دوماهنامه علمی-تخصصی مطالعات کاربردی در علوم مدیریت و توسعه
سال چهارم، شماره ۴ (پیاپی: ۱۸)، آبان ماه ۱۳۹۸
مطالعات کاربردی در علوم مدیریت و توسعه
دوماهنامه اقتصادی

پیش‌بینی تقاضا برای نفت‌کوره با استفاده از شبکه‌های هوش مصنوعی

فرامرز پاپی زاده پالنگانی[۱]، سیده معصومه میرزایی[۲]، فریده نظاری[۳]، محمد محمدزاده[۴]، علی غلامی[۵]

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۸/۰۱
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۳۰
کد مقاله: ۳۷۰۴۴

چکـیده

رشد و حتی بقای بیشتر فعالیت‌های اقتصادی کشورهای درحال‌توسعه به مسئله تأمین انرژی بستگی دارد، امروزه مصرف فراورده‌های نفتی سبک از اهمیت بسزایی برخوردار است، از طرفی تأثیر نفت و حامل‌های انرژی به‌ویژه نفت و فراورده‌های آن در اقتصاد کشور بر کسی پوشیده نیست، ازاین‌رو در این تحقیق مصرف نفت کوره را با استفاده از یکی از الگوریتم‌های قدرتمند هوش مصنوعی پیش‌بینی کرده‌ایم. این تحقیق براساس هدف کاربردی و براساس جمع‌آوری داده‌ها توصیفی-پیمایشی از نوع مقطعی می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از شبکه‌های هوش مصنوعی تقاضا مصرف نفت کوره پیش‌بینی‌شده است و با استفاده از روش‌های ارزیابی خطا مقدار خطای این تکنیک برآورد شده است که نسب به سایر تکنیک‌های سری زمانی از دقت بالاتری برخوردار است.

واژگـان کلـیدی: پیش‌بینی، شبکه‌های هوش مصنوعی، نفت کوره، انرژی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی-بازرگانی بین الملل، دانشگاه آزاد بین الملل خرمشهر، خرمشهر، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی- بازرگانی بین الملل، دانشگاه آزاد بین الملل خرمشهر، خرمشهر، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد حسابداری، دانشگاه آزاد آبادان، آبادان، ایران
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد حسابداری، دانشگاه آزاد آبادان ،آبادان، ایران
۵- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی -تحقیق در عملیات، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۱- مقدمه

ایران از منابع غنی و گسترده انرژی، مخازن بزرگ نفتی و گاز طبیعی، معادن عظیم زیرزمینی و پتانسیل بالقوه انرژی برخوردار است، پیش‌بینی مصرف انرژی می‌تواند در تبیین سیاست‌های بخش انرژی، کمک مؤثری کند. همچنین ازآنجایی‌که مدتی است موضوع محدود کردن مصرف انرژی به‌ویژه فرآورده‌های نفتی مانند بنزین، در رأس سیاست‌های اقتصادی دولت قرارگرفته است و مشکلات ناشی از افت فشار گاز طبیعی، مانند قطع گاز در استان‌های مختلف یا کاهش تولید برق در کارخانه‌هایی که سوخت اصلی آن‌ها، گاز طبیعی است، گاهی در کشور ایجاد می‌شود و کمبود منابع انرژی دیگر نیز گاهی برای بخش‌های مختلف اقتصاد، مشکل‌ساز می‌شود، پیش‌بینی و الگوسازی مصرف انرژی، می‌تواند رهنمود مناسبی برای سیاست‌گذاران بخش انرژی و اقتصاد کشور باشد (آماده و همکاران، ۱۳۸۸) امروزه مصرف فرآورده‌های نفتی سبک به‌خصوص بنزین ، از اهمیت بسزایی برخوردار است ، به‌گونه‌ای که ۳۳٪ از مصرف فرآورده‌های سوختی نفتی مربوط به بنزین است . از طرفی تأثیر نفت و حامل‌های انرژی به‌ویژه بنزین ، گازوئیل و ... در اقتصاد کشور برکسی پوشیده نیست، بنابراین تحقق توسعه پایدار ، درگرو آن است که تولید و بهره‌برداری از انرژی همراه با سایر نهادها نظیر تکنولوژی، منابع انسانی، مواد اولیه ، منابع مالی و... به‌طور هماهنگ و هم ساز برنامه‌ریزی شود. مصرف فراورده‌هایی همچون نفت سفید، نفت کوره، بنزین موتور و نفت گاز با در نظر گرفتن اهمیت آن در بخش‌های مختلف، نقش اساسی در رشد و توسعهٔ اقتصادی کشورها ایفا می‌کند. بررسی مصرف آتی تقاضای فرآورده‌های نفتی در جهت شناخت دقیق و صحیح از ساختار رفتاری مصرف ، به‌منظور برنامه ریزی دقیق در راستای تحقق اهداف موردنظر، امری ضروری است. آگاهی از میزان تقاضای نفت سفید، نفت کوره و بنزین موتور و نفت گاز به‌منظور اتخاذ تصمیمات صحیح برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های مناسب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است این مقوله در بخش‌های مختلف (حمل‌ونقل، صادرات و....) سهم قابل‌توجه‌ای از مصرف این سه نوع محصول را دارد که از اهمیت به سزایی برخوردار است. از طرفی در تجزیه‌وتحلیل تقاضای حامل‌های انرژی مدل‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد، که برخی فقط برای جهت مطالعه حامل‌های انرژی طراحی‌شده و برخی ارتباط آن‌ها را با یکدیگر بررسی می‌کند. هدف پژوهش حاضر، کاربرد الگوهای هوش مصنوعی، یعنی الگوهای شبکه هوش مصنوعی در پیش‌بینی مصرف انرژی کشور است تا در پایان بتوان میزان کارایی این روش را در پیش‌بینی مصرف انرژی مقایسه کرد.

2-بیان مسأله

شاید اغراق نباشد اگر گفته شود که در تمام دوره‌های زندگی بشر، نفت ماده شناخته‌شده‌ای بوده است. اما در طول چندین دههٔ گذشته، حیاتی بودن آن برای تداوم زندگی اقتصادی تردیدناپذیر شده است. حدود ۷۵ درصد از کل منابع نفت موجود جهان در خاورمیانه قرار دارد و ایران یکی از ۵ کشور بزرگ مالک ذخایر نفتی در جهان است. نفت از مهم‌ترین منابع کشور محسوب می‌شود و مسئله پیش‌بینی فرآورده‌های سوختی نفتی در تعیین سیاست بهره‌برداری از منابع نفتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرف دیگر پیش‌بینی و الگوهای آن‌یکی از مباحث مهم و حیاتی مدیریت درزمینه برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری است که امروزه علاقه فراوانی در استفاده از سیستم‌های هوشمند به‌منظور بهبود کیفیّت تصمیم‌های مدیریتی و کاهش خطاهای پیش‌بینی به دلیل قابلیت بالای این سیستم‌ها به وجود آورده است. ایران ازجمله کشورهایی است که اساس اقتصاد آن بر درآمد صادرات فراورده‌های سوختی نفتی بناشده است. ارتباط حجم و ارزش صادرات نفت و گاز و رشد اقتصادی به‌منزلهٔ افزایش ظرفیت‌های اقتصادی یکی از موضوعات مهم و قابل توجّه برای مراکز تحقیقاتی و برنامه‌ریزی است. همچنین در دنیای پیچیدهٔ امروز پیش‌بینی و مدیریت تقاضا نقش مهمی در برنامه‌ریزی حوزهٔ انرژی کشورهای نفت‌خیز دارد، این بدان دلیل است که نفت یکی از پارامتر و عوامل بسیار مهم در امنیت اقتصادی این کشورها محسوب می‌شود. براین اساس تخمین تقاضای نفت و فرآورده‌های سوختی نفتی و تحلیل آن در طول زمان می‌تواند نقش قابل توجّهی در نیل به اهداف ایفا کند. از طرفی تخمین و پیش بینی میزان تقاضای فرآورده های سوختی نفتی از مدل و تکنیک‌های مختلفی می تواند صورت بگیرد. اما با توجه به تکنیک های زیادی که ارائه شده است آیا می توان تکنیکی را برتر ، در دقّت برآوردها شناسایی کرد؟

در سال‌های اخیر شاهد حضور موفق روش های فرا ابتکاری الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرّات[1]و شبکه های هوش مصنوعی[2] بوده‌ایم. در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از روش‌های جدید و نیرومند به پیش‌بینی فرآورده های نفتی بپردازیم وکیفیّت این روش ها را با یکدیگر مقایسه نمائیم. همچنین با پیشرفت و توسعهٔ روش های غیر خطّی همچون شبکه های عصبی،

[1] Particle swarm optimization
[2] Artificial intelligence networks

شبکه‌های عصبی فازی[1]، الگوریتم ژنتیک[2]، الگوریتم کولونی مورچگان[3]، الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرّات، الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز[4] و ... می توان از این روش ها برای پیش بینی تقاضا استفاده نمود.

۳-اهمیت پژوهش

طبق تعریف، پیش بینی یک برآورد (یا تعدادی برآورد) کمی درباره احتمال وقایع آینده است که براساس اطلاعات حال و گذشته انجام می شود "چتفیلد ، ۱۳۷۲". از طرفی پیش‌بینی مناسب برای محصولاتی مهم از قبیل بنزین ،گازوئیل و... می تواند در توسعه و برنامه ریزی اقتصادی یک کشور اهمیّت بسزایی داشته باشد. به عبارتی داشتن پیش‌بینی مناسب از آینده، کارایی برنامه‌ریزی را به شدّت تحت تأثیر قرار می دهد.

همانطور که اشاره شد برای تخمین تابع تقاضای نفت و فرآورده های سوختی نفتی می توان از تکنیک و مدل های مختلفی کمک گرفت، اما در این تحقیق برای پیش بینی تقاضا برای فرآورده های سوختی نفتی از سه روش توانمندی عینی شبکه‌های هوش مصنوعی، الگوریتم توده ذرات و علف های هرز استفاده شده است که در نهایت می توان یکی از بهترین روشهای پیش بینی تقاضا را تعیین کرد که نسبت به سایر روش های ارائه شده ازدقت بالاتری برخوردار می باشد.

۴-مروری بر مطالعات انجام گرفتهٔ داخلی

آنها از یک شبکهٔ سه لایه و الگوریتم پس انتشار استفاده کردند و ورودی‌های شبکه را تولید ناخالص داخلی، جمعیت، تعدادخانوار، تعداد دستگاه تهویهٔ هوا، میزان آلاینده دی اکسیدکربن، شاخص تولید صنعتی، قیمت نفت و مصرف انرژی در نظر گرفتند.احمدی قراچه (۱۳۸۵)، به پیش بینی ماهیانه قیمت نفت خام با استفاده از شبکه های عصبی به صورت تک متغیره پرداخت. او با مقایسه مدل خود با مدل های مختلف، چنین نتیجه گیری می کند که مدل او، مدل بهتری نسبت به مدل‌های ارائه شدهٔ قبلی است. ابریشمی و همکاران (۱۳۸۷)، از شبکهٔ عصبی قواعد، تحلیل تکنیکی، شامل میانگین‌های متحرک کوتاه مدت و بلند مدت، به عنوان ورودی شبکه، طی دوره های مختلف بازار، استفاده کردند. در این بررسی نیز پیش بینی های شبکهٔ عصبی نسبت به روش سری زمانی، از خطای کمتر و دقت بالاتری برخوردار بود. آذری و همکاران (۱۳۸۷) ، از شبکهٔ عصبی مصنوعی به سبب قابلیت فوق العادهٔ آن در تقلید از نگاشت غیرخطّی ورودی ها به خروجی ها برای پیش بینی کوتاه مدت میزان مصرف گاز طبیعی شهر تهران استفاده کردند. مقایسهٔ نتایج حاصل از پیش بینی با مقادیر واقعی مصرف گاز حاکی از آن بود که دقت مدل در خصوص مصرف روزانه و ماهانه گاز به ترتیب حدود ۹۳ و ۹۹ درصد است. بنابراین، مدل های طراحی شده، برای تخمین مصرف گاز شهر تهران بزرگ مناسب است.

معینی و همکاران(۱۳۸۵)، در پژوهش خود با در نظر گرفتن این نکته که تابع لجستیک میتواند بازار مبتنی بر عرضه وتقاضا را مدل کند، براساس نمای لیاپانوف، تابع پویای لجستیک را بر سری زمانی قیمت آتی نفت دربازهٔ زمانی (۱۳۸۰-۱۳۷۸)، برازش کرده اند و از تابع لجستیک حاصل، برای پیش بینی قیمت در روندهای مختلف استفاده و درنهایت بیان می کنند که نتایج بدست آمده با این روش برای چهار تا شش روز آینده دقت بالایی را نشان می دهند.پورکاظمی و همکاران (۱۳۸۴) نیز در مقالهٔ خود به پیش بینی تقاضای گاز شهری با استفاده از روش شبکه می پردازند و در نهایت به این نتیجه می رسند که ARIMA های عصبی فازی و مدل شبکه های عصبی براساس معیارهای مختلف، پیش بینی های با خطای کمتری را ارائه می دهد.پورکاظمی و اسدی (۱۳۸۸)، به پیش بینی پویای قیمت نفت خام با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی و اقتصاد سنجی ARIMA پرداختند. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که پیش بینی شبکه های هوش مصنوعی در مقایسه با روش ARIMA دارای خطای کمتر است.منهاج و همکاران (۱۳۸۹)، با استفاده ازشبکه های عصبی مصنوعی و با در نظرگرفتن شاخص های اقتصادی واجتماعی، تقاضای انرژی بخش حمل و نقل کشور را در سال های ۱۳۸۶ تا ۱۴۰۰پیش بینی کردند. در پژوهش آنها از شبکه های عصبی رو به جلو با ناظر برای پیش بینی و از الگوریتم پس انتشار برای آموزش شبکه ها استفاده شد. نتایج حاصل از پیش بینی با این روش در مقایسه باروش رگرسیون چند متغیّره، نشان دهندهٔ خطای به مراتب کمتری است، به طوری که درصد میانگین قدر مطلق خطا از ۱۵ درصد به ۶ درصدکاهش یافت. آزاده، خاکستانی و صبری(۱۳۸۸)، در مطالعه‌ای به بررسی کارایی رگرسیون فازی و رگرسیون سنّتی در شبیه‌سازی و پیش بینی تقاضای فرآورده های نفتی در کشورهای امریکا، استرالیا و ژاپن با استفاده از متغیرهای توضیحی جمعیت، هزینهٔ واردات فرآورده های نفتی، تولید ناخالص داخلی و تولید سال قبل فرآورده های نفتی پرداخته اند. آنها برای بررسی کارایی

[1]Fuzzy Neural Network
[2]Genetic Algorithm
[3]Ant colony algorithm
[4]Invasive Weed Optimuzation

این الگوها از معیار میانگین مربع درصد خطا استفاده کرده و با روش تحلیل واریانس مناسبت رینالگو (رگرسیون فازی) را انتخاب و مقادیر آتی مصرف فرآورده های نفتی را پیش بینی کرده اند.آزاده ، اسدزاده و قنبری (۱۳۸۸) با استفاده از تکنیک سیستم استنباط عصبی – فازی تطبیقی به پیش بینی کوتاه مدت (روزانه) تقاضای گاز طبیعی ایران پرداختند. ایشان برای این منظور یک سیستم عصبی– فازی ایجاد کردند که ورودی های آن روزهای هفته، تقاضای گازطبیعی روزقبل، تقاضای گازطبیعی دو روز قبل و تقاضای گاز طبیعی همان روز در سال قبل بوده و خروجی آن (متغیر وابسته) تقاضای روزانه گاز طبیعی بود. ایشان برای بررسی دقت پیش بینی روش پیشنهادی نتایج حاصل از سیستم عصبی– فازی را با نتایج حاصل از تکنیک شبکه های عصبی مقایسه کردند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد در شرایطی که مشاهدات رفتار غیرخطّی، نامنظم و پیچیده ای دارند استفاده از سیستم‌های عصبی– فازی نتایج بسیار قابل قبولی ارائه می دهد.آزاده ، صبری و آزادمنش (۱۳۹۰)، در مطالعه ای به تخمین و پیش بینی تقاضای نفت کشور های کانادا ، انگلستان و کره جنوبی با استفاده از سیستم استنباط عصبی – فازی تطبیقی پرداخته اند . ایشان نتایج پیش بینی با تکنیک عصبی–فازی را با تکنیک خودرگرسیو مقایسه کرده اند. در این مطالعه درمورد هر سه کشور تحت بررسی کارایی بالای تکنیک سیستم استنباط عصبی– فازی تطبیقی تایید شده است.آزاده و همکاران (۱۳۹۰)، در مطالعه ای با استفاده از سیستم استنباط عصبی– فازی تطبیقی به پیش بینی بلندمدت تقاضای انرژی در کشورهای لوکزامبورگ، ایتالیا، هلند و ایرلند پرداخته اند. ایشان در این مطالعه از تعداد جمعیت هر کشور و تولید ناخالص داخلی هر کشور به عنوان متغیرهای توضیحی مدل استفاده کرده و از داده های سالهای ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۳ به منظور آموزش سیستم و از داده های سال های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۶ به عنوان داده های آزمون اعتبار پیش‌بینی استفاده کرده اند. ایشان در این مطالعه با استفاده از الگوی خودرگرسیو به پیش بینی متغیرهای مستقل برای هر کشور پرداخته و سپس از میان الگوهای (سیستم های استنباط عصبی– فازی تطبیقی) مختلف با انتخاب بهترین الگو با کمترین میزان میانگین مجذور خطا به پیش بینی تقاضای انرژی در کشورهای تحت بررسی پرداختند. نتایج این مطالعه ضمن تأیید قدرت بالای سیستم استنباط عصبی– فازی تطبیقی نشان می دهد که متغیر های جمعیت و تولید ناخالص داخلی قدرت توضیح دهندگی بالایی برای تخمین تقاضای انرژی دارند.ایران منش و همکاران (۱۳۹۱)، در مطالعه ای با استفاده از ترکیب سیستم استنباط فازی و شبکهٔ عصبی مصنوعی به شبیه سازی و پیش بینی تقاضای انرژی در کشورهای امریکا و کانادا پرداخته اند. ایشان در این مطالعه نشان دادند که استفاده از مفاهیم فازی در مدلسازی سری های زمانی با رفتار پیچیده و غیرخطّی نتایج بسیار بهتری در مقایسه با سایر روش ها از جمله شبکه های عصبی چند لایه خواهد داشت.

سارا مدقالچی، درپایان نامه کارشناسی ارشد خود در سال ۱۳۹۰ به پیش بینی قیمت سهام با استفاده از مدل ترکیبی شبکهٔ عصبی مصنوعی و PSO پرداخت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدل ترکیبی قادر به پیش‌بینی دقیق‌تری نسبت به نرم افزار کلمنتاین می باشد.

۵-مروری بر مطالعات انجام گرفتهٔ خارجی

کانیرت و اوزترک[1] (۲۰۰۶)، در مقاله ای با عنوان سه مدل کاربردی تکنیک های جستجوی الگوریتم ژنتیک(GA) در تخمین تقاضای انرژی، به منظور برآورد تقاضای نفت با استفاده از روش بهینه یابی الگوریتم ژنتیک، با هدف تخمین ارزش آتی تقاضا برای نفت، به ارائهٔ سه مدل غیر خطّی تقاضا برای نفت در ترکیه، با استفاده از متغیرهای تولید ناخالص داخلی، جمعیت، صادرات، واردات، تولید نفت، واردات نفت و ماشین سواری، میزان فروش اتوبوس و کامیون، پرداخته اند. از این میان، مدلی که متغیرهای مستقل جمعیت، تولید ناخالص داخلی، واردات نفت و واردات و فروش کامیون را به عنوان شاخص پارامترهای طرح به کار می برد، با میانگین مطلق درصد خطای (MAPE)[2] پایین تر برابر با ۰,۰۱۶۹ در دورهٔ آزمایش مدل ها، راه حل بهتری را در مشاهدهٔ داده ها فراهم می کند.

آنلر[3] (۲۰۰۸)، در مقاله ای با عنوان "بهبود پیش بینی تقاضای انرژی با استفاده از هوش مصنوعی، در مورد ترکیه با طرح ریزی تا سال ۲۰۲۵ "، به منظور پیش بینی تقاضای انرژی با استفاده از الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرّات، (PSO) با هدف تخمین ارزش آتی تقاضای انرژی در این کشور ، تا سال ۲۰۲۵ ، به ارائهٔ توابع خطّی و درجهٔ دوم تقاضای انرژی در ترکیه، با استفاده از متغیرهای تولید ناخالص داخلی، جمعیت، MAPE واردات و صادرات پرداخته است. نتیجه این که تابع تقاضای درجهٔ دوم با MAPE پایین تر برابر با ۰,۰۰۸ در دوره آزمایش مدل ها راه حل بهتری را در مشاهدهٔ داده ها در مقایسه با دیگر فراهم می‌کند. بنابراین در این مطالعه، قدرت الگوریتمPSO در مقایسه با دیگر الگوریتم ها، با MAPE پایین تر دورهٔ آزمایش مدل ها، در پیش بینی تقاضای انرژی ترکیه به اثبات رسیده است.سازن و همکاران (۲۰۰۷)، به منظور پیش بینی مصرف فرآورده های نفتی در

[1]Ozturk & Kanyrt
[2]Mean absolute percentage errors
[3]Anler

ترکیه، یک مدل شبکهٔ عصبی ارائه کردند. در پژوهش آنها سه مدل مختلف طراحی شد و در پایان، آنها با استفاده از معیارهای خطا، یک مدل را به عنوان مدل مناسب برای پیش بینی مصرف فرآورده های نفتی در ترکیه انتخاب کردند.

تحقیقات یو و همکاران (۲۰۰۸)، از جمله این مطالعات است که یافته‌های آنها حاکی از برتری شبکه عصبی بر خودرگرسیون میانگین متحرک در پیش بینی است.

حجازی[1] و همکاران در سال ۲۰۱۳، برای انجام صحیح پیش بینی قیمت سهام از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرّات استفاده نمودند، در این مطالعه الگوریتم PSO در جهت پیش بینی قیمت سهام به کار رفته است و بهترین مقادیر پارامتر ها را انتخاب می‌نماید تا از افتادن در بهینهٔ محلّی جلوگیری نماید و صحّت پیش بینی را بالا ببرد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که الگوریتم PSO پتانسیل بالایی در افزایش صحّت پیش بینی دارد.

۶-روش تحقیق

از آنجایی که این تحقیق در یک سازمان واقعی، عین و زنده (پویا) صورت گرفته است و از نتایج آن می توان به طور عملی استفاده کرد، یک تحقیق کاربردی می باشد. هدف تحقیقات کاربردی توسعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص است. به عبارت دیگر تحقیقات کاربردی به سمت کاربرد عملی دانش هدایت می شود (سرمد و دیگران،۱۳۸۲). و از لحاظ نحوهٔ گردآوری داده ها از نوع توصیفی-پیمایشی از نوع مقطعی می باشد. تحقیق توصیفی شامل مجموعه ای از روش هایی است که هدف آن توصیف کردن شرایط یا پدیده هایی مورد بررسی است. اجرای تحقیق توصیفی می تواند صرفا برای شناخت بیشتر شرایط موجود یا یاری دادن به فرآیند تصمیم‌گیری می‌باشد (سرمد و دیگران،۱۳۸۲). به عبارت دیگر نحوهٔ جمع آوری داده‌ها یک بخش کتابخانه‌ای می‌باشد و بعد از آن داده‌ها براساس پایگاه داده شرکت نفت استخراج می شود و در نهایت از طریق نرم افزار برنامه نویسی متلب اجرا می‌شود.

۷-شبکه های هوش مصنوعی (ANN)

شبکه عصبی مصنوعی یا به اختصار شبکه عصبی، یک ابزار محاسباتی الهام گرفته از مغز انسان است. مغز انسان با وزنی حدود 1400 گرم یکی از شگفت انگیزترین ساخت هایی است که در نظام خلقت با آن روبرو هستیم. این سیستم فوق پیشرفته توانایی آن را دارد که نظامهای مختلف درون ارگانیزمی را به کار اندازد، موجب حرکت ارگانیزم گردد، اطلاعات دریافتی را تعبیر و تفسیر کند و مجموع اطلاعات مورد نیاز را به طوری که سریعاً قابل دسترس باشند، ذخیره کرده و امکان حل مساله را فراهم آورد . افزون بر این انسان می تواند ازطریق گفتگو با دیگران، تعامل و ارائه راه حلهای مناسب، مشکلات را رفع کند. تبیین چگونگی کنش پیچیده مغز یکی از مسائل عمدهای است که امروزه علم با آن روبرو است. اگر چه در سالهای اخیر با توجه به همسویی تحقیقات تجربی و نظری پیشرفتهای خوبی در زمینه شناخت چگونگی کنش مغز به دست آمده، ولی هنوز برای شناخت کامل چگونگی کارمغز راه درازی در پیش است.

مغز انسان تقریباً از 431 میلیارد سلول عصبی(نرون)تشکیل شده که اکثر آنها در پردازش اطلاعات مشارکت دارند .با توجه به اینکه هر سلول عصبی تا 42 هزار درونشد از سلولهای دیگر دریافت می کند، آگاهی از چگونگی کنش این ساخت پیچیده به سادگی امکان پذیر نیست و به همین جهت تاکنون اطلاعات محدودی در زمینه کنش این ساخت عظیم به دست آمده است.

معمولاً سلولهای عصبی با سلولهای نزدیک خود ارتباط برقرار می کنند و در نتیجه به صورت مجتمع سلولی در می آیند .با اینکه مغز افراد در اندازه و شکل مانند چهره آنان متفاوت است، ولی مغز همه انسانها ساخت یکسانی دارد (خداپناهی، ۱۳۸۲)

تمامی افراد بشر از هوش بهره مندند و برای حل مسایل آن را به کار می گیرند. اگر این هوش با امکانات دانش و تعقل نیز پشتیبانی شود به یک سیستم هوشمند مصنوعی به مثابه یک سیستم در پایگاه داده ها جای گیرد از سیستم هوش مصنوعی[2] (AI) برخوردار می شویم.نخستین جرقه های هوش مصنوعی به سال های بعد از جنگ جهانی دوم باز می گردد، زمانی که آلن تورینک[3] در سال ۱۹۵۰ آزمایشی مبنی بر این که آیا ماشین قادر است با فرآیندهای مغز انسان رقابت کند، انجام داد. در سال ۱۹۶۰ با ساخت اولین روبات ها و استفاده از زبان برنامه نویسی در اروپا و آمریکا، تحقیقات در زمینه هوش مصنوعی به جنبه های انسانی نزدیک تر شد. به زبان ساده هوش مصنوعی، دانش ساختن ماشین ها یا برنامه های هوشمند است. هوش مصنوعی شاخه ای از علم کامپیوتر است و تلفیقی از سه فناوری و گرایش مطرح یعنی: شبکهٔ عصبی، نظریه فازی و الگوریتم ژنتیک بوده است.

شبکه عصبی مصنوعی، سیستم های دینامیکی هستند که با پردازش روی داده های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده ها را به ساختار شبکه منتقل می کنند. این سیستم براساس محاسبات روی داده های عددی یا مثال ها، قوانین کلی را فرا

[1]Hejazi
[2]Artificial Intelligence
[3]Alan Turing

می‌گیرند. بنابراین سیستم های هوشمندی هستند. دیدگاه شبکه های عصبی در دهۀ ۴۰ قرن بیستم، یعنی زمانی که وارن مک کلوث روانپزشک و پیتر[1] ریاضیدان نشان دادند که شبکه های عصبی می توانند هر تابع حسابی و منطقی را محاسبه کنند، آغاز شد. نخستین کاربرد عملی شبکه های عصبی در اواخر دهۀ ۵۰ با معرفی شبکه پرسپترون[2] توسط روزنبلات[3] مطرح شد که قادر بود الگوها را شناسایی نماید.

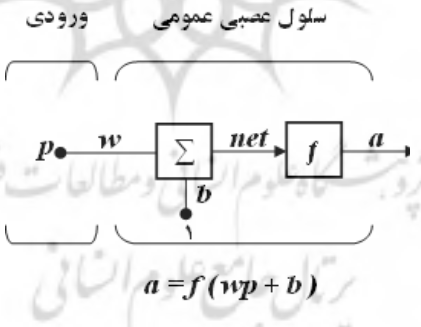
۱-۷-شبکه های پرسپترون چند لایه

به طور کلی شبکه های پرسپترون چند لایه شامل چندین پرسپترون ساده هستند که به طور ساختار سلسله مراتبی، یک شکل پیش خورد با یک یا چند لایه میانی (پنهان) بین لایه های ورودی و خروجی را شکل می دهد.

هر لایه می‌تواند از تعدادی نرونهای مختلف با توابع تبدیل متفاوت برخوردار باشد .یعنی مدلهای نرونها در لایه‌ها می توانند متفاوت در نظر گرفته شوند. در شبکه MLP دو نوع سیگنال عموماً استفاده می شوند که بهتر است از هم تمیز داده‌شوند. یک نوع سیگنال هایی هستند که در مسیر رفت، حرکت می کنند(از چپ به راست) و دسته دیگر سیگنال هایی هستند که در مسیر برگشت (از سمت راست به چپ) حرکت می کنند. به دسته اول، سیگنالهای تابعی[4] و به دسته دوم، سیگنالهای خطا[5] گویند. دلیل این نامگذاری این است که سیگنالهای دسته نخست، بر اساس تابعی از ورودیهای هر نرون و پارامترهای شبکه متناظر با آن محاسبه می شوند و سیگنالهای دسته دوم، به خاطر منشعب شدن از سیگنال خطا و توزیع برگشت از لایه خروجی به لایه‌های دیگر شبکه، به سیگنال خطا موسومند و خلاصه این که سیگنال تابعی، در مسیر رفت در شبکه از لایه ای به لایه دیگر توزیع می‌شود و سیگنالهای خطا در مسیر برگشت در شبکه منتشر می‌گردد.

۲-۷-مدل تک ورودی در شبکه های عصبی

نرون کوچکترین واحد پردازشگر اطلاعات است و اساس شبکه های عصبی را تشکیل می دهد. نرون یک واحد تحلیل گر است که سیگنال ها را از طریق نرون های متعدد دیگر و از طریق راه های ورودی رشته ای به نام دندریت ها دریافت و ترکیب می‌کند. وقتی که نرون، بالاتر از یک میزان معین (آستانه) تحریک شود، برانگیخته می شود و یک سیگنال الکتریکی را در طول یک مسیر به نام آکسون هدایت می کند. ارتباط بین آکسون یک نرون و دندریت نرون دیگر را سیناپس[6] می‌نامند. یک نرون منفرد می‌تواند دارای ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ سیناپس باشد و با ۱۰۰۰ نرون دیگر ارتباط برقرار کند. شکل ۴-۸ ساختار یک نرون تک ورودی را نشان می دهد. اسکالرهای P و α به ترتیب ورودی و خروجی می باشد.



شکل۱- ساختار یک نرون تک ورودی

میزان تاثیر p روی α به وسیلۀ مقدار اسکالر W تعیین می شود. ورودی دیگر، که مقدار ثابت ۱ است، در جملۀ بایاس[7] (b) ضرب می شود سپس با WP جمع می شود. این حاصل جمع، ورودی خالص n برای f خواهد بود. بدین ترتیب خروجی نرون با معادلۀ زیر تعریف می شود:

[1]Kolus & Piter
[2]Perceptron
[3]Frank Rosenblatt
[4]Functional signals
[5]Error signals
[6]Synapse
[7]Bias

$$\alpha = f(WP^T + b) \qquad (۵-۳)$$

۳-۷- مدل چند ورودی شبکه عصبی

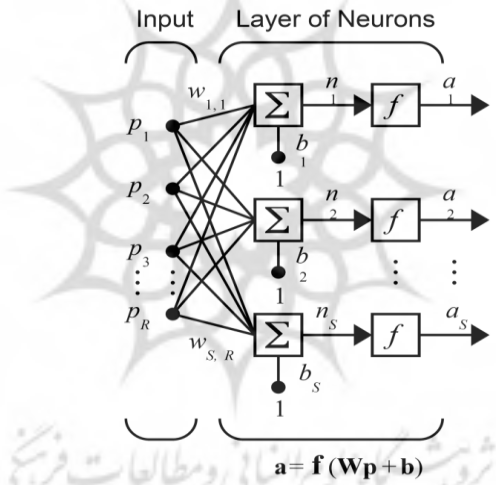
عموماً یک نرون بیش از یک ورودی دارد. شکل ۴-۹ نرونی با R ورودی را نشان می دهد. بردار ورودی با P نمایش داده می شود. اسکالرهای $P_i = (i = 1,2,3 \dots, R)$ عناصر بردار P هستند. مجموعهٔ سیناپس های $W_{1,i}$ عناصر ماتریس W را تشکیل می دهند. در این حالت،W یک بردار سطری با عناصر R,...,j=1,2 و $W_{1,j}$ است. هر عنصر از بردار ورودی P در عنصر متناظر از W ضرب می شود. نرون، یک جمله بایاس (b) دارد که با حاصل ضرب وزن (W) با ورودی P جمع می شود . ورودی خالص n، مطابق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$n = \sum_{i=1}^{p} P_i W_{1,i} + b = wP + b \qquad (۶-۳)$$

که در آن داریم:

$$W = [W_{1,i}, \dots, W_{1,R}] \quad و \quad P = P_1, P_2, \dots, P_R \qquad (۷-۳)$$

در نهایت خروجی به صورت زیر خواهد بود:



شکل۲- نرونی با R ورودی

تکنولوژی شبکه عصبی از چندین جنبه مزیتهای قابل توجهی نسبت به رویکرد سنتی سیستمهای خبره 2 دارد .نخست، از آن جایی که شبکه های عصبی برای ساختاردهی نیازی به پایگاه دانش ندارند، استفاده از آنها در زمینه هایی که دانش اندکی وجود دارد، مناسب است. سیستمهای خبره سنتی، مرزهای موجود در طرحهای درون داد -برون داد را به صورت خطی ارائه می دهند، در حالی که شبکه های عصبی قادرند آنها را به صورت غیر خطی ارائه دهند .این ویژگی شبکه های عصبی در حل برخی مسائل بسیار سودمند است . همچنین، اگرچه در بیشتر نرم افزارهای مربوط به سیستمهای خبره می توان احتمالات مربوط به طبقه بندی را به نوعی در قواعد دخالت داد، به طور معمول این احتمالات باید به صورت صریح و مشخص وارد سیستم شوند. برخی از انواع شبکه های عصبی قادرند این احتمالات را از طریق فرایند آموزش، استنباط کنند. زمانی که درون دادها همبستگی زیادی با هم دارند، سیستم های خبره مبتنی بر قاعده[1] به سختی می توانند از داده های تاریخی، قواعد را توسعه دهند .این مشکل در پارادایم‌های یادگیری شبکه های عصبی وجود ندارد . بالاخره اینکه، عمل پردازش در شبکه های عصبی می تواند با سرعت بیشتری نسبت به سیستمهای سنتی صورت گیرد، زیرا شبکه ها تمامی اطلاعات موجود در مورد یک مساله را بصورت همزمان بررسی می کنند (Medsker *et al* . 1992)

[1]Rule

روش گردآوری اطلاعات

بطور کلی برای جمع آوری اطلاعات در این پایان نامه از اسناد کتابخانه ای استفاده شده است. و از طریق داده های پایگاه اطلاع رسانی مرکز پخش و پالایش فرآورده های نفتی ایران[1] استخراج شده است.

جمع آوری داده ها

مصرف فرآورده های سوختی نفت کوره داده‌های مورد نیاز این پژوهش می باشند که از پایگاه اطلاع رسانی شرکت پالایش و پخش فرآورده های نفتی گردآوری و به‌دست آمده است جهت تجزیه و تحلیل داده های مربوط به مصرف این فرآورده نفتی از سال های ۱۳۰۶ تا سال ۱۳۹۱ جمع آوری شده و مورد استفاده قرار گرفته است. جداول ۴-۱ تا ۴-۴ و نمودارهای ۴-۱ تا ۴-۴ مصرف این فرآورده ها را به تفکیک نشان می دهد.

جدول ۱-میزان مصرف نفت کوره از سال ۱۳۰۶ تا ۱۳۹۱

سال	مصرف نفت کوره در روز (لیتر)	سال	مصرف نفت کوره در روز (لیتر)	سال	مصرف نفت کوره در روز (لیتر)	سال	مصرف نفت کوره در روز (لیتر)
06	5000	27	1,047,000	48	7,726,000	70	35,087,000
07	5000	28	1,156,000	49	8,619,000	71	38,337,000
08	16000	29	1,156,000	50	9,068,000	72	38,997,000
09	14000	30	1,202,000	51	9,255,000	73	42,060,000
10	25000	31	1,353,000	52	11,167,000	74	40,627,000
11	49000	32	1,597,000	53	12,732,000	75	42,571,000
12	55000	33	2,085,000	54	14,167,000	76	44,100,000
13	63000	34	2,175,000	55	16,271,000	77	37,329,000
14	71000	35	2,252,000	56	17,364,000	78	36,112,000
15	71000	36	2,268,000	57	16,899,000	79	39,500,000
16	77000	37	2,395,000	58	17,787,000	80	41,659,000
17	101000	38	2,806,000	59	21,027,000	81	39,593,000
18	246000	39	3,142,000	60	23,611,000	82	37,362,000
19	351000	40	3,348,000	61	24,186,000	83	37,552,000
20	296000	41	3,449,000	62	27,883,000	84	40,700,000
21	430000	42	3,464,000	63	31,312,000	85	42,860,000
22	634000	43	4,129,000	64	32,942,000	86	45,310,000
23	805000	44	4,690,000	65	33,912,000	87	47,200,000
24	759000	45	5,422,000	66	32,374,000	88	45,000,000
25	721000	46	6,115,000	67	33,044,000	89	40,300,000
26	893000	47	7,060,000	68	33,658,000	90	42,900,000
				69	34,315,000	91	51,700,000

نمودارهای رسم شده برای چهار فرآوردهٔ سوختی نفتی تقریباً یک روند رو به رشد را نشان می دهد امّا محصولی همچون نفت سفید در سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۱ افت و خیز هایی در مصرف این محصول دیده می شود. درادامه تعاریفی از محصولاتی همچون نفت سفید ، نفت کوره ، نفت گاز و بنزین موتور در پایگاه اطلاع رسانی شرکت پالایش و پخش فرآورده های نفتی انجام شده است که به شرح ذیل است:

نفت کوره(مازوت): «نفت کوره از بازمانده تقطیر نفت خام در برجهای تقطیر پالایشگاه به دست می آید. این فرآورده به سبب دارا بودن هیدروکربورهای سنگین، به آسانی نمی سوزد و یکی از سوختهای عمده کشتیها و واحدهای بزرگ صنعتی از جمله نیروگاههای برق به شمار می رود.»

[1] www.niopdc.ir

خطاهای پیش‌بینی

هر چه مقدار واقعی سری زمانی (x_t)، به مقدار پیش‌بینی شده آن$(\hat{x}_t)$، نزدیک‌تر باشد، بر صحتبیشتر مدل پیش بینی دلالت دارد. بنابراین کیفیت یک مدل با ارزیابی مقدار خطای پیش‌بینی$(x_t - \hat{x}_t)$ قابل ارزیابی است. در این راستا چهار شاخص عمومی را می‌توان به شرح زیر معرفی کرد:

میانگین قدرمطلق انحرافات (MAD)

میانگین مجذور خطا (MSE)

معادلات زیر نحوه محاسبه هر یک از خطاها را نشان می‌دهد:

$$MAD = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|x_t - \hat{x}_t| \qquad (۱-۴)$$

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(x_t - \hat{x}_t)^2 \qquad (۲-۴)$$

۸-پیش بینی با استفاده از شبکه های هوش مصنوعی

در این قسمت با توجه به داده های جدول ۴-۱ تا ۴-۴ به پیش بینی تقاضا برای هر محصول با توجه به روش شبکه های هوش مصنوعی پرداخته شده است..برای پیش بینی مصرف فراورده های سوختی نفتی از شبکهٔ MLP استفاده شده است، به این ترتیب که مدل کلی از دو لایه پنهان تشکیل شده است که لایه اول دارای چهار نرون و لایه دوم دارای پنج نرون می باشد و تعداد داده های ورودی هر مدل براساس اینکه چند سال را بعنوان ورودی گرفته ایم متفاوت می باشد.

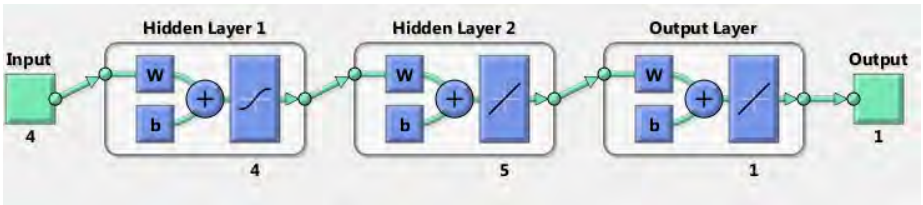
۸-۱-تعداد دوره های ورودی برای پیش بینی نفت کوره

در جدول زیر برای در نظر گرفتن تعداد ورودی ها برای این محصول ابتدا یک سال و در نهایت ده دوره برای ورودی انتخاب شده است که میزان خطا برای هر دوره گرفته شده است، از آنجایی که چهار دوره دارای خطای کمتری نسبت به سایر دوره ها می‌باشد پس در نتیجه چهار دوره به عنوان ورودی گرفته می شود.

جدول۲- تنظیم پارامتر تعداد دوره ها و مقدار خطای آن برای پیش بینی مصرف نفت کوره

دوره	MAD	MSE
1	9.27E+05	3.19E+12
2	9.27E+05	2.67E+12
3	8.72E+05	2.42E+12
4	8.53E+05	1.48E+12
5	6.17E+05	2.02E+12
6	1.02E+06	2.21E+12
7	9.00E+05	2.77E+12
8	1.01E+06	4.30E+12
9	1.00E+06	1.05E+12
10	5.17E+05	1.98E+12

۸-۲ساختار شبکه های عصبی برای نفت کوره



شکل ۳- ساختار شبکهٔ عصبی طراحی شده برای پیش بینی مصرف نفت کوره

همانطور که در شکل ۴-۱۱ دیده می شود این مدل دارای دو لایه پنهان می باشد که در لایه پنهان اول چهار نرون و در لایه دوم پنج نرون وجود دارد و براساس تعداد دوره هایی که برای ورودی انتخاب شده است (چهار دوره), در نتیجه چهار ورودی دارد که در این صورت این چهار ورودی با چهار نرون لایهٔ پنهان ارتباط برقرار می کند و هر کدام یک وزن می گیرد که در نهایت هر یک از این اوزان در جدول ۴-۳۹ ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر وزن مربوط به نرون های لایهٔ اول برای پیش بینی مصرف نفت کوره

	نرون اول از لایهٔ اول	نرون دوم از لایهٔ اول	نرون سوم از لایهٔ اول	نرون چهارم از لایهٔ اول
نرون لایهٔ دوم- نرون یک	1.590556	-0.89524	0.341523	-0.37163
نرون لایهٔ دوم- نرون دو	5.698113	3.121802	-21.9965	24.10676
نرون لایهٔ دوم- نرون سه	22.70293	-24.482	11.98455	-31.0548
نرون لایهٔ دوم -نرون چهار	-11.0052	-8.69981	20.25222	23.33854

در ادامه در لایه دوم از لایه پنهان شماره یک چهار ورودی وارد لایه پنهان دوم می شود که خود لایه پنهان دوم همانطور که گفته شد دارای پنج نرون است، وزن های مربوط به لایه دوم در جدول۴-۴۰ آمده است

جدول ٤-مقادیر وزن مربوط به نرون های لایهٔ دوم برای پیش بینی مصرف نفت کوره

	از لایهٔ نرون اول سوم	از لایهٔ سوم نرون دوم	از لایهٔ سوم نرون سوم	از لایهٔ سوم نرون چهارم
نرون لایهٔ سوم-نرون اول	0.667022	0.449557	-0.73089	0.925641
نرون لایهٔ سوم-نرون دوم	0.535353	0.120463	0.025829	-0.89202
نرون لایهٔ سوم-نرون سوم	0.58721	-0.39926	0.45583	0.486884
نرون لایهٔ سوم-نرون چهارم	-0.00884	0.30944	0.06806	-1.00538
نرون لایهٔ سوم- نرون پنجم	1.261098	0.626346	-0.31478	1.160128

و در نهایت لایه خروجی دارای یک نرون است که پنج ورودی از لایه پنهان دوم دریافت می کند ,مقادیر مربوط به این لایه در جدول۴-۴۱ آمده است.

جدول ٥-مقادیر وزن مربوط نرون های لایهٔ خروجی برای پیش بینی مصرف نفت کوره

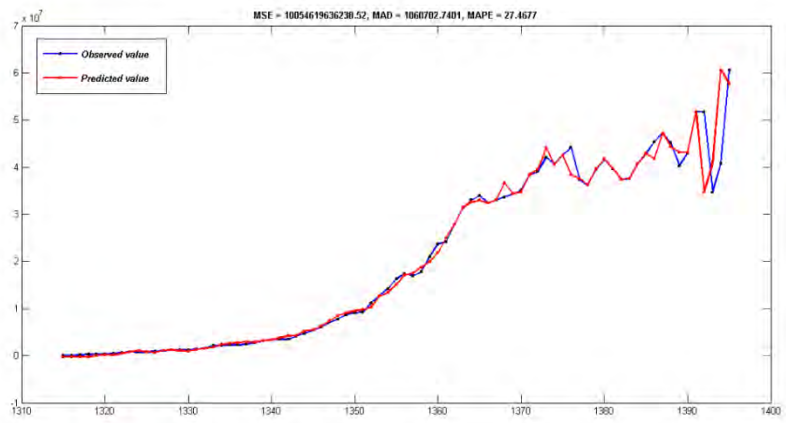
	نرون اول از لایهٔ چهارم	نرون دوم از لایهٔ چهارم	نرون سوم از لایهٔ چهارم	نرون چهارم از لایهٔ چهارم	نرون پنجم از لایهٔ چهارم
نرون لایهٔ چهارم نرون یک	*0.194922*	*0.024745*	*0.586362*	*-0.37262*	*0.647108*

جدول ٦- ضرایب بایاس برای پیش بینی مصرف نفت کوره

لایه پنهان اول	لایه پنهان دوم	لایه خروجی
0.596107	0.673799	۰٫۶۵۷۶۴۹۱۴۹
-4.35278	-0.09556	
-8.05957	-0.37334	
-27.6428	0.106418	
	0.59537	

جدول ۷- مقدار واقعی و پیش بینی شده مصرف نفت کوره با استفاده از ANN

سال	(لیتر در روز) مصرف نفت کوره مقدار واقعی	(لیتر در روز) مصرف نفت کوره مقدار پیش بینی
۱۳۹۱	۵۱۷۰۰۰۰۰	۵۱۶۷۹۱۳۹/۸۸۹۸۵
۱۳۹۲	۵۱۶۷۹۱۳۹/۸۸۹۸۵	۳۴۶۱۱۱۷۰/۹۹۹۴۶۱
۱۳۹۳	۳۴۶۱۱۱۷۰/۹۹۹۴۶۱	۴۰۷۲۴۳۸۳/۵۵۹۵۷۲۵
۱۳۹۴	۴۰۷۲۴۳۸۳/۵۵۹۵۷۲۵	۶۰۶۰۴۴۸۵/۴۷۲۴۷۸۶
۱۳۹۵	۶۰۶۰۴۴۸۵/۴۷۲۴۷۸۶	۵۷۵۸۱۰۸۳/۷۳۲۴۲۶۲



شکل ٤- نمودار مصرف نفت کوره و مقدار پیش بینی شده با استفاده از ANN

بحث و نتیجه گیری

رشد و حتی بقای بیشتر فعالیت های اقتصادی کشورهای در حال توسعه به مسأله تأمین انرژی بستگی دارد. از این رو مسئولان آن کشورها سعی می‌کند با پیش بینی هر چه دقیق تر مصرف انرژی و برنامه ریزی صحیح در هدایت مصرف، پارامترهای عرضه و تقاضای انرژی را به نحو مطلوب کنترل کنند.در این پژوهش با استفاده از تکنیک قدرتمند شبکه های عصبی مصنوعی مقادیر مصرف نفت کوره برآورد گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که خروجی مدل شبکه های مصنوعی نسبت به سایر روش های سری زمانی ازجمله رگرسیون و الگوریتم فراابتکاری ازدحام ذرات از دقت بالاتری برخورداراست. به طور کلی شبکه‌های عصبی مصنوعی در تمام شاخص های ارزیابی نسبت به معادلات رگرسیونی نتایج بهتری را نشان می دهد، به طور کلی نتایج مطالعات گذشته انجام شده در حوزهٔ پیش بینی قیمت و مصرف انرژی همچون احمدی قراچه (۱۳۸۵) ، امین ناصری و کوچک زاده (۱۳۸۷)، ابریشمی و همکاران (۱۳۸۷)، پورکاظمی و اسد(۱۳۸۸)، منهاج و همکاران (۱۳۸۹)، صادقی و همکاران(۱۳۹۰)، دشتی رحمت آبادی و همکاران (۱۳۹۰)، علیرضا ناصرصدرآبادی و زهرا نعمتی(۱۳۹۳)، مبنی بر دقت بیشتر مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی بر مدل های رگرسیونی را تایید می کند. در این تحقیق نیز سعی بر آن شد تا با کاربرد الگوریتم شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش بینی در حوزهٔ انرژی ، دقت این روش نسبت به سایر روش ها ارزیابی گردد.

مراجع

۱- آماده ح.، تحلیل اقتصادسنجی تقاضای نفت گاز در زیربخش حمل و نقل جاده‌ای مقایسه رهیافت هم انباشتگی و STSM، فصلنامهٔ مطالعات اقتصاد انرژی ایران، سال دهم، شماره ۳۹، صص ۷۵-۵۱، ۱۳۹۲.

۲- ابراهیمی م.، آل مراد م.، پیش‌بینی تقاضای انرژی برای بخش حمل و نقل ایران در افق زمانی ۱۴۰۴ با استفاده از مدل ARIMA، شریف ویژه مهندسی عمران، دوره ۲۷-۲، شماره۳، صص ۷۲-۶۷، ۱۳۹۰.

۳- صادقی ح.، افضلیان ع.ا.، حقانی م.، پیش بینی تقاضای بلند مدت انرژی الکتریکی با استفاده از الگوریتم ترکیبی عصبی – فازی و انبوه ذرّات، فصلنامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی، شماره ۱۰، ۱۳۹۱.

۴- یوسفی، محمدی، معرف زاده، پیش بینی مقدار تقاضای نفت خام در ایران با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی(ANN)، فصلنامهٔ اقتصاد انرژی ایران، سال دوم، شماره ۷، صص ۱۷۰-۱۲۷، ۱۳۹۲.

۵. Diptam, D., Argha, R., Kaustav, Ch., Training artificial neural network using particle swarm optimization algorithm, *InternSational Journal of Advanced Research in computer science, Software Engineering*, Vol. 3,Issue 3, 2013.

۶. Ekonomou, L., Greek long-term energy consumption prediction using artificial neural network, *Energy*, Vol. 35, pp512-7, 2010.

۷. Hongshens, Su., Chaos, Quntum-behaved particle swarm optimization based on neural network for short-term load forcasting, *Proced in Engineering*, No. 15, pp 199-203, 2011.

۸. Zhang, G., K.F.Yuen, K., Toward a hybrid approach of pritive cognitive network process and particle swarm optimization Neural Network for forecasting, *Proced in Computer science*, No. 11, pp 441-448, 2013.