پیش‌بینی ترکیب بهینه تقاضای انواع مختلف حامل‌های انرژی در کل صنعت و هر یک از زیر بخش‌های آن طبق طبقه‌بندی آیسیک

دکتر زهرا عابدی[۱]، آبتین عطایی[۲]

چکیده

بخش انرژی به‌عنوان یکی از زیر مجموعه‌های نظام اقتصادی و اجتماعی، مسوولیت تامین تقاضای انرژی سایر بخش‌ها را بر عهده دارد. تامین این نیاز ایجاب می‌کند که بخش انرژی متناسب با تحولات تقاضای انرژی و تغییر فاکتورهای موثر در رفتار مصرف‌کنندگان، سازماندهی شود. لذا به‌منظور جلوگیری از اتلاف‌ها و یا کمبودهای کوچک بودن و یا مشکلات بزرگ بودن سطح سیستم عرضه در مقابل واحدهای مصرفی، لازم است میزان تقاضای انرژی و روند آن شبیه‌سازی و مورد مطالعه قرار گیرد.

در این مقاله تقاضای حامل‌های انرژی بخش صنعت که یکی از بخش‌های عمده مصرف‌کننده انرژی است، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. به این ترتیب که ابتدا

۱. دکتری اقتصاد، استادیار گروه مهندسی انرژی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

۲. دانشجوی دکتری، عضو هیات علمی گروه مهندسی انرژی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، abtinataie@yahoo.com

داده‌های مربوط به مصرف هفت حامل انرژی؛ گاز طبیعی، برق، بنزین، گازوئیل، نفت‌سفید، گازمایع و مازوت در زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور طبق طبقه‌بندی آیسیک دو رقمی، طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰ به یک واحد مشترک تبدیل گردیده و سپس به‌روش‌های تخمین سری‌های زمانی و داده‌های ادغام شده به ترتیب، ضرائب کشش درآمدی انرژی در کل و هر یک از زیر بخش‌های صنعت کشور، طبق طبقه‌بندی آیسیک، محاسبه می‌شود. در ادامه و با در نظر گرفتن سناریوی رشد تولید سالانه سه درصد در زیر بخش‌های صنعتی کشور، کل تقاضای انرژی صنایع تا سال ۱۴۰۰ پیش‌بینی می‌شود. در نهایت ترکیب بهینه حامل‌های انرژی مورد نیاز صنعت کشور و زیر بخش‌های آن، با ارایه سناریوهای قیمتی مناسب، به روش بیشینه‌سازی تابع مطلوبیت استون ـ گیری صنایع و حل دستگاه معادلات همزمان مربوطه، در سال ۱۴۰۰پیش‌بینی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سری‌های زمانی[1]، داده‌های ادغام شده[2]، کشش انرژی[3]، طبقه‌بندی آیسیک[4]، تابع‌مطلوبیت‌استون ـ گیری[5]، تابع بخت[6].

۱. مقدمه

بخش انرژی به عنوان سیستم عرضه‌کننده انرژی مورد نیاز برای فعالیت‌های اقتصادی سایر بخش‌ها، از اهمیت زیادی در جهت‌گیری و برنامه‌ریزی بخش‌های مختلف اقتصادی برخوردار است و به عنوان یک پارامتر تأثیرگذار در رشد و توسعه جوامع، مطرح است. این بخش برای عرضهٔ انرژی مورد نیاز، به اطلاعاتی مربوط به مقدار تقاضای انرژی بخش‌های مصرف‌کننده و رفتار مصرف‌کنندگان انرژی نیاز دارد و تا زمانی که این اطلاعات به‌طور کامل در اختیار سیستم عرضه‌کننده انرژی قرار نگیرد، نمی‌تواند پاسخگوی کامل نیاز بخش‌های مصرف‌کننده، در سطحی بهینه و اقتصادی باشد. لذا بررسی و تخمین تابع تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف جامعه، می‌تواند گامی در جهت

1. Time Series
2. Pooled Data
3. Energy Elasticity
4. ISIC
5. Stone-Geary Utility Function
6. Likelihood

بهبود وضعیت عرضه انرژی، قانونمند شدن و بهینه‌یابی سطح عرضهٔ انرژی کشور باشد. برآورد تقاضای حامل‌های انرژی و پیش‌بینی آن در کوتاه‌مدت و بلندمدت، نه تنها به برنامه‌ریزی تأمین انرژی مورد نیاز بخش‌ها کمک می‌کند، بلکه در بررسی اثرات ناشی از اعمال تصمیمات و سیاست‌های خاص انرژی نیز مفید است.

نحوه انجام این مطالعه به این ترتیب است که ابتدا داده‌های مورد نیاز مربوط به مصرف حامل‌های انرژی شامل گازطبیعی، برق، بنزین، گازوئیل، گاز مایع، مازوت، نفت‌سفید در کل و هر یک از زیر بخش‌های صنعت کشور طبق طبقه‌بندی آیسیک دو رقمی، طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰، از آمارنامه‌های موجود، تهیه و با روش مناسبی به یک واحد مشترک تبدیل می‌گردد. همچنین آمار مربوط به ارزش‌افزوده هر یک از این زیر بخش‌های نه‌گانه، طی دوره زمانی یاد شده، تهیه و با استفاده از شاخص عمده فروشی به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۶۹ تبدیل می‌شود. تعرفه‌های حامل‌های انرژی هفت‌گانه یاد شده نیز از ترازنامه‌های انرژی استخراج، و شاخص بهای نرمال شده هر یک از حامل‌های انرژی یاد شده طی این دوره زمانی به‌دست خواهد آمد. سپس با استفاده از روش‌های تخمین سری‌های زمانی و داده‌های ادغام شده، پس از محاسبات مربوط به کشش‌های درآمدی انرژی در هر یک از زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور، با فرض سناریوی رشد سالانه سه درصدی ارزش‌افزوده زیر بخش‌ها، تقاضای انرژی کل صنعت کشور و زیر بخش‌های آن تا سال ۱۴۰۰ محاسبه خواهد شد.

در پایان با در نظر گرفتن سناریوهای قیمتی مناسب و با بیشینه‌سازی تابع مطلوبیت استون ـ گیری به روش حداکثرسازی تابع بخت، ترکیب بهینه تقاضای هفت حامل انرژی برای تامین نیاز مقدار انرژی پیش‌بینی شده در سال ۱۴۰۰ مشخص می‌گردد.

۲. طبقه‌بندی مدل‌های تقاضای انرژی در صنعت

طبق تئوری رفتار بنگاه، تولیدکننده با هدف حداکثر کردن سود، برنامهٔ تولیدی را بر می‌گزیند که هزینه‌های تولید خود را به حداقل برساند. لذا بنگاه‌ها، متمایل به انتخاب دسته‌ای از نهاده‌های تولید هستند که با سطح داده شدهٔ تولید، هزینهٔ کل کمینه شود. به این ترتیب تقاضای مشتق شده نهاده‌ها، که انرژی نیز جزو آن محسوب می‌شود، به‌دست می‌آید که بستگی به سطح تولید، امکان جانشینی بین نهاده‌ها، که توسط تکنولوژی تولید تعیین می‌شود، و همچنین قیمت‌های نسبی نهاده‌ها دارد.

بطور کلی سه نوع طبقه‌بندی در مدل‌های تقاضای انرژی وجود دارد[1]:

الف. مدل‌های آماری[1]

در این نوع مدل‌ها، روند تاریخی تقاضای انرژی مطالعه می‌شود. لذا زمان، جزء عمده تعیین‌کننده در آن محسوب می‌شود. نرخ رشد، متغیر مهمی است که به اشکال مختلف ثابت، تابعی از زمان و تابعی از مصرف سوخت، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مدل‌های آماری روابط علمی بین متغیرهای فنی و اقتصادی مد نظر نیست.

ب. مدل‌های شبیه‌سازی[2]

شوک نفتی در دهۀ هفتاد میلادی، منجر به توسعۀ مدل‌های شبیه‌سازی بر پایۀ فرآیندهای فنی گردید. توسعۀ اقتصادی ـ اجتماعی و تغییرات فنی، اجزاء مهم این مدل‌ها هستند که در بخش‌های مختلف اقتصادی نظیر خانگی، صنعت و حمل‌ونقل مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در مدل‌های شبیه‌سازی، تقاضا برای انرژی مورد نیاز یا به عبارت دیگر، تقاضا برای تأمین سطحی از تولید و ارایه خدمات، تخمین زده شده و به تبع آن تقاضا برای انرژی نهایی تعیین می‌گردد. معادله‌ای که برای تخمین انرژی نهایی استفاده می‌شود، چنین است:

$$E_{f.i.t} = \sum_{j} \frac{E_{u.j.t} M_{i.j.t}}{n_{i.j.t}} \qquad (1)$$

که درآن:

$E_{f.i.t}$ = تقاضا برای انرژی نهایی دردورۀ t.

$E_{u.j.t}$ = انرژی مفید دردورۀ t.

$M_{i.j.t}$ = سهم حامل سوخت i در تأمین تقاضا برای انرژی مفید j.

$n_{i.j.t}$ = کارآیی سیستم دردورۀ t.

متغیر $E_{u.j.t}$ بر اساس سطح زندگی و تحولات اجتماعی و فنی برآورده می‌شود. بنابراین قیمت و درآمد به طور ضمنی و در چارچوب توسعۀ اقتصادی و رفاه منظور می‌گردد.

ج . مدل‌های اقتصادسنجی[3]

مدل‌های اقتصادسنجی، روش اقتصاد خرد را در پیش می‌گیرند و انرژی را به‌عنوان یک کالا و تقاضای انرژی را تابعی از قیمت‌ها (قیمت خود کالا و کالاهای جانشین) و درآمد می‌دانند که بدین ترتیب به تحلیل کشش‌های قیمتی و درآمدی پرداخته می‌شود.

1. Statistical Models
2. Simulation Models
3. Econometric Models

در کاربرد این مدل‌ها برای کشورهای در حال توسعه این مهم را که در این کشورها به‌دلیل عرضهٔ نامطلوب انرژی و نیز نبود تغییرات زیر بنایی و مصرف سوخت هرگز منعکس‌کننده تقاضای واقعی انرژی به‌خصوص در کشورهای واردکنندهٔ انرژی که با محدودیت‌هایی نظیر تأمین ارز خارجی برای واردات سوخت‌های تجاری نیز رو به‌رو هستند نبوده است؛ نباید فراموش کرد. در روستاهای کشورهای درحال توسعه، اولویت با نیازهای اولیه است، لذا مصرف و تقاضای انرژی آنان برابری نمی‌کند. خصوصاً که روستاییان بیشتر ازسوخت‌های غیرتجاری استفاده می‌کنند. بنابراین تکیه به آمار این کشورها برای ساخت مدل‌های اقتصادسنجی با خطای زیادی همراه است.

در طبقه‌بندی مذکور، مدل‌های اقتصادسنجی بیشتر رایج بوده و مطالعات تقاضای انرژی، به ویژه در بخش صنعت، عمدتاً با استفاده از این روش صورت گرفته است. این مطالعات، همانطور که در نمودار ۱ نشان داده شده است، خود به دو دستهٔ عمده تقسیم می‌شوند. تحقیقات به عمل آمده طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۳ (که مبتنی بر دو روش ذیل هستند)، صرفاً به بررسی مصرف انرژی و حامل‌های آن پرداخته و از سایر نهاده‌های تولیدی صرفنظر کرده‌اند.

شکل۱. نمودار طبقه‌بندی مدل‌های تقاضای انرژی در صنعت[1]

الف. روش اول، تنها به سطح ستانده و بدون در نظر گرفتن قیمت نهاده‌ها متمرکز است. به عنوان مثال می‌توان به مطالعات دارمشتاتر وهمکارانش[1] (۱۹۷۱)، دوپره و وست[2]،

1. Darmstadter et al.
2. Dupree and west.

موریسون وریدلینگ[1] (۱۹۶۸)، مجمع ملی انرژی[2] (۱۹۷۱)، شورای ملی نفت[3] (۱۹۷۱) و شور و همکارانش[4] (۱۹۶۰) اشاره کرد.

ب. روش دوم، ستانده و حساسیت مصرف حامل‌های انرژی به تغییر در قیمت‌ها و امکان جانشینی بین آنها منحصر شده و از قیمت‌های نهاده‌های غیرانرژی صرفنظر می‌کند. به عنوان مثال می‌توان به مطالعات باکستر، ریس[5] (۱۹۶۸) و آندرسون[6] (۱۹۷۱) اشاره کرد.

به دنبال شوک نفتی دهۀ هفتاد میلادی و افزایش شدید قیمت انرژی؛ جهت‌گیری مطالعات تغییر کرد و توجه به جانشینی انرژی با سایر عوامل معطوف شد. به علاوه تغییرات سریع در قیمت سوخت‌های منفرد، این ایده را در اذهان وارد کرد که سوخت‌های مختلف، چگونه و با چه وسعت در بخش صنعت، می‌توانند جانشین یکدیگر شوند؟ چرا که تأثیرات رشد تولید ناخالص ملی و تغییر قیمت‌های سوخت روی تقاضای انرژی در صنعت، به امکانات جانشینی با سایر عوامل تولید و امکانات جانشینی سوخت‌ها با یکدیگر بستگی دارد.

بنابراین پس از سال ۱۹۷۳، تحقیقات بیشتر روی امکانات جانشینی متمرکز شده خود به دو قسم صورت گرفته است:

I) مطالعاتی که آمار مقطعی را برای کشورهای مختلف به کار گرفتند تا تأثیرات بلندمدت را به‌دست آورند. مطالعات مزبور توسط گریفن[7]، گریگوری[8] و پیندیک[9] صورت گرفته و نتیجه آن بوده است که انرژی و سرمایه جانشین یکدیگرند.

II) مطالعاتی که داده‌های سری زمانی را برای یک کشور به کار گرفته‌اند تا به تحلیل حساسیت کوتاه مدت تقاضای انرژی بپردازند. نظیر برنت و وود[10] (۱۹۷۵) برای صنایع آمریکا، یوری[11] (۱۹۸۰)برای انگلستان، پیندیک و رتنبرگ[12] (۱۹۸۳) برای صنایع

1. Morrison and Readling.
2. National Energy Board.
3. National Petroleum Council.
4. Schurr et al.
5. Baxter and Rees.
6. Anderson.
7 . Griffin.
8. Gregory.
9 . Pindyck.
10. Berndt and wood.
11. Uri.
12. Pindyck and Rotenberg.

آمریکا، هال[1] (۱۹۸۵) برای صنایع عمدهٔ کشورهای OECD. نتیجه این بررسی‌ها حاکیست که انرژی و سرمایه هم مکمل اما، انرژی و نیروی کار جانشین هم هستند. از سایر کارهای انجام شده در این زمینه می‌توان به هادسون و جورگنون، وفوس و ماگنوس اشاره کرد.

در این مقاله توابع و مدل‌های تقاضای انرژی در زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور به‌گونه‌ای برآورد می‌شود که در دستهٔ (ب) مطالعات تقاضای انرژی جای گیرد. برای انجام دادن این کار قبل از هر چیز لازم است اطلاعات خام، جهت به‌دست‌آوردن پارامترهای مورد نیاز، اندازه‌گیری گردد. لذا در ادامه نحوه به‌دست آوردن داده‌های مورد نیاز این تحقیق ارایه می‌شود.

۳. تهیه اطلاعات مورد نیاز

همان‌طور که گفته شد، اطلاعات خام مورد نیاز این تحقیق داده‌های مربوط به قیمت حامل‌های انرژی را از قبیل گاز طبیعی، برق، بنزین، گازوئیل، نفت‌سفید، گاز مایع و مازوت و آمار مربوط به ارزش‌افزوده و مصرف حامل‌های انرژی در زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور، طبق طبقه‌بندی آیسیک دو رقمی، از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰ در برمی‌گیرد.

با به دست آمدن این داده‌های خام، به سادگی می‌توان داده های ادغام شده شاخص بهای نرمال شده حامل‌های انرژی، کل تقاضای انرژی و ارزش افزوده زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور به قیمت ثابت سال ۱۳۶۹ را طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰ محاسبه نمود.

۳-۱. اطلاعات مربوط به‌مصرف حامل‌های انرژی در صنعت کشور و زیربخش‌های آن

آمار و اطلاعات مربوط به‌مصرف حامل‌های انرژی شامل گازطبیعی، برق، نفت‌سفید، مازوت، بنزین، گازوئیل و گاز مایع، طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰، در زیر بخش‌های نه‌گانه و کل صنعت کشور، برحسب واحدهای متعارف، از آمارنامه‌های کارگاه‌های صنعتی کشور، منتشره توسط مرکز آمار ایران، استخراج گردید.

با استفاده از ضرایب تبدیل که در جدول ۱ ارایه شده است، میزان مصرف انرژی در زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور از جمع مصارف هفت حامل انرژی، طی دوره ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰، پس‌از تبدیل واحدهای‌متعارف هرحامل به‌واحد مشترک تراژول، به‌دست می‌آید. در جدول ۲ و شکل ۲، کل تقاضای انرژی فعالیت‌های صنعتی کشور برحسب تراژول و طبق کدگذاری آیسیک دو رقمی، در طول دوره زمانی مورد مطالعه، نشان داده شده است.

1. Hall.

جدول۱. ضرایب تبدیل واحدهای متعارف هریک از حامل‌های انرژی به واحد مشترک مگاژول[1]

حامل انرژی	واحد متعارف	مگاژول(MJ)
۱. انرژی الکتریکی	kwh	۳/۶
۲. گاز طبیعی	m^3	۳۷/۹
۳. گاز مایع	kg	۴۷/۲
۴. بنزین	lit	۳۳/۸
۵. سوخت جت	lit	۳۶/۳
۶. نفت سفید	lit	۳۶/۳
۷. نفت گاز (گازوئیل)	lit	۳۷/۹
۸. نفت کوره (مازوت)	lit	۳۹/۸
۹. ذغال سنگ	kg	۲۸/۰

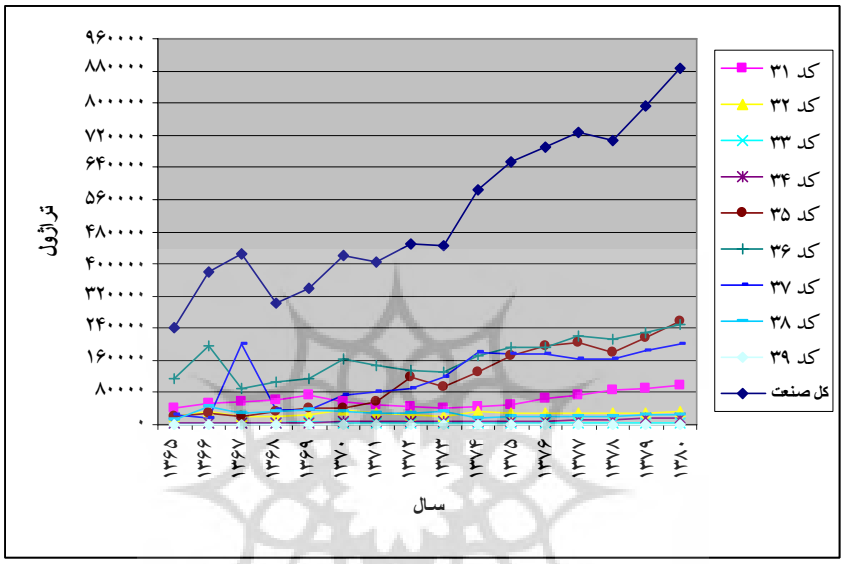
جدول ۲. تقاضای انرژی زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور بر حسب تراژول، طبق طبقه بندی آیسیک دو رقمی فعالیت‌های صنعتی

(ماخذ: محاسبات محققین)

کل صنعت	کد۳۹	کد۳۸	کد۳۷	کد۳۶	کد۳۵	کد۳۴	کد۳۳	کد۳۲	کد۳۱	سال
۲۳۹۹۲۳	۱۲۴/۳	۱۲۴۲۳/۶	۲۳۸۲۴/۵	۱۱۵۱۵۲/۴	۲۲۳۸۷/۸	۲۷۹۱/۱	۲۷۲۴/۹	۱۹۱۷۳/۶	۴۱۳۲۰/۶	۱۳۶۵
۳۸۰۱۰۸	۶۹۹/۳	۴۴۸۱۰/۰	۱۶۹۲۵/۳	۱۹۵۷۰۶/۳	۲۸۹۱۹/۰	۳۱۳۶/۶	۵۳۶۹/۸	۳۱۴۱۴/۱	۵۳۱۲۷/۴	۱۳۶۶
۴۲۴۳۷۲	۶۵۹/۱	۲۷۴۵۸/۴	۱۹۹۴۲۸/۰	۸۸۳۷۶/۷	۱۹۳۷۰/۳	۳۵۴۲/۸	۵۱۶۹/۹	۲۲۲۷۱/۴	۵۸۰۹۵/۵	۱۳۶۷
۳۰۳۰۲۱	۶۳۴/۳	۳۳۵۷۴/۷	۳۴۹۸۹/۳	۱۰۷۶۷۹/۲	۳۳۶۵۶/۲	۴۸۷۷/۵	۵۷۷۷/۱	۲۲۳۷۶/۱	۵۹۴۵۶/۸	۱۳۶۸
۳۴۰۱۱۶	۷۰۵/۱	۳۶۱۹۰/۸	۳۸۳۹۰/۹	۱۱۵۸۰۷/۷	۳۹۵۳۸/۰	۵۵۶۱/۰	۶۱۲۹/۷	۲۵۴۷۰/۵	۷۲۳۲۲/۶	۱۳۶۹
۴۲۰۷۵۰	۳۳۲/۶	۳۱۴۲۴/۶	۷۵۲۸۰/۱	۱۶۲۸۷۳/۵	۴۰۸۷۱/۵	۹۲۱۰/۶	۳۹۷۸/۱	۳۷۷۳۶/۶	۵۹۰۴۲/۰	۱۳۷۰
۴۰۲۸۶۳	۲۸۴/۰	۲۶۹۷۰/۹	۸۳۵۷۶/۳	۱۴۵۹۳۳/۴	۵۶۹۳۷/۵	۷۷۴۱/۲	۲۹۹۵/۵	۲۸۲۰۸/۹	۵۰۲۱۵/۵	۱۳۷۱
۴۵۰۹۶۶	۲۸۰/۳	۲۷۰۸۰/۹	۹۱۶۵۴/۵	۱۳۵۶۱۸/۸	۱۱۶۶۳۲/۹	۸۴۳۲/۱	۲۶۱۹/۵	۲۳۷۹۸/۶	۴۴۸۴۸/۲	۱۳۷۲
۴۴۵۸۹۴	۳۱۹/۴	۳۰۶۷۶/۰	۱۱۹۳۱۲/۶	۱۲۹۵۴۹/۶	۹۳۳۱۲/۸	۹۴۴۵/۰	۲۲۶۷/۴	۲۱۰۳۱/۹	۳۹۹۷۸/۹	۱۳۷۳
۵۸۳۵۸۷	۷۱۵/۵	۱۶۷۲۷/۸	۱۷۷۸۴۳/۸	۱۷۰۳۱۰/۴	۱۳۱۸۶۹/۴	۷۶۷۹/۶	۲۴۵۳/۰	۳۱۰۹۲/۸	۴۴۸۹۵/۱	۱۳۷۴
۶۵۲۴۱۶	۷۹۱/۵	۲۰۶۹۴/۰	۱۷۶۱۲۲/۵	۱۹۲۲۲۲/۹	۱۶۹۷۸۴/۶	۹۶۹۴/۱	۲۵۹۹/۲	۲۹۵۰۷/۲	۵۰۹۹۹/۸	۱۳۷۵
۶۹۱۷۰۳	۷۷۱/۱	۲۰۶۷۷/۹	۱۷۶۸۷۳/۵	۱۹۱۲۳۲/۳	۱۹۸۰۲۷/۶	۸۴۴۲/۲	۲۶۵۶/۴	۲۷۶۲۸/۸	۶۵۳۹۲/۸	۱۳۷۶
۷۲۷۶۶۸	۶۸۱/۱	۲۰۰۸۴/۳	۱۶۳۳۶۴/۷	۲۲۲۳۳۴/۴	۲۰۲۶۳۳/۳	۱۲۴۲۵/۴	۳۱۹۱/۹	۲۷۳۸۷/۸	۷۵۵۶۵/۵	۱۳۷۷
۷۰۶۹۹۶	۷۳۹/۳	۲۱۵۱۱/۵	۱۶۵۴۲۷/۹	۲۱۱۳۲۳/۳	۱۷۹۱۵۵/۲	۱۳۴۶۹/۰	۳۰۳۶/۱	۲۸۱۷۱/۲	۸۴۱۶۲/۳	۱۳۷۸
۷۹۰۶۴۹	۸۱۳/۲	۲۳۶۶۲/۷	۱۸۱۹۷۰/۷	۲۳۰۳۴۲/۴	۲۱۴۹۸۶/۲	۱۵۴۸۹/۴	۳۱۸۷/۹	۳۰۱۴۳/۲	۹۰۰۵۳/۷	۱۳۷۹
۸۸۵۹۱۹	۸۹۴/۶	۲۶۰۲۸/۹	۲۰۰۱۶۷/۸	۲۵۱۰۷۳/۲	۲۵۷۹۸۳/۵	۱۷۸۱۲/۸	۳۳۴۷/۳	۳۲۲۵۳/۲	۹۶۳۵۷/۴	۱۳۸۰

شکل ۲. نمودار تقاضای انرژی زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور بر حسب تراژول، طبق طبقه بندی آیسیک دو رقمی

(ماخذ: محاسبات محققین)



۳-۲. آمار و اطلاعات مربوط به قیمت حامل‌های انرژی

قیمت حامل‌های انرژی شامل گاز طبیعی، برق، بنزین، گازوئیل، نفت‌سفید، گاز مایع و مازوت، طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰، از ترازنامه‌های انرژی منتشره توسط وزارت نیرو، استخراج گردید و با استفاده از شاخص‌های عمده فروشی، به قیمت ثابت سال ۱۳۶۹ بازگردانده شد. سپس با استفاده از این ارقام، شاخص بهای نرمال شده هفت حامل انرژی یاد شده، از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰، محاسبه گردید که نتایج این محاسبات در جدول ۳ آمده است.

۳-۳. آمار و اطلاعات مربوط به ارزش افزوده زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور

ارزش‌افزوده کل صنعت و زیر بخش‌های نه‌گانه آن، طبق طبقه‌بندی آیسیک دو رقمی، از آمارنامه‌های کارگاه‌های صنعتی کشور، منتشره توسط مرکز آمار ایران، طی سال‌های۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰، استخراج گردید و با استفاده از شاخص‌های عمده‌فروشی به‌قیمت ثابت سال ۱۳۶۹ بازگردانده شد.

جدول ۳. شاخص بهای نرمال شده حامل‌های انرژی طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰

(ماخذ: محاسبات محققین)

سال	برق	نفت سفید	مازوت	بنزین	گازوئیل	گاز طبیعی	گازمایع
۱۳۶۵	۰/۰۰۷۹	۰/۱۵۱۶	۰/۱۴۶۴	۰/۴۵۲۹	۰/۱۸۵۶	۰/۰۳۵۴	۰/۰۲۰۲
۱۳۶۶	۰/۰۰۷	۰/۱۶۹۵	۰/۱۷۱۹	۰/۴۰۱۷	۰/۱۹۸۱	۰/۰۳۲۳	۰/۰۱۹۵
۱۳۶۷	۰/۰۰۸۵	۰/۱۶۳۶	۰/۱۶۰۸	۰/۴۱۳۴	۰/۱۹۱۳	۰/۰۳۷۵	۰/۰۲۴۸
۱۳۶۸	۰/۰۰۹۲	۰/۱۵۸۵	۰/۱۵۸۵	۰/۴۱۷۴	۰/۱۸۳۸	۰/۰۴۲۹	۰/۰۲۹۷
۱۳۶۹	۰/۰۱۴	۰/۱۵۳۵	۰/۱۵۳۵	۰/۴۰۷۸	۰/۱۸۰۳	۰/۰۵۱۹	۰/۰۳۸۹
۱۳۷۰	۰/۰۲۷۲	۰/۱۱۳۶	۰/۱۱۵	۰/۳۵۳۵	۰/۲۸۴	۰/۰۵۴۷	۰/۰۵۱۹
۱۳۷۱	۰/۰۳۰۴	۰/۰۹۲۴	۰/۲۳۰۹	۰/۲۸۳۶	۰/۲۲۷۱	۰/۰۷۴۱	۰/۰۶۱۵
۱۳۷۲	۰/۰۵۳۴	۰/۲۵۳۱	۰/۱۷۱۱	۰/۲۰۹۴	۰/۱۶۷۵	۰/۰۷۴۶	۰/۰۷۰۸
۱۳۷۳	۰/۱۳۷۳	۰/۲۰۶۲	۰/۱۴۰۲	۰/۱۷۰۴	۰/۱۳۶۱	۰/۱۱۳	۰/۰۹۶۸
۱۳۷۴	۰/۱۳۵۶	۰/۱۴۳۵	۰/۱۴۳۵	۰/۱۷۸۷	۰/۱۴۳۵	۰/۱۱۸۲	۰/۱۳۷
۱۳۷۵	۰/۱۴۰۶	۰/۱۴۴۲	۰/۱۴۴۲	۰/۱۵۴۴	۰/۱۴۴۲	۰/۱۳۲۴	۰/۱۴
۱۳۷۶	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹	۰/۱۴۲۹
۱۳۷۷	۰/۱۳۱۸	۰/۱۴۲۸	۰/۱۷۸۵	۰/۱۲	۰/۱۴۲۸	۰/۱۵۱۲	۰/۱۳۲۸
۱۳۷۸	۰/۱۲۹۱	۰/۱۳۴۶	۰/۱۷۹۵	۰/۱۰۰۵	۰/۱۳۴۶	۰/۱۹۰۹	۰/۱۳۰۸
۱۳۷۹	۰/۱۳۵۵۵۵	۰/۱۳۸۶۳۸	۰/۱۸۱۲۹۵	۰/۱۰۲۵۱	۰/۱۳۵۹۴۶	۰/۱۹۳۷۶۴	۰/۱۱۲۲۹۳
۱۳۸۰	۰/۱۴۲۳۳۳	۰/۱۴۲۷۹۷	۰/۱۸۳۱۰۸	۰/۱۰۴۵۶	۰/۱۳۷۳۰۵	۰/۱۹۴۷۳۲	۰/۰۹۵۱۶۴

در جدول ۴، ارزش‌افزوده کارگاه‌های بزرگ صنعتی کشور، به قیمت ثابت سال ۱۳۶۹، به تفکیک کدهای آیسیک دو رقمی فعالیت‌های صنعتی و طی دوره زمانی مورد مطالعه، نشان داده شده است.

۴. پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی در زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور

در قسمت‌های قبل، با استخراج داده‌های خام مورد نیاز از آمارنامه‌های موجود، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز این تحقیق برآورد گردید. در این قسمت با استفاده از روش‌های تخمین سری‌های زمانی و داده‌های ادغام شده، ضمن محاسبه کشش درآمدی انرژی، با فرض سناریوی رشد سالانه سه درصدی ارزش‌افزوده زیر بخش‌ها، تقاضای انرژی کل، در زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور در سال ۱۴۰۰، پیش‌بینی خواهد شد. فرض می‌شود، کل تقاضای انرژی پیش‌بینی شده در سال ۱۴۰۰، با مصرف هفت حامل انرژی یاد شده تامین می‌گردد. لذا لازم است پس از برآورد کل انرژی مورد نیاز صنایع و زیر بخش‌های آن، سطح تقاضای بهینه هر یک از حامل‌های انرژی نیز به‌تفکیک، در زیر بخش‌های نه گانه و کل صنعت کشور در سال ۱۴۰۰، محاسبه شود.

جدول ٤. ارزش افزوده کارگاه‌های بزرگ صنعتی کشور به‌قیمت ثابت سال ١٣٦٩ و به‌تفکیک کدهای آیسیک دو رقمی فعالیت‌های صنعتی

(ماخذ: محاسبات محققین)

کل صنعت	کد٣٩	کد٣٨	کد٣٧	کد٣٦	کد٣٥	کد٣٤	کد٣٣	کد٣٢	کد٣١	سال
٢١٩٩٧٤٥	٤٦٣٨	٤٣٨٧٢٩	١٧٧٤٤١	٣٠٤١٦٥	٢٨٧٧٤٢	٦٩٨٧٢	٣٣٤١٣	٥١٩٦٠١	٣٦٤١٤٤	١٣٦٥
٢١٠٧٩٦٥	٤٢٠٨	٣٦١٨٤٦	١٧٢٥٠٨	٣١١٣٥٦	٢٥٠٣٤٧	٤٤١٧٩	٣٧٨٦٨	٤٠٦٠٢٥	٥١٩٦٢٨	١٣٦٦
١٨٠٥٨٢٩	٢٢٩٥	٣٤١٣٢٠	٢٢٧٢٧٥	١٦٠٠٤٦	٢٢٥٩٤١	٤٣٨٨٤	٤٣٢٩٢	٤١١١٤٠	٣٥٠٦٣٦	١٣٦٧
١٨٦٩٨٥٥	٢٠٢٦	٣٧٣١٨٦	٢٠٠٧٠١	١٨٣٢٥٧	٢٨٥٠٧٣	٥٣٣٦٢	٤٣٣٢١	٤١٨٥٥٥	٣١٠٣٧٤	١٣٦٨
٢٦٢٧٢٧٥	١١٠٢	٦٧٢٥١٧	٤٦٢١٢٨	٢١١٢٣٤	٣٢٧٩٤٦	٦٦٨١٠	٤٥٨٠٣	٤٩٠٣١٤	٣٤٩٤٢١	١٣٦٩
٣٥١٠١١٣	١٥٩٥٩	١٠٦٨١٦٧	٤٦٢٧١٧	٣٦٣٦٦٥	٣٥٠٥٥٣	١٠٣٩٤٩	٤٧٩٤٦	٥٨٦٩٦٧	٥١٠١٩٠	١٣٧٠
٣٤٤٩١٣٢	٨٧٠٣	٨٦٢٤٠٤	٧٥٩٧٣٩	٤١٠٣٠٢	٣٦٠١٢٧	٨٩٤٠٢	٤٥٢٣٤	٤٦٧٢٧٧	٤٤٥٩٤٤	١٣٧١
٣٤٨٠٣٩٧	١٢٢٣٤	٨٤٤٦٣٩	٦٥٩٢٣٥	٣٦٧٩٢٦	٤٨٤٤١٢	٨٨٥٢١	٤٠٤٣٥	٤١٣٧٤٦	٥٦٩٢٤٩	١٣٧٢
٥٠١٠٣٣٠	٢٣٧٣٣	١٠٠٥٥٥٢	٧٥٢٩٨٢	٥٣٠١٢٢	١١٣١٧٠٠	١٦٢١٢٤	٧٣١٨٣	٥٩٨٠٥٢	٧٣٢٨٨٢	١٣٧٣
٥٣٩٥٥٧٠	٣١٢٤٨	١٠٧٧١٢٦	٧٤٩٦٠٤	٥٦٦٤٨٣	١٢١٤٩١٦	١٩٨٤٨٥	٨٧١٥٧	٦٦٣٤٣٩	٨٠٧١١٢	١٣٧٤
٥٧٨٧٥٦٦	٣٨٧٦٣	١١٤٨٧٠٠	٧٥٢٩٨٢	٦٠٢٨٤٤	١٢٩٨١٣٢	٢٣٤٨٤٦	١٠١١٣١	٧٢٨٨٢٦	٨٨١٣٤٢	١٣٧٥
٦١٠٠٠٠٤	٤٦٢٧٨	١١٨٤٤٨٧	٧٤٩٧٠٤	٦٣٩٢٠٥	١٣٨١٣٤٨	٢٧١٢٠٧	١١٥١٠٥	٧٩٤٢١٣	٩١٨٤٥٧	١٣٧٦
٦٢٩٣٨٤١	٤٨١٥٦	١٢٠٢٣٨٠	٧٤٦٢٢٦	٦٧٥٥٦٦	١٤٦٤٥٦٤	٢٨٠٢٩٧	١٢٩٠٧٩	٨١٠٥٥٩	٩٣٧٠١٤	١٣٧٧
٦٤٥٠٧٨٥	٥٠٠٣٥	١٢٢٠٢٧٤	٧٥٢٨٨٢	٦٨٤٦٥٦	١٥٤٧٧٨٠	٢٨٩٣٨٧	١٣٢٥٧٢	٨٢٦٩٠٦	٩٤٦٢٩٣	١٣٧٨
٦٦٤٤٣٠٩	٥١٥٣٦	١٢٥٦٨٨٢	٧٧٥٤٦٨	٧٠٥١٩٦	١٥٩٤٢١٣	٢٩٨٠٦٩	١٣٦٥٤٩	٨٥١٧١٣	٩٧٤٦٨٢	١٣٧٩
٦٨٤٣٦٣٨	٥٣٠٨٢	١٢٩٤٥٨٩	٧٩٨٧٣٣	٧٢٦٣٥٢	١٦٤٢٠٤٠	٣٠٧٠١١	١٤٠٦٤٦	٨٧٧٢٦٥	١٠٠٣٩٢٢	١٣٨٠

۴-۱. مدل کلی کشش در آمدی انرژی در زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور

الف. برآورد کشش انرژی در زیر بخش‌های نه گانه صنعت به روش تخمین داده‌های ادغام شده

کشش انرژی یک ضریب بی بعد و بیانگر حساسیت مصرف انرژی صنایع نسبت به افزایش

تولید است. به بیان دیگر، این ضریب نسبت رشد نسبی مصرف انرژی را به رشد نسبی ارزش افزودهٔ فعالیت‌های صنعتی نشان می‌دهد.

در این تحقیق، مدل کشش انرژی در زیر بخش‌های نه گانه صنعت طبق طبقه‌بندی آیسیک دو رقمی، به روش GLS[1] داده‌های ادغام‌شده برآورد گردید. شکل کلی مدل به صورت زیر است:

$$LTE_i = c_0 + \alpha_i LGDP_i \qquad (۲)$$

که در آن LTE_i لگاریتم کل مصرف انرژی، c_0 عرض از مبدا، α_i کشش انرژی و $LGDP_i$ لگاریتم ارزش افزوده در بخش i ام صنعت می‌باشد. نتایج برآورد مدل ۲ روی زیربخش‌های صنعت کشور، به روش GLS داده‌های ادغام شده، به شرح جدول ۵ است.

جدول ۵. نتایج برآورد مدل (۲) در زیربخش‌های صنعت طبق طبقه‌بندی آیسیک

(ماخذ: محاسبات محققین)

R^2=0.995604
D.W=2.184872
F=6090.254

کد	فعالیتهای صنعتی	LGDP	T-Statistic
۳۱	صنایع مواد غذایی، آشامیدنی و دخانیات	۰/۸۰۸۳	۵۰/۱۲۷۲۲
۳۲	صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۰/۷۵۱۸	۵۲/۰۲۶۷۶
۳۳	صنایع چوب و محصولات چوبی	۰/۷۲۴۱	۳۸/۳۸۵۳۲
۳۴	صنایع کاغذ، مقوا، چاپ و صحافی	۰/۷۰۷۲	۲۰/۷۷۹۱۲
۳۵	صنایع شیمیایی	۰/۷۶۹۴	۲۰/۴۵۳۴
۳۶	صنایع محصولات کانی و غیر فلزی	۰/۹۰۴۲	۵۹/۷۶۲۲۵
۳۷	صنایع تولید فلزات اساسی	۰/۸۴۴	۱۹/۱۷۸۰۷
۳۸	صنایع ماشین آلات، ابزار و تجهیزات	۰/۷۱۴۴	۳۰/۸۲۲۰۶
۳۹	صنایع متفرقه	۰/۵۳۴۲	۹/۴۱۶۷۱۶
عرض از مبدا		$C_0 = 0.014$	

آماره R^2 برآورد شده در این مدل ۰/۹۹۶ و آماره $\overline{R^2}$ نیز در این مدل برابر با

۱. حداقل مربعات تعمیم یافته.

۰/۹۹۵۴ محاسبه شده است که گویای قدرت بالای تبیین مدل است و نشان می‌دهد، تقریباً تمام تغییرات و رفتار مصرف انرژی در زیربخش‌های نه‌گانه صنعت کشور توسط ارزش‌افزوده این زیر بخش‌ها توضیح داده می‌شود. لذا این مدل، از قدرت توضیح فوق‌العاده بالایی برخوردار است. همچنین در این مدل آماره f برابر با۶۰۹۰/۲۵ برآورد شده است که بسیار بزرگتر از مقدار بحرانی آن در سطح ۱٪ است. لذا فرضیه صفر مبنی بر صفر بودن همزمان ضرایب با اطمینان حدود صد درصد رد شده و در نتیجه این مدل معنی‌دار و قابل استناد است. آماره دوربین واتسون محاسبه شده برای این مدل نیز برابر با ۲/۱۸ است که کاملا وجود تاثیر بین جزء اخلال یک مشاهده در جزء اخلال مشاهده دیگر را رد می‌کند. لذا بین اجزاء اخلال این مدل، خودهمبستگی وجود نداشته و این مدل از این نظر نیز قابل اعتماد است.

همه ضرایبی که در مدل (۲) برای متغیرهای مستقل برآورد گردید، با توجه به آماره t محاسبه شده برای آنها، در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی دارند. همچنین علامت این ضرایب، مطابق با انتظار، مثبت است و گویای درصد افزایش تقاضای انرژی کل هر یک از زیر بخش‌های صنعت کشور، در صورت افزایش یک درصدی ارزش افزوده آنهاست.

همان‌طور که در مدل اخیر نشان داده شد، رشد ارزش افزوده فعالیت‌های صنعتی کشور در سطح کاملا معنی داری تأثیر مثبت روی روند تقاضای انرژی آنها دارد. در بین مقاطع مدل، بیشترین کشش انرژی در بخش صنایع کانی غیرفلزی (کد ۳۶)، معادل ۰/۹۰۴۲، اندازه‌گیری شده، که نشان از افزایش ۰/۹۰۴۲ درصدی تقاضای انرژی این زیربخش، در صورت افزایش یک درصد در تولید آن است. ضریب کشش درآمدی انرژی در کد (۳۷)، که همان صنایع تولید فلزات اساسی است، نیز مقدار بزرگی است (۰/۸۴۴۰۷) که علت آن انرژی‌بر بودن این صنایع و تأثیر زیاد نهاده انرژی در رشد تولید این صنعت است. در صنایع متفرقه (کد ۳۹)، که شامل واحدهای تولیدکننده زیورآلات، طلا، جواهر، لوازم تزیئنی، لوازم موسیقی و ورزشی است، مطابق با انتظارات تئوریک، کمترین کشش انرژی معادل با ۰/۵۳۴، اندازه‌گیری شده است که علت آن ماهیت انرژی‌بر نبودن و وابستگی کمتر این صنایع به‌عامل انرژی است.

ب. برآورد کشش انرژی در کل صنعت به روش تخمین سری‌های زمانی

مدل برآورد کشش انرژی در کل صنعت کشور، جداگانه به روش حداقل مربعات معمولی در سری‌های زمانی به فرم کلی زیر برآورد شده است:

$$LTET = c_0 + \alpha LGDPT \qquad (۳)$$

که در آن $LTET$ لگاریتم کل مصرف انرژی، α کشش انرژی و $LGDPT$ لگاریتم ارزش‌افزوده کل بخش صنعت کشور است. این مدل در کل صنعت کشور به روش OLS سری‌های زمانی، به این صورت برآورد گردیده است:

LTET = 0.011 + ۰.۸۵۱۸۵۸۴ LGDPT

t-Statistic: (۱۱۵/۷۳۳)

R^2 = 0.847 F = ۶۳/۶۴۶۲۹

$\overline{R^2}$ =0.834 D.W =۲/۲۴۷۵۹۹

در مدل اخیر، آماره R^2 و $\overline{R^2}$ به ترتیب برابر با ۰/۸۴۷ و۰/۸۳۴ است که نشان‌دهنده درصد نسبتا بالای قابلیت توضیح‌دهندگی تغییرات مصرف انرژی با ارزش‌افزوده کل بخش صنعت است. علاوه بر این، تفاوت آشکار آماره‌های f و DW محاسبه شده در این مدل با مقادیر بحرانی آنها در جداول، کاملا موید آن است که در این برازش، فرضیه صفر مبنی بر بی معنی بودن کلی رگرسیون و همچنین وجود خود همبستگی بین اجزای اخلال، در سطح اطمینان ۹۹٪ رد شده و لذا این مدل از این دو نظر نیز در وضعیت ممتازی قرار دارد.

در این مدل، ضریب لگاریتم ارزش افزوده کل صنعت کشور مقدار مثبتی داشته و مطابق با انتظارات تئوریک است. آماره t مربوط به این ضریب نیز برابر با ۱۱۵/۷۳ برآورد شده که فوق‌العاده بزرگ‌تر از مقدار بحرانی آن در جدول است. لذا فرض بی‌معنی بودن این پارامتر نیز در سطح اطمینان ۹۹ درصد رد می‌شود. همچنین آزمون وایت نشان داد که تابع، در سطح احتمال ۹۹ درصد، دارای همسانی واریانس است، در نتیجه دلیلی بر وجود ناهمسانی واریانس وجود ندارد.

همان‌طور که نشان داده شد، مدل اخیر کاملا معنی‌دار و قابل قبول برآورد شده است. این مدل، کشش مصرف انرژی در کل صنعت کشور را ۰/۸۵ نشان می‌دهد و به این معنی است که هرگاه ارزش‌افزوده بخش صنعت کشور با افزایش یک درصدی مواجه شود، مصرف انرژی کل صنعت، ۰/۸۵درصد افزایش می‌یابد.

مدل‌های کشش انرژی در زیبخش‌های نه‌گانه و کل صنعت، ارتباط بین مصرف انرژی در زیربخش‌ها و کل صنعت کشور را با ارزش افزوده آنها نشان می‌دهد. این مدل‌ها همان‌طور که نشان داده شد، کاملا معنی‌دار و قابل استنادند و می‌توانند مبنای پیش‌بینی در آینده قرار گیرند.

مدل تقاضای انرژی کل (برحسب یک واحد مشترک برای همه حامل‌ها) در هر زیربخش در بلندمدت با ارزش‌افزوده آن ارتباط تنگاتنگی دارد. مثلا میزان مصرف انرژی کل کشور را می‌توان تابعی از تولید ناخالص داخلی دانست (طبیبیان، ۱۳۶۸). لذا با فرض ۳٪ رشد سالانه بخش صنعت، می‌توان تقاضای انرژی کل را، برحسب تراژول، در زیربخش‌ها و کل صنعت کشور، با استفاده از مدل‌های (۲) و (۳) پیش‌بینی نمود. نتایج این محاسبات در جدول ۶ و شکل ۳ آورده شده است.

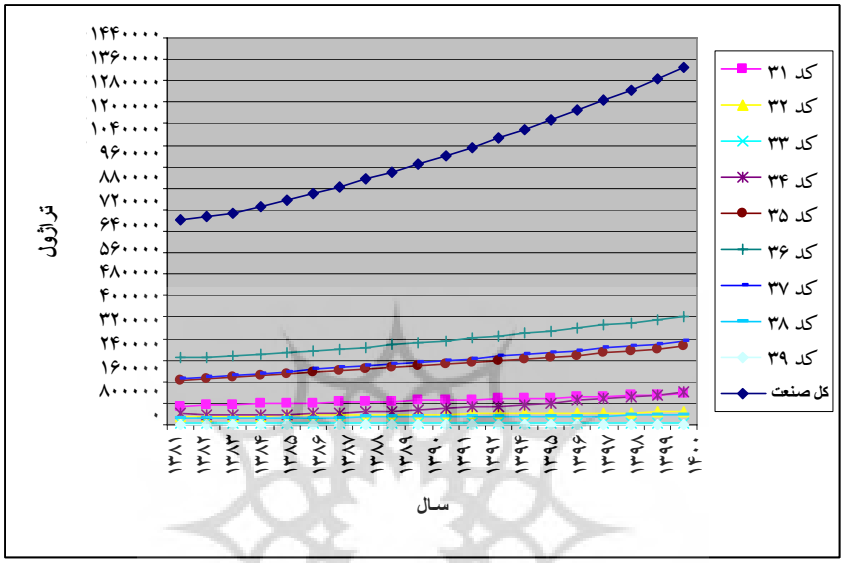
جدول ٦. نتایج پیش‌بینی تقاضای انرژی کل، بر حسب تراژول، در زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور تا سال ۱٤۰۰

(ماخذ: محاسبات محققین)

کل صنعت	کد۳۹	کد۳۸	کد۳۷	کد۳۶	کد۳۵	کد۳۴	کد۳۳	کد۳۲	کد۳۱	سال
۷۶۲۱۶۴/۲۹	۴۷۶/۶۳	۲۳۴۳۲/۴۵	۱۷۲۵۵۹/۷۷	۲۵۰۶۳۹/۸۳	۱۶۶۲۲۳/۱۱	۴۴۰۵۰/۳۰	۳۶۸۲/۲۱	۳۰۹۷۵/۶۸	۷۰۱۲۴/۳۱	۱۳۸۱
۷۷۲۰۶۳/۴۵	۴۷۵/۷۳	۲۴۰۵۶/۶۴	۱۷۸۸۹۱/۶۷	۲۵۲۰۰۲/۸۸	۱۷۱۲۰۹/۸۸	۳۷۲۸۱/۵۸	۳۹۰۵/۲۷	۳۱۷۶۸/۰۳	۷۲۴۷۱/۷۷	۱۳۸۲
۷۸۸۴۸۴/۳۹	۴۱۷/۱۰	۲۴۶۶۵/۷۹	۱۸۵۱۹۳/۶۶	۲۵۶۰۳۹/۹۵	۱۷۶۳۴۶/۰۶	۳۴۵۳۱/۱۶	۴۱۲۱/۰۵	۳۲۵۴۱/۱۲	۷۴۶۲۸/۵۰	۱۳۸۳
۸۰۸۹۹۰/۲۳	۴۱۸/۱۱	۲۵۲۶۶/۰۴	۱۹۱۶۴۸/۳۶	۲۶۱۵۵۵/۹۲	۱۸۱۶۳۶/۵۰	۳۴۱۴۳/۴۸	۴۳۲۹/۸۳	۳۳۳۰۹/۱۹	۷۶۶۸۲/۸۰	۱۳۸۴
۸۳۳۷۲۴/۰۶	۳۸۰/۵۶	۲۵۸۶۲/۱۸	۱۹۸۱۹۸/۷۵	۲۶۷۹۲۹/۶۹	۱۸۷۰۸۵/۶۶	۳۶۹۶۳/۵۶	۴۵۳۲/۰۲	۳۴۰۸۱/۰۲	۷۸۶۹۰/۶۲	۱۳۸۵
۸۵۹۵۳۹/۰۵	۳۸۲/۷۱	۲۶۴۵۷/۹۶	۲۰۴۸۴۷/۵۸	۲۷۴۸۵۸/۴۷	۱۹۲۶۹۸/۱۱	۴۰۰۱۶/۵۷	۴۷۲۸/۱۵	۳۴۸۶۲/۰۸	۸۰۶۸۷/۴۲	۱۳۸۶
۸۸۶۲۵۹/۹۵	۳۵۸/۱۹	۲۷۰۵۶/۴۳	۲۱۱۵۹۷/۷۰	۲۸۲۱۷۶/۵۳	۱۹۸۴۷۹/۱۱	۴۳۳۲۱/۷۳	۴۹۱۸/۸۰	۳۵۶۵۵/۸۵	۸۲۶۹۵/۶۱	۱۳۸۷
۹۱۳۹۰۶/۳۲	۳۶۱/۰۸	۲۷۶۵۹/۹۴	۲۱۸۴۵۲/۳۹	۲۸۹۸۰۰/۸۱	۲۰۴۴۳۳/۵۶	۴۶۸۹۹/۸۹	۵۱۰۴/۵۶	۳۶۴۶۴/۵۶	۸۴۷۲۹/۵۳	۱۳۸۸
۹۴۲۴۳۴/۱۲	۳۴۵/۰۳	۲۸۲۷۰/۳۵	۲۲۵۴۱۴/۶۶	۲۹۷۶۸۹/۸۴	۲۱۰۵۶۶/۴۴	۵۰۷۷۳/۵۴	۵۲۸۶/۰۸	۳۷۲۸۹/۶۹	۸۶۷۹۸/۴۹	۱۳۸۹
۹۷۱۹۰۶/۶۱	۳۴۸/۴۳	۲۸۸۸۹/۲۵	۲۳۲۴۸۷/۶۱	۳۰۵۸۲۵/۴۴	۲۱۶۸۸۳/۵۰	۵۴۹۶۷/۲۴	۵۴۶۳/۹۶	۳۸۱۳۲/۳۶	۸۸۹۰۸/۸۲	۱۳۹۰
۱۰۰۲۳۲۴/۶۰	۳۳۸/۱۳	۲۹۵۱۷/۸۵	۲۳۹۶۷۴/۸۱	۳۱۴۱۹۹/۸۴	۲۲۳۳۸۹/۸۶	۵۹۵۰۷/۲۶	۵۶۳۸/۸۰	۳۸۹۹۳/۴۱	۹۱۰۶۴/۶۴	۱۳۹۱
۱۰۳۳۷۵۸/۴۶	۳۴۱/۹۱	۳۰۱۵۷/۱۸	۲۴۶۹۷۹/۴۴	۳۲۳۸۱۲/۱۶	۲۳۰۰۹۱/۶۴	۶۴۴۲۲/۲۰	۵۸۱۱/۱۸	۳۹۸۷۳/۴۸	۹۳۲۶۹/۲۷	۱۳۹۲
۱۰۶۶۲۳۲/۱۴	۳۳۵/۶۴	۳۰۸۰۸/۱۱	۲۵۴۴۰۵/۲۷	۳۳۱۶۶۵/۶۳	۲۳۶۹۹۴/۴۷	۶۹۷۴۳/۱۶	۵۹۸۱/۶۵	۴۰۷۷۳/۱۴	۹۵۵۲۵/۰۷	۱۳۹۳
۱۰۹۹۸۱۶/۳۵	۳۳۹/۷۲	۳۱۴۷۱/۳۱	۲۶۱۹۵۵/۸۳	۳۴۰۷۶۳/۸۴	۲۴۴۱۰۴/۱۶	۷۵۵۰۳/۶۶	۶۱۵۰/۷۱	۴۱۶۹۲/۹۹	۹۷۸۳۴/۱۳	۱۳۹۴
۱۱۳۴۵۴۹/۶۷	۳۳۶/۳۶	۳۲۱۴۷/۵۰	۲۶۹۶۳۴/۶۹	۳۵۰۱۱۳/۳۴	۲۵۱۴۲۷/۳۶	۸۱۷۳۹/۸۱	۶۳۱۸/۸۷	۴۲۶۳۳/۵۰	۱۰۰۱۹۸/۲۴	۱۳۹۵
۱۱۷۰۵۰۵/۸۸	۳۴۰/۷۱	۳۲۸۳۷/۱۵	۲۷۷۴۴۶/۰۳	۳۵۹۷۲۰/۰۳	۲۵۸۹۷۰/۲۵	۸۸۴۹۱/۱۲	۶۴۸۶/۵۵	۴۳۵۹۵/۱۵	۱۰۲۶۱۸/۸۹	۱۳۹۶
۱۲۰۷۷۳۴/۲۶	۳۳۹/۴۹	۳۳۵۴۰/۸۳	۲۸۵۳۹۳/۶۳	۳۶۹۵۹۰/۶۶	۲۶۶۷۳۹/۲۲	۹۵۸۰۰/۰۴	۶۶۵۴/۱۸	۴۴۵۷۸/۴۸	۱۰۵۰۹۷/۷۳	۱۳۹۷
۱۲۴۶۳۱۳/۰۱	۳۴۴/۰۷	۳۴۲۵۸/۹۷	۲۹۳۴۸۱/۴۴	۳۷۹۷۳۲/۱۳	۲۷۴۷۴۱/۴۷	۱۰۳۷۱۲/۶۵	۶۸۲۲/۱۴	۴۵۵۸۳/۹۱	۱۰۷۶۳۶/۲۳	۱۳۹۸
۱۲۸۶۳۰۴/۵۳	۳۴۴/۴۷	۳۴۹۹۲/۰۵	۳۰۱۷۱۳/۹۷	۳۹۰۱۵۲/۶۳	۲۸۲۹۸۳/۸۱	۱۱۲۲۷۸/۸۰	۶۹۹۰/۷۹	۴۶۶۱۲/۰۷	۱۱۰۲۳۵/۹۴	۱۳۹۹
۱۳۲۷۷۹۱/۳۲	۳۴۹/۲۵	۳۵۷۴۰/۴۵	۳۱۰۰۹۵/۴۴	۴۰۰۸۵۸/۳۴	۲۹۱۴۷۳/۱۶	۱۲۱۵۵۲/۴۷	۷۱۶۰/۴۶	۴۷۶۶۳/۴۱	۱۱۲۸۹۸/۳۴	۱۴۰۰

شکل۳. نتایج پیش‌بینی تقاضای انرژی کل، بر حسب تراژول، در زیربخش‌ها و کل صنعت کشور تا سال ۱۴۰۰

(ماخذ: محاسبات محققین)



۴-۲. پیش‌بینی ترکیب بهینه تقاضای هر یک از هفت حامل انرژی در کل صنعت کشور و زیربخش‌های آن

در قسمت قبل پیش‌بینی تقاضای کل انرژی برحسب واحد مشترک تراژول، در زیربخش‌ها و کل صنعت کشور ارایه شد، اما هنوز این سوال مطرح است که مقدار بهینه مصرف هر حامل انرژی، برای تامین مقدار انرژی کل پیش‌بینی شده چیست؟ برای پاسخ به این سوال، در این قسمت الگویی به‌دست می‌آوریم که ما را قادر به تعیین ترکیب بهینه تقاضای هفت حامل انرژی برق، گازطبیعی، بنزین، گازوئیل، گاز مایع، نفت‌سفید و مازوت، جهت تامین نیاز انرژی کل در زیربخش‌ها و کل صنعت کشور در سال ۱۴۰۰ نماید.

البته در هر سالی که تقاضای انرژی کل به‌نحوی مشخص شده باشد، می‌توان برای تعیین ترکیب بهینه مصرف از هر حامل انرژی جهت تامین انرژی کل مورد نیاز، از الگویی که در این قسمت به‌دست می‌آید، استفاده کرد. اما در این مطالعه تنها به محاسبه ترکیب تقاضای بهینه هفت حامل انرژی در کل و زیربخش‌های صنعت کشور در سال ۱۴۰۰، جهت تامین میزان انرژی کل پیش‌بینی شده با استفاده از مدل‌های (۲) و(۳)، اکتفا می‌کنیم.

برای ارایه الگو، فرض می‌کنیم که نظام اقتصادی تابع مطلوبیت خود را از مصرف انواع حامل‌های انرژی، با توجه به محدودیت حاصل از رابطه (۴) ماکزیمم می‌کند:

$$TE_i = EE_i + ENg_i + ELg_i + Eben_i + Ego_i + Ewo_i + Ebo_i \qquad (۴)$$

یعنی سیستم‌های مصرف‌کننده انرژی، برای انتخاب ترکیب بهینه حامل‌ها، مسئله زیر را حل می‌کنند:

$$\text{Max } U\left(\frac{EE_i}{PE}, \frac{ENg_i}{PNg}, \frac{ELg_i}{PLg}, \frac{Eben_i}{Pben}, \frac{Ego_i}{Pgo}, \frac{Ewo_i}{Pwo}, \frac{Ebo_i}{Pbo}\right) \qquad (۵)$$

به این ترتیب، تابع مطلوبیت U، به صورت نشان داده شده، با فرض این‌که جمع مصرف تک‌تک حامل‌های انرژی باید برابر با نیاز کل انرژی باشد، بیشینه می‌شود.

در روابط (۴) و (۵)، اندیس i نشان‌دهنده هریک از زیر بخش‌ها و کل صنعت، TE کل انرژی مصرفی، EE مصرف برق، ENg مصرف گاز طبیعی، ELg مصرف گازمایع، Eben مصرف بنزین، Ego مصرف گازوئیل، Ewo مصرف نفت‌سفید و Ebo مصرف مازوت است. همچنین در رابطه (۵)، PE و PNg، PLg، Pben، Pgo، Pwo و Pbo نیز به ترتیب شاخص بهای نرمال‌شده برق، گاز طبیعی، گازمایع، بنزین، گازوئیل، نفت‌سفید و مازوت است.

همان‌طور که در روابط (۴) و (۵) دیده می‌شود، تقاضای تک‌تک حامل‌های انرژی و کل انرژی مصرفی در کل صنعت کشور و زیربخش‌های آن را به یک واحد مشترک (تراژول) تبدیل کرده‌ایم که بتوانند به‌راحتی با یکدیگر جمع شوند و همچنین شاخص بهای تک‌تک حامل‌های انرژی را به‌صورت شاخص بهای نرمال شده در مدل وارد کردیم که بتوانیم به‌راحتی با یکدیگر مقایسه کرده و سناریوسازی کنیم.

معادلهٔ ماکزیمم‌سازی تابع مطلوبیت (رابطه (۵)) را در نظر می‌گیریم، مصرف انواع حامل‌های انرژی، به یک واحد مشترک تبدیل و به‌صورت یک کالای همگن در نظر گرفته شده است. در نتیجه عاملی که بر مطلوبیت آنها تأثیر می‌گذارد، نسبت قیمت‌های مربوطه است. یعنی مقدار مصرف در ازا هر ریال هزینه است که مطلوبیت حامل‌های انرژی را تعیین می‌کند. برای پیش‌بینی ترکیب حامل‌های انرژی مصرفی در هر یک از زیربخش‌های صنعت در بلندمدت، فرض می‌کنیم هر بخش می‌تواند ترکیبی از حامل‌های انرژی را برای ارضا نیاز خود به انرژی در سال ۱۴۰۰، که با استفاده از مدل‌های (۲) و (۳) برحسب تراژول پیش‌بینی شد، انتخاب کند و ترکیب بهینه این حامل‌ها به ازا ماکزیمم شدن تابع مطلوبیت آن بخش تعیین می‌شود.

برای تابع مطلوبیت (۵)، فرم صریح تابع استون ـ گیری، که از نظر ویژگی‌های نظری کاربرد بیشتری دارد، را در نظر می‌گیریم، به صورت زیر:

$$U_i = \sum_{j=1} a_{ji} \ln\left(\frac{E_{ji}}{P_j} - b_{ji}\right) \qquad (۶)$$

که در آن U_i تابع مطلوبیت در زیربخش i، E_{ji} مصرف حامل انرژی j در بخش i و P_j قیمت حامل انرژی j و a_{ji} و b_{ji} ضرایب ثابت هستند. لذا همان‌طور که گفته شد اندیس i نشان‌دهنده زیربخش‌های نه‌گانه و کل صنعت کشور و اندیس j نشان‌دهنده هفت حامل انرژی برق، گازطبیعی و گازمایع و بنزین، گازوئیل، نفت‌سفید و مازوت است.

جهت ماکزیمم کردن معادله (۶)، با توجه به محدودیت معادله (۴)، روابط زیر به‌صورت یک دستگاه معادلات همزمان حاصل می‌شود.

رابطه (۷):

$$EE_i = b_{1i}PE + a_{1i}(TE_i - b_{1i}PE - b_{2i}PNg - b_{3i}PLg - b_{4i}PBen - b_{5i}Pgo - b_{6i}PWo - b_{7i}PBo)$$
$$ENg_i = b_{2i}PNg + a_{2i}(TE_i - b_{1i}PE - b_{2i}PNg - b_{3i}PLg - b_{4i}PBen - b_{5i}Pgo - b_{6i}PWo - b_{7i}PBo)$$
$$ELg_i = b_{3i}PLg + a_{3i}(TE_i - b_{1i}PE - b_{2i}PNg - b_{3i}PLg - b_{4i}PBen - b_{5i}Pgo - b_{6i}PWo - b_{7i}PBo)$$
$$EBen_i = b_{4i}PBen + a_{4i}(TE_i - b_{1i}PE - b_{2i}PNg - b_{3i}PLg - b_{4i}PBen - b_{5i}Pgo - b_{6i}PWo - b_{7i}PBo)$$
$$EGo_i = b_{5i}PGo + a_{5i}(TE_i - b_{1i}PE - b_{2i}PNg - b_{3i}PLg - b_{4i}PBen - b_{5i}Pgo - b_{6i}PWo - b_{7i}PBo)$$
$$EWo_i = b_{6i}PWo + a_{6i}(TE_i - b_{1i}PE - b_{2i}PNg - b_{3i}PLg - b_{4i}PBen - b_{5i}Pgo - b_{6i}PWo - b_{7i}PBo)$$
$$EBo_i = b_{7i}PBo + a_{7i}(TE_i - b_{1i}PE - b_{2i}PNg - b_{3i}PLg - b_{4i}PBen - b_{5i}Pgo - b_{6i}PWo - b_{7i}PBo)$$

در رابطه (۷)، اندیس i نشان‌دهنده هریک از زیر بخش‌ها و کل صنعت، TE کل انرژی مصرفی، EE مصرف برق، ENg مصرف گاز طبیعی، ELg مصرف گاز مایع، Eben مصرف بنزین، Ego مصرف گازوئیل، Ewo مصرف نفت‌سفید و Ebo مصرف مازوت است. همچنین در این رابطه، PE و PNg، PLg، Pben، Pgo، Pwo و Pbo نیز به ترتیب، شاخص بهای نرمال‌شده برق، گاز طبیعی، گاز مایع، بنزین، گازوئیل، نفت سفید و مازوت است.

در دستگاه معادلات همزمان (۷)، علاوه بر رابطه (۴)، رابطه زیر نیز بین متغیرها برقرار است:

$$a_{1i} + a_{2i} + a_{3i} + a_{4i} + a_{5i} + a_{6i} + a_{7i} = 1 \qquad (۸)$$

لذا به‌راحتی می‌توان معادلات (۴) و (۸) را در دستگاه معادلات همزمان (۷) جایگزین کرد. به این ترتیب یک دستگاه معادلات همزمان برحسب شاخص بهای نرمال شده و همچنین تقاضای تک‌تک حامل‌های انرژی بر واحد مشترک تراژول در زیر

بخش‌های نه‌گانه و کل صنعت کشور خواهیم داشت.

در نگاه اول این‌طور به نظر می‌آید که این دستگاه معادلات، به‌دلیل وجود تقاضای هفت حامل انرژی در نه زیر بخش و کل صنعت کشور، دارای ۷۰ معادله است. همچنین این دستگاه معادلات، به‌دلیل وجود ۱۴ مجهول در هر زیربخش و کل صنعت کشور و حذف یک مجهول توسط معادله (۸)، جمعا ۱۳۰ مجهول خواهد داشت. اما مشکلی که در حل این دستگاه معادلات وجود دارد اینست که در هر زیر بخش، جمع خطاهای معادلات برابر با صفر می‌شود که این نکته یک اشکال اساسی در تخمین دستگاه معادلات همزمان در هر زیربخش ایجاد می‌کند. به این معنی که به‌دلیل بروز این مشکل، از هفت معادله در هر زیربخش، فقط می‌توان شش معادله را برآورد نمود و این تعداد معادله همزمان برای به‌دست آوردن تمام پارامترهای هر زیربخش و کل صنعت کافی خواهد بود. لکن سوالی که مطرح می‌شود اینست که کدام شش معادله را باید از هفت معادله موجود در هر زیر بخش انتخاب کرد؟

می‌توان اثبات کرد که اگر از روش ماکزیمم کردن تابع بخت برای حل دستگاه معادلات (۷) استفاده شود، نتایج تخمین‌ها مستقل از اینست که کدام معادله از هر زیر بخش حذف شده باشد [1]. لذا دستگاه معادلات ۷۰ معادله و ۱۳۰ مجهول، به ۶۰ معادله و ۱۳۰ مجهول تقلیل می‌یابد.

تقاضای انرژی کل در هریک از زیربخش‌ها و کل صنعت کشور قبلا با استفاده از معادلات (۲) و (۳) تا سال ۱۴۰۰ پیش‌بینی و در جدول ۶ ارایه گردید. لذا با استفاده از الگوی به‌دست آمده در این قسمت و حل آن با استفاده از روش بیشینه‌سازی تابع بخت و تنها با در نظر گرفتن سناریوهای قیمتی مناسب برای حامل‌های انرژی، می‌توان ترکیب بهینه تقاضای تک‌تک حامل‌های انرژی در هر یک از زیر بخش‌های نه‌گانه و کل صنعت کشور را در سال ۱۴۰۰ پیش‌بینی کرد.

٤-۲-۱. سناریوهای قیمتی

همان‌طور که در قسمت قبل توضیح داده شد، برای پیش‌بینی تقاضای تک‌تک حامل‌های انرژی در زیر بخش‌های نه‌گانه و کل‌صنعت کشور درسال ۱۴۰۰، نیاز به‌کل مصرف انرژی زیربخش‌ها و کل صنعت در سال ۱۴۰۰ و سناریوهای قیمتی مناسبی برای بهای هفت حامل انرژی و تعیین ضرائب مجهول دستگاه معادلات همزمان یاد شده خواهیم داشت. در این قسمت به‌انتخاب سناریوهای قیمتی حامل‌های انرژی در بخش صنعت اقدام خواهیم کرد.

در حالت کلی می‌توان برای رابطه (۸) ترکیبی دلخواه از هفت عدد، که مجموعشان یک باشد، را برگزید و آن اعداد را شاخص بهای نرمال‌شده هریک از حامل‌های هفت‌گانه انرژی فرض کرده، سپس مصرف تک تک حامل‌های انرژی را در زیربخش‌ها و کل صنعت کشور به‌دست آورد. البته فرض بر این است که در آینده نیز هفت حامل انرژی یاد شده کل انرژی مورد نیاز فعالیت‌های صنعتی کشور را تأمین کنند و سهم سایر حامل‌های انرژی در نظر گرفته نمی‌شود.

در ارتباط با اولویت‌های مصرف انرژی، دو سناریوی مختلف در نظر گرفته می‌شود:

سناریو اول: نسبت قیمت‌های انواع حامل‌های انرژی در سال ۱۴۰۰ نیز مانند نسبت قیمت‌های آن در سال پایه ۱۳۸۰ باشد. یعنی شاخص همه حامل‌های انرژی به یک میزان کاهش یا افزایش داشته باشند.

سناریو دوم: نسبت قیمت‌های انواع انرژی در سال ۱۴۰۰ برای انواع حامل‌های انرژی برابر باشد. این نسبت‌ها نشان‌دهنده این واقعیت است که قیمت‌های نسبی فرآورده‌های نفت و گاز طبیعی در سال‌های آینده کاهش خواهد یافت که این فرض با توجه به ذخایر موجود کشور غیرمنطقی نیست. این کاهش معادل تبدیل نسبت قیمت‌ها به نسبت قیمت‌های سال ۱۳۸۰ می باشد.

با در نظر گرفتن این دو سناریوی قیمتی برای بهای حامل‌های انرژی و با استفاده از مقادیر پیش‌بینی شده تقاضای انرژی کل در زیر بخش‌ها و کل صنعت کشور در سال ۱۴۰۰، (که قبلا محاسبه گردید و نتایج آن در جدول ۶ ارایه شد)، می‌توان دستگاه معادلات همزمان (۷) را حل نمود و ترکیب بهینه تقاضای تک‌تک حامل‌های انرژی در زیربخش‌ها و کل صنعت کشور طبق طبقه‌بندی آیسیک دو رقمی در سال ۱۴۰۰ را برحسب واحد مشترک انرژی (تراژول)، محاسبه کرد. همچنین با استفاده از ضرائب ارایه شده در جدول ۱، می‌توان ترکیب تقاضای بهینه هر حامل انرژی در کل صنعت و زیربخش‌های آن در سال ۱۴۰۰ را به واحدهای متعارف آنها برگرداند. نتایج این محاسبات در جدول ۷ ارایه گردیده است.

جدول ۷ نشان می‌دهد که ۱۳۲۷۷۹۱ تراژول تقاضای انرژی کل پیش‌بینی شده بخش صنعت در سال ۱۴۰۰، طبق سناریو قیمتی اول، با مصرف ۳۷۵۳۴۰۱۳mwh برق، ۱۴۱۸۳۵۷ 1km گاز طبیعی، ۳۴۸۰۱۲ ton گاز مایع، ۵۲۳۶۶۳ klit بنزین، ۳۱۲۱۰۳۳ klit گازوئیل، ۳۷۱۰۳۲ klit نفت‌سفید و ۱۱۱۵۵۸۶۹ klit مازوت تامین خواهد شد. همچنین

طبق سناریوی دوم، بخش صنعت کشور در سال ۱۴۰۰ به ۳۷۷۰۵۵۸۵ mwh برق، ۱۵۲۷۴۰۱۳ km3 گاز طبیعی و ۳۵۱۲۳۶ ton گاز مایع، ۴۸۰۱۴۷ klit بنزین، ۳۱۴۸۱۷۲ klit گازوئیل، ۳۷۵۹۶۴ klit نفت‌سفید و ۱۱۱۹۸۲۹۵ klit مازوت نیاز خواهد داشت.

جدول ۷. پیش‌بینی ترکیب بهینه تقاضای تک تک حامل‌های انرژی در زیر بخشها و کل صنعت کشور طبق طبقه‌بندی آیسیک دو رقمی در سال ۱۴۰۰

(ماخذ: محاسبات محققین)

کدهای آیسیک	کل تقاضا TJ	مازوت klit	نفت سفید Klit	گازوئیل klit	بنزین klit	گازمایع ton	گاز طبیعی km^3	برق Mwh	سناریوهای قیمتی
کد ۳۱	۱۱۲۸۹۸/۳	۱۲۸۴۱۹۶	۱۹۱۶۴/۰۸	۷۴۱۰۰۵/۱	۴۸۸۲۲/۰۹	۲۸۱۳۰/۹۸	۵۸۲۶۲۹/۳	۲۲۰۷۹۵۳	سناریوی اول
		۱۲۸۴۲۲۵	۱۹۱۴۵/۸	۷۴۱۰۲۶	۴۸۷۵۶/۶۶	۲۸۱۱۷/۶۴	۵۸۲۶۳۴/۷	۲۲۰۷۹۶۶	سناریوی دوم
کد ۳۲	۴۷۶۶۳/۴۱	۴۱۲۷۸۶/۲	۴۹۰۸۹/۴۸	۲۸۶۸۶۷/۱	۲۹۰۲۰/۶	۷۳۸۶/۵۷۵	۲۳۵۴۴۲/۹	۲۳۱۳۱۸۰	سناریوی اول
		۴۱۲۸۴۵/۲	۴۹۱۳۲/۷۳	۲۸۶۹۲۰/۷	۲۸۸۶۴/۶	۷۳۴۲/۳۳۶	۲۳۵۴۴۴	۲۳۱۳۵۶۸	سناریوی دوم
کد ۳۳	۷۱۶۰/۴۵۹	۱۷۱۴۵/۶۲	۴۵۳۷۷/۸۷	۵۸۰۱۵/۶۱	۲۱۷۵/۴۶۴	۸۵۱/۷۱	۲۳۷۰۸/۵۳	۴۴۹۹۳۶	سناریوی اول
		۱۹۲۳۳/۴۹	۴۶۴۶۹/۲۲	۵۹۰۴۷/۷۹	۲۶۰۳/۹	۸۶۵/۵۵	۱۸۸۱۸/۱۵	۴۵۲۲۶۴	سناریوی دوم
کد ۳۴	۱۲۱۵۵۲/۵	۹۰۹۴۷۵/۸	۱۴۲۰۴/۶۸	۳۷۵۶۴۷/۱	۴۶۵۴۴/۷۸	۱۹۱۸۵/۸	۱۹۱۸۵/۸	۶۱۵۸۲۷۲	سناریوی اول
		۹۰۸۸۲۳/۲	۱۴۲۶۸/۰۶	۳۷۶۶۹۹/۱	۴۷۰۰۸/۷۲	۱۹۲۳۵	۱۲۱۰۲۱۲	۶۱۶۱۹۰۹	سناریوی دوم
کد ۳۵	۲۹۱۴۷۳/۲	۱۷۳۶۶۸۴	۷۸۸۱۷/۲۱	۵۷۴۱۰۳/۸	۷۵۸۵۳/۳۱	۱۶۲۶۴۷/۱	۴۶۳۱۱۸۴	۳۳۲۵۲۴۴	سناریوی اول
		۱۷۴۴۹۴۷	۷۹۴۲۵/۴	۵۷۸۰۴۸/۹	۷۶۵۲۲/۵۳	۱۶۳۸۱۳/۶	۴۶۱۵۸۶۱	۳۳۲۵۹۵۶	سناریوی دوم
کد ۳۶	۴۰۰۸۵۸/۳	۶۱۹۲۳۴۵	۸۷۰۴۷/۱۹	۷۷۶۵۹۸/۸	۵۴۲۴۶/۶۱	۸۱۳۷۸/۲۶	۲۴۴۴۱۰۶	۶۵۲۸۸۶۵	سناریوی اول
		۶۲۱۹۱۰۸	۸۷۵۵۰/۴۱	۷۸۰۴۵۷/۷	۵۴۶۹/۳۶	۸۱۸۴۵/۳۷	۲۴۰۹۷۸۱	۶۵۳۸۵۵۸	سناریوی دوم
کد ۳۷	۳۱۰۰۹۵/۴	۴۴۱۷۴۰	۴۲۲۱۳/۱	۵۵۳۰۶/۲	۲۲۸۳۵۳	۲۸۳۶۳/۳	۵۹۴۰۲۳۰	۱۵۱۹۲۷۵۳	سناریوی اول
		۴۴۱۰۸۸	۴۲۵۵۷/۳	۵۵۷۲۷/۵	۲۲۹۹۵۷	۲۸۶۱۲/۱	۵۹۳۱۳۵۵	۱۵۲۶۷۱۷۴	سناریوی دوم
کد ۳۸	۳۵۷۴۰/۴۵	۱۶۱۲۳۸/۲	۳۴۰۹۶/۸۸	۲۴۹۶۴۳/۴	۳۷۹۵۵/۸۹	۱۹۷۸۹/۷۴	۳۰۵۳۱۵/۳	۱۳۴۳۲۰۴	سناریوی اول
		۱۶۷۷۷۱	۳۶۳۴۴/۴۳	۲۶۶۲۱۷/۷	۴۰۲۵۰/۹۲	۲۱۱۱۵/۴۵	۲۶۸۳۸۱/۸	۱۴۲۳۷۲۵	سناریوی دوم
کد ۳۹	۳۴۹/۲۵	۲۵۸/۲۶	۱۰۲۱/۴	۳۸۴۵/۹	۶۹۱/۰۶	۲۷۸/۳۶	۱۷۶۹/۳۱	۱۴۶۰۶	سناریوی اول
		۲۵۴/۲	۱۰۷۱	۴۰۲۷	۷۱۲/۸۱	۲۸۹/۲	۱۵۲۵/۴۶	۱۴۴۶۵	سناریوی دوم
کل صنعت	۱۳۲۷۷۹۱	۱۱۱۵۵۸۶۹	۳۷۱۰۳۲	۳۱۲۱۰۳۳	۵۲۳۶۶۳	۳۴۸۰۱۲	۱۴۱۸۳۵۷۱	۳۷۵۳۴۰۱۳	سناریوی اول
		۱۱۱۹۸۲۹۵	۳۷۵۹۶۴	۳۱۴۸۱۷۲	۴۸۰۱۴۷	۳۵۱۲۳۶	۱۵۲۷۴۰۱۳	۳۷۷۰۵۵۸۵	سناریوی دوم

۵. نتیجه گیری

در این مقاله تقاضای حامل‌های انرژی در فعالیت‌های صنعتی کشور بررسی گردید. به این ترتیب که ابتدا داده‌های مربوط به مصرف حامل‌های اصلی انرژی شامل گاز طبیعی، برق، بنزین، گازوئیل، نفت‌سفید، گازمایع و مازوت در زیربخش‌های صنعت کشور طبق طبقه‌بندی آیسیک دو رقمی و طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰، با استفاده از ضرایب مناسبی به واحد مشترک تراژول تبدیل گردید و سپس به روش‌های تخمین سری‌های زمانی و داده‌های ادغام‌شده به‌ترتیب، ضرائب کشش درآمدی انرژی در کل و در هر یک از زیربخش‌های صنعت کشور، طبق طبقه‌بندی آیسیک، مورد محاسبه قرار گرفت.

در این مدل‌ها نشان داده شد که مطابق با انتظارات تئوریک، رشد ارزش‌افزوده زیربخش‌ها و کل صنعت کشور، تاثیر مثبت و معنی داری روی رشد تقاضای انرژی آنها دارد. به‌طوریکه بیشترین ضریب کشش انرژی در بین مقاطع مدل، در صنایع کانی غیرفلزی (کد ۳۶) و صنایع تولید فلزات اساسی (کد ۳۷) و کمترین آن در صنایع متفرقه (کد ۳۹)، که شامل واحدهای تولید کننده زیور آلات، طلا، جواهر، لوازم تزئینی، موسیقی و ورزشی است، مشاهده گردید. در مدل مربوط به کل تقاضای انرژی بخش صنعت که با استفاده از روش‌های برآورد سری‌های زمانی تخمین زده شد، مشاهده گردید که هرگاه ارزش افزوده بخش صنعت کشور با افزایش یک درصدی مواجه شود، مصرف انرژی در کل صنعت، ۰/۸۵ درصد افزایش خواهد یافت.

با استفاده از مدل‌های یاد شده و با در نظر گرفتن سناریوی رشد تولید سالانه سه درصد در زیر بخش‌های صنعتی کشور، کل تقاضای انرژی تا سال ۱۴۰۰ در تک‌تک زیربخش‌ها و کل صنعت کشور پیش‌بینی گردید. اما با توجه به این‌که این مقادیر پیش‌بینی شده تنها مجموع کل انرژی مورد نیاز فعالیت‌های صنعتی در سال ۱۴۰۰ بود، لذا لازم شد ترکیب بهینه حامل‌های انرژی مورد نیاز زیربخش‌های نه‌گانه و کل صنعت کشور برای تامین مقادیر انرژی کل پیش‌بینی شده نیز مشخص شود. برای این منظور با استفاده از روش بیشینه‌سازی تابع مطلوبیت استون ـ گیری فعالیت‌های صنعتی و حل دستگاه معادلات همزمان مربوطه به روش ماکزیمم‌سازی تابع بخت و با فرض دو سناریوی قیمتی حامل‌های انرژی، مقدار بهینه تقاضای تک‌تک حامل‌های انرژی در صنعت کشور و زیر بخش‌های آن در سال ۱۴۰۰پیش‌بینی گردید.

منابع

۱. عطایی، آبتین. بررسی و برآورد تابع تقاضای حامل‌های انرژی در زیربخش‌ها و کل صنعت کشور طبق طبقه‌بندی آیسیک. رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۳۸۱.

۲. رائو، میلر. اقتصادسنجی کاربردی. ترجمه حمید ابریشمی، سازمان انتشارات سمت، چاپ اول ۱۳۷۰.

۳. صادقی، مهدی. پایداری تقاضا برای انرژی در ایران رساله دکتری، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران، ۱۳۷۷.

۴. شیرازی، زهرا. پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در صنعت منتخب صنایع کانی غیرفلزی. رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۷۶.

۵. طبیبیان، محمد. پروژه تدوین مدل اقتصادسنجی عرضه و تقاضای انرژی کشور. سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۶۷.

۶. طبیبیان، محمد. مباحثی از اقتصاد خرد پیشرفته. انتشارات پیشرو، ۱۳۶۸.

۷. هژبر کیانی، کامبیز. اقتصادسنجی و کاربرد آن. انتشارات ققنوس، چاپ دوم ۱۳۷۷.

۸. بانک‌مرکزی‌جمهوری‌اسلامی‌ایران، گزارش اقتصادی‌و ترازنامه از سال۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰.

۹. مرکز آمار ایران. آمار کارگاه‌های بزرگ صنعتی ایران ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰.

۱۰. وزارت نیرو. ترازنامه انرژی کشور، ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰.

۱۱. سابا. اصول مدیریت انرژی. وزارت نیرو، ۱۳۷۶.

12. Pindyck, Robert. The structure of world Energy Demand. The MIT press, 1979.
13. Layard, P.R.G., Walters, A. Microeconomics Theory. MC Graw Hill, 1978.
14. Carter Hill, R and others. Undergraduate Econometrics. New york: John Wiley and sons Inc., 1997.