ارائه یک مدل جهت پیش‌بینی مصارف گاز خانگی با کمک دمای هوا و تعداد مشترکین

مهدی اصغری[۱]، مسعود اکبری[۲]، علی‌اکبر امامی ساتلو[۳]، پرهام داوری[۴]، شهناز سلامات ثانی[۵]، ناهید طاهریان[۶*]، منصور قلی‌نژاد[۷]

۱. تحلیلگر داده تیم دایوتک (در مرکز نوآوری هلدینگ بُنتک).
۲. تحلیلگر داده تیم دایوتک (در مرکز نوآوری هلدینگ بُنتک).
۳. رئیس بهینه‌سازی مصرف گاز شرکت گاز استان البرز.
۴. تحلیلگر داده تیم دایوتک (در مرکز نوآوری هلدینگ بُنتک).
۵. مسئول سیستم‌های کاربردی شرکت گاز استان البرز.
۶. مدیر تیم دایوتک (در مرکز نوآوری هلدینگ بُنتک).
۷. مدیر پژوهش شرکت گاز استان البرز.

*نویسنده مسئول: n.taherian@bontech.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۹

چکیده

گاز طبیعی یکی از منابع مهم انرژی بصورت مستقیم یا غیرمستقیم در منازل کشور می‌باشد. طبق آمار ارائه شده توسط مدیر دیسپچینگ شرکت ملی گاز ایران، در روزهای سرد سال ۱۴۰۰، سهم مصرف مشترکین خانگی از کل گاز تولید شده در کشور به ۷۰ درصد رسیده بوده است[۱]. همچنین براساس گزارش آماری صنعت آب و برق در آذر ۱۳۹۹، نزدیک به ۸۸ درصد از نیروی برق کشور توسط سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود[۲]. این آمار نشان از اهمیت مدیریت مصرف گاز در مشترکین خانگی دارد. در این مطالعه با در نظر گرفتن تأثیر دمای هوا و جمعیت، یک مدل رگرسیون غیرخطی برای پیش‌بینی میزان مصرف گاز مشترکین خانگی در بازه‌های مختلف سال ارائه شده است. همچنین جهت بررسی عملکرد این مدل، از داده‌های مصارف مشترکین خانگی ناحیه ۲ کرج استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که ارتباط معناداری میان دمای هوا و جمعیت و میزان گاز مصرفی وجود دارد که می‌تواند به پیش‌بینی دقیق‌تر مصارف در آینده کمک کند.

کلمات کلیدی: پیش‌بینی مصرف گاز، گاز طبیعی، رگرسیون، مشترکین خانگی

مقدمه

گاز طبیعی به دلایل مختلفی همچون ارزان بودن [۳] شاخص‌های زیست محیطی [۴] یکی از منابع انرژی پرطرفدار به شمار می‌رود. همانطور که در چکیده نیز اشاره شد، نزدیک به ۸۱ درصد از نیروی برق کشور توسط سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. گاز طبیعی نیز بخشی از این سوخت‌های فسیلی را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین گاز طبیعی علاوه بر تأمین انرژی مورد نیاز برای گرمایش و پخت و پز در خانه، نقش مهمی در تأمین انرژی الکتریکی منازل دارد. همه این موارد نشان از اهمیت بالای مدیریت مصرف گاز طبیعی دارد.

یکی از راهکارهایی که می‌تواند بر نحوه تصمیم‌گیری در مدیریت مصرف گاز تأثیر بگذارد، آگاهی از حدود میزان مصرف و نیاز مشترکین در آینده می‌باشد. از جمله چالش‌هایی که می‌توان با کمک پیش‌بینی مصارف اقدام به رفع آن کرد، موارد زیر می‌باشند:

- **افزایش دقت قرائت‌های تخمینی:** در برخی مواقع، عملیات کنتورخوانی برای مشترکین خانگی بصورت تخمینی انجام می‌شود. در واقع در حالاتی که نتوان به سادگی به کنتور برای قرائت آن دسترسی پیدا کرد، از کنتورخوانی تخمینی استفاده می‌شود. از آنجایی که مصرف گاز در یک دوره می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار بگیرد، یک تخمین بدون در نظر گرفتن جوانب، خطای زیادی به همراه خواهد داشت. استفاده از مدل پیش‌بینی کننده با در نظر گرفتن عوامل گوناگون می‌تواند تخمین دقیق‌تری از مصرف یک کاربر داشته باشد.
- **بهبود فرایند ایجاد انشعابات و تخصیص گاز:** ازآنجایی‌که افزایش مصرف گاز در یک ناحیه می‌تواند باعث کاهش فشار گاز بشود، آگاهی داشتن از وضعیت آینده کمک زیادی به مدیریت این پدیده می‌کند. با استفاده از پیش‌بینی مصارف مشترکین در یک ناحیه، می‌توان به یک دید کلی از میزان گاز مصرفی مورد نیاز جهت تأمین آن در آینده رسید.
- **کشف گاز محاسبه نشده:** یکی از چالش‌های موجود در شرکت‌های گاز، پدیده گاز محاسبه نشده می‌باشد. با کمک یک روش پیش‌بینی مصرف با عملکرد مناسب، می‌توان تخمینی از میزان مصرف مورد انتظار در آینده داشت. در صورتی‌که مصرف اندازه‌گیری شده، اختلاف آشکاری با مصارف پیش‌بینی شده داشته باشد، احتمال وجود گاز محاسبه نشده بیشتر خواهد بود.

سهم بالای مشترکین خانگی در مصرف گاز در فصول سرد (حدود ۷۰ درصد) و وجود مصارف غیرمجاز در این گروه از مشترکین (۵۲۰۶ انشعاب غیرمجاز شناسایی شده فقط در استان تهران طی خرداد ۹۸ الی ۹۹) [۵] ، مواردی هستند که اهمیت پرداختن به مسئله پیش‌بینی مصارف برای مشترکین خانگی را پررنگ می‌کنند.

تا کنون مطالعات داخلی و خارجی با روش‌هایی متفاوت و با در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار گوناگون بر این مسئله صورت گرفته است. صادقی و ذوالفقاری[۴] با استفاده از شبکه‌های عصبی پیشخور[۱] و مدل آریما[۲] و همچنین تبدیل موجک، به حل مسئله پیش‌بینی تقاضای مصرف گاز در کوتاه مدت (۱۰ روز آینده) پرداختند. عامل در نظر گرفته شده برای پیش‌بینی در این مسئله، تنها میزان تقاضای گاز برای روزهای گذشته بوده است. با وجود آنکه روش‌های غیرخطی همچون شبکه‌های عصبی می‌توانند ویژگی‌های متفاوتی را با توجه به تقاضا در روزهای گذشته استخراج نمایند، اما عدم توجه به عوامل تأثیرگذاری همچون جمعیت و دما، می‌تواند بر دقت آن تأثیر بگذارد. پرتوی سنگی و همکاران[۶] از شبکه‌های عصبی و داده‌های مصارف سه سال گذشته مشترکین گاز استان بوشهر و استخراج بردارهای سری زمانی متفاوت از آن‌ها، برای تخمین مصرف در ماه آینده استفاده شده است. بخشی‌فر و جلالی[۷] روش‌های متفاوت همچون رگرسیون خطی و غیرخطی و ماشین بردار پشتیبان[۳] بررسی شده‌اند. همچنین روش تحلیل مؤلفه اصلی[۴] برای انتخاب ویژگی‌های مهم‌تر و تأثیرگذارتر مورد استفاده قرار گرفته است. داده‌های اصلی استفاده شده در این مطالعه، دما و میزان مصرف مشترکین گاز استان قزوین است. تأثیر مؤلفه‌های ساختمانی همچون زیربنا و حداکثر مصرف ساعتی نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند که ادعا شده تأثیر چندانی در پیش‌بینی ندارند؛ اما پارامتر تعداد واحد که ارتباط مستقیم با تعداد مشترکین دارد تأثیر مثبتی داشته است. چائیده و باهری[۸] با رویکردی متفاوت، با کمک نرم‌افزار ایکوئست[۵] اقدام به شبیه‌سازی مصرف انرژی در یک ساختمان سه طبقه از پیش ساخته شده در شهرستان دزفول کرده‌اند. طبق مشاهدات این شبیه‌سازی، تأثیرگذارترین پارامتر در مصرف گاز بازده سیستم گرمایشی بوده است. سپس با کمک اندازه‌گیری پارامترهای گوناگون و با استفاده از رگرسیون خطی میزان مصرف پیش‌بینی شده است. نتایج حاصل از این مطالعه تنها در اقلیم‌های گرم و خشک قابل تکیه خواهد بود و امکان تعمیم آن به سایر مناطق وجود ندارد. همچنین فروزانفر و همکاران[۹] از مدل‌های برنامه‌سازی غیرخطی[۶] و الگوریتم ژنتیک[۷] برای تخمین مصارف مشترکین

1 Feed Forward Neural Networks
2 ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average)
3 Support Vector Machines
4Principal Component Analysis
5 eQUEST
6 None Linear Programming
7 Genetic Algorithm

مسکونی و تجاری استفاده کرده‌اند. با وجود روش متفاوت این مقاله، عدم توجه به عوامل تأثیرگذار همچون دما یا نوع کاربری تجاری باعث می‌شود تا مدل در درازمدت قابل استفاده و تعمیم نباشد. از مطالعات خارجی در این حوزه می‌توان به مطالعه انجام شده توسط آناگنوستیس[1] و همکاران[۱۰] اشاره کرد. در این مطالعه از شبکه‌های حافظه طولانی کوتاه - مدت[2] برای پیش‌بینی تقاضای گاز یونان در مناطق خانگی استفاده شده است. همچنین این داده‌ها مرتبط با تاریخچه میزان تقاضای گاز در گذشته می‌باشند. در مطالعه انجام شده توسط ارس[3] و همکاران[۱۱] نیز با کمک مدل‌های سری زمانی خود ارجاع[4]، مسئله تخمین مصرف گاز در ماه‌های آینده در ترکیه مورد بررسی قرار گرفته است.

در این مقاله با استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی و در نظر گرفتن تأثیر دما و تعداد مشترکین در یک منطقه مسکونی، به حل مسئله پیش‌بینی مصرف گاز برای مشترکین خانگی ناحیه ۲ شهر کرج پرداخته شده است. در بخش دوم ابتدا مبانی علمی مورد نیاز برای درک روش و جزئیات روش استفاده شده ارائه خواهد شد. در بخش سوم روش انجام مطالعات و پیاده‌سازی‌ها شرح داده شده‌اند. سپس با بررسی داده‌های استفاده شده در بخش چهارم، به ارائه نتایج پیاده‌سازی مدل پرداخته شده است.

مبانی نظری

طی مطالعه صورت گرفته در این مقاله، با بهره‌گیری از مرجع [۱۱] یک مدل رگرسیون غیرخطی با در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذاری همچون تعداد مشترکین و دمای هوا ساخته شده است. در ادامه این بخش به تشریح مدل‌های رگرسیون غیرخطی و تعریف ویژگی‌های استفاده شده پرداخته می‌شود.

رگرسیون غیرخطی

رگرسیون غیرخطی یک روش آماری است که جهت انطباق توابع غیر خطی تصادفی بر روی داده‌های گرد آوری شده استفاده می‌شود. اگر f را تابع غیرخطی مورد نظر بنامیم، ارتباط میان این تابع و مقدار هدف بصورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$y \sim f(x, \beta) \quad (۱)$$

که در آن منظور از x مقادیر مرتبط با متغیرها و β پارامترهای تابع می‌باشند. برای آنکه بتوان بهترین تابع تخمین زننده را انتخاب کرد، نیاز است تا از یک تابع ضرر استفاده شود. در واقع توابع ضرر با محاسبه خطا، میزان تناسب پارامترهای مدل در هر مرحله را می‌سنجند. یکی از این توابع ضرر، مجموع مربعات خطاها می‌باشد و رابطه آن بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$RSS^{5} = \sum_{i=1}^{n}(y_i - f(x_i))^2 \quad (۲)$$

y_i برابر با مقدار اصلی و $f(x_i)$ برابر با مقدار پیش‌بینی شده می‌باشد.

یکی از معیارهای مناسب برای سنجش عملکرد نهایی مدل نیز ضریب تعیین[6] می‌باشد. این معیار آماری نشان دهنده میزان توانایی مدل در تخمین متغیر هدف است. در واقع هرچه عدد بدست آمده بزرگتر باشد (در بازه‌ی ۰ تا ۱۰۰ درصد)، بدین معناست که مدل می‌تواند با دقت بهتری تفاوت‌ها و واریانس موجود در تغییرات داده‌ها را تشخیص داده و تابع بهینه را با کمترین فاصله از نقاط اصلی بدست آورد. رابطه ضریب تعیین بصورت زیر قابل تعریف است:

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS} \quad (۳)$$

که در آن، صورت کسر مشابه رابطه (۲) و مخرج کسر بصورت زیر می‌باشد:

$$TSS^{7} = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 \quad (۴)$$

1 Anagnostis
2 Long Short0Term Memory
3 Aras
4 Autoregressive
5 Residual Sum of Squares
6 R-squared
7 Total Sum of Squares

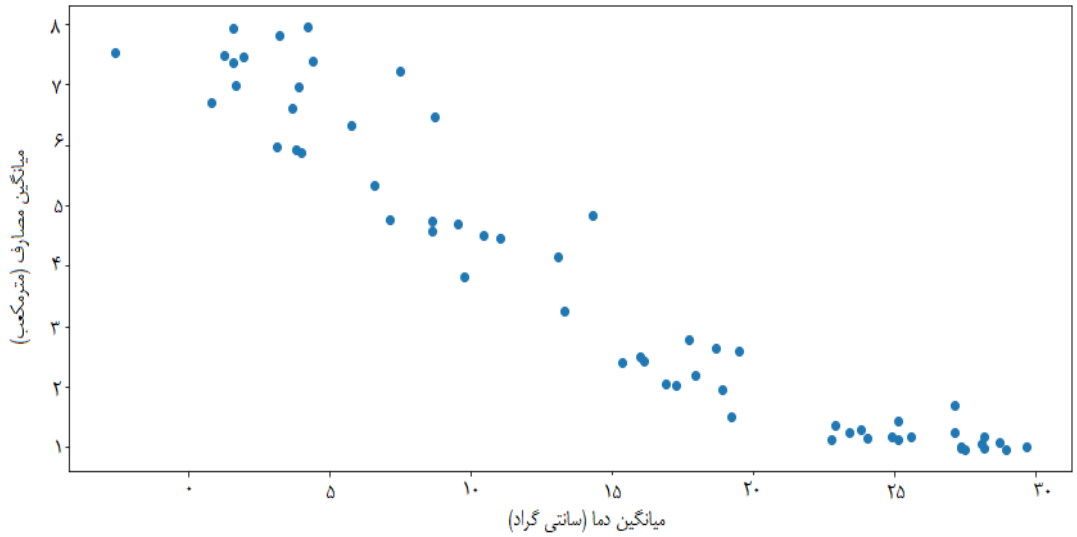
$\bar{y}$ برابر با میانگین فضای نمونه است.

تأثیر دما بر مصرف گاز

در رابطه با تأثیر دما بر مصرف گاز، مطالعات و بررسی‌های زیادی صورت گرفته است. برای مثال بریسفورد[1] [۱۲] با بررسی حالات مختلفی، نشان داده است که دما تأثیر مستقیمی بر میزان مصرف گاز دارد. یکی از راه‌های در نظر گرفتن تأثیر دما، استفاده از معیار درجه حرارت روز[2] می‌باشد. نحوه محاسبه این معیار بصورت زیر است:

$$DD = \sum_{j=1}^{z}\left(T_i - T_{d_0}\right)_j \qquad (۵)$$

T_i بیانگر دمای درونی می‌باشد؛ بدین معنا که دمای بیرون باید حداقل چه مقدار باشد تا مشترکین خانگی از وسایل گرمایشی استفاده کنند. برای مثال اگر این متغیر برابر با ۲۰ درنظر گرفته شود، بدین معناست که دمای هوا باید حداقل ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد تا مشترکین خانگی از سیستم‌های گرمایشی خود استفاده نمایند. T_{d0} برابر با متوسط دمای هر روز است. در واقع T_i و T_{d0} برای هر روز از یک ماه بصورت جاگانه محاسبه شده و مجموع تفاضلات آن‌ها برابر با DD خواهد بود. بنابراین هر ماه مقدار DD مختص خود را خواهد داشت. همچنین z برابر با تعداد روزهای ماه است. برای آنکه ارتباط دما و همچنین معیار درجه حرارت روز با میزان مصرف گاز روشن شود، نمودار همبستگی دما با میزان مصرف گاز و همچنین همبستگی درجه حرارت روز (DD) با میزان مصرف گاز در شکل‌های (۱) و (۲) برای مشترکین خانگی ناحیه ۲ کرج آورده شده است.



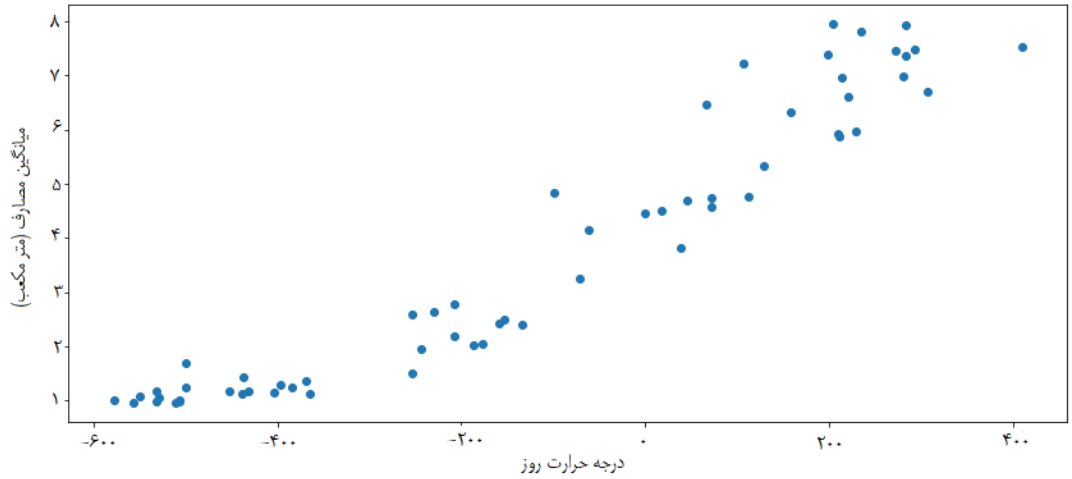
شکل(۱): رابطه همبستگی میانگین دمای هر ماه با میانگین مصرف ماه متناظر

تأثیر جمعیت بر مصرف گاز

یکی دیگر از عوامل مؤثر بر میزان تقاضا و مصرف گاز، جمعیت ناحیه مورد بررسی است. در واقع در صورت افزایش جمعیت در یک ناحیه، مصـرف گاز آن ناحیه نیز افزایش خواهد یافت. یکی از نقاط ضـعف عمده مطالعات گذشـته در زمینه پیش‌بینی مصارف، عدم توجه به عامل جمعیت است.

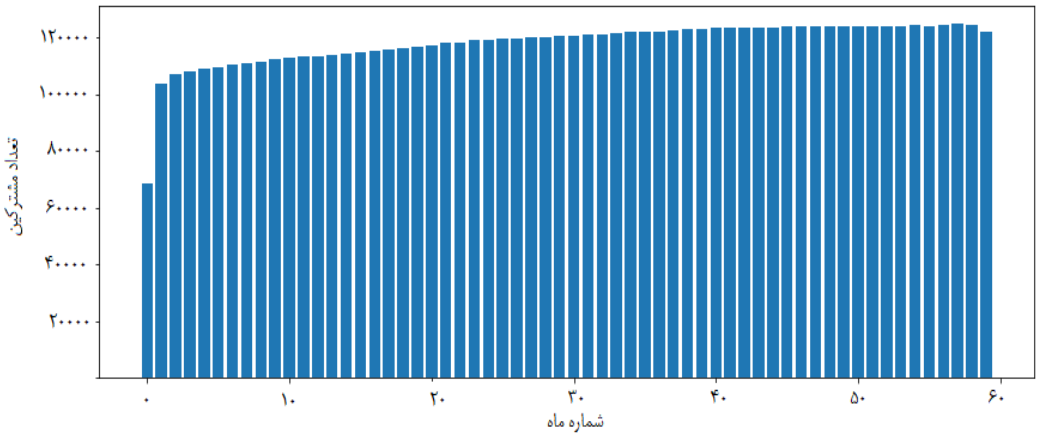
1 Berrisford

2 Degree Day



شکل (۲): رابطه همبستگی درجه حرارت روز (DD) با میانگین مصرف ماه

از آنجایی که در این مطالعه، امکان دسترسی به اطلاعات دقیق مرتبط با جمعیت افراد ساکن در ناحیه ۲ کرج وجود نداشت، از تعداد مشترکین خانگی شرکت گاز البرز در ناحیه ۲ کرج به عنوان نماینده تأثیر جمعیت بر مصرف گاز استفاده شد. طبق آمار اعلام شده از نرخ رشد جمعیت کرج در سال ۱۳۹۸، این رقم برابر با ۲/۴ درصد می‌باشد. همچنین طبق شکل (۳)، تعداد مشترکین گاز ناحیه ۲ کرج همواره افزایش داشته است. به همین جهت می‌توان از تعداد مشترکین ثبت شده بجای جمعیت ناحیه ۲ کرج استفاده کرد.



شکل (۳): روند رشد جمعیت طی ماه‌های متوالی از سال‌های ۹۵ تا ۹۹

پیاده‌سازی و اجرا

مجموعه داده

داده‌های مورد استفاده در ابتدا بصورت مصارف دوره‌ای مشترکین خانگی ناحیه ۲ کرج، دمای هوا بصورت روزانه و تعداد مشترکین خانگی ناحیه ۲ کرج بودند. بازه زمانی داده‌های جمع‌آوری شده نیز از ابتدای سال ۹۵ و تا پایان سال ۹۹ (به مدت ۵ سال) می‌باشد. برای آنکه بتوان از آن‌ها در مدل رگرسیون غیرخطی استفاده کرد، نیاز به تغییراتی در قالب آن‌ها وجود

داشت. به‌عنوان نمونه، از آنجایی که بازه‌های قرائت برای تمامی مشترکین یکسان نیست (چه از نظر طول و چه از نظر تاریخ)، لازم است تا برای پیش‌بینی مصرف ماهانه، قالب آن‌ها تغییر پیدا کند. برای اینکار، به ازای مصرف در هر دوره، ۶۰ ستون با مقدار اولیه ۰ ساخته شد. هریک از ستون‌ها متناظر با یک ماه، به ترتیب از ابتدای سال ۹۵ و تا پایان سال ۹۹ می‌باشند. برای مثال ستون ۱۲ نشان دهنده اسفند ۹۵ می‌باشد. مقادیر هریک از ستون‌های جدید، باتوجه به تاریخ دوره و میزان مصرف هم سطر خود می‌باشد. برای درک این مسئله، فرض کنید مصرف یک مشترک در بازه یک قرائت از تاریخ ۱۵ شهریور ۹۶ الی ۲۰ مهر ۹۶ برابر با ۱۵۰ مترمکعب بوده‌است. از آنجایی که ۱۶ روز از این دوره در شهریور ۹۶ و ۲۰ روز در مهر ۹۶ است، مقدار $۱۶ \times \frac{۱۵۰}{۳۶}$ با ستون متناظر با شهریور ۹۶ و مقدار $۲۰ \times \frac{۱۵۰}{۳۶}$ با ستون متناظر با مهر ۹۶ جمع می‌شود. در نهایت برای آنکه بتوان برای هر ماه یک عدد برای میزان مصرف در ناحیه ۲ کرج داشت، مقادیر موجود در هر ستون جمع شده و نهایت ۶۰ مقدار به ازای هر ماه وجود خواهد داشت.

یکی از مشکلات نرمال‌سازی به روش فوق، در نظر نگرفتن تفاوت مصرف گاز در دو ماه متوالی در یک دوره می‌باشد. برای رفع این مشکل، سعی شد تا الگویی میان مصرف در ماه‌های متوالی و دمای آن ماه‌ها در نظر گرفته شود. سپس باتوجه به دما وزنی در نرمال‌سازی مصرف در ماه‌های مختلف اعمال می‌شود. برای این‌کار در ابتدا مشترکینی که طول بازه‌ی کنتورخوانی آن‌ها میان ۴۰ تا ۶۰ روز است انتخاب می‌شوند. سپس به روش نرمال‌سازی بدون وزن مصارف ماهانه در هر ماه محاسبه می‌شوند. پس از آن میانه مصارف روزانه در هر ماه بدست می‌آید. حال باید ضرایبی برای هر ماه جهت اعمال نرمال‌سازی وزن‌دار بدست آورد. برای بدست آوردن این ضرایب، ابتدا میانه‌های بدست آمده در تعداد روزهای معادل با سهم هر ماه از یک قرائت، ضرب می‌شوند. در نهایت با تقسیم مصارف بر حاصل جمع اعداد بدست آمده یک ضریب حاصل می‌شود که از آن ضریب برای نرمال‌سازی وزن‌دار استفاده خواهد شد.

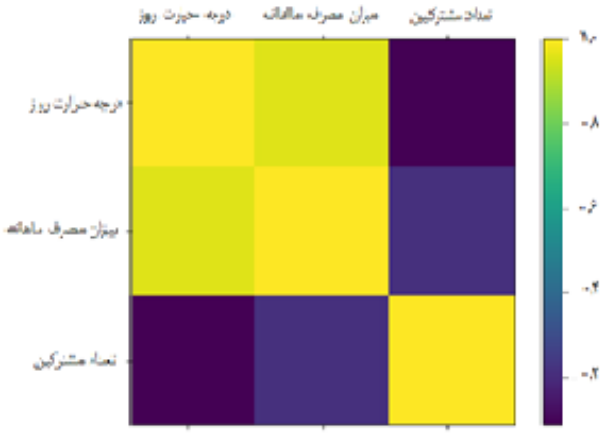
حال که مصارف در قالب ماهانه آماده هستند، لازم است تا معیار درجه حرارت روز (DD) برای هر ماه محاسبه شود. برای اینکار ابتدا داده‌های آب و هوایی مرتبط با شهر کرج از رابط برنامه نویسی کاربردی[1] سایت wordweatheronline.com بصورت روزانه در بازه ۵ ساله ۹۵ تا ۹۹ جمع‌آوری شد. سپس با کمک رابطه ۲، مقدار درجه حرارت روز (DD) برای هر ماه محاسبه شد. از آنجایی که طبق استانداردهای شرکت گاز، فصل سرد و فصل گرم به ترتیب از ۱۵ آبان و ۱۵ فروردین شروع می‌شوند و دمای متوسط این روزها تقریبا با هم برابر هستند (۱۱ درجه سانتی گراد)، در اینجا نیز T_i برابر با ۱۱ انتخاب شده است. در نهایت برای محاسبه جمعیت مشترکین در هر ماه، آن دسته از مشترکین که مصرف غیر صفر دارند در جمعیت محاسبه می‌شوند.

بنابراین موارد، مجموعه داده نهایی شامل ۶۰ نقطه با دو ویژگی درجه حرارت روز و جمعیت مشترکین و مقدار هدف مصرف ماهانه خواهد بود. همانطور که در شکل (۴) قابل مشاهده است، وجود همبستگی میان ویژگی‌های انتخاب شده و مقدار مصرف ماهانه و همچنین پایین بودن مقدار همبستگی ویژگی‌های تعیین شده با یکدیگر، نشان از مناسب بودن ویژگی‌ها جهت استفاده در مدل رگرسیون دارد. طبق این شکل، دو ویژگی تعداد مشترکین و درجه حرارت روز (DD) همبستگی نزدیک به صفر دارند. همچنین همبستگی تعداد مشترکین و درجه حرارت روز با میزان مصرف ماهانه به ترتیب نزدیک به ۰/۴ و ۱ می‌باشد.

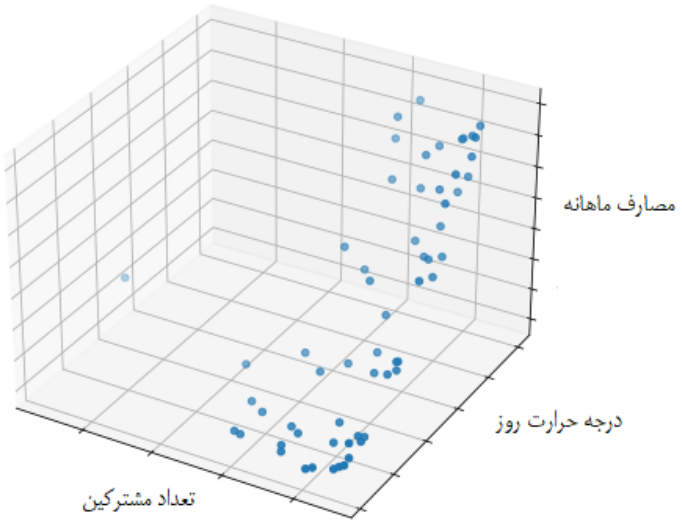
مدلسازی

شکل(۵) نشان‌دهنده نمودار سه بعدی نقطه‌ای برای ترسیم ارتباط میان ویژگی‌های انتخاب شده و متغیر هدف می‌باشد. طبق این نمودار می‌توان نتیجه گرفت که تابع غیرخطی و از نوع درجه دو مناسب خواهد بود. بنابراین برای مدلسازی، یک تابع درجه دو کامل استفاده شد.

1 Application Programming Interface



شکل (۴): ماتریس همبستگی معیار درجه حرارت روز (DD)، مصرف ماهانه و تعداد مشترکین با یکدیگر



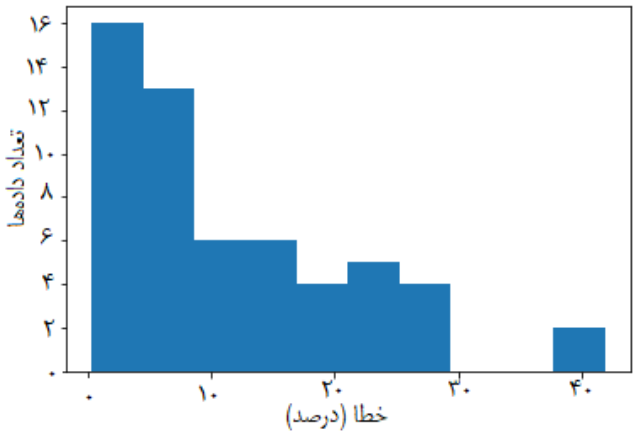
شکل (۵): نمایش رابطه غیرخطی موجود میان ویژگی‌های انتخاب شده و مقدار هدف

تمامی مراحل پیاده‌سازی در زبان برنامه‌نویسی پایتون و با کمک کتابخانه‌هایی همچون pandas و sklearn صورت گرفته است. همچنین آموزش مدل ۳۰۰ بار و هر بار با تقسیم مجموعه داده‌ها به نسبت ۸۰ به ۲۰ برای آموزش و ارزیابی صورت گرفت و در نهایت مدل با بهترین عملکرد ذخیره شد.

نتایج اجرای مدل

همانطور که در بخش مبانی نظری اشاره شد، یکی از معیارهای مناسب برای سنجش مدل رگرسیون، ضریب تعیین می‌باشد. نتایج حاصل از آموزش و ارزیابی مدل نشان می‌دهد که مقدار ضریب تعیین مدل ارائه شده برابر با ۹۵٪ است ؛ به این معنی که می‌تواند با دقت مناسبی وضعیت مصرف پیش‌رو را تخمین بزند.

شکل (۶) مربوط به هیستوگرام خطای مدل بر داده‌ها می‌باشد. خطای محاسبه شده در اینجا، حاصل از تفاضل مقادیر تخمین زده شده توسط مدل نسبت به مصارف واقعی می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود، برای حدوداً ۶۰٪ از داده‌ها خطای کمتر از ۱۰٪ و برای ۷۵٪ داده‌ها خطای کمتر از ۲۰٪ حاصل شده‌است که نشان از عملکرد مناسب مدل دارد.



شکل (۶): فراوانی خطای مدل رگرسیون خطی بر داده‌ها

معیار دیگری که جهت بررسی عملکرد مدل استفاده شد، میانگین درصد خطای مطلق[1] می‌باشد. این معیار به دلیل سهولت در تفسیرپذیری بسیار مورد استفاده است. همچنین رابطه آن بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$MAPE = \frac{100}{n} \times \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \quad (۶)$$

مقدار این معیار برای مدل رگرسیون غیرخطی ارائه شده برابر ۱۱ درصد می‌باشد. به این معنا که میانگین تفاوت میان مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر اصلی برابر با ۱۱ درصد است. خلاصه نتایج مدل در جدول (۱) قابل مشاهده می‌باشند.

جدول (۱): نتایج اجرای مدل

نام مدل	تعداد آموزش	ضریب تعیین	میانگین درصد خطای مطلق
رگرسیون غیرخطی (دو جمله‌ای کامل)	۳۰۰	۹۵٪	۱۱٪

نتیجه گیری

گاز طبیعی به علت ارزان بودن و آلایندگی پایین آن، حامل انرژی پراهمیتی به حساب می‌آید. این مسئله باعث می‌شود تا مدیریت مصرف گاز طبیعی بطور ویژه در کانون توجه قرار داشته باشد. طی این مطالعه مدلی برای پیش‌بینی مصرف گاز در مشترکین خانگی ناحیه ۲ شهر کرج ارائه شد. این مدل که یک رگرسیون غیرخطی بود، با کمک اطلاعات تعداد مشترکین و معیار درجه حرارت روز توانست تا با مقدار ضریب تعیین ۹۵ درصد، و با میانگین درصد خطای مطلق ۱۱، مصارف ماهانه را پیش‌بینی کند. در ادامه می‌توان برای بررسی بیشتر، عملکرد مدل را بر مشترکین شهرها و نواحی بیشتری بررسی کرد. همچنین می‌توان از مدل‌های سری زمانی چند متغیره، به عنوان مدل‌هایی پیچیده‌تر استفاده کرد.

تشکر وقدردانی

این مطالعه طی همکاری میان تیم داده و هوشمندی بُنتک (دایوتک) و شرکت گاز استانی البرز صورت گرفت. به سرانجام رسیدن این آزمایشات و بدست آوردن نتایج این آزمایش بدون همکاری مؤثر و سازنده مسئولین این سازمان امکان‌پذیر نبود. در همین راستا از تمامی مسئولین مربوطه در شرکت گاز استانی البرز و هلدینگ بنتک که به انجام این پژوهش کمک کردند، نهایت تقدیر و تشکر را داریم.

1 Mean Absolute Percentage Error

مراجع:

[1] [Online]. Available: https://tn.ai/2630866.
[2] [Online]. Available: mshrgh.ir/1169256.
[۳] اشـراق‌نیای جهرمی، ع. و ایقانی‌یزدلی، ر. (۱۳۸۷). مدلسـازی مصـرف گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی، و بررسـی امکان جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی در ایران. مجله علمی و پژوهشی شریف، شماره چهل و پنجم، دی ۱۳۸۷.
[۴] صادقی، ح. و ذوالفقاری، م. (۱۳۸۸). طراحی روشی نوین برای پیش‌بینی تقاضای کوتاه مدت گاز طبیعی در بخش خانگی. فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال ششم، شماره ۲۳، زمستان ۱۳۸۸، ۷۰ - ۴۳.
[5] [Online]. Available: irna.ir/xjG5dJ.
[۶] پرتوی سنگی، م.، مومن‌زاده حقیقی، ح. و ارفعی‌نیا، ح. (۱۳۹۸). پیش‌بینی مصرف گاز مشترکین با استفاده از داده‌کاوی در شرکت گاز بوشهر. ششمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، فروردین ۱۳۹۸.
[۷] بخشی‌فرد، س. و جلالیان، ا. (۱۳۹۸). ارزیابی ترکیب ماشین بردار پشتیبان جهت پیش‌بینی مصرف ماهانه گاز طبیعی با استفاده از راهکارهای هوش تجاری. سومین کنگره بین‌المللی علوم و مهندسی ۱۳۹۸.
[۸] چائیده، ا. و باهری، ع. (۱۳۹۶). پیش‌بینی مصرف انرژی یک ساختمان مسکونی با استفاده از رگرسیون خطی چندمتغیره در اقلیم گرم و خشک کشور-۱۳۹۶. نشریه علمی – تخصصی تبدیل انرژی (JEED)، دوره ۴، شماره ۴، زمستان ۹۶.
[9] Forouzanfar, M., Doustmohammadi, A., Menhaj, M.B. and Hasanzadeh, S. (2010). Modeling and estimation of the natural gas consumption for residential and commercial sectors in Iran. *Applied Energy* 87.1: pp 268-274.
[10] Anagnostis, A., Papageorgiou, E., Dafopoulos, V. and Bochtis, D., (2019).Applying long short-term memory networks for natural gas demand prediction. *10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*. IEEE,.
[11] Aras, H. and Nil A. (2004). Forecasting residential natural gas demand. *Energy Sources* 26.5: pp 463-472.
[12] Berrisford, H. G. (1965). The relation between gas demand and temperature: a study in statistical demand forecasting. *Journal of the Operational Research Society* 16.2: pp 229-246.