



پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران

سال دهم، شماره ۳۴، بهار ۱۳۹۹، ۱۱۴-۸۹

Jiee.atu.ac.ir

Dol: 10.22054/Jiee.2021.50681.1734

## اثر تغییرات آب و هوایی بر مصرف گاز طبیعی ایران، کاربرد الگوی رگرسیونی سانسور شده (توبیت)

طاهره حاجی حسینی بغدادآبادی\*  
دانشجوی دکتری اقتصاد نفت و گاز دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

عبدالرسول قاسمی  
دانشیار گروه اقتصاد انرژی دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

تیمور محمدی  
دانشیار گروه اقتصاد نظری دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

### چکیده

بررسی آثار تغییرات آب و هوایی بر جنبه‌های مختلف حیات اجتماعی در کانون توجه پژوهش‌ها در چند دهه اخیر بوده است. اهمیت انرژی برای توسعه و رشد و همچنین آلودگی‌های ناشی از مصرف حامل‌های انرژی موجب شده است تا ارزیابی اثر تغییرات آب و هوایی بر مصرف حامل‌های مختلف انرژی از جمله گاز طبیعی ضرورت یابد. این پژوهش با طراحی مدلی برای تقاضای گاز طبیعی با استفاده از روش رگرسیونی توبیت که در آن علاوه بر عوامل مرسوم اقتصادی، متغیرهای آب و هوایی (با کاربرد از روش روز درجه) نیز در نظر گرفته شده، به برآورد این مدل برای ایران طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ پرداخته است. نتایج تخمین الگو حاکی از تأیید فرضیه تحقیق مبنی بر اثر معنی‌دار تغییرات آب و هوایی بر مصرف گاز طبیعی در ایران طی دوره مورد بررسی است. همچنین متغیرهای تولید ناخالص داخلی و مصرف برق و نیز متغیر روند بیشترین اثر را بر مصرف گاز طبیعی کشور داشته‌اند.

کلیدواژه‌ها: مصرف گاز طبیعی، تغییرات آب و هوایی، مدل رگرسیون توبیت

طبقه‌بندی JEL: Q34, Q54, C34

\* نویسنده مسئول: t.hajihoseini@gmail.com

## ۱. مقدمه

گرم شدن کره زمین که در اثر دخالت عوامل انسانی و طبیعی بوجود آمده، موجب ایجاد تغییرات آب و هوایی شده است. این تغییرات با اثرگذاری بر سیستم‌های طبیعی و انسانی نگرانی‌هایی را در مورد این پدیده در سطح جهان ایجاد کرده است. تغییرات آب و هوایی را بیش از عوامل طبیعی، به تأثیر عوامل انسانی که حاصل آن افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو زمین است، نسبت می‌دهند. عوامل انسانی از قبیل مصرف سوخت‌های فسیلی، تغییر در شرایط محیطی بویژه پوشش گیاهی و کاربری اراضی<sup>۱</sup> نمونه‌هایی هستند که می‌توان نام برد. نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که با تداوم روند کنونی، دمای هوای ایران تا سال ۲۱۰۰ به‌طور متوسط بین ۱/۵ تا ۴/۵ درجه افزایش خواهد یافت.<sup>۲</sup> به علت قرار گرفتن ایران در یک کمربند خشک و نیمه خشک و تبخیر و تعرق فراوان، تغییرات آب و هوایی در ایران بیش از میانگین جهانی می‌باشد.

بر اساس آمار هواشناسی، استان‌های کشور در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۸۲ به‌طور میانگین ۱/۰۱ درصد گرم‌تر شده‌اند که بیشترین میزان افزایش درجه حرارت نسبت به سال ۱۳۸۲ مربوط به استان زنجان (حدود ۲ درصد) می‌باشد.

افزایش دما به خودی خود مشکلات زیادی را به وجود نمی‌آورد، بلکه با تأثیراتی که بطور غیر مستقیم بر بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی می‌گذارد، زیان‌بار خواهد بود.

بخش انرژی حساسیت زیادی نسبت به متغیرهای آب و هوایی دارد. با تغییرات متناوب در درجه حرارت، تغییر مقدار بارش و الگوی بارش، شدت سرما و گرما در فصول مختلف سال و وقوع ناگهانی گرما و سرمای بی‌موقع، مصرف انرژی، از جمله گاز طبیعی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با افزایش دما تقاضای زمستانی برای گاز طبیعی، به علت کاهش نیاز به گرمایش تقلیل می‌یابد. از طرف دیگر میزان تقاضای برق جهت سرمایش در فصل تابستان افزایش خواهد یافت که افزایش تقاضای برق در اثر بالا رفتن دما در نواحی گرمسیری احتمالاً شدیدتر خواهد بود.

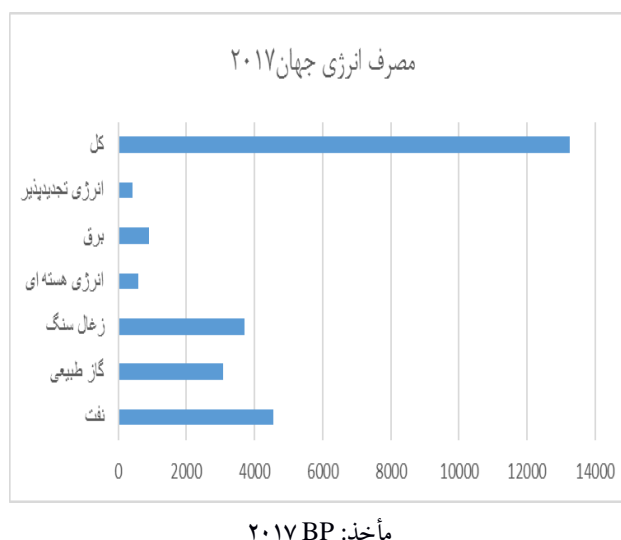
---

۱. توسعه سریع ساخت و سازهای شهری، رشد صنایع و کارخانه‌ها، جنگل‌زدایی و تخریب محیط زیست باعث تخریب روز افزون طبیعت و همچنین افزایش گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین شده است. این پیامد منفی باعث ایجاد تغییرات قابل ملاحظه در وضعیت آب و هوایی کره زمین می‌شود.

۲. امانی صوفی، (۱۳۸۹)

بر اساس گزارش BP<sup>۱</sup> میزان ذخایر تثبیت شده گاز طبیعی جهان در پایان سال ۲۰۱۷ بالغ بر ۱۹۳/۵ تریلیون مترمکعب بوده که در بازه‌های زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ رشدی معادل ۱/۹ درصد داشته است. حدود نیمی از ذخایر گاز طبیعی جهان به سه کشور ایران، روسیه و قطر اختصاص دارد. همچنین ۲۳/۳ درصد از انرژی مورد استفاده در جهان در سال ۲۰۱۷ از گاز طبیعی تأمین شده است. نمودار ۱ مصرف انرژی در جهان را در سال ۲۰۱۷ نشان می‌دهد که بیشترین سهم متعلق به نفت خام با ۳۴/۲ درصد و پس از آن گاز طبیعی در رتبه بعدی قرار دارد.

نمودار (۱): مصرف انرژی جهان در سال ۲۰۱۷



در ایران مهم‌ترین ماده تأمین‌کننده انرژی، گاز طبیعی با حدود ۵۶ درصد است.<sup>۲</sup> بنا بر گزارش شرکت BP در سال ۲۰۱۷ بیشترین رشد مصرف گاز طبیعی در جهان از سال ۲۰۱۰ (حدود ۳ درصد) وجود داشته است که سهم کشورهای عضو و غیرعضو OECD<sup>۳</sup> از این رشد به ترتیب ۴۵/۷ و ۵۴/۳ درصد می‌باشد. همچنین بر طبق گزارش این شرکت مصرف گاز طبیعی ایران در سال ۲۰۱۷ با رشد ۶/۸ درصدی به ۲۴۱/۴ میلیارد مترمکعب رسیده است. نمودار ۲ نشان می‌دهد که مصرف گاز طبیعی ایران در طی دوره

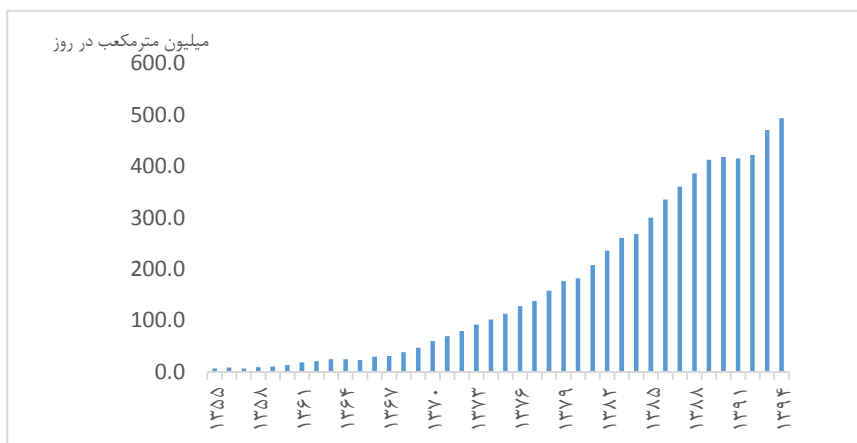
1. British Petroleum

۲. ترازنامه انرژی، (۱۳۹۶)

3. Organisation for Economic Co-operation and Development

۱۳۵۵ تا ۱۳۹۴ سیر صعودی داشته است به طوری که از ۶/۹ میلیون مترمکعب در روز در سال ۱۳۵۵ به ۴۹۴/۱ میلیون مترمکعب در روز در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است.<sup>۱</sup>

نمودار (۲): مصرف گاز طبیعی ایران در سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۹۴



مأخذ: آمارنامه فراورده‌های نفتی انرژی‌زا ۱۳۹۴

گاز طبیعی یک سوخت چندمنظوره است که مصرف آن مزایای زیست محیطی فراوانی نسبت

به سایر سوخت‌های فسیلی به خصوص در مورد کیفیت هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. بهره برداری از گاز طبیعی با دو چالش عمده مواجه است: انتقال و ماهیت فصلی بودن تقاضا.

در فصل‌های سرد سال به دلیل افزایش مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی، مصرف گاز به میزان بسیار زیادی افزایش می‌یابد و باعث کمبود گاز برای بخش‌های صنعتی و نیروگاه‌ها می‌گردد. با ذخیره‌سازی گاز طبیعی در فصول گرم سال که میزان مصرف گاز کمتر از فصول سرد سال است، می‌توان گاز را برای فصول سرد ذخیره کرده<sup>۲</sup> و بدین ترتیب علاوه بر این امکان استفاده از تمام ظرفیت تولید گاز طبیعی فراهم می‌گردد و تامین تقاضای گاز طبیعی در فصول سرد سال نیز با مشکلات و چالش‌های کمتری روبرو

۱. شرکت ملی پالایش و نفت ایران، (۱۳۹۴)

۲. ایجاد ذخایر نزدیک به مراکز عمده مصرف که در اصطلاح به آن فرایند اوج‌زدایی گفته می‌شود با دو هدف مقابله با شرایط اضطراری و تامین نیاز در اوج مصرف انجام می‌شود که به سه صورت تزریق در مخازن زیرزمینی، فرایند تزریق پروپان و فرایند تبدیل به LNG انجام می‌گیرد.

خواهد بود. همچنین، فصلی بودن مصرف گاز طبیعی موجب بروز تنگنمایی در زمینه تعهدات صادرات گاز کشور در فصل سرد سال و نیز برنامه تزریق به میادین نفتی می‌شود. روند افزایش مصرف گاز طبیعی در کشور و عواملی مانند به هم ریختگی الگوی مصرف گاز طبیعی در اثر گرما و سرمای بی‌موقع حاصل از تغییرات اقلیمی و فزونی درجه حرارت و استفاده بیشتر از برق برای خنک‌کننده‌ها موجب خواهد شد که قسمت عمده گاز طبیعی در داخل مصرف بشود و منبع مهم برای متنوع کردن درآمدهای ارزی و فرصت حضور در بازارهای جهانی گاز طبیعی را از دست بدهد.

لذا با توجه به ذخایر عظیم گازی کشور می‌توان با مدیریت صحیح و هدفمند، فرصت و مزیت بزرگی برای کشور ایجاد کرده و از آن برای توسعه کشور بهره برد. در چنین چارچوبی، مطالعه دقیق و جامع تابع تقاضای گاز طبیعی به منظور شناسایی فرصت‌های پیش رو از اهمیت خاصی برخوردار است. در این راستا، مقاله حاضر به طراحی و تخمین الگوی تقاضا برای گاز طبیعی و بررسی اثر تغییرات آب و هوایی به همراه متغیرهای اقتصادی بر مصرف گاز طبیعی ایران پرداخته است.

در ادامه و پس از این مقدمه، ابتدا مبانی نظری موضوع ارائه شده، سپس پیشینه تجربی پژوهش مرور گردیده است. پس از آن، مشخصات الگوی تجربی تحقیق و داده‌ها معرفی شده‌اند. پنجمین بخش مقاله به بیان روش تحقیق اختصاص دارد آنگاه نتایج برآورد الگو ارائه شده است و در پایان یافته‌های اصلی تحقیق خلاصه گردیده‌اند.

## ۲. مبانی نظری

انرژی یک نهاده کلیدی در فرآیند اقتصادی است که منجر به تبدیل سایر عوامل تولید به کالاها و خدمات می‌شود<sup>۱</sup>. انرژی و به ویژه نفت پس از سال ۱۹۷۳، علاوه بر نقشی که در توابع مطلوبیت و تولید داشته است (نقش اقتصاد خردی) یک عامل تعیین کننده در اقتصاد کلان نیز بوده است<sup>۲</sup>.

نکته کلیدی در مورد تقاضای انرژی وجود تقاضای اشتقاقی برای انرژی است، زیرا انرژی به خاطر خود انرژی مصرف نمی‌شود، بلکه برای نور، گرما و تولید محصولات استفاده می‌شود مقدار نور، گرما و کاری که توسط هر نوع انرژی تولید می‌شود، تابعی از

---

1. Nordhaus(1980)

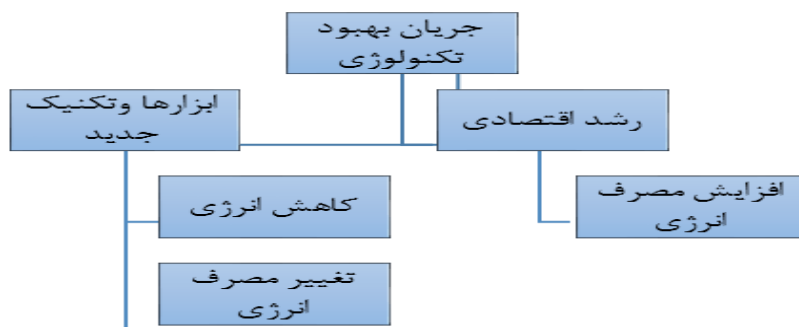
2. Huntington(1998)

محتوای انرژی و کارایی وسیله مصرف کننده انرژی است. بنابراین تقاضای انرژی تابعی از متغیرهای رایج مانند قیمت حامل‌های انرژی، درآمد، قیمت سایر کالاها، و هم‌چنین تعداد وسایل و تجهیزاتی است که مصرف کننده انرژی مصرف می‌کند، می‌باشد.<sup>۱</sup>

یکی از عوامل مؤثر بر تقاضای انرژی، تولید ناخالص داخلی است. تولید ناخالص داخلی هم به‌طور مستقیم به صورت افزایش درآمد و نهایتاً افزایش تقاضای انرژی در بخش خانگی و تجاری، بخش رفاهی، بخش حمل و نقل و افزایش تقاضای برای اتومبیل‌های شخصی تأثیر گذار است و هم به‌طور غیرمستقیم مانند افزایش سرمایه‌گذاری‌ها و در نهایت افزایش تقاضای انرژی می‌تواند مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار دهد.<sup>۲</sup>

از پیشرفت تکنولوژی به عنوان یک عامل مؤثر نیز بر تقاضای انرژی نام برده می‌شود. پیشرفت تکنولوژی باعث افزایش بهره‌وری، کاهش شدت مصرف انرژی و به دنبال آن افزایش تولید ناخالص ملی است. جریان تکنولوژی به صورتی که در شکل (۱) نمایش داده شده، روی مصرف انرژی اثر دارد.

بهبود تکنولوژی از یک سو منجر به رشد اقتصادی و مصرف بیشتر انرژی می‌شود، ولی از سوی دیگر بهبود تکنولوژی منجر به کاهش رشد مصرف انرژی است، چون با تکنولوژی ابزارها و تکنیک‌های جدیدی حاصل می‌شود که این ابزارها و تکنیک‌ها به انرژی کمتری جهت تولید نیاز دارد.<sup>۳</sup>



شکل (۱): تأثیر جریان تکنولوژی روی مصرف انرژی

مأخذ: عبدلی، ۱۳۸۸

1. Stevens (1390)

۲. ملکی، (۱۳۸۳)

۳. عبدلی، (۱۳۸۸)

با افزایش تولید و در نتیجه رشد اقتصادی، افزایش جمعیت و ازدیاد شهرنشینی (شکل گیری پدیده مدرنیزاسیون و صنعتی شدن)، مصرف انرژی نیز افزایش می یابد. پدیده شهرنشینی آثار و پیامدهای اقتصادی و اجتماعی بسیار گسترده‌ای دارد اما مهمترین تأثیر آن متوجه الگوی مصرف به طور عام و مصرف انرژی و گاز طبیعی به طور خاص می باشد.

تغییرات دما در افزایش یا کاهش بکارگیری وسایل گرمایشی و سرمایشی مؤثر است. در دمای معتدل (حدود ۲۰ درجه سانتی گراد)، بشر نیازی به ایجاد گرما یا کاهش گرما احساس نمی کند. در مناطقی که دمای هوا تنوع زیادی داشته باشد و چهار فصل سال متمایز باشند دما نقش تعیین کننده‌ای پیدا می کند. مطالعات نشان می دهد که تأثیر دما در مصرف روزانه انرژی بیش از درآمد سرانه یا قیمت انرژی است.<sup>۱</sup> همچنین میزان مصرف انرژی در مناطق جغرافیایی مختلف، متفاوت است. در کشورهای با آب و هوایی سرد در مقایسه با کشورهای معتدل از انرژی به صورت محافظه کارانه تری برای گرم کردن استفاده می کنند. در حالی که کشورهای با آب و هوای گرم از انرژی بیشتری برای بهبود آب و هوای خودشان استفاده می کنند. علاوه بر این وسعت جغرافیایی نیز بر مصرف انرژی تأثیر دارد. کرایه‌های حمل و نقل در کشورهای پهناور به دلیل مسافت بیشتر نسبت به کشورهای کوچک تر بیشتر است. به عنوان مثال کشور کانادا به دلیل وسعت بیشتر و آب و هوای سرد، انرژی بیشتری مصرف می کند. ژاپن به دلیل افزایش تراکم جمعیت (ایجاد واحدهای مسکونی کوچک تر و مسافت کوتاه سفرها) و آب و هوای معتدل انرژی کمتری را مصرف می کند.<sup>۲</sup>

به طور کلی برای شبیه سازی تقاضای انرژی نقطه شروع، طراحی معادلات تقاضای انرژی است. این معادلات از بهینه سازی تصمیم گیری افراد خانوارها و بنگاه‌ها به دست می آیند. در مدل سازی تقاضای انرژی ابتدا مخارج بین دو گروه از کالاها یعنی انرژی و غیرانرژی تخصیص می یابد. سپس کل مخارج مربوط به انرژی بین انواع حامل ها شکسته می شود. این فرآیند دو مرحله‌ای از نظریه تئوری تنها تحت شرایط و قیود خاصی توجیه پذیر است.<sup>۳</sup> به طور معمول خانوار با حداکثر کردن مطلوبیت خود با توجه به محدودیت بودجه

۱. شکوری گنجوی، (۱۳۸۳)

۲. گلی، (۱۳۸۹)

۳. سهیلی، (۱۳۸۶)

عمل می‌کند.<sup>۱</sup> یک مصرف‌کننده با درآمد مشخص و بودجه محدود قادر است که مقدار معینی از انرژی و سایر کالاها و خدمات را به‌دست آورد. از مماس شدن خط بودجه و منحنی بی‌تفاوتی تعادل حاصل می‌شود و مصرف‌کننده قادر است از مقدار تعادلی انرژی و سایر کالاها و خدمات مصرف نماید. هنگامی که قیمت انرژی افزایش می‌یابد با توجه به قید بودجه مقادیر کمتری از انرژی را برای مصرف در اختیار خواهد داشت و با انتقال به خط بودجه و منحنی بی‌تفاوتی پایین‌تر تعادل جدیدی حاصل می‌شود و منجر به کاهش رفاه مصرف‌کننده می‌شود. تجمیع این واکنش‌ها در سطح مصرف‌کننده، مجموع واکنش تقاضای بازار را نسبت به تغییرات قیمت نشان می‌دهد. کاهش در میزان تقاضا در بازار نسبتاً محدود است که عمدتاً به دلیل ماهیت بی‌کشش تقاضای انرژی در کوتاه‌مدت است. در دنیای واقعی که فرض ثبات سایر شرایط برقرار نیست، تعدیلات در قالب یک وضعیت پویا اتفاق می‌افتد. این واکنش پویا عمدتاً تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله تغییر درآمدها، مخارج اقتصاد، آثار وفاداری مصرف‌کنندگان، تغییرات تکنولوژی و تغییر در انتظارات انجام می‌شود.<sup>۲</sup>

با بهینه‌سازی می‌توان روابط تقاضا را برای متغیرهای تأثیرگذار را به‌دست آورد لذا عوامل مؤثر تقاضای انرژی را می‌توان به دو دسته عوامل اقتصادی مانند درآمد، قیمت‌های نسبی، شدت انرژی، قیمت حامل‌های جایگزین و سایر موارد و عوامل غیراقتصادی مانند عادات مصرفی، تغییر الگوی جامعه، متغیرهای آب و هوایی، تغییرات دما، میزان رطوبت و... تقسیم نمود.<sup>۳</sup> به‌طور خاص تقاضا برای انرژی را به‌صورت زیر تعریف می‌کند:

$$E = f(P, Y, Z) \quad (1)$$

که در آن  $E$  مصرف انرژی،  $P$  نماینده قیمت و  $Y$  درآمد واقعی یا سطح فعالیت و  $Z$  برداری از متغیرهای مستقل تأثیرگذار مانند آب و هوای و عوامل جغرافیایی و غیره می‌باشد. در این پژوهش با در نظر گرفتن عوامل اقتصادی مؤثر بر تقاضای گاز طبیعی مانند تولید ناخالص داخلی، قیمت واقعی گاز و قیمت برق، از عوامل غیر اقتصادی نظیر متغیر درجه حرارت برای نشان دادن حساسیت دما به مصرف گاز طبیعی در طراحی الگوی تقاضای گاز طبیعی استفاده شده است.

1. Green, (2003)

۲. فریدزاد، (۱۳۹۶)

3. Olsen, (1988)



لذا در این پژوهش انتظار می‌رود که مصرف گاز طبیعی با تولید ناخالص داخلی، جمعیت و شدت انرژی رابطه مثبت داشته باشد. از طرفی انتظار می‌رود مصرف گاز طبیعی با نیاز برای گرمایش رابطه مثبت و با نیاز برای سرمایش رابطه منفی داشته باشد. همچنین علامت مورد انتظار برای متغیر مصرف فرآورده‌های نفتی، به عنوان یک کالای جانشین، منفی و برای متغیر روند مثبت است.

### ۳. پیشینه پژوهش

مطالعات نسبتاً زیادی در حوزه مصرف انرژی صورت گرفته است. عمده این مطالعات به بررسی رابطه بین مصرف انرژی و گاز طبیعی و متغیرهایی همچون درآمد و قیمت پرداخته و یا متغیرهای آب و هوایی را در مدل وارد کرده‌اند. در این قسمت به شاخص‌ترین این پژوهش‌ها اشاره می‌شود.

#### ۳-۱. مطالعات داخلی

کریمی و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی تحت عنوان «بررسی اثر تغییرات دما بر مصرف گاز طبیعی در ایران»، تأثیرات دما را بر مصرف گاز کشور در بخش‌های خانگی، صنعتی، کشاورزی، نیروگاهی، عمومی، تجاری و حمل‌ونقل و هم‌زمان در استان‌های مختلف ایران مورد بررسی قرار داده و یک مدل واحد برای تمامی کشور به دست آوردند. از داده‌های مربوط به دمای هوا و مصرف گاز در هر حوزه برای ۲۵ استان کشور در ۲۴ ماه سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ استفاده شده و با در نظر گرفتن استان‌ها به عنوان مقاطع و ماه‌های سال به عنوان سری‌های زمانی، رگرسیون داده‌های تلفیقی مناسب برای تبیین رابطه بین این دو متغیر در ۷ بخش مصرفی مورد استفاده قرار گرفته است. بر اساس نتایج آنها، متغیر دما و مصرف گاز طبیعی در بخش‌های حمل‌ونقل، تجاری، عمومی و کشاورزی و خانگی رابطه معکوس داشته است.

سیدجوادین و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی تحت عنوان «پیش‌بینی مصارف گاز طبیعی کشور در افق برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و سیاسی کشور و نقد سیاست‌های مرتبط» به بررسی روند مصرف گاز در کشور پرداخته و سپس رفتار مصرفی در حوزه‌های مختلف را برای افق برنامه پنجم توسعه پیش‌بینی کرده و آن را در مقایسه با برنامه‌های مصوب وزارت نفت تحلیل می‌نمایند. به دلیل اینکه تخصیص گاز از سوی مبادی عرضه و مصرف آن از جانب بخش تقاضا به متغیرهایی مانند شرایط جوی و آب و

هوایی، امنیت داخلی، قیمت گاز و سایر حامل‌های انرژی، مباحث امنیت بین‌المللی وابستگی شدیدی دارد، از داده‌های به صورت ماهانه استفاده شده است. نتایج به دست آمده با استفاده از نرم افزار EViews6 نشان می‌دهد، شرایط آب و هوایی در مصرف گاز در بخش خانگی و عمومی بسیار تأثیرگذار بوده و رفتار مصرف بخش نیروگاهی و بخش خانگی مکمل یکدیگر است.

جوان و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی تحت عنوان «پیش‌بینی تقاضا و ذخیره‌سازی فصلی گاز طبیعی در طول برنامه پنجم توسعه با استفاده از روش‌های شبکه عصبی و ARIMA» به تحقیق پیرامون میزان تقاضای آینده کشور و ذخیره‌سازی آن پرداخته‌اند. بدین‌منظور میزان مصرف ماهانه گاز تا پایان برنامه پنجم توسعه با استفاده از دو روش باکس جنکینز (ARIMA) و شبکه‌های عصبی پیش‌بینی شده و با محاسبه اختلاف مصرف داخلی در فصول سرد و گرم سال ظرفیت‌های لازم برای ذخیره‌سازی گاز طبیعی را به دست آوردند. بر اساس محاسبات انجام شده در این پژوهش، تا پایان برنامه پنجم توسعه سالانه به بیش از ۱۴ میلیارد مترمکعب ذخیره‌سازی برای پاسخ به تقاضا در ماه‌های سرد سال (۴ ماه سال) نیاز است. به این ترتیب، علاوه بر ۴ میلیارد ظرفیت برنامه‌ریزی شده برای ذخیره گاز توسط شرکت ملی گاز، سالانه ۱۰ میلیارد مترمکعب ظرفیت ذخیره سازی جدید جهت پاسخ به تقاضای فصلی گاز برای مدیریت عرضه و تقاضای گاز لازم است.

صادقی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی تحت عنوان «استفاده از روش روز درجه در برآورد تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی: رویکرد پانل دیتا» به بررسی عوامل مؤثر بر تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی پرداخته‌اند. در این پژوهش با استفاده از آمارهای استان‌های کشور در بخش خانگی و متغیرهای قیمت برق، قیمت گاز، روز درجه گرمایش، روز درجه سرمایش، درآمد سرانه و متغیرهای مجازی در ۴ فصل سال با روش اقتصادسنجی پنل با اثرات ثابت به تخمین تقاضای گاز طبیعی به صورت یک معادله واحد برای کشور ایران به دست آورده‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که تقاضای گاز طبیعی کم‌کشش بوده و با توجه به کشش درآمدی (۰/۰۷۶) کالای ضروری برای مصرف‌کنندگان است. این نتیجه نشان می‌دهد، به علت کم‌کشش بودن، سیاست‌های قیمتی ابزار مناسبی برای کنترل تقاضا نیست. با توجه به کشش متقاطع برق و گاز برق جانشین چندان مناسبی برای گاز طبیعی نمی‌باشد.

مجرد و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی تحت عنوان «تحلیل رابطه متغیرهای آب و هوایی و مصرف برق و تقاضای تخمین زده شده توسط مدل‌های گردش عمومی جو در غرب ایران» به بررسی رابطه متغیرهای آب و هوایی با مصرف برق و پیش بینی مصرف برق تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی در استان‌های کرمانشاه، کردستان، همدان، ایلام و لرستان پرداخته است. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل: اطلاعات هواشناسی ۱۳ ایستگاه در منطقه طی یک دوره ۲۸ ساله (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴) است که دربرگیرنده حداقل دما، حداکثر درجه حرارت، رطوبت نسبی، سرعت باد، ساعات آفتاب و بارندگی، داده‌های مصرف ماهانه برق در طی دوره مربوطه و داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل گردش عمومی جو می‌باشند. در این مطالعه، مقادیر روز درجه حرارت گرمایشی و روز درجه سرمایشی با استفاده از داده‌های حداقل و حداکثر دما و روش معادلات رگرسیون چندگانه محاسبه شده است. میزان مصرف برق در کلیه ایستگاه‌ها در دوره (۲۰۱۲-۲۰۸۰) با دوسناریو برآورد گردیده است. نتایج نشان می‌دهد روز درجه گرمایش و سرمایش بیشترین تأثیر معنی‌دار را بر مصرف برق دارند. میانگین دماهای حداقل و حداکثر در منطقه در دوره مذکور به‌طور متوسط تحت سناریوی اول، به ترتیب  $1/95$  و  $2/01$  و تحت سناریوی دوم  $3/64$  و  $3/81$  درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد داشت. از این رو، میزان مصرف برق در دوره گرم سال بر اساس سناریوی اول در حدود ۸۰ درصد و بر اساس سناریوی دوم نزدیک به ۱۵۰ درصد است که بیشترین افزایش مربوط به ایستگاه‌های گرمسیری منطقه و کمترین آن مربوط به ایستگاه‌های سرد کوهستانی می‌باشد.

## ۲-۳. مطالعات خارجی

برنستین<sup>۱</sup> و همکار (۲۰۱۱) در مقاله خود به برآورد تقاضای گاز طبیعی خانگی ۱۲ کشور انتخابی OECD با استفاده از سری زمانی ۱۹۸۰-۲۰۰۸ پرداخته‌اند. در این مطالعه به‌طور متوسط، کشش بلندمدت تقاضای گاز طبیعی نسبت به درآمد  $0/94$ ، نسبت به قیمت  $0/51$  - نسبت به آب و هوای  $1/35$  به دست آمده است. پویایی کوتاه‌مدت ارزیابی شده توسط برآورد مدل تصحیح خطا نشان می‌دهد که متوسط ضریب تعدیل  $0/58$  - می‌باشد و کشش درآمدی کوتاه مدت  $0/45$  و کشش قیمت در کوتاه مدت  $0/24$  - و کشش آب و هوا در کوتاه مدت  $0/72$  است. از این رو کشش‌های کوتاه‌مدت به‌طور متوسط نصف کشش‌های بلندمدت است.

داس<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی تحت عنوان «بویایی مصرف گاز طبیعی و تولید ناخالص داخلی در بنگلادش» به بررسی رابطه بین مصرف گاز طبیعی و تولید ناخالص داخلی در بنگلادش طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ پرداخته‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که علیت یک جهت مثبت از تولید ناخالص داخلی به مصرف گاز طبیعی وجود دارد و حرکات تولید ناخالص داخلی بر مصرف گاز طبیعی تأثیر می‌گذارد، اما برعکسش صادق نیست.

کنی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای تحت عنوان «تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی در ایران» به بررسی عوامل مؤثر بر تقاضای بر گاز طبیعی پرداخته‌اند. در این مقاله سعی شده است تا تابع تقاضای گاز طبیعی در ایران با استفاده از مدل رگرسیونی انتقال ملایم<sup>۳</sup> مورد مطالعه قرار گیرد. برای این منظور، تولید ناخالص داخلی، قیمت واقعی گاز طبیعی و دما به عنوان متغیرهایی که تقاضای گاز طبیعی را از سال ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۹ توضیح می‌دهند، استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که تقاضای گاز طبیعی از یک مدل رگرسیونی انتقال ملایم لجستیک<sup>۴</sup> پیروی می‌کند و قیمت واقعی گاز طبیعی به عنوان متغیر انتقال شناخته می‌شود. نتایج برآورد نیز نشان می‌دهد که پارامتر شیب تقریباً برابر با مقدار بالا ۱۰ و مقدار آستانه ۳۱/۸۲ ریال برای هر مترمکعب مصرف گاز طبیعی است، همچنین تقاضای گاز طبیعی به شدت تحت تأثیر تولید ناخالص داخلی طی سال‌های اخیر است، اما درجه حرارت تأثیر قابل توجهی بر تقاضای گاز طبیعی در ایران ندارد.

رانسون<sup>۵</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۴ در مقاله‌ای تحت عنوان «تغییرات اقلیمی و تقاضای انرژی گرمایشی» به پژوهش در باره تقاضای انرژی و آثاری که تغییرات اقلیمی بر آن می‌گذارد، پرداخته‌اند. قیمت سوخت، کالای مرکب، مخارج مصرف انرژی متغیرهایی است که با استفاده از روش داده‌های تابلویی و تخمین رگرسیون مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند و به نتایجی مانند: رابطه U شکل دما و تقاضای انرژی رسیده‌اند. همچنین تغییرات آب و هوایی باعث کاهش تقاضا برای گرمایش و افزایش تقاضا برای خنک‌کننده خواهد شد.

محمود<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی تحت عنوان «اثر تغییرات آب و هوایی روی تقاضای برق: مطالعه موردی پاکستان» تأثیر تغییرات اقلیمی بر تقاضای برق در پاکستان در

---

1. Das  
 2. Kani  
 3. Smooth Transition Regression (STR)  
 4. Logistic Smooth Transition Regression (LSTR)  
 5. Ranson  
 6. Mahmood

سطح منطقه‌ای و ملی بررسی داده‌اند. این مقاله با کاربرد روز درجه سرمایش و گرمایش و کنترل سایر عوامل مؤثر، رابطه بین تغییرات دما و تقاضای برق را برآورد کرده است. نتایج نشان‌دهنده واکنش مثبت و معنی‌دار تقاضای برق به افزایش دما است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد با رشد تولید ناخالص داخلی و جمعیت و سایر عوامل اجتماعی-اقتصادی، تقاضای برق در آینده بیش از آن که توسط درجه حرارت پیش بینی می‌شود، افزایش خواهد یافت.

ژانگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان «تأثیرات اقلیمی: دما و مصرف برق» به پاسخ‌گویی به دو سوال پرداخته‌اند: اول، افزایش یا کاهش دما تا چه میزان می‌تواند بر مصرف برق خانگی تأثیر بگذارد؟ و دوم، دمایی که ناشی از آب و هوای متفاوت است چگونه بر مصرف برق خانگی اثرگذار است؟ این مطالعه با استفاده از داده‌های سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ با استفاده از روش پانل با اثر ثابت انجام شده است. متغیرهای مورد استفاده در مدل متغیرهای ابتدایی، مانند دما، بارش، رطوبت نسبی، سرعت باد، فشار اتمسفر و تابش خورشیدی، و متغیرهای مشتق شده از جمله روز درجه گرمایش و سرمایش می‌باشد. در این پژوهش کشور چین به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم شده است. نتایج نشان می‌دهد مصرف برق در مناطق جنوب با کاهش یک درجه دما در روزهای زمستان، ۰/۰۰۲ درصد افزایش می‌یابد و افزایش یک درجه دما در روزهای تابستان منجر به افزایش مصرف برق به اندازه ۰/۰۱۵ درصد می‌شود.

وجه تمایز این تحقیق با مطالعات قبلی در این زمینه، استفاده از روش رگرسیونی توییت در ترکیب با کاربرد روش روز درجه برای تخمین تقاضای گاز طبیعی در ایران است.

#### ۴. معرفی الگوی تجربی پژوهش و داده‌ها

آمار و اطلاعات مورد نیاز در این پژوهش در فاصله سال‌های (۱۳۹۴-۱۳۸۲) از ۳۱ استان کشور از ترازنامه انرژی و مرکز آمار ایران و بانک مرکزی اخذ شده است. با توجه به مبانی نظری، مدل زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$T_{gas} = f(GDP, coil, hdd, cdd, P_{gas,t}, EC, cElec, pop) \quad (2)$$

متغیر وابسته در مدل، مصرف گاز طبیعی به تفکیک استان‌های کشور (میلیون مترمکعب) که شامل مصرف نهایی و مصرف بخش انرژی (پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها و واحدهای کوره

بلند) می‌باشد. متغیرهای مستقل مدل عبارتند از: GDP (تولید ناخالص داخلی) به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ و coil مصرف فرآورده‌های نفتی به جزء بنزین به تفکیک استان‌های کشور (هزار لیتر)، که شامل نیروگاه‌ها نیز می‌باشد. نحوه وارد کردن متغیر دما در مدل از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش از روش روز درجه برای وارد کردن متغیر دما استفاده می‌شود. استفاده از روش روز درجه برای برآورد تقاضای انرژی یک روش رایج است. این روش در ایران به دلیل تفاوت‌های دمایی ناشی از قرارگیری در عرض‌های جغرافیایی متفاوت و همچنین تنوع ارتفاعی و اقلیمی، از دید مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش، تولید انرژی و موارد دیگر کاربرد دارد. در این روش یک آستانه دمایی برای گرمایش و سرمایش در نظر گرفته می‌شود، که این آستانه بسته به اهداف مطالعه و ویژگی‌های اقلیمی متفاوت است. در ایران سازمان هواشناسی کشور این مقادیر را به ترتیب ۱۸ و ۲۱ درجه تعیین کرده است.<sup>۱</sup> (مسعودیان ۱۳۹۰).

$$Hdd = \sum (1 - \gamma_d)(T_b - T_d) \quad T_b \text{ آستانه دمای}$$

$$Cdd = \sum \gamma_d (T_d - T_b) \quad (۳)$$

$T_d$  میانگین دمای هوا و  $T_b$  دمای آستانه است که در این دما نیازی به گرمایش و سرمایش (دمای مطلوب) وجود ندارد.  $\gamma_d$  متغیری است که چنانچه میانگین دمای هوا بیشتر از دمای آستانه باشد مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر را می‌گیرد (صادقی ۱۳۹۱). در این پژوهش با استفاده از رابطه بالا و میانگین دمای هوا در استان‌های کشور (در صورت وجود داده‌ها حداکثر از سه ایستگاه در سطح استان) متغیرهای HDD (نیاز برای گرمایش) و CDD (نیاز برای سرمایش) بدست آمده است.  $P_{gas}$  قیمت گاز طبیعی که با شاخص CPI هر استان تعدیل شده است، با توجه به تقسیمات سیاسی، استان‌های البرز و خراسان در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۰ تعدیل درآمارهای مربوطه انجام شده است.  $t$  متغیر روند و EC شدت انرژی است که از تقسیم مصرف نهایی انرژی بر تولید ناخالص داخلی هر استان بدست آمده است. cElec مصرف برق (گیگاوات ساعت) شامل برق تولیدی بخش خصوصی و بخش حمل و نقل و پالایشگاه‌ها است. متغیر pop جمعیت استان‌های کشور است که برای استان‌های البرز و خراسان به دلیل تقسیمات سیاسی تعدیل انجام شده است.

۱. مسعودیان (۱۳۹۰)

همان‌طور که از جدول (۱) مشاهده می‌شود کمترین مقدار مصرف گاز طبیعی صفر گزارش شده است. این مقدار متعلق به استان سیستان و بلوچستان و استان خراسان جنوبی و شمالی، استان ایلام

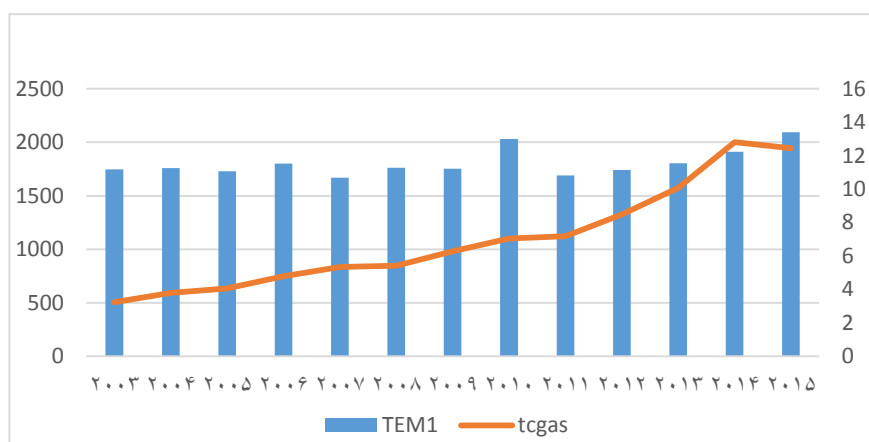
جدول (۱): توصیف آماری داده‌ها

متغیر	علامت اختصاری	میانگین	انحراف معیار	بیشینه	کمینه
مصرف گاز طبیعی	tgas	۴۰۸۹/۹۷۷	۴۴۵۱/۱۰۵	۲۱۹۴۲/۱	۰
تولید ناخالص داخلی	gdps	۵۹۹۵۴۲/۵	۸۹۶۵۱۸/۹	۵۴۳۷۰۷۶ <sup>۱</sup>	۶۵۵۸۸٫۸۶ <sup>۱</sup>
مصرف فرآورده‌های نفتی	coil	۱۷۶۲۱۱۹	۱۲۴۷۳۱۷	۶۹۸۶۶۳۵	۱۳۹۷۰۳
شدت انرژی	EC	۳/۲۴	۲/۳۳	۹/۸۲	۰
قیمت واقعی گاز	pgas	۰/۷۱۴۶۲۷۷	۰/۲۰۴۳۴۸۸	۱/۳۸۷۸۳۵	۰/۴۷۴۷۸۴۲
مصرف برق	cElec	۵۴۳۲/۱۲۵	۵۹۱۱۰/۹۶	۳۲۲۲۳	۵۴۴/۲
روند	t	۷	۳/۷۴۶۳	۱۳	۱
روز درجه گرمایش	HDD1	۵۷/۹۶	۲۵/۳	۱۱۰/۸	۰
جمعیت	pop	۲۳۷۸۷۸۱	۲۲۶۳۲۷۰	۱۳۱۰۰۰۰۰۰۰	۴۵۵۳۴۰
روز درجه سرمایش	CDD1	۴۲/۷۴	۲۵/۱۴	۱۱۷/۹	۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

و استان هرمزگان بوده که به علت نبود زیر ساخت‌ها و یا در بعضی از سال‌ها به دلیل افت فشار (۱۳۸۲ و ۱۳۸۳)، یا عدم وجود انشعابات امکان مصرف گاز طبیعی فراهم نبوده است.

استان زنجان در طی سال‌های مورد پژوهش بیشترین افزایش دما را تجربه کرده است و نرخ رشد افزایش دما در این استان ۱۹ درصد است. مصرف گاز طبیعی در این استان روند صعودی دارد که البته در سال‌های ۱۳۸۲ به دلیل نبود زیر ساخت‌ها برای مصرف گاز طبیعی و استفاده از سوخت‌های چایگزین و افزایش درجه حرارت بوده است و نمودار زیر رابطه مصرف گاز طبیعی و میانگین دما در استان زنجان را نشان می‌دهد. استان البرز (۱۶ درصد) و خراسان شمالی (۱۴ درصد) و قزوین (۱۰ درصد) به ترتیب بیشترین رشد افزایش دما را در بازه مورد نظر داشته‌اند.



نمودار ۳: مصرف گاز طبیعی و میانگین دما در استان زنجان

### ۵. روش تحقیق

مسئله صفربودن مقدار مشاهده شده برای مصرف گاز طبیعی در برخی از استان‌ها و برخی از سال‌ها پدیده شناخته شده‌ای است. اساساً یک مشکل بسیار رایج در جمع‌آوری داده‌های اقتصاد خرد، سانسور متغیر وابسته است. هنگامی که متغیر وابسته سانسور می‌شود، مقادیر در یک دامنه محدود قرار می‌گیرند (یا گزارش می‌شوند). نمونه‌هایی از آن که در ادبیات تجربی اشاره می‌شوند، عبارتند از: خرید خانگی کالاهای بادوام، تعداد ساعات کار زنان، هزینه‌های خانوار در گروه‌های مختلف کالا، هزینه‌های تعطیلات.<sup>۱</sup>

جونز (۲۰۰۰) مشاهده صفر برای متغیر وابسته در داده‌های اقتصاد خرد را ناشی از عوامل زیر می‌داند: نخست، عدم انتخاب کالای مورد نظر توسط فرد (مصرف‌کننده بالقوه نبودن). دوم، مصرف‌کننده بالقوه است ولی در این دوره میزان مصرفش برابر صفر است. سوم، مصرف‌کننده بالقوه است، در این دوره مصرف مثبت هم داشته است ولی به دلیل فاصله زیاد بین دو دفعه خریدش صفر گزارش شده است. در بررسی تقاضای یک کالا مخارج مصرفی زمانی وجود دارد که خرید صورت گرفته باشد. در حالی که تقاضا بیانگر تمایل به خرید کالا است و ممکن است که هنوز آن را در بازار مشاهده نکرده باشیم. بنابراین این اگر  $Y_i^*$  مقدار تقاضا باشد، یک متغیر پنهان یا مشاهده نشده است، ولی  $Y_i$  مقدار مشاهده شده تقاضا می‌باشد. بنابراین معادله رگرسیون را برای  $Y_i^*$  تعریف، اما در عمل از  $Y_i$

1. green(2003)



استفاده می‌کنیم. در این حالت، بسیاری از مشاهدات برابر صفر هستند، چون خریدی انجام نگرفته است.<sup>۱</sup> الگوی ارائه کرد که به مدل توبیت معروف شد. مدل توبیت به منظور بررسی روابط خطی در شرایطی که در مورد متغیر وابسته یک حد بحرانی در سمت راست یا چپ مشاهده گردد، استفاده می‌شود. وجود موارد فراتر از حد بحرانی یا پائین‌تر از حد بحرانی در متغیر وابسته بیانگر یک مشکل جدی و اریب در معادله رگرسیون است. به عبارت دیگر این سطح از پراکنش سبب خطای جدی در شرایط استفاده از رگرسیون خطی می‌شود. توبین برای تخمین مدل توبیت استفاده از روش حداکثر راستنمایی را پیشنهاد کرد و آلسن ثابت کرد که تابع حداکثر راستنمایی برای مدل توبیت تنها یک ماکزیمم داشته و برآوردهای آن سازگار و به‌طور مجانبی نرمال نیز هستند.<sup>۲</sup>

در تابع تقاضای گاز طبیعی متغیر  $Y_i^*$  معرف گرایش به مصرف گاز طبیعی است که غیرقابل مشاهده است زیرا تمایل به مصرف گاز وجود دارد. این مقدار تقاضا منعکس‌کننده نیازهای جامعه نبوده و محدودیت‌های دیگری مانند محدودیت عرضه گاز طبیعی از قبیل افت فشار گاز، نبود انشعابات، نبود زیرساخت برای عرضه گاز طبیعی امکان مصرف گاز برای برخی استان‌ها در بعضی از سالها وجود نداشته، این در حالی است که تمایل به مصرف گاز برای این استان‌ها وجود داشته است. بنابر این  $Y_i^*$  برای تعدادی از داده‌ها صفر گزارش می‌شود. در این موارد می‌توان از مدل توبیت استفاده کرد. ساختار الگوی توبیت امکان استفاده از هر دو گروه از مشاهدات صفر و غیر صفر را فراهم می‌کند. به عبارتی در برآورد الگوی توبیت از مجموعه تقاضاکنندگان بالفعل و بالقوه استفاده می‌شود.<sup>۳</sup>

در مدل توبیت، متغیر وابسته به صورت پیوسته تغییر می‌کند، اما در بعضی از موارد مقدار آن برابر با صفر است. لذا متغیر وابسته دو حالت دارد:

الف - برابر صفر است ( $Y=0$ )

ب - مثبت است که در این صورت  $Y$  هر مقداری را می‌تواند اختیار کند.

در چنین شرایطی، مدل رگرسیون خطی در عدد صفر سانسور می‌شود. در این مدل رگرسیونی جزء اخلاص دارای همسانی واریانس و توزیع نرمال است که در آن  $(0, \theta^2_u)$  و  $u_i$  و متغیر وابسته غیرقابل مشاهده دارای توزیع نرمال می‌باشد.

1. Tobin, (1958)

2. Oladele, O.I. and Kareem, A.I. (2003).

3. Mcdonald, (1982)

$Y_i$  مشاهده شده به صورت زیر تعریف می شود:

$$Y_i^* = X_i' \beta + u_i \quad (۴)$$

$$Y_i^* \leq 0 \Rightarrow Y_i = 0$$

$$Y_i^* > 0 \Rightarrow Y_i = Y_i^*$$

از آنجا که  $Y_i^*$  توزیع نرمال دارد، لذا طبق معادله بالا توزیع پیوسته روی مقادیر مثبت دارد. به ویژه آنکه تابع چگالی  $Y_i$  با معین بودن  $X$  مشابه با چگالی  $Y_i^*$  با معین بودن  $X$  برای مقادیر مثبت می باشد. علاوه بر این،  $u_i$  دارای توزیع نرمال و مستقل از  $X$  است لذا خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} p(Y_i = 0 | X_i) &= p(Y_i^* \leq 0 | X_i) = p(u_i \leq -X_i' \beta) \\ &= p\left(\frac{u_i}{\delta} \leq -\frac{X_i' \beta}{\delta}\right) = \Phi\left(-\frac{X_i' \beta}{\delta}\right) = 1 - \Phi\left(\frac{X_i' \beta}{\delta}\right) \end{aligned} \quad (۵)$$

بنابراین توزیع  $Y_i$  عبارت است از:

$$\varphi(Y_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(Y_i - X_i' \beta)^2}{2\delta^2}} \quad (۶)$$

با استفاده از این تابع توزیع، تابع درستنمایی را به صورت زیر تشکیل می دهیم:

$$L = p(Y_i = 0) p(Y_i > 0) = (1 - \Phi_i) \Pi \varphi(Y_i) = (1 - \Phi_i) (2\pi\delta^2)^{-\frac{n}{2}} e^{-\frac{\sum(Y_i - X_i' \beta)^2}{2\delta^2}} \quad (۷)$$

لگاریتم تابع درستنمایی عبارت است از<sup>۱</sup>

$$\ln L = \sum_{y>0} -\frac{1}{2} \left[ \ln(2\pi) + \ln \delta^2 + \frac{\sum(Y_i - X_i' \beta)^2}{\delta^2} \right] + \sum_{y=0} \ln \left[ 1 - \Phi_i\left(\frac{X_i' \beta}{\delta}\right) \right] \quad (۸)$$

اولسن (۱۹۸۷) با در نظر گرفتن  $Y = \frac{\beta}{\delta}$  و  $\theta = \frac{1}{\delta}$ ، تابع درستنمایی را به صورت زیر معرفی می کند:

$$\ln L = \sum_{y>0} -\frac{1}{2} \left[ \ln(2\pi) - \ln \theta^2 + (\theta Y_i - X_i' Y)^2 \right] + \sum_{y=0} \ln \left[ 1 - \Phi_i(X_i' Y) \right] \quad (۹)$$

با مشتق گیری از  $\ln L$  نسبت به  $\beta$  و  $\theta^2$  تخمین زنده های حداکثر درستنمایی بدست می آید.<sup>۲</sup> تفاوت تابع درستنمایی در مدل تویت با رگرسیون معمولی به خاطر وجود جمله  $\ln(1 - \Phi_i)$  است. در نظر نگرفتن این مقدار باعث تورش و ناسازگاری تخمین زنده ها می شود.<sup>۳</sup>

1. Wooldridge, (2013)

2. Green, (2003)

3. Wooldridge, (2013)

$\beta$  اثر  $x_i$  را بر  $E(Y_i^*|x_i)$  نشان می‌دهد اما چون  $Y_i^*$  متغیر پنهان است، بایستی به جای امید ریاضی  $Y_i^*$  امید ریاضی  $Y$  را محاسبه کنیم. برای محاسبه  $E(Y|x_i)$  نیاز به احتمال‌های شرطی داریم. در مدل توییت دو نوع امید ریاضی داریم: امید ریاضی شرطی  $Y$  به ازای مقادیر مثبت  $Y$  و امید ریاضی  $Y$  است که مشروط به مقادیر  $Y$  مشاهده نشده است. اگر اولی را داشته باشیم دومی را می‌توان محاسبه کرد<sup>۱</sup>.

$$E[y|\mathbf{x}] = \text{Prob}[y = 0|\mathbf{x}] \times 0 + \text{Prob}[y > 0|\mathbf{x}] \times E[y^*|\mathbf{x}, y^* > 0] \quad (10)$$

$$E(Y|x_i Y_{i>0}) = \mathbf{x}'\beta + \partial E[u_i | u_i > -\mathbf{x}'\beta] \quad (11)$$

$$= \mathbf{x}'\beta + \sigma \frac{\Phi(\mathbf{x}'\beta/\sigma)}{\phi(\mathbf{x}'\beta/\sigma)} \quad (12)$$

$$E(Y|x_i Y_{i>0}) = \mathbf{x}'\beta + \sigma \lambda\left(\frac{\mathbf{x}'\beta}{\sigma}\right)$$

معادله فوق از این جهت مهم است که بیانگر ارزش انتظاری  $Y$  است که مشروط به  $Y_{i>0}$  بوده و برابر با  $\mathbf{x}'\beta$  به علاوه یک جمله اکیداً مثبت می‌باشد.<sup>۲</sup>

وقتی  $Y$  از مدل توییت تبعیت می‌کند تعیین اثر نهایی  $x_i$  بر  $Y$  تا حدودی پیچیده است. اثرات نهایی اثرات تغییر در متغیر وابسته ناشی از تغییر در متغیر مستقل با ثابت نگه داشتن سایر متغیرهای مستقل است (تیارا توس ۲۰۱۳). عبارت  $\lambda\left(\frac{\mathbf{x}'\beta}{\sigma}\right)$  نشان می‌دهد که اثر  $x_i$  بر  $Y$  فقط وابسته به ضریب آن یعنی  $\beta$  نیست و عوامل دیگری نیز آن را تعدیل می‌کند که این عوامل به جملات داخل پراتر هم بستگی دارد. وقتی  $Y$  از مدل توییت تبعیت می‌کند تعیین اثر نهایی  $x_i$  بر  $Y$  تا حدودی پیچیده است. اگر  $x_i$  یک متغیر پیوسته باشد اثر نهایی آن بر  $Y$  به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\partial E(Y_i^*|x_i Y_{i>0})}{\partial x_i} = \beta_i + \sigma \frac{d\lambda}{d\delta} \frac{x\beta}{\delta} \quad (10)$$

با استفاده از این رابطه می‌توان کشش‌ها را محاسبه کرد (ولدریچ، ۲۰۱۳).

## ۶. برآورد الگو و تفسیر نتایج

تخمین مدل توییت با استفاده از نرم افزار Stata15 انجام شده است. اما پیش از تشریح نتایج آزمون و ارزیابی فرضیه تحقیق لازم است نکویی مدل برازش شده ارزیابی شود. در

1. Wooldridge, (2013)

2. Wooldridge, (2013)

مدل توییت با استفاده از احتمال آماره والد می‌توان به معنی‌دار بودن رگرسیون پی برد. در مدل رگرسیون توییت،  $R^2$  از پایایی و اعتبار لازم برخوردار نیست و به جای آن از آماره لگاریتم درستنمایی استفاده می‌شود که هر چه قدر مطلق آن بزرگتر باشد حاکی از مناسب بودن مدل می‌باشد. جدول ۲ مقادیر این آماره‌ها را گزارش می‌کند.

جدول (۲): آماره والد و لگاریتم درستنمایی

Log likelihood	prob	Wald chi2(9)
-۲۶۵۷۲۹/۸	۰/۰۰۰	۳۹۰۶۷/۸۴

مأخذ: محاسبات تحقیق

آماره والد و لگاریتم درستنمایی محاسباتی حاکی از معنی‌دار و مناسب بودن مدل است.<sup>۱</sup>

نتایج برآورد مدل که در جدول (۴) آمده، حاکی از انطباق علائم ضرایب برآورد شده با مبانی نظری و معنادار بودن کلیه متغیرهای مستقل مدل می‌باشد. آماره LR حاصل بکارگیری این متغیرها ۵۲۰۰۰۰ می‌باشد که نشان دهنده قدرت مدل در توضیح دهندگی متغیرهای مستقل می‌باشد. جدول (۳) مقادیر این آماره را گزارش می‌کند.

جدول (۳): آماره LR

LR	prob
۵۲۰۰۰۰	۰/۰۰۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

همان‌طور که در قسمت قبل توضیح داده شد در مدل توییت به دلیل پیچیدگی اثر متغیر مستقل بر وابسته از اثرات نهایی برای تفسیر نتایج استفاده می‌شود. برآورد اثرات نهایی مدل توییت در جدول ۴ نشان می‌دهد که مهمترین عوامل مؤثر بر مصرف گاز طبیعی در ایران، به ترتیب، متغیرهای تولید ناخالص داخلی، روند، سرمایه‌ش و مصرف برق می‌باشند. با توجه به برآورد اثرات نهایی به صورت نیم کشش، می‌توان یافته‌ها را اینگونه تفسیر نمود: تولید ناخالص داخلی عامل مؤثری است که با افزایش یک درصد این متغیر، مصرف گاز طبیعی معادل ۱۴۷۶ میلیون مترمکعب افزایش می‌یابد.

1. Mcdonald, (1982)

جدول (۴): نتایج برآورد مدل توبیت

متغیرها	ضریب برآورد شده	خطای استاندارد	Z	$P> z $	اثرات نهایی
EC	۶۷/۵	۳/۱۳	۲۱/۵۴	۰/۰۰۰	۲۱۹
CDD1	۲۱/۵	۱/۲۵	۱۷/۲	۰/۰۰۰	۹۲۲/۶
HDD1	۴۶/۱۵	۱۱/۵	۳/۹	۰/۰۰۰	۱۰۵/۱
coil	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱۸	-۱۸/۸	۰/۰۰۰	-۶۲۲/۷
cElec	۰/۱۶۶	۰/۰۰۵	۳۲/۷	۰/۰۰۰	۹۰۴
t	۱۷۰/۵	۲/۲	۷۵/۵	۰/۰۰۰	۱۱۹۳/۵
gdps	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳	۶۲/۴	۰/۰۰۰	۱۴۷۶/۷۱
pgas	-۹۴/۱۵	۳۳/۶	-۲/۸	۰/۰۰۰	-۶۷/۲
pop	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۰۲	۷/۴	۰/۰۰۰	۴۰۷/۶
sigma_e	۲۴۵۸/۲	۳۸/۵	۶۳/۸	۰/۰۰۰	
Sigma u	۱۱۸۳/۲	۴/۹	۲۳۷/۰۵	۰/۰۰۰	

مأخذ: محاسبات تحقیق

ضریب برآورد شده برای متغیر  $t$  نشان می‌دهد با تغییر یک درصد متغیر روند، میزان مصرف گاز طبیعی معادل ۱۱۹۳ میلیون مترمکعب افزایش می‌یابد. در این بازه زمانی استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت در نیروگاه‌ها و تبدیل نیروگاه‌های کشور از حالت سنتی به سیکل ترکیبی و نیروگاه‌های گازی، مهم‌ترین تغییرات تکنولوژیک در این حوزه بوده‌اند که باعث افزایش مصرف گاز طبیعی شده است.

متغیر روز درجه سرمایه‌ش نیز بر مصرف گاز طبیعی تأثیر دارد. با افزایش درجه حرارت و استفاده بیشتر از سیستم‌های سرمایه‌ش، مصرف گاز طبیعی نیز افزایش خواهد داشت. با افزایش یک درصد در متغیر روز درجه سرمایه‌ش، مصرف گاز طبیعی ۹۲۲ میلیون مترمکعب افزایش می‌یابد.

متغیر مصرف برق عامل تأثیر گذار بعدی است. از آنجایی که در تولید برق از گاز طبیعی استفاده می‌شود لذا این متغیر هم در بخش نیروگاهی به عنوان سوخت و هم در بخش‌های خانگی و تجاری برای خنک شدن استفاده می‌شود، بنابراین، با افزایش یک درصدی در مصرف برق، مصرف گاز طبیعی معادل ۹۰۴ میلیون مترمکعب افزایش خواهد داشت. شدت انرژی متغیر مهم دیگری است که یک درصد افزایش آن، حدود ۲۱۹ میلیون مترمکعب مصرف گاز طبیعی را افزایش می‌دهد.

نتایج همچنین نشان می‌دهد با یک درصد افزایش جمعیت، مصرف گاز طبیعی معادل ۴۰۷ میلیون مترمکعب افزایش می‌یابد. با کاهش درجه حرارت نیز استفاده از گاز طبیعی برای گرم شدن افزایش می‌یابد. افزایش یک درصدی در روز درجه گرمایش موجب افزایش ۱۰۵ میلیون مترمکعبی گاز طبیعی می‌شود. نتایج برآورد همچنین حاکی از آن است که یک درصد افزایش در مصرف فرآورده‌های نفتی به عنوان کالاهای جانشین برای گاز طبیعی، موجب کاهش ۶۲۲ میلیون مترمکعب گاز طبیعی می‌شود. افزایش یک درصدی در شدت انرژی نیز مصرف گاز طبیعی را معادل ۲۱۹ میلیون مترمکعب افزایش خواهد داد. علامت متغیر قیمت مطابق با انتظارات بوده و معنادار می‌باشد. با یک درصد افزایش قیمت ۶۷ میلیون مترمکعب مصرف گاز طبیعی کاهش می‌یابد.

#### ۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر متغیرهای اقتصادی و غیراقتصادی بر تقاضای گاز طبیعی در ایران با تأکید بر متغیرهای آب و هوایی انجام شده است. این مطالعه با رویکرد رگرسیونی توییت مبتنی بر داده‌های پنلی استان‌های کشور در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴، با ۹ متغیر توضیحی که با توجه به مبانی نظری، پیشینه تحقیق و شرایط کشور، انتخاب شده، صورت گرفته است.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد، متغیرهای تولید ناخالص داخلی، روند، شدت انرژی، مصرف برق و دما، به ترتیب بیشترین اثر را بر مصرف گاز طبیعی کشور طی دوره مورد بررسی داشته‌اند.

تأکید ویژه این مطالعه بر اثر تغییرات آب و هوایی بر مصرف گاز طبیعی است که نتایج تخمین اثر معنی‌دار این عامل را نشان داد. در برنامه ریزی بلندمدت انرژی در بخش تقاضا لازم است تا علاوه بر در نظر گرفتن متغیرهای متداول، به تأثیر تغییرات آب و هوایی به عنوان یکی از کلان روندهای مهم مؤثر بر مصرف انرژی نیز توجه شود. اینگونه سیاست‌گذاری، با در نظر گرفتن اقلیم‌های متفاوت هر استان، حساسیت نسبت به افزایش درجه حرارت و برنامه‌ریزی متناسب با آن، می‌تواند به صورت مناسب‌تری با تغییر مصرف فصلی گاز طبیعی و چالش‌های مرتبط با آن، مانند تأمین نیاز بخش خانگی در فصل سرد سال و بوجود آمدن کمبودها در بخش‌های دیگر و انجام تعهدات صادراتی و برنامه‌های تزریق گاز به مخازن نفت مواجه نماید. همچنین، این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان

آثار بلندمدت تغییرات آب و هوایی را بر چشم‌انداز مصرف گاز طبیعی کشور در چارچوب مطالعات آینده‌پژوهی لحاظ نمود.

## ۸. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

## ۹. منابع

ابونوری، عباسعلی و غفوری، شیرین (۱۳۹۰)، «برآورد عرضه و تقاضای گاز طبیعی در ایران و پیش‌بینی برای افق ۱۴۰۴»، *مدلسازی اقتصادی*، سال ۴، شماره ۱۲، صفحات ۱۳۶-۱۱۷.

استیونس، پل (۱۳۹۰)، *اقتصاد انرژی*، ترجمه علی طاهری فرد و سید جعفر حسینی و جلال دهنوی، تهران: دانشگاه امام صادق (ع).

آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی زا، (۱۳۹۴)، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران

ترازنامه انرژی سال (۱۳۹۴)، دفتر برنامه ریزی اقتصاد کلان برق و انرژی

ترازنامه انرژی سال (۱۳۹۶)، دفتر برنامه ریزی اقتصاد کلان برق و انرژی

جوان، افشین و زمانی، مهرزاد و قنبری، علیرضا و بیاری، لیلی (۱۳۹۱)، «پیش‌بینی تقاضا و ذخیره‌سازی فصلی گاز طبیعی در طول برنامه پنجم توسعه با استفاده از روش‌های شبکه عصبی و ARIMA»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال ۹، شماره ۳۴، صفحات ۷۰-۴۹.

دفتر مرجع ملی هیات بین‌الدولی تغییر اقلیم (۱۳۹۶)، آشکارسازی، ارزیابی اثرات و چشم‌انداز تغییر اقلیم در ایران طی قرن بیست و یکم، سازمان هواشناسی کشور.

سهیلی، کیومرث (۱۳۸۶)، «الگوهای تقاضا و تحلیل دینامیک تقاضای انرژی در ایران»، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، دوره ۷، شماره ۲، صفحات ۸۶-۶۷.

سیدجوادین، سید رضا و شاه‌حسینی، محمدعلی و حسینی‌پور، سید وحید (۱۳۹۰)، «پیش‌بینی مصارف گاز طبیعی کشور در افق برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و سیاسی کشور و نقد سیاست‌های مرتبط»، *مدیریت بازرگانی*، سال ۳، شماره ۷، صفحات ۱۲۶-۱۰۹.

شکوری گنجوی، حامد و نظرزاده، جلال (۱۳۸۳)، «مطالعه اثر تغییرات دمای هوا بر میانگین زمان مصرف روزانه انرژی الکتریکی در کشور»، *انرژی ایران*، سال ۹، شماره ۲۰، صفحات ۴۰-۲۷.

عبدلی، قهرمان و رهرامی، ویدا (۱۳۸۸)، «بررسی اثر پیشرفت تکنولوژی بر صرفه‌جویی مصرف انرژی در بخش صنعت و کشاورزی با استفاده از تابع تولید کاب داگلاس»، *فصلنامه مطالعات انرژی*، سال ۶، شماره ۲۳، صفحات ۴۱-۲۳.

فریدزاد، علی (۱۳۹۷)، «اقتصاد انرژی: تعاریف، مفاهیم، بازارها و سیاست‌ها»، تهران: مرکز چاپ و نشر دانشگاه علامه طباطبائی.

- کریمی، تورج و صادقی مقدم، محمد رضا و رهنما، روح الله (۱۳۸۹)، «بررسی اثر تغییرات دما بر مصرف گاز طبیعی در ایران»، فصلنامه مطالعات انرژی، سال هفتم، شماره ۲۴.
- کشاورز حداد، غلامرضا و میرباقری جم، محمد (۱۳۸۶)، «بررسی تابع تقاضای گاز طبیعی در ایران»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۳۲، صفحات ۱۶۰-۱۳۷.
- گلی، زینب و اشرفی، یکتا (۱۳۸۹)، «بررسی شدت انرژی کشور و تجزیه آن با استفاده از شاخص ایده‌آل فیشر در ایران»، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال ۱۸، شماره ۵۴.
- مجرد، فیروز و سلمانی، افسانه (۱۳۹۸)، «رابطه متغیرهای آب هوایی با مصرف برق و پیش‌بینی تقاضای برق با مدل‌های گردش عمومی جو در غرب ایران»، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۱، شماره ۲، صفحات ۳۱۵-۳۰۱.
- مسعودیان، ابوالفضل و علیخانی، بهلول و ابراهیمی، رضا (۱۳۹۰)، «واکاوی میانگین مجموع ۱۳ روز درجه مورد نیاز (گرمایش و سرمایش) در قلمرو ایران»، جغرافیا و پایداری محیط (پژوهشنامه جغرافیایی)، سال ۱، شماره ۱، صفحات ۳۶-۲۳.
- ملکی، رضا (۱۳۸۳)، «بررسی رابطه علیت بین مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در ایران»، مجله برنامه و بودجه، شماره ۸۹، صفحات ۱۱۹-۸۱.
- مهرگان، نادر و صادقی، حسین و امانی، مسعود (۱۳۹۱)، «استفاده از روش روز درجه در برآورد تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی در ایران: با رویکرد پل دیتا»، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال ۹، شماره ۳۲، صفحات ۱۸۷-۱۶۹.

## References

- Bernstein, Ronald and Madlener, Reinhard (2011), "Residential Natural Gas Demand Elasticities in OECD Countries: An ARDL Bounds Testing Approach", *FCN Working Papers*.
- Das, Anupam and McFarlane, Adian A. and Chowdhury, Murshed (2013). "The dynamics of natural gas consumption and GDP in Bangladesh", *Sustainable Energy Reviews*, Vol. 22, pp. 269-274.
- Green, W. H. (2003), *Econometric Analysis*, 5th ed., Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall
- Gudarzi Farahani, Yazdan and Varmazyari, Behzad and Moshtaridoust, Shiva (2012), "Energy Consumption in Iran: Past Trends and Future Directions", *Social and Behavioral Sciences*, Vol. 62, pp.12-17.
- Huntington, H. G. (1998), "Crud Oil Prices and US Economic Performance: Where Does the Asymmetry Reside?", *Energy Journal*, Vol. 19, No. 4, pp. 107-132.
- Jones, A. M. and Yen, S. T. (2000), "A Box-Cox Double Hurdle Model", *Manchester school*, Vol. 68, pp. 203-221.



- Kani, Alireza H. and Abbaspour, Madjid and Zahra, Abedi (2014). "Estimation of Demand Function for Natural Gas in Iran: Evidences Based on Smooth Transition Regression", *Economic Modelling*, Vol. 36, pp. 341-347.
- Kumar Debnath, and Ashim, Blackman, Ross and Haworth, Narelle (2013), "Tobit Model for Analyzing Speed Limit Compliance in Work zones", *Safety Science*, Vol. 70, pp. 367-377.
- Mahmood, Rafat and Saleemi, Sundus and Amin, Sajid (2016), "Impact of Climate Change on Electricity Demand: A Case Study of Pakistan", *The Pakistan Development Review*, Vol. 55, No. 1, pp. 29-47.
- McDonald, F and Moffit R.A. (1982), "The uses of Tobit analysis", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 62, issue 2, pp. 318-321.
- Nordhaus, William D. and Houthakker, Hendrik S. and Sachs, Jeffrey D. (1980), "Oil and Economic Performance in Industrial Countries", *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 1980, No. 2, pp. 341-399.
- Oladele, O.I. and Kareem, A.I. (2003). "Adoption Rate and Continued Use of Selected Arable Crop Technologies among Farmers in Oyo State Nigeria", *Journal of Food, Agriculture and Environment*, Vol. 1, No. 3&4, pp. 291-294.
- Olsen, R. J. (1978), "Note on the Uniqueness of the Maximum Likelihood Estimator for the Tobit Model", *Econometrica*, Vol. 46, No. 5, pp. 1211-1215.
- Oystein, Olsen and Kjell, Roland (1988), "Modeling Demand for Natural Gas; A Review of Various Approaches", *Social and economic studies* 067.
- Ranson, Matthew and Morris, Lauren and Kats-Rubin, Alex (2014), "Climate Change and Space Heating Energy Demand: A Review of the Literature", *NCEE Working Paper Series 201407*.
- Tobin, J. (1958), "Estimation of Relationship for Limited Dependent Variable", *Econometrica*, Vol. 26, No. 1, pp. 24-36.
- Wooldridge, Jeffrey M. (2013), *Introductory Econometrics; A Modern Approach*, Fifth Edition, South-Western, Cengage Learning.
- Zhang ,Chen, and Liao, Hua and Mi, Zhifu (2019), "Climate Impacts: Temperature and Electricity Consumption", *Natural Hazards*.

## The Effect of Climate Change on Iran's Natural Gas Consumption; Application of Censored Regression Model (Tobit)

**Tahereh Hajhosseini  
Baghdadabadi\***

Corresponding Author, Ph.D. Student of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

**Abdolrasoul Ghasemi**

Associate Professor of the Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

**Teimour Mohammadi**

Associate Professor of the Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

### Abstract

Investigating the effects of climate change on different aspects of social life has been the focus of research in recent decades. The importance of energy for development and growth as well as pollution caused by energy carriers has made it necessary to assess the impact of climate change on the consumption of various energy carriers including natural gas. This study designed a model for natural gas demand in which in addition to the conventional economic factors, climate variables are considered. Then, we estimate this model for Iran during the years 2003-2015. In addition, variables of GDP and electricity consumption as well as trend variable had the greatest effect on natural gas consumption in the country.

**Keywords:** Natural Gas Consumption, Climate Change, Tobit Regression Model

**JEL Classification:** Q43, Q54, C34

---

\* t.hajhoseini@gmail.com