فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال دهم / شماره‌ی ۴۵/ تابستان ۱۳۹۴/ صفحات ۱۱۲-۸۳

اندازه‌گیری اثر عوامل برون‌زای غیراقتصادی بر تقاضای انرژی بخش صنعت ایران

مهران امیرمعینی amirmoeini@yahoo.com

عضو هیات علمی موسسه‌ی مطالعات بین‌المللی انرژی

تاریخ دریافت: ۹۲/۵/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۲۷

چکیده

این مقاله به اهمیت مدل‌سازی عوامل برون‌زای غیراقتصادی (روند ضمنی تقاضای انرژی) در تخمین تقاضای انرژی در بخش صنعت ایران می‌پردازد. این عوامل معمولاً دارای سری زمانی نبوده و لذا غیرقابل مشاهده هستند بنابراین با استفاده از رویکرد سری زمانی ساختاری می‌توان این عوامل را الگو کرد و با استفاده از روش‌های فیلتر کالمن و حداکثر درست‌نمایی آن را تخمین زد. با برآورد روند ضمنی تقاضای انرژی (UEDT) می‌توان تخمین دقیق‌تری از کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای انرژی در بخش صنعت نیز داشت. همچنین در این مقاله تلاش شده است که میزان اثر هر یک از عوامل مؤثر بر تغییر تقاضای انرژی در طول دوره مورد بررسی (۱۳۹۱-۱۳۵۳) برآورد گردد. نتایج حاصل از تخمین مدل حاکی از صعودی بودن روند ضمنی تقاضای انرژی است و نشان می‌دهد که عوامل برون‌زای غیراقتصادی منجر به افزایش مصرف انرژی در این بخش شده‌اند و در پیشرفت فنی نقشی در بهبود کارایی مصرف انرژی نداشته است. کشش‌های درآمدی و قیمتی تقاضای انرژی این بخش در کوتاه مدت به ترتیب ۰,۳۳ و ۰,۰۸- تخمین زده‌اند. تغییر تقاضای انرژی که ناشی از تغییر UEDT نیز قابل توجه برآورد شده و نشان می‌دهد که در بسیاری از سال‌های دوره مورد بررسی (۱۳۹۱-۱۳۵۳) اثر آن بیشتر از تغییر ارزش افزوده و تغییر قیمت بوده است. ضمن آن‌که نقش ارزش افزوده در تغییر تقاضای انرژی بسیار بیش‌تر از اثر قیمت برآورد شده است که هماهنگ با برآورد کشش‌های درآمدی و قیمتی تخمین زده شده است.

طبقه‌بندی JEL: Q41, Q43, Q48, C01, C22, C32

کلید واژه: سری زمانی ساختاری، حداکثر درست‌نمایی، فیلتر کالمن، روند ضمنی تقاضای انرژی، خودرگرسیون با وقفه توزیعی

۱- مقدمه

برآورد و پیش‌بینی تقاضای انرژی بخش مهمی از برنامه‌ریزی انرژی، تدوین استراتژی‌ها و سیاست‌های انرژی است. قبل از شوک اول نفتی بخش انرژی به عرضه توجه داشت و هدف، تأمین نیازهای تقاضا از طریق توسعه این بخش بود. پیندایک[1] (۱۹۷۹) اعتقاد دارد که بیشتر مطالعات و تحقیقات تقاضای انرژی در دهه ۱۹۷۰ به منظور درک و شناخت بیشتر از تقاضای انرژی و عکس‌العمل تقاضا به شوک‌های خارج از سیستم انجام شد. در اوائل دهه ۱۹۷۰ میلادی با افزایش شدید قیمت نفت (شوک اول)، انرژی مورد توجه سیاست‌گذاران قرارگرفت و لذا تحقیقات آن به سرعت رشد یافت و پیش‌بینی تقاضا به منظور پیش‌بینی تأمین نیازهای آتی اهمیت ویژه‌ای پیدا کرد. از آن‌جا که نتایج روش‌های پیش‌بینی مورد استفاده دارای انحراف زیاد بود، مدل‌های بسیاری توسعه یافت تا بتواند نیازهای آتی تقاضا را با دقت بیشتری برآورد نماید. برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی نیازمند داشتن اطلاعات تقاضا در مقاطع زمانی مختلف است و لازم است برآوردی از نیازهای آتی تقاضای تجمیع شده انرژی (کل اقتصاد) و همچنین بخش‌های مختلف اقتصادی داشته باشیم.

به‌نظر ویرل و زیروسک[2](۱۹۹۰) جدال میان مهندسین و اقتصاددانان سبب شد تا روش‌شناسی مدل‌سازی تقاضای انرژی توسعه یابد و انواع مدل‌ها نیز برای تحلیل و پیش‌بینی تقاضا توسعه داده شد. هم‌چنین رایان و پلورد[3] (۲۰۰۹) استدلال می‌کنندکه افزایش توان محاسباتی، دسترسی به اطلاعات و آموزش تحلیل‌گران انرژی در طول زمان سبب پیشرفت قابل ملاحظه در مدل‌سازی تقاضای انرژی شده است و لذا امروزه تقاضای انرژی واژه پیچیده‌ای نیست. تحلیل‌عوامل‌مؤثر و تعیین میزان تأثیر آن بر تقاضای انرژی نقش مهمی در سیاست‌گذاری انرژی ایفا می‌کند. بنابراین، در صورتی‌که بتوان برآوردهایی از کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای انرژی داشت امکان سیاست‌گذاری به ویژه از طریق ابزار قیمتی فراهم می‌آید. با به‌کارگیری ابزار و روش‌های مختلف از جمله اقتصادسنجی، می‌توان تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف و کل

1. Pindyck
2. Wirl and Szirucsek
3. Ryan and Plourde

اقتصاد را تخمین زد و سپس به تحلیل عوامل تأثیرگذار و پیشنهادهای سیاستی پرداخت.

بخش صنعت از مهمترین بخش‌های مصرف کننده انرژی است که نقش اساسی نیز در ایجاد ارزش افزوده کشور ایفا می‌کند. برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی در این بخش لازم است عوامل مؤثر بر تقاضای انرژی را شناسایی و تحلیل نمود. با توجه به این‌که تقاضای انرژی در بخش صنعت از یک سو تحت تأثیر عوامل اقتصادی و از سوی دیگر متأثر از عوامل برون‌زای غیراقتصادی است، برای دقیق‌تر شدن تحلیل لازم است این عوامل را در مدل‌سازی تقاضا نیز در نظر گرفت. هدف این مقاله مدل‌سازی عوامل اقتصادی و عوامل برون‌زای غیراقتصادی است و برآورد اثر هر یک از این عوامل در تقاضای انرژی بخش صنعت است.

بنابراین، در بخش دوم به چارچوب نظری تقاضای انرژی می‌پردازیم و سپس در بخش سوم پیشینه موضوع بررسی می‌شود. در بخش چهارم روش شناسی تحقیق ارائه می‌شود. تبیین و تخمین مدل در بخش پنجم صورت می‌گیرد و در بخش ششم به تجزیه نقش قیمت، درآمد و UEDT در تقاضای انرژی می‌پردازیم و در نهایت جمع‌بندی و نتیجه‌گیری خواهیم داشت.

۱. چارچوب نظری

شناخت و درک تقاضای انرژی

برخلاف سایرکالاها، انرژی دارای تقاضای مشتقه[1] است و بنابراین، انرژی به‌خاطرخودش تقاضا نمی‌شود بلکه خدمات (مانندسرمایش،گرمایش و حمل ونقل و...) حاصل از استفاده از انرژی در تجهیزات و ماشین‌آلات و وسایل مختلف مورد تقاضا قرار می‌گیرد(دلاور و هانت[2]، ۲۰۱۱ و بهاتاچاریا و تیمیلسینا[3]، ۲۰۰۹). لذا، می‌توان‌گفت تقاضای انرژی، تقاضای غیرمستقیم است و رضایت خاطر یا خدمات ناشی از بکارگیری

1. Derived demand
2. Dilaver and Hunt
3. Bhattacharyya and Timilsina

ماشین‌آلات و تجهیزات با فرض ثابت بودن سایر شرایط بستگی به شرایط و ویژگی‌های فنی آن‌ها دارد. بنابراین، تکنولوژی نهفته در ماشین‌آلات و تجهیزات، سطح مصرف انرژی مربوط به سرمایه فیزیکی را تعیین می‌کند. لذا، باید گفت که تقاضای انرژی وابسته به تقاضا برای خدمات انرژی و هم‌چنین انتخاب فرآیندهای مصرف انرژی یا وسایل و تجهیزات است. تقاضای برای خدمات مصرف نهایی[1] متأثر از هزینه انرژی است هر چند عواملی مانند تغییرات آب و هوایی، درآمد و ترجیحات مصرف‌کننده نیز در آن نقش دارند. از طرفی تقاضا برای وسایل و تجهیزات بستگی به قیمت نسبی تجهیزات، هزینه نسبی عملیاتی و دسترسی به لوازم و تجهیزات دارد(هانت، ۲۰۰۳).

هارتمن[2] (۱۹۷۹) رفتار تقاضای انرژی را در سه مرحله خلاصه می‌کند. در مرحله اول مصرف‌کننده تصمیم می‌گیردکالای بادوام مصرف‌کننده انرژی را خریداری کند. در مرحله بعدی در مورد ویژگی‌های اقتصادی و تکنولوژیکی این کالا و سوخت مصرفی آن تصمیم می‌گیرد. مرحله سوم مربوط به ترجیحات مصرف‌کننده است که میزان استفاده از کالای خریداری شده را تعیین می‌کند که بر سطح مصرف و تقاضای انرژی اثر می‌گذارد. در کوتاه‌مدت فرض بر این است که میزان سرمایه و تکنولوژی آن ثابت است و لذا رفتار تقاضای انرژی در کوتاه‌مدت و بلندمدت متفاوت خواهد بود. برای مثال یک خانوار تصمیم می‌گیرد که لوازم خانگی جدیدی را با توجه به سطح درآمد خود، محیط زندگی، قیمت کالا و هزینه عملیاتی و مارک آن خریداری کند. انتخاب ویژگی‌های اقتصادی و فنی این کالا بستگی به مقایسه هزینه سرمایه‌ای و عملیاتی، اطمینان، اندازه و راندمان و سایر گزینه‌ها دارد. همچنین شرایط محیطی و منطقه‌ای نیز می‌تواند در انتخاب نوع سوخت و ویژگی‌های کالا اثر گذار باشد. به محض آن‌که خرید کالا انجام شد، موجودی سرمایه در کوتاه‌مدت ثابت خواهد ماند. بنابراین، میزان استفاده از سرمایه بستگی به هزینه سوخت مصرفی، درآمد و سایر خصوصیات خانوار دارد. به اعتقاد هارتمن در تقاضای انرژی بایستی این سه مرحله را با توجه به خصوصیات مصرف‌کننده انرژی، ویژگی‌های فنی و اقتصادی سوخت و کالای سرمایه‌ای و هم‌چنین محیط مورد استفاده در نظر گرفت. با توجه به این‌که مدل‌های تقاضای انرژی در سیاست‌گذاری

1. End-use services
2. Hartman

انرژی اهمیت دارند لازم است متغیرهای کنترلی و متغیرهایی‌که بر تصمیم مصرف‌کننده اثرگذار است را در نظر گرفت. البته رویکردهای متفاوتی برای مدل‌سازی تقاضای انرژی وجود دارد و به نظر رایان و پلورد (۲۰۰۹) تنها یک روش برای مدل‌سازی تقاضای انرژی وجود ندارد و استراتژی مدل‌سازی با توجه به شرایط می‌تواند متفاوت باشد.

در هر زمان مشخص هر مصرف‌کننده موجودی مشخصی از تجهیزات و لوازم را در اختیار داردکه ویژگی و مشخصه‌های عملیاتی خاص خود را دارند (مانند کارایی و هزینه). سطح موجودی به سرعت قابل تغییر نیست و بنابراین عکس‌العمل به هر محرکی از تغییرات رفتاری حاصل می‌شود. (به طور مثال، نرخ استفاده از وسایل و تجهیزات و پذیرش سطح پایین‌تری از راحتی (بهاتاچاریا و تیمیلسینا، ۲۰۰۹). در بلندمدت ممکن است مصرف‌کنندگان تغییراتی در موجودی لوازم و تجهیزات خود ایجاد کنند. همچنین تغییر در شرایط بازار نیز می‌تواند منجر به تغییر در ویژگی تجهیزاتی که مصرف‌کننده خریداری می‌کند، شود. بنابراین، در کوتاه‌مدت عکس‌العمل جزئی خواهد بود در حالی که در بلند مدت عکس‌العمل در طول زمان تجمیع می‌شود. تحلیل تقاضای انرژی با در نظرگرفتن ابعاد مختلف از روش‌های متفاوت صورت می‌پذیرد: رویکرد سنتی اقتصاد به بهینه‌کردن رفتار در چارچوب اقتصاد سنتی نئوکلاسیکی تکیه می‌کند و رویکرد دیگر نیز برپایه مهندسی سنتی شکل گرفته است که محدودیت‌های بهینه‌کردن و رفتار عقلایی را مورد انتقاد قرار می‌دهد (بهاتاچاریا و تیمیلسینا، ۲۰۰۹). این دیدگاه‌های متفاوت سبب شده که در پیشینه موضوع دو نوع رویکرد را شاهد باشیم یکی رویکرد اقتصادسنجی و دیگری رویکرد مهندسی که مصرف نهایی را نشانه گرفته است و البته هر دو رویکرد در طول زمان توسعه یافته و زیرشاخه‌های خود را پیدا کرده‌اند.

حذف اثر پیشرفت‌های فنی در مدل تقاضای انرژی از نقاط ضعف مدل‌های اقتصادی است. برای حل این مشکل تلاش‌هایی صورت‌پذیرفته و با به‌کارگیری متغیر روند سعی شد این مشکل حل شود ولی تحلیل‌گران و پژوهشگران براین باورندکه متغیر روند به دلیل آن که ماهیت معین[1] دارد نمی‌تواند اثرات تکنولوژی را به خوبی لحاظ نماید. برای حل این مشکل "مدل سری زمانی ساختاری[2]" توسط هاروی[1] در سال

1. Deterministic
2. Structural Time Series Model (STSM)

۱۹۸۹ پیشنهاد شد که در آن متغیر روند ساختار تصادفی اختیار می‌کند و در نتیجه می‌توان اثر متغیرهای غیرقابل مشاهده را با استفاده از روش‌های تخمین فیلتر کالمن و حداکثر درست‌نمایی برآورد کرد. در این مقاله تلاش شده است که با به‌کارگیری رویکرد ویژه‌ای از اقتصاد سنجی یعنی مدل سری‌زمانی ساختاری[۲]، تقاضای انرژی در بخش صنعت ایران مدل سازی شود و سپس تخمینی از روند عوامل برون‌زای غیراقتصادی و کشش‌های تقاضای انرژی در این بخش صورت پذیرد و سپس اثر هریک در تغییر تقاضای انرژی برآورد گردد.

تقاضای انرژی در بخش صنعت

از مهم‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی، بخش صنعت است که درکشورهای توسعه یافته سهم عمده‌ای را در تقاضای انرژی نهایی دارد و لذا همیشه مورد توجه تحلیل‌گران انرژی بوده است.

بنا بر نظر برنت و وود[۳] (۱۹۷۵) تقاضای انرژی صنعتی در ابتدا تنها به تولیدات توجه داشت و اثر قیمت بر تقاضا و جایگزینی عوامل و سوخت را در نظر نمی‌گرفت و لذا از توابع ترانسلوگ برای رفع این مشکل استفاده شد. بیشتر این مطالعات در سطح تجمیع شده انجام گرفت و بر تقاضای صنعتی یک کشور یا کشورهای مختلف تمرکز یافت. بسیاری از مطالعات تا اواخر دهه ۱۹۸۰ از این شکل تبعی انعطاف‌پذیر استفاده می‌کردند و ترجیح این شکل تبعی به دلیل پایه تئوریکی آن بود(دال و اردوغان[۴]، ۲۰۰۰).

ادییمی و هانت[۵] (۲۰۰۷) اشاره می‌کنندکه علی‌رغم جهت‌گیری نئوکلاسیکی و نتایج شهودی، این مدل‌ها هماهنگ با داده‌ها نبوده و نادرست می‌باشند. همانطورکه گریفین[۶] (۱۹۹۳) و جونز[۱] (۱۹۹۴) اشاره می‌کنند مشکل اساسی تفاوت بین نتایج

1. Harvey
2. Structural Time Series (STSM)
3. Brendt and Wood
4. Dahl and Erdogan
5. Adeyemi and Hunt
6. Griffin

مطالعات سری زمانی و داده‌های مقطعی[2] و ناموفق بودن مدل‌ها در شناسایی اثرات پیشرفت‌های فنی است. در نتیجه مدل‌سازی اقتصادسنجی مانند مدل ترانسلوگ پویا و مدل لاجیت مورد توجه قرار گرفت. البته این مطالعات به جای آن که به شناخت و درک بهتری از تقاضای انرژی صنعت داشته باشند بیشتر توجه خود را به مناسب بودن اشکال تبعی وتصریح مدل معطوف می‌دارند.

به موازات توسعه رویکرد ترانسلوگ استفاده از مدل‌های لاجیت چند جمله‌ای در مطالعه انرژی مورد توجه بسیار قرارگرفت و عمومیت یافت. مدل لاجیت از تئوری حداکثر مطلوبیت بدست نمی‌آید ولی ویژگی‌های جالب آن باعث جاذبه‌اش شده است (پیندایک، ۱۹۷۹، اورگا و والترز[3]، ۲۰۰۳).

پس از انقلاب رویکرد هم انباشتی[4] در دهه ۱۹۹۰، روند اتکا به معادلات تکی تغییر کرد که نقطه عطفی در تحقیقات اقتصادسنجی شد و سایر روش‌ها کنار گذاشته شد. اغلب این مطالعات تحلیل در سطح تجمیع شده را انجام می‌دادند و از روش تحلیل داده سری زمانی پیشرفته استفاده می‌کردند. ادییمی و هانت (۲۰۰۷) تحولات اقتصادسنجی سنتی در مورد تقاضای انرژی را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که «اجماعی در مورد چگونگی تخمین تقاضای انرژی در بخش صنعت به ویژه در مورد چگونگی لحاظ اثر تغییرات فنی و همچنین سایر عوامل مهم برون‌زا وجود ندارد».

یافته‌های بهاتاچاریا و تیمیسلینا (۲۰۰۹) حاکی از آن است که مطالعات تقاضای انرژی در بخش صنعت عمدتاً در کشورهای توسعه یافته صورت پذیرفته و به این نکته نیز اشاره می‌کنند که بحث تغییر ساختار و بهبود تکنولوژی به میزان کافی مورد توجه قرار نگرفته و توجه معطوف به تخمین کشش‌ها و تصریح بهتر مدل‌ها بوده است. بررسی آن‌ها نشان می‌دهد که درکشورهای در حال توسعه تغییر در ساختار صنعت و تحولات تکنولوژیکی دو عامل مهم و اثرگذار در تقاضای آتی انرژی این بخش هستند و درنظر نگرفتن این نکته در اقتصادسنجی سنتی کمک به تصمیم‌گیری برای توسعه پایدار

1. Jones
2. Cross-sectional
3. Urga and Walters
4. Cointergration

انرژی در آینده را با مشکل مواجه می‌سازد. برون‌یابی روندگذشته زمانی‌که فعالیت‌های جدید ناشناخته ظهور پیدا می‌کنند، کمک چندانی به سیاستگذار نخواهد کرد. البته، می‌توان گفت که در موردکیفیت داده‌ها و دسترسی به سری‌های زمانی بلندمدت به منظور اطمینان از تخمین صحیح پارامترها هنوز هم تردید وجود دارد.

۳- پیشینه تحقیق

کاربرد مدل سری زمانی ساختاری (STSM) در تقاضای انرژی بسیار محدود است. هاروی و کوپمن[1] (1993) با استفاده از رویکرد STSM و با استفاده از پارامترهای متغیر در زمان[2] تقاضای ساعتی برق برای شمال غرب آمریکا را در بازه زمانی ۱۹۸۰-۱۹۹۳ بررسی کردند. هانت و همکاران (۲۰۰۰) اولین تلاش را برای استفاده از STSM به منظور تخمینUEDT [3] (روند ضمنی تقاضای انرژی) برای مصرف نهایی زغال سنگ، نفت، گاز، برق و کل انرژی با استفاده از آمارهای فصلی برای دوره ۱۹۹۵ ـ ۱۹۷۲، داشتند. آنها نتیجه گرفتند که UEDT که متغیری غیرقابل مشاهده است ماهیت تصادفی داشته و آنطورکه مدل‌های قبلی آن را معین در نظر می‌گرفت، نیست به علاوه UEDT تخمین زده شده طی زمان نوسان داشته و بیانگر آن است که تقاضای انرژی تحت تأثیر متغیرهای غیرقابل مشاهده برون‌زا قرار داشته است. هانت و همکاران (۲۰۰۳) کل تقاضای انرژی بریتانیا را با استفاده از STSM برای بخش‌های مختلف بریتانیا و با استفاده از داده‌های فصلی ۱۹۹۷ـ۱۹۷۲ مدل‌سازی کرده و نتیجه گرفتند که متغیر روند، ماهیت تصادفی دارد. دیمیتروپولوس و همکاران[4] (۲۰۰۵) با بکارگیری داده‌های سالانه (۲۰۰۲-۱۹۶۷) تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف بریتانیا را تخمین زدند و نتیجه گرفتند که رویکرد STSM که متغیر روند را به جای معین بودن تصادفی در نظر می‌گیرد، نتایج بهتری ارائه می‌دهد. هانت و نینومیا[5] (۲۰۰۳) مدل‌سازی تقاضای نفت در بخش حمل و نقل برای بریتانیا و ژاپن را با استفاده از STSM و داده‌های فصلی

1. Koopman
2. Time varying parameters
3. Underlying Energy Demand Trend (UEDT)
4. Demitropoulos et al.
5. Ninomiya

۱۹۹۷ـ۱۹۷۱ انجام دادند. بررسی آنها نشان داد که نتایج این مدل در مقایسه با مدل‌هایی که روند را معین در نظر می‌گیرند، بهتر است. آماراویکراما[1] و هانت (۲۰۰۸) تقاضای برق سری‌لانکا را با استفاده از ۶ روش مختلف طی دوره ۲۰۰۳ــ۱۹۷۰ برآورد کردند که یکی از آنها رویکرد STSM بود. نتایج نشان داد که این روش قابل مقایسه با رویکرد هم انباشتگی است ولی به طور ضمنی حاکی از آن بود که STSM تنها روشی است که اجازه می‌دهد روند برون‌زای غیرخطی شناسایی[2] گردد. دورنات و همکاران[3] (۲۰۰۸) تحقیقی را با استفاده از یک مدل فضا حالت[4] چند متغیره در مورد بار- ساعتی- برق فرانسه طی دوره ۲۰۰۴ـ۱۹۹۵ انجام دادند و متغیر روند را تصادفی در نظر گرفتند و نتایج نشان دادکه مدل آنها پیش‌بینی بهتری را برای یک، دو و سه روز پیش رو ارائه می‌دهد ولی برای پیش‌بینی طولانی‌تر نیاز به برخی از تغییرات بود. برورداستاک[5] و هانت (۲۰۱۰) تقاضای نفت بخش حمل و نقل را طی دوره ۲۰۰۷-۱۹۶۰ و با استفاده از STSM تخمین زدند و متغیر جایگزینی را برای کارایی سوخت در مدل خود لحاظ کردند و یافته‌ها حاکی از یک رابطه غیرخطی برای UEDT بود. آگنولوچی[6] (۲۰۱۰) توابع تقاضای انرژی داخلی و صنعت را با بکارگیری روش‌های STSM و OLS تخمین زد وعکس‌العمل قیمتی غیرمتقارن را برای این دو رویکرد طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۷۳ در نظر گرفت. نتیجه نشان می‌دادکه STSM رویکرد کاراتری برای تخمین تقاضای انرژی است.

سلیمان سعد[7] (۲۰۱۱) توابع تقاضای انرژی برای کره‌جنوبی و اندونزی در سطح کلان (تجمیع شده) و بخش خانگی را با استفاده از رویکرد سری‌های زمانی ساختاری برآورد نمود. وی با استفاده از این رویکرد، روند ضمنی تقاضای انرژی که نه‌تنها پیشرفت‌فنی را نشان می‌دهد بلکه بیانگر سلیقه و ساختار اقتصاد نیز می‌باشد را برآورد نموده است. دلاور و هانت (۲۰۱۱) با استفاده از تحلیل سری‌های زمانی ساختاری

1. Amarawickrama
2. Exogenous non-linear trend
3. Doornat et al.
4. State space
5. Broadstock
6. Agnolucci
7. Suleiman Sa'ad

رابطه کل مصرف برق با ارزش افزوده و قیمت در سطح کلان و بخش صنعت را بررسی و سپس تقاضای برق ترکیه راپیش‌بینی کردند.

در ایران نیز امامی‌میبدی و همکاران (۱۳۸۹) به تخمین تابع تقاضای فصلی گازطبیعی با استفاده از روش فیلتر کالمن برای بخش خانگی تهران در بازه زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۰ پرداخته‌اند. در این مطالعه به تأثیرگذاری عوامل‌غیرقابل مشاهده اشاره شده است و برای درنظر گرفتن این اثرات و جلوگیری از اریبی یا تورش[1] در تخمین ضرایب از روش فیلترکالمن استفاده شده است. چیت‌نیس (۱۳۸۴) با استفاده از مدل سری‌های زمانی ساختاری و مفهوم روند ضمنی، کشش قیمتی تقاضای بنزین در ایران را برای سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۸۴ برآورد کرده است و نتیجه می‌گیرد که ماهیت روند در تابع تقاضای بنزین تصادفی است و لذا افزایش کارایی خودروها که حاصل استانداردهای کارایی باشد می‌تواند منجر به کاهش تقاضای انرژی گردد. همچنین آماده (۱۳۹۲) نیز مقایسه‌ای بین مدل هم انباشتگی و مدل سری زمانی ساختاری در تخمین کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای نفت‌گاز در بخش کشاورزی طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۰ انجام داده و نتیجه گرفته است که مدل سری زمانی ساختاری کشش قیمتی را کمتر تخمین می‌زند.

۴. روش شناسی تحقیق

در مدل‌سری زمانی ساختاری، سری زمانی به اجزای مختلف تجزیه می‌شودکه هر یک تفسیر مستقیم دارد. در شکل عمومی مدل سری زمانی ساختاری، متغیر وابسته با یک رگرسیون به روند زمانی[2] و متغیرهای مجازی فصل[3] و حتی سیکل تجزیه می‌شودکه به آن مدل سری زمانی تک متغیره گویند. توسعه مدل تک متغیره به مدل سری زمانی چند متغیره با افزودن متغیرهای توضیحی قابل مشاهده امکان‌پذیر است (هاروی، ۱۹۸۹ و هاروی و شپارد، ۱۹۹۳).

---

۱. تورش در تخمین به مفهوم تخمین بیشتراز اندازه (**Overestimate**) یا کمتر از اندازه (**Underestimate**) کشش‌ها است برای مثال اگر **UEDT** واقعی دارای شیب منفی باشد و در مدل لحاظ نگردد، تخمین کشش درآمدی کمتر از اندازه خواهد بود.

2. Time trend

3. Seasonal dummies

مهمترین ابزار و روش برای تخمین مدل‌های سری زمانی شکل فضا حالت[1] است که در آن حالت سیستم توسط اجزاء غیرقابل مشاهده مانند روندها و فصول نشان داده می‌شود. با در دسترس قرارگرفتن مشاهدات جدید، تخمین اجزاء غیرقابل مشاهده با استفاده از فرآیند فیلترکردن به‌روز شده و در همین حال الگوریتم هموار سازی[2] بهترین تخمین از حالت را در هر نقطه از نمونه ارائه می‌دهد (هاروی و شپارد، ۱۹۹۳).

همانطورکه گفته شد، بطورکلی مدل سری زمانی ساختاری تک متغیره اثرات یک سری زمانی را به روند، سیکل، فصل و جزء نامنظم[3] تفکیک می‌کند و لذا داریم:

$$e_t = \mu_t + \psi_t + \gamma_t + \varepsilon_t \qquad t = ۱,...,T \tag{۱}$$

که در آن μ_t روند، ψ_t سیکل، γ_t فصل و ε_t جزء نامنظم (اخلال) بوده و فرض می‌شود که تمام اجزاء ماهیت تصادفی دارند و باتوجه به بی‌نظمی و اخلال آن‌ها، همبستگی میان آنها وجود ندارد. روند، فصل و سیکل از توابع معین زمان مشتق می‌شوند و جزء نامنظم نیز دارای میانگین صفر و واریانس σ_ϵ^2 است(نوفه سفید[4]) است. از آنجاکه در این مقاله از آمارهای فصلی استفاده نمی‌شود، بنابراین جزء فصل حذف شده است. همچنین متغیرسیکل نیز از مدل حذف شده است زیرا متغیر سطح فعالیت اقتصادی بخش (ارزش افزوده یا تولید) که به عنوان یک متغیر توضیحی در مدل آمده است اثر این متغیر را به خود می‌گیرد. بنابراین معادله (۱) را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$e_t = \mu_t + \varepsilon_t \quad , \quad t = ۱,...,T \tag{۲}$$

لازم به ذکر است که در این مرحله متغیرهای توضیحی وجود ندارد و تنها اجزاء روند را داریم و متغیرهای توضیحی بعداً اضافه خواهد شد.

در یک رگرسیون کلاسیک متغیر روند (μ_t) ماهیت معین[5] دارد یعنی:

$$\mu_t = \alpha + \beta t \tag{۳}$$

امکان تصریح عمومی‌تر آن نیز وجود دارد زیرا μ_t را می‌توان از یک رابطه

1. State space form
2. Smoothing algorithm
3. Irregular components
4. White noise
5. Deterministic

بازگشتی به‌دست آورد:

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta t \qquad (۴)$$

که در این حالت در رابطه (۳) $a = \mu_{t-1}$ است. حال با معرفی جزء تصادفی، روند خطی به روند تصادفی تبدیل می‌گردد:

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t \qquad \eta_t \sim NID(0, \sigma_\eta^2) \qquad (۵)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \zeta_t \qquad \xi_t \sim NID(0, \sigma_\xi^2) \qquad (۶)$$

که در آن η_t و ξ_t همبستگی متقابل ندارند و دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_η^2 و σ_ξ^2 هستند. جزء η_t سطح روند[1] را به بالا و پایین منتقل می‌کند در حالی‌که جزء ξ_t منجر به شیب می‌شود. نوسانات تصادفی با افزایش واریانس بیشتر می‌شود. در صورتی که $\sigma_\eta^2 = \sigma_\xi^2 = 0$ باشد، معادله (۴) به معادله (۳) تبدیل می‌شود و حاکی از آن است که روند ویژگی غیرتصادفی یا معین دارد که خود شکل محدودی از روند تصادفی است. هایپرپارامترهای[2] مدل یعنی σ_η^2 و σ_ξ^2 را می‌توان با استفاده از حداکثر درست‌نمایی تخمین زد و سپس با استفاده از شکل فضا حالت به تخمین اجزاء غیرقابل مشاهده پرداخت. هایپرپارامترهای برآورد شده شکل‌های متفاوتی را برای جزء روند ایجاد می‌کنند که در جدول۱ طبقه‌بندی آن ارائه شده است(هاروی و شپارد[3]، ۱۹۹۳).

جدول۱: شکل‌های مختلف تصریح روند

	سطح ثابت	سطح متغیر
بدون شیب	الف ـ مدل رگرسیون متعارف با سطح ثابت بدون روند زمانی	د ـ سطح نسبی
شیب ثابت	ب ـ مدل رگرسیون متعارف با روند معین	هـ ـ سطح نسبی همراه با مدل جابجایی (drift)
شیب تصادفی	ج ـ مدل روند هموار	و ـ مدل روند نسبی

منبع: هانت و همکاران (۲۰۰۳)

1. Level of Trend
2. Hyperparameters
3. Harvey and Shephard

الف ـ مدل رگرسیون متعارف با سطح ثابت بدون روند زمانی: این مدل مشابه روش تخمین OLS با یک سطح ثابت خواهد بود که در آن خواهیم داشت:

$$\mu_t = a \quad , \quad t = ۱,...,T$$
$$\beta_t = 0 \quad , \quad t = 1,...,T$$

ب ـ مدل رگرسیون متعارف با روند معین: این مدل نیز مشابه تخمین OLS با روند زمانی ثابت است، بنابراین داریم:

$$\mu_t \neq a \quad , \quad \sigma_\eta = ۰$$
$$\beta_t \neq 0 \quad , \quad \sigma_\xi = 0$$

ج ـ مدل روند هموار[1] : این مدل شکل محدودی از مدل روند محلی است که در آن خواهیم داشت:

$$\mu_t = a \quad , \quad t = ۱,...,T$$
$$\beta_t \neq 0 \quad , \quad \sigma_\xi = 0$$

د ـ مدل سطح نسبی[2]: این مدل شکل محدودی از مدل روند محلی است که در آن داریم:

$$\mu_t \neq ۰ \quad , \quad \sigma_\eta \neq ۰$$
$$\beta_t = 0 \quad , \quad t = 1,...,T$$

هـ ـ مدل سطح نسبی با جابجایی[3]: این مدل هم شکلی از مدل روند محلی است که در آن داریم:

$$\mu_t \neq ۰ \quad , \quad \sigma_\eta \neq ۰$$
$$\beta_t = b \quad , \quad t = 1,...,T$$

و ـ مدل روند نسبی[4]: این مدل شکل عمومی جز روند است. هم شیب و هم جز سطح مربوط به روند در طی زمان متغیر است که در آن خواهیم داشت:

$$\mu_t \neq ۰ \quad , \quad \sigma_\eta \neq ۰$$

---

1. Smooth trend model
2. Local level
3. Local level with drift
4. Local trend

$$\beta_t \neq 0 \quad , \quad \sigma_\xi \neq 0$$

شکل و حالت UEDT توسط هایپرپارامترها یعنی واریانس شیب (σ_ξ^2) و واریانس سطح (σ_η^2) و واریانس جزء پسماند نامنظم (σ_ε^2) تعیین می‌شود. همانطور که گفته شد تخمین هایپرپارامترها و سایر پارامترهای مدل توسط ترکیبی از روش حداکثر درست‌نمایی و فیلتر کالمن انجام می‌شود. تخمین معادله پسماندها و مجموعه‌ای از پسماندهای کمکی[1] به ارزیابی مدل کمک می‌کند. پسماندهای کمکی شامل تخمین هموارشده اخلال (پسماندهای نامنظم) مدل، تخمین‌های هموارشده اخلال سطح (پسماند سطح) و تخمین‌های هموار شده اخلال شیب (پسماندهای شیب) است.

برای داشتن ماهیت نرمال در پسماندهای کمکی یا جزء نامنظم، لازم است مداخله‌های[2] شیب و سطح شناسایی شود (کوپمن و همکاران[3]، ۲۰۰۷). بطورکلی این مداخله‌ها اطلاعاتی در مورد شکست‌های مهم و تغییرات ساختاری در یک زمان معین در طول دوره تخمین را ارائه می‌دهد. جزء نامنظم را می‌توان به عنوان اثر ضربه[4] / تکانه توصیف کرد، زیرا تنها اثر موقت و گذرا بر روند دارد و بیانگر عکس‌العمل کوتاه‌مدت است که معمولاً برای در نظر گرفتن یک شوک یا رخداد غیرمنتظره است. البته مداخله‌های سطح و شیب اثر دائمی بر روند برآورد شده دارند و بنابراین اثر آن‌ها در طول دوره تخمین تداوم می‌یابد. به‌طور طبیعی این مداخله‌ها در مدل‌سازی تقاضای انرژی، «تغییرات ساختاری» را نشان می‌دهند که ناشی از برخی عوامل است و در روند تخمین زده شده قابل مشاهده است. اگر هیچ مداخله‌ای وجود نداشته باشد در این صورت روند برآورد شده با μ_t نشان داده می‌شود ولی زمانی که مداخله‌ها وجود داشته باشد آنگاه داریم:

(۷) UEDT= μ_t + مداخله‌های نامنظم / جزء + مداخله‌های سطح + مداخله‌های شیب

در مدل سری زمانی ساختاری چند متغیره، متغیرهای توضیحی به مدل بالا اضافه می‌شوند. برای آن‌که شکل عمومی از این مدل داشته باشیم یک مدل خودرگرسیونی با وقفه توزیعی(ARDL) که همراه با متغیر روند با ماهیت تصادفی است را در نظر

1. Auxiliary residuals
2. Interventions
3. Koopman et al.
4. Pulse effect

می‌گیریم. این مدل با درنظرگرفتن متغیرهای توضیحی‌که هماهنگ با تئوری‌های اقتصادی است، پویایی لازم را نیز به مدل می‌دهد.(هانت و همکاران ۲۰۰۳، ۲۰۱۲) .

با توجه به این‌که در این‌جا هدف تخمین عوامل مؤثر غیرقابل مشاهده (UEDT) و برآوردکشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای انرژی در بخش صنعت است. لذا، مدل عمومی تقاضای انرژی در بخش صنعت به شکل ذیل تصریح شده است:

$$E_t = f(Y_t, P_t, UEDT_t) \qquad (۸)$$

همچنین از شکل توابع تقاضای لگاریتمی- خطی کمک گرفته شده است و برای آن‌که بتوان کشش‌های کوتاه و بلندمدت را تفکیک کرد از تصریح معادله (۸) به شکل ARDL بهره می‌گیریم و لذا خواهیم داشت:

$$A(L)e_t = B(L)y_t + C(L)P_t + UEDT_t + u_t \qquad (۹)$$

که در آن

A(L) : عملگرد وقفه چند جمله‌ای $1-\lambda_1 L-\lambda_2 L^2-\lambda_3 L^3-\lambda_4 L^4$

B(L) : عملگر وقفه چند جمله‌ای $1+\alpha_1 L+\alpha_2 L^2+\alpha_3 L^3+\alpha_4 L^4$

C(L) : عملگر وقفه چند جمله‌ای $1+\varphi_1 L+\varphi_2 L^2+\varphi_3 L^3+\varphi_4 L^4$

e_t : لگاریتم طبیعی تقاضای انرژی دربخش صنعت (E_t)

y_t : لگاریتم طبیعی ارزش افزوده بخش صنعت (Y_t)

p_t : لگاریتم طبیعی قیمت انرژی در بخش صنعت (P_t)

B(L)/A(L) : کشش بلندمدت درآمدی در بخش صنعت

C(L)/A(L) : کشش بلندمدت قیمت در بخش صنعت

$UEDT_t$: مقدار UEDT در زمان t و

u_t : جزء خطای تصادفی

همچنین فرض بر این است که چهار سال وقفه زمانی قادر به لحاظ پویایی است (دلاور و هانت، ۲۰۱۱). برای سطح (μ_t) و شیب (β_t) متغیر UEDT فرآیند زیر وجود دارد:

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_t + \eta_t \quad , \quad \eta_t \sim NID\ (0, \sigma_\eta^2) \qquad (۱۰)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \xi_t \quad , \quad \xi_t \sim NID\ (0, \sigma_\xi^2) \qquad (۱۱)$$

همانطورکه ذکر شددر غیاب مداخله‌ها، تخمین UEDT توسط μ_t انجام می‌پـذیرد و در صورت وجود مداخله‌ها رابطه (۷) برقرار خواهد بود.

بنابراین، از این چارچوب برای تخمین تقاضای انرژی در بخش صنعت استفاده شده است.

تخمین فرآیند توسط فیلترکالمن

همچنان‌که در بالا بحث شد مدل سری زمـانی سـاختاری (STSM) شـامل تجزیـه متغیر وابسته یعنی تقاضای انرژی به اثر متغیرهای توضـیحی (ماننـد قیمـت و درآمـد)، جزء روند و جزء نامنظم است. البته این امکان وجود دارد که مدلی بر پایـه رونـد معـین ساخت ولی زمانی انعطاف وجود دارد که اجازه دهیم روند در طـول زمـان تغییـر کنـد و ماهیت تصادفی به اختیار کند. چارچوب آماری برای مـدلی بـا اجـزا غیرقابـل مشـاهده[1] شکل فضا حالت[2] است و اشاره بـه فضـایی دارد کـه در آن محورهـا، متغیرهـای حالـت هستند و می‌توان حالت یک سیستم را نیز توسط برداری در فضا نمایش داد. شکل فضـا حالت شامل یک معادله سنجش و یک معادله انتقال است، بنابراین خواهیم داشت:

معادله سنجش (۱۲) $$e_t = K_t a_t + G_t \varepsilon_t \quad , \quad t = ۱,۲,...,T$$

معادله انتقال (۱۳) $$\alpha_{t+۱} = T\alpha_t + H\varepsilon_t$$

در این سیستم امکان تغییر T_t, G_t, K_t و H_t در طول زمان وجـود دارد. در شـکل معین ماتریس‌های سیستم ثابت هستند. معادله اندازه‌گیری، بردارحالت غیرقابل مشاهده را به مقادیر عددی قابل مشاهده متغیر وابسته یعنـی e_t مـرتبط مـی‌کنـد. متغیرهـای توضیحی K_t اطلاعات اضافی برای توضـیح تغییـر متغیـر وابسـته ارائـه مـی‌دهـد. اگـر تغییرات در متغیر وابسته تنها توسط متغیرهای مستقل، توضیح داده شوند، آنگـاه جـزء روند به یک جزء ثابت تقلیل پیدا می‌کند. همچنین معادله انتقال، دینامیک و پویـایی را در دوره زمانی تصریح می‌کند و متغیرهای غیرقابل مشـاهده را تخمـین مـی‌زنـد. فیلتـر کالمن، الگوریتم اصلی برای تخمین سیستم‌های پویا در شـکل فضـا حالـت اسـت. ایـن

1. Unobserved components model
2. State space form

فیلتر شامل گروهی از معادلات ریاضی است که راه حل بازگشتی بهینه[1] را ارائه می‌دهد. برای آن‌که مناسب‌ترین تخمین زننده خطی و نااریب از حالت سیستم در زمان t براساس اطلاعات در دسترس در زمان t-۱ و به روزکردن این تخمین‌ها باتوجه به اطلاعات اضافی‌که در زمان t بدست می‌آید، امکان‌پذیرباشد از روش حداقل مربعات استفاده می‌شود (کوپمن، ۲۰۰۳). مهم‌ترین ویژگی فیلتر کالمن توانایی آن برای پیش‌بینی حال و آینده یک سیستم است حتی اگر مشخصات دقیق سیستم مدل شده ناشناخته باشد. پارامترها و هایپرپارامترهای یک سیستم پویا را نمی‌توان از طریق اندازه‌گیری مستقیم به دقت شناسایی کرد، بنابراین اندازه‌گیری‌ها شامل درجه‌ای از نااطمینانی است که با فرآیند تصادفی نشان داده می‌شود. (جالیس[2]، ۲۰۰۹).

پس از آن که مدل تعریف شد، الگوریتم‌های فیلترکردن و هموارسازی در ارتباط با شکل فضا حالت قرار می‌گیرند و می‌توان آن را در حالت‌ها و سیستم ماتریس خطاهای شناخته شده نیز به کارگرفت. مقادیر ناشناخته در این ماتریس‌ها همان پارامترهایی هستند که بایستی برآورد گردند. تخمین پارامتر با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی انجام می‌شود. در تخمین عطفی تخمین‌های نزدیک‌تر (اخیر) توسط مشاهدات دور یک سری زمانی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. البته در صورت وجود تغییر ساختاری، رویکردی که ماهیت معین برای متغیر روند دارد منجر به نااریبی می‌شود. از مزایای فیلترکالمن این است که به جای معین در نظر گرفتن ضرایب، تخمینی از مسیر تصادفی ضرایب را با استفاده از روش‌های بازگشتی می‌دهد. این روش می‌تواند مشکل اریبی تخمین را در زمان شکست ساختاری و تغییرات حل‌کند. (جالیس، ۲۰۰۹)

۵- تبیین و تخمین مدل

بخش صنعت از مهمترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی نهایی است. بخش صنعت در ایران طی چهار سال منتهی به سال۱۳۹۱ به‌طور متوسط ۲۵ درصد از کل تقاضای انرژی نهایی را در اختیار داشت. تقاضای حامل‌های انرژی در بخش صنعت شامل تقاضا برای فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی، زغال سنگ و برق است. روند تقاضای انرژی در

1. Optimal recursive solution
2. Jalles

بخش صنعت طی دوره ۱۳۹۱-۱۳۵۳ حاکی از رشد سریع مصرف است، به‌طوری‌که مصرف انرژی با متوسط نرخ رشد سالانه ۶,۳۶ درصد از ۲۹,۲ میلیون بشکه معادل نفت به ۳۰۳,۷ میلیون بشکه معادل نفت افزایش یافت. طی این دوره مصرف گاز طبیعی با متوسط رشد سالانه ۱۰,۸ درصدی از ۴,۵ میلیون بشکه معادل نفت به ۲۲۱,۸ میلیون بشکه معادل نفت افزایش یافت و لذا سهم آن از ۱۵,۴ درصد در سال ۱۳۵۳ به حدود ۷۳ درصد در سال ۱۳۹۱ رسیدکه حاکی از جایگزینی شدن آن با فرآورده‌های نفتی است. سهم فرآوردهای نفتی نیز طی این دوره از ۷۰,۵ درصد به ۱۳ درصد کاهش یافت ولی، سهم برق در حدود ۱۴ درصد ثابت باقی ماند. جدول ۲ مصرف انرژی بخش صنعت را به تفکیک حامل‌های در مقاطع زمانی متفاوت نشان می‌دهد.

جدول ۲: مصرف انرژی به تفکیک سوخت در بخش صنعت (میلیون بشکه معادل نفت)

	۱۳۵۳	۱۳۶۰	۱۳۷۰	۱۳۸۰	۱۳۹۰	۱۳۹۱	متوسط رشد (۱۳۵۳-۱۳۹۱)
فرآورده‌های نفتی	۲۰,۶	۳۶,۲	۳۴,۸	۵۶,۲	۳۸,۵	۳۹,۵	٪۱,۷۳
گاز طبیعی	۴,۵	۵,۸	۲۶,۲	۵۸,۱	۲۱۴,۳	۲۲۱,۸	٪۱۰,۸
زغال سنگ	*	*	*	۰,۳	۰,۱	۰,۱	*
برق	۴,۱	۴,۷	۸,۴	۲۰,۳	۴۰,۷	۴۲,۳	٪۶,۳۲
جمع کل	۲۹,۲	۴۶,۷	۷۲,۹	۱۳۵	۲۹۳,۶	۳۰۳,۷	٪۶,۳۶

مأخذ: ترازنامه انرژی، وزارت نیرو

* آمار موجود نیست

ارزش افزوده بخش صنعت طی دوره ۱۳۹۱-۱۳۵۳ از ۳۵۷۹۲,۲۲ میلیارد ریال به ۳۲۸۳۷۹,۴ میلیارد ریال (به قیمت ثابت۱۳۸۳) افزایش یافته‌که بیانگر رشد متوسط سالانه‌ای حدود ۶ درصد است. بنابراین رشد مصرف انرژی همگام با رشد تولید این بخش بوده است، هرچند رشد مصرف انرژی اندکی بیشتر از رشد ارزش افزوده است. لازم به ذکر است که آمار مربوط به ارزش افزوده بخش صنعت از گزارش حساب‌های ملی بانک مرکزی استخراج شده است.

قیمت انرژی‌که تابع قیمت حامل‌های انرژی[1] مورد استفاده در بخش صنعت است با در

۱. اطلاعات قیمت سوخت‌ها از ترازنامه انرژی، آمار و اطلاعات شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی استخراج شده است.

نظر گرفتن میانگین وزنی هر یک ازسوخت‌ها محاسبه شده است[۱]. قیمت واقعی انرژی نیـز از تقسیم قیمت اسمی بر شاخص قیمت مصرف‌کننده محاسبه شده است. در برخی از دوره‌هـا شاهدکاهش شدید قیمت واقعی انرژی در این بخش می‌باشیم زیرا، دولـت تنهـا در برخـی از سال‌ها اقدام به افزایش قیمت حامل‌های انرژی نمود و سپس با ثابت نگـه داشـتن آن از یـک سو و تداوم تورم از سوی دیگر شاهد روند نزولی آن می‌باشیم.

همانطورکه ذکر شد عـواملی همچـون تغییـرات فنـی و تغییـرات سـاختاری در بخـش صنعت می‌تواند بر سطح مصرف انرژی این بخش اثرگذار باشد.بنابراین، استانداردهای کـارایی انرژی که در چارچوب سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی تـدوین و اجـرا مـی‌شـوند منجـر بـه بهبود و پیشرفت‌های فنی می‌شود و بر سطح تقاضـای انـرژی صـنعت اثرگـذار خواهـد بـود. همچنین می‌توان به نقش و سهم بنگاه‌های دولتی و خصوصی و تغییرات آن در طـول زمـان اشاره کرد که بر سطح مصرف انرژی‌تأثیرگذار است. البته همانطور که گفتـه شـد بـرای ایـن متغیرها اطلاعات کامل و جامعی که به صورت رسمی منتشر شود در دست نیست.

نتایج مدل

تخمین مدل با استفاده از نرم افزار STAMP 8.2 انجام شده است. برای ارزیابی و پذیرش نتایج اجرای مدل لازم است آزمون‌هایی انجام شود.

برای معیار خوبی برازش از آماره‌های واریانس خطای پیش‌بینی[۲]، نسبت واریانس‌خطـای پیش‌بینی به انحراف میانگین خطای پیش‌بینی[۳] و ضریب تعیین استفاده شده است.

آماره‌های نرمال بودن، کشیدگی[۴] و چولگی[۵] که همگی برای تشخیص نرمال بـودن هایپرپارامترها است، مورد استفاده قرارگرفته‌اند. این آمـاره‌هـا بـه ترتیـب دارای توزیـع تقریبی $\chi^2_{(2)}$ ، $\chi^2_{(1)}$ و $\chi^2_{(1)}$ است.

آماره H(9) نیز نشان دهنده واریانس ناهمسانی است که دارای توزیع F(9,9) است.

r(1) وr(6) ضرایب همبستگی سریالی برای وقفه معادل را نشان می‌دهند که توزیع

---

۱. ابتدا قیمت سوخت‌ها بر اساس بشکه معادل نفت محاسبه گردیده و سپس بر اساس سهم هر یک از سوخت‌ها، متوسط قیمت انرژی در سال‌های مختلف محاسبه شده است.

2. Prediction Error Variance (p.e.v)
3. Prediction Error Mean Deviation
4. Kurtosis
5. Skweness

آن نیز تقریباً نرمال است.

D.W آماره دوربین واتسون است.

Q(6,4) آماره باکس-لیونگ[1] است که دارای توزیع $\chi^2_{(6)}$ است و همبستگی سریالی وقفه‌های مختلف را نشان می‌دهد.

بر اساس نتایج مدل مطلوب برای بخش صنعت ایران، کشش‌های قیمتی و درآمدی به ترتیب حدود ۰,۰۸- و ۰,۳۲ تخمین زده شده است که در بلند مدت افزایش یافته و به ترتیب به به ۰,۱۲- و ۰,۴۶ می‌رسد (جدول ۳). همچنین با توجه به آماره‌های آزمون‌هاکه در جدول ۳ ارائه شده، نتایج مدل برآورد شده، تأیید می‌شود. مدل روند نسبی برای UEDT انتخاب شده و ۵ مداخله در سال‌های ۱۳۵۷، ۱۳۶۶، ۱۳۷۷، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ شناسایی شده است تا نرمال بودن اجزاء اخلال حفظ شوند. لازم به ذکر است که همه آن‌ها به ماهیت شوک داشته‌اند و در حقیقت اثر آن گذرا بوده و سال بعد این اثر خنثی شده و روند گذشته تداوم یافته است.

با توجه به مفهوم پیشرفت فنی در تقاضای انرژی که توسط هانت و همکاران (۲۰۰۳) مطرح شد، سطح تکنولوژی حاصل ترکیبی از عوامل درون‌زا و برون‌زا است. آن‌ها مفهوم پیشرفت فنی در تقاضای انرژی را با معرفی "روند ضمنی تقاضای انرژی" (UEDT) مطرح کردند. به علاوه، با توسعه این مفهوم به نقش سیاست‌های دولت در ارتباط با صرفه‌جویی انرژی و اثر آن بر مصرف بهینه انرژی نیز پرداخته شد (سعد، ۲۰۱۱ و دلاور و هانت، ۲۰۱۱). با اجرای مدل و تخمین پارامترها، روند ضمنی تقاضای انرژی (UEDT) طی دوره ۱۳۹۱-۱۳۵۴آورد گردید که می‌توان روندآن را در نمودار ۱ مشاهده کرد.بر اساس این نمودار،UEDT روند تقریباً صعودی با نوسانات اندک در برخی از سال‌ها را نشان می‌دهد. بنابراین، می‌توان گفت که در طول این دوره انرژی‌بری بخش صنعت افزایش یافته و از انرژی به شکل کارا و بهینه‌ای استفاده نشده است[2]. با توجه به آن‌که طی سالیان گذشته هزینه انرژی نقش مهمی در تصمیم‌گیری و انتخاب سرمایه نداشت بنابراین، ماشین‌آلات و تجهیزاتی که راندمان انرژی بالاتری داشتند نیز مورد توجه بنگاه‌های بخش صنعت قرار نگرفتند.در حقیقت صنایع دادند که انرژی را به دلیل

---

1. Box-Ljung

۲ . روند نزولی حاکی از اثر منفی این متغیر بر تقاضای انرژی است و نشان می‌دهدکه استفاده از انرژی در بخش صنعت بهینه بوده است.

ارزانی آن جایگزین سرمایه کنند و این روند با دولتی بودن بنگاه‌ها تشدید شده است.

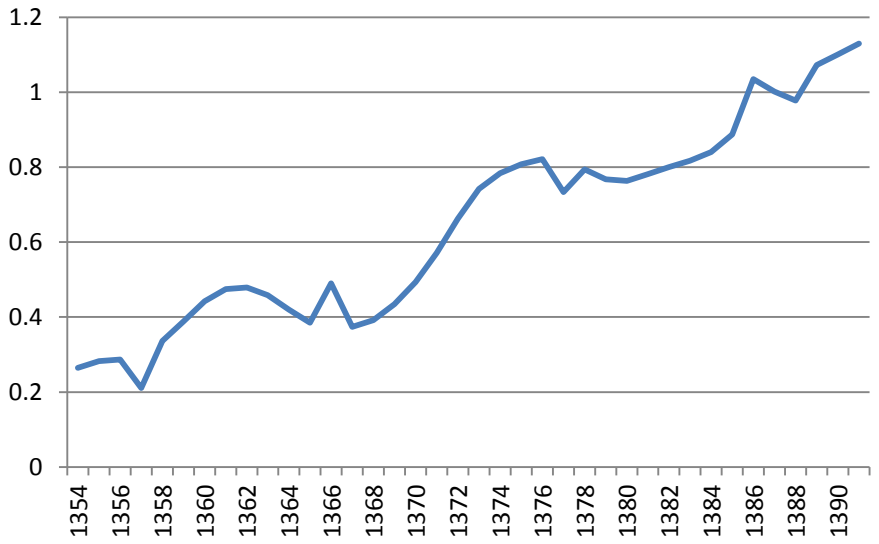
جدول ۳: نتایج تخمین مدل و آزمون‌ها

متغیر وابسته: LENG		
تخمین کشش‌های درآمدی و قیمتی:	کشش کوتاه مدت	کشش بلندمدت
LVADI	۰,۳۲۵ (۴,۲۴۸)	۰,۴۶۴
LPENG	-۰,۰۸۳ (۲,۲۹۷)	-۰,۱۲
LENG-1	۰,۲۹۹۱ (۲,۲۱۹)	-
مداخله‌ها	Irr1357, Irr1366, Irr1377, Irr1386, Irr1388	
تخمین هایپرپارامترها:		
واریانس جزء نامنظم (Irregular)	۰,۰۰۰۳۵	
واریانس جزء سطح (Level)	۰,۰۰۰۱۲	
واریانس جزء شیب (Slope)	۰,۰۰۰۷۷	
ماهیت مدل	مدل روند نسبی (Local Trend Model)	
خوبی برازش:		
$p.e.v$	۰,۰۰۱۷۱۸	
$p.e.v/m.d^2$	۱,۲۲	
R^2	۰,۹۹۷	
R_d^2	۰,۷۰۷	
AIC	-۵,۸۰۲	
BIC	-۵,۳۳۳	
آماره‌های تشخیص:		
۱- جزء خطا		
خطای استاندارد	۰,۰۴۱۵	
نرمال بودن	۰,۶۸۹۹	
واریانس ناهمسانی	۰,۴۳۰	
r(1)	-۰,۰۰۷۰	
r(6)	-۰,۰۹۴۵	
D.W	۱,۹۷۳	
Q(6,4)	۶,۵۲۷	
۲- اجزای خطای کمکی:	نرمال بودن (بومن-شنتون)	
۲-۱- نامنظم	۰,۵۷۳۹	
۲-۲- سطح	۰,۸۹۴۱	
۲-۳- شیب	۰,۷۵۲۷	
محدودیت صفر برای هایپرپارامترها LR(1) :	۱۰,۰۷۵	

منبع: نتایج تحقیق

با افزایش موجودی سرمایه تقاضا برای انرژی افزایش می‌یابد ولی تغییر در ساختار صنعت و سرمایه‌گذاری در صنایع انرژی‌بر می‌تواند رشد تقاضا را متأثر کند. از سوی دیگر به دلیل ساختار غیر رقابتی اقتصاد، ماشین‌آلات کهنه و فرسوده توجیه اقتصادی داشته و مورد استفاده قرار گرفته‌اند و لذا، اقدامات لازم برای افزایش راندمان تجهیزات و ماشین‌آلات و جایگزین کردن آن‌ها صورت نگرفته است.

نمودار۱: روند عوامل برون‌زای غیراقتصادی طی دوره ۱۳۹۱-۱۳۵۴



منبع: نتایج تحقیق

۶. تجزیه نقش قیمت، درآمد و UEDT در تقاضای انرژی

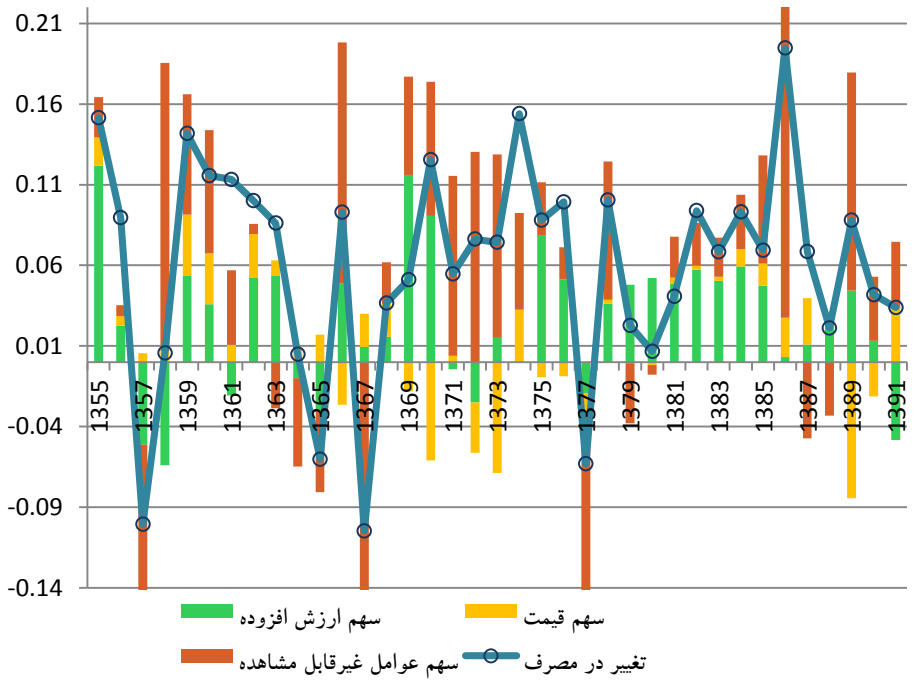
پس از انتخاب و تخمین مدل می‌توان با استفاده از روشی‌که هانت و برواداستوک (۲۰۱۰) و چیت‌نیس و هانت (۲۰۱۱ و ۲۰۱۲) به‌کارگرفتند نقش درآمد، قیمت و UEDT در تغییرات سالانه تقاضای انرژی در بخش صنعت را تفکیک کرد.. بنابراین داریم:

$$\Delta\hat{e}_t = \hat{\alpha}_y \, \Delta Y_{t-1} + \hat{\beta}_P \, \Delta P_{t-1} + \Delta \hat{UEDT}_t \qquad (۱۴)$$

که در آن $\hat{\alpha}_y$ و $\hat{\beta}_P$ به ترتیب کشش‌های درآمدی و قیمتی برآورد شده است و $\Delta\hat{\mathrm{UEDT}}_t$ نیز تخمین UEDT می‌باشد. بنابراین $\hat{\alpha}_y \, \Delta y_t$ و $\hat{\beta}_p \, \Delta p_t$ و $\Delta\hat{\mathrm{UEDT}}_t$ بیانگر نقش و سهم درآمد، قیمت و UEDT در تغییر تقاضای انرژی بخش صنعت

(برحسب لگاریتم) است.

نمودار۲: نقش و سهم هر یک از عوامل در تغییر مصرف انرژی



با توجه به نمودار ۲ می‌توان ملاحظه کرد که در برخی از سال‌ها مانند ۱۳۵۸، ۱۳۶۶، ۱۳۶۷،۱۳۷۷، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۹ نقش و سهم عوامل برون‌زای غیراقتصادی قابل توجه بوده و بسیار بیشتر از نقش قیمت و درآمد است، البته در برخی از سال‌ها این پدیده منجر به کاهش مصرف انرژی شده است و در حقیقت رشد مصرف انرژی را کاهش داده است. به علاوه، نقش ارزش افزوده این بخش در دوره بررسی به جز برخی از سال‌ها بسیار بیشتر از قیمت بوده که تفاوت کشش درآمدی و کشش قیمتی نیز آن را تأیید می‌کند.

به منظور ارزیابی نقش عوامل اثرگذار بر رشد مصرف انرژی، ابتدا دوره بررسی به دوره‌های کوتاه‌تر تقسیم شد و سپس با توجه به تغییرات متغیرها اثر هر یک محاسبه شده است.همانگونه که در جدول ۳ نیز مشاهده می‌شود نقش عوامل غیرقابل مشاهده در متوسط رشد سالانه مصرف انرژی در تمامی دوره‌ها به جز دوره ۱۳۷۰-۱۳۶۰ بیشتر

از قیمت انرژی و ارزش افزوده بخش صنعت بوده است.

جدول۳: سهم درآمد و قیمت و عوامل غیرقابل مشاهده در متوسط رشدسالانه مصرف انرژی (درصد)

دوره	تغییر مصرف	اثر قیمت	اثر درآمد	سهم عوامل غیرقابل مشاهده
۱۳۵۵-۱۳۶۰	۵,۰۴	۱,۲۳	-۰,۰۴	۲,۸۷
۱۳۶۰-۱۳۷۰	۴,۴۵	۰,۰۶	۲,۲۸	۰,۸۲
۱۳۷۰-۱۳۸۰	۶,۱۳	-۰,۶۶	۱,۶۳	۲,۴۲
۱۳۸۰-۱۳۹۱	۷,۹۳	۰,۱۴	۱,۹۸	۳,۴۲
۱۳۵۵-۱۳۹۱	۵,۹۰	-۰,۰۱	۰,۶۳	۲,۳۴

منبع: نتایج تحقیق

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی لازم است شناخت‌کافی از عوامل مؤثر برتقاضای انرژی داشت. به همین منظور ابزارها و روش‌های مختلفی توسعه یافته‌اند تا این نیاز را پاسخگو باشند. لذا، شاهد توسعه و افزایش پیچیدگی در مدل‌های اقتصادسنجی و سری زمانی در طول زمان بوده‌ایم. تکنولوژی نقش تعیین‌کننده‌ای در تقاضای انرژی ایفا می‌کند و این مدل‌ها معمولاً این عامل مهم را در نظر نگرفته‌اند. بنابراین، مدل‌های فنی- مهندسی توسعه یافتند که این مدل‌ها نیز اثر متغیرهای اقتصادی را در نظر نمی‌گیرند. برای حل این مشکل تلاش‌هایی از سوی اقتصاددانان صورت‌پذیرفت و با به‌کارگیری متغیر روند سعی شد این مشکل حل شود، ولی تحلیل‌گران و پژوهشگران براین باورندکه متغیر روند به دلیل آن که ماهیت معین دارد نمی‌تواند اثر پیشرفت‌های فنی را به خوبی لحاظ نماید و لذا برای حل این مشکل "مدل سری زمانی ساختاری" توسط هاروی پیشنهاد شد که در آن متغیر روند ساختار تصادفی می‌گیرد و در نتیجه می‌توان اثر متغیرهای برون‌زای غیرقابل مشاهده را با استفاده از روش‌های تخمین فیلترکالمن و حداکثر درست‌نمایی برآورد کرد.

از آن‌جا که عوامل اقتصادی و غیراقتصادی بر تقاضای انرژی در بخش صنعت ایران اثرگذار است، به‌منظور داشتن تخمینی دقیق‌تر از کشش‌های قیمتی و درآمدی لازم است اثر این عوامل از طریق مدل‌سازی برآورد گردد. با به‌کارگیری رویکرد سری‌زمانی

ساختاری، مدل‌سازی تقاضای انرژی بخش صنعت ایران انجام شد و اثر عوامل غیرقابل مشاهده و کشش‌های درآمدی و قیمتی تقاضای انرژی در بخش صنعت ایران برآورد گردید.

تخمین تقاضای انرژی بخش صنعت با لحاظ عوامل برون‌زای غیراقتصادی، حاکی از آن است‌که این عوامل غیرقابل مشاهده نقش تعیین‌کننده‌ای در تقاضای انرژی صنعت داشته‌اند و لذا تخمین دقیق‌تری از کشش‌های قیمتی و درآمدی نیز انجام شده است. در کوتاه مدت کشش درآمدی ۰,۳۳ وکشش قیمتی (۰,۰۸-) تخمین زده شده است که در بلند مدت به ترتیب به ۰,۴۶ و ۰,۱۲- افزایش می‌یابد. برآورد UEDT نشان می‌دهدکه رشد مصرف انرژی دراین بخش به سرعت افزایش یافته که بیانگر انرژی‌بر شدن این بخش است و بهبود فنی در افزایش کارایی انرژی بخش صنعت تأثیر نداشته است. همچنین، می‌توان گفت که عدم وجود انگیزه در به‌کارگیری تجهیزات و ماشین‌آلات با کارایی بالای انرژی ازیک سو و به‌کارگیری ماشین‌آلات فرسوده در بخش صنعت از سوی دیگر در پدید آمدن این وضعیت نقش داشته‌اند. البته به این عوامل می‌توان نقش تغییرات ساختاری و همچنین وجود بنگاه‌های بزرگ دولتی در این بخش را نیز افزود.

سهم عوامل غیرقابل مشاهده در متوسط رشد سالانه مصرف انرژی در تمامی دوره‌ها به جز دوره ۱۳۷۰-۱۳۶۰ بیشتر از قیمت انرژی و ارزش افزوده بخش صنعت بوده است. ضمن آن‌که اثر ارزش افزوده در تقاضای انرژی بسیار بیش‌تر از اثر قیمتی تخمین زده شده است که همسو با نسبت کشش درآمدی به کشش قیمتی است.

با توجه به پایین بودن کشش قیمتی، کنترل رشد مصرف انرژی تنها با استفاده از ابزار قیمتی امکان‌پذیر نیست بنابراین لازم است سیاست‌های غیرقیمتی نیز هم‌زمان با سیاست قیمتی اجرا گردد تا انگیزه لازم در صنایع مختلف برای اقدامات صرفه‌جویی انرژی ایجاد شود. همچنین ذکر این نکته نیز ضروری است که برای کاهش رشد مصرف انرژی در بخش صنعت لازم است ضمن تغییر در ساختار صنعت، رعایت ضوابط و استاندارهای کارایی مربوط به تجهیزات و ماشین‌آلات توسط صنایع مختلف الزام آور باشد و یک نهاد مستقل نیز اجرا و نظارت آن را به‌عهده گیرد. بنابراین می‌توان با جایگزینی صنایعی که انرژی‌بری‌کمتر و تکنولوژی پیشرفته‌تر دارند با صنایع انرژی‌بر

فعلی، ارزش افزوده بیشتر و مصرف انرژی کمتر داشت.

فهرست منابع

۱- آماده، حمید (۱۳۹۲)، " تحلیل اقتصاد سنجی تقاضای نفت گاز در زیربخش حمل ونقل جاده‌ای- مقایسه رهیافت هم‌انباشتگی و "STSMفصل‌نامه اقتصاد انرژی، شماره۳۹، سال دهم، صفحات ۷۵-۵۱.

۲- اداره حساب‌های اقتصادی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، حساب‌های ملی، (سال‌های مختلف).

۳- امامی میبدی، علی، تیمور محمدی وسیدمحمدحسین سلطان‌العلمایی (۱۳۸۹)، "تخمین تابع تقاضای گازطبیعی به روش کالمن فیلتر (مطالعه موردی تقاضای بخش خانگی شهر تهران)" فصل‌نامه اقتصاد مقداری، شماره ۳، دوره ۷، صفحات ۴۱-۲۳.

۴- امامی‌میبدی، علی، محسن‌خضری و آرش‌اعظمی (۱۳۸۸)، " شبیه سازی تابع تقاضای انرژی در ایران با استفاده از الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات"، مطالعات اقتصاد انرژی، بهار، شماره صفحات ۱۵۹-۱۴۱.

۵- دفتر برنامه‌ریزی انرژی، معاونت امور انرژی، وزارت نیرو، ترازنامه انرژی، (سال‌های مختلف).

۶- چیت‌نیس، مونا (۱۳۸۴)، " برآورد کشش قیمتی تقاضای بنزین با استفاده از مدل سری زمانی ساختاری و مفهوم روند ضمنی"، شماره ۳، سال پنجم، صفحات ۱۶-۱.

۷- عباسی‌نژاد، حسین و یزدان گودرزی فراهانی (۱۳۹۰)، " برآورد NAIRU برای اقتصاد ایران با رهیافت کالمن و هودریک-پرسکات" فصلنامه تحقیقات اقتصادی راه اندیشه"، پاییز، صفحات ۱۶۵-۱۳۵.

۸- حیدری هراتمه، مصطفی (۱۳۸۳)، "روش شناختی الگوهای اقتصاد سنجی ECM، VAR" پژوهش‌های مدیریت راهبردی، شماره ۳۲و ۳۳، صفحات ۲۳۳-۱۹۸.

۹- سهیلی، کیومرث (۱۳۸۲)،"بررسی تطبیقی مدل‌های تقاضای انرژی"، فصل‌نامه پژوهشی دانشگاه امام صادق، شماره ۱۷، صفحات ۱۹۴-۱۵۹.

۱۰- سهیلی،کیومرث (۱۳۸۶)، " الگوهای تقاضا و تحلیل دینامیک تقاضای انرژی در

ایران" پژوهشهای اقتصادی، تابستان، شماره صفحات۸۶-۶۷.

۱۱- مدیریت تأمین و توزیع، شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی، آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی‌زا، ۱۳۹۱.

۱۲- منظور، داوود، علی جدیدزاده و اصغرشاه مرادی (۱۳۸۸)، " مدل سازی تقاضای انرژی خانگی در ایران: رویکرد تابع تقاضای انعطاف پذیر تقریبا ایده‌آل"، مطالعات اقتصاد انرژی، پاییز، شماره صفحات۹۱-۷۱.

۱۳- زرانژاد منصور و فرشید قپانچی(۱۳۸۶)، " برآورد مدل تصحیح خطای تقاضای بنزین در ایران"، پژوهشنامه بازرگانی، بهار، شماره صفحات ۵۲-۲۹.

14- Adeyemi, O. I. and L. C. Hunt, 2007, "Modelling OECD Industrial Energy Demand: Asymmetric Price Responses and Energy-saving Technical Change", Energy Economics, 29, pp. 693-709.

15- Agnolucci, P. (2009). "Stochastic Trends and Technical Change: The Case of Energy Consumption in the British Industrial and Domestic Sectors", The Energy Journal, 31, pp. 111-135.

16- Brendt E. R. and D. O. Wood, (1979)" Engineering and Econometric Interpretatations of Energy-capital Complimentarity" American Economic Review, 69(3), pp. 342-352

17- Broadstock, David C. and Lester C. Hunt (2010), "Quantifying the Impact of Exogenous Non-economic Factors on UK Transport Oil Demand", Energy Policy, Vol. 38, pp. 1669-1565

18- Broadstock, David C. and Alan Collins (2010), "Measuring Unobserved Prices Using the Structural Time-series Model: The Case of Cycling, Transportation Research Part A, 44, pp. 195–200.

19- Bhattacharyya, Subhes C. and Govinda R. Timilsina (2009), "Energy Demand Models for Policy Formulation: A Comparative Study of Energy Demand Models ", Policy Research Working Paper, The World Bank.

20- Chitnis, Mona. and Hunt, L.C. (2012), "Contribution of Economic Versus Non- economic Drivers ? Implication and Forecast to 2020, Applied Energy, 94, pp. 202-214.

21- Chitnis, Mona and Lester C. Hunt (2011) " Modelling UK Household Expenditure: Economic Versus Noneconomic Drivers"Applied Economic Letters, vol. 18, pp. 753-766.

22- Chitnis, Mona and Lester C. Hunt (2009) " What Drivers the Change in UK household Energy Eexpenditure and CO_2 Emission: Economic or Noneconomic Factors" RESOLVE Working Paper Series, 07-09 , University of Surrey, Guilford.

23- Chitnis, M. and Hunt, L.C., 2012, "What Drivers the Change in UK Household Energy Expenditure and Associated CO2 emissions? Implication and Forecast to 2020, Applied Energy, 94, pp. 202-214.

24- Commandeur, J. and Koopman, J., (2007), "An introduction to state space time series analysis" Oxford University Press. New York, USA.

25- Dimitropoulos, John, Lester C. Hunt and Guy Judge (2005), "Estimating Underlying Energy Demand Trends Using UK Annual Data", Applied Economics Letters, 12, pp. 239-244.

26- Dilaver, Zafer and Lester C. Hunt (2011), "Industrial Electricity Demand for Turkey: A Structural Time Series Analysis", Energy Economics, 33, pp. 426-436.

27- Dilaver, Zafer and Lester C. Hunt (2011), "Modelling and Forecasting Turkish Residential Electricity Demand" Energy Economics, 39, pp. 3117-3127.

28- Dilaver, Zafer and Lester C. Hunt (2011), "Turkish Aggregate Electricity Demand: An Outlook to 2020" Energy Economics, 36, pp. 6686-6696.

29- Doornat V. , Koopman SJ. ,Ooms M. , Dessrtaine A. , and Collet J. (2008), "An Hourly Periodic State Space Model for Modelling French National Electricity Load", International Journal of Forecasting; 24; pp. 566-587

30- Erdogan, M. and C. Dahl, 1996, Energy Demand in Turkey, The Journal of Energy and Development, 21(2), pp. 173-188.

31- Griffin, J., 1993, Methodological Advances in Energy Modelling: 1970-90, The Energy Journal, 14(1), pp. 111- 124. This has also appeared in Lesourd et al. (1995) as Chapter 1.

32- Hartman, R. S., 1979, "Frontiers in Energy Demand Modelling", Annual Review of Energy, Vol. 4, 433-66.

33- Harvey, A. C. (1989), "Forecasting, Structural Time Series Model and the Kalman Filter, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

34- Harvey, A. C. and S. Peters (1990), "Estimation Procedures for

Structural Time Series Models" Journal of Forecasting, Vol. 9, pp. 89-108

35- Harvey, A.C. (1997),"Trends Cycles and Autoregression", Economic Journal 107,192–201.

36- Harvey, A.C. and S, J. Koopman (1992), "Diagnostic Checking of Unobserved-components Time Series Models", Journal of Business and Economics Statistics, 10, pp. 377–389.

37- Harvey, Ac. And Shephard, N. 1993, "Structural Time Series Models" In: Maddala GS. Rao, CR. And Vinod. HD. (Eds). Handbook of Statistics, Vol. 11 North Holland, Amsterdam, pp. 261-302.

38- Hunt, L.C., G. Judge and Y. Ninomiya (2003), "Underlying Trends and Seasonality in UK Energy demand: A Sectoral Analysis", Energy Economics, 25, pp. 93–118.

39- Hunt, L.C and Y. Ninomiya (2003), "Unraveling Trends and seasonality: A Structural Time Series Analysis of Transport Oil Demand in the UK and Japan", The Energy Journal, 24, pp. 63–96.

40- Ibrahim B., Hurst c. (1990) " Estimate of Energy and Oil Demand Functions. A Study of Thirteen Developing Countries" Energy Economics, pp. 93-101

41- Jalles, JT. 2009, "Structural Time Series Model and Kalman Filter: A concise review. "FEUNL working paper series wp 541.

42- Jones, C. T., 1994, "Accounting for Technical Progress in Aggregate Energy Demand", Energy Economics, 16, pp. 245-52.

43- Kalman, RE. 1960, " A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems", Journal of Basic Engineering. 82, pp. 35-54

44- Kouris G., (1983) "Energy Demand_Elasticities in Industrialized Countries: A Survey" The Energy Journal; 4 (23); pp. 73-94.

45- Pindyck RS. (1979), "The Structure of World Energy Demand" MIT Press, Cambridge MA.

46- Ryan, D.L. and A. Plourde (2009), "Empirical Modeling of Energy Demand", In: Evans,J. and L. C. Hunt, (Eds.), International Handbook on the Economics of Energy, Edward Elgar, UK, pp.112–143Chapter 6.

47- Sa'ad, Suleiman (2011), "Underlying Energy Demand Trends in South

Korean and Indonesian Aggregate Whole Economy and Residential Sectors", Energy Policy, 39, pp. 40-46.

48- Urga, G. and C. Walters, 2003," Dynamic Translog and Linear Logit Models: A Factor Demand Analysis of Interfuel Substitution in US Industrial Energy Demand", Energy Economics, 25, pp. 1-21.

49- Wirl, F. and E. Szirucsek, 1990, Energy modelling – a survey of related topics, OPEC Review, Autumn pp. 361-378

Measuring the Impact of Non-economic Exogenous Factors on Industrial Energy Demand in Iran

Mehran Amirmoeini[1]

Received: 2013/11/03 Accepted: 2014/12/12

Abstract

This paper tries to demonstrate the importance of non-economic exogenous factors (Underlying Energy Demand Trend) when we estimate the industrial energy demand for Iran. The Structural Time Series Model (STSM) approach is used to model these unobservable factors. The Kalman filter and Maximum Likelihood methods allow us to estimate the value of the UEDT. This approach enables us to obtain more reliable estimates of income and price elasticity as well. We use the derived values of UEDT, and price and income elasticities to evaluate the impact of economic and non-economic exogenous factors on industrial energy demand. The results show that the UEDT has a positive trend and the industrial sector has become more energy intensive over time. The results further indicate that technological improvement and other non-economic exogenous factors have no impact on energy efficiency in the Iranian industrial sector. Our model estimated short run income and price elasticity as respectively 0.33 and 0.08. The UEDT has a great impact on energy demand change over the time spam (1353-1391). This impact is greater than that of the income and price impacts. We also observe that demand for energy in the industrial sector is more sensitive to the level of activities (value added) than price.

JEL Classification: Q41, Q43, Q38, C22, C32

Keywords: Structural time series model, Kalman filter, Maximum Likelihood, Autoregressive distributed lag, Underlying energy demand trend

[1] member of scientific board of Institute for International Energy Studies