



طراحی مدلی فرا ابتکاری برای پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی در صنایع ایران

بختیار رازانی^۱ - رویا سیفی‌پور^۲ - ابراهیم عباسی^۳ - بیژن باصری^۴

چکیده

به منظور کنترل عرضه و تقاضای انرژی و برنامه‌ریزی صحیح در هدایت مصرف، میزان مصرف گاز ماهانه صنایع کشور با شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم زنگنه در این پژوهش برای سال ۱۴۰۲ مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات جمعیت کشور، شاخص بهای تولید کننده صنعت، تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت ۹۰ و مصرف گاز صنایع کشور به عنوان متغیرهای تأثیرگذار بررسی شدند. نتایج نشان داد بهترین شبکه عصبی مصنوعی ترکیب شده با الگوریتم زنگنه، شبکه‌ای با نرخ جهش ۰/۵، نرخ تقاطع ۰/۵، تعداد تکرار ۱۵۰ و اندازه جمعیت اولیه ۱۵۰ است. ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم زنگنه که در فصل بهار در مجموع ۲۹۵۷/۷ میلیون بشکه معادل نفت خام، در تابستان این رقم به ۳۵۰۲/۶، در پاییز ۴۳۲۹/۹ و در زمستان با رشد ۸/۱۵ درصدی به ۴۶۸۳ میلیون بشکه معادل نفت خام خواهد رسید.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی، مصرف گاز، شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم زنگنه.

-
۱. دانشجوی دکترا اقتصاد نفت و گاز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.
br_razani@yahoo.com
۲. استادیار دانشکده اقتصاد و حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران. (تویسندۀ مسئول).
roy.seyfipour@iauctb.ac.ir
۳. استادیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد و حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.
۴. استادیار اقتصاد، دانشکده اقتصاد و حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.
B.baseri@iauctb.ac.ir
-

مقدمه

ایران با داشتن حدود ۳۲/۱ تریلیون مترمکعب ذخایر اثبات شده (برابر ۱۷ درصد کل ذخایر گاز دنیا) به عنوان دومین کشور دارنده ذخایر گازی در جهان بعد از روسیه شناخته شده است. این در حالی است که از نظر مصرف، ایران با ۲۲۸/۹ میلیارد مترمکعب بعد از آمریکا، روسیه، چین در رتبه چهارم بیشترین مصرف گاز طبیعی در دنیا قرار دارد (بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۳). سهم بیش از ۷۰ درصدی گاز طبیعی در سبد انرژی کشور، رشد سریع مصرف گاز طبیعی در بازارهای اخیر و نقش مؤثر گاز به عنوان سوخت پاک در توسعه فعالیت‌های اقتصادی و افزایش رفاه اجتماعی کشور، اهمیت روزافزون این منبع انرژی را به عنوان محور توسعه نشان می‌دهد. از طرفی بررسی‌ها نشان می‌دهد که در بین انرژی‌های اولیه، مصرف گاز طبیعی در سال‌های آینده بیشترین رشد را خواهد داشت و این رشد برای کشورهای در حال توسعه بیشتر خواهد بود، به‌طوری‌که تا سال ۲۰۲۰ سهم گاز طبیعی از ترکیب انرژی جهان در سال ۲ درصد افزایش می‌یابد (فطرس و همکاران، ۱۳۹۶)؛ بنابراین توسعه روش‌هایی برای پیش‌بینی دقیق مصرف سالیانه گاز در کشور که کاملاً منطبق با ویژگی‌های رفتار کمی و کیفی داده‌های مصرف باشد، ضرورت دارد.

منابع انرژی را می‌توان به دو دسته‌ی تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر (انرژی‌های نو) تقسیم کرد. انرژی‌های تجدیدناپذیر خود به دو دسته‌ی اصلی سوخت‌های فسیلی و سوخت‌های هسته‌ای تقسیم می‌شوند. سوخت‌های فسیلی نیز به‌طورکلی سه دسته‌ی گازوئیل، نفت و گاز طبیعی هستند. سوخت‌های فسیلی نسبت به سایر منابع انرژی دارای مزایای بسیاری هستند و به همین دلایل است که این سوخت‌ها هنوز هم به عنوان منبع اصلی تأمین‌کننده‌ی انرژی در جهان به شمار می‌روند.

پیش‌بینی تقاضا از موضوعاتی است که در حوزه‌ی مدیریت منابع همواره با چالش‌های فراوانی رو برو است. برنامه‌ریزی برای آینده و خیره شدن به افق از اهمیت بهسزایی برخوردار است و مهمترین روش برای برنامه‌ریزی آینده، نگاهی به روندهای گذشته است. رشد و بقای عمدی فعالیت‌های اقتصادی کشورها تحت تأثیر مسئله‌ی تأمین انرژی است. درنتیجه با پیش‌بینی دقیق مصرف انرژی و برنامه‌ریزی صحیح درجهت هدایت مصرف، پارامترهای عرضه و تقاضای انرژی را می‌توان به نحو مطلوبی کنترل کرد. تحلیل متغیرهای تأثیرگذار بر شدت افزایش مصرف و چشم‌اندازی از پیش‌بینی مصارف انرژی، برای مدیران و تصمیم‌سازان عرصه‌ی انرژی این امکان را فراهم می‌آورد تا درجهت کنترل متغیرهای عرضه و تقاضای انرژی تلاش نمایند (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۰). هدف از

پیش‌بینی تقاضا، گردآوری و فراهم کردن اطلاعات تمام و کمالی است که به اتخاذ تصمیمات مدیریتی در سطوح کلان سازمان یاری می‌رساند.

ضرورت و اهمیت پژوهش

براساس آخرین آمار منتشر شده در سال ۲۰۲۳ از سوی شرکت بربیتیش پترولیوم، روسیه با $37/4$ تریلیون مترمکعب ذخایر گاز طبیعی حدود $19/8$ درصد از ذخایر گاز طبیعی جهان را در اختیار دارد و جایگاه نخست کشورهای ذخایر گازی جهان را دارد. ایران پس از روسیه با حدود $17/0/6$ درصد از ذخایر گاز طبیعی جهان جایگاه دوم در جهان را دارد. در پایان سال ۲۰۲۰، میزان ذخایر ثبت شده گاز طبیعی جهان بالغ بر $188/1$ تریلیون مترمکعب بود که نسبت به سال قبل از آن $190/3$ میلیارد مترمکعب (۱/۲ - درصد) کاهش داشته است. در میان مناطق مختلف جهان، منطقه خاورمیانه با دارا بودن $75/8$ تریلیون مترمکعب ذخایر گاز طبیعی جهان معادل 40 درصد از کل ذخایر ثبت شده گاز جهان، مقام اول را به خود اختصاص داده است. کشورهای مستقل مشترک‌المنافع، آسیا و اقیانوسیه، آمریکای شمالی، آفریقا و آمریکای مرکزی و جنوبی با سهم 30 ، $8/0/5$ ، $6/85$ و $4/19$ و $1/68$ درصد، به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. ذخایر گاز جهان عمدتاً در منطقه خاورمیانه قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به ایران، قطر، عربستان‌ سعودی و امارات‌ متحده عربی اشاره کرد که در مجموع $36/54$ درصد از کل ذخایر جهان را به خود اختصاص داده‌اند. در سال ۲۰۲۰ $57/29$ درصد از ذخایر گاز طبیعی جهان به چهار کشور روسیه، ایران، قطر و ترکمنستان اختصاص داشته است. ذخایر گاز طبیعی روسیه به $37/4$ تریلیون مترمکعب رسید و سهم ذخایر آن از ذخایر جهان $19/88$ درصد شد. در سال موردنرسی جایگاه ایران پس از روسیه در رتبه دوم کشورهای دارنده ذخایر گازی جهان است با بیش از 32 تریلیون مترمکعب ذخایر گازی، سهمی معادل $17/0/6$ درصد از ذخایر گازی جهان را در سال ۲۰۲۰ داشته است. قطر با $24/7$ تریلیون مترمکعب معادل $13/11$ درصد در جایگاه سوم جهان قرار گرفته است. در همین سال، ترکمنستان، ایالات‌ متحده آمریکا، چین و ونزوئلا به ترتیب با $13/6$ ، $12/6$ ، $8/4$ و $6/3$ تریلیون مترمکعب در جایگاه چهارم تا هفتم جهان قرار دارند (برربیتیش پترولیوم، ۲۰۲۳).

براساس آخرین آمار منتشر شده توسط مرکز آمار ایران و وزارت نیرو، در سال 1399 مصرف کل گاز طبیعی کشور برابر $151729/4$ میلیون مترمکعب بوده است که نسبت به سال قبل $7/33$ درصد رشد داشته است. در سال 1399 ، بزرگترین

صرف کنندگان نهایی گاز طبیعی در کشور به ترتیب با ۴۵/۷۸ و ۳۴/۳۹ درصد، بخش‌های خانگی و صنعت (شامل واحدهای پتروشیمی) هستند. در این سال بیشترین افزایش حجم صرف گاز طبیعی نسبت به سال قبل به بخش‌های صنعت و خانگی به ترتیب با ۴۲۲۶/۹ و ۳۵۷۷/۹ میلیون مترمکعب اختصاص داشته است. مصرف گاز طبیعی در بخش کشاورزی با رشد قابل ملاحظه ۱۲/۲۳ درصدی نسبت به سال قبل از مقدار ۳۲۸۷/۲ میلیون مترمکعب به ۳۶۸۹/۱ میلیون مترمکعب رسیده است. روند افزایشی مصرف گاز طبیعی در بخش کشاورزی بیانگر آن است که مصرف فرآورده‌های نفتی روند رو به کاهشی را پیموده و گاز طبیعی به عنوان جایگزین و سوخت غالب، کاهش سایر سوخت‌ها را جبران نموده است. این در حالی است که مصرف گاز طبیعی در بخش حمل و نقل با رشد ۷/۱۱ درصدی نسبت به سال قبل (۱۳۹۸) به ۸۱۱۴/۷ میلیون مترمکعب رسیده است. میزان صرف گاز طبیعی در مصارف غیرانرژی نیز با رشد قابل توجه ۱۲۰/۵ درصدی به مقدار ۱۸۲۸۲/۳ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۹۹ رسیده است.

بنابراین در راستای برنامه‌ریزی و سیاستگذاری در این عرصه، شناسایی و تعیین متغیرهای تأثیرگذار بر مصرف گاز طبیعی در بخش‌های مختلف مصرفی کشور، شناسایی نحوه اثرگذاری متغیرها بر مصرف و درنهایت پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی ازجمله مهمترین گام‌هایی است که می‌تواند صورت پذیرد.

پیشینه پژوهش

دشتستان (۱۴۰۲)، با استفاده از الگوی خود توضیح‌دهنده با وقfe‌های توزیعی طی دوره زمانی ۱۳۹۹-۱۳۶۷، نسبت به بررسی عوامل مؤثر بر تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت پرداختند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که متغیرهای قیمت نسبی گاز طبیعی، تولید ناخالص داخلی سرانه و بهره‌وری انرژی به ترتیب دارای تأثیر منفی، مثبت و منفی بر تقاضای گاز طبیعی بخش صنعتی دارند؛ بنابراین استفاده از ترکیب سیاست‌های اصلاحی قیمتی و غیرقیمتی (بهبود بهره‌وری انرژی) می‌تواند بسته سیاستی مناسبی کاهش مصرف گاز طبیعی در صنعت باشد. ورهرامی و یوسفی (۱۴۰۱)، با استفاده از مدل پنل و قدرت بازاری کشورها به لحاظ تأثیر بر بازار گاز طبیعی در قالب مدل ARDH و همچنین میزان پایبندی به توافقات مجمع از طریق قضیه دانیلس طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ نسبت به برآورد تابع تقاضای گاز پنج کشور عضو مجمع شامل روسیه، قطر، ایران، امارات و نیجریه پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که اثر قیمت گاز و جمعیت بر تقاضای کشورهای

عضو مجمع کاهنده و اثر تولید ناخالص داخلی بر تقاضای گاز فزاینده است. شکیب (۱۴۰۰) با استفاده از یک شبکه عصبی بر روی یک مطالعه موردنی (شهر لامرد) به افزایش دقت پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی با این مدل دست یافته‌اند. در این مطالعه با بهره‌گیری از سیستم‌های نروفازی و همچنین الگوریتم رقابت استعماری درصد دقت در پیش‌بینی بالا رفته است. جلایی پیکانی و مصدقی (۱۴۰۰)، تأثیر قانون هدفمندسازی یارانه‌ها بر تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی در شهر اصفهان را موربررسی قرار دادند. در این مطالعه با استفاده از روش هم‌جمعی جوهانسون - جوسیلیوس و مدل تصحیح خطای برداری روابط بلندمدت و کوتاه‌مدت تابع تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی شهر اصفهان را از فروردین ۱۳۸۲ تا آذرماه ۱۳۸۹ برآورد نمودند. تحقیق نشان داد که ۱. ارتباط تعادلی بلندمدت میان متغیرهای تابع تقاضای گاز طبیعی وجود دارد؛ ۲. کشنش قیمتی تقاضای گاز طبیعی در کوتاه‌مدت بسیار کوچک و بی‌معناست؛ ۳. برق و گاز در بلندمدت جانشین یکدیگرنده؛ ۴. عادات مصرفی بر رفتار مصرف‌کنندگان مؤثر است. ۵. در کوتاه‌مدت ایجاد شوک مثبت در قیمت گاز به کندی منجر به کاهش مصرف می‌شود؛ ۶. به دنبال اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، شکست ساختاری در الگوی مصرفی گاز مشاهده نشد.

وو و همکاران^۱ (۲۰۲۱)، با استفاده از مدل خاکستری با تابع اطلاعات پنهان (موارد چین و آمریکا) به پیش‌بینی کوتاه‌مدت تولید و مصرف گاز طبیعی در چین و ایالات متحده پرداختند. نتایج نشان داد که در میان مدل‌های مختلف پیش‌بینی، مدل خاکستری از پتانسیل تبدیل شدن برخوردار است، علاوه بر این نشان دادند که چین به ناچار با گسترش واردات گاز طبیعی مواجه خواهد شد. پرادهان و همکاران^۲ (۲۰۱۷)، با استفاده از رویکرد یکپارچه از رویکرد سری‌های زمانی حداقل مربعات کلاسیک با مدل پیش‌بینی مبتنی بر شبکه عصبی و مقایسه نتایج با تمام مدل‌های کلاسیک و مدل‌های شبکه عصبی منجر به این شد که نتایج تحلیل شده بهبود بهتری را نسبت به سایر مدل‌های پیش‌بینی کلاسیک و شبکه عصبی نشان دهد. کومار و همکاران^۳ (۲۰۱۷)، با استفاده از روش ترکیبی و به کارگیری دو الگوریتم کلونی مورچه‌ها و الگوریتم انبوه ذرات (PSO) به پیش‌بینی تقاضای سالانه ارزی در کشور ترکیه پرداخته‌اند. پارامترهای مورد استفاده در این تحقیق جمعیت، صادرات و واردات و تولید ناخالص داخلی بودند که نتایج نشان از بهتر بودن مدل‌های خطی و درجه دوم داشت.

1. Wu et al.

2. Pradhan et al.

3. Kumar et al.

روش تحقیق

در این قسمت، در ابتدا شبکه عصبی مصنوعی معرفی می‌شود و در انتهای، الگوریتم ژنتیک موردنرسی قرار خواهد گرفت.

شبکه‌های عصبی مصنوعی یک سیستم پردازش داده‌ای است. برای مدلسازی یک شبکه عصبی مصنوعی می‌توان از یک مدل ریاضی که خصوصیات یک سیستم بیولوژیکی را توصیف کند استفاده کرد (حبیب و همکاران، ۱۴۰۸).

- الگوریتم ژنتیک در مسائل متنوعی نظیر بهینه‌سازی، شناسایی و کنترل سیستم پردازش تصویر و مسائل ترکیبی تعیین توپولوژی و آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم‌های مبتنی بر تصمیم و قاعده به کار می‌رود.

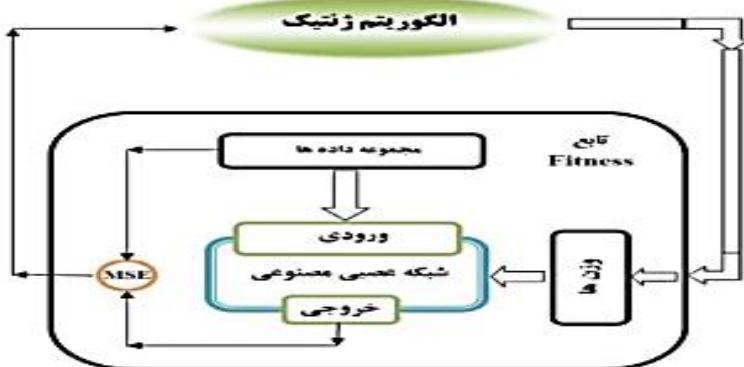
- الگوریتم ژنتیک با رشته‌های بیتی کار می‌کند که هر کدام از این رشته‌ها کل مجموعه متغیرها را نشان می‌دهد حال آنکه بیشتر روش‌ها به طور مستقل با متغیرهای ویژه برخورد می‌کنند.

- الگوریتم ژنتیک برای راهنمایی جهت جستجو انتخاب تصادفی انجام می‌دهد که به این ترتیب به اطلاعات مشتق نیاز ندارد.

- در الگوریتم ژنتیک روش‌های جستجو براساس مکانیزم انتخاب و ژنتیک طبیعی عمل می‌کنند.

- این الگوریتم‌ها مناسب‌ترین رشته‌ها را از میان اطلاعات تصادفی سازماندهی شده انتخاب می‌کنند (حسینعلی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۳).

شکل ۱. فرایند بهینه‌سازی شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از الگوریتم ژنتیک



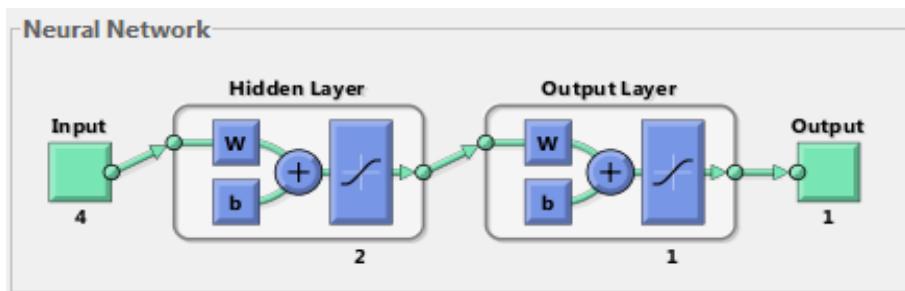
متغیر وابسته پیش‌بینی مصرف و تقاضای گاز در صنعت است. متغیرهای مستقل شامل جمعیت، شاخص بهای تولیدکننده صنعت، تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت ۹۰، میزان کل مصرف گاز در کشور است که از سایتهای بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، مرکز آمار ایران، ترازنامه انرژی برای یک دوره ۱۰ ساله (۱۳۹۰-۱۴۰۰) استخراج شد. همچنین این داده‌های سالانه در نرم‌افزار EVIEWS به صورت ماهانه در نظر گرفته شده است و داده‌های ماهانه در تخمین نهایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

در این بخش به منظور پیش‌بینی رشد شرکت‌ها، ابتدا از شبکه عصبی مصنوعی براساس رویکرد آموزش مبتنی بر الگوریتم لونبرگ - مارکووارت طراحی شده است. برای این منظور تعداد نورون‌ها و لایه‌های پنهان نیز به صورت سعی خطا موردنبررسی قرار گرفته است. به منظور طراحی شبکه عصبی مصنوعی، براساس روش‌های مرسوم، ابتدا داده‌های موجود به دو بخش داده‌های آموزش و تست شبکه عصبی تقسیم شده است. پس از طراحی شبکه‌های عصبی با رویکرد الگوریتم لونبرگ - مارکووارت، آموزش شبکه عصبی مصنوعی براساس روش‌های ژنتیک، رقابت استعماری، ازدحام ذرات انجام شده که نتایج در ادامه به تفکیک نشان داده شده است. توضیح این نکته ضروری است که عوامل مؤثر بر رشد شرکت‌ها که از مراحل قبلی شناسایی شده‌اند به عنوان ورودی‌های هریک از روش‌ها و شاخص بریج به منظور نشان دادن رشد شرکت، به عنوان خروجی هریک از مدل‌ها قرار گرفته‌اند.

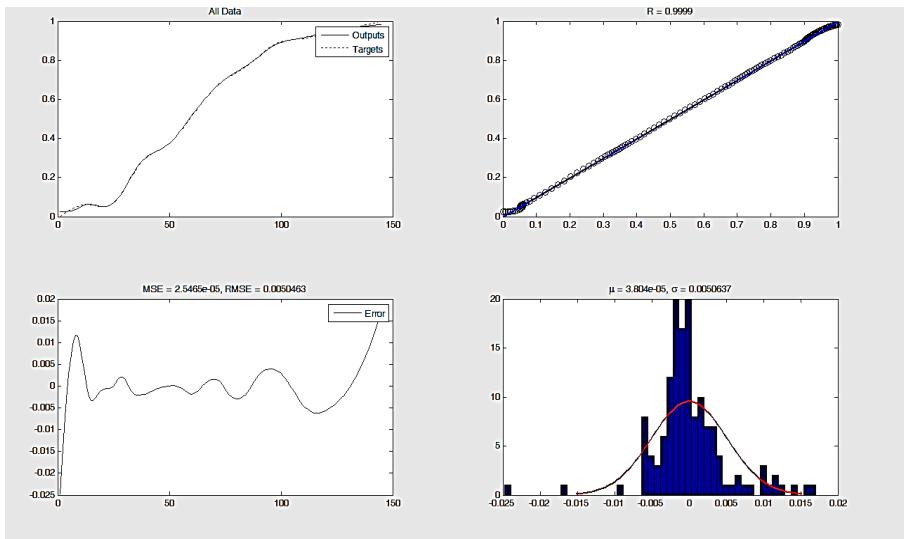
در طراحی شبکه عصبی مصنوعی، ابتدا ساختار شبکه با ۴ متغیر ورودی، ۲ نورون در لایه پنهان و یک متغیر خروجی به صورت شکل ۱ در نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی شده است.

شکل ۲. ساختار شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم لونبرگ - مارکووارت به منظور پیش‌بینی مصرف گاز صنایع کشور

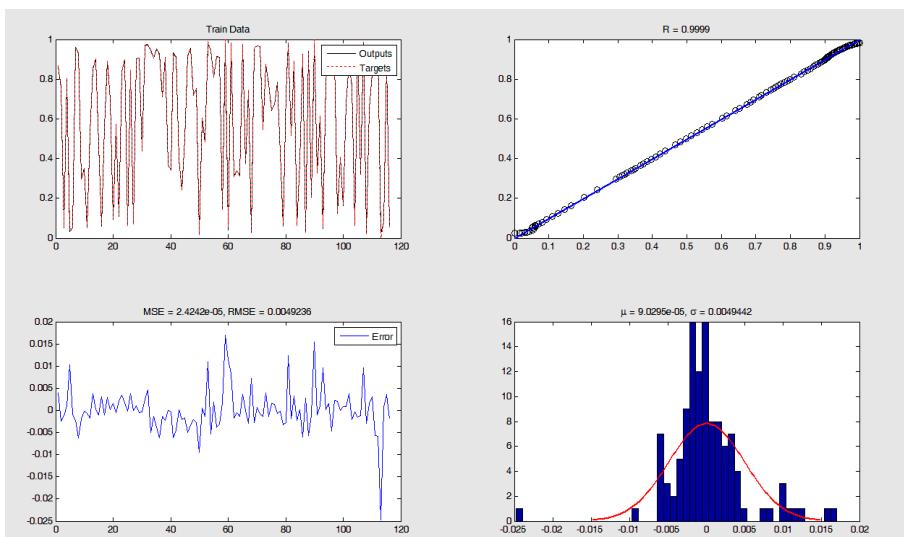


نتایج بهدست آمده برای کل داده‌ها، داده‌های تست و آموزش شبکه عصبی در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است.

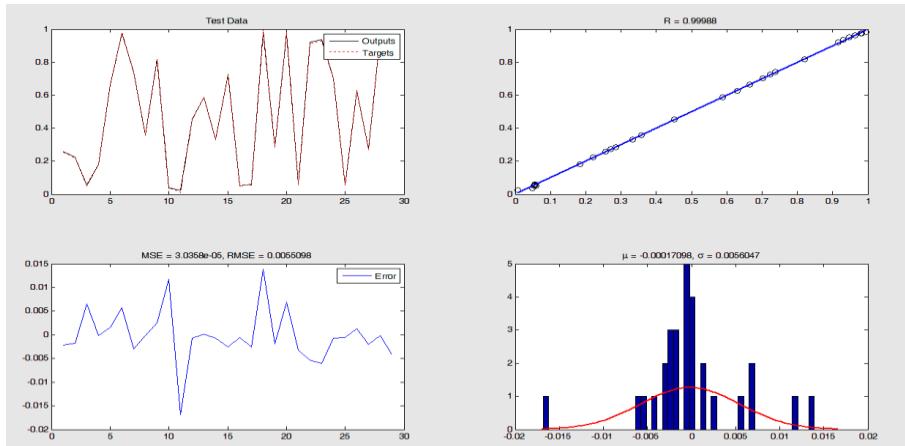
شکل ۳. نتایج بهدست آمده برای کل داده‌های شبکه عصبی پرسپیترون چندلایه با دو نورون



شکل ۴. نتایج بهدست آمده برای داده‌های آموزش شبکه عصبی پرسپیترون چندلایه با دو نورون



شکل ۵. نتایج به دست آمده برای داده‌های تست شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با دو نورون



نتایج شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهد که میانگین مربعات خطای پیش‌بینی مصرف گاز صنایع کشور برای داده‌های تست و آموزش شبکه عصبی مصنوعی $0/00003$ و $0/00002$ محاسبه شده است. همچنین ریشه میانگین مربعات خطای ترتیب برای داده‌های تست و آموزش $0/0055$ و $0/0049$ محاسبه شده است. نتایج به صورت خلاصه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. نتایج خلاصه شده شکل‌های ۳ و ۴

شاخص‌های خطای		نوع داده	مشخصات شکل‌ها	شماره
RMSE	MSE			شکل
$0/0049$	$0/00002$	آموزش	نتایج شبکه عصبی با ۲ نورون	(۴-۳)
$0/0055$	$0/00003$			(۴-۴)

در ادامه به منظور دستیابی به نتایج بهتر و همچنین بهبودهای احتمالی، تعداد نورون‌های لایه پنهان افزایش یافته و با استفاده از شاخص‌های MSE و RMSE بهترین شبکه عصبی مصنوعی انتخاب شده است. نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است. همانطور که نتایج جدول نشان می‌دهد کمترین خطای برای داده‌های تست در شبکه عصبی با ۵ نورون اتفاق افتاده و پس از آن خطای شبکه عصبی با افزایش تعداد نورون، افزایش یافته است؛ بنابراین بهترین ساختار شبکه عصبی، شبکه‌ای با ۵ نورون در لایه پنهان انتخاب می‌شود.

جدول ۲. نتایج شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با نورون‌های مختلف

شاخص‌های خطا		نوع داده	تعداد نورون
RMSE	MSE		
۰/۰۰۴۹	۰/۰۰۰۰۲	آموزش	۲
۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۰۰۳		
۰/۰۰۲۸۱۰۷	۰/۰۰۰۰۷۹۰۰۱	آموزش	۳
۰/۰۰۳۵۷۸۵۵	۰/۰۰۰۱۲۷۸۵		
۰/۰۰۴۳۸۹	۰/۰۰۰۱۹۲۶۷	آموزش	۴
۰/۰۰۳۵۱۱	۰/۰۰۰۱۲۳۲۴		
۰/۰۰۳۷۴۲	۰/۰۰۰۱۴۰۰۴	آموزش	۵
۰/۰۰۰۹۰۸۸۱	۰/۰۰۰۰۸۲۵۹۳		
۰/۰۰۰۴۳۳	۰/۰۰۰۱۸۷۶۸	آموزش	۶
۰/۰۰۰۳۸۵۱۴	۰/۰۰۰۱۴۸۳۸		
۰/۰۰۰۷۸۱۳	۰/۰۰۰۰۶۱۰۴۲	آموزش	۷
۰/۰۰۰۴۹۵۷۴	۰/۰۰۰۰۲۴۵۷۶		
۰/۰۰۲۵۶۶	۰/۰۰۰۰۶۵۸۲۳	آموزش	۸
۰/۰۰۲۱۲۶	۰/۰۰۰۰۴۵۲۱۲		

شبکه عصبی مصنوعی انتخاب شده براساس ۴ متغیر ورودی و یک متغیر خروجی در نرم‌افزار متلب در این بخش با الگوریتم ژنتیک ترکیب شده است. بدین معنی که آموزش شبکه براساس روش ژنتیک انجام گرفته است. گام‌های روش ژنتیک برای ترکیب با شبکه عصبی به صورت زیر بوده است. توضیح این نکته ضروری است که از الگوریتم ژنتیک فقط برای آموزش شبکه عصبی استفاده شده است.

گام اول: ایجاد جمعیت اولیه تصادفی

در این بخش ازتابع توزیع یکنواخت (تولید اعداد تصادفی یکنواخت) برای ایجاد جمعیت اولیه در بازه جواب استفاده شده است.

گام دوم: انتخاب والدین و ترکیب (تقاطع) آن‌ها برای ایجاد جمعیت فرزندان

برای انتخاب والدین از چرخه رولتویل استفاده شده است. همچنین برای تقاطع از کراس اوور محاسباتی استفاده شده است. کراس اوور محاسباتی یک اپراتور تقاطع است که

به صورت خطی دو بردار کروموزومی والدین را ترکیب می‌کند تا دو فرزند جدید مطابق معادلات زیر تولید کند.

$$\text{Offspring1} = a * \text{parent1} + (1-a) * \text{parent2}$$

$$\text{Offspring2} = (1-a) * \text{parent1} + a * \text{parent2}$$

گام سوم: انتخاب اعضای جمعیت برای اعمال جهش و ایجاد جمعیت جهش‌یافتنگان برای جهش از جهش یکنواخت استفاده شده است. جهش یکنواخت یک فرایند دو مرحله‌ای است در مرحله اول الگوریتم کسری از بردار مربوط به یک فرد را برای جهش انتخاب می‌کند. در مرحله دوم الگوریتم هریک از اعضای انتخاب شده را با یک عدد تصادفی که به صورت یکنواخت از محدوده آن اعضا تعیین می‌شود، جایگزین می‌کند. نرخ جهش مشخص کننده مقداری از جمعیت اولیه است که جهش بر روی آن انجام می‌شود.

گام چهارم: ادغام جمعیت اصلی، فرزندان و جهش‌یافتنگان و ایجاد جمعیت اصلی جدید برای ایجاد جمعیت جدید، ابتدا جمعیت اولیه، با جمعیت ترکیب شده (تقاطع) و جمعیت جهش‌یافتنگان با هم تلفیق شده، در مرحله بعدی مرتب شده و درنهایت اعضا ای که جواب مناسبی ندارند، حذف می‌شوند. بر همین اساس می‌توان جمعیت جدید را به دست آورد.

گام پنجم: اگر شرایط خاتمه محقق شود، توقف می‌کنیم
برای شرایط خاتمه از تعداد تکرار استفاده شده است.

در تقسیم‌بندی داده‌ها، طبق روش‌های مرسوم، ۸۰ درصد داده‌ها به آموزش و ۲۰ درصد به تست شبکه اختصاص یافت. برای دستیابی به یک شبکه عصبی مناسب به منظور پیش‌بینی مصرف گاز صنایع کشور، ابتدا پارامترهای اولیه روش ژنتیک برای آموزش تعیین شده که به صورت جدول ۳ است.

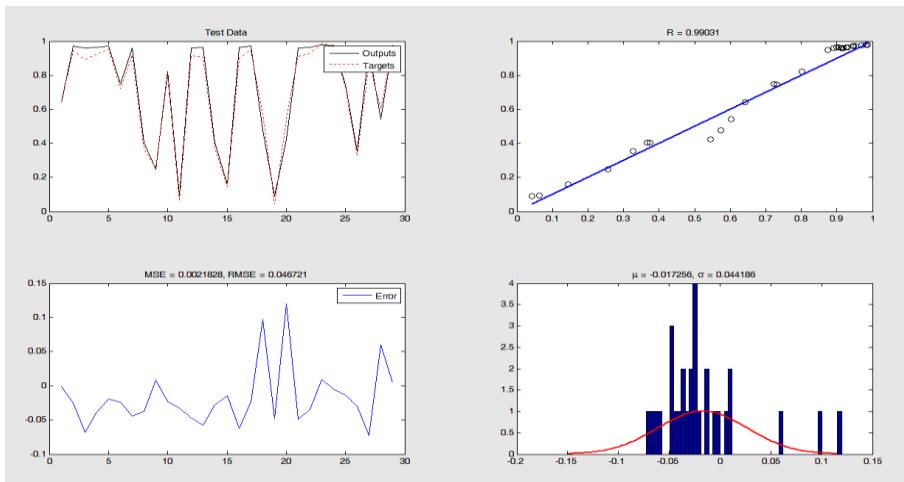
جدول ۳. پارامترهای اولیه روش ژنتیک در شبکه عصبی مصنوعی

۵۰	تعداد تکرار
۱۰	اندازه جمعیت
۰/۳	نرخ جهش
۰/۷	نرخ تقاطع

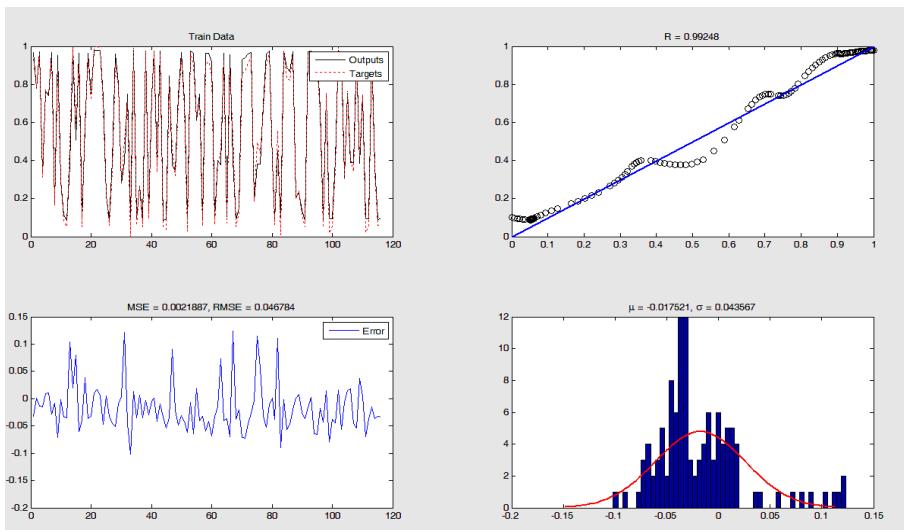
نتایج اجرای شبکه عصبی با الگوریتم ژنتیک به منظور پیش‌بینی مصرف گاز صنایع

کشور نشان می‌دهد که مقدار میانگین مربعات خطأ (MSE) و ریشه میانگین مربعات خطأ (RMSE) برای داده‌های تست برابر 0.014216 و 0.011923 محاسبه شده است. شکل‌های ۶ و ۷ نتایج به دست آمده برای داده‌های تست و آموزش شبکه عصبی مصنوعی را نشان می‌دهد.

شکل ۶. نتایج اولیه اجرای شبکه عصبی مصنوعی ترکیب شده با الگوریتم ژنتیک در داده‌های تست



شکل ۷. نتایج اولیه اجرای شبکه عصبی مصنوعی ترکیب شده با الگوریتم ژنتیک در داده‌های آموزش



به منظور دستیابی به یک مدل ترکیبی مناسب با الگوریتم ژنتیک، تعداد تکرار، اندازه جمعیت، نرخ جهش و نرخ تقاطع با روش آزمون و خطا مورد بررسی قرار گرفته و در هر بار مقدار شاخص‌های خطأ محاسبه شده است. در این پژوهش نیز به منظور بهبود نتایج شبکه عصبی ترکیب شده با ژنتیک برای پیش‌بینی رشد شرکت‌ها، ابتدا نرخ جهش و نرخ تقاطع با روش سعی و خطأ بررسی شده است. سپس تعداد تکرار و اندازه جمعیت بررسی شده است. نتایج مربوط به مقادیر MSE و RMSE براساس نرخ جهش و نرخ تقاطع در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. پارامترهای اولیه روش ژنتیک در شبکه عصبی مصنوعی

RMSE		MSE		نرخ تقاطع	نرخ جهش	مدل
تست	آموزش	تست	آموزش			
۰/۱۱۹۲۳	۰/۰۹۶۷	۰/۰۹۶۷	۰/۰۰۹۳	۰/۷	۰/۳	۱
۰/۰۳۷۳۴۴	۰/۰۳۶۸۹	۰/۰۳۶۸۹	۰/۰۰۱۳۹۶	۰/۶	۰/۴	۲
۰/۰۳۱۲۴	۰/۰۳۱۳۵۵	۰/۰۳۱۳۵۵	۰/۰۰۰۹۸	۰/۶	۰/۵	۳
۰/۰۳۴۰۰۵	۰/۰۲۹۹۰۹	۰/۰۲۹۹۰۹	۰/۰۰۰۸۹	۰/۴	۰/۶	۴
۰/۰۴۲۶۱	۰/۰۴۳۹۳	۰/۰۴۳۹۳	۰/۰۰۱۹۳	۰/۳	۰/۷	۵
۰/۰۴۵۴	۰/۰۳۸۶۹	۰/۰۳۸۶۹	۰/۰۰۱۴۹	۰/۲	۰/۸	۶

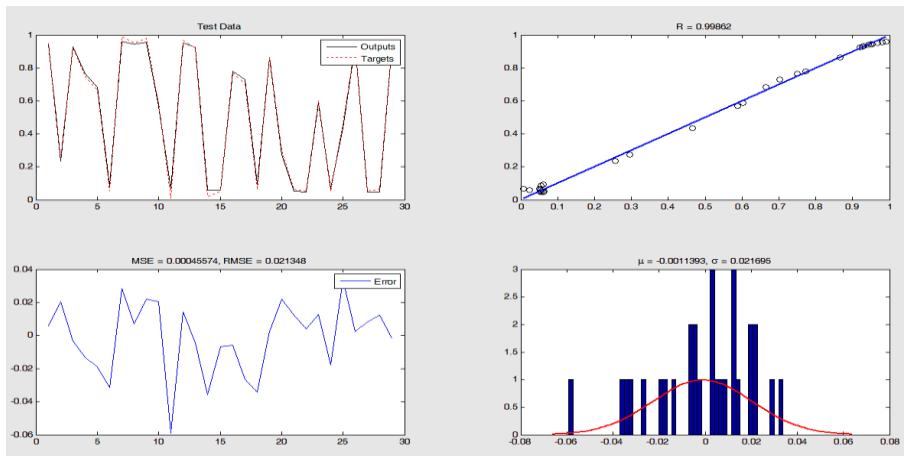
نتایج جدول بالا نشان داد که بهترین عملکرد شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی مصرف گاز صنایع کشور با نرخ جهش ۰/۵ و نرخ تقاطع ۰/۵ است. در مرحله بعد، تعداد تکرار تغییر یافت که نتایج مربوط به عملکرد شبکه عصبی در جدول ۵ نشان داده شده است. پارامترهای اولیه مانند نرخ جهش و نرخ تقاطع براساس نتایج جدول ۴ تنظیم شده است.

جدول ۵. مقادیر MSE و RMSE براساس تعداد تکرار

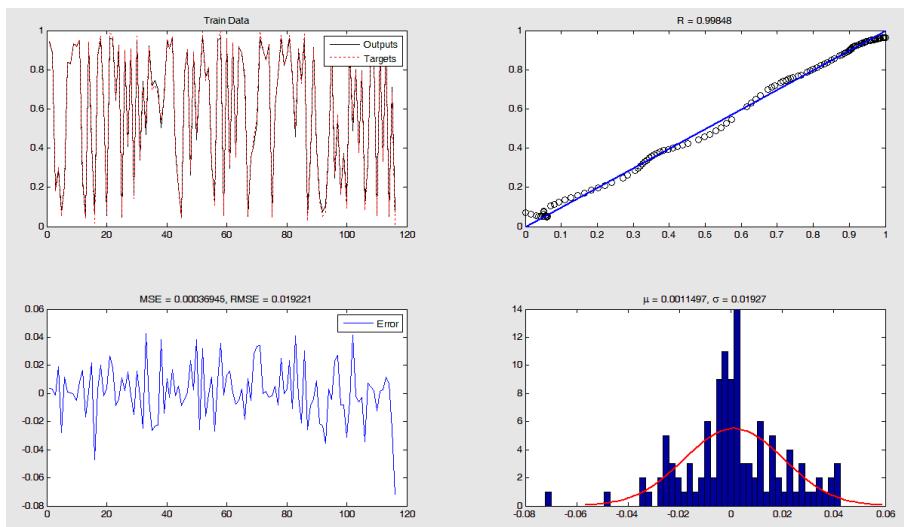
RMSE		MSE		تعداد تکرار	مدل
تست	آموزش	تست	آموزش		
۰/۰۵۸۶۶	۰/۰۴۱۴۳	۰/۰۰۳۴۴	۰/۰۰۱۷۱	۲۰	۱
۰/۰۳۱۲۴	۰/۰۳۱۳۵۵	۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۰۰۹۸	۵۰	۲
۰/۰۲۵۹۸	۰/۰۲۵۳۸	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۰۰۶۴	۱۰۰	۳
۰/۰۲۱۳۴	۰/۰۱۹۲۲	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۳۶	۱۵۰	۴
۰/۰۳۱۰۱	۰/۰۳۰۰۳	۰/۰۰۰۹۶	۰/۰۰۰۹۰	۲۰۰	۵

نتایج جدول ۵ نشان داد که بهترین عملکرد شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی مصرف گاز صنایع کشور در تعداد ۱۵۰ تکرار اتفاق افتاده است. نتایج مربوط به خروجی‌های مدل در شکل‌های ۷ و ۸ برای داده‌های تست و آموزش نشان داده شده است.

شکل ۸. نتایج اجرای شبکه عصبی مصنوعی ترکیب شده با الگوریتم ژنتیک در داده‌های تست برای ۱۵۰ تکرار



شکل ۹. نتایج اجرای شبکه عصبی مصنوعی ترکیب شده با الگوریتم ژنتیک در داده‌های آموزش برای ۱۵۰ تکرار



درنهایت اندازه جمعیت تغییر یافت که نتایج مربوط به عملکرد شبکه عصبی مصنوعی براساس تغییرات اندازه جمعیت الگوریتم ژنتیک در جدول ۶ نشان داده شده است. سایر پارامترها براساس تغییرات انجام یافته، تنظیم شده است.

جدول ۶. مقادیر RMSE و MSE براساس جمعیت اولیه و تکرار ۱۵۰

RMSE		MSE		اندازه جمعیت اولیه	مدل
تست	آموزش	تست	آموزش		
۰/۰۲۴۲	۰/۰۲۳۸	۰/۰۰۰۵۸	۰/۰۰۰۵۶	۱۰	۱
۰/۰۲۰۶	۰/۰۲۰۹	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۴۳	۲۰	۲
۰/۰۲۴۵۳	۰/۰۲۱۸۲	۰/۰۰۰۶۰	۰/۰۰۰۴۷	۵۰	۳
۰/۰۲۰۹	۰/۰۱۸۳۰	۰/۰۰۰۴۳	۰/۰۰۰۳۳۵	۱۰۰	۴
۰/۰۱۷۸	۰/۰۱۶۵	۰/۰۰۰۳۱	۰/۰۰۰۲۷	۱۵۰	۵

نتایج جدول ۶ نشان داد که بهترین عملکرد شبکه عصبی مصنوعی تلفیقی با الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی مصرف گاز صنایع کشور با اندازه جمعیت ۱۵۰ اتفاق افتاده است. بر همین اساس نیز بهترین شبکه عصبی مصنوعی ترکیب شده با الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی میزان مصرف گاز صنایع کشور، شبکه‌ای با نرخ جهش $5/5$ ، نرخ تقاطع $5/0$ ، تعداد تکرار ۱۵۰ و اندازه جمعیت اولیه ۱۵۰ است.

بعد از مشخص شدن بهترین الگو شبکه عصبی مصنوعی ترکیب شده با الگوریتم ژنتیک، در این قسمت به پیش‌بینی مصرف گاز صنایع کشور در سال ۱۴۰۲ به صورت ماهانه پرداخته شده است. همانطور که نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد در فصل بهار ۱۴۰۲

جدول ۷. پیش‌بینی میزان مصرف گاز صنایع کشور به تفکیک ماه در سال ۱۴۰۲

(میلیون بشکه معادل نفت خام)

مقدار پیش‌بینی	ماه	مقدار پیش‌بینی	ماه	مقدار پیش‌بینی	ماه	مقدار پیش‌بینی	ماه
۱۵۴۵/۳	دی	۱۳۷۰/۷	مهر	۱۰۶۸/۲	تیر	۹۶۷/۸۱	فروردین
۱۵۶۴/۳	بهمن	۱۴۵۰/۳	آبان	۱۱۶۲/۵	مرداد	۹۸۰/۵۹	اردیبهشت
۱۵۷۳/۴	اسفند	۱۵۰۸/۹	آذر	۱۲۷۱/۹	شهریور	۱۰۰۹/۳	خرداد
۴۶۸۳	-	۴۳۲۹/۹	-	۳۵۰۲/۶	-	۲۹۵۷/۷	مجموع

در مجموع ۲۹۵۷/۷ میلیون بشکه معادل نفت خام در بخش صنعت، گاز مصرف می‌شود. در فصل تابستان این رقم به ۳۵۰۲/۶ میلیون بشکه معادل نفت خام رسیده است. در فصل پاییز ۴۳۲۹/۹ میلیون بشکه معادل نفت خام و درنهایت در فصل زمستان با رشد ۸/۱۵ درصدی به ۴۶۸۳ میلیون بشکه معادل نفت خام رسیده است.

۶. نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و استفاده از الگوریتم ژنتیک، میزان مصرف گاز صنایع کشور در سال ۱۴۰۲ به صورت ماهانه مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور اطلاعات جمعیت کشور، شاخص بهای تولیدکننده صنعت، تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت ۹۰، میزان کل مصرف گاز در کشور از سایتها بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، مرکز آمار ایران و تراز نامه انرژی اخذ و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت برآورد بهتر و مناسب‌تر الگوهای ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم ژنتیک، داده‌ها در نرم‌افزار EVIEWS به صورت ماهانه تبدیل و این داده‌ها ماهانه در تجزیه و تحلیل نهایی وارد شد.

نتایج مطالعه نشان داد که بهترین شبکه عصبی مصنوعی ترکیب شده با الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی میزان مصرف گاز صنایع کشور، شبکه‌ای با نرخ جهش ۰/۵، نرخ تقاطع ۰/۵، تعداد تکرار ۱۵۰ و اندازه جمعیت اولیه ۱۵۰ است. نتایج ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک نشان داد که در فصل بهار در مجموع ۲۹۵۷/۷ میلیون بشکه معادل نفت خام در بخش صنعت، گاز مصرف می‌شود. در فصل تابستان این رقم به ۳۵۰۲/۶ میلیون بشکه معادل نفت خام رسیده است. در فصل پاییز ۴۳۲۹/۹ میلیون بشکه معادل نفت خام و درنهایت در فصل زمستان با رشد ۸/۱۵ درصدی به ۴۶۸۳ میلیون بشکه معادل نفت خام رسیده است.

بر همین اساس پیشنهاد زیر ارائه می‌شود:

- اصلاح و افزایش تعریف سوخت واحدهای مصرف‌کننده بالاتر از معیار مصرف انرژی برای ترغیب واحدها به صرفه‌جویی در مصرف گاز.
- صرفه‌جویی مصرف انرژی با سرمایه‌گذاری در بهبود بازده انرژی برای تولید محصولات صنعتی.
- جلب همکاری‌های بین‌المللی برای افزایش سرمایه‌گذاری در راستای ارتقای فناوری تولید فولاد در کشور.

منابع

- جلائی پیکانی، اعظم و مصدقی، انسیه. (۱۴۰۰). تأثیر قانون هدفمندسازی یارانه‌ها بر تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی (مطالعه موردی: شهر اصفهان)، دومین کنفرانس مهندسی صنایع، مدیریت، اقتصاد و حسابداری.
- حسینعلی نژاد، مرتضی، هاشمی کوچکسرائی، سید محمد حسن؛ و جعفری، علی. (۱۴۰۳). کاربرد الگوریتم ژنتیک، ازدحام ذرات و شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی دستکاری سود. *فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری*، ۱۳ (۴)، ۶۳۰-۶۱۳.
- دشتستان فاروجی، سحر و دشتستان فاروجی، مجید. (۱۴۰۲). بررسی عوامل مؤثر بر تقاضای گاز طبیعی بخش صنعت، هفدهمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، اقتصاد و توسعه. شکیب، زهرا. (۱۴۰۰). افزایش دقت پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی با استفاده از یک شبکه مؤثر عصبی (مطالعه موردی: شهر لامرد). *پایان‌نامه. مؤسسه آموزش عالی آزادانه*.
- فطرس، محمدحسن، امیدعلی، مصطفی؛ و گلوانی، امیرمحمد. (۱۳۹۶). پیش‌بینی تراز داخلی گاز طبیعی: با استفاده از مدل ترکیبی ARDL و میانگین متحرک خودهمبسته یکپارچه (ARIMA). *اقتصاد انرژی ایران، اقتصاد محیط‌زیست و انرژی*. شماره ۷، صفحه ۹۵-۱۲۴.
- کاظمی، مصطفی. حسینی رباط، سیده منصوره؛ و هوشیار، وجیهه. (۱۳۹۰). جامع بهره‌وری نیروی انسانی، مشهد، نشر مرندیز، چاپ اول.
- ورهارمی، ویدا و یوسفی، یاسمن، (۱۴۰۱)، برآورد تقاضای گاز و بررسی قدرت بازاری پنج کشور عضو مجمع کشورهای صادرکننده گاز طبیعی، *ماهnamه اکتشاف و تولید نفت و گاز*، دوره: ۱۴۰۱، شماره: ۱۹۹.
- Habib, A., Hasan, M. M., & Jiang, H. (2018). Stock price crash risk: Review of the empirical literature. *Accounting & Finance*, 58, 211-251.
- K. S. Yin and S. S. Htay, "Prediction of Natural Gas Final Consumption using Artificial Neural Networks," *2020 International Conference on Advanced Information Technologies (ICAIT)*, Yangon, Myanmar, 2020, pp. 224-229, doi: 10.1109/ICAIT51105.2020.9261813.
- Kumar. P. kumar Dhal, S. Kumar Kamila, N. (2017). Capital OneNeural Network based Forecasting Model for Natural Gas Consumption. *Communications on Applied Electronics* 7(11):1-8.
- L. Wu., K. Zhang T. Zhao. (2021). Forecasting natural gas production and consumption using grey model with latent information function: The cases of China and USA. *Transactions on Industrial Engineering (E)*. January

- and February. Pages 386-394.
- Pradhan, P. K., Dhal, S., & Kamila, N. K. (2017). Time series least square forecasting analysis and evaluation for natural gas consumption. *Int. J. Recent Innov. Trends Comput. Commun.*, 5 (11), 91-99. Review of Financial Analysis, 52, 62-76.
- Bp (British Petroleum) Energy Outlook: 2023. 66 pp.

Designing an innovative model for predicting natural gas consumption in Iranian industries

Bakhtiar Razani¹ - Roya Seifipour²
Ebrahim Abbasi³ - Bijan Baseri⁴

Abstract

In order to control the supply and demand of energy and the correct planning in directing the consumption, the monthly gas consumption of the country's industries was investigated with artificial neural network and genetic algorithm in this research for 1402. The country's population information, industrial producer price index, gross domestic product at a fixed price of 90 and gas consumption of the country's industries were investigated as influential variables. The results showed that the best artificial neural network combined with the genetic algorithm is a network with a mutation rate of 0.5, an intersection rate of 0.5, the number of repetitions of 150, and the initial population size of 150. The combination of artificial neural network and genetic algorithm showed that in the spring season there was a total of 2957.7 million barrels of crude oil equivalent, in the summer this figure increased to 3502.6, in the autumn to 4329.9 and in the winter with a growth of 8.15 percent. It will reach 4683 million barrels of crude oil equivalent.

Keywords

Prediction, Gas consumption, Artificial neural network, Genetic algorithm.

1. PhD student in Oil and Gas Economics, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran.
br_razani@yahoo.com

2. Assistant Professor, Department of Economics, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Economics, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran.

4. Assistant Professor, Department of Economics, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran. B.baseri@iauctb.ac.ir