ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

فصلنامه علمی پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع (سال سوم)
شماره ۱۱ / پاییز ۱۳۹۶ / ص ۲۶- ۱۶

مقایسه عملکرد پنج الگوریتم فرا ابتکاری در آموزش شبکه‌های عصبی با مطالعه موردی پیش‌بینی مصرف سالیانه گاز شهر خرم آباد

محسن اصل مرز [۱]، محمد علی کرامتی [۲]، محمد احسانی فر [۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

[۲] دکترای مدیریت صنعتی استادیار - عضو هیات علمی دانشگاه آزاد تهران مرکز

[۳] دکترای تحقیق در عملیات - استادیار دانشگاه ازاد اراک و عضو هیات علمی

نام نویسنده مسئول:

محسن اصل مرز

چکیده

پیش بینی مصرف گاز طبیعی، برای سیاست گزاران و برنامه ریزان اهمیت به سزایی دارد. پیش بینی کمتر از واقعیت باعث رو به روشدن با قطعی گاز و پیش بینی بیشتر از حد باعث داشتن مازاد عرضه و افزایش هزینه های ذخیره سازی می گردد. برای تعیین متغیرهای ورودی سیستم که در واقع همان متغیرهای مؤثر برای تصمیم‌گیری در خصوص پیش بینی گاز مصرفی می‌باشد، از ۴ متغیر ورودی استفاده شد. سپس معماری شبکه عصبی و اجزای مختلف برای پیاده سازی الگوریتم های فراابتکاری مورد استفاده طراحی گردید. پس از طراحی سیستم، با استفاده از نرم‌افزار متلب و برنامه‌نویسی در آن سیستم مورد نظر پیاده سازی شد و نتایج حاصل از سیستم مورد تحلیل قرار گرفت. نشان داد شده که استفاده از روش شبکه عصبی با آموزش الگوریتم های فراابتکاری بدلیل افزایش توان آن در اموزش شبکه و کاهش خطای ناشی از تصمیم گیری نتایج بهتری را از حالت شبکه عصبی کلاسیک به همراه دارد. به دلیل این که روش پیشنهادی، با آموزش این الگوریتم با الگوریتم های قوی و سریع فراابتکاری پاسخ بهتری بدست آمده است.

واژگان کلیدی: تقاضای گاز، الگوریتم های فراابتکاری، شبکه عصبی.

پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۱ ، پاییز ۱۳۹۶، ص ۲۶ – ۱۶

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

مقدمه

پیش‌بینی تقاضای هر محصولی برای سازمان مربوطه مهم است چرا که بر اساس تقاضا سازمان مربوطه اقدام به برنامه‌ریزی می‌نماید. در دنیای امروز انرژی ، جایگاه ویژه‌ای پیدا نموده و آگاهی از میزان تقاضا برای انرژی در آینده می‌تواند کمک شایانی به مدیران این حوزه بنماید. با توجه به رشد روزافزون مصرف گاز در کشور و اهمیت برنامه‌ریزی مدیران صنعت گاز برای آینده تولید و عرضه، آگاهی از میزان مصرف گاز در سال‌های آتی می‌تواند کمک خوبی در برنامه‌ریزی برای تأمین گاز باشد.

عوامل متعددی در مصرف گاز در بخش‌های مختلف تأثیرگذار می‌باشند. بنابراین لازم است تقاضای گاز طبیعی در بخش‌های مختلف به تفکیک صورت پذیرد. بیشترین سهم مصرف گاز در بخش خانگی می‌باشد و پژوهش حاضر سعی دارد مدلی جهت پیش‌بینی میزان تقاضا در این بخش را طی سال‌های آتی ارائه نماید.

شبکه عصبی یک مدل مبتنی بر داده با قابلیت الگوبرداری غیرخطی و عاری از بسیاری از محدودیت‌ها می‌باشد و به همین دلیل در پیش‌بینی به طور فزاینده‌ای از آن استفاده می‌شود. شبکه عصبی مصنوعی شامل تعداد زیادی نرون‌های ساده مصنوعی مرتبط با یکدیگر است، یک سیستم پیچیده که می‌تواند شبیه اعضای مغز انسان باشد. شبکه عصبی مصنوعی روی یک مدل ورودی/ خروجی سیستم غیرخطی بر اساس اندازه بزرگی از سیگنال‌های ورودی / خروجی ایجاد می‌گردد. شبکه عصبی مصنوعی قابلیت یادگیری از محیط (هم ورودی و هم خروجی) و خود سازمان‌دهی ساختار دارد که برای پیش‌بینی مفید می‌باشد.

هنگامی که از یک شبکه عصبی برای پیش‌بینی استفاده می‌کنیم، یکی از چالش‌ها، آموزش شبکه عصبی است. دیدگاه آموزش برای حل مسائل و شناسایی الگوهای پیچیده، برای محققان دانشگاهی بسیار پیچیده و چالش برانگیز شده است. فرایند آموزش شبکه‌های عصبی، یک کار بهینه‌سازی با هدف یافتن مجموعه وزن‌ها، جهت حداقل کردن اندازه خطا می‌باشد. هنگامی که فضای جستجو دارای ابعاد بالا می‌باشد، معمولاً با داده‌های گیج کننده و نویزها آلوده می‌شود. اینجاست که مسئله آموزش شبکه عصبی نیاز به تکنیک‌های پرقدرت بهینه‌سازی دارد. بیشترین الگوریتم‌هایی که برای آموزش شبکه‌های عصبی به کار می‌روند الگوریتم‌های بر مبنای گرادیان می‌باشند، که دارای معایبی هستند. الگوریتم‌های بر مبنای گرادیان، مستعد همگرا شدن در بهینه‌های محلی هستند. در مقابل الگوریتم‌های فرا ابتکاری به خاطر نمونه‌گیری همزمان از چند ناحیه جستجو، شانس بیشتری در اجتناب کردن از بهینه‌های محلی دارند.

در این پژوهش سعی می‌شود با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های فرا ابتکاری الگوی مصرف گاز را از داده‌های موجود استخراج نموده و تقاضا برای گاز در سال‌های آتی را پیش‌بینی کرد. در این میان از پنج الگوریتم ژنتیک، ازدحام ذرات، کلونی مورچگان، رقابت استعماری و جستجوی هارمونی برای تعیین مقادیر وزن‌ها و بایاس‌ها استفاده می‌شود و نهایتاً الگوریتمی که دارای کمترین میزان خطا باشد به عنوان کاراترین الگوریتم انتخاب خواهد شد.

عوامل مؤثر بر تقاضا در این بخش به دو دسته قابل مشاهده و اندازه‌گیری (مانند دمای هوا، تعداد مشترکین و قیمت گاز) و غیرقابل مشاهده (مانند فرهنگ مصرف، نوع وسایل گازسوز) تقسیم می‌شوند. در پژوهش حاضر از عوامل تأثیرگذار قابل مشاهده به عنوان متغیرهای مؤثر در بخش خانگی برای مشخص نمودن متغیر هدف که مصرف سالیانه گاز است استفاده می‌شود.

برای این منظور شهر خرم‌آباد مرکز استان لرستان برای مدل‌سازی به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده و از داده‌های مربوط به این شهر استفاده می‌شود.

۱- پیشینه تحقیق

آقاخانی و کریمی [۱] در مقاله خود به موضوع «ارائه روشی نوین جهت پیش بینی سری های زمانی با استفاده از شبکه عصبیپرسپترون چندلایه و الگوریتم فرا ابتکاری جستجوی هارمونی» می پردازند. وی در این مقاله معتقد است که در سال های اخیر با پیشرفت هایی که در زمینه رایانه، هوش مصنوعی و هم چنین کشف روابط آشوبی در سری های زمانی غیر خطی پدید آمد ، تکنیک های هوش مصنوعی شامل شبکه های عصبی و بهره گیری از الگوریتم های بهینه سازی و فراابتکاری نتایج موفقیت آمیزی در این زمینه به دست آورده است. همانطور که تحقیقات متعدد در زمینه شبکه عصبی انجام شده، آموزش شبکه عصبی با استفاده از الگوریتم های مبتنی بر گرادیان با موفقیت خوبی انجام میشود ولی دلیل استفاده از الگوریتم های بهینه سازی تکاملی، بخشی از تعیین ساختار شبکه عصبی است که الگوریتم های مبتنی بر گرادیان نمی توانند مورد استفاده قرار بگیرند و همچنین آموزش شبکه عصبی با استفاده از الگوریتم های بهینه سازی دقت پیش بینی را افزایش میدهد، از این رو محققان در این تحقیق جهت پیش بینی سری های زمانی، با ارائه تکنیکی نوین، بجای استفاده از روش های رایج مبتنی بر گرادیان از الگوریتم فرا ابتکاری جستجوی هارمونی برای تعیین وزن های شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، که همان فاز آموزش است استفاده می کنند. سری زمانی مورد استفاده قیمت روزانه طلا در بازار جهانی از سال ۲۰۰۲ الی ۲۰۱۲ همچنین نتایج بدست آمده، با

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

آموزش شبکه عصبی مبتنی بر دو الگوریتم ژنتیک و رقابت استعماری مقایسه شده و در نهایت برتری الگوریتم پیشنهادی را با استفاده از معیارهای ارزیابی R2,MAE,RMSE,MSE,MAPE همچنین انطباق داده های واقعی و پیش بینی شده، بیان می کند.

غلامی و عبدالعلی پور [۲] در مقاله ای به « پیش بینی تقاضای نفت گاز بر مبنای روش های فرا ابتکاری علف های هرز و ازدحام ذرات» می پردازند. آن ها در این مقاله بر این عقیده اند که فرآورده های سوختی نفتی در کنار سایر عوامل تولید ، یک عامل مؤثر در رشد و توسعه اقتصادی تلقی می شود و در عملکرد بخش های مختلف اقتصادی نقش مهمی را ایفا می کند. از این رو مسئولان باید تلاش کنند تا با پیش بینی دقیق تر فرآورده های نفتی و برنامهریزی صحیح در هدایت مصرف ، پارامتر های عرضه و تقاضای انرژی را به نحو مطلوب کنترل کنند. در این تحقیق مصرف نفت گاز در ایران مورد بررسی و پیش بینی قرارگرفته است.در این مطالعه مصرف نفت گازدر ایران با استفاده از دوتکنیک قدرتمند الگوریتم توده ذرات و علف های هرز پیش بینی شده است. برای این بررسی ، از داده های سالانه مربوط به مصرف این فرآورده در بازه زمانی۱۳۹۱-۱۳۰۶ استفاده شده است. نتایج ارزیابی نشان داد که الگوریتم علف های هرز با توجه به معیار MAPE دارای دقت بیشتری است.

ذوالفقاری [۳]نیز در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به «طراحی مدلی نوین جهت پیش‌بینی تقاضای برق و گاز طبیعی» می پردازد. وی معتقد است کهاز آنجا که آگاهی از میزان تقاضای انرژی برق و گازطبیعی در هر دوره‌ای، به منظور برنامه‌ریزی دقیق، جهت اعمال سیاستگذاری‌های لازم، امری ضروری می‌باشد. از این رو پیش‌بینی تقاضا، برای بخش‌های مختلف اقتصادی حائز اهمیت می باشد. در این مطالعه مدلی نوین جهت پیش بینی تقاضای کوتاه مدت برق و گاز طبیعی طراحی شده است که با شرایط و ساختار اقلیمی کشور منطبق بوده و متغیرهای موثر در کشور در آن لحاظ شده‌اند. در ادامه ضمن مقایسه مدل پیشنهادی با روش‌های رگرسیونی و غیرگرسیونی مرسوم، عملکرد مطلوب و رضایت بخش مدل مورد تایید قرار گرفت .در این تحقیق ابتدا با مروری بر مطالعات و تحقیقات صورت گرفته در زمینه پیش‌بینی حامل‌های انرژی، به معرفی مبانی نظری مدل‌های پیش‌بینی خطی و غیرخطی مرسوم پرداخته شده است. در ادامه با طراحی یک مدل جدید که یک تلفیقی از مدل‌های رگرسیونی و غیررگرسیونی می‌باشد به بررسی روند تقاضای روزانه برق کل کشور و گاز طبیعی در بخش خانگی و عوامل موثر بر تقاضای روزانه این حامل‌های انرژی پرداخته شده است. در ادامه تقاضای روزانه برق و گاز طبیعی در بخش خانگی برای ۱۰ روز بعدی به دوصورت "مجموع ۱۰ روز" و "گام‌به‌گام(روز یکم تا روز دهم)" براساس مدل‌هایARIMA ، شبکه عصبی مصنوعی پیشخور، تبدیل موجک و مدل پیشنهادی، پیش‌بینی شده است. سپس مقادیر پیش‌بینی شده هر یک از مدل‌ها، توسط معیارهای ارزیابیMSE، RMSE، MAE، MAPE، در پیش‌بینی گام‌به‌گام وR2 ، NMSEبعلاوهMSE ، RMSE، MAE، MAPE، در پیش‌بینی مجموع ۱۰ روز مورد ارزیابی قرار گرفتند .در مجموع برای هر دو تقاضای روزانه برق کل کشور و گاز طبیعی در بخش خانگی، مدل پیشنهادی دارای خطای کم و دقت پیش‌بینی بالا بوده است که به عنوان مدل بهینه انتخاب گردید. پس‌از مدل پیشنهادی، بترتیب مدل‌های تبدیل موجک، شبکه عصبی پیشخور و فرآیند ARIMA در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند .

وطن دوست [۴] در پایان نامه اش به «مقایسه روش های خطی پارامتریک و غیر خطی ناپارامتریک در برآورد و پیش بینی تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی ایران» می پردازد. وی در این پژوهش معتقد است که با توجه به ذخایر عظیم گاز طبیعی در ایران و شرایط ویژه منطقهای کشور و همچنین به واسطه شرایط و امتیازات منحصر به فرد این حامل انرژی، لزوم مطالعه دقیق و جامع تابع تقاضای گاز و ظرفیت بالقوه عرضه گاز طبیعی به منظور شناسایی فرصتهای پیش روی این صنعت اهمیت بالایی دارد. با شناسایی متغیرهای موثر بر مصرف گاز طبیعی و برنامه ریزی برای کنترل مصرف این بخش به عنوان بزرگترین مصرف کننده گاز طبیعی ایران، ضمن کاهش مصرف، شاخصهایی چون کارایی و شدت انرژی و نیز کنترل تبعات زیست محیطی ناشی از مصرف بهبود و حجم مصرف قابلیت برنامهریزی بیشتری پیدا خواهد کرد .در این تحقیق به منظور بررسی تابع تقاضای گاز مصرفی سالانه بخش خانگی در ایران با استفاده از دادههای ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۰، روش خود بازگشت با وقفه توزیعی (ARDL) و روشهای مبتنی بر آزمون گاما شامل LLR، DLLRو سه نوع شبکه عصبی مورد مقایسه قرار گرفته اند .نتایج نشان داد که مدلسازی تقاضای گاز خانگی ایران با روشهای مبتنی بر آزمون گاما، عملکرد بهتری داشته و خطای کمتری نسبت به ARDLدر تخمین و پیشبینی داشتهاند. در این میان، روش DLLR بهترین روش مدلسازی با کمترین میزان MSE برابر با ۰/۰۰۰۹۶۳۸۳ بوده است. همچنین خطای پیش بینی روش DLLR در مقایسه با روشARDL ، کمتر بوده است. در نهایت کششهای قیمتی و درآمدی تقاضا که از فرم تابعی به دست آمده از روش ARDL محاسبه شده اند، مقادیری به ترتیب برابر با ۰/۰۲۸- و ۰/۲۴ داشته اند.

Khotanzad و همکارانش [۵] در مقاله ای به ترکیب پیش بین های شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی مصرف گاز طبیعی می پردازند. هدف و تمرکز اصلی این مقاله ترکیب پیش بین های شبکه عصبی مصنوعی (ANN) با کاربرد پیش بینی مصرف گاز طبیعی می باشد. پیش بین های ANN می توانند روابط پیچیده بین پارامترهای آب و هوا و مصرف گاز پیشین با مصرف آینده را مدلسازی کنند. در این مقاله یک سیستم دو مرحله ای مطرح شد که مرحله اول آن شامل دو پیش بین ANN، یک ANN چند لایه و ANN لینک کابردی می باشد. این پیش بین ها در آغاز با الگوریتم خطا آموزش داده می شوند اما برای تنظیم وزن آن ها طی پیش بینی آنلاین از یک

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

استراتژی اقتباسی استفاده می شود. مرحله دوم شامل ترکیبی از ماژول هاست تا دو پیش بین فردی تولید شده در مرحله اول را ترکیب کند. در این پژوهش هشت الگوریتم ترکیبی متفاوت مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد که استراتژی های ترکیبی بر مبنای ANN مفرد از سایر رهیافت ها عملکردهای بهتری دارد.

Brown و Matin [۶] نیز در مقاله شان به «توسعه مدل های شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی روزانه مصرف گاز» می پردازند. نتایج آموزش نشان داد که مدل های ANN در مقایسه با مدل های رگرسیون خطی خطای جذر ریشه بیش از نیمی کاهش می دهد. پیش بینی های ANN با پیش بینی های حاصل از کنترل کننده های گاز WGC برای ۹۷ روز اول فصل های گرم سال ۱۹۹۴-۱۹۹۵ مقایسه شد. میزان خطای پیش بینی ANN برابر است با ۸۲,۲ درصد و ۶۹,۷ درصد.

Soldo [۷] نیز مقاله ای دارد در ارتباط با پیش بینی مصرف گاز طبیعی . هدف این مقاله فراهم کردن تحلیل هایی در ارتباط با تحقیقات به چاپ رسیده در این حوزه از ابتدا تا پایان سال ۲۰۱۰ می باشد.

Benedetti و همکارانش [۸] نیز با استفاده از الگوریتم اقتباسی و شبکه های عصبی مصنوعی به اتوماسیون کنترل مصرف انرژی می پردازد. این مقاله یک رهیافت کاملا جالب در مورد مصرف انرژی ارائه می کند و روشی که ارائه می کند بر اساس شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) است و هدف آن ایجاد سیستم کنترل مصرف انرژی اتوماتیک است. این پژوهش به طور موردی و در ایتالیا انجام شده است.

Toksari [۹] نیز در مقاله ای با استفاده از الگوریتم هایبرید به ارائه ی پیش بینی مصرف خانگی برق ترکیه می پردازد. در این مقاله مدل مصرف خانگی برق ابتدا توسط رهیافت هایبرید ACO و ILS مطرح شده است. هر دوی این روش ها تکنیک های ساده و قدرتمندی هستند. در این مقاله در هنگام توسعه ی مدل HEDCE (مدل برآورد مصرف خانگی برق هایبرید) برخی شاخص های اقتصادی از قبیل جمعیت، محصولات خانگی ناخالص، و واردات و صادرات مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که HEDCE راه حل بهتری دارد زیرا بهتر می تواند تنوع شاخص های مورد استفاده را منعکس کند. مدل های HEDCE مصرف خانگی برق تا سال ۲۰۳۰ را تحت سناریوهای غیرمشابه پیش بینی می کند.

۲- روش تحقیق

در این تحقیق، مدل شبکه‌ی عصبی به کار رفته برای پیش بینی مصرف گاز به صورت زیر است :

شبکه دارای چهار ورودی" قیمت گاز ، تعداد مشترک ، جمعیت ، متوسط دمای سالانه" می باشد. خروجی شبکه، مصرف سالانه گاز بخش خانگی است. شبکه‌ی عصبی، از نوع پیش خورسه لایه با دو لایه ی پنهان می باشد. تعداد نرون های لایه پنهان اول ، ۴ و تعداد نرونهای لایه پنهان دوم را از ۱۲ تا ۱۵ مورد آزمایش قرار داده و عملکرد شبکه با توجه به این حالات (در پنج وضعیت آموزش یافته با الگوریتم های ژنتیک، انبوه ذرات ، کلونی مورچگان ، رقابت استعماری و جستجوی هارمونی)، مقایسه می شود. تابع محرک نرون های لایه های میانی، از نوع سیگموئید، و برای نرون لایه ی خروجی، از نوع خطی می باشد. چنانچه بخواهیم این مدل را برای پیش بینی یک سری زمانی به کار ببریم، داریم:

$$P_t = f\,(P_{po}, P_{te}, P_c, P_{cl})$$

که در آن،

P_t: مصرف گاز (متغیر هدف یا متغیر مورد برآورد) در زمان t.

P_{po}: متوسط قیمت گاز در زمان t.

P_{te}: متوسط دما در زمان t.

P_{co}: میزان جمعیت در زمان t.

P_{cl}: تعداد مشترک در زمان t .

همانطور که در رابطه بالا مشاهده می شود، متغیر مصرف سالیانه به عنوان خروجی مدل، و چهار متغیر متوسط قیمت سالیانه گاز، متوسط دمای سایانه ، تعداد اشتراک و میزان جمعیت به عنوان ورودی های مدل شبکه عصبی درنظر گرفته شده است. داده ها به صورت سالانه و در بازه ی زمانی ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۴ می باشد . یعنی، تعداد کل داده ها برای ۱۹ سال یا ۲۲۸ ماه می باشد . مجموعه داده های آموزش و آزمون را نیز باید تعیین کرد. داده ها را به طور تصادفی به دو دسته داده های آموزش و داده های آزمون تقسیم می کنیم. ۷۰ درصد از داده ها، داده های آموزش، و ۳۰ درصد مابقی، داده های آزمون هستند (۱۶۰ داده از بین کل داده ها، داده های آموزش و ۶۸ تا از داده ها، داده های آزمون هستند).

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

۲-۱ روش جمع آوری داده ها

قیمت متوسط سالانه گاز ، تعداد مشترکین و مصرف سالانه گاز شهر خرم آباد ، از بانک اطلاعاتی شرکت گاز استان لرستانگرفته شده است. میانگین دمای سالانه شهر خرم آباد از سازمان هواشناسی استان لرستان و جمعیت شهر خرم آباد هم از بانک اطلاعاتی سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان لرستان استخراج شده است . داده ها به صورت سالانه و در بازه‌ی زمانی سالهای ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۴ می باشد در محیط اکسل جمع آوری و دسته بندی شده اند. کد نویسی الگوریتم های آموزشی ، با استفاده از نرم افزار متلب انجام شده است.

پیاده سازی مدل شبکه های عصبی مصنوعی با استفاده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار جامع MATLAB با بهره جستن از OPTIMIZATION Toolbox صورت گرفته است.

برای آماده سازی داده های ورودی، با توجه به اینکه هدف، نرمال سازی داده ها در بازه ۰ تا ۱ است از رابطه زیر استفاده شده است :

$$X_n = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

به طور معمول، برای نرمال سازی داده در شبکه های عصبی از این رابطه استفاده میشود .پس از نرمال سازی به وسیله ی روش فوق، شبکه ی عصبی طراحی میشود.

۲-۲ معماری شبکه

طراح شبکه ی عصبی علاوه بر انتخاب مجموعه ای از متغیرهای ورودی باید ساختار شبکه ای که منجر به بهترین پیش بینی می‌شود را شناسایی کند.تغییر ساختمان یک شبکه، حتی بدون تغییر متغیرهای ورودی و خروجی و اندازه ی نمونه، میتواند پیش بینی های تولید شده را به طور اساسی تغییر دهد .برای یافتن بهترین ساختمان، ساختار شبکه باید با آزمون و خطا پیش رود.

شبکه های عصبی پرسپترون چند لایه(MLP) ، پرکاربردترین شبکه های عصبی هستند، که در اغلب تحقیقات مورد استفاده قرار گرفته اند. در تحقیق حاضر نیز پس از بررسی های لازم و مقایسه ی شبکه های عصبی متنوع، از شبکه‌ی عصبی چند لایه پرسپترون استفاده شد .همچنین، الگوریتم یادگیری استفاده شده در این تحقیق، الگوریتم پس انتشار خطاست.

در طراحی شبکه های عصبی، پس از تعیین نوع شبکه و روش آموزش باید تعداد گره های ورودی، تعداد لایه های مخفی (میانی) و گره های مخفی و تعداد گره های خروجی تعیین شوند. انتخاب تعداد ورودی ها از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا هر الگوی ورودی اطلاعات مهمی در مورد ساختار خودهمبسته[1]و پیچیدگی داده ها را شامل می شود. اکثر محققان برای به دست آوردن تعداد گره های ورودی از روش سعی و خطا استفاده نموده اند. در این تحقیق تعداد گره های ورودی، دقیقاً به اندازه ی ورودی های شبکه یعنی ۴ گره در نظر گرفته شده است و با توجه به اینکه متغیر وابسته ی تحقیق حاضر پیش بینی گاز مصرفی در دوره ی زمانی مورد نظر است، تعداد گره خروجی، یک گره می باشد.

لایه ها و گره های پنهان نیز نقش مهمی را در موفقیت شبکه های عصبی ایفا می کنند .گره های مخفی در لایه های مخفی به شبکه ی عصبی اجازه می دهند تا خصوصیات داده ها را کشف و شناسایی نماید و بدان وسیله نگاشت های غیر خطی پیچیده را بین متغیرهای ورودی و خروجی برقرار نماید .در تئوری، شبکه های عصبی میتوانند دقت دلخواه را برای تقریب توابع با استفاده از تعداد کافی گره مخفی در لایه ی مخفی به دست آورند(لیسبو،2000). در این تحقیق تعداد دو لایه مخفی در نظر گرفته شده است گره های لایه مخفی اول برابر ۴ است و تعداد گره های لایه مخفی دوم برابر ۱۲ گره (در قسمت های بعدی پایان نامه بصورت سعی و خطا بررسی شده و بهترین مقدار مشخص شده است) در نظر گرفته شده است. مدلهای مختلفی در تعیین توپولوژی مناسب شبکه های عصبی مورد آزمون قرار گرفت و با تغییر تعداد لایه ها و تعداد نرون های لایه ی پنهان، مدل اصلی پیش بینی انتخاب گردید. همان طور که اشاره شد، تعداد لایه های مطلوب در این تحقیق، چهار لایه (یک لایه ی ورودی، دو لایه ی مخفی و یک لایه ی خروجی) با تعداد نرون های [4/4/12/1] است.

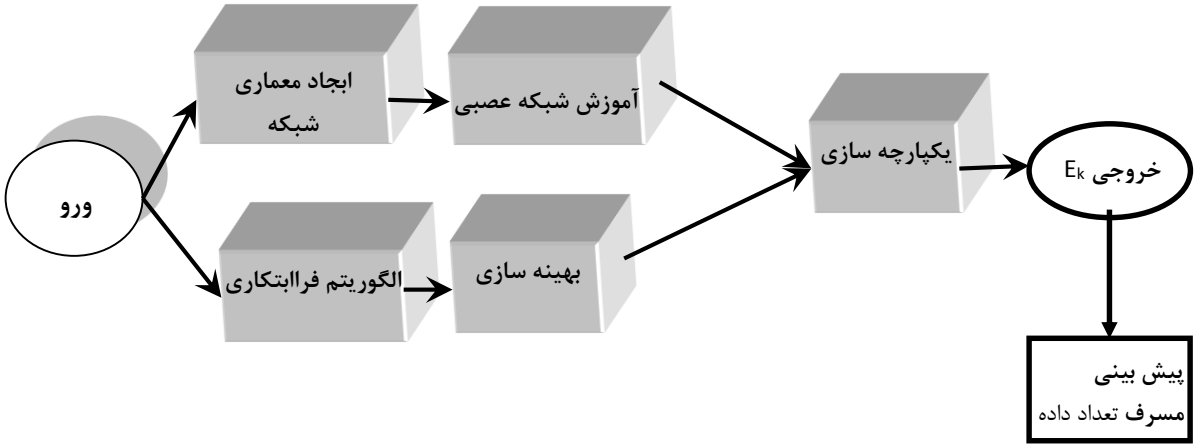
همچنین تابع محرک یا فعال ساز، ارتباط بین ورودی و خروجی یک گره و یک شبکه را مشخص می نماید. این تابع درجه ای از غیر خطی بودن را به شبکه تزریق می نماید که برای اکثر کاربردهای شبکه های عصبی ارزشمند و مهم است .بهترین تابع بررسی شده برای لایه ی میانی در این تحقیق، تابع سیگموئیدی است. همچنین، از روش بایاسین برای آموزش شبکهٔ عصبی استفاده شده است

۲-۳ پیش بینی مصرف گاز با استفاده از شبکه ی عصبی با آموزش الگوریتم های فراابتکاری

مدل پیشنهادی برای اولویت بندی پروژه ها، به صورت شکل زیر معرفی می شود.

[1] Autocorrelation

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir



شکل۱- مدل پیش بینی مصرف گاز بویسله روش ترکیبی شبکه عصبی و الگوریتم های فراابتکاری

در طراحی مدل شبکه های عصبی ، با توجه به معماری شبکه های عصبی مصنوعی در بخش پیشین، ، از شبکه عصبی چند لایه‌ی پرسپترون (MLP) با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا استفاده گردید. فرایند آموزش شبکه ی عصبی، یک کار بهینه سازی، با هدف یافتن مجموعه وزنها، جهت مینیمم کردن اندازه خطا می‌باشد. هنگامی که فضای جستجو دارای ابعاد بالا می باشد، معمولا با داده‌های گیج کننده و نویزها آلوده می‌شود. اینجاست که مسئله‌ی آموزش شبکه ی عصبی نیاز به تکنیک های پرقدرت بهینه‌سازی دارد. از این رو در این تحقیق شبکه عصبی با استفاده از روش های فراابتکاری تقویت شده است و ۵ روش فراابتکاری مختلف برای بررسی میزان تاثیر این الگوریتم ها بروی شبکه عصبی مورد بررسی قرار گرفته اند.

۲-۴ معیارهای ارزیابی عملکرد پیش بینی

برای نشان دادن چگونگی یادگیری ارتباط های داده ها در شبکه های عصبی به طور معمول، از برخی معیارهای عملکرد استفاده میشود .برای مسائل پیش بینی، این معیارها به طور عمده مربوط به خطای بین خروجیهای پیش بینی شده و خروجی مطلوب واقعی است . در این تحقیق از معیارهای زیر استفاده شده است (dp مقدار حاصل از پیش بینی است و zp مقدار واقعی مصرف گاز است. همچنین تعداد نمونه ها نیز برابر P است) :

الف) معیار میانگین خطای استاندارد (MSE)

$$\frac{\sum_{p=1}^{P}(dp-zp)^2}{P}$$

ب) معیار مربع مجذور میانگین خطا (RMSE)

$$\sqrt{\frac{\sum_{p=1}^{P}(dp-zp)^2}{P}}$$

ج) مربع میانگین خطای استاندارد نرمال شده(NMSE)

$$\frac{\sum_{p=1}^{P}(dp-zp)^2}{\sum_{p=1}^{P}(dp-\overline{dp})^2}$$

د) ضریب تعیین(R^2)

$$1-\frac{\sum_{p=1}^{P}(dp-zp)^2}{\sum_{p=1}^{P}(dp-\overline{dp})^2}$$

ه) میانگین قدر مطلق خطا(MAE)

$$\frac{\sum_{p=1}^{P}|dp-zp|}{P}$$

و) میانگین قدر مطلق درصد خطا(MAPE)

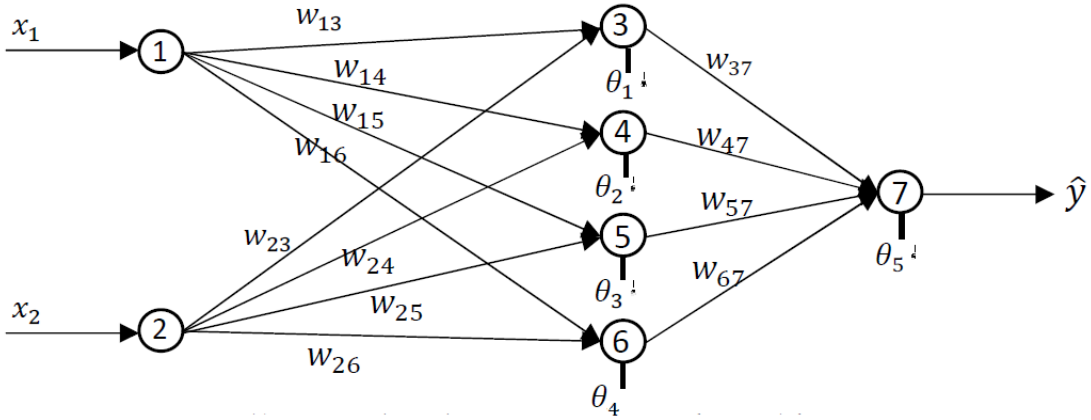
$$\frac{100}{P}\times\sum_{p=1}^{P}\left|\frac{dp-zp}{dp}\right|$$

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

۲-۵ نحوه نمایش جواب

الگوریتم ژنتیک بر خلاف سایر روشهای جستجو، با یک مجموعه ی ابتدایی از جوابهای تصادفی که جمعیت اولیه نامگذاری شده است، آغاز میشود.

یک کروموزوم رشته ای از علائم است که معمولاً و نه لزوماً یک رشته ی دودویی میباشد .به عبارتی دیگر، کروموزوم رشته یا دنباله ای از بیت ها است که جواب ممکن(مناسب یا نامناسب) در آن به صورت کد نمایش داده می شود.



شکل۲- شبکه عصبی با دو ورودی، یک لایحه پنهان و ۴ نرون و یک نرون خروجی

بعد از مشخص شدن ساختار شبکه ی عصبی، شبکه‌ی بدون وزن و بایاس وارد مرحله‌ی آموزش می‌شود. کل وزنها و بایاس‌های شبکه، به عنوان ورودی به الگوریتم متاهیوریستیک، باید کدگذاری شوند. بطور مثال برای شکل بالا کروموزم مسئله یک ماتریس با ۱۷ خانه و بصورت زیر است.

وزنهای لایه ی اول	وزنهای لایه ی اول	بایاس نرون لایه میانی	بایاس نرون لایه خروجی
$w_{13}, w_{14}, w_{15}, w_{16}$ $w_{23}, w_{24}, w_{25}, w_{26}$	$w_{37}, w_{47}, w_{57}, w_{67}$	$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$	θ_5

نحوه کروموزم مسئله

در شکل بالا، که ۸ خانه اول وزن های لایه اول، ۴ خانه دوم وزن های لایه دوم و ۴ خانه سوم بایاس های نرون لایه میانی و خانه آخر بایاس نرون لایه خروجی را نشان می دهد.

این بردار، یک جواب (ژن، ذره، نت،کشور و حالت) برای الگوریتم فراابتکاری (ژنتیک، بهینه ساز انبوه ذرات ، هارمونی سرچ، رقابت استعماری و بهینه سازی مورچگان) است که قرار است شبکه عصبی را آموزش دهد.

۲-۶ تابع هدف و برازندگی

تابع هدف جهت تعیین اینکه افراد چگونه در محدوده ی مسأله ایفای نقش می‌نمایند، مورد استفاده قرار میگیرد و تابع برازندگی معمولاً برای تبدیل مقدار تابع هدف به یک مقدار برازندگی وابسته به آن مورد استفاده قرار میگیرد . تابع هدف در این مسئله بصورت زیر است :

$$F = \sum_i \left| \frac{x_i - y_i}{y_i} \right|$$

که x_i مقدار پیش بینی شده و y_iمقدار واقعی داده آزمایشی iام است. ما قصد داریم این مقدار را مینیم کنیم.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

شکل کلی برنامه به این صورت است که ابتدا با استفاده از الگوریتم فراابتکاری، وزنهای اقناع کننده انتخاب و سپس این وزنها مبنای یادگیری شبکه های عصبی مصنوعی قرار داده می شود .برای این کار در این برنامه تابع شبکه ی عصبی فراخوانی می‌شود و از طریق فایلی، ورودی‌های شبکه‌ی عصبی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک به آن انتقال می‌یابد. سپس شبکه عصبی براساس وزن ها و تعداد گره های لایه های میانی داده ها را آموزش داده و مقدار پیش بینی را نشان می دهد و سپس این مقدار با مقدار واقعی مقایسه می شود.

۷-۲ مقایسه نتایج حاصل از رویکرد پیشنهادی ارائه شده

برای بررسی شبکه عصبی طراحی شده داده های مربوط به شهر خرم‌آباد مرکز استان لرستان برای مدل‌سازی به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده و از داده‌های مربوط به این شهر استفاده می‌شود.

داده‌ها به صورت ماهانه و دربازه‌ی زمانی ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۴ می باشد یعنی، تعداد کل داده‌ها، ۲۲۸ است. مجموعه داده‌های آموزش و آزمون را نیز باید تعیین کرد. داده ها را به طور تصادفی به دو دسته ی داده های آموزش و داده های آزمون تقسیم میکنیم. ۷۰ درصد از داده‌ها، داده‌های آموزش، و ۳۰ درصد مابقی، دادههای آزمون هستند (۱۵۴ داده از بین کل داده ها، داده های آموزش، و ۷۴ تا از داده ها، داده های آزمون هستند). یادگیری در شبکه، با استفاده از مجموعه داده های آموزش صورت می پذیرد. دقت نتایج، بستگی زیادی به اندازه مجموعه آموزشی دارد.

در مرحله بعد ابتدا پارامترهای الگوریتم ها تنظیم شده است. مقدار جمعیت برای تمامی الگوریتم ها برابر ۳۰ و حداکثر تعداد تکرار برای تمامی ۵ الگوریتم برابر ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. سایر پارامتر های الگوریتم ها بصورت زیر می باشند :

جدول۱- مقادیر تنظیم شده برای پارامترهای الگوریتم های پیشنهادی

	ضریب ترکیب	ضریب جهش	
الگوریتم ژنتیک	۰,۷	3.۰	
	ضریب شتاب ۱	ضریب شتاب ۲	نرخ کاهش سرعت
الگوریتم ازدحام ذرات	1.4962	1.4962	۰,۹۹
	ضریب حافظه هارمونی	نرخ تنظیم گام	نرخ پهنای باند
الگوریتم جستجوی هارمونی	۰,۵	۰,۴	۱
	تعداد امپراتوری ها	نرخ انقلاب	ضریب کنترل
الگوریتم رقابت استعماری	۵	۰,۱	۰,۱
	نرخ تشدید	نرخ فاصله انحراف	
الگوریتم کلونی مورچگان	۰,۶۵	۰,۱۵	

پس از خاتمه ی برنامه نویسی و پیاده سازی شبکه عصبی مسئله و برای بررسی کارایی الگوریتم های پیشنهادی و همچنین بدست آوردن تعداد گره های بهینه در لایه دوم ، از این رو شبکه های مختلف با تعداد گره های ۸ ، ۱۰ ، ۱۲ و ۱۴ را ارزیابی کرده و نتایج آن در جدول زیر ارائه شده است.

جدول۲- مقایسه ی مقادیرمعیارهای ارزیابی عملکرد برای شبکه عصبی

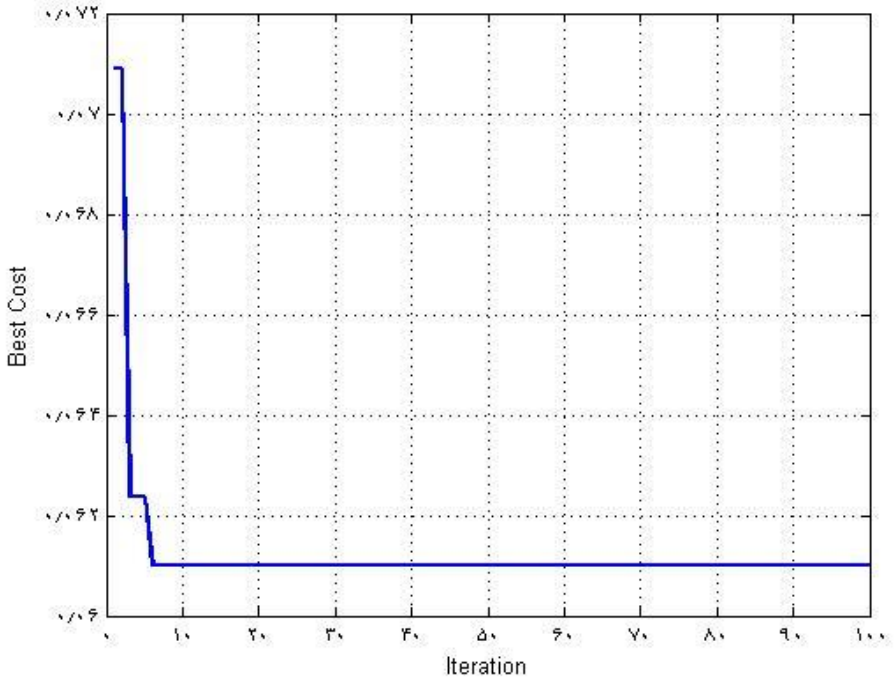
تعداد گره	نوع الگوریتم	MSE	RMSE	NMSE	R^2	MAE	MAPE
۸	GA	۰,۰۰۳۶	۰,۰۶۰۱	۰,۵۶۹۵	۰,۴۳۰۵	۰,۰۴۵۸	۰,۰۶۵۲
	PSO	0.0037	۰,۰۶۱۰	۰,۴۰۶۸	۰,۵۹۳۲	۰,۰۴۵۵	۰,۰۶۵۱
	ACO	۰,۰۰۳۷	۰,۰۶۰۷	۰,۳۵۲۵	۰,۶۴۷۵	۰,۰۴۵۲	۰,۰۶۴۹
	ICA	۰,۰۰۴۲	۰,۰۶۵۱	۰,۲۵۸۱	۰,۷۴۱۹	۰,۰۴۸۵	۰,۰۶۹۸
	HS	۰,۰۰۳۳	۰,۰۵۷۴	۰,۳۳۴۹	۰,۶۶۵۱	۰,۰۴۵۹	۰,۰۶۱۰
۱۰	GA	۰,۰۰۳۷	۰,۰۶۰۵	۰,۴۳۰۰	۰,۵۷۰۰	۰,۰۴۵۶	۰,۰۶۵۳
	PSO	0.0037	۰,۰۶۰۶	۰,۳۱۵۰	۰,۶۸۵۰	۰,۰۴۴۴	۰,۰۶۳۹

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

	ACO	۰,۰۰۳۷	۰,۰۶۰۷	۰,۳۵۶۹	۰,۶۴۳۱	۰,۰۴۵۰	۰,۰۶۴۷
	ICA	۰,۰۰۴۳	۰,۰۶۵۵	۰,۱۷۸۹	۰,۸۲۱۱	۰,۰۵۶۶	۰,۰۷۷۲
	HS	۰,۰۰۳۵	۰,۰۵۸۸	۰,۶۳۸۱	۰,۳۶۱۹	۰,۰۴۳۹	۰,۰۶۲۲
۱۲	GA	۰,۰۰۳۷	۰,۰۶۱۰	۰,۰۳۴۳۸	۰,۶۵۶۲	۰,۰۴۵۲	۰,۰۶۴۹
	PSO	۰,۰۰۳۸	۰,۰۶۱۴	۰,۳۳۰۶	۰,۶۶۹۴	۰,۰۴۵۱	۰,۰۶۴۸
	ACO	۰,۰۰۳۷	۰,۰۶۰۸	۰,۳۴۵۷	۰,۶۵۴۳	۰,۰۴۵۱	۰,۰۶۴۸
	ICA	۰,۰۰۴۳	۰,۰۶۵۶	۰,۱۶۱۱	۰,۸۳۸۹	۰,۰۴۹۲	۰,۰۷۱۵
	HS	۰,۰۰۳۵	۰,۰۵۸۸	۰,۴۷۲۷	۰,۵۲۷۳	۰,۰۴۳۷	۰,۰۶۲۰
۱۴	GA	0.0037	۰,۰۶۰۸	۰,۴۰۶۶	۰,۵۹۳۴	۰,۰۴۵۶	۰,۰۶۵۳
	PSO	0.0037	۰,۰۶۰۵	۰,۲۹۳۱	۰,۷۰۶۹	۰,۰۴۴۶	۰,۰۶۴۳
	ACO	۰,۰۰۳۷	۰,۰۶۰۶	۰,۳۸۸۰	۰,۶۱۲۰	۰,۰۴۵۴	۰,۰۶۵۲
	ICA	۰,۰۰۴۱	۰,۰۶۳۹	۰,۲۰۸۲	۰,۷۹۱۸	۰,۰,۰۴۶۹	۰,۰۶۸۰
	HS	۰,۰۰۳۴	۰,۰۵۸۶	۰,۶۴۶۵	۰,۳۵۳۵	۰,۰۴۳۷	۰,۰۶۱۹

همانطور که مشخص است تعداد نودهای ۸ ، ۱۰ ، ۱۲ و ۱۴ برای لایحه پنهان دوم مورد آزمایش قرار گرفته که نتایج حاصل از این تغییر اختلاف معنادار و فاحشی را در نتایج نشان نمی دهد. نتایج حاصل از عملکرد الگوریتم ها نشان از عملکرد بهتر الگوریتم جستجوی هارمونی دارد . شبکه عصبی آموزش داده شده با این الگوریتم کمترین خطا را از خود نشان می دهد.

در ادامه نمودار همگرایی مربوط به بهینه سازی شبکه عصبی مصنوعی توسط الگوریتم جستجوی هارمونی برای ۸ نرون در لایه پنهان دوم نشان داده شده است. در این نمودار محور افقی تعداد تکرارهای الگوریتم است و محور عمودی مقدار تابع هدف یا خطای حاصل از الگوریتم جستجوی هارمونی است. همانطور که مشخص است الگوریتم جستجوی هارمونی بصورت بهینه مقدار خطای حاصل از شبکه عصبی را کاهش می دهد.



شکل ۳- نمودار همگرایی الگوریتم جستجوی هارمونی

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

نتیجه‌گیری

برای تعیین متغیرهای ورودی سیستم که در واقع همان متغیرهای مؤثر برای تصمیم‌گیری در خصوص پیش بینی گاز مصرفی می‌باشد، از ۴ متغیر ورودی استفاده شد. سپس معماری شبکه عصبی و اجزای مختلف برای پیاده سازی الگوریتم های فراابتکاری مورد استفاده طراحی گردید. پس از طراحی سیستم، با استفاده از نرم‌افزار متلب و برنامه‌نویسی در آن سیستم مورد نظر پیاده سازی شد و نتایج حاصل از سیستم مورد تحلیل قرار گرفت که با توجه به روند تغییرات متغیرها در مقابل یکدیگر و حساسیت سیستم در قبال آن، نتیجه مورد تأیید قرار گرفت.

گام اول تعیین ورودی‌ها: برای طراحی سیستم عصبی، اولین گام تعیین ورودی‌ها، یعنی یافتن متغیرهای مهم و تأثیر گذار برای ارزیابی پروژه های سازمان های مختلف می‌باشد. در این تحقیق از ۴ شاخص مهم برای ورودی های سیستم استفاده شده است. از این رو تعداد مشترکین، میانگین دمای هوا، تعداد جمعیت،قیمت مصرف گاز به کار گرفته شده به عنوان چهار معیار ورودی سیستم عصبی در نظر گرفته شده اند.

گام دوم معمار شبکه عصبی: در این تحقیق از سیستم شبکه عصبی پیشرو چند لایه پرسپترون استفاده شده است. شبکه عصبی طراحی شده دارای یک لایه ورودی دو لایه پنهان و یک لایه خروجی است. متغیر های وردی برابر ۴ نود هستند. لایه اول دارای ۴ پرسپترون و لایه دوم دارای مقادیر مختلف پرسپترون است. لایه خروجی یک نود خروجی دارد میزان گاز مصرفی را پیش بینی می کند. توابع آموزشی در نظر گرفته شده سیگموئید هستند.

گام سوم طراحی آموزش شبکه عصبی توسط الگوریتم های فراابتکاری: یکی از زمینه های کاربرد الگوریتم‌های فراابتکاری، آموزش شبکه های عصبی است. در این مرحله ۵ الگورتیم فراابتکاری برای آموزش شبکه عصبی در نظر گرفته شد. الگوریتم های ژنتیک، الگوریتم ازدحام پرندگان، الگوریتم جستجوی هارمونی، الگوریتم کلونی مورچگان و الگوریتم رقابت استعماری نام این الگوریتم ها است. در ابتدا نحوه نمایش جواب و چگونگی آموزش شبکه عصبی توسط الگوریتم های فراابتکاری شرح داده شد و در مرحله بعد عملکرد این الگوریتم ها بروی شبکه عصبی بررسی گردید.

نتایج حاصل از این پژوهش استفاده از سیستم عصبی به عنوان یک سیستم تصمیم‌یار در پیش بینی گاز مصرفی است:

۱. خروجی حاصل از سیستم شبکه عصبی مبتنی برآموزش الگوریتم های فراابتکاری طراحی شده براساس متغیرهای ورودی و داده های تاریخی است. بطوریکه آموزش این شبکه عصبی توسط الگوریتم های فراابتکاری بود و مقایسه نتایج به دست آمده از سیستم مؤید مقبولیت سیستم مذکور می باشد.

۲. سیستم عصبی طراحی شده را می‌توان با تغییراتی جزئی داده های تاریخی یا متغیرهای ورودی به عنوان یک سیستم تصمیم‌یار چند منظوره برای پیش بینی سایر بخش ها نیز مورد استفاده قرار داد.

۳. امکان فراگیری و استفاده آسان و بهینه افراد مختلف خصوصاً مسئولین و مدیران عالی تصمیم‌گیرنده در بخش مختلف سازمان ها وجود دارد تا تصمیماتی به دور از سوگیری و اعمال نقطه نظرات شخصی و جانبدارانه اتخاذ شده و شفافیت در پاسخگویی مسئولین به وجود آید.

۴. با توجه به کاربردی بودن سیستم طراحی شده و امکان استفاده از سیستم توسط کارشناسان بخش‌های مختلف و پاسخگویی سریع و مناسب به متقاضیان حتی بدون تشکیل جلسات کمیته‌های تخصصی میسر خواهد شد.

۵. استفاده از روش شبکه عصبی با آموزش الگوریتم های فراابتکاری بدلیل افزایش توان آن در اموزش شبکه و کاهش خطای ناشی از تصمیم گیری نتایج بهتری را از حالت شبکه عصبی کلاسیک به همراه دارد. چرا که روش پیشنهادی، با آموزش این الگوریتم با الگوریتم های قوی و سریع فراابتکاری پاسخ بهتری بدست آمده است.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

منابع و مراجع

[۱] آقاخانی و کریمی (۱۳۹۳)، ارائه روشی نوین جهت پیش بینی سری های زمانی با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و الگوریتم فرا ابتکاری جستجوی هارمونی، همایش ملی الکترونیکی دستاوردهای نوین در علوم مهندسی و پایه

[۲] غلامی، علی و آرش عبدالعلی پور (۱۳۹۳)، پیش بینی تقاضای نفت گاز بر مبنای روش های فرا ابتکاری علف های هرز و ازدحام ذرات، دومین همایش ملی مدیریت کسب و کار

[۳] ذوالفقاری، مهدی (۱۳۸۸)، طراحی مدلی نوین جهت پیش بینی تقاضای برق و گاز طبیعی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و اقتصاد

[۴] وطن دوست، امیر (۱۳۹۲)، مقایسه روش های خطی پارامتریک و غیر خطی ناپارامتریک در برآورد و پیش بینی تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد

[5] Uzlu, E., Kankal, M., Akpınar, A., & Dede, T. (2014). Estimates of energy consumption in Turkey using neural networks with the teaching–learning-based optimization algorithm. Energy, 75, 295-303.

[6] Khotanzad, A., Elragal, H., & Lu, T. L. (2000). Combination of artificial neural-network forecasters for prediction of natural gas consumption. Neural Networks, IEEE Transactions on, 11(2), 464-473.

[7] Brown, R. H., & Matin, I. (1995, November). Development of artificial neural network models to predict daily gas consumption. In Industrial Electronics, Control, and Instrumentation, 1995., Proceedings of the 1995 IEEE IECON 21st International Conference on (Vol. 2, pp. 1389-1394). IEEE.

[8] Soldo, B. (2012). Forecasting natural gas consumption. Applied Energy, 92, 26-37.

[9] Benedetti, M., Cesarotti, V., Introna, V., & Serranti, J. (2016). Energy consumption control automation using Artificial Neural Networks and adaptive algorithms: Proposal of a new methodology and case study. Applied Energy, 165, 60-71.