یافته‌های تحقیق

تخمین پارامترهای سیستم معادلات همزمان

با توجه به این‌که داده‌های ۵ سال قابل دسترسی است، برای تخمین پارامترهای کارا (رعایت فروض سنجی کلاسیک‌ها در تخمین پارامتر) از راهکار پانل متوازن (۵ سال و ۱۰ مقطع) و روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تکراری (ISUR) استفاده شده می‌شود نتایج تخمین پارامترهای کارا در سیستم معادلات همزمان، در جدول ۶ گردآوری شده است.

جدول ۶- نتایج تخمین پارامترهای سیستم معادلات تابع قیمت تجمعی انرژی و اجزای اصلی نهاده‌ی انرژی

پارامتر	برآورد	آماره‌ی t	انحراف معیار	سطح معناداری	پارامتر	برآورد	شاخص t	انحراف معیار	سطح معناداری
α_0	۱۲/۹۱	۶/۱۴	۲/۱۰	۰/۰۰	γ_{PP}	۰/۱۱	-۳/۴۱	۰/۰۳	۰/۰۰
β_G	-۰/۶۱	-۴/۹۷	۰/۱۲	۰/۰۰	γ_{GN} *	-۰/۰۱	-۲/۶۲	۰/۰۴	
β_N *	۱/۰۱	۲/۰۹	۰/۰۴		γ_{GB}	۰/۱۱	۳/۶۱	۰/۰۳	۰/۰۰
β_B	۰/۶۲	۱۸/۹۸	۰/۰۳	۰/۰۰	γ_{GP}	-۰/۰۱	-۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۰۸
β_P	-۰/۰۲	-۰/۷۳	۰/۰۲	۰/۰۴	γ_{NB} *	۰/۰۳	۲/۰۹	۰/۰۴	
γ_{GG}	-۰/۱۰	-۲/۶۲	۰/۰۴	۰/۰۰	γ_{NP} *	-۰/۲۱	-۳/۴۱	۰/۰۳	
γ_{NN} *	۰/۱۸	۳/۳۶	۰/۰۳		γ_{BP}	۰/۳۳	۱۳/۳۶	۰/۰۲	۰/۰۰
γ_{BB}	-۰/۴۸	-۱۳/۶۲	۰/۰۳	۰/۰۰					
$\overline{R}^2$ =۰/۹۳			R^2= ۰/۹۴				D. W= ۲/۰۸		
G: گازوئیل ، N: گاز طبیعی ، B: برق خریداری شده ، P: برق تولید شده									

ماخذ: یافته‌های تحقیق

(*) همه‌ی پارامترهای تابع سهم هزینه‌ی گازطبیعی به طور غیرمستقیم محاسبه شده‌اند.

تخمین پارامترها در الگوی سیستمی به منظور جلوگیری از صفرشدن ماتریس واریانس - کوواریانس اجزای اخلال، با حذف معادله‌ی سهم هزینه‌ی گاز طبیعی انجام گرفته است (با حذف تابع سهم گاز طبیعی، برآورد مناسب‌تری از پارامترها انجام می‌شود). تعداد پارامترهای سیستم معادلات پس از حذف تابع سهم (هزینه) تقاضای گاز طبیعی برابر با ۱۰ پارامتر و تعداد مشاهدات نیز برابر با ۵۰ مشاهده (۵ سال و ۱۰ مقطع) می‌باشد. لازم به ذکر است که این تعداد مشاهده به ازای هر معادله در سیستم

معادلات می‌باشد و بر اساس این‌که ۴ معادله (تابع قیمت تجمعی انرژی، تابع سهم تقاضای گازوئیل، تابع سهم تقاضای برق تولید شده و تابع سهم تقاضای برق خریداری شده) در سیستم معادلات وجود دارد و تمامی متغیرهای مستقل در این معادلات مشترک و مشابه می‌باشد، تعداد مشاهدات کل سیستم معادلات برابر با ۲۰۰ مشاهده است. به عبارت دیگر با در نظر گرفتن متغیرهای مشترک در ۴ معادله از سیستم معادلات، تعداد مشاهدات برابر با ۲۰۰ مشاهده به ازای ۱۰ پارامتر مشترک می‌باشد و این مسأله موجب تخمین هرچه بهتر پارامترها در سیستم معادلات به ظاهر نامرتبط می‌شود.

پارامترهای معادله‌ی سهم تقاضای گاز طبیعی از روش غیرمستقیم و از طریق فرض همگنی محاسبه می‌شوند.

$$\beta_G + \beta_N + \beta_B + \beta_P = 1 \rightarrow \beta_N = 1.018167$$
$$\gamma_{GG} + \gamma_{GN} + \gamma_{GB} + \gamma_{GP} = 0 \rightarrow \gamma_{GN} = -0.007874$$
$$\gamma_{BB} + \gamma_{BG} + \gamma_{BN} + \gamma_{BP} = 0 \rightarrow \gamma_{BN} = 0.039138$$
$$\gamma_{PP} + \gamma_{PG} + \gamma_{PN} + \gamma_{PB} = 0 \rightarrow \gamma_{PN} = -0.0212615$$
$$\gamma_{NN} + \gamma_{NG} + \gamma_{NB} + \gamma_{NP} = 0 \rightarrow \gamma_{NN} = 0.181351$$

با توجه به پارامترهای تخمین زده شده به روش مستقیم و غیرمستقیم و هم‌چنین توابع استخراج شده از تابع تجمعی ترانسلوگ، توابع تقاضای اجزای نهاده‌ی انرژی محاسبه می‌شوند. روابط توابع تقاضای نهاده‌ی گازوئیل، گاز طبیعی، برق خریداری شده و برق تولید شده به صورت زیر می‌باشد:

تابع تقاضای گازوئیل (G)

$$SE_G = -0.618739 - 0.105294LnP_G - 0.007874LnP_N + 0.115065lnP_B - 0.001897LnP_P$$

تابع تقاضای برق خریداری شده (B)

$$SE_B = 0.620735 - 0.485522LnP_B + 0.115065LnP_G + 0.039138lnP_N + 0.331319LnP_P$$

تابع تقاضای برق تولید شده (P)

$$SE_P = -0.020163 - 0.116807LnP_P - 0.001897LnP_G - 0.212615lnP_N + 0.331319LnP_B$$

تابع تقاضای گاز طبیعی(N)

$$SE_N = 1.018167 + 0.181351LnP_N - 0.007874LnP_G + 0.039138lnP_B - 0.212615LnP_P$$

لازم به تذکر که ضریب قیمت گاز در معادله‌ی گاز مثبت است و دلیلی که می‌توان برای این مسأله ذکر کرد، قیمت پایین‌تر گاز نسبت به سایر اجزا در بخش صنعت و در

حقیقت این موضوع، که بنگاه در قبال افزایش قیمت گاز، با توجه به قیمت پایین‌تر این نهاده نسبت به سایر اجزای انرژی و با توجه به اساسی بودن این جزء در پروسه‌ی تولید و ضرورت بهره‌گیری از انرژی و حامل‌های اصلی انرژی به جهت راه‌اندازی کارخانه و تجهیزات تولید و توزیع و هم‌چنین سهمی که در مرحله‌ی تولید و توزیع محصولات صنایع انرژی‌بر داراست، میزان سهم نهاده‌ی گاز را با توجه به افزایش قیمت کاهش ندهد.

بر اساس قانون تقاضا، چنان‌چه قیمت نهاده افزایش پیدا کند، مقدار بهره‌گیری از نهاده کاهش پیدا می‌یابد. این مسأله در مورد نهاده‌ی انرژی تا حدودی متفاوت می‌باشد و در پاره‌ای از موارد این امکان وجود دارد که با وجود افزایش در قیمت انرژی، مقدار استفاده از انرژی کاهش پیدا نکند. جونز[1] (۱۹۹۵)، در پژوهش خود به این موضوع اشاره دارد که قانون تقاضا گاهی در مورد انرژی صدق نمی‌کند و بدین‌ترتیب با وجود افزایش قیمت در نهاده‌ی انرژی، بخش صنعت مقدار تقاضا را کاهش نمی‌دهد و در حقیقت حساسیتی نسبت به نوسان قیمت انرژی ندارد. در تحقیقی مشابه، هاروی و مارشال[2] (۱۹۹۱) نیز به همین نقض قانون تقاضا در زمینه‌ی انرژی اشاره کرده‌اند.

کشش خود قیمتی و متقاطع بین انرژی

نتایج محاسبه‌ی کشش خود قیمتی و متقاطع میان اجزای نهاده‌ی انرژی در جداول ۷ و ۸ گزارش شده است. کشش‌های خود قیمتی همگی منفی بوده و دارای علامت درست آماری می‌باشند. به عبارت دیگر، چناچه قیمت اجزای نهاده افزایش یابد، بنگاه از آن جزء نهاده کم‌تر استفاده می‌کند. مقادیر کشش متقاطع اجزای انرژی در سطح میانگین ۱۰ صنعت، برای تمامی اجزا، به غیر از مقادیر کشش متقاطع برق خریداری شده با سایر اجزا، منفی به‌دست آمده است. به مفهوم اقتصادی، برق خریداری شده با دیگر اجزا، رابطه‌ی جانشینی بین نهاده‌ای داشته و دیگر اجزای انرژی مکمل یکدیگرند. قوی‌ترین رابطه‌ی جانشینی میان برق خریداری شده و برق تولید شده وجود دارد و ضعیف‌ترین رابطه‌ی جانشینی برق خریداری شده، با گاز طبیعی مشاهده شده است، بنابراین چنان‌چه قیمت برق خریداری شده افزایش پیدا کند، برق تولید شده بهترین جانشین برای اصلی‌ترین جزء انرژی (برق خریداری شده) در صنایع انرژی‌بر به‌شمار

1- Jones
2- Harvey and Marshall

می‌رود. با توجه به مقادیر کشش به‌دست آمده، عکس این رابطه نیز صادق است، یعنی اگر هزینه‌ی تولید برق افزایش یابد، بهترین جایگزین آن (به منظور حفظ سطح تولید)، خریداری برق می‌باشد. در بیش‌تر صنایع، با تغییر قیمت هر یک از اجزای گازوئیل، گاز طبیعی و برق خریداری شده، بهترین مکمل و جانشین، برق تولیدی می‌باشد.

جدول ۷-کشش خودقیمتی و متقاطع میان اجزای اصلی انرژی ۱۰ صنعت زیر گروه کد ۲۶و۲۷ در دوره‌ی ۸۶-۱۳۸۲

G: گازوئیل N: گاز طبیعی B: برق خریداری شده P: برق تولید شده								
P_G: قیمت گازوئیل P_N: قیمت گاز طبیعی P_B: قیمت برق خریداری شده P_P: قیمت برق تولید شده								
	۲۶۹۱ (کالاهای سرامیکی غیرنسوز)				**۲۶۹۲** (محصولات سرامیکی نسوز)			
	P_G	P_N	P_B	P_P	P_G	P_N	P_B	P_P
G	-۳/۱۴	۰/۱۴	۲/۹۰	-۰/۰۳	-۱/۵۹	۰/۲۳	۱/۲۲	۰/۰۱
N	۰/۰۲	-۱۰,۰	۰/۶۴	-۰/۷۰	۰/۱۱	-۰/۰۸	۰/۵۵	-۰/۷۳
B	۰/۲۷	۰/۳۸	-۱/۴۴	۰/۶۶	۰/۴۲	۰/۳۸	-۱/۷۷	۰/۸۲
P	-۰/۱۶	-۲۳/۳۰	۳۷/۲۹	-۱۳/۹۶	۰/۰۴	-۱۱/۳۸	۱۸/۵۹	-۷/۳۹
	۲۶۹۴ (سیمان، آهک و گچ)				**۲۶۹۵** (محصولات از بتن، سیمان و گچ)			
	P_G	P_N	P_B	P_P	P_G	P_N	P_B	P_P
G	-۱۲/۶۱	-۰/۶۷	۱۳/۲۲	-۰/۲۰	-۱/۴۶	۰/۰۲	۱/۲۷	-۰/۰۱
N	-۰/۰۳	-۰/۱۱	۰/۷۲	-۱/۰۶	۰/۰۵	-۱/۸۷	۱/۱۹	-۳/۲۸
B	۰/۲۳	۰/۲۷	-۱/۳۹	۰/۶۴	۰/۳۶	۰/۱۳	-۱/۲۴	۰/۵۷
P	-۰/۱۵	-۱۸/۱۵	۲۹/۱۲	-۱۱/۰۷	-۰/۱۶	-۴۶/۶۴	۵۷/۷۸	-۲۱/۱۶
	۲۶۹۹ (سایر محصولات کانی غیر فلزی)				**۲۷۱۰** (محصولات اولیه‌ی آهن و فولاد)			
	P_G	P_N	P_B	P_P	P_G	P_N	P_B	P_P
G	-۱/۱۹	۰/۰۰۳	۰/۹۵	۰/۰۲	-۱۸/۵۸	-۱/۰۷	۱۹/۸۳	-۰/۲۲
N	۰/۰۲	-۴/۲۲	۱/۶۰	-۶/۰۵	-۰/۰۳	-۰/۰۲	۰/۷۸	-۰/۷۶
B	۰/۴۸	۰/۱۲	-۱/۵۳	۰/۷۲	۰/۱۹	۰/۳۱	-۱/۱۷	۰/۶۳
P	۰/۱۸	-۷/۶۰	۱۲/۳۷	-۵/۱۶	-۰/۰۱	-۱/۹۰	۳/۹۷	-۲/۰۸
	۲۷۲۱ (محصولات اساسی مسی)				**۲۷۲۳** (فلزات گران‌بها و سایر محصولات)			
	P_G	P_N	P_B	P_P	P_G	P_N	P_B	P_P
G	-۴/۰۱	-۰/۱۲	۳/۷۵	۰/۲۱	-۳/۰۷	-۰/۱۵	۳/۱۵	-۰/۰۰۱

G: گازوئیل N: گاز طبیعی B: برق خریداری شده P: برق تولید شده								
P_G: قیمت گازوئیل P_N: قیمت گاز طبیعی P_B: قیمت برق خریداری شده P_P: قیمت برق تولید شده								
N	-۰/۴-	-۰/۷۵	۰/۷۸	-۱/۶۶	-۱/۳۹	۶۳/۲۷	۸/۰۱	-۳۸/۹۷
B	۰/۳۰	۰/۲۰	-۱/۷۰	۱/۰۳	۰/۱۹	۰/۰۵	-۰/۷۵	۰/۴۳
P	۰/۰۳	-۰/۷۱	۱/۷۰	-۱/۱۹	-۰/۰۰۱	-۵/۷۴	۹/۷۸	-۴/۱۲
	۲۷۳۱ (ریخته‌گری آهن و فولاد)			**۲۷۳۲** (ریخته‌گری فلزات غیرآهنی)				
	P_G	P_N	P_B	P_P	P_G	P_N	P_B	P_P
G	-۴/۵۸	-۰/۲۳	۴/۷۴	-۰/۰۴	-۲/۸۱	۰/۰۷	۲/۸۵	-۰/۰۳
N	-۰/۱۵	-۳/۲۵	۱/۷۱	-۴/۹۱	-۰/۰۵	-۱/۶۴	۱/۳۶	-۳/۰۱
B	۰/۱۷	۰/۰۹	-۰/۸۱	۰/۴۴	۰/۲۰	۰/۱۲	-۰/۷۹	۰/۴۱
P	-۰/۰۵	-۹/۴۰	۱۵/۵۰	-۶/۱۶	-۰/۳۸	-۴۸/۶۰	۷۶/۶۶	-۲۷/۷۴

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج کشش خود قیمتی و متقاطع بین انرژی صنایع زیر گروه کد ۲۶ و ۲۷ (در سطح میانگین داده‌های ۱۰ صنعت)، در جدول ۸ گزارش شده است.

جدول ۸- کشش خودقیمتی و متقاطع میان اجزای اصلی انرژی صنایع زیر گروه کد ۲۶ و ۲۷ در دوره‌ی ۸۶-۱۳۸۲ (در سطح میانگین داده‌های ۱۰ صنعت)

G: گازوئیل N: گاز طبیعی B: برق خریداری شده P: برق تولید شده				
P_G: قیمت گازوئیل P_N: قیمت گاز طبیعی P_B: قیمت برق خریداری شده P_P: قیمت برق تولید شده				
	P_G	P_N	P_B	P_P
G	-۲/۲۶	۰/۰۲	۰/۲۷	۰/۰۴
N	۰/۰۴	-۰/۴۷	۰/۲۰	-۴/۱۶
B	۲/۰۶	۰/۸۹	-۱/۲۱	۷/۲۹
P	۰/۰۳	-۱/۵۱	۰/۶۰	-۳/۳۱

ماخذ: یافته‌های تحقیق

کشش جانشینی فنی بین انرژی موریشیما

نتایج محاسبات مربوط به کشش جانشینی بین نهاده‌ای انرژی موریشیما در جداول ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. در سطح متوسط داده‌های صنایع انرژی‌بر، کلیه اجزای نهاده‌ی انرژی به غیر از گاز طبیعی- برق تولید شده، دارای مقادیر کشش جانشینی فنی مثبت و در بیش‌تر موارد بزرگ‌تر از یک بوده و بر این اساس دارای رابطه‌ی جانشینی فنی قوی با یکدیگرند و این مسأله در بیش‌تر صنایع مورد مطالعه صدق می‌کند. به طور متوسط، قوی‌ترین و ضعیف‌ترین رابطه‌ی جانشینی فنی میان دو جزء انرژی، به ترتیب مربوط به رابطه‌ی فنی برق خریداری شده - برق تولید شده با مقدار کشش ۸/۵۰ درصد و گاز طبیعی- گازوئیل با مقدار کشش جانشینی موریشیما معادل با ۰/۵۱ درصد است.

لازم به ذکر است که کشش جانشینی فنی موریشیما به بررسی کشش جانشینی خالص میان نهاده‌ها می‌پردازد و اثرات خالص تغییر قیمت یک نهاده بر مقدار نهاده‌ی دیگر را محاسبه می‌کند. به عبارت دیگر با تغییر قیمت نهاده، دو اثر رخ می‌دهد، ابتدا تغییر قیمت نهاده‌ی مورد نظر موجب تغییر در میزان مصرف خود نهاده می‌گردد و در مرحله‌ی بعدی مقدار مصرف دیگر نهاده‌ها تغییر می‌کند. با در نظر گرفتن این موضوع، در کشش جانشینی فنی موریشیما، اثرات خود قیمتی از اثرات متقاطع کسر می‌گردد تا نتایج مطلوب‌تر و واقعی‌تری حاصل شود. یکی از دلایل مهم عدم تقارن کشش موریشیما نیز به همین مسأله بازمی‌گردد که با تفاضل کشش خودقیمتی از کشش متقاطع، امکان دارد که دو حالت جانشینی و مکملی برای دو نهاده‌ی یکسان رخ دهد. به‌عنوان مثال با تغییر قیمت گاز طبیعی، نهاده‌ی برق تولید شده به‌عنوان مکمل گاز طبیعی می‌باشد و در سویی دیگر با تغییر قیمت برق تولید شده، گاز طبیعی جانشین برق تولید شده توسط صنایع می‌باشد.

کشش میان اجزای اصلی انرژی در صنایع انرژی‌بر ایران، بالا بوده و این مسأله در رابطه‌ی میان برق تولید شده و برق خریداری شده به بالاترین میزان خود می‌رسد و بدین‌ترتیب در قیاس با ارتباط فنی میان ۴ جزء اصلی انرژی در صنایع انرژی‌بر، برق خریداری شده و برق تولید شده جانشین‌های فنی بهتری برای یکدیگر به شمار می‌روند. مهم‌ترین علت زمینه بالا بودن این مقدار کشش، به نوع اجزای انرژی برق تولید شده و برق خریداری شده برمی‌گردد که از نظر ساختار و نوع کاربرد بسیار شبیه به یکدیگر

می‌باشند و انتظار نیز بر آن است که این مقدار کشش در قیاس با سایر روابط بزرگ‌تر باشد.

در تعدادی از صنایع مقدار کشش محاسبه شده، بسیار بزرگ می‌باشد که مهم‌ترین دلیل آن را می‌توان به سهم ناچیز نهاده نسبت داد. در حقیقت چنان‌چه حامل انرژی دارای سهمی اندک از هزینه‌ی انرژی باشد، با افزایش قیمت آن، به‌دلیل درجه‌ی اهمیت اندک حامل انرژی مورد نظر در طی پروسه‌ی تولید، بنگاه قادر خواهد بود به‌راحتی سایر حامل‌های انرژی را جایگزین حامل انرژی مورد نظر کند و این مسأله موجب بزرگ شدن مقدار کشش جانشینی فنی می‌شود. همان‌گونه که در گذشته بررسی شد، سهم برق تولید شده و گاز طبیعی مصرفی در تعدادی از صنایع هم‌چون صنعت فلزات گران‌بها و سایر محصولات (کد ۲۷۲۳) با سهم برق تولید شده ۰/۴ درصد و هم‌چنین صنعت ریخته‌گری فلزات غیرآهنی (کد ۲۷۳۲) با سهم بسیار اندک گاز طبیعی معادل با ۰. ۵ درصد، مقدار کشش موریشیما برق و گاز طبیعی بسیار بزرگ‌تری نسبت به سایر صنایع دارا هستند، بنابراین مقدار کشش خودقیمتی، متقاطع و در نهایت کشش جانشینی فنی موریشیما به طور غیر مستقیم، به مقدار سهم هر نهاده مرتبط است.

نتایج به‌دست آمده از تحقیق انجام گرفته توسط گیبسون و همکاران (۲۰۰۸) و هم‌چنین اسمیس و همکاران (۲۰۱۲) نشان می‌دهد که مجموع کشش‌های میان اجزای انرژی مقدار کوچک‌تر از یک می‌باشد و این در حالی است که مقدار کشش در صنایع مورد مطالعه، در بیش‌تر موارد مقداری بزرگ‌تر از یک محاسبه شده است که این موضوع به ساختار و فرایند تولیدات در صنایع با سهم مصرف بسیار بالای انرژی در ایران ارتباط دارد. لازم به ذکر است که تاکنون در تحقیقات گذشته تفکیکی میان نهاده‌ی برق انجام نگرفته است و برق خریداری شده و تولید شده در قالب نهاده‌ی برق، مورد بررسی قرار گرفته است و همان‌گونه که ذکر شد، یکی از دلایل اصلی بالا بودن مقدار کشش میان این دو جزء را می‌توان مشابهت و نزدیک بودن کاربرد این دو جزء، دانست. البته بسته به ساختار صنایع، مقدار این کشش تغییر می‌کند.

در میان گروه حامل‌های انرژی، کشش‌های برق خریداری شده در قیاس با سایر اجزای انرژی بالاتر می‌باشد. همان‌گونه که در بخش‌های قبلی ذکر شد، برق خریداری شده با متوسط سهم ۶۰ درصد از کل هزینه‌ی اختصاص یافته به انرژی در صنایع انرژی‌بر، مهم‌ترین حامل انرژی به شمار می‌رود و بزرگ‌ترین سهم را نسبت به سایر حامل‌های انرژی در اختیار دارد و انتظار بر آن است که سایر نهاده‌ها جانشین قوی برای

برق خریداری شده به حساب آیند. به مفهومی دیگر، در صنایع انرژی‌بر ایران، برق خریداری شده به‌عنوان مهم‌ترین حامل انرژی به شمار می‌رود و بر این اساس شدت مصرف برق در این صنایع بسیار بالا می‌باشد و در این‌گونه صنایع که شدت مصرف نهاده‌ای خاص بالاست، سایر نهاده‌ها برای نهاده‌ای که سهم بسیار زیادی را در اختیار دارد، جانشین قوی می‌باشند. در حقیقت با تغییر قیمت بزرگ‌ترین نهاده‌ی پروسه‌ی تولید، قدرت جانشینی سایر نهاده‌ها برای نهاده‌ی مورد نظر بسیار بالا می‌رود.

در تحقیقات مشابه، کانت و ناتیال[1] (۱۹۹۷)، لی[2] (۲۰۰۹)، به بررسی کشش جانشینی میان نهاده‌ها در صنعت چوب کشور کانادا پرداخته‌اند، لازم به ذکر است که صنعت چوب‌بری، صنعتی با تکنولوژی سرمایه‌بر می‌باشد و شدت مصرف سرمایه در این صنعت بالاست. با توجه به نتیجه‌ی به‌دست آمده از این دو تحقیق، نهاده‌های تولید انرژی، مواد اولیه و نیروی‌کار، جانشین قوی برای سرمایه (مهم‌ترین نهاده‌ی تولید صنعت چوب‌بری کشور کانادا) به شمار می‌روند.

جدول ۹- کشش جاتشینی فنی موریشیما میان اجزای اصلی انرژی ۱۰ صنعت کد ۲ رقمی ۲۶و۲۷ در دوره‌ی ۸۶-۱۳۸۲

G: گازوئیل	N: گاز طبیعی	B: برق خریداری شده	P: برق تولید شده					
P_G: قیمت گازوئیل	P_N: قیمت گاز طبیعی	P_B: قیمت برق خریداری شده	P_P: قیمت برق تولید شده					
	۲۶۹۱ (کالاهای سرامیکی غیرنسوز)			**۲۶۹۲** (محصولات سرامیکی نسوز)				
	P_G	P_N	P_B	P_P	P_G	P_N	P_B	P_P
G	–	۳/۱۶	۳/۴۲	۲/۹۸	–	۱/۷۱	۲/۰۲	۱/۶۳
N	۰/۲۳	–	۰/۴۷	-۲۳/۲۰	۰/۳۱	–	۰/۴۶	-۱۱/۳۰
B	۳/۳۴	۲/۰۸	–	۳۸/۷۳	۲/۹۸	۲/۳۱	–	۲۰/۳۵
P	۱۳/۹۳	۱۳/۲۶	۱۴/۶۲	–	۷/۳۹	۶/۶۶	۸/۲۱	–
	۲۶۹۴ (سیمان، آهک و گچ)			**۲۶۹۵** (محصولات از بتن، سیمان و گچ)				
	P_G	P_N	P_B	P_P	P_G	P_N	P_B	P_P
G	–	۱۲/۵۸	۱۲/۸۳	۱۲/۴۵	–	۱/۵۰	۱/۸۲	۱/۳۰

1- Kant and Nautiyal
2- Li

G: گازوئیل N: گاز طبیعی B: برق خریداری شده P: برق تولید شده								
P_G: قیمت گازوئیل P_N: قیمت گاز طبیعی P_B: قیمت برق خریداری شده P_P: قیمت برق تولید شده								
N	-۰/۵۶	–	۰/۳۹	-۱۸/۰۴	۱/۸۹	–	۲	-۳۴/۷۶
B	۱۴/۶۱	۲/۱۲	–	۳۰/۵۱	۲/۵۱	۲/۴۳	–	۵۹/۰۲
P	۱۰/۸۷	۱۰	۱۱/۷۱	–	۲۱/۱۵	۱۷/۸۷	۲۱/۷۳	–
	۲۶۹۹ (سایر محصولات کانی غیر فلزی)			**۲۷۱۰** (محصولات اولیه‌ی آهن و فولاد)				
	P_G	P_N	P_B	P_P	P_G	P_N	P_B	P_P
G	–	۱/۲۱	۱/۶۷	۱/۳۶	–	۱۸/۵۵	۱۸/۷۷	۱۸/۵۶
N	۴/۲۳	–	۴/۳۴	-۳/۳۷	-۱/۰۵	–	۰/۳۳	-۱/۸۸
B	۲/۴۸	۳/۱۳	–	۱۳/۹۰	۲۱	۱/۹۴	–	۵/۱۳
P	۵/۱۸	-۰/۸۹	۵/۸۸	–	۱/۸۶	۱/۳۲	۲/۷۱	–
	۲۷۲۱ (محصولات اساسی مسی)			**۲۷۲۳** (فلزات گران‌بها و سایر محصولات)				
	P_G	P_N	P_B	P_P	P_G	P_N	P_B	P_P
G	–	۳/۹۷	۴/۳۱	۴/۰۳	–	۱/۶۷	۳/۲۶	۳/۰۷
N	۰/۶۳	–	۰/۹۵	۰/۰۴	۳۲/۱۲	–	۳۲/۳۲	۲۶/۵۳
B	۵/۴۵	۲/۴۸	–	۳/۴۰	۳/۹۰	۸/۷۶	–	۱۰/۵۳
P	۱/۳۹	-۰/۴۶	۲/۲۱	–	۴/۱۲	-۳۴/۸۵	۴/۵۵	–
	۲۷۳۱ (ریخته‌گری آهن و فولاد)			**۲۷۳۲** (ریخته‌گری فلزات غیرآهنی)				
	P_G	P_N	P_B	P_P	P_G	P_N	P_B	P_P
G	–	۳/۴۳	۴/۷۶	۴/۵۳	–	۲/۷۵	۳/۰۱	۲/۴۳
N	۳/۰۲	–	۳/۳۴	-۶/۱۴	۱/۵۷	–	۱/۷۶	-۴۶/۹۴
B	۵/۵۶	۲/۵۲	–	۱۶/۳۱	۳/۶۴	۲/۱۵	–	۷۷/۴۵
P	۶/۱۲	۱/۲۵	۶/۶۰	–	۲۷/۷۱	۲۴/۷۳	۲۸/۱۵	–

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج کشش جانشینی فنی موریشیما میان اجزای انرژی صنایع زیرگروه کد ۲۶ و ۲۷ (در سطح میانگین داده‌های ۱۰ صنعت)، در جدول ۱۰ گزارش شده است.

جدول ۱۰- کشش جانشینی موریشیما میان اجزای اصلی انرژی صنایع زیر گروه کد ۲۶و۲۷ در دوره‌ی ۸۶-۱۳۸۲ (در سطح میانگین داده‌های ۱۰صنعت)

G: گازوئیل	N: گاز طبیعی	B: برق خریداری شده	P: برق تولید شده
P_G: قیمت گازوئیل	P_N: قیمت گاز طبیعی	P_B: قیمت برق خریداری شده	P_P: قیمت برق تولید شده

	P_G	P_N	P_B	P_P
G	–	۰/۵۱	۳/۲۷	۳/۳۳
N	۲/۲۸	–	۲/۱۰	۱/۸۰
B	۲/۵۳	۰/۶۷	–	۳/۹۱
P	۲/۳۰	-۳/۶۹	۸/۵۰	–

ماخذ: یافته‌های تحقیق

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

در این پژوهش به بررسی ساختار انرژی در صنایع انرژی‌بر کشور پرداخته شده است. نتایج به‌دست آمده از سهم هزینه‌ی اجزای اصلی انرژی به این ترتیب است که، در سطح متوسط داده‌های ۱۰ صنعت، برق خریداری شده با ۶۰ درصد سهم هزینه‌ی انرژی، مهم‌ترین جزء انرژی به شمار می‌رود و بدین‌ترتیب، صنایع تولیدی با محوریت نیروی برق، به فعالیت تولیدی مشغول هستند. ۱۰ صنعت مورد مطالعه و بررسی با کد ۴ رقمی، در مجموع ۳۹. ۹۲ درصد از انرژی کشور را به خود اختصاص داده‌اند، که بیش از یک سوم میزان انرژی مصرفی کشور در اختیار تنها ۱۰ صنعت قرار دارد و از منظر و دیدگاه میزان انرژی‌بری، صنایع مورد مطالعه از صنایع مهم و اساسی می‌باشند. مجموع سهم گازوئیل، گاز طبیعی، برق خریداری شده و برق تولید شده، در متوسط ۱۰ صنعت برابر ۸۷ درصد هزینه‌ی تولید شده است. درجه‌ی اهمیت ۴ جزء در صنعت تولید سایر کانی‌های غیر فلزی (کد۲۶)، نسبت به صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷) کم‌تر است. نتایج کشش متقاطع به این شرح است که برق خریداری شده، با ۳ جزء دیگر رابطه‌ی جانشینی دارد. بدین ترتیب با تغییر قیمت برق خریداری شده، هریک از ۳ جزء اصلی قابلیت جانشینی با برق را دارا هستند. با توجه به کشش جانشینی بین انرژی موریشیما، قوی‌ترین رابطه‌ی جانشینی و مکملی به ترتیب میان برق خریداری شده- برق تولید شده و گاز طبیعی- برق تولید شده است.

فهرست منابع

صمدی سعید، شریفی علیمراد، احمدزاده عزیز، آزاد خانزادی. (۱۳۸۸)، "جانشینی بین نهاده‌ی انرژی با سرمایه در بخش فلزات اساسی"، مجله‌ی تحقیقات اقتصادی، دوره‌ی ۴۴، ۱۵۵- ۱۲۹.

سهیلی، کیومرث، (۱۳۹۱)، "برآورد کشش‌های قیمتی و تولیدی تقاضای نهاده‌ی انرژی در بخش کشاورزی با استفاده از الگوی فرم تصحیح خطای خودتوضیح با وقفه‌ی توزیعی"، اقتصاد کشاورزی و توسعه، دوره‌ی ۲۰، ۱۹۶-۱۷۱

Adeyemo, O, O. , Mabugo, R. , Hassan, R, H. , (2007), "Inter-fuel Substitution: the case of the Nigerian Industrial Sector", Journal of Energy in Southern Africa 18, 39-50.

Blackorby, C., Russell, R, R. (1989), "Will the Real Elasticity of Substitution Please Stand up? (A Comparison of the Allen/Uzawa and Morishima Elasticities)", The American Economic Review 79, 882-888.

Bousquet, A., Ladoux, N., (2006), "Flexible Versus Designated Technologies and Inter-fuel Substitution", Energy Economics 28, 426-443.

Cho, W, G., Nam, K. , Pagan, J, A. , (2004), "Economic Growth and Inter-factor/Inter-fuel Substitution in Korea", Energy Economics 26, 31-50.

Chambers, R, G., (1988), "Applied Production Analysis: A Dual Approach", Cambridge University Press, Cambridge, MA, 1-327.

Diewert, W, E., Wales, T, J. , (1987), "Flexible Functional Forms and Global Curvature Condition", Econometrica 55, 43-68.

Harvey, A, C., Marshall, P. , (1991), "Inter-Fuel Substitution, Technical Change and the Demand for Energy in the UK", Applied Economic 23, 1077-1086.

Jones, C, T., (1995), "A Dynamic Analysis of Interfuel Substitution in U. S. Industrial Energy Demand", Journal of Business & Economics statistics 13, 459-465.

Kant, S., Nautiyal, J. C. , (1997), "Production Structure, Factor Substitution, Technical Change, and Total Factor Productivity in the Canadian Logging Industry", Canadian Journal of Forest Research, 27 (5): 701–710.

Li, J. , (2009), "Production Structure, Input Substitution, and Total Factor Productivity Growth in the Softwood Lumber Industries in U. S. and Canadian Regions" Master Thesis, University of Toronto (Canada).

Ma, H. , Oxley, L. , Gibson, J. , Kim, B. , (2008), "China's Energy Economy: Technical Change Factor Demand and Inter-factor/Inter-fuel Substitution" Energy Economy 30, 2167-2183.

Morishima, M. , (1967), "A Few Suggestions on the Theory of Elasticity", Economic Review 16, 144 -150.

Selertis, A. , Timilsina, G, R. , Vasetsky, O. , (2010), "Inter-fuel Substitution in the United States", Energy Economics 32, 737-745.

Serletis, A. , Timilsina, G. , Vasetsky, O. (2011), "International Evidence on Aggregate Short-Run and Long-Run Substitution", Energy Economics 33, 209-216.

Shephard, R, S. , (1970), "Theory of Cost and Production Functions", Princeton University Press, Princeton, NJ.

Smyth, R. , Narayan, P, K. , Shi, H. (2012), "Inter-fuel Substitution in the Chinese Iron and Steel Sector", International Journal of Production 139, 525-532.

Tuthill, L. , (2008), "Inter-fuel Substitution and Technical Change in the U. S. Electricity Generating Industry Under the Tradable Sulphur Allowance Scheme: 1990-2004", Oxford Institute for Energy Studies, Oxford University.

Zellner, A. , (1962), "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias", Journal of the American Statistical Association 58, 977-992.