مقاله علمی ـ پژوهشی

تاریخ دریافت ۱۴۰۲/۱۲/۰۶ **تاریخ پذیرش ۱۴۰۳ /۰۲/۱۶**

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

بختیار رازانی[۱] ـ رویا سیفی‌پور[۲] ـ ابراهیم عباسی[۳] ـ بیژن باصری[۴]

چکیده

به‌منظور کنترل عرضه و تقاضای انرژی و برنامه‌ریزی صحیح در هدایت مصرف، میزان مصرف گاز ماهانه صنایع کشور با شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک در این پژوهش برای سال ۱٤۰۲ موردبررسی قرار گرفت. اطلاعات جمعیت کشور، شاخص بهای تولیدکننده صنعت، تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت ۹۰ و مصرف گاز صنایع کشور به‌عنوان متغیرهای تأثیرگذار بررسی شدند. نتایج نشان داد بهترین شبکه عصبی مصنوعی ترکیب شده با الگوریتم ژنتیک، 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 ژنتیک نشان داد که در فصل بهار درمجموع ۲۹۵۷/۷ میلیون بشکه معادل نفت خام، در تابستان این رقم به ۳۵۰۲/٦، در پاییز ٤۳۲۹/۹ و در زمستان با رشد ۸/۱۵ درصدی به ٤٦۸۳ میلیون بشکه معادل نفت خام خواهد رسید.

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

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. (نویسنده 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

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

مقدمه

ایران با داشتن حدود ۳۲/۱ تریلیون مترمکعب ذخایر اثبات شده (برابر ۱۷ درصد کل ذخایر گاز دنیا) به‌عنوان 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 بازار جهانی در سال‌های اخیر و نقش مؤثر گاز به‌عنوان سوخت پاک در توسعه فعالیت‌های اقتصادی و افزایش رفاه اجتماعی کشور، اهمیت روزافزون این منبع انرژی را به‌عنوان 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 درحال‌توسعه 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 به‌عنوان منبع اصلی تأمین‌کننده‌ی انرژی در جهان به شمار می‌روند.

پیش‌بینی تقاضا از موضوعاتی است که در حوزه‌ی مدیریت منابع همواره با چالش‌های فراوانی روبرو 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 عمده‌ی فعالیت‌های اقتصادی کشورها تحت‌تأثیر 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

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

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 بریتیش پترولیوم، روسیه با ۳۷/۴ تریلیون مترمکعب ذخایر گاز طبیعی حدود ۱۹/۸ درصد از ذخایر گاز طبیعی جهان را در اختیار دارد و جایگاه نخست کشورهای ذخایر گازی جهان را دارا است. ایران پس از روسیه با حدود ۱۷/۰۶ درصد از ذخایر گاز طبیعی جهان جایگاه دوم در جهان را دارد.

در پایان سال ۲۰۲۰، میزان ذخایر تثبیت شده گاز طبیعی جهان بالغ بر ۱۸۸/۱ تریلیون مترمکعب بود که نسبت به سال قبل از آن ۱۹۰/۳ میلیارد مترمکعب (۱/۲- درصد) کاهش داشته است. در میان مناطق مختلف جهان، منطقه خاورمیانه با دارا بودن ۷۵/۸ تریلیون مترمکعب ذخایر گاز طبیعی جهان معادل ۴۰ درصد از کل ذخایر تثبیت 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 ۳۰، ۸/۰۵، ۶/۸۵، ۴/۱۹ و ۱/۶۸ درصد، به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. ذخایر گاز جهان عمدتاً در منطقه خاورمیانه قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به ایران، قطر، عربستان‌سعودی و امارات‌متحده عربی اشاره کرد که درمجموع ۳۶/۵۴ درصد از کل ذخایر جهان را به خود اختصاص داده‌اند. در سال ۲۰۲۰، ۵۷/۲۹ درصد از ذخایر گاز طبیعی جهان به چهار کشور روسیه، ایران، قطر و ترکمنستان اختصاص داشته است. ذخایر گاز طبیعی روسیه به ۳۷/۴ تریلیون مترمکعب رسید و سهم ذخایر آن از ذخایر جهان ۱۹/۸۸ درصد شد. در سال موردبررسی جایگاه ایران پس از روسیه در رتبه دوم کشورهای دارنده ذخایر گازی جهان است با بیش از ۳۲ تریلیون مترمکعب ذخایر گازی، سهمی معادل ۱۷/۰۶ درصد از ذخایر گازی جهان را در سال ۲۰۲۰ داشته است. قطر با ۲۴/۷ تریلیون مترمکعب معادل ۱۳/۱۱ درصد در جایگاه سوم جهان قرار گرفته است. در همین سال، ترکمنستان، ایالات‌متحده آمریکا، چین و ونزوئلا به‌ترتیب با ۱۳/۶، ۱۲/۶، ۸/۴ و ۶/۳ تریلیون مترمکعب در جایگاه چهارم تا هفتم جهان قرار دارند (بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۳).

براساس آخرین آمار منتشر شده توسط مرکز آمار ایران و وزارت نیرو، در سال ۱۳۹۹ مصرف کل گاز طبیعی کشور برابر ۱۵۱۷۲۹/۴ میلیون مترمکعب بوده است که نسبت به سال قبل ۷/۳۳ درصد رشد داشته است. در سال ۱۳۹۹، بزرگترین

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

مصرف‌کنندگان نهایی گاز طبیعی در کشور به‌ترتیب با ۴۵/۷۸ و ۳۴/۳۹ درصد، بخش‌های خانگی و صنعت (شامل واحدهای پتروشیمی) هستند. در این سال بیشترین افزایش حجم مصرف گاز طبیعی نسبت به سال قبل به بخش‌های صنعت و خانگی به‌ترتیب با ۴۲۲۲/۹ و ۳۵۷۷/۹ میلیون مترمکعب اختصاص داشته است. مصرف گاز طبیعی در بخش کشاورزی با رشد قابل‌ملاحظه 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 به‌عنوان جایگزین و سوخت غالب، کاهش سایر سوخت‌ها را جبران نموده است. این در حالی است که مصرف گاز طبیعی در بخش حمل‌ونقل با رشد ۷/۱۱ درصدی نسبت به سال قبل (۱۳۹۸) به ۸۱۱۴/۷ میلیون مترمکعب رسیده است. میزان مصرف گاز طبیعی در مصارف غیرانرژی نیز با رشد قابل‌توجه ۱۲/۰۵ 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 نحوه‌ی اثرگذاری متغیرها بر مصرف و درنهایت پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی ازجمله مهمترین گام‌هایی است که می‌تواند صورت پذیرد.

پیشینه پژوهش

دشتبان (۱۴۰۲)، با استفاده از الگوی خود توضیح‌دهنده با وقفه‌های 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 به‌ترتیب 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 جهت 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

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

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 موردی (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 موردبررسی قرار دادند. در این مطالعه با استفاده از روش هم‌جمعی جوهانسون ـ 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. کشش قیمتی تقاضای گاز طبیعی در کوتاه‌مدت بسیار کوچک و بی‌معناست؛ ۳. برق و گاز در بلندمدت جانشین یکدیگرند؛ 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[1] (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 ایالات‌متحده پرداختند. نتایج نشان داد که در میان مدل‌های مختلف پیش‌بینی، مدل خاکستری از پتانسیل تبدیل شدن برخوردار است، علاوه‌براین نشان دادند که چین به ناچار با گسترش واردات گاز طبیعی مواجه خواهد شد. پرادهان و همکاران[2] (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[3] (۲۰۱۷)، با استفاده از روش ترکیبی و به‌کارگیری دو الگوریتم کلونی مورچه‌ها و الگوریتم انبوه ذرات (PSO) به پیش‌بینی تقاضای سالانه‌ی انرژی در کشور ترکیه پرداخته‌اند. پارامترهای مورداستفاده 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.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

روش تحقیق

در این قسمت، در ابتدا شبکه عصبی مصنوعی معرفی می‌شود و در انتها، الگوریتم ژنتیک موردبررسی 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[1]، ۲۰۱۸).

- 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 به‌کار می‌رود.

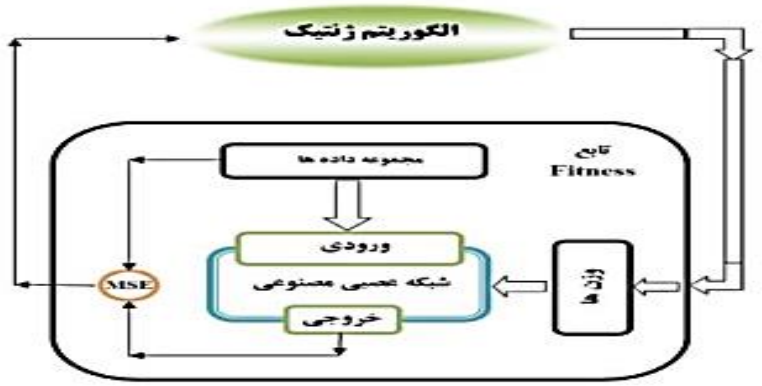
- الگوریتم ژنتیک با رشته‌های بیتی کار می‌کند که هرکدام از این رشته‌ها کل مجموعه متغیرها را نشان می‌دهد حال آنکه بیشتر روش‌ها به‌طور مستقل با متغیرهای ویژه برخورد می‌کنند.

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

- در الگوریتم ژنتیک روش‌های جست‌وجو 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



1. Habib et al.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

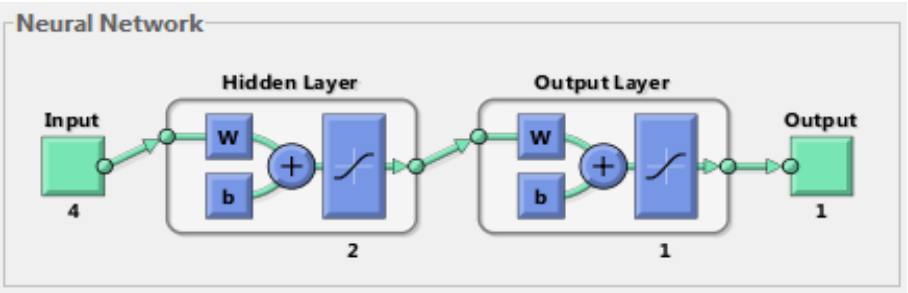
متغیر وابسته پیش‌بینی مصرف و تقاضای گاز در صنعت است. متغیرهای مستقل شامل جمعیت، شاخص بهای تولیدکننده صنعت، تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت ۹۰، میزان کل مصرف گاز در کشور است که از سایت‌های بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، مرکز آمار ایران، ترازنامه انرژی برای یک دوره ۱۰ ساله (۱۳۹۰-۱۴۰۰) استخراج شد. همچنین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

نتایج و بحث

در این بخش به‌منظور پیش‌بینی رشد شرکت‌ها، ابتدا از شبکه عصبی مصنوعی براساس رویکرد آموزش مبتنی بر الگوریتم لونبرگ ـ مارکووارت طراحی شده است. برای این منظور تعداد نورون‌ها و لایه‌های پنهان نیز به‌صورت سعی خطا موردبررسی قرار گرفته است. به‌منظور 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 ـ 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 به‌عنوان ورودی‌های هریک از روش‌ها و شاخص بریچ به‌منظور نشان دادن رشد شرکت، به‌عنوان 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 به‌صورت شکل ۱ در نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی شده است.

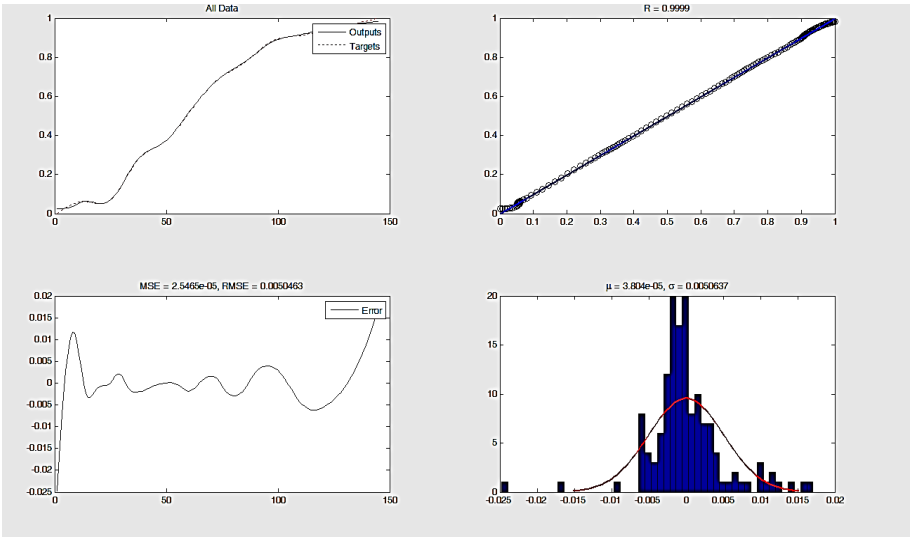
شکل ۲. ساختار شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم لونبرگ ـ مارکووارت به‌منظور پیش‌بینی مصرف گاز صنایع کشور



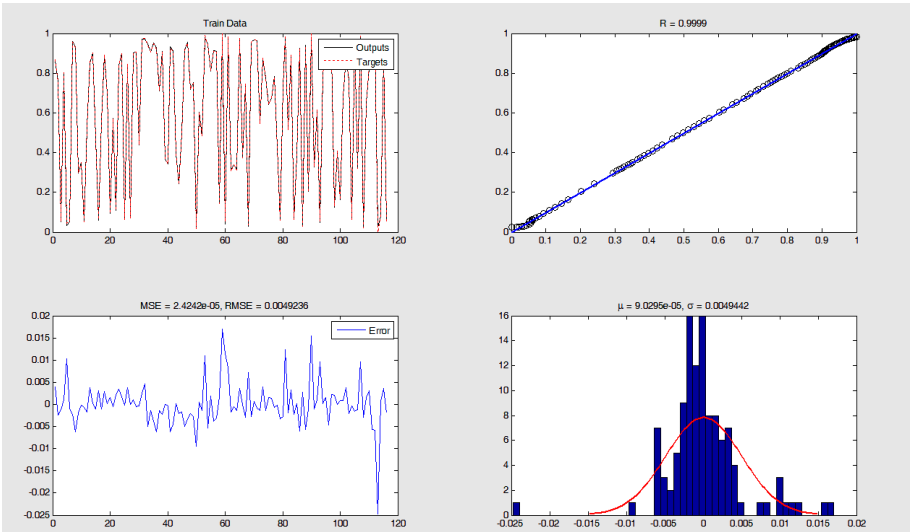
[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

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 پرسپترون چندلایه با دو نورون

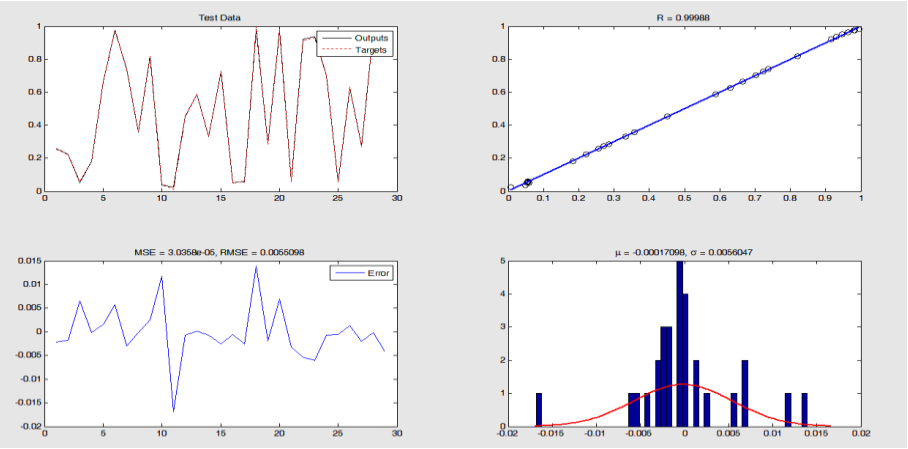


شکل ۴. نتایج به‌دست آمده برای داده‌های آموزش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با دو نورون



[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

شکل ۵. نتایج به‌دست 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 ۰/۰۰۰۰۳ و ۰/۰۰۰۰۲ محاسبه شده است. همچنین ریشه میانگین مربعات خطا به‌ترتیب برای داده‌های تست و آموزش ۰/۰۰۵۵ و ۰/۰۰۴۹ محاسبه شده است. نتایج به‌صورت خلاصه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. نتایج خلاصه شده شکل‌های ۳ و ۴

شماره شکل	مشخصات شکل‌ها	نوع داده	شاخص‌های خطا	
			MSE	RMSE
(۳-۴)	نتایج شبکه عصبی با ۲ نورون	آموزش	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۴۹
(۴-۴)		تست	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۵۵

در ادامه به‌منظور 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 خطا 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.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

جدول ۲. نتایج شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با نورون‌های مختلف

تعداد نورون	نوع داده	شاخص‌های خطا	
		MSE	RMSE
۲	آموزش	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۴۹
	تست	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۵۵
۳	آموزش	۰/۰۰۰۰۰۷۹۰۰۱	۰/۰۰۲۸۱۰۷
	تست	۰/۰۰۰۰۱۲۷۸۵	۰/۰۰۳۵۷۵۵
۴	آموزش	۰/۰۰۰۰۱۹۲۶۷	۰/۰۰۴۳۸۹
	تست	۰/۰۰۰۱۲۳۲۴	۰/۰۰۳۵۱۱
۵	آموزش	۰/۰۰۰۰۰۰۱۴۰۰۴	۰/۰۰۳۷۴۲
	تست	۰/۰۰۰۰۰۰۰۸۲۵۹۳	۰/۰۰۰۰۹۰۸۸۱
۶	آموزش	۰/۰۰۰۰۰۰۱۸۷۶۸	۰/۰۰۰۴۳۳
	تست	۰/۰۰۰۰۰۰۱۴۸۳۸	۰/۰۰۰۳۸۵۱۴
۷	آموزش	۰/۰۰۰۰۰۰۶۱۰۴۲	۰/۰۰۰۷۸۱۳
	تست	۰/۰۰۰۰۰۰۲۴۵۷۶	۰/۰۰۰۴۹۵۷۴
۸	آموزش	۰/۰۰۰۰۰۶۵۸۲۳	۰/۰۰۲۵۶۶
	تست	۰/۰۰۰۰۰۴۵۲۱۲	۰/۰۰۲۱۲۶

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. بدین‌معنی که آموزش شبکه براساس روش ژنتیک انجام گرفته است. گام‌های روش ژنتیک برای ترکیب با شبکه عصبی به‌صورت 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 از تابع 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 کراس‌اوور محاسباتی استفاده شده است. کراس‌اوور محاسباتی یک اپراتور تقاطع است که

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

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

Offspring1=a*parent1+ (1-a)*parent2

Offspring2=(1-a)*parent1+ a*parent2

گام سوم: انتخاب اعضای جمعیت برای اعمال جهش و ایجاد جمعیت جهش‌یافتگان

برای جهش از جهش یکنواخت استفاده شده است. جهش یکنواخت یک فرایند دومرحله‌ای 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 به‌صورت یکنواخت از محدوده آن اعضا تعیین می‌شود، جایگزین می‌کند. نرخ جهش مشخص‌کننده مقداری از جمعیت اولیه است که جهش بر روی آن انجام می‌شود.

گام چهارم: ادغام جمعیت اصلی، فرزندان و جهش‌یافتگان و ایجاد جمعیت اصلی جدید

برای ایجاد جمعیت جدید، ابتدا جمعیت اولیه، با جمعیت ترکیب شده (تقاطع) و جمعیت جهش‌یافتگان با هم تلفیق شده، در مرحله بعدی مرتب شده و درنهایت اعضایی که جواب مناسبی ندارند، حذف می‌شوند. بر همین اساس می‌توان جمعیت جدید را به‌دست 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 به‌منظور پیش‌بینی مصرف گاز صنایع کشور، ابتدا پارامترهای اولیه روش ژنتیک برای آموزش تعیین شده که به‌صورت جدول ۳ است.

جدول ۳. پارامترهای اولیه روش ژنتیک در شبکه عصبی مصنوعی

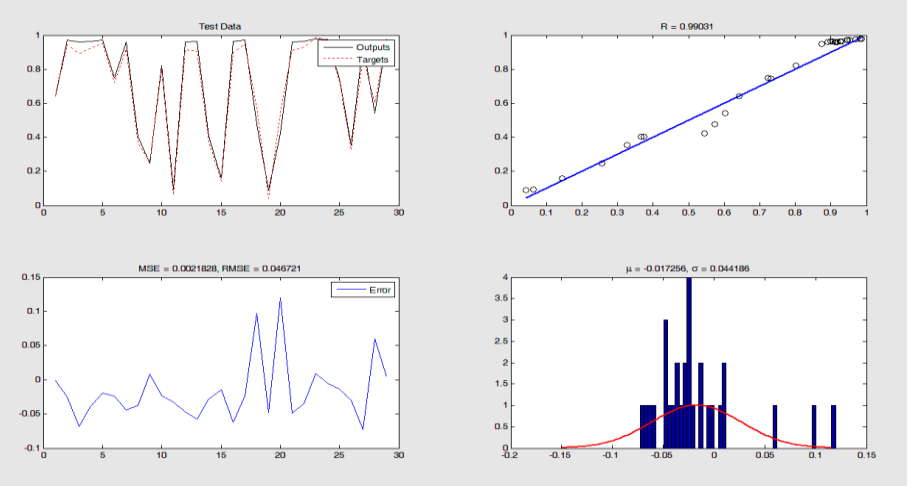
تعداد تکرار	۵۰
اندازه جمعیت	۱۰
نرخ جهش	۰/۳
نرخ تقاطع	۰/۷

نتایج اجرای شبکه عصبی با الگوریتم ژنتیک به‌منظور پیش‌بینی مصرف گاز صنایع

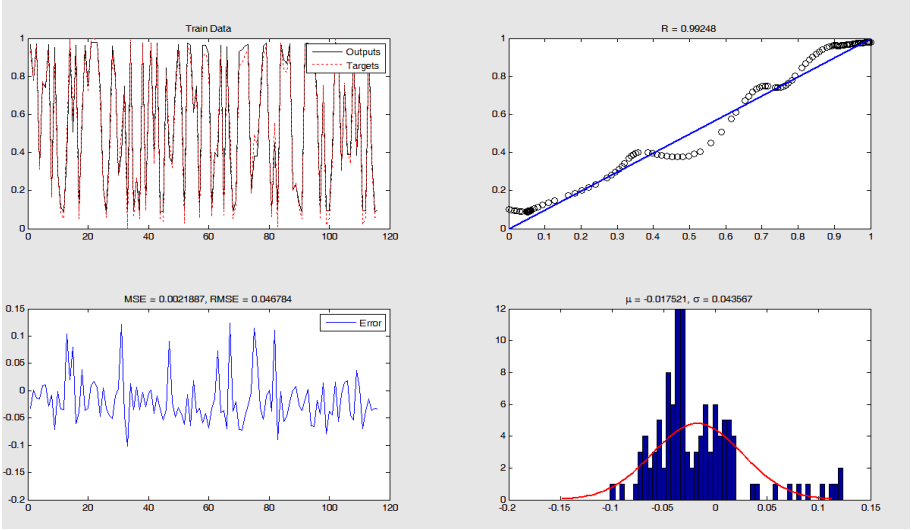
[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

کشور نشان می‌دهد که مقدار میانگین مربعات خطا (MSE) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) برای داده‌های تست برابر ۰/۰۱۴۲۱۶ و ۰/۱۱۹۲۳ محاسبه شده است. شکل‌های ۶ و ۷ نتایج به‌دست 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



[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

به‌منظور دستیابی به یک مدل ترکیبی مناسب با الگوریتم ژنتیک، تعداد تکرار، اندازه جمعیت، نرخ جهش و نرخ تقاطع با روش آزمون و خطا موردبررسی قرار گرفته و در هربار مقدار شاخص‌های خطا محاسبه شده است. در این پژوهش نیز به‌منظور بهبود نتایج شبکه عصبی ترکیب شده با ژنتیک برای پیش‌بینی رشد شرکت‌ها، ابتدا نرخ جهش و نرخ تقاطع با روش سعی و خطا 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

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

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.

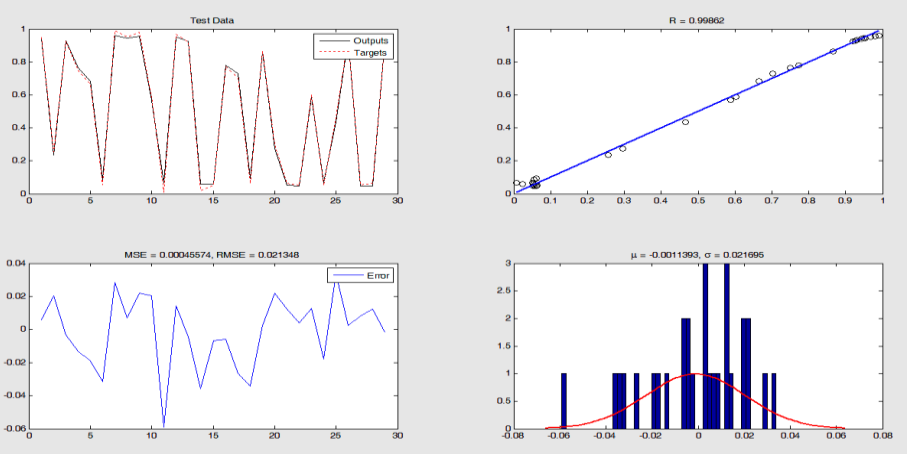
جدول ۵. مقادیر MSE و RMSE براساس تعداد تکرار

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

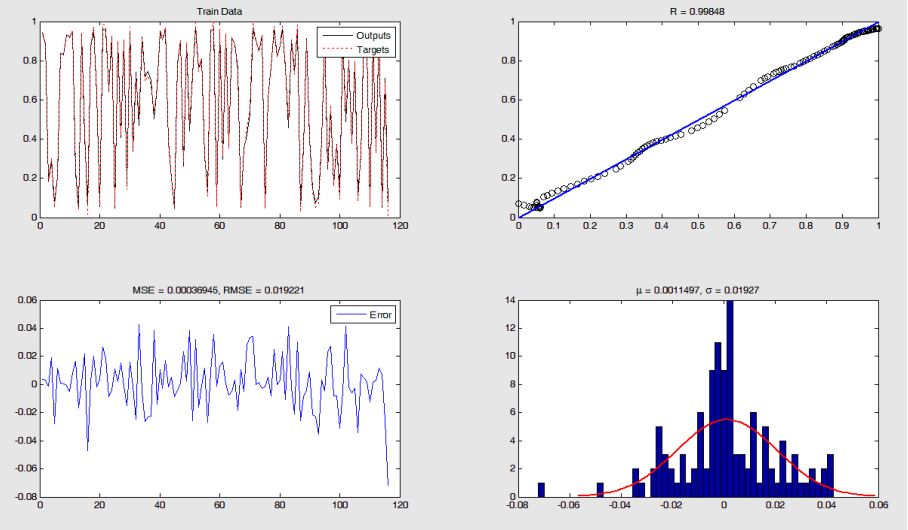
[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

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



[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

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 MSE و RMSE براساس جمعیت اولیه و تکرار ۱۵۰

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

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 ۰/۵، نرخ تقاطع ۰/۵، 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 به‌صورت 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)

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

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

درمجموع 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 به‌صورت ماهانه موردبررسی 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 سایت‌های بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، مرکز آمار ایران و ترازنامه 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 به‌صورت ماهانه تبدیل و این داده‌های 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 درمجموع 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 تعرفه 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.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

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.

حسینعلی‌نژاد، 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)، ۶۱۳-۶۳۰.

دشتبان فاروجی، سحر و دشتبان 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 آپادانا.

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.

ورهرامی، ویدا و یوسفی، یاسمن، (۱۴۰۱)، برآورد تقاضای گاز و بررسی قدرت بازاری پنج کشور عضو مجمع کشورهای صادرکننده‌ی گاز طبیعی، *ماهنامه 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

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

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.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]

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

Bakhtiar Razani[1] - Roya Seifipour[2]
Ebrahim Abbasi[3] - Bijan Baseri[4]

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

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-07-10]