

تاریخ دریافت: ۱۶ خرداد ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴ آبان ۱۴۰۲ صفحات ۶۳ الی ۸۵

## مدل‌سازی مصرف گاز طبیعی بخش خانگی واحد شهری استان گلستان<sup>۱</sup>

**حمیده محرمی\***

دانشجو کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی دانشگاه صنعتی شاهرود  
hamideh.moharrami@shahroodut.ac.ir

**محمد میرباقری جم**

استادیار گروه اقتصاد دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود  
m.mirbagherijam@shahroodut.ac.ir

**مجتبی غیائی**

دانشیار گروه مدیریت دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود  
mog@shahroodut.ac.ir

**چکیده:** تحقیق حاضر به مدل‌سازی و پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی استان گلستان می‌پردازد. جامعه آماری مورد بررسی شامل مشترکان شهری ۱۴ شهرستان استان در بخش خانگی در سه واحد شهر، خانوار شهری و شهروند است و دوره پژوهش سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۳ (۹۶ ماه) را شامل می‌شود. در مدل‌سازی و پیش‌بینی از مدل رگرسیون داده‌های ترکیبی استفاده شده است. طبق نتایج حاصله متغیرهای آب و هوا، درآمد و مصرف دوره قبل بر مدل مصرف شهری تأثیر گذاری بیشتری داشته‌اند. همچنین در مدل مصرف خانوار متغیرهای آب و هوا، تعداد روزهای تعطیل، مصرف دوره قبل و بعد خانوار تأثیر گذاری بیشتری دارند. در مدل مصرف شهروند نیز متغیرهای آب و هوا، تعداد روزهای تعطیل، مصرف دوره قبل و شاخص دسترسی به گاز تأثیر گذاری بیشتری دارند. همچنین پیش‌بینی‌های سه مدل مورد بررسی بصورت پیش‌بینی ۲۴ دوره آتی در مدل‌های مصرف شهری و شهروند، ۱ دوره آتی برای مدل مصرف خانوار شهری می‌باشد. نتایج حاصل نشان می‌دهد بیشتر انرژی برق کشور که از طریق گاز طبیعی تامین می‌شود، می‌تواند با راهکارهای انرژی‌های خورشیدی و سایر انرژی‌های تجدید پذیر جایگزین گردد.

**واژه‌های کلیدی:** مصارف خانگی گاز طبیعی، پیش‌بینی، رگرسیون داده‌های ترکیبی، گاز طبیعی، استان گلستان

<sup>۱</sup> این تحقیق با حمایت شرکت ملی گاز ایران و سازمان هواشناسی کشور اجرا شده است.

\* نویسنده مسئول

## ۱- مقدمه

مصارف گاز طبیعی به بخش‌هایی همچون نیروگاهی، خانگی، حمل و نقل، تجاری و عمومی، کشاورزی و مصارف دیگر تعلق دارند. تحقیقات نشان می‌دهد در سال ۲۰۱۹ مصارف مربوط به بخش خانگی در مرتبه دوم مصارف گاز طبیعی قرار گرفته است این خود لزوم بررسی و پیش بینی مصرف برای جوابگویی در مواقع پیک مصرف را تایید می‌کند. برقراری توازن بین تولید و مصرف گاز طبیعی از جمله مواردی است می‌تواند جهت جوابگویی نیاز مشتریان این حوزه دارای اهمیت باشد، چرا که در سال‌های گذشته نیز ناترازی گاز طبیعی مشهود بوده است و برخی از مناطق با قطعی و کاهش فشار گاز روبرو شده‌اند.

طبق گزارش‌هایی که توسط سایت جهانی<sup>۱</sup> our world in data منتشر شده است نشان از این دارد که سهم مصارف جهانی از گاز طبیعی در سال ۲۰۲۱ برابر ۴۰ هزار تراوات ساعت<sup>۲</sup> بوده است حال آنکه این مقدار در ایران مقداری بیش از ۲۰۰۰ تراوات ساعت می‌باشد. همچنین مقدار مصرف نفت به عنوان پرمصرف‌ترین سوخت جهان در سال ۲۰۲۱ برابر ۵۰ هزار تراوات ساعت است این درحالی است که در ایران مقدار مصرف نفت از مقدار مصرف انرژی گاز طبیعی کمتر بوده و برابر مقدار کمتر از ۱۰۰۰ تراوات ساعت می‌باشد. نتایج فوق نشان می‌دهد که بیشترین مصارف انرژی در جهان توسط نفت تامین می‌شود (۳۱٪) این در حالی است که بیشترین مصارف انرژی در ایران توسط گاز طبیعی تامین می‌شوند (۷۱٪) و روند مصرف انرژی گاز طبیعی در ایران روند صعودی داشته است.

جدول ۱. مقایسه وضعیت گاز طبیعی ایران در سال ۲۰۲۱ نسبت به وضعیت جهانی

جهان	ایران	
۱۸۸,۷ Trillion m <sup>۳</sup>	۳۲,۱ Trillion m <sup>۳</sup>	ذخایر گاز طبیعی
۴۰,۰۰۰ Trawatt_hours	۲۵۶۷ Trawatt_hours	میزان تولید
۴۰,۰۰۰ Trawatt_hours	۲۴۱۱ Trawatt_hours	میزان مصرف
-	۸۰,۵۶٪	تولید انرژی الکتریکی

منبع: ourworldindata.org

<sup>۱</sup> <https://ourworldindata.org/>

<sup>۲</sup> TeraWatt\_hours

بر اساس مطالب گفته شده می‌توان نتیجه گرفت ایران با وجود آنکه جزو کشورهایی با بیشترین ذخایر گاز طبیعی است اما میزان تولیدات و بهره برداری آن به قدر نیاز نیست و در مواردی برای رفع نیاز مشتریان و تقاضا کنندگان داخلی خود مجبور به واردات گاز طبیعی از کشورهای همسایه می‌شود. با مدلسازی و پیش بینی میزان مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی خصوصا در فصول سرد سال که با پیک مصرف روبرو هستیم می‌توان نیازها و تقاضای مشتریان را به درستی پاسخ داد و کمک شایانی به شرکت ملی گاز ارائه می‌دهد. می‌توان ضرورت انجام تحقیق را با چند دلیل بیان نمود:

۱. از نگاه سیاست گذار انرژی گاز طبیعی، حفظ تعادل بین عرضه و تقاضا و تامین عرضه پایدار انرژی مهم است. از این جهت با پیش بینی روند مصرف گاز طبیعی و شناخت وضعیت مصرف و تقاضای آن در آینده امکان برنامه ریزی بهتر فراهم می‌شود.

۲. از نگاه دولت با پیش بینی مصرف گاز طبیعی امکان برنامه ریزی بهتر برای اخذ مالیات بر فروش میسر خواهد بود.

۳. پیش بینی مصرف گاز طبیعی و شناخت میزان افزایش تقاضای آن در سال‌های آتی به نیروگاه‌های تولیدی و عرضه کنندگان انرژی کمک می‌کند تا بتوانند برای افزایش تولید و عرضه انرژی برنامه ریزی نمایند.

۴. همچنین با توجه به اینکه تاکنون مطالعه اساسی در زمینه پیش بینی روند مصرف انرژی گاز طبیعی در استان گلستان انجام نشده است، لذا انجام پژوهش حاضر به بومی سازی این زمینه از دانش کمک کننده خواهد بود.

با مطالعه تحقیقات انجام شده در این حوزه متغیرهای تاثیرگذار بر مصرف گاز طبیعی شناسایی شدند همچنین با بررسی روند مصرف گاز طبیعی بر متغیرهای مورد بررسی افزوده شد. در این پژوهش‌ها از روش‌هایی همچون سری‌های زمانی<sup>۱</sup>، آزمون تی<sup>۲</sup>، مدل‌های خطی<sup>۳</sup>، مدل‌های خطی-لگاریتمی<sup>۴</sup>، ژنتیک، شبکه‌های عصبی مصنوعی، فیلتر کالمن، شبکه‌های عصبی GMDH، رویکرد فازی و روش رگرسیون داده‌های ترکیبی استفاده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد اکثر روش‌های مورد استفاده

<sup>۱</sup> time series

<sup>۲</sup> T\_Test

<sup>۳</sup> Linear models

<sup>۴</sup> Logarithmic linear models

روش سری زمانی می‌باشد، به دلیل کامل بودن و جامعیت روش رگرسیون داده‌های ترکیبی از این روش برای مدل‌سازی و پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی استفاده شده است.

نرم افزارهای مورد استفاده نیز اکثراً Eviews و SPSS و Excell می‌باشند. در این میان خلاء استفاده از نرم افزار R که نرم افزاری کاربردی برای مدل‌سازی و تخمین مدل‌ها می‌باشد احساس شد از این رو نرم افزار مورد استفاده R انتخاب شده است.

محدوده مورد بررسی نیز طبق بررسی‌های انجام شده کشوری، استانی و شهرستان بوده است. انجام بررسی و مدل‌سازی مصرف گاز طبیعی در استان گلستان جزو خلاءهای موجود بود که با انجام این پژوهش و استفاده از آن در برنامه‌ریزی‌های شهری و استانی راهگشا خواهد بود.

دوره زمانی مورد بررسی نیز اغلب کوتاه مدت یا میان مدت بصورت سالیانه یا فصلی بوده‌اند. پژوهش حاضر با انتخاب دوره‌های زمانی ماهیانه برای ۸ سال طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۳ انجام شده است، که این پژوهش خلاء تحقیقاتی حاضر را پوشش می‌دهد.

هدف از انجام پژوهش را می‌توان شناسایی عوامل موثر بر روند مصرف گاز طبیعی و تعیین اثر هر عامل بر مصرف گاز طبیعی استان گلستان و همچنین پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی در این استان نام برد. فرضیه‌های مورد بررسی شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. متغیرهای آب و هوا بر روی مصرف گاز طبیعی تاثیر منفی و معناداری دارند.
۲. تعداد روزهای تعطیل در طی سال بر روی مصرف گاز طبیعی تاثیر مثبت و معناداری دارد.
۳. قیمت گاز طبیعی بر میزان مصرف آن تاثیر منفی و معناداری دارد.
۴. قیمت حامل‌های انرژی جایگزین بر میزان مصرف گاز طبیعی تاثیر مثبت معناداری دارند.
۵. درآمد حقیقی افراد بر میزان مصرف گاز طبیعی تاثیر مثبت و معناداری دارد.
۶. شاخص دسترسی به گاز طبیعی بر میزان مصرف گاز تاثیر مثبت و معناداری دارد.
۷. جمعیت شهر بر میزان مصرف گاز طبیعی تاثیر مثبت و معناداری دارد.
۸. بعد خانوار بر میزان مصرف گاز طبیعی تاثیر مثبت و معناداری دارد.
۹. مصرف گاز طبیعی به میزان مصرف دوره قبل خود وابسته است.

قلمرو مکانی تحقیق استان گلستان و قلمرو زمانی مدل‌سازی نیز از ابتدای سال ۱۳۹۳ تا سال ۱۴۰۰ را شامل می‌شود. همچنین قلمرو زمانی پیش‌بینی نیز سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ را شامل می‌شود.

روش انجام پژوهش رگرسیون داده‌های ترکیبی می‌باشد. داده‌ها از سازمان‌های مرتبط با موضوع اعم از شرکت ملی گاز ایران، مرکز آمار، بانک مرکزی و سازمان هواشناسی کشور طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۳ جمع‌آوری شده است. برای تخمین مدل نیز از نرم‌افزار R که نرم‌افزار مناسب و کاربردی برای مدلسازی‌های آماری است استفاده شده است.

در ادامه نیز در مورد جایگاه و اهمیت پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی، عوامل موثر بر مصرف، روش تحقیق که شامل مدلسازی مصرف و پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی می‌شود صحبت خواهد شد. در ادامه نیز یافته‌های تحقیق و نتیجه‌گیری‌ها بیان می‌شوند.

## ۲- مبانی نظری و پیشینه

وجود ذخایر عظیم گاز طبیعی در ایران، ارزان بودن آن نسبت به دیگر فرآورده‌های نفتی و گسترده‌ی شبکه گازرسانی در کشور انتخاب این سوخت را به عنوان سوخت جانشین، از لحاظ اقتصادی، توجیه پذیر می‌نماید.

### ۲-۱- جایگاه و اهمیت پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی

طبق آخرین گزارشی که ترازنامه انرژی در سال ۲۰۱۹ منتشر کرده است، سهم هریک بخش‌های صنعت، خانگی، تجاری و عمومی، مصارف غیرانرژی، حمل و نقل، کشاورزی و مصارف نامشخص از کل مصرف گاز طبیعی جهان به ترتیب ۳۷/۰، ۲۹/۹، ۱۲/۹، ۱۲/۰، ۷/۳، ۰/۷ و ۰/۲ درصد بوده است. این مقادیر نشان‌دهنده آن است که مصارف مربوط به بخش خانگی در مرتبه دوم مصارف گاز طبیعی قرار گرفته و لزوم بررسی، پیش‌بینی مصرف برای جوابگویی در مواقع پرمصرف و همچنین صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی در بخش‌های مختلف به ویژه بخش خانگی<sup>۱</sup> که از پرمصرف‌ترین بخش‌های کشور محسوب می‌شود را ضروری نشان می‌دهد.

۱ براساس تعاریف سازمان ملل متحد در مورد آمار انرژی، یک خانوار<sup>۱</sup> گروهی از افراد هستند که دارای مسکن مشترک بوده و تمام یا قسمتی از درآمد و ثروت خود را به اشتراک می‌گذارند و انواع خاصی از کالاها و خدمات را که بیشتر غذا و مسکن است، مصرف می‌کنند.<sup>۲</sup> بخش خانگی، به مجموعه تمام خانوارها اطلاق می‌شود. مسکن نیز یک محل جداگانه و مستقل برای سکونت یک خانواده است.

## ۲-۲- عوامل موثر بر مصرف گاز طبیعی

نویسندگان و محققان از متغیرهای ورودی متفاوتی برای ایجاد مدل استفاده کرده‌اند، اما می‌توان متوجه شد که متداول‌ترین متغیرهای مورد استفاده، مصرف گذشته گاز طبیعی و داده‌های هواشناسی (به‌ویژه دما) بوده است. می‌توان متغیرهای تاثیرگذار بر مصرف گاز طبیعی را به صورت زیر نام برد:

وضعیت آب‌وهوا، متوسط رطوبت نسبی هوا، ساعات آفتابی در روز، متوسط سرعت باد، اطلاعات فصلی، روزهای هفته، تعطیلات، قیمت گاز طبیعی، قیمت حامل‌های انرژی جایگزین، درآمد، جمعیت، سطح تحصیلات، هدفمندسازی یارانه‌ها، تولید ناخالص ملی و دسترسی افراد به حامل انرژی گاز طبیعی بوده است.

آب و هوا: در فصول مختلف سال آب و هوا و میزان درجه هوا متفاوت است، در فصول آخر سال به دلیل کاهش دما و سرد شدن هوا میزان مصرف توسط مشترکان بالا می‌رود به حدی که اگر برنامه ریزی‌ها جهت پاسخگویی به نیاز مشتریان به درستی صورت نگیرد احتمال کمبود نیرو و میزان پاسخگویی به مشتریان کاهش می‌یابد (Dujak, Mesarić, & Šebalj, 2017).

روزهای هفته و تعطیلات: در روزهای تعطیل مثل تعطیلات آخر هفته امکان مصرف گاز طبیعی بیشتر خواهد بود، همچنین بسته به شرایط امکان آنکه خانوار در منزل حضور نداشته و میزان مصرف گاز طبیعی به صورت کاهشی باشد وجود دارد. تعطیلات رسمی کشور مثل اعیاد یا روزهای مهم دینی برای انجام مراسم‌های مختلف امکان مصرف گاز طبیعی را تا حد زیادی بالا می‌برد.

قیمت حامل انرژی و حامل‌های انرژی جایگزین: گاز طبیعی و برق از جمله حامل‌های انرژی هستند که می‌توانند در صورت لزوم بجای یکدیگر مصرف شوند. تغییرات قیمتی در هر یک از این حامل‌های انرژی بر میزان مصرف دیگری تاثیر می‌گذارد.

درآمد: افراد با درآمد بیشتر به سمت حامل‌های انرژی با کارایی راحت‌تر و با دسترسی بهتر می‌روند و افراد با درآمد کمتر به سمت مصرف حامل‌های انرژی جایگزین آنها روی می‌آورند (Baoling, Zou, Biliang Luo, 2019). در اکثر کشورها رابطه مصرف سرانه و درآمد ناخالص داخلی مثبت است، که یعنی زمانی که درآمد افزایش می‌یابد، مصرف نیز افزایش می‌یابد، اما نه لزوماً با همان نرخ (Faisal, Turgut Tursoy, Nil Günsel Resatoglu, 2016). گاز طبیعی در سبد خانوار یک کالای ضروری است بطوری که کشش درآمدی مصرف کالا در حدود ۰/۳۲ و کشش قیمتی ۰/۰۵۷

می باشد (بختیاری ص، یزدانی م، ۱۳۹۱)، این در حالی است که در سبد مصرف خانوارهایی با درآمد بالا گاز طبیعی یک کالای پست در نظر گرفته می شود.

جمعیت: نتایج مطالعات در این زمینه بیانگر این است که جمعیت تاثیر مثبت بر میزان مصرف گاز طبیعی دارد. در کشوری همانند چین در بخش صنعت تغییرات مصرف گاز طبیعی بیشتر تحت تاثیر سرمایه گذاری ها در آن بخش و یک سیاست قیمت گذاری بر آن تحمیل می شود اما در بخش خانگی، مصرف گاز طبیعی بیشتر تحت تاثیر جمعیت ساکن در آن منطقه است (Baoling Zou, Biliang, Luo, ۲۰۱۹).

میزان دسترسی افراد به حامل انرژی گاز طبیعی: همه مشترکان مصرف کننده گاز طبیعی در مناطق شهری و مناطقی که دسترسی راحت به گاز طبیعی داشته باشند، حضور ندارند و ممکن است برخی از آنان در مناطق دورافتاده روستایی و دور از شهر زندگی کنند. میزان دسترسی افراد به منابع گاز طبیعی نیز از جمله مواردی است که بر مصرف گاز طبیعی تاثیر گذار است.

در تحقیقی از میانگین دمای روزانه، قیمت گاز طبیعی، تعداد مشترکین گاز استفاده کردند در حالی که (while Taspinar et al, ۲۰۱۳) از رطوبت، فشار اتمسفر، سرعت باد، دمای هوای محیط و پوشش متوسط ابر استفاده کردند. برخی از نویسندگان، تولید ناخالص داخلی (GDP) را در مدل های خود گنجانده اند. (Ma and Li, ۲۰۱۰) از تولید ناخالص داخلی و مصرف گذشته استفاده کردند، همچنین (Olgun et al, ۲۰۱۲) از تولید ناخالص داخلی و جمعیت استفاده کردند، در حالی که (Azadeh et al, ۲۰۱۵) از تولید ناخالص داخلی، جمعیت، قیمت گاز طبیعی، نرخ تورم، نرخ بیکاری، شاخص IT/IS، شاخص توسعه انسانی و انتشار CO<sub>2</sub> استفاده کردند. (Soldo et al, ۲۰۱۴) تحقیق جالبی را انجام دادند که در آن تاثیر تابش خورشیدی بر پیش بینی مصرف گاز طبیعی مسکونی مورد بررسی قرار گرفت. متغیرهای ورودی آنها داده های آب و هوا (بر اساس ساعت) و تابش خورشیدی بوده است.

### ۳- روش تحقیق

روش های تحقیق در یک مساله مشخص، بسته به نوع اطلاعات مورد استفاده و نیز با توجه به روش های جمع آوری اطلاعات متفاوت است (دی واس، ۱۳۷۶، ص ۱۵). روش رگرسیون داده های ترکیبی یکی از این روش های مورد استفاده در علم اقتصاد است. در این روش متغیرها در همه مقاطع موجود

بطور همزمان بررسی می‌شوند، در حقیقت محقق به دنبال روابط موجود بین متغیرهای مستقل و وابسته موجود در مدل است. روش رگرسیون داده‌های ترکیبی روشی برای تلفیق داده‌های مقطعی و سری زمانی است (بالتاجی، ۲۰۰۵). طبق گفته بالتاجی (۲۰۱۳) ۱، داده‌های تابلویی امکان کنترل ناهمگونی فردی ۲، بهره‌برداری از تنوع بیشتر برای تخمین کارآمدتر، مطالعه دینامیک تعدیل ۳، شناسایی اثراتی که نمی‌توان از داده‌های مقطعی تشخیص داد، بهبود دقت اندازه‌گیری (ریز داده‌ها به جای انبوه) را می‌دهد.

### ۳-۱-مدلسازی مصرف گاز طبیعی

در این پژوهش مدلسازی مصرف گاز طبیعی در سه بخش شهری شامل مدلسازی مصرف گاز طبیعی کل شهر، مدلسازی مصرف گاز طبیعی خانوار شهری و مدلسازی مصرف گاز طبیعی شهروند بررسی شده است. مصرف ماهیانه گاز طبیعی در این حالات از طریق فرمول زیر با واحد مترمکعب بدست می‌آید:

$${}^4CG_1 = \text{مصرف کل}$$

$${}^5CG_2 = \frac{CG_1}{\text{تعداد خانوارهای شهر}}$$

$${}^6CG_3 = \frac{CG_1}{\text{جمعیت}}$$

برای هر مدل شاخص دسترسی به گاز تعریف شده است. این شاخص میزان دسترسی افراد را به گاز طبیعی نشان می‌دهد.

شاخص دسترسی به گاز طبیعی در مصرف شهری:

$$X_1^* = \frac{\text{بعد خانوار * خانوارهای تحت پوشش گاز طبیعی}}{\text{جمعیت}}$$

شاخص دسترسی به گاز طبیعی در مصرف سرانه هر خانوار شهری:

<sup>۱</sup> Baltagi (۲۰۱۳)

<sup>۲</sup> individual heterogeneity

<sup>۳</sup> adjustment dynamics

<sup>۴</sup> مصرف گاز طبیعی بخش شهری

<sup>۵</sup> مصرف گاز طبیعی در بخش خانوار شهری

<sup>۶</sup> مصرف گاز طبیعی در بخش هر شهروند

$$X_2^* = \frac{\text{تعداد خانوارهای تحت پوشش گاز طبیعی}}{\text{تعداد کل خانوارهای شهر}}$$

شاخص دسترسی به گاز طبیعی در مصرف سرانه هر شهروند:

$$X_3^* = \frac{\text{بعد خانوار} * \text{تعداد خانوارهای تحت پوشش}}{\text{جمعیت}}$$

متغیر آب و هوا خود شامل متغیرهای سرعت باد ۱، دمای ماکزیمم ۲، دمای مینیمم ۳، دمای میانگین ۴ و میزان رطوبت هوا ۵ می‌باشد. قیمت برق نیز در دو حالت نرخ پربار برق ۶ و نرخ کم بار برق ۷ بررسی شده است. متغیرهای مثل قیمت و درآمد به حالت حقیقی بکار برده شده اند. جهت محاسبه درآمد حقیقی در سه وضعیت فوق بصورت زیر عمل شد:

$$\text{درآمد اسمی هر خانوار شهری (سالیانه)} * \text{تعداد خانوارها} = \frac{\text{درآمد حقیقی کل شهر}}{\text{شاخص تورم سالیانه}}$$

$$\text{درآمد اسمی هر خانوار شهری (سالیانه)} = \frac{\text{درآمد حقیقی خانوار شهری}}{\text{شاخص تورم سالیانه}}$$

$$\text{درآمد اسمی هر خانوار شهری (سالیانه)} = \frac{\text{درآمد حقیقی هر شهروند}}{\text{بعد خانوار} * \text{شاخص تورم سالیانه}}$$

در همه مدلسازی‌ها از آنجایی که تابع مطلوبیت کاب داگلاس در نظر گرفته شده است و بر مبنای نظریه‌ی تابع مطلوبیت مصرف کننده بدست آورده شده است، متغیرها با لگاریتم در نظر گرفته شده اند. این درحالی است که برای اطمینان بیشتر و همچنین برای تشخیص میزان خطاها و اختلاف‌ها، متغیرها به حالت بدون لگاریتم نیز آزمون شده اند. از آنجایی که مصرف انسان تابعی از مصرف دوره گذشته خود است و تابع مصرف شکل می‌گیرد، با توجه به مبانی نظری باید وقفه نیز به مدل اضافه شود تا مدل معقول تری داشته باشیم این متغیر نیز به عنوان یک متغیر مستقل به مدل اضافه شده است.

<sup>۱</sup> ffm

<sup>۲</sup> tmax

<sup>۳</sup> tmin

<sup>۴</sup> tm

<sup>۵</sup> um

<sup>۶</sup> ElectricityTariff<sup>۱</sup>

<sup>۷</sup> ElectricityTariff<sup>۲</sup>

جدول ۲. مقایسه متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی گاز طبیعی

متغیر وابسته	متغیرهای مستقل
مصرف شهری گاز طبیعی	آب و هوا، تعطیلات، قیمت گاز طبیعی، قیمت انرژی برق، درآمد حقیقی، شاخص دسترسی به گاز طبیعی، جمعیت، مصرف دوره قبل
مصرف خانوار شهری	آب و هوا، تعطیلات، قیمت گاز طبیعی، قیمت انرژی برق، درآمد حقیقی، شاخص دسترسی به گاز طبیعی، بعدخانوار، مصرف دوره قبل
مصرف هر شهروند	آب و هوا، تعطیلات، قیمت گاز طبیعی، قیمت انرژی برق، درآمد حقیقی، شاخص دسترسی به گاز طبیعی

منبع: یافته‌های پژوهش

مدل رگرسیون داده‌های ترکیبی پژوهش حاضر بصورت زیر می‌باشد:

مدلسازی نهایی در بخش کل شهری:

$$CG_v = \alpha_i + \beta_1 \log(ffm) + \beta_2 \log(t_{max}) + \beta_3 \log(t_{min}) + \beta_4 \log(t_m) + \beta_5 \log(NumberHolidays) + \beta_6 \log(PG) + \beta_7 \log(ElectricityTariff1) + \beta_8 \log(ElectricityTariff2) + \beta_9 \log(Income) + \beta_{10} \log(X_i^*) + \beta_{11} \log(Population) + \beta_{12} \log(lagCG_v) + \varepsilon_{it}$$

مدلسازی نهایی در بخش خانوار شهری:

$$CG_v = \alpha_i + \beta_1 \log(ffm) + \beta_2 \log(t_{max}) + \beta_3 \log(t_{min}) + \beta_4 \log(t_m) + \beta_5 \log(NumberHolidays) + \beta_6 \log(PG) + \beta_7 \log(ElectricityTariff1) + \beta_8 \log(ElectricityTariff2) + \beta_9 \log(Income) + \beta_{10} \log(X_i^*) + \beta_{11} \log(FamilySize) + \beta_{12} \log(lagCG_v) + \varepsilon_{it}$$

مدلسازی نهایی در بخش شهروند:

$$CG_r = \alpha_i + \beta_1 \log(ffm) + \beta_2 \log(t_{max}) + \beta_3 \log(t_{min}) + \beta_4 \log(t_m) + \beta_5 \log(NumberHolidays) + \beta_6 \log(PG) + \beta_7 \log(ElectricityTariff1) + \beta_8 \log(ElectricityTariff2) + \beta_9 \log(Income) + \beta_{10} \log(X_i^*) + \beta_{11} \log(lagCG_r) + \varepsilon_{it}$$

### ۳-۲- پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی

به جهت انجام پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی در سال‌های آتی لازم است یک پیش‌بینی از وضعیت متغیرهای مستقل موثر بر روند مصرف گاز طبیعی برای دوره پیش‌بینی (۱۴۰۲-۱۴۰۱) داشته باشیم.

جمعیت و خانوار: به جهت پیش‌بینی جمعیت و خانوار شهرهای استان از آمارهای پیش‌بینی مرکز آمار استفاده شده است. در این پیش‌بینی‌ها با توجه به آخرین سرشماری انجام شده نسبت جمعیت و خانوار

هر شهر به کل جمعیت استان بدست آمد، سپس از طریق پیش بینی اعلام شده جمعیت و تعداد خانوار هر شهر در طی سال های آتی بدست آمده است. باتوجه به این اطلاعات جمعیت استان گلستان تا سال ۱۴۰۲ به ۲۰۰۲۰۰۰ نفر می‌رسد و تعداد خانوارهای استان ۶۲۷۰۰۰ خواهد بود.

شاخص تورم: ابتدا شاخص تورم براساس سال پایه ۱۳۹۰ محاسبه شد. سپس باتوجه به نرخ رشد تورم در طی سال های مختلف میزان تورم احتمالی در سال های آتی در دو حالت شاخص تورم ماهیانه و شاخص تورم سالیانه پیش بینی شده اند.

درآمد: میزان درآمد شهرهای استان در طی سال های مختلف جمع آوری و بررسی شدند، سپس باتوجه به میزان و نرخ رشد درآمد میزان درآمد استان طی سال های آتی پیش بینی شدند.

قیمت انرژی: قیمت انرژی برق و انرژی گازی در طی سال های مورد بررسی جمع آوری و تحلیل شدند. باتوجه به روند و نرخ رشد قیمت انرژی، قیمت ها برای سال های آتی پیش بینی شدند.

آب و هوا: باتحلیل و بررسی رفتار متغیرهای هواشناسی در طی سال های مورد بررسی مشخص شد متغیرهای آب و هوایی در طی این سال ها از رفتار تقریباً یکنواختی تبعیت می‌کنند. باتوجه به این موضوع مقادیر داده های سال های آتی پیش بینی شدند.

#### ۴- یافته های تحقیق

پژوهش حاضر در حوزه اقتصاد انرژی با محوریت مدلسازی و پیش بینی روند مصرف گازی مشتریان خانگی واحد شهری استان گلستان می‌باشد. لذا با توجه به موضوع و هدف تحقیق، جامعه آماری پژوهش مصرف کنندگان خانگی گازی شهری است، همچنین بازه زمانی مورد نظر از سال ۱۳۵۷ الی ۱۴۰۰ در نظر گرفته شده بود اما به دلیل آنکه داده های شرکت گاز استان گلستان از سال ۱۳۹۳ به طور کامل در اختیار بودند لذا پژوهش حاضر سال های ۱۳۹۳ الی ۱۴۰۰ هجری شمسی را شامل می‌شود و مدلسازی براساس آنها انجام شده است. پیش بینی مصرف گازی طبیعی نیز برای دو سال آتی (۱۴۰۱ تا ۱۴۰۲) را شامل می‌شود. مطالعه در طی ۸ سال در ۱۴ شهرستان و بصورت ماهیانه در ۹۶ دوره انجام شده است. با مطالعه پژوهش ها و مقالات پیشین داخل و خارج کشور، متغیرهای تاثیرگذار بر روند مصرف گازی طبیعی شناسایی و انتخاب گردیده اند. از این متغیرهای نیز به عنوان ابزارهای سنجش در تحقیق استفاده شده است، برخی از این

متغیرها استاندارد بوده و برخی مثل تعرفه مصرف گاز طبیعی محقق ساخته است. لازم به ذکر است تعرفه های مصرف گاز طبیعی نیز بصورت استاندارد در اختیار بوده است اما به دلیل اختلاف قیمت از تقسیم میزان مصرف ماهیانه بر تعداد روز هر ماه بدست آمده اند.

متغیرهای وابسته به ترتیب مصرف شهری ۱، مصرف خانوارهای شهری ۲ و مصرف هر شهروند ۳ می‌باشد. متغیرهای مستقل مورد بررسی عبارتند از: متغیرهای مربوط به آب و هوا، قیمت مصرفی گاز طبیعی، قیمت مصرفی انرژی برق، تعطیلات، درآمد حقیقی، تعداد خانوارهای تحت پوشش، جمعیت، بعد خانوار و شاخص دسترسی به گاز طبیعی و میزان مصرف دوره قبل می‌باشند. داده های مربوط به گاز طبیعی از شرکت ملی گاز طبیعی استان گلستان دریافت گردید، همچنین اطلاعات مربوط به آب و هوا از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. داده های مورد استفاده در تحقیق از آمارنامه استانی، بانک مرکزی همچنین مرکز آمار دریافت شده است.

#### ۴-۱- تشخیص رفتار مدل ها و مولفه تاثیرگذار

توسط آزمون های نرم افزار R رفتار مدل ها و مولفه تاثیرگذار بر مدل شناسایی شدند. باتوجه به نتایج بدست آمده مشخص شد همگی مدل ها از نوع ضرایب متغیر<sup>۴</sup> می‌باشند. همچنین مشخص شد در مدل مصرف شهری رفتار مدل از نوع روابط درون گروهی<sup>۵</sup> و با تاثیر پذیری مولفه زمان، مدل مصرف خانوار از نوع رفتار بین گروهی<sup>۶</sup> و با تاثیر پذیری مولفه زمان و مدل مصرف شهروند نیز از نوع رفتار بین گروهی و با تاثیر پذیری مولفه زمان است.

<sup>۱</sup>  $CG_1$

<sup>۲</sup>  $CG_2$

<sup>۳</sup>  $CG_3$

<sup>۴</sup> FIX

<sup>۵</sup> within

<sup>۶</sup> between

جدول ۳: رفتار مدل های تحقیق

مدل	p.value	R <sup>2</sup>	Adj. R-Squared	رفتار مدل
مصرف شهری	10 <sup>-16</sup> *2/2	۰/۹۷۷	۰/۹۶۲	Within با تاثیر گذاری مولفه زمان
مصرف خانوار شهری	10 <sup>-16</sup> *2/2	۰/۹۵۸	۰/۹۵۲	Between با تاثیر گذاری مولفه زمان
مصرف شهروند	10 <sup>-16</sup> *2/2	۰/۹۵۶	۰/۹۵۱	Between با تاثیر گذاری مولفه زمان

منبع: یافته های پژوهش

## ۴-۲- نتایج مدل سازی مصرف گاز طبیعی

جدول ۴: نتایج تخمین مدل های پژوهش<sup>۱</sup>

متغیرها	شهر	خانوار	شهروند
میزان سرعت باد	ffm	۰/۱۷۶(*)	-
دمای ماکزیمم	Tmax	۰/۱۷۴	۰/۴۰۵
دمای مینیمم	Tmin	-۰/۰۴۹	۰/۰۳۶۱
دمای میانگین	Tm	-۰/۵۹۳(*)	-۱/۶۰۷
میزان رطوبت	Um	-۰/۲۶	۱/۴۷۱(**)
تعطیلات	NumberHolidays	-	۰/۱۷۷۲(*)
قیمت گاز طبیعی	PG	-۰/۲۲۱	۰/۰۲۴۸
قیمت انرژی برق در شرایط کم بار	ElectricityTariff <sup>۱</sup>	-	۱۷/۴۵۲
قیمت انرژی برق در شرایط پر بار	ElectricityTariff <sup>۲</sup>	-	-۱۷/۵۴۲
درآمد حقیقی	Income	۱/۱۵۹(***)	۰/۲۸۹
شاخص دسترسی به گاز طبیعی	X*	۰/۱۳	۲/۳۴۱(*)
جمعیت	Population	-۰/۶۳	-
وقفه	lag(CG,-۱)	-۰/۵۱(***)	۰/۱۷۷۷(***)
بعد خانوار	FamilySize	-	۶/۱۴۱(*)

منبع: یافته های پژوهش

<sup>۱</sup> در جدول فوق \*\*\* نشان از p.value برابر ۰، \*\* نشان از p.value برابر ۰/۰۰۱ و \* نشان از p.value برابر ۰/۰۱ دارد.

در تفسیر نتایج فوق نتایج مثبت و معنادار به معنای آن است که با افزایش مقدار متغیر مستقل میزان متغیر وابسته نیز افزایش خواهد یافت. در حالت نتایج منفی و معنادار عکس حالت فوق اتفاق می‌افتد. در بخش نتیجه گیری در این زمینه صحبت خواهد شد.

#### ۴-۳- نتایج پیش بینی مصرف گاز طبیعی

پیش بینی مصرف گاز طبیعی با واحد مترمکعب در بخش کل شهر برای ۲۴ دوره آتی پیش بینی شده است.

#### ۴-۳-۱- نتایج پیش بینی مصرف شهری

پیش بینی مصرف گاز طبیعی در بخش شهری برای ۲۴ دوره آتی (سال ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۲) انجام گرفته است. مصرف گاز طبیعی برای ۸ شهرستان استان اعم از آق قلا، بندرگز، رامیان، کلالة، گالیکش، گمیشان، مراوه تپه و مینودشت قابل پیش بینی بوده است. پیش بینی مصرف گاز طبیعی در شهرستان های استان به صورت جدول ۵ است.

جدول ۵: نتایج پیش بینی مصرف گاز طبیعی شهری (واحد مترمکعب)

شهرستان	طول دوره پیش بینی	حداکثر مقدار در ۱۴۰۱	حداکثر مقدار در ۱۴۰۲
بندرگز	۲۴ دوره (۲سال)	بهمن: ۳۴۷۶۱۶۴/۱۹ دی: ۳۴۳۲۶۳۹/۳۰۵	بهمن: ۳۹۸۹۳۱۴/۶۹ آذر: ۳۶۶۰۶۰۸/۶۸
کلالة	۲۴ دوره (۲سال)	اسفند: ۳۷۵۶۶۱۹/۳۴ دی: ۳۴۲۶۸۴۳/۰۴	بهمن: ۴۸۸۲۴۶۱/۲۲۵ آذر: ۴۱۷۸۴۴۶/۱۴
گالیکش	۲۴ دوره (۲سال)	اسفند: ۲۸۹۴۹۳۵/۶۸ بهمن: ۲۵۰۴۱۲۵/۱۷۵	بهمن: ۳۴۱۴۱۱۸/۸۷ آذر: ۲۹۶۵۸۳۷/۴۶
گمیشان	۲۴ دوره (۲سال)	دی: ۳۰۴۰۱۲۷/۵ آذر: ۲۹۴۱۶۴۶/۵	دی: ۳۲۳۲۹۹۶/۶ آذر: ۲۹۸۱۲۷۰/۲
مراوه تپه	۲۴ دوره (۲سال)	اسفند: ۷۴۵۱۶۴/۲۹ آذر: ۶۶۶۵۹۶/۳۷	اردیبهشت: ۱۲۷۷۷۰/۳۷ اسفند: ۹۶۳۰۷۸
مینودشت	۲۴ دوره (۲سال)	آذر: ۳۴۳۵۰۴۲/۹۹ اسفند: ۳۹۷۲۰۷۸/۲۳	بهمن: ۳۸۷۶۸۷۵/۰۹ آذر: ۳۳۹۵۱۸۹/۰۴

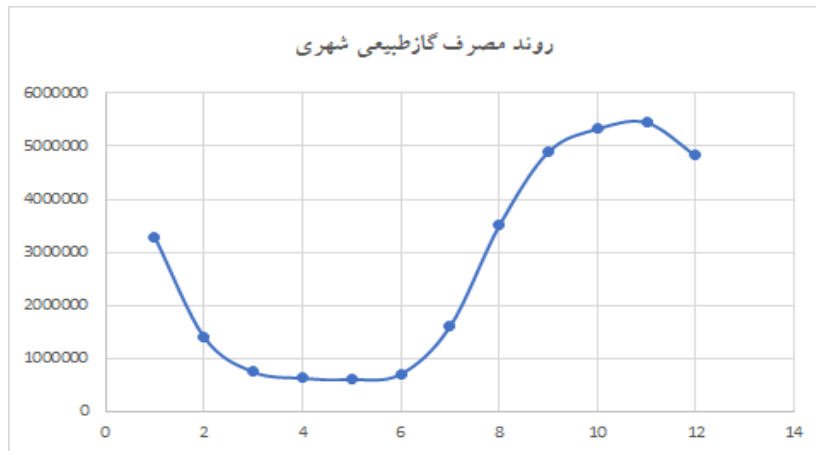
منبع: یافته های پژوهش

جدول ۶: نتایج پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی شهرستان‌های آق‌قلا و رامیان (واحد مترمکعب)

شهرستان	طول دوره پیش‌بینی	حداکثر مقدار در ۱۴۰۱
آق‌قلا	۱۲ دوره (۱سال)	بهمن: ۴۲۱۴۴۰۹/۳۱ آذر: ۳۶۵۹۷۶۶/۸۴
رامیان	۱۲ دوره (۱سال)	اسفند: ۴۸۱۴۴۸۶/۷۳۳ آذر: ۴۳۳۶۲۰۴/۵۶۸

منبع: یافته‌های پژوهش

بررسی روند مصرف گاز طبیعی در بخش شهری یک رابطه و روند یکسان در طی یک سال را نشان می‌دهد. بطوری که در ماه‌های آذر، دی و بهمن میزان مصرف به حداکثر مقدار خود در طی یکسال می‌رسد و در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور از یک روند یکسان به طور کاهشی پیروی می‌کند.



شکل ۱: روند مصرف گاز طبیعی شهری در طی یکسال

منبع: یافته‌های پژوهش

#### ۴-۳-۲- نتایج پیش‌بینی مصرف خانوار شهری

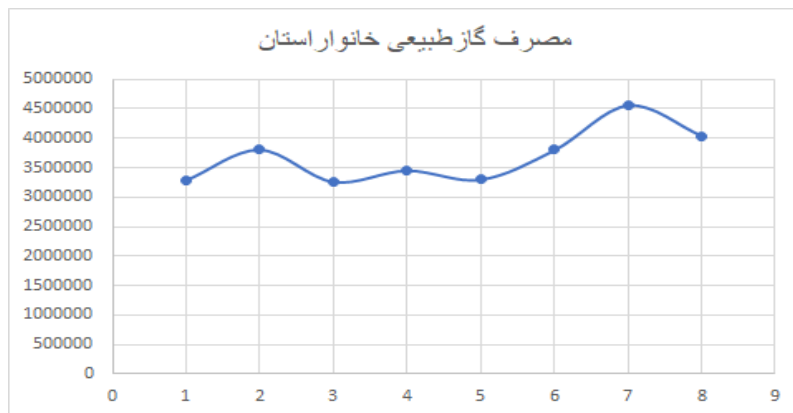
پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی در بخش خانوار شهری برای یک دوره آتی (فروردین ۱۴۰۱) انجام گرفته است. مصرف گاز طبیعی برای تمامی شهرستان‌های استان قابل پیش‌بینی بوده است. پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی در شهرستان‌های استان به صورت جدول ۷ است.

جدول ۷: نتایج پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی خانوار شهری (واحد مترمکعب)

شهرستان	آزادشهر	آق‌فلا	بندر ترکمن	بندر گز	رامیان	علی‌آباد	کردکوی
مصرف	۱۲۷/۴۹۰۹	۱۳۰/۸۰۱	۱۴۹/۲۲۹	۱۵۶/۵۱۶	۱۶۳/۷۵	۱۲۳/۶۸۲	۱۴۷/۲۳۱
شهر	کلاله	گالیکش	گرگان	گمیشان	گنبدکاووس	مراوه‌تپه	مینودشت
مصرف	۱۳۴/۳۷۴	۱۴۵/۰۵۶	۱۴۶/۵۷۳	۱۲۶/۳۱۵	۱۳۸/۶۷۹	۱۲۷/۸۱۹	۱۵۱/۶۹۱

منبع: یافته‌های پژوهش

بررسی روند مصرف گاز طبیعی ماه فروردین در بخش خانوار شهری نشان می‌دهد بعد از افزایش میزان مصرفی که در سال ۱۳۹۴ داشته است بعد از آن یک میزان مصرف یکنواختی را سپری کرده است. در سال‌های ۱۳۹۸ تا سال ۱۴۰۰ با شیوع ویروس کرونا در جهان میزان مصرف گاز طبیعی یک روند افزایشی داشته است. با تعطیلی همه‌گیر و منع عبور و مرور در جهان خانوارها بیشتر در منزل حضور داشتند در طی این سال‌ها میزان مصرف گاز طبیعی در خانوارهای استان نیز افزایشی بوده است و از سال ۱۴۰۰ به بعد با فروکش کردن آمار انتشار ویروس و کاهش تعطیلات میزان تقاضای گاز طبیعی توسط خانوار نیز روند کاهشی پیدا کرده است.



شکل ۲: روند مصرف گاز طبیعی خانوار استان در ماه فروردین طی سال ۱۳۹۳-۱۴۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

### ۴-۳-۳- نتایج پیش بینی مصرف شهروند

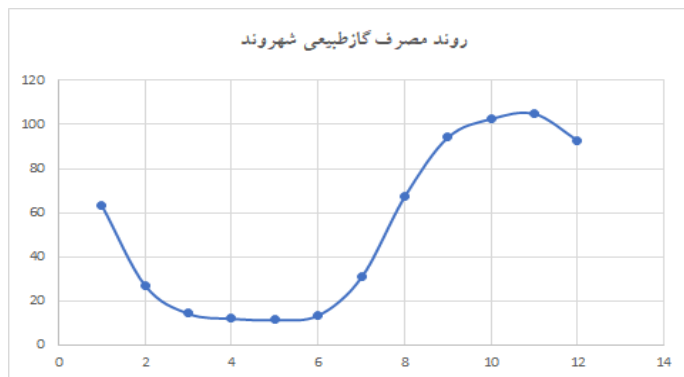
پیش بینی مصرف گاز طبیعی در بخش شهروند برای ۲۴ دوره آتی (سال ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۲) انجام گرفته است. این پیش بینی در نرم افزار R براساس شهرستانی انجام گرفته است که از نظر اطلاعات غنی تر و کامل تر بوده است. پیش بینی مصرف گاز طبیعی شهروند به صورت جدول ۸ است.

جدول ۸: نتایج پیش بینی مصرف شهروند (واحد مترمکعب)

فروردین ۱۴۰۱	اردیبهشت ۱۴۰۱	خرداد ۱۴۰۱	تیر ۱۴۰۱	مرداد ۱۴۰۱	شهریور ۱۴۰۱
۵۳/۷۰۵۶	۱۹/۹۳۶۸	۱۴/۶۱۴۸	۱۲/۶۰۸۵	۱۲/۳۱۴۸	۱۳/۸۳۲۴
مهر ۱۴۰۱	آبان ۱۴۰۱	آذر ۱۴۰۱	دی ۱۴۰۱	بهمن ۱۴۰۱	اسفند ۱۴۰۱
۲۹/۱۰۶۰	۵۹/۵۵۲۹	۱۰۸/۷۴۲۳	۹۵/۰۰۶۳	۱۰۴/۲۴۵۴	۱۰۸/۴۵۶۶
فروردین ۱۴۰۲	اردیبهشت ۱۴۰۲	خرداد ۱۴۰۲	تیر ۱۴۰۲	مرداد ۱۴۰۲	شهریور ۱۴۰۲
۶۸/۶۳۷۲	۲۹/۰۱۳۱	۱۳/۵۰۶۷	۱۳/۵۰۶۷	۱۱/۹۶۲۲	۱۷/۷۴۳۳
مهر ۱۴۰۲	آبان ۱۴۰۲	آذر ۱۴۰۲	دی ۱۴۰۲	بهمن ۱۴۰۲	اسفند ۱۴۰۲
۳۰/۰۴۵۸	۶۸/۹۵۸۳	۱۱۸/۸۸۳۴	۸۶/۲۹۷۰	۱۴۴/۴۹۱۵	۹۲/۱۸۸۱

منبع: یافته های پژوهش

بررسی روند مصرف گاز طبیعی توسط شهروند نشان می‌دهد که در طول یک سال همواره از یک روند خاصی پیروی می‌کند بطوری که در ماه های آذر، دی و بهمن به حداکثر مقدار خود و در ماه های خرداد، تیر، مرداد و شهریور روند یکسان و نزولی دارد.



شکل ۳: روند مصرف گاز طبیعی توسط شهروند در طی یکسال

منبع: یافته های پژوهش

## ۵- نتیجه گیری

در پژوهش حاضر سعی بر آن شده است تا با استفاده از مدلسازی مصرف گاز طبیعی متغیرهای تاثیرگذار بر میزان مصرف شناسایی و روند مصرف گاز طبیعی در طی ۲ سال آتی پیش‌بینی شود. متغیرهای وابسته به ترتیب مصرف شهری، مصرف خانوارهای شهری و مصرف هر شهروند است. متغیرهای مستقل مورد بررسی عبارتند از: متغیرهای مربوط به آب و هوا، قیمت مصرفی گاز طبیعی، قیمت مصرفی انرژی برق، تعطیلات، درآمد حقیقی، تعداد خانوارهای تحت پوشش، جمعیت، بعد خانوار، شاخص دسترسی به گاز طبیعی و میزان مصرف دوره قبل می‌باشند. داده‌ها طی ۸ سال و بصورت ماهیانه در ۹۶ دوره در شهرستان‌های استان گلستان مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مدل‌ها بصورت مدل‌های رگرسیون داده‌های ترکیبی می‌باشند. همچنین برای تخمین مدل نیز از تخمین زنده‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی استفاده شده است. نتایج تحقیق بصورت زیر است:

✓ آب و هوا: در مدل مصرف شهری متغیر سرعت باد با ضریب  $0/176$  و سطح معناداری  $0/021$  تاثیر مثبت و معناداری بر میزان مصرف شهر دارد. همچنین میانگین دما نیز با ضریب  $-0/593$  و سطح معناداری  $0/01$  تاثیر منفی معناداری بر میزان مصرف شهری دارد. در مدل مصرف خانوار شهری میانگین دما با ضریب  $-2/71$  و سطح معناداری  $0/041$  تاثیر منفی معناداری بر میزان مصرف خانوار دارد. همچنین رطوبت نسبی هوا با ضریب  $1/487$  و سطح معناداری  $0/003$  تاثیر مثبت و معناداری بر میزان مصرف خانوار دارد. در مدل مصرف شهروند رطوبت نسبی هوا با ضریب  $1/471$  و سطح معناداری  $0/003$  تاثیر مثبت و معناداری بر مدل دارد.

✓ تعطیلات: در مدل مصرف شهری تاثیر معناداری بین تعطیلات در طی سال و میزان مصرف شهری مشاهده نشد. در مدل مصرف خانوار شهری تعطیلات با ضریب  $0/166$  و سطح معناداری  $0/032$  تاثیر مثبت و معناداری بر میزان مصرف گاز طبیعی توسط خانوار دارد. در مدل مصرف شهروند تعطیلات با ضریب  $0/1772$  و سطح معناداری  $0/023$  تاثیر مثبت و معناداری بر میزان مصرف گاز طبیعی دارد.

✓ درآمد: در مدل مصرف شهری با ضریب  $1/159$  و سطح معناداری  $10^{-5} * 6/25$  تاثیر مثبت و معناداری بر مصرف گاز طبیعی بخش کل شهرداری. این خود می‌تواند به این معنا باشد که با

- افزایش سطح درآمد میزان مصرف نیز افزایش می‌یابد. در مدل مصرف خانوار شهری و شهروند تاثیر معناداری بین درآمد و میزان مصرف مشاهده نشد.
- ✓ شاخص دسترسی به گاز طبیعی: در مدل مصرف شهروند با ضریب  $2/341$  و سطح معناداری  $0/27$  تاثیر مثبت معناداری بر میزان مصرف گاز طبیعی دارد. نشان از آن دارد که هرچه دسترسی افراد به گاز طبیعی بیشتر باشد میزان تقاضا و مصرف نیز افزایش می‌یابد.
- ✓ مصرف دوره گذشته: در مدل مصرف شهری با ضریب  $0/51$  و سطح معناداری  $10^{-1} * 2/2$  تاثیر مثبت و معناداری بر میزان مصرف گاز طبیعی دارد. این به معنا است که میزان تقاضای مصرف گاز طبیعی به دوره قبل خود وابسته است. در مدل مصرف خانوار شهری مصرف دوره گذشته با ضریب  $0/154$  و سطح معناداری  $0/015$  تاثیر مثبت و معناداری بر میزان مصرف دارد. در مدل مصرف شهروند نیز این متغیر با ضریب  $0/177$  و سطح معناداری  $0/0051$  تاثیر مثبت و معناداری بر میزان مصرف دارد. این نتایج نشان می‌دهد میزان تقاضای گاز طبیعی در مشترکان خانگی بسیار تحت تاثیر مصرف دوره گذشته خود است.
- ✓ جمعیت: در مدل مصرف شهری که این متغیر به عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفته است، رابطه معناداری با مصرف گاز طبیعی مشاهده نشده است.
- ✓ بعد خانوار: در مدل مصرف خانوار شهری که این متغیر به عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفته است، مشخص شد با ضریب  $6/141$  و سطح معناداری  $0/018$  تاثیر مثبت و معناداری بر میزان مصرف گاز طبیعی دارد.
- پیش بینی مصرف گاز طبیعی:
- ✓ نتایج بررسی روند مصرف گاز طبیعی واحد شهری در طی سال‌های  $1393$  تا  $1400$  و پیش بینی مصرف واحد شهری به صورت جدول ۹ است.

جدول ۹: نتایج بررسی روند مصرف گاز طبیعی و پیش بینی مصرف بخش شهری (۱۴۰۲-۱۳۹۳)<sup>۱</sup>

شهرستان	Max مصرف	Min دما	Max مصرف ۱۴۰۱	Max مصرف ۱۴۰۲
آق قلا	بهمن ۶۰۸۹۳۷۳/۴۴:۱۴۰۰	بهمن ۷/۱۲۸:۹۵	بهمن: ۴۲۱۴۴۰۹/۳۱	-
بندر گز	دی ۴۵۶۳۵۸۲/۵۵:۹۹	بهمن ۶/۶۶۳:۹۵	بهمن: ۳۴۷۶۱۶۴/۱۹۱	بهمن: ۳۹۸۹۳۱۴/۶۲۱
رامیان	دی ۵۴۴۴۹۲۳/۲۱:۹۹	بهمن ۵/۲۱۲:۹۵	اسفند: ۴۸۱۴۴۸۶/۷۳۳	-
کلاله	بهمن ۵۰۱۶۵۸۶/۹:۱۴۰۰	بهمن ۶/۰۱:۹۵	اسفند: ۳۷۵۶۶۱۹/۳۴	بهمن: ۴۸۸۲۴۶۱/۲۲۵
گالیکش	بهمن ۳۰۹۵۵۰۹/۰۱:۱۴۰۰	بهمن ۶/۰۱:۹۵	اسفند: ۲۸۹۴۹۲۵/۶۸	بهمن: ۳۴۱۴۱۱۸/۸۷
گمیشان	دی ۴۷۰۴۰۶۰۴/۱۹:۹۹	بهمن ۶/۲۰۳:۹۵	دی: ۳۰۴۰۱۲۷/۵	دی: ۳۲۳۲۹۹۶/۶
مراوه تپه	بهمن ۱۱۰۰۷۸۸/۱:۱۴۰۰	بهمن ۴/۶۰۳:۹۵	اسفند: ۷۴۵۱۶۴/۲۹	اردیبهشت: ۱۲۷۷۷۰/۳۷
مینودشت	دی ۴۲۸۶۸۵۷/۱۴:۹۹	بهمن ۶/۲۹:۹۵	آذر: ۳۴۳۵۰۴۲/۹۹	بهمن: ۳۸۷۶۸۷۵/۰۹

منبع: یافته‌های پژوهش

بررسی‌ها نشان می‌دهد رکورد سردترین روزهای استان در بهمن سال ۱۳۹۵ بوده است. در سال ۱۴۰۱ نیز به دلیل کاهش ناگهانی و بی سابقه دما رکوردهای جدید دمایی ثبت شده است، بطوری که در آق قلا با ۱۱ درجه زیر صفر و گرگان با ۹ درجه زیر صفر بیشترین رکورد دمایی را در استان به ثبت رسانده‌اند. همچنین نتایج بررسی و پیش بینی‌ها نشان می‌دهد شهرستان گالیکش با میزان مصرف ۳۴۱۴۱۱۸/۸۷ در بهمن ماه ۱۴۰۲ رکورد جدید مصرفی را به ثبت خواهد رساند.

نتایج بررسی روند مصرف گاز طبیعی واحد خانوارهای شهری در طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۰ و پیش بینی مصرف خانوار به شرح زیر است:

میزان مصرف خانوار در ماه ابتدایی سال همواره در یک مقدار معین و یکنواخت می‌باشد. با توجه به آنکه تعداد خانوار استان در طی دوره مورد بررسی افزایشی بوده است اما میزان مصرف همواره یک مقدار تقریباً یکسانی داشته است. در طی سال‌های شیوع ویروس کرونا میزان مصرف خانوار در ماه ابتدایی سال به دلیل تعطیلی و منع مسافرت‌ها روند افزایشی داشته است اما از سال ۱۴۰۰ به بعد با کاهش محدودیت‌ها میزان مصرف نیز روند کاهشی از خود نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> واحد اندازه‌گیری گاز طبیعی مترمکعب و واحد اندازه‌دما درجه سانتی‌گراد است.

✓ نتایج بررسی روند مصرف گاز طبیعی شهروند در طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۰ و پیش‌بینی مصرف به صورت زیر می‌باشد:

بررسی روند مصرف گاز طبیعی توسط شهروند نشان می‌دهد که در طول یک سال همواره از یک روند خاصی پیروی می‌کند بطوری که در ماه‌های آذر، دی و بهمن با کاهش دما و حضور فرد در منزل به حداکثر مقدار خود و در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور با افزایش دما و شروع تعطیلات فرد در منزل حضور ندارد و مصرف گاز طبیعی روند یکسان و نزولی دارد.

### پیشنهادات سیاست‌گذاری

✓ باتوجه به آنکه در هر ۳ مدل بررسی شده تاثیرگذاری متغیرهای آب و هوا تایید شده است پیشنهاد می‌شود در زمینه‌ی پیش‌بینی متغیرهای هواشناسی و بررسی آن‌ها به خصوص در فصول سرد سال تلاش‌هایی صورت گیرد، باتوجه به آنکه همه‌ی شهرستان‌های استان از مراکز هواشناسی برخوردار نیستند می‌توان با کمک‌گیری از سایت‌ها و مراکز معتبر همچون سایت هواشناسی متعلق به دانشگاه آیووا<sup>۱</sup> برای پیش‌بینی دمای هوا در روزهای آتی استفاده نمود.

✓ طبق بررسی‌های صورت گرفته انرژی برق از جمله انرژی‌های جانشین گاز طبیعی در شرایط افزایش قیمت به شمار می‌رود، بیشتر انرژی برق کشور نیز از طریق گاز طبیعی تامین می‌شود. در این خصوص می‌توان راه‌حلی برای تامین انرژی برق از طریق راهکارهای انرژی‌های خورشیدی و سایر انرژی‌های تجدیدپذیر (که کمترین سهم را در تولید انرژی الکتریکی دارند) اندیشید. با این فعالیت علاوه بر تامین انرژی برق توسط راه‌های مختلف می‌توان هزینه تامین انرژی برق را کاهش داد و با قیمت کمتری به دست مصرف‌کننده رساند. این خود باعث مصرف کمتر گاز طبیعی نیز می‌شود، بررسی امکان‌سنجی این روش تامین انرژی در استان‌های کشور و بررسی آن در سطح روستا، شهرستان، استان و روابط آنها از جمله مواردی است که می‌توان به عنوان تحقیقات ارزشمند مورد توجه قرار داد.

<sup>۱</sup> <https://mesonet.agron.iastate.edu/>

## محدودیت‌های پژوهش و مطالعات آتی

- ✓ برای تحقیقات آتی می‌توان با بررسی روزانه و دقیق تر و همچنین بومی سازی این تحقیق در سایر استان‌ها پژوهش‌های سودمندی به انجام رسانید.
- ✓ با انجام موضوعات این حوزه با استفاده از روش رگرسیون داده‌های ترکیبی و روش‌های دیگر همچون روش یادگیری ماشینی و روش رمزی به جهت برنامه‌ریزی‌های تامین انرژی گاز طبیعی کمک شایانی داشت.

## ۶- منابع

- پایتختی اسکویی، دکتر سید علی؛ طبقی اکبری، لاله (۱۳۹۱)، "کاربرد داده‌های پانل در قالب یک مدل اقتصادسنجی در بخش انرژی"، اولین همایش بین‌المللی اقتصادسنجی روش‌های کاربردی و کاربردها
- امامی میدی، دکتر علی؛ محمدی، تیمور؛ سلطان‌العلمایی، سید محمد هادی (۱۳۸۹)، "تخمین تابع تقاضای داخلی گاز طبیعی به روش فیلتر کالمن (مطالعه موردی تقاضای بخش خانگی شهر تهران)"، فصلنامه اقتصاد مقداری، صص ۴۱-۲۳.
- ارباب، حمیدرضا؛ یوسفی، مرتضی (۱۳۹۷)، "تعیین الگوی بهینه قیمت‌گذاری گاز طبیعی در بخش صنایع کارخانه‌ای ایران"، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، صص ۳۱-۱.
- ورهرامی، ویدا؛ مشرفی، رسام؛ لایق، جابر (۱۳۹۴)، "بررسی آثار نامتقارن قیمت گاز طبیعی بر مصرف آن در بخش خانگی"، فصلنامه اقتصاد و الگوسازی دانشگاه شهید بهشتی.
- کشاوری حداد، دکتر غلامرضا؛ میرباقری جم، محمد (۱۳۸۶)، "بررسی تابع تقاضای گاز طبیعی (خانگی و تجاری) در ایران"، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، صص ۱۶۰-۱۳۷.
- رئیس زاده، محمدعلی؛ منجذب، محمدرضا (۱۳۹۵)، "بررسی تاثیر اصلاح پارانه‌ها بر میزان مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی و تجاری ایران: با رویکرد پانل دیتا"، تحقیقات اقتصادی، صص ۱۱۲-۹۱.
- محمدی، تیمور؛ بردبار، آزاده؛ دقیقی اصلی، دکتر علیرضا (۱۳۹۱)، "بررسی علیت متقابل رشد اقتصادی و مصرف گاز طبیعی در جمهوری اسلامی ایران"، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، صص ۱۲۹-۱۰۷.
- ابونوری، عباسعلی؛ غفوری، شیرین (۱۳۹۰)، "برآورد عرضه و تقاضای گاز طبیعی در ایران و پیش‌بینی برای افق ۱۴۰۴"، فصلنامه علمی مدل‌سازی اقتصادی.
- بختیاری، صادق؛ یزدانی، مرتضی (۱۳۹۱)، "اهمیت استراتژیک گاز طبیعی و لزوم مدیریت و اصلاح الگوی مصرف"، فصلنامه علمی راهبرد اقتصادی.
- اشراق‌نیا جهرمی، عبدالحمید؛ ابقانی یزدلی، روح‌الله (۱۳۸۷)، "مدلسازی مصرف گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی، و بررسی امکان‌جانشینی گاز طبیعی به جای فرآورده‌های نفتی در ایران"، مجله علمی پژوهشی شریف.
- بگی، میلاد؛ عباسی شوازی، محمد جلال (۱۳۹۹)، "عوامل تعیین‌کننده کاهش بعد خانوار در ایران طی چهار دهه اخیر"، دو فصلنامه مطالعات جمعیتی، صص ۳۶-۳.

صمدی، علی حسین؛ امامی مبینی، مهدی (۱۳۹۴)، " بررسی تاثیر گسترش منابع گازی نامتعارف بر تولید گاز طبیعی ایران: رویکرد پویایی شناسی سیستم، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، صص ۲۲-۱.  
پرتال جامع انرژی: <http://www.energyenergy.ir/index.php/fa/>  
مرکز آمار ایران: <https://www.amar.org.ir/>  
بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران: <https://www.cbi.ir/>  
شرکت ملی گاز استان گلستان: <http://www.nigc-golestan.ir/>  
سازمان هواشناسی کشور: <https://data.irimo.ir/>

**Croissant, Yves, Millo, Giovanni, ۲۰۱۹**, Panel data econometrics with R, LCSH: Econometrics. | Panel analysis. | R (Computer program language), Wiley, <https://lccn.loc.gov/۲۰۱۸۰۰۶۲۴۰>, pp ۱۸۵-۲۰۹.

**Liu, J., Wang, S., Wei, N., Chen, X., Xie, H., & Wang, J. (۲۰۲۱)**. Natural gas consumption forecasting: A discussion on forecasting history and future challenges. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, ۹۰, ۱۰۳۹۳۰.

**Zou, B., & Luo, B. (۲۰۱۹)**. Rural household energy consumption characteristics and determinants in China. *Energy*, ۱۸۲, ۸۱۴-۸۲۳.

**Liang, T., Chai, J., Zhang, Y. J., & Zhang, Z. G. (۲۰۱۹)**. Refined analysis and prediction of natural gas consumption in China. *Journal of Management Science and Engineering*, ۴(۲), ۹۱-۱۰۴.

**Šebalj, D., Mesarić, J., & Dujak, D. (۲۰۱۷)**. Predicting natural gas consumption—a literature review. In *Central European Conference on Information and Intelligent Systems* (pp. ۲۹۳-۳۰۰). Faculty of Organization and Informatics Varazdin.