فصلنامه اقتصاد کاربردی
سال چهارم/ شماره دوازدهم/ بهار ۱۳۹۲

برآورد تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری ایران: رویکرد مدلسازی غیرخطی

علیرضا حاج ملاعلی کنی[۱] ـ مجید عباسپور[۲] ـ زهرا عابدی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲

چکیده

این مقاله با بکارگیری رویکرد اقتصاد سنجی رگرسیون انتقال ملایم، تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری ایران را به شیوه‌ای پیوسته و غیرخطی مدل‌سازی کرده است. برای این منظور از داده‌های سالانه قیمت واقعی گاز طبیعی و قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری، درآمد، تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی و متوسط دمای هوا طی دوره زمانی ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۸، به عنوان عوامل مؤثر بر تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری استفاده شده است. نتایج تحقیق تبعیت تقاضای گاز طبیعی از الگوی دو رژیمی LSTR1 با لحاظ قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری به عنوان متغیر انتقال را نشان می‌دهد. مدل LSTR1 مکان تغییر رژیم را برابر با ۶۰/۹۵ ریال-مترمکعب قیمت واقعی گاز طبیعی و پارامتر شیب را نیز ۲۷/۶ برآورد کرده است. متغیرهای درآمد، قیمت واقعی برق و تعداد مصرف کنندگان تأثیر مثبت بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری دارند که با عبور از حد آستانه‌ای میزان تأثیرگذاری آن‌ها شدیدتر می‌گردد. از طرفی نیز تقاضای گاز طبیعی رابطه معکوس با قیمت واقعی گاز طبیعی دارد که با ورود به رژیم دوم میزان تأثیرگذاری آن تشدید می‌گردد.

طبقه بندی JEL: Q43 ،K12 ،c33

واژگان کلیدی: تقاضای گاز طبیعی، بخش خانگی و تجاری، قیمت گاز طبیعی، مدل STR

[۱] دانش آموخته دکتری رشته مهندسی انرژی، گروه انرژی دانشکده محیط زیست و انرژی واحد علوم و تحقیقات تهران دانشگاه آزاد اسلامی (مسئول مکاتبات) *alirezahkani@gmail.com*

[۲] عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف

[۳] استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران دانشگاه آزاد اسلامی

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

یکی از مسائل کلیدی دنیای امروز، مدیریت تقاضای انرژی و تلاش در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی و استفاده کارآمد از آن است. بخش خانگی و تجاری یکی از بخش‌های اصلی مصرف کننده‌ی انرژی محسوب می‌گردد که بهبود سطح زندگی مردم مستلزم تأمین امنیت عرضه انرژی مورد نیاز این بخش است. آمار و ارقام ترازنامه‌های انرژی سال‌های مختلف نشان می‌دهند، سهم گاز طبیعی از تأمین انرژی بخش خانگی و تجاری طی دوره ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۸ از یک روند صعودی و شتابانی پیروی کرده است که بیانگر توسعه شبکه داخلی گاز رسانی در کشور و جایگزین شدن گاز طبیعی بجای سایر حامل‌های انرژی در بخش خانگی و تجاری است. اهمیت این مسئله در سال‌های اخیر بیشتر آشکار شده است، به نحوی که در سال ۱۳۸۸ حدود ۶۸ درصد از انرژی مصرف شده در بخش خانگی و تجاری به گاز طبیعی اختصاص یافته است.در کشور ایران وابستگی زیاد بخش خانگی و تجاری در تأمین انرژی خود به گاز طبیعی سبب شده است که تأمین انرژی این بخش در فصول سرد سال به ویژه در مناطق سردسیری کشور با مشکلات زیادی روبرو گردد. این امر علاوه بر آن که تأمین انرژی بخش خانگی را دچار مشکل می‌نماید، سبب می‌شود که تأمین انرژی سایر بخش‌ها از جمله صنعت نیز به مخاطره افتد (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۹). همچنین مصرف بی رویه‌ی داخلی گاز طبیعی، توان صادرات این حامل ارزشمند انرژی و در نتیجه دستیابی به منابع بیشتر ارزی را برای کشور محدود خواهد کرد. به نحوی که صرفاً در سال ۱۳۸۸ میزان صادرات گاز طبیعی ایران از واردات آن بیشتر بوده و در سایر سال‌ها همواره حجم واردات از صادرات گاز طبیعی بیشتر بوده است. این مسئله در حالی است که ایران پس از فدراسیون روسیه دومین دارنده ذخایر گاز طبیعی در جهان به شمار می‌رود (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۸). در توضیح این مسئله نیز باید اشاره کرد که مصرف گاز طبیعی در ایران چندین برابر بیشتر از سطح متوسط مقدار مصرفی جهانی گاز و بالاتر از سطح مصرف پرجمعیت ترین کشورهای دنیا از جمله چین، هند و اندونزی است[۱].

با عطف این مباحث می‌توان اشاره کرد که تأمین انرژی بخش خانگی و تجاری کشور و به ویژه گاز طبیعی، بدون توجه به مباحث بهینه‌سازی و یا عدم تناسب تولید با مصرف مشکلاتی را ایجاد خواهد کرد. برای این منظور لازم است که عوامل مؤثر بر تقاضای گاز طبیعی به دقت مورد بررسی قرار گیرند و در سیاست‌گذاری‌های بخش انرژی و کلان اقتصادی از آن‌ها استفاده گردد. اهمیت بررسی تقاضای انرژی و خصوصا تقاضای گاز طبیعی باعث گردیده است که این موضوع سابقه پژوهشی دیرینه‌ای داشته باشد. ادبیات تجربی بررسی تقاضای گاز طبیعی از دهه ۱۹۷۰ برای کشور امریکا شروع شده است. مطالعات بالسترا و نرلو[۲] (۱۹۶۶)، بلاک[۳] (۱۹۷۹) ، هربرت[۴] (۱۹۸۷) و مادالا و همکاران[۵] (۱۹۹۷) از جمله این مطالعات هستند. در سال‌های اخیر نیز با توسعه ابزارها و تکنیک‌های اقتصادسنجی، مطالعات بیشتری در زمینه مدل سازی تابع تقاضای گاز طبیعی صورت پذیرفته است (سلطان[۶]،۲۰۱۰، ایسیک[۷]، ۲۰۱۰، برنستن و مادلنر[۸]، ۲۰۱۱، پاینه و همکاران[۹]، ۲۰۱۱).

یکی از چالش‌های موجود در زمینه مدل‌سازی و تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی استفاده از تکنیک اقتصادسنجی مناسب و مورد اعتماد است. از آنجایی که در بسیاری از پدیده‌های اقتصادی، رابطه بین متغیرها از یک الگوی غیرخطی و نامتقارن تبعیت می‌کنند. نتایج حاصل از تخمین این طیف از روابط اقتصادی در قالب مدل‌های خطی قابل اعتماد و اتکاء نمی‌باشند. یکی از این پدیده‌های اقتصادی رابطه تقاضای حامل‌های انرژی و از جمله گاز طبیعی با عوامل و متغیرهای تاثیرگذار بر آن است. در حقیقت می‌توان انتظار داشت که رابطه غیرخطی بین تقاضای گاز طبیعی با متغیرهای تاثیر گذار بر آن همچون قیمت سایر عوامل انرژی جایگزین، درآمد و دمای هوا وجود داشته باشد. لذا در سال‌های اخیر بسیاری از مطالعات استفاده از مدل‌های تغییر رژیمی را برای بررسی رفتار غیرخطی و نامتقارن تقاضای حامل‌های انرژی را پیشنهاد کرده‌اند (مورال و ویسنز[۱۰]، ۲۰۰۵، بسیک و فوکایو[۱۱] ،۲۰۰۸، جوتز و میگنن[۱۲]، ۲۰۱۲).

بنابراین هدف از مطالعه حاضر مدل‌سازی غیرخطی تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری کشور با استفاده از مدل رگرسیون انتقال ملایم (STR)[۱۳] است. مدل STR یکی از برجسته‌ترین مدل‌های تغییر رژیمی است که به چند دلیل از مقبولیت ویژه‌ای در مطالعات تجربی برخوردار است: (تراسورتا[۱۴]، ۲۰۰۴) اول، این رویکرد از انعطاف پذیری بالایی در الگوسازی رابطه غیرخطی میان متغیرها برخوردار بوده و در آن تغییر پارامترها در طول زمان به شیوه‌ای پیوسته الگوسازی می‌شوند. دوم، در شرایطی که شکست ساختاری در متغیرها یا روابط میان متغیرها محتمل باشد، نه تنها در چارچوب مدل STR نیازی به وارد کردن متغیر موهومی نمی‌باشد، بلکه نقاط شکست را به صورت درونزا لحاظ می‌کند. سوم، سرعت تعدیل از یک رژیم به رژیم دیگر بر اساس پارامتر شیب به صورت ملایم اتفاق خواهد افتاد و لزوماً با جهش همراه نمی‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

ساختار مقاله در ادامه بدین ترتیب است که در بخش دوم، ادبیات موضوع مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ بخش سوم به روش شناسی تحقیق می‌پردازد؛ بخش چهارم الگوی اقتصاد سنجی و یافته‌های تحقیق ارائه می‌شود و در نهایت در بخش پنجم، نتیجه گیری ارائه خواهد شد.

۲- ادبیات موضوع

۲-۱- مبانی تئوریکی تابع تقاضا

مطالعه تابع تقاضای یک کالا و از جمله تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی، مستلزم تصریح رفتار تبعی آن با تکیه بر پایه‌های تئوریک اقتصادی می‌باشد. بر اساس پایه‌های تئوریک خرد اقتصادی، تابع تقاضای خانوار برای یک کالا از حداکثرسازی تابع مطلوبیت این عاملان اقتصادی نسبت به قید بودجه بدست خواهد آمد که به صورت زیر نشان داده می‌شود (اقبال[۱۵]، ۱۹۸۳):

$$\max: U=U(x_1,x_2,\ldots,x_n,z) \qquad (۱$$

$$i=1,\ldots,n \ \text{s.t:} Y \geq \sum p_i x_i \qquad (۲$$

که در آن x_i میزان تقاضا از کالای iام و p_i قیمت آن است. همچنین Y درآمد مصرف کننده و Z شامل سایر متغیرهای تأثیرگذار است. گاز طبیعی به عنوان یکی از کالاهای مصرفی بخش خانوار در اقتصاد، در حالت عمومی و با تکیه بر چارچوب‌های نظری خرد اقتصادی، می‌تواند دارای فرم تابعی تصریح شده‌ای به صورت زیر باشد (برنستن و مادلنر، ۲۰۱۱):

$$G_t = f(Y_t, P_t, Z_t) \qquad (۳)$$

که در آن G_t میزان مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی است. همچنین Y_t درآمد واقعی، P_t سطح قیمت واقعی گاز طبیعی و Z_t برداری شامل سایر متغیرهای کنترل و توضیح دهنده میزان مصرف گاز خانگی می‌باشند که در فرآیند تعدیل مصرف گاز اثرگذار می‌باشند. بردار متغیرهای Z_t می‌تواند شامل سایر متغیرهای توضیح دهنده همچون متوسط دمای هوا، قیمت سایر حامل‌های انرژی، تعداد مصرف کنندگان و همچنین متغیرهای مجازی مورد نیاز و مفید باشند. با توجه به معادلات (۱) و (۳) و مشتق گیری از تابع لاگرانژ، می‌توان تابع تقاضا را به صورت زیر تصریح نمود:

$$G_t = \alpha_0 Y_t^{\alpha_1} P_t^{\alpha_2} Z_{1t}^{\alpha_3} \ldots Z_{kt}^{\alpha_n} \qquad (۴$$

که در حالت فرم خطی تابع تقاضا با لحاظ لگاریتم متغیرها، معادله (۱) به شکل زیر قابل بازنویسی می‌باشد:

$$\log(G_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \log(Y_t) + \alpha_2 \log(P_t) + \alpha_3 \log(Z_{1t}) + \ldots + \alpha_n \log(Z_{kt}) + \varepsilon_t \qquad (۵$$

که در آن فرض شده است که Z_t شامل k متغیر توضیحی از جمله قیمت برق، متوسط دمای هوا و تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی است که علاوه بر متغیرهای قیمت گاز طبیعی و درآمد، می‌توانند بر تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی تاثیر گذار باشند. قابل ذکر است که شکل-های تبعی مختلف دیگری از تابع تقاضا قابل تصریح می باشد و انتخاب شکل تبعی مناسب به نحوه تعامل و تاثیرگذاری متغیرهای توضیحی بر تقاضای گاز طبیعی بستگی دارد. در حقیقت مطالعات مختلفی نشان داده‌اند که شکل تابع تقاضای گاز می‌تواند خطی، خطی لگاریتمی، فرم غیرخطی درجه دوم و یا به شکل غیرخطی آستانه‌ای با فرآیند انتقال ملایم باشد (پتریک و همکاران[۱۶]، ۲۰۱۰).

۲-۲- پیشینه تحقیق

۲-۲-۱- مطالعات خارجی

مطالعات خارجی به دو دسته تقسیم می‌شوند: گروه اول مطالعاتی هستند که از رویکردها و مدل‌های اقتصاد سنجی خطی در تحقیقات خود استفاده کرده‌اند و گروه دوم از رویکردهای اقتصاد سنجی غیرخطی در مطالعات خود استفاده کرده‌اند.

ابتدا مطالعاتی که از مدل‌های خطی جهت تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی و سایر منابع انرژی استفاده کرده‌اند، به اختصار بررسی می‌شوند. برنستن و مادلنر (۲۰۱۱) تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی کشورهای OECD را به عنوان تابعی از درآمد واقعی، قیمت واقعی گاز و متوسط دمای هوا، با استفاده از مدل ARDL[۱۷] و آزمون همجمعی کرانه‌ها برآورد نموده‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که کشش درآمد واقعی تقاضای گاز کمتر از یک است. همچنین کشش قیمتی تقاضا کمتر از یک است و کشش متوسط دمای هوا بزرگتر از یک بدست آمده است.

پاینه و همکاران (۲۰۱۱) با بهره‌گیری از مدل سری زمانی ARDL و آزمون همجمعی کرانه‌ها، تابع تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی در امریکا را بر حسب درآمد واقعی، قیمت واقعی، متوسط دمای هوا و قیمت واقعی فرآورده های نفتی تخمین زده‌اند. بر اساس نتایج آن‌ها، ضرایب در کوتاه مدت و بلند مدت معنی دار بوده و از طرفی کشش‌های بلند مدت بزرگتر از کشش‌های کوتاه مدت هستند.

پتریک و همکاران (۲۰۱۰) تابع تقاضای انرژی بخش خانگی شامل گاز طبیعی ، نفت، زغال سنگ و الکتریسیته را بر حسب متغیرهای توضیحی درآمد، قیمت منابع انرژی و همچنین متوسط دمای هوا و برای مجموعه‌ای از داده‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

شامل ۱۵۷ کشور در قالب یک مدل خطی تابلویی تخمین زده‌اند. نتایج حاصل شده وجود شواهدی از اثرات غیرخطی دمای هوا بر تقاضای انرژی را گزارش نموده است. همچنین نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که کشش تقاضای انرژی نسبت به دما و همچنین درآمد تحت تاثیر سطح این متغیرها می باشد.

بیگانو و همکاران[18] (۲۰۰۶) با استفاده از رویکرد داده-های تابلویی پویا، اثر متوسط دمای هوا را بر تقاضای انواع منابع چهارگانه انرژی شامل نفت، الکتریسیته، زغال سنگ و گاز طبیعی برای ۲۶ کشور عضو OECD در بخش های مختلف خانگی، تجاری و صنعتی مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج آنها نشان می دهد که متوسط دمای هوا، تنها بر تقاضای بخش خانگی منابع انرژی اثر معنادار دارد و بر تقاضای انرژی در سایر بخش‌ها تأثیر معنی‌داری ندارد.

در ادامه تعدادی از مطالعات خارجی تجربی انجام شده با استفاده از مدل های غیرخطی در زمینه رابطه بین تقاضای انواع منابع انرژی و از جمله تقاضای گاز طبیعی و عوامل تاثیر گذار بر آنها، بررسی شده است. مورال و ویسنز (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای تجربی برای کشور اسپانیا با بهره-گیری از مدل غیرخطی، رگرسیون انتقال ملایم STR، اثرات آستانه‌ای متوسط دمای هوا را بر تقاضای الکتریسیته مورد تحلیل و بررسی قرار داده‌اند. نتایج حاصل از پژوهش آنها نشان می‌دهد که رفتار تابع تقاضای الکتریسیته در کشور اسپانیا از یک الگوی غیرخطی با عطف به رفتار آستانه‌ای دمای هوا پیروی می‌کند.

بسیک و فوکایو (۲۰۰۸) با بکارگیری رگرسیون انتقال ملایم پانلی (PSTR)[19]، رابطه تقاضای الکتریسیته و دمای هوا را برای ۱۵ کشور اروپایی بررسی کرده‌اند. نتایج آنها وجود رابطه غیرخطی بین تقاضای الکتریسیته و متوسط دمای هوا را برای بیشتر کشورهای مورد بررسی تایید کرده است. از سویی دیگر بر اساس نتایج حاصله، الگوی غیرخطی در مناطق گرمسیر اروپایی از نتایج با سطح اطمینان بیشتر و معناداری بالاتری نسبت به مناطق سردسیر برخوردار است.

اسلان[20] (۲۰۱۱) در مطالعه ای برای ۵۰ ایالت امریکا وجود رفتار غیرخطی و مانا را در مسیر زمانی مصرف گاز مورد بررسی قرار داده است. بر اساس نتایج آزمون غیرخطی بر پایه الگوی انتقال ملایم ESTAR ، در حدود ۶۰ درصد از داده های مورد استفاده مصرف گاز طبیعی مربوط به ایالت‌های امریکا، رفتار غیرخطی دیده می‌شود. از سویی دیگر، بر اساس نتایج آزمون ریشه واحد غیرخطی، در داده‌های سری زمانی مصرف گاز طبیعی ۲۷ ایالت روند نامانا و در داده‌های سری زمانی ۲۳ ایالت روند مانا با لحاظ رفتار غیرخطی مشاهده گردیده است.

جوتز و میگنن (۲۰۱۲) رابطه غیرخطی بین قیمت انواع حامل های انرژی شامل قیمت نفت، گازطبیعی و الکتریسیته را در چارچوب مدل رگرسیون انتقال ملایم پانلی مورد مطالعه و بررسی قرار داده‌اند. بر اساس نتایج آزمون هم جمعی، رابطه مثبت و معنادار بین قیمت نفت با قیمت گاز و زغال سنگ وجود دارد. با این حال نتایج آنها از وجود رابطه منفی بین قیمت نفت با قیمت الکتریسیته حکایت دارد. از طرفی نتایج تخمین مدل PSTR نشان می‌دهد که پروسه تعدیل بلندمدت قیمت نفت غیرخطی است و از یک فرآیند نامتقارن تبعیت می‌کند.

۲-۲-۲- مطالعات داخلی

لطفعلی پور و باقری (۱۳۸۲) تابع تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی شهر تهران را بر پایه یک الگوی خطی سری زمانی برآورد نموده‌اند. بر پایه نتایج حاصل از تخمین، تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی در شهر تهران دارای کشش قیمتی پایین است. همچنین متغیر متوسط دمای هوا دارای تاثیر معنادار بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی در شهر تهران است. از سویی دیگر بر اساس نتایج، کشش درآمدی تقاضا معنی دار و کمتر از واحد است.

میبدی و همکاران (۱۳۸۹) به منظور تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی شهر تهران از رهیافت مدل های حالت فضا و فیلتر کالمن استفاده کرده اند. کشش های قیمتی و درآمدی تقاضا در این مطالعه، به ترتیب ۰/۰۹۸- و ۰/۱۱۴ برآورد شده است.

کشاورز حداد و میرباقری جم (۱۳۸۶) با بکارگیری مدل خطی ساختاری سری زمانی و با بکارگیری فیلتر کالمن و روش تخمین حداکثر راستنمایی، تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری را برای ایران برآورد نموده‌اند. بر پایه نتایج آنها، کشش مصرف سرانه گاز طبیعی نسبت به دما ۰/۲۶- و کشش های بلند مدت قیمتی و درآمدی ۰/۱۳- و ۰/۱۷ بدست آمده است.

آذربایجانی و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای، تابع تقاضای گاز طبیعی را در بخش صنعت را بر پایه الگوی سری زمانی خطی تصحیح خطا و مدل خودرگرسیونی با وقفه‌های توضیحی برآورد نموده‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد که کشش قیمتی تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت معنی‌دار نمی‌باشد. همچنین با توجه به معنی‌داری و علامت کشش متقاطع قیمت فرآورده های نفتی، فرآورده‌های نفتی مکمل گاز طبیعی در بخش صنعت تعیین گردیده است. از

Archive of SID

www.SID.ir

طرفی دیگر کشش درآمدی تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت در ایران، معنی دار و مثبت است.

در یک جمع‌بندی می‌توان اشاره کرد، اگرچه تبعیت تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری ایران از یک الگوی غیرخطی محتمل به نظر می‌رسد، اما در مطالعات داخلی انجام شده این امر لحاظ نشده یا حداقل مورد آزمون قرار نگرفته است. در توضیح این مسئله می‌توان بیان کرد که در صورت وجود رابطه غیرخطی در الگوی تقاضای گاز طبیعی، بررسی و تصریح این رفتار در چارچوب مدل‌های خطی ممکن است نتایج غیر قابل اتکاء را ارائه نماید. بنابراین در راستای مرتفع نمودن این مشکل مطالعه حاضر با استفاده از رویکرد رگرسیون انتقال ملایم تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری کشور را مورد آزمون و بررسی قرار می‌دهد. لذا به نظر می‌رسد مطالعه حاضر، اولین پژوهشی باشد که رفتار غیرخطی تقاضای گاز طبیعی را در کشور مورد مطالعه قرار داده است.

۳- روش شناسی تحقیق

در این مطالعه به منظور مدل‌سازی رفتار غیرخطی تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری از مدل رگرسیونی انتقال ملایم استفاده می‌شود که توسط تراسورتا و اندرسون (۱۹۹۲)[۲۱] و تراسورتا (۱۹۹۴ و ۱۹۹۸) ارائه و گسترش یافته است. بر خلاف مدل‌های TR[۲۲] که از تابع نشانگر[۲۳] جهت کنترل پروسه تغییر رژیم استفاده می‌کنند، در مدل STR از توابع نمایی[۲۴] و لاجستیک[۲۵] برای این منظور استفاده می‌شود. این مدل‌ها جهت تحلیل سیکل‌های نامتقارن متغیرها بسیار مناسب هستند و مطالعات زیادی نشان داده‌اند که برای بررسی پویای غیرخطی متغیرها به خوبی مکانیسم تغییر رژیم را برازش می کنند (ون دجیک و تراسورتا[۲۶]، ۲۰۰۲). در حقیقت، مدل STR با استفاده از متغیر انتقال و مقدار پارامتر شیب ارتباط غیرخطی میان متغیرها را به شیوه‌ای پیوسته مدل‌سازی می‌کند، به نحوی که انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر به آرامی و در طول زمان اتفاق خواهد افتاد. مدل رگرسیونی انتقال ملایم به صورت معادله رگرسیونی کلی زیر تصریح می‌گردد:

$$y_t = \pi' z_t + \theta' z_t F(s_t,\gamma,c) + u_t \qquad (۶$$

که در آن z_t برداری شامل متغیرهای برونزای مدل؛ π بردار پارامترهای خطی؛ θ بردار پارامترهای غیرخطی مدل و u_t جزء باقیمانده است که فرض می‌شود به صورت یکسان و مستقل با میانگین صفر و واریانس ثابت ($u_t \approx iid(0,\sigma^2)$) توزیع شده‌اند. همچنین تابع انتقال $F(s_t,\gamma,c)$ می‌تواند به صورت لاجستیک و یا نمایی در قالب روابط زیر تصریح گردند.

$$F(s_t,\gamma,c) = \left[\frac{1}{1+\exp(-\gamma(s_t-c))} - \frac{1}{2}\right] \qquad (۷$$

یا :

$$F(s_t,\gamma,c) = \left[1-\exp(-\gamma(s_t-c))^2\right] \qquad (۸$$

به طوریکه رابطه (۷) تابع انتقال لاجستیک را به نمایش می گذارد و رابطه (۸) بیانگر تابع انتقال نمایی می‌باشد. در توابع انتقال فوق S_t بیانگر متغیر انتقال است؛ γ پارامتر شیب است و C نشان دهنده حد آستانه‌ای یا محل وقوع تغییر رژیم است. در صورتی که پارامتر شیب γ که بیانگر سرعت انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر می‌باشد به سمت بی نهایت میل کند، مدل STR به یک مدل آستانه‌ای TR تبدیل می‌شود، بدین معنی در صورتی که متغیر انتقال بزرگتر از حد آستانه‌ای باشد ($s_t > c$) تابع انتقال برابر یک (F=1) می‌شود، از سوی دیگر درصورتی که $s_t < c$ مقدار تابع انتقال برابر با صفر (F=0) خواهد بود. همچنین در صورتی که مقدار پارامتر شیب به سمت صفر میل کند، مدل STR به یک مدل خطی تبدیل خواهد شد. البته شایان توجه است که حالت‌های فوق، حالت‌های حدی مدل می‌باشند.

فرآیند تخمین مدل رگرسیونی انتقال ملایم (STR) بدین صورت است که در گام نخست تصریح مدل پایه خطی مورد مطالعه تعیین می‌شود. سپس وجود رابطه غیرخطی در مدل پایه آزمون می‌شود و بر اساس آن در صورت اثبات وجود رابطه غیرخطی، متغیر انتقال مناسب و تعداد دفعات تغییر رژیم انتخاب می‌شوند. در گام دوم با استفاده از الگوریتم نیوتن-رافسون[۲۷] و روش حداکثر درست نمایی، مدل STR انتخاب شده تخمین زده می‌شود و در نهایت آزمون‌های تشخیصی جهت حصول اطمینان از دستیابی به نتایج قابل اتکاء انجام می‌شوند.

اگرچه آزمون خطی بودن در مدل STR می‌تواند با آزمون فرضیه صفر $H_0 : \gamma = 0$ یا $H_0 : \theta = 0$ انجام شود. اما از آنجایی که مدل STR تحت فرضیه صفر دارای پارامترهای مزاحم نامعین[۲۸] است، آماره‌های آزمون هر دو فرضیه فوق غیراستاندارد هستند. برای فائق آمدن بر این مشکل، لونکن[۲۹] (۱۹۹۸) استفاده از تقریب تیلور تابع انتقال را پیشنهاد کرده است. برای این منظور از تقریب سری تیلور مرتبه سوم تابع انتقال $F(s_t,\gamma,c)$ بر حسب پارامتر γ حول مقدار $\gamma = 0$ استفاده می‌شود. بر این اساس معادله رگرسیونی (۶) به شکل زیر قابل بازنویسی می‌باشد:

Archive of SID

www.SID.ir

(۹

$$y_t = \pi' z_t + \theta' z_t F_\gamma(s_t, \gamma = 0, c) + \theta' z_t \gamma^2 F_{\gamma\gamma}(s_t, \gamma = 0, c) + \theta' z_t \gamma^3 F_{\gamma\gamma\gamma}(s_t, \gamma = 0, c) + u_t$$

با جایگذاری مقدار $\gamma = 0$ و ساده سازی مشتقات مرتبه اول تا سوم تابع انتقال، بر حسب اینکه متغیر انتقال s_t جزو دسته متغیر های z_t باشد و یا نه، می‌توان به یکی از رگرسیون های کمکی زیر دست پیدا کرد:

اگر متغیر انتقال s_t جزو دسته متغیرهای z_t باشد، در اینصورت شکل ساده شده رابطه (۹) به صورت زیر خواهد بود:

$$y_t = \beta_0' \tilde{z}_t + \beta_1' \tilde{z}_t s_t + \beta_2' \tilde{z}_t s_t^2 + \beta_3' \tilde{z}_t s_t^3 + v_{1t} \quad (۱۰$$

که در آن $z_t = (1, \tilde{z}_t)'$ می باشد. در حالتیکه متغیر انتقال s_t جزو دسته متغیرهای z_t نباشد، آنگاه صورت ساده شده معادله رگرسیونی (۹) به صورت زیر خواهد بود:

$$y_t = \beta_0' z_t + \beta_1' z_t s_t + \beta_2' z_t s_t^2 + \beta_3' z_t s_t^3 + v_{2t} \quad (۱۱)$$

می‌توان فرض صفر خطی بودن رابطه بین متغیر وابسته با متغیرهای توضیحی را در مقابل فرض جایگزین یعنی وجود رابطه غیرخطی میان متغیرها را به صورت آزمون ضرایب زیر انجام داد:

$$H_{01} : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0 \quad (۱۲)$$

آماره آزمون فوق دارای توزیع F است.

در صورت غیرخطی بودن رابطه بین متغیرها همچنانکه قبلا اشاره گردید، باید مدل غیرخطی مناسب انتخاب گردد. جهت انتخاب مدل مناسب سه آزمون ضرایب با فروض صفر زیر ارائه شده است. آماره این آزمون‌ها نیز دارای توزیع F می‌باشد.

$$H_{02} : \beta_1 = 0 | \beta_2 = \beta_3 = 0 \quad (۱۳)$$

$$H_{03} : \beta_2 = 0 | \beta_3 = 0 \quad (۱۴)$$

$$H_{04} : \beta_3 = 0 \quad (۱۵)$$

آماره آزمون های فوق را به ترتیب با F_2, F_3, F_4 نشان می دهیم. رد H_{03} بدین معنی است که مدل بهینه یا از نوع مدل LSTR2 و یا به صورت مدل ESTR می‌باشد. که با آزمون فرضیه $H_0 : c_1 = c_2$ می توان از بین LSTR2 و ESTR یکی را انتخاب نمود. به طوریکه رد فرض صفر این آزمون به معنی این است که مدل بهینه LSTR2 است و طبیعتاً عدم رد این فرضیه نیز مدل ESTR را پیشنهاد می‌دهد. از سویی دیگر رد فروض H_{02} و H_{04} بدین معنی است که مدل بهینه LSTR با یک بار تغییر رژیم (LSTR1) است. جهت انتخاب متغیر انتقال مناسب از بین کاندیداهای مختلف و قابل قبول برای این متغیر، متغیری انتخاب می‌شود که به ازای آن آماره F قدرت بیشتری در رد فرضیه صفر آزمون‌های فوق را داشته باشد. در نهایت همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، مدل غیرخطی انتخاب شده بر اساس الگوریتم نیوتن رافسون تخمین زده می‌شود.

آزمون‌های تشخیصی نیز پس از برازش مدل غیرخطی، بر روی پسماندهای حاصل از این مدل صورت می پذیرد. این آزمون‌ها شامل آزمون خودهمبستگی سریالی، ناهمسانی واریانس، آزمون باقی نماندن رفتار غیرخطی بر روی پسماندها[۳۰] و آزمون ثبات پارامترها و ضرایب[۳۱] در رژیم های مختلف، جهت بررسی میزان قدرت مدل غیرخطی در برازش رفتار و رابطه غیرخطی بین متغیرها است.

۴- الگوی اقتصاد سنجی، تجزیه و تحلیل داده‌ها و یافته‌های تحقیق

۴-۱- الگوی اقتصاد سنجی

مبانی تئوریک تابع تقاضا و مطالعات تجربی عواملی نظیر درآمد، قیمت کالا، قیمت کالاهای جانشین و مکمل و و مواردی از این قبیل را در برآورد تابع تقاضای گاز طبیعی معرفی کرده‌اند. از این‌رو در مطالعه حاضر مدل تابع تقاضا با لحاظ متغیرهای مختلف برآورد شده که نتایج نهایی آن‌ها بر اساس سطح معنی‌دای متغیرها و آماره‌های تشخیصی مرسوم برای ارزیابی یک مدل، همانطور که در پیوست (ب) ملاحضه می‌گردد، یک الگوی تجربی به صورت زیر است:

$$\lg as_t = \alpha_0 + ly_t + lpgas_t + lpelec_t + \ln_t + ltem_t \quad (۱۶$$

که در آن $\lg as_t$ مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری بر حسب میلیون متر مکعب، ly_t تولید ناخالص داخلی بر اساس قیمت‌های ثابت سال ۱۳۷۶ و بر حسب میلیارد ریال، $lpgas_t$ قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری بر حسب ریال/مترمکعب، $lpelec_t$ قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری بر حسب ریال/کیلووات ساعت، $\ln_t$ تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی و $ltem_t$ متوسط دمای هوا بر حسب درجه سانتی گراد می‌باشند. لازم به ذکر است که از داده‌های سالیانه طی دوره زمانی

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳۵۱ تا ۱۳۸۸ استفاده شده و تمامی متغیرها به صورت لگاریتمی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. شایان بحث است که انتخاب دوره زمانی متأثر از میزان دسترسی به آمار و اطلاعات می‌باشد، به نحوی که آمارهای مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی از سال ۱۳۵۱ در دسترس است. اگرچه حجم مصرف گاز طبیعی در سال‌های اولیه دوره مورد مطالعه ناچیز است، اما به دلیل اینکه در مدل‌های سری زمانی برای دستیابی به نتایج قابل اتکاء نیاز به حداقل حجم نمونه ۳۰ داده است، آمارهای مربوط به مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری در تمامی سال‌های در دسترس مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به این مهم که مدل STR بر اساس مقدار متغیر انتقال رابطه میان متغیرها را به شیوه‌ای غیرخطی مدل‌سازی می‌کند، میزان مصرف کمتر گاز طبیعی در سال‌های اولیه نتایج کلی را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. قیمت واقعی گاز طبیعی و برق بر اساس ترازنامه-های انرژی وزارت نیرو از طریق تقسیم قیمت اسمی گاز طبیعی و برق بر شاخص قیمت مصرف کننده سال ۱۳۷۶ محاسبه شده است. همچنین شایان توجه است که به دلیل در دسترس نبودن کل درآمد خانگی و تجاری از تولید ناخالص داخلی به عنوان متغیر جایگزین[۳۲] استفاده شده است.

۴-۲- تجزیه و تحلیل داده‌ها

در جدول شماره (۱) آماره‌های توصیفی مربوط به متغیرهای بکار رفته در مطالعه حاضر ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، به استثنای متغیر متوسط دمای هوا (tem_t)، تفاوت میان مقدار کمینه و بیشینه تمامی متغیرها قابل توجه است. همچنین نکته قابل بحث روند نزولی قیمت واقعی برق و گاز طبیعی است، به نحوی که مقدار بیشینه آن مربوط به سال‌های ابتدایی دوره مورد مطالعه است و مقدار کمینه آن‌ها مربوط به سال‌های اخیر است. در طرف مقابل مصرف گاز طبیعی و تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی طی دوره زمانی مورد مطالعه رشد شتابان و شدیدی داشته که آماره‌های کمینه و بیشینه این مسئله را به وضوح نشان می‌دهد.

در ادامه ماتریس همبستگی میان متغیرها بررسی شده که نتایج آن در جدول شماره (۲) گزارش شده است. همان-طور که مشاهده می‌شود متغیرها عموماً در سطح بالایی معنی‌دار شده و دارای علامت‌های قابل انتظار هستند. به عنوان مثال میان قیمت واقعی گاز طبیعی و مصرف گاز طبیعی همبستگی قوی و معکوس وجود دارد. قیمت گاز و قیمت الکتریسیته نیز همبستگی مثبت و بالایی باهم دارند، بدین معنی که افزایش قیمت گاز طبیعی توأم با افزایش قیمت الکتریسیته است. میان مصرف گاز طبیعی و تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی نیز همبستگی مثبت و قوی وجود دارد.

جدول (۱). آماره‌های توصیفی متغیرها طی دوره زمانی ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۸

متغیر	میانگین	میانه	بیشینه	کمینه
gas_t	۱۳۳۲۵/۰۹	۴۲۰۹/۵۰	۴۸۶۸۸/۵	۱۲/۰۱
y_t	۳۰۰۵۹۶/۶	۲۷۵۱۷۵/۹	۵۵۱۶۶۳	۱۳۸۵۱۶
$pgas_t$	۵۳/۱۲	۳۸/۴۰	۱۵۰	۱۸/۳۳
$pelec_t$	۶۸/۴۱	۵۲/۷۱	۱۶۹/۱۶	۲۴/۳۱
n_t	۳۲۱۵۲۴	۲۳۰۶۲۰	۹۷۳۶۰۷	۲۸۲۰۶
tem_t	۱۷/۷۸	۱۷/۶۳	۲۰/۱۲	۱۶/۳۳

ماخذ: نتایج تحقیق

جدول (۲). ماتریس همبستگی بین متغیرها

	gas_t	y_t	$pgas_t$	$pelec_t$	n_t	tem_t
gas_t	۱					
y_t	۰/۶۱	۱				
$pgas_t$	-۰/۸۵	-۰/۴۸	۱			
$pelec_t$	-۰/۸۷	-۰/۵۸	۰/۹۱	۱		
n_t	۰/۸۷	۰/۷۱	-۰/۸۳	-۰/۸۷	۱	
tem_t	۰/۳۶	۰/۳۷	-۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۳۷	۱

ماخذ: نتایج تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

۴-۳- یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در بحث روش‌شناسی نیز اشاره شد، پیش از تخمین مدل نهایی STR، باید نسبت به غیرخطی بودن الگوی اقتصاد سنجی مورد مطالعه اطمینان حاصل کرد و در صورت وجود رابطه غیرخطی متغیر انتقال مناسب و مدل STR بهینه جهت مدل‌سازی تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری انتخاب گردد. نتایج گزارش شده در جدول (۳) نشان می‌دهند، در حالاتی که تولید ناخالص داخلی (ly_t) و متوسط دمای هوا ($ltem_t$) به عنوان متغیر انتقال در نظر گرفته شوند، رابطه غیرخطی میان متغیرها وجود ندارد. اما در حالاتی که متغیرهای قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری ($lpgas_t$) و قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری ($lpelec_t$) به عنوان متغیر انتقال لحاظ شوند، تابع تقاضا از مدل غیرخطی LSTR 1 تبعیت می‌کند و در حالتی که تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی (ln_t) به عنوان متغیر انتقال در نظر گرفته شود، نتایج مدل LSTR2 را پیشنهاد می‌کنند. از آنجایی که در نظر گرفتن قیمت واقعی گاز طبیعی به عنوان متغیر انتقال، باعث می‌شود تا فرضیه صفر خطی بودن با قدرت بیشتری رد شود، مدل LSTR1 و قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری به عنوان متغیر انتقال، به منظور تصریح رفتار غیرخطی تابع تقاضای گاز طبیعی انتخاب می‌شوند.

در مرحله بعد، پس از حصول اطمینان از وجود رفتار غیرخطی میان متغیرهای مورد مطالعه، مدل LSTR1 با متغیر انتقال قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری (lpgas)، برآورد شده که نتایج حاصل از آن در جدول (۴) گزارش شده است.

جدول (۳). آزمون خطی بودن، انتخاب متغیر انتقال و نوع مدل

مدل پیشنهادی	احتمال آماره F_2	احتمال آماره F_3	احتمال آماره F_4	احتمال آمارهF	متغیر انتقال
Linear	5/15e-02	4/51e-01	-	-	ly
LSTR 1*	1/95e-06	1/24e-02	3/41e-04	1/7e-08	lpgas
LSTR 1	1/5e-06	1/57e-02	2/44e-01	2/29e-05	lpelec
Linear	4/36e-01	8/15e-01	-	-	ltem
LSTR 2	5/30e-04	8/69e-05	5/41e-04	1/76e-08	lN

توجه: × بیانگر مدل بهینه انتخاب شده می‌باشد.

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول (۴). برآورد مدل LSTR1

برآورد قسمت خطی مدل			
متغیر	ضریب	آماره t	احتمال
ly	۱/۰۰	۲/۹	۰/۰۰۸
lpgashc	-۰/۱۲	-۲/۴	۰/۰۲
lpelechc	۰/۱۸	۱/۹۹	۰/۰۵
ltem	-۰/۵۹	-۰/۴۵	۰/۶۵
lN	۰/۹۲	۶/۲۶	۰/۰۰۰
Constant	-۱۴/۴۴	-۳/۳۶	۰/۰۰۲
برآورد قسمت غیرخطی مدل			
متغیر	ضریب	آماره t	احتمال
ly	۱/۶۲	۱/۷۴	۰/۰۹
lpgashc	-۳/۲۲	-۲/۷۴	۰/۰۱
lpelechc	۸/۰۴	۳/۹۶	۰/۰۰
ltem	-۶/۴۸	-۱/۱۳	۰/۲۷
lN	۱۸/۷۱	۷/۷۴	۰/۰۰
Constant	-۲۲۱/۹	-۴/۳۵	۰/۰۰۲
(آنتی لگاریتم ۶۰/۹۵ ریال-مترمکعب) ۴/۱۱ = حد آستانه‌ای (C)			
۲۷/۶= پارامتر شیب (γ)			

توجه: مقدار حد آستانه‌ای ۴/۱۱ به صورت لگاریتمی می‌باشد که آنتی لگاریتم آن برابر با ۶۰/۹۵ ریال/متر مکعب قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری است.

مأخذ: نتایج تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

همان‌طور که مشاهده می‌شود، محل تغییر رژیم یا حد آستانه‌ای برابر با ۴/۱۱ برآورد شده که مقدار آنتی لگاریتم آن معادل ۶۰/۹۵ ریال-مترمکعب قیمت واقعی گاز طبیعی است. بدین معنی که در صورتی که قیمت واقعی گاز طبیعی از ۶۰/۹۵ بیشتر باشد، تغییر رژیم اتفاق خواهد افتاد و رفتار متغیرها وارد رژیم دوم خواهد شد. پارامتر شیب نیز معادل ۲۷/۶ است که بیانگر سرعت بسیار زیاد انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر است. در حقیقت پارامتر شیب ۲۷/۶ بیان می‌کند که مدل STR به صورت تقریبی مشابه مدل‌های رگرسیون آستانه‌ای (TR) عمل می‌کند. همچنین ضرایب برآورد شده در هر دو قسمت خطی و غیرخطی نیز نشان می‌دهند که به استثنای ضرایب متوسط دمای هوا، ضرایب سایر متغیرها معنی‌دار می‌باشند.

نتایج برآورد ضرایب جدول شماره (۴) در قالب معادله تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت به طور خلاصه به صورت زیر تصریح می‌شود:

مثبت lpelec بر مصرف گاز طبیعی نیز بیانگر وجود ارتباط جانشینی میان گاز طبیعی و برق در بخش خانگی و تجاری است، به طوریکه افزایش در قیمت برق منجر به افزایش مصرف گاز خواهد شد. متغیر قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری نیز رابطه معکوس با تقاضای گاز طبیعی دارد که مطابق انتظارات تئوریکی است. در رژیم حدی دوم (F=1)، یعنی حالتی که قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری بیشتر از ۶۰/۹۵ ریال-مترمکعب است، متغیرهای مورد بررسی علامت‌های مشابه رژیم حدی اول را دارند، با این تفاوت که قدر مطلق میزان تأثیرگذاری آن‌ها بر مصرف گاز طبیعی به شدت افزایش یافته است. اما همان‌طور که در بحث روش تحقیق عنوان شد، دو حالت فوق رژیم‌های حدی هستند و آنچه در عمل اتفاق خواهد افتاد مابین دو رژیم حدی فوق است. در واقع ضرایب متغیرها باتوجه به مقدار متغیر انتقال، حد آستانه‌ای یا مکان وقوع تغییر رژیم و پارامتر شیب تغییر می‌یابند و یکسان نیستند.

$$\lg as_t = [-14.44 + 1.00ly_t - 0.12lpgas_t + 0.18lpelec_t + 0.92\ln_t - 0.59ltem_t] + [-221.9 + 1.62ly_t - 3.22lpgas_t + 8.04lpelec_t + 18.71\ln_t - 6.48ltem_t] \times [1 + \exp(-27.6(q_t - 4.11))]^{-1}$$

همانطور که مشاهده می‌شود مدل دارای دو رژیم متفاوت حدی است، یک رژیم مربوط به حالتی است که مقادیر متغیر انتقال (lpgas) کمتر از حد آستانه‌ای ۴/۱۱ هستند و رژیم دوم مربوط به حالتی است که مقادیر متغیر انتقال (lpgas) بیشتر از حد آستانه‌ای ۴/۱۱ می‌باشند. لذا تابع انتقال $F(s_t,\gamma,c)$ برای دو حالت حدی، F=0 و F=1 به صورت زیر تصریح می‌شوند:

پیش از پرداختن به نحوه‌ی تغییر ضرایب متغیرها با توجه به مقدار متغیر انتقال، نمایش نموداری متغیر انتقال در مقابل حد آستانه‌ای ۴/۱۱ می‌تواند به فهم مطالب مطرح شده در خصوص تغییر رژیم کمک کند. همان‌طور که در نمودار (۱) مشاهده می‌گردد (نمودار ۱ در پیوست الف آورده شده است)، الگوی رفتاری تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری ایران در سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۵۷ مطابق رژیم دوم بوده، در سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۰ مطابق رژیم

رژیم حدی اول F=0 :

$$\lg as_t = -14.44 + 1.00ly_t - 0.12lpgas_t + 0.18lpelec_t + 0.92\ln_t - 0.59ltem_t$$

رژیم حدی دوم F=1 :

$$\lg as_t = -236.34 + 2.62ly_t - 3.34lpgas_t + 8.22lpelec_t + 19.63\ln_t - 7.7ltem_t$$

نتایج رژیم‌های حدی فوق نشان می‌دهند، در رژیم اول (F=0) یعنی حالتی که قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری کمتر از ۶۰/۹۵ ریال-مترمکعب است، متغیرهای تولید ناخالص داخلی (y)، قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری (lpelec) و تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی، تأثیر مثبت بر مصرف گاز طبیعی دارند. تأثیر

اول، مجدداً در سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۴ مطابق رژیم دوم و در نهایت از ۱۳۶۵ به بعد مطابق رژیم اول رفتار کرده است. این امر نیز به دلیل بالاتر یا پایین‌تر بودن مقدار متغیر انتقال از مکان آستانه‌ای است. نزولی بودن قیمت واقعی گاز طبیعی در دوره مورد مطالعه نیز متأثر از این واقعیت است که قیمت اسمی گاز طبیعی به دلیل اختصاص یافتن مقدار

Archive of SID

www.SID.ir

قابل توجه‌ای یارانه به آن، بسیار کمتر از شاخص قیمت مصرف کننده افزایش یافته است. لذا برآیند آن‌ها منجر به نزولی بودن قیمت واقعی گاز طبیعی شده است.

از آنجایی که یکی از ویژگی‌های برجسته مدل STR این است که ضرایب متغیرها با توجه به مقدار متغیر آستانه و پارامتر شیب که بیانگر سرعت تعدیل از یک رژیم به رژیم دیگر می‌باشد، در طول زمان یکسان نبوده و تغییر می‌یابند. در نمودارهای شماره (۲) تا (۶) ضرایب متغیرهای مؤثر در تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری ترسیم شده است. (نمودارهای ۲ تا ۶ در پیوست آمده است) نمودارهای (۲)، (۴) و (۶) نشان می‌دهند که با عبور از حد آستانه‌ای، به ترتیب متغیرهای تولید ناخالص داخلی، قیمت واقعی برق و تعداد مصرف کنندگان تأثیر مثبت و شدیدتری بر تقاضای گاز طبیعی دارند. در طرف مقابل نمودارهای (۳) و (۵) نشان می‌دهند که متغیرهای قیمت واقعی گاز و متوسط دمای هوا با عبور از حد آستانه‌ای تأثیر منفی شدیدتری بر تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری دارند.

در آخرین مرحله به منظور حصول اطمینان از قابل اتکاء بودن نتایج حاصل شده، آزمون‌های تشخیصی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج جدول (۵) نشان می‌دهند که فرضیه صفر عدم وجود خودهمبستگی سریالی بر اساس آماره F رد نشده است. همچنین نتایج سایر آزمون‌های تشخیصی در جدول (۶) نشان می‌دهند که در مدل برآورد شده، ناهمسانی واریانس وجود ندارد و رابطه غیرخطی باقیمانده‌ای که بتوان در مدل ایجاد کرد نیز مشاهده نمی‌شود. نتایج آزمون یکسان بودن ضرایب تخمینی در رژیم‌های مختلف نیز نشان می‌دهد که فرض صفر آزمون مبنی بر ثبات ضرایب و پارامترهای مدل در دو رژیم مختلف رد می‌شود و این نتیجه بر متغیر بودن ضرایب متغیرهای توضیحی در دو رژیم مختلف دلالت می‌کند.

در نهایت نمودار در (۷) نیز روند واقعی و برازش شده مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری بر اساس مدل LSTR1 در طول دوره زمانی مورد بررسی ترسیم شده است. (نمودار ۷ در فایل پیوست آورده شده است) این نمودار نشان می‌هد که رفتار تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری با دقت بالایی توسط مدل LSTR1 برازش شده است. بنابراین با توجه به نتایج آزمون‌های تشخیصی ذکر شده و مقایسه روند واقعی و برازش شده مصرف گاز طبیعی توسط مدل LSTR1 می‌توان گفت که نتایج حاصل شده قابل اتکاء است و مدل LSTR1 با لحاظ قیمت واقعی گاز طبیعی به عنوان متغیر انتقال، تصریح مناسبی از الگوی تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری ایران است.

۵- نتیجه گیری

طی سال‌های اخیر تبعیت رفتار تابع تقاضای انرژی از یک الگوی غیرخطی در مطالعات تجربی متعددی مورد آزمون قرار گرفته و نتایج آن‌ها غالباً بر وجود رابطه غیرخطی تأکید می‌کنند. از این‌رو، عدم توجه به محتمل بودن رفتار غیرخطی تقاضای انرژی و برآورد آن بر اساس مدل‌های خطی منجر به حصول نتایج غیر قابل اعتماد و اتکاء می‌گردد. با این وجود در مطالعاتی که تقاضای انرژی و به ویژه تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری کشور ایران را

جدول (۵)×. آزمون همبستگی سریالی پسماندها

احتمال	df2	df1	F آماره	وقفه
۰/۵۴	۲۲	۱	۰/۱۹	۱
۰/۵۹	۲۰	۲	۰/۴۶	۲
۰/۵۳	۱۸	۳	۰/۳۹	۳
۰/۴۸	۱۶	۴	۰/۲۷	۴

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول (۶). نتایج آزمون های تشخیصی

احتمال	آمارهF	آزمون
۰/۳۳	۱/۱۹	آزمون ناهمسانی واریانس
۰/۱۷	-	آزمون نبود رابطه غیرخطی باقیمانده
۰/۰۰	۲۱/۷	آزمون ثابت بودن پارامترها

مأخذ: نتایج تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

مورد بررسی قرار داده‌اند به این مهم توجه نشده است. بدین جهت مطالعه حاضر با استفاده از رویکرد اقتصاد سنجی رگرسیون انتقال ملایم به عنوان یکی از برجسته‌ترین مدل‌های تغییر رژیمی، تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری کشور را به شیوه‌ای پیوسته و غیرخطی مدل‌سازی کرده است. برای دستیابی به این هدف از متغیرهای قیمت واقعی گاز طبیعی و قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری، درآمد، تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی و متوسط دمای هوا، به عنوان عوامل مؤثر در تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی و تجاری کشور طی دوره زمانی ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۸ استفاده شده است.

نتایج تحقیق قویاً بر وجود رابطه غیرخطی میان متغیرهای تحقیق دلالت می‌کند و به منظور مدل‌سازی این رابطه غیرخطی، الگوی LSTR1 و قیمت واقعی گاز طبیعی را به عنوان متغیر انتقال پیشنهاد نموده است. نتایج تخمین مدل LSTR1 مقدار ۶۰/۹۵ ریال-مترمکعب قیمت واقعی گاز طبیعی را به عنوان مکان تغییر رژیم یا حد آستانه‌ای معرفی کرده و پارامتر شیب نیز که بیانگر سرعت تعدیل از یک رژیم به رژیم دیگر می‌باشد نیز ۲۷/۶ برآورد شده است. دو رژیم حدی نیز نشان می‌دهند که متغیرهای درآمد، قیمت واقعی برق و تعداد مصرف کنندگان در هردو رژیم حدی تأثیر مثبت بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری دارند، با این تفاوت که شدت تأثیرگذاری آن‌ها در رژیم دوم افزایش می‌یابد. اما قیمت واقعی گاز طبیعی رابطه معکوس با مصرف آن دارد که شدت آن در رژیم دوم بیشتر خواهد شد. متوسط دمای هوا نیز بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری تأثیر معنی‌داری ندارد.

در مجموع می‌توان گفت که قیمت گاز طبیعی، می‌تواند به عنوان یک متغیر سیاستی در راستای کاهش یا افزایش مصرف گاز طبیعی ایفای نقش کند. از سوی دیگر بر اساس نتایج حاصل شده برق نیز جانشین گاز طبیعی است، به نحوی که افزایش قیمت برق منجر به افزایش مصرف گاز طبیعی می‌شود. در همین راستا، تأثیر آزادسازی قیمت حامل‌های انرژی بر مصرف گاز طبیعی بستگی به نحوه تغییرات قیمت واقعی حامل‌های انرژی دارد و صرف افزایش قیمت اسمی نمی‌تواند تعیین کننده باشد. از سوی دیگر با توجه به اینکه ضریب تأثیرگذاری قیمت واقعی برق بر مصرف گاز طبیعی بسیار بزرگتر از ضریب تأثیرگذاری قیمت واقعی گاز طبیعی است، در صورت افزایش یکسان در قیمت این دو حامل انرژی انتظار بر افزایش مصرف گاز طبیعی است.

منابع:

۱- لطفعلی پور، محمد رضا ، باقری ، احمد (۱۳۸۲) ، تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی مصارف خانگی شهر تهران، فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران، شماره ۱۶، ۱۵۱-۱۳۳.

۲- امامی میبدی ، علی ، محمدی ، تیمور ، سلطان العلمایی، سید محمد هادی، (۱۳۸۹) ، تخمین تابع تقاضای داخلی گاز طبیعی به روش فیلتر کالمن (مطالعه موردی تقاضای بخش خانگی شهر تهران) ، فصلنامه اقتصاد مقداری ، دوره ۷، شماره ۳، ۲۳-۴۱.

۳- کشاورز حداد، غلامرضا ، میرباقری جم ، محمد (۱۳۸۶) ، بررسی تابع تقاضای گاز طبیعی (مصرف خانگی و تجاری) در ایران، پژوهش های اقتصادی ایران، سال نهم ، شماره ۳۲، ۱۳۷-۱۶۰.

۴- آذربایجانی ، کریم ، شریفی ، علیمراد ، شجاعی ، عبدالناصر (۱۳۸۶) ، تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت کشور ، مجله توسعه و سرمایه ، سال ۱، شماره ۱، ۴۷-۷۰.

1- Aslan, A. (2011), does natural gas consumption follows a nonlinear path over time? Evidence from 50 US states, Renewable and Sustainable Energy Review, Vol. 15, Issue.9, pp. 4466-4469.

2- Balestra, P., and M. Nerlove. (1966). Pooling Cross Section and Time Series data in the Estimation of a Dynamic Model: The Demand for Natural Gas. Econometrica, Vol. 34, pp. 585- 612.

3- Bernestein, R. and Madlener, R. (2011), residential natural gas demand elasticity's in OECD countries: an ARDL Bound testing approach, working paper, E. ON Energy Research Center.

4- Bessec ,M. and Fouquau , J. (2008) , The nonlinear link between electricity consumption and temperature in Europe: A threshold panel approach, Energy Economics, Vol. 30, Issue 5, pp. 2705–2721.

5- Bigano, A., F. Bosello and G. Marano. (2006), Energy demand and Temperature: A Dynamic Panel Analysis, Working Papers with number 2006.112.

6- Bloch, F.E. (1979). Residential Demand for Natural Gas. Journal of Urban Economics, Vol. 7, pp. 371-83.

7- Herbert, J.H. (1987). Data Matters: Specification and Estimation of Natural Gas Demand per Customer in the Northeastern United States. Computation Statistics and Data Analysis 5:67-78.

8- Iqbal, M. (1983), Residential demand for electricity and natural gas in Pakistan, The

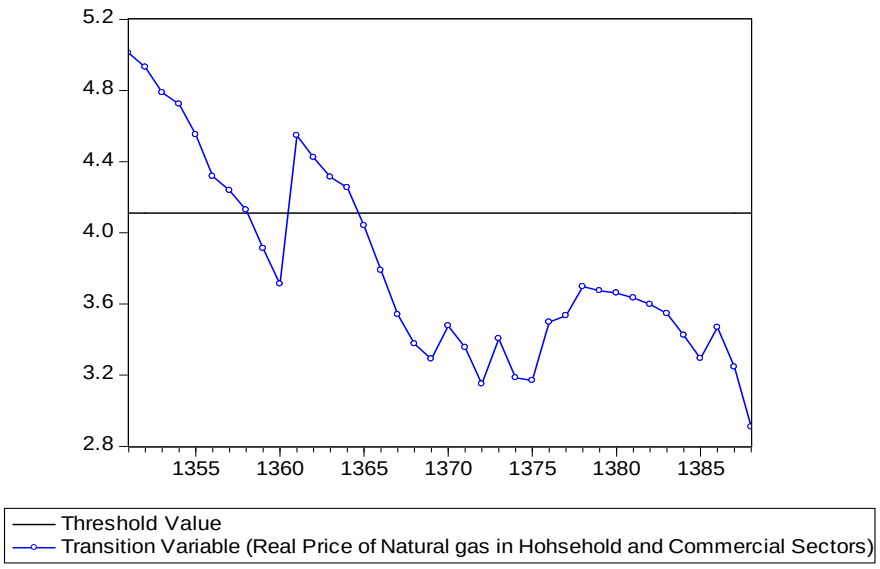
Archive of SID

www.SID.ir

Pakistan development review, Vol. 12, No. 1, 23-36.
9- Isik, C. (2010), Natural gas consumption and economic growth in turkey: a bound test approach, Energy systems, Vol. 1, Issue.4, pp. 441-456.
10- Joets, M. and Mignon, V. (2012), on the link between forward energy price: A nonlinear panel cointegration approach, Energy Economics, Vol.34, Issue.4, pp.1170-1175.
11- Luukkonen, R., P. Saikkonen, T. Teräsvirta (1998), Testing linearity against smooth transition autoregressive models. Biometrika, Vol. 75, pp. 491-499.
12- Maddala, G.S., R. P. Trost, H. Li, and F. Joutz. (1997). Estimation of Short- Run and Long-Run Elasticity's of Energy Demand from Panel Data Using Shrinkage Estimators. Journal of Business & Economic Statistics 15:90-100.
13- Moral, Carcedo J. and Vicens, Otero J. (2005). Modeling the non-linear response of Spanish electricity demand to temperature variations. Energy Economics, Vol.27, pp. 477-494.
14- Payne, James E. and Loomis, D. and Wilson, R. (2011), Residential natural gas demand in Illinois: Evidence from the ARDL Bound testing Approach, Journal of Regional Analysis & policy, Vol. 41, Issue. 2, pp. 138-147.
15- Petrick, S. and Rehdanz, K. and Tol, R.S.J. (2010), the impact of temperature changes on residential energy consumption, Working paper, No.1618.
16- Sultan , R. (2010), Short-run and long-run elasticities of gasoline demand in Mauritius an ARDL bounds test approach, Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences, Vol. 1 (2): pp.90-95.
17- Ter¨asvirta, T. (1998), "Modeling economic relationships with smooth transition regressions", In A. Ullah & D. E. Giles (eds.), Handbook of Applied Economic Statistics, Dekker, New York, pp. 507–552.
18- Ter¨asvirta, T., Anderson, H., 1992.Characterizing nonlinearities in business cycles using smooth transition autoregressive models. Journal of Applied Econometrics 7,119–136.
19- Terävirta, T. (1994) Specification, estimation, and evaluation of smooth transition autoregressive models. Journal of the American Statistical Association, Vol. 89, pp. 208-218.
20- Van Dijk, D. and Terävirta, T. (2002) Smooth transition autoregressive models: a survey of recent developments. Econometric Reviews, Vol. 21(1), pp. 1-47.

پیوست الف:

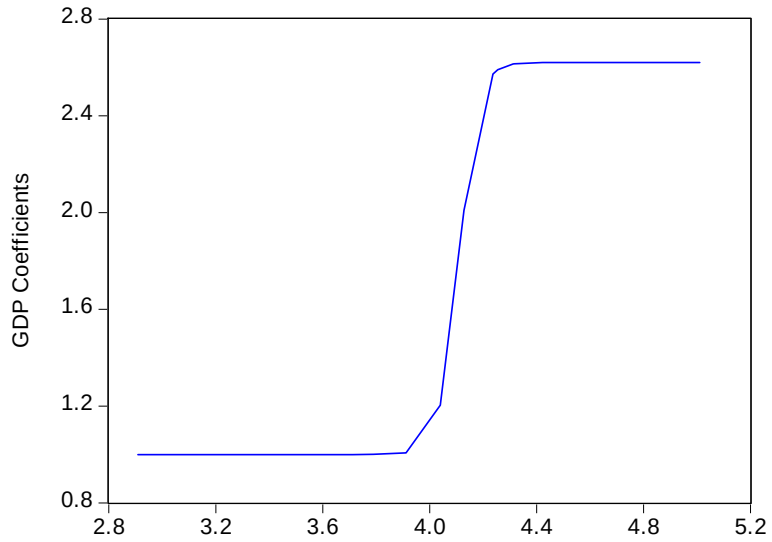
نمودار (۱). روند زمانی متغیر انتقال و مقدار آستانه آن



مأخذ: نتایج تحقیق

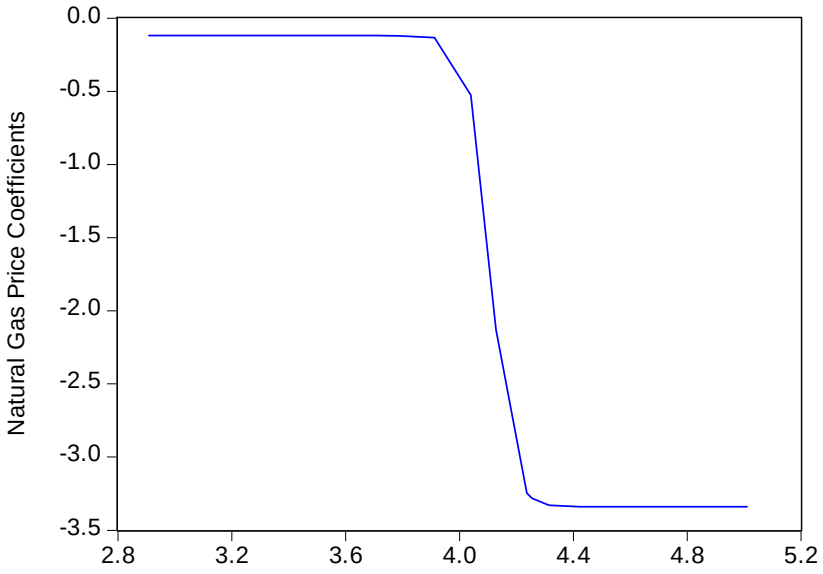
Archive of SID
www.SID.ir

نمودار (۲). ضرایب تولید ناخالص داخلی در مقابل متغیر انتقال



مأخذ: نتایج تحقیق

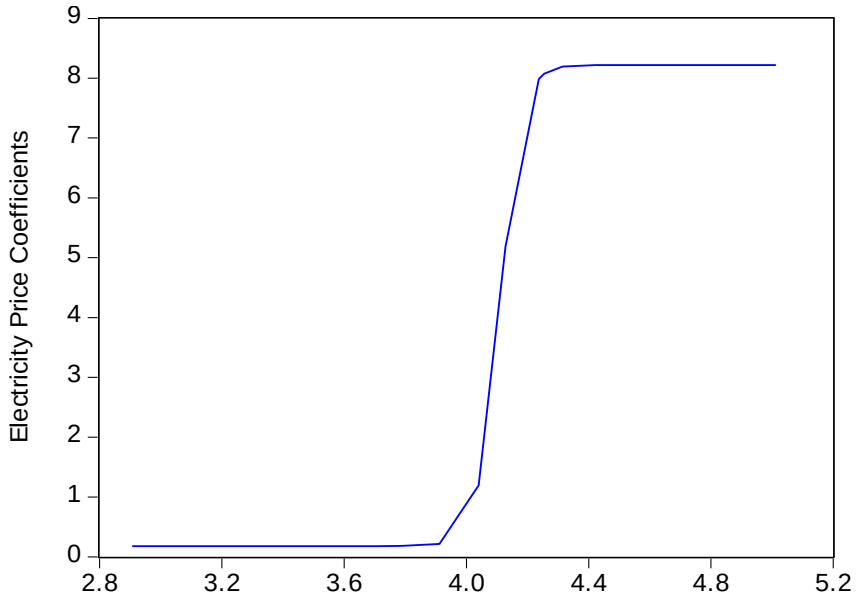
نمودار (۳). ضرایب قیمت واقعی گاز طبیعی در مقابل متغیر انتقال



مأخذ: نتایج تحقیق

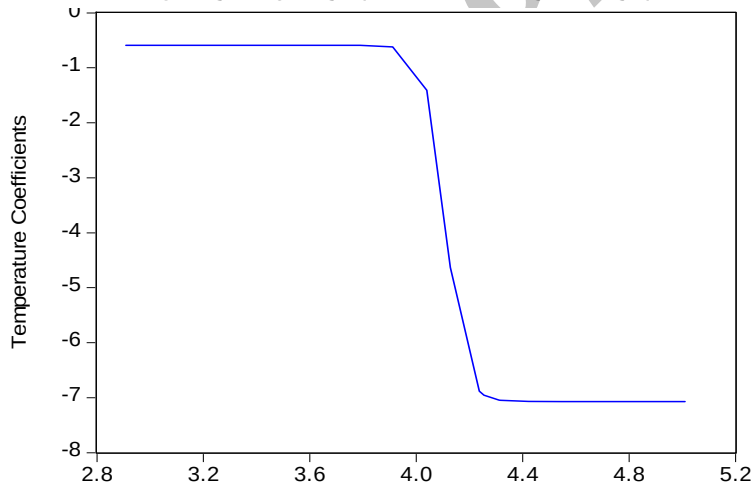
www.SID.ir

نمودار (۴). ضرایب قیمت واقعی برق در مقابل متغیر انتقال



مأخذ: نتایج تحقیق

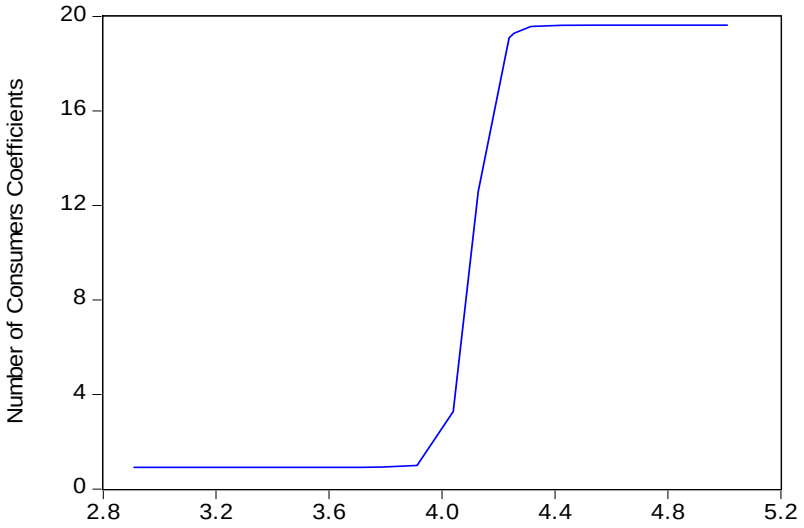
نمودار (۵). ضرایب قیمت دمای هوا در مقابل متغیر انتقال



مأخذ: نتایج تحقیق

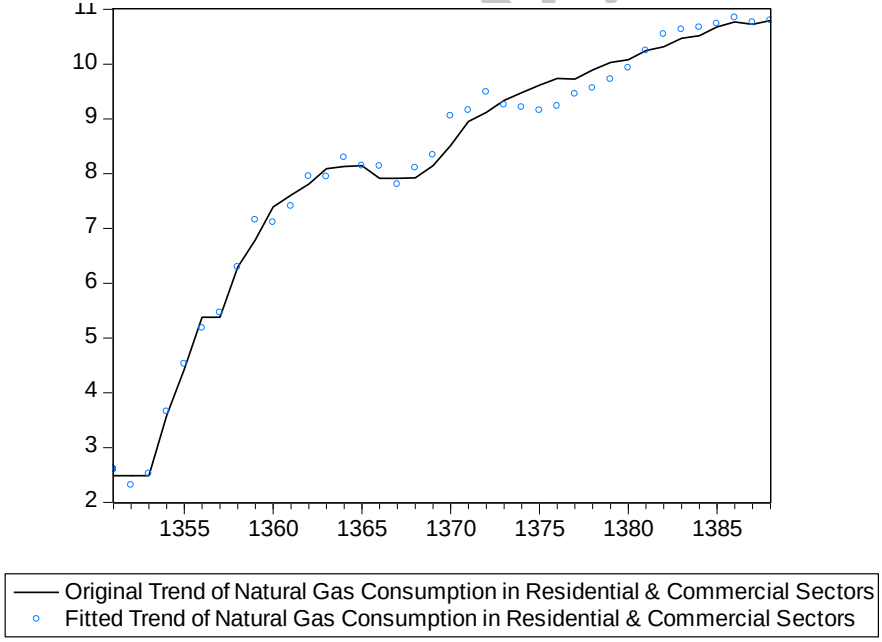
www.SID.ir

نمودار (۶). ضرایب تعداد مصرف کنندگان در مقابل متغیر انتقال



مأخذ: نتایج تحقیق

نمودار (۷). مقایسه روند واقعی و برازش شده مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری



www.SID.ir

پیوست ب: تعیین متغیرهای تأثیرگذار بر تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری جهت تصریح مدل بهینه

مدل	متغیرهای توضیحی	متغیر انتقال	توضیحات
۱	درآمد، قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری	درآمد	ارائه مدل خطی
		قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری	مدل LSTR1 اما معنادار نشدن پارامتر شیب و برآورد ضریب منفی بسیار بزرگ و غیر قابل توجیه برای درآمد
۲	درآمد، قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری، تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی	درآمد	ارائه مدل خطی
		قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری	مدل LSTR1، اگرچه ضرایب برخی متغیرها معنادار نشده است اما مطابق انتظارات تئوریکی بوده، لذا این مدل مناسب است اما بهینه نمی‌باشد.
		تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی	مدل LSTR2 اما قسمت عمده‌ای از ضرایب متغیرهای توضیحی به ویژه در قسمت غیرخطی معنادار نشده‌اند.
۳	درآمد، قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری، دمای هوا	درآمد	ارائه مدل خطی
		قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری	مدل LSTR1 اما معنادار نشدن پارامتر شیب و حد آستانه‌ای مدل
		دمای هوا	ارائه مدل خطی
۴	درآمد، قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری، تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی، دمای هوا	درآمد	ارائه مدل خطی
		قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری	مدل LSTR1، با وجود معنادار نشدن ضرایب برخی متغیرهای توضیحی اما علامت ضرایب و آماره‌های آزمون بر مناسب بودن مدل دلالت می‌کند، اما مدل بهینه و نهایی نمی‌باشد
		تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی	مدل LSTR1 اما معنادار نشدن تمامی ضرایب متغیرهای توضیحی
		دمای هوا	ارائه مدل خطی
۵	درآمد، قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری، قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری	درآمد	ارائه مدل خطی
		قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری	مدل LSTR1 اما معنادار نشدن تمامی ضرایب متغیرهای توضیحی
		قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری	مدل LSTR1 اما معنادار نشدن پارامتر شیب و تمامی ضرایب متغیرهای توضیحی در قسمت غیرخطی مدل
۶	درآمد، قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری، قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری، تعداد مصرف کنندگان	درآمد	ارائه مدل خطی
		قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری	مدل LSTR1 مناسب است اما مدل بهینه نمی‌باشد.
		قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری	مدل LSTR1 مناسب است اما مدل بهینه نمی‌باشد.
		تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی	مدل LSTR2 اما معنادار نشدن بخش عمده‌ای از ضرایب متغیرهای توضیحی در هردو قسمت خطی و غیرخطی مدل
۷	درآمد، قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری، قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری، دمای هوا	درآمد	ارائه مدل خطی
		قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری	مدل LSTR1 اما معنادار نشدن پارامتر شیب و تمامی ضرایب متغیرهای توضیحی در قسمت غیرخطی مدل
		قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری	مدل LSTR1 اما معنادار نشدن پارامتر شیب و تمامی ضرایب متغیرهای توضیحی در قسمت غیرخطی مدل
		دمای هوا	ارائه مدل خطی
۸	درآمد، قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری، قیمت نفت سفید، تعداد مصرف کنندگان، دمای هوا	درآمد	مدل LSTR1 و معنادار نشدن برخی ضرایب
		قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری	ارائه مدل خطی
		قیمت نفت سفید	مدل LSTR1 اما معنادار نشدن تمامی ضرایب متغیرهای توضیحی و ارائه مقدار عددی ضرایب بسیار بزرگ
		تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی	مدل LSTR2 اما معنادار نشدن بخش عمده‌ای از ضرایب متغیرهای توضیحی در قسمت خطی و غیرخطی مدل
		دمای هوا	مدل LSTR2 اما معنادار نشدن بخش عمده‌ای از ضرایب متغیرهای توضیحی
۹	درآمد، قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری، قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری، تعداد مصرف کنندگان، دمای هوا	درآمد	ارائه مدل خطی
		قیمت واقعی گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری	مدل LSTR1 به عنوان مدل مناسب و بهینه انتخاب شده است.
		قیمت واقعی برق در بخش خانگی و تجاری	مدل LSTR1 اما معنادار نشدن تمامی ضرایب متغیرهای توضیحی و ارائه مقدار عددی ضرایب بسیار بزرگ
		تعداد مصرف کنندگان گاز طبیعی	مدل LSTR2 اما معنادار نشدن بخش عمده‌ای از ضرایب متغیرهای توضیحی در قسمت خطی و غیرخطی مدل
		دمای هوا	ارائه مدل خطی

Archive of SID

www.SID.ir

یادداشت‌ها

[1] گرفته شده از شرکت ملی گاز ایران

[2] *Balestra and Nerlove*
[3] *Bloch*
[4] *Herbert*
[5] *Maddala et al.*
[6] *Sultan*
[7] *Isik*
[8] *Bernestein and Madlener*
[9] *Payne et al.*
[10] *Moral and Vicens*
[11] *Bessec and Fouquau*
[12] *Joets and Mignon*
[13] *Smooth Transition Regression (STR)*
[14] *Ter¨asvirta*
[15] *Iqbal*
[16] *Petrick et al.*
[17] *Autoregressive Distributed Lag (ARDL)*
[18] *Bigano et al.*
[19] *Panel Smooth Transition Regression (PSTR)*
[20] *Aslan*
[21] *Ter¨asvirta and Anderson*
[22] *Threshold Regression*
[23] *indicator function*
[24] *Exponential*
[25] *Logistic*
[26] *Van Dijk and Terävirta*
[27] *Newton-Raphson*
[28] *contains unidentified nuisance parameters*
[29] *Luukkonen*
[30] *No remaining nonlinearity test*
[31] *Parameters constancy test*
[32] *proxy*

Archive of SID

www.SID.ir