دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

پیش‌بینی میزان مصرف اسید سولفوریک در پتروشیمی توسط شبکه عصبی

دانش صادقی[1] و سید محمدرضا موسوی میرکلائی[2]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، daneshkopc1370@gmail.com

[2] استاد دانشکده مهندسی برق دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، M_Mosavi@iust.ac.ir

چکیده

امروزه در صنایع مختلف بخصوص پتروشیمی‌ها استفاده از اسید سولفوریک بسیار کاربرد دارد. همچنین، تاحدود زیادی این صنعت برای خنثی سازی آب در تصفیه خانه‌های خود و برای کاهش PH آب به این ماده شیمیایی وابسته است. از این رو، پیش‌بینی میزان مصرف آن اهمیت زیادی دارد. در این تحقیق سعی شده است توسط شبکه عصبی میزان مصرف اسید سولفوریک را با کمترین میزان خطای ممکن (۰,۰۹) هم بصورت سالانه و هم بصورت روزانه پیش‌بینی نماییم. در آخر نتیجه می گیریم که شبکه عصبی با بهترین حالت ممکن، می‌تواند دستیار مناسبی برای واحد پتروشیمی جهت میزان مصرف اسسید سولفوریک در این صنعت باشد. در این پژوهش، از ابزارهای محاسباتی نرم افزار MATLAB و داده‌های واقعی در صنعت استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی

اسید سولفوریک، پتروشیمی، سری‌های زمانی، شبکه عصبی مصنوعی.

۱. مقدمه

اسید سولفوریک یک خورنده قوی است که بخش زیادی از باران های اسیدی را تشکیل می‌دهد و قطرات باران با آلاینده‌های موجود در هوا واکنش داده و تولید اسید می کند. این ماده تا حدودی خطرناک است و با فلزات نیز واکنش می‌دهد و هر چه قدر دمای آن بالاتر رود، مقدار این واکنش بیشتر است، ولی بر روی جیوه و سرب تاثیری ندارد. اسید سولفوریک به نام اسید ماتلینگ یا روغن ویتریول نیز شناخته می‌شود و ماهیت اسیدی قوی داشته و خورنده است. در غلظت‌های بالاتر، به عنوان یک عامل اکسید کننده و عامل خشک کننده عمل می کند. این مایع شربتی است که بی بو و بدون رنگ بوده و محلول در آب است و با حل شدن در آب گرما آزاد می کند. از سولفوریک اسید به طور گسترده ای در تولید کود و همچنین درتصفیه خانه‌ها و پتروشیمی‌ها استفاده می‌شود.

در این تحقیق، به دلیل استفاده بسیار زیاد این ماده در صنعت روشی ارائه شد تا مقدار مصرف واقعی اسید را پیش‌بینی نماییم. بسیاری از مواقع به دلیل سفارش کم این ماده مهم موجب شده تا فرآیند تولید در واحد صنعتی تا زمان دریافت مجدد اسید سولفوریک، متوقف شود. در نتیجه، در این تحقیق با استفاده از سری‌های زمانی می‌توانیم میزان مصرف اسید را باتوجه به داده‌های سال‌های قبل، بدرستی پیش‌بینی نماییم تا از میزان مصرف این ماده شیمیایی مهم مطلع شویم.

۲. مشخصات فیزیکی اسید سولفوریک

سولفوریک اسید مایعی شفاف، بی رنگ و روغنی است.

نقطه ذوب: ۱۰,۳۵ درجه سانتی گراد

نقطه جوش: ۳۳۸-۳۱۵ درجه سانتی گراد

چگالی بخار: ۳,۴

وزن مخصوص: ۱,۸۴.

۱,۲. مشخصات شیمیایی سولفوریک اسید

این اسید در سه خلوص مختلف شامل موارد زیر تولید می‌شود:

- ✓ سولفوریک اسید ۹۸ درصد
- ✓ سولفوریک اسید ۵۰ درصد
- ✓ سولفوریک اسید ۳۵ درصد

ا سید سولفوریک ۹۸ در صد خورنده ا ست و بخش عمده ای از باران ا سیدی را ت شکیل می‌دهد. قطرات آب به هنگام بارش با آلاینده‌های معلق در هوا، واکنش می‌دهند و تولید اســـید می کنند. در واقع، قطرات آب با فلزات واکنش می‌دهد و هر چه دما بالاتر رود، میزان این واکنش بی‌شتر خواهد شد، اما تاثیری روی جیوه و سرب ندارد. سولفوریک در لیست مواد خطرناک قرار گرفته ا ست. ا سید سولفوریک به دلیل تمایل زیاد برای جذب بخار آب، به طور طبیعی و کاملا خالص روی زمین وجود ندارد.

واکنش ا سید سولفوریک با فلزات چگونه ا ست؟ واکنش ا سید سولفوریک با اج سامی که در آن‌ها فلز وجود دارد و ب صورت کلی با فلزات سریعا واکنش می‌دهد و مثل تمامی عنا صر شیمیایی هرچه دما بی شتر با شد، میزان و سرعت واکنش نیز افزایش پیدا می کند. واکنش شیمیایی اسید سولفوریک با اجسام فلزی دارای یک استثناء است، زیرا این اسید بسیار قوی بر روی فلزات جیوه و سرب هیچ اثری ندارد.

سولفوریک ا سید مایعی با نقطه جوش بالا، در حدود ۱۰ درجه سانتی گراد ا ست. همچنین، ویسکوز ا ست و گرانروی زیادی دارد. این ماده دارای مولکول هایی با گ شتاور قطبی ا ست که می‌توانند با یکدیگر پیوند هیدروژنی برقرار کنند. همین شرایط مولکولی سبب می شوند که سولفوریک ا سید به خوبی در آب حل شود. بنابراین، می‌تواند محلول های ا سیدی ب سیار مختلفی تولید کند. سولفوریک ا سید یک مایع بسیار قطبی است و دارای یک قطر دی الکتریک در حدود ۱۰۰ است [۱].

۲,۲. انواع اسید سولفوریک

اسید سولفوریک در گریدهای زیر تولید می‌شود:

ا سید سولفوریک صنعتی: ا سید سولفوریک صنعتی به عنوان یکی از قوی ترین ا سیدهای موجود در بازار، بیشترین مصرف را در صنایع مختلف و به منظور تولید محصولات گوناگون و کاربری های متفاوت از جمله مواد شوینده، پالایش نفت، تولید اسید باتری و غیره دارد.
ا سید سولفوریک آزمایشگاهی: این گرید از سولفوریک ا سید در بسیاری از آزمایش‌های شیمی همچون آماده سازی نمونه جهت تعیین درصد آب اکسیژنه در محصولات مختلف قابل استفاده است. همچنین، اسید سولفوریک آزمایشگاهی به دلیل قدرت بالای آن، برای شست و شوی ظروف آزمایشگاهی که حاوی رسوب هستند، استفاده می‌شود.
اسید سولفوریک خوراکی: در برخی از نقاط مانند اروپا (طبق استاندارد E513 اتحادیه اروپا) تولید کننده‌های مواد غذایی از محلول‌های بسیار رقیق ا سید سولفوریک خوراکی برای ا ستفاده در مواد غذایی به عنوان کنترل کننده PH و نگهدارنده به منظور جلوگیری از رشد باکتری و میکروب‌های مضر استفاده می کنند. اسید سولفوریک خوراکی مصارف بسیار خاصی داشته و در حال حاضر موجود نمی‌باشد.

۳,۲. فرآیند تفکیک اسید سولفوریک

اسید سولفوریک ۹۸ درصد غلیظ بوده و از خلوص بالایی برخوردار است و پایداری بیشتری دارد. همچنین، خورندگی بالایی برای فلزات، بافت زنده و غیره دارد.
این ماده از هدایت الکتریکی بالایی برخوردار است، به گونه ای که طی فرآیندی به نام اتوپروتولیز در اثر تفکیک از طریق پروتون‌سازی (H^+) و توانایی جذب این هیدروژن اسیدی به وسیله جفت الکترون غیر پیوندی ایجاد می‌شود. اسید سولفوریک رایج‌ترین ماده شیمیایی برای کاهش PH در تصفیه آب است، اگرچه در بعضی مواقع از دی اکسید کربن نیز به خصوص در رابطه با آهک برای افزایش قلیایی استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که تفکیک اسید سولفوریک طی دو مرحله و ابتدا به صورت کامل (به دلیل پایداری فرم رزونانسی در این مرحله) تفکیک می‌شود.

$$H_2SO_4 + H_2O \rightarrow HSO_4^- + H_3O^+$$

در مرحله دوم به دلیل سخت جدا شدن یون H_3O^+ از آنیون هیدروژن سولفات، تفکیک به صورت کامل نبوده و در نهایت واکنش تعادلی خواهد بود.

$$HSO_4^- + H_2O \Leftrightarrow H_3O^+ + SO_4^{2-}$$

۴,۲. کاربردهای اسید سولفوریک

اسید سولفوریک یکی از مواد پرکاربرد در صنایع مختلف است که در ادامه شرح داده می‌شود:

کاربرد اسید سولفوریک در تولید مواد شوینده:

ا سید سولفوریک قدرت هیدرولیز بسیار قوی دارد و قادر به حل نمودن چربی ها و لیپیدها است. لذا، به عنوان حلال چربی‌ها و لیپیدها در تولید شوینده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کاربرد سولفوریک اسید در تولید کودهای شیمیایی:

اسید سولفوریک کشاورزی یکی از پرکاربردترین مواد شیمیایی در جهان است. این اسید بیشترین استفاده را در تولید کودهای شیمیایی و جبران کمبود گوگرد خاک دارد. اسید سولفوریک کشاورزی میزان قلیایی بودن خاک و آب را کاهش می‌دهد تا تهویه خاک به درستی انجام شود. حدود ۶۰ درصد از بازار مصرف این ماده، مختص به تولید این کودها است.
از اسید سولفوریک جهت تولید کود آمونیوم سولفات استفاده می شود. این کود برای جبران گوگرد در خاک، مناسب است. زمانی که اسید سولفوریک را به خاک اضافه می کنیم، با آهک های موجود در خاک واکنش می‌دهد و باعث تولید سولفات کلسیم آبدار می شود که به عنوان گچ کشاورزی معروف است. همچنین، این واکنش باعث تولید سولفات منیزیم می شود. از سولفوریک اسید جهت تولید کودهایی همچون سوپر فسفات ها و فسفات آمونیوم نیز استفاده می‌شود.
از مزایای اسید سولفوریک ۹۸ درصد برای باغ‌های کشاورزی، مزارع و باغچه ها این است که میزان قلیایی بودن خاک و آب را کاهش می‌دهد. چنانچه از این ماده به صورت منظم برای خاک استفاده شود، باعث می شود که تهویه خاک به درستی انجام شود و میزان نفوذ پذیری خاک افزایش یابد. در صورت استفاده از اسید سولفوریک، میزان شوری خاک کاهش پیدا می کند.

ترکیبات نفتی محیط زیست را به شدت آلوده می کنند و سبب خوردگی در دستگاه‌ها و تجهیزات پالایشگاه می شوند. در پالایش نفت، دو نوع تصفیه شیمیایی و تصفیه با هیدروژن داریم که پالایش با اسید سولفوریک از نوع تصفیه شیمیایی است [۲].

۵,۲. کاربرد اسید سولفوریک در محلول های اسیدی تصفیه آب RO

آب ورودی به دستگاه آب شیرین کن RO دارای PH خنثی و یا مقداری اسیدی است، زیرا سبب افزایش حلالیت یون‌های فلزی در سطح ممبرین‌ها و در نتیجه کاهش میزان گرفتگی ممبرین‌ها می شود. در این جا یک واحد تزریق اسید داریم تا PH را تنظیم کند. تزریق اسید باعث کاهش PH آب می‌شود و از آن برای شست و شو ممبرین‌ها دستگاه تصفیه آب RO یا CIP استفاده می کنیم [۳].

شکل ۱. واحد تزریق اسید سولفوریک.

۳. شبکه عصبی

شبکه عصبی مصنوعی یک سامانه پردازش کننده داده است که در دنیای امروزی بسیار پرکاربرد است و مانند مغز انسان عمل می‌نماید تا یک مسئله را حل نمایند. این شبکه از سه قسمت ورودی، لایه پنهان و لایه خروجی تشکیل شده است [۴].

پس از تعیین مقادیر ورودی و خروجی و لایه پنهان نیاز به الگوریتم‌های آموزشی و توابع فعال ساز جهت تعلیم و ارزیابی شبکه داریم. ابتدا یک سری داده برای این شبکه‌ها تعریف می شود و بعد از اعمال یک سری الگوریتم‌های آموز شی خاص و اخت صاص دادن مقادیر خاصی از داده‌ها برای آموزش، ارزیابی و آزمون شبکه، نتایج نهایی این شبکه عصبی که شامل دقت و صحت آن می‌باشد را می‌توان مشاهده کرد [۵].

در شبکه عصبی نورون‌های هر لایه با نورون لایه بعدی در ارتباط هستند. وزن‌های مثبت در شبکه عصبی، موجب تحریک یا فعال کردن گره غیرفعال بعدی می‌شوند و وزن‌های منفی، گره متصل بعدی را غیرفعال یا مهار می‌کنند.

شبکه‌های عصبی بسیار پرکاربرد هستند که از جمله کاربردهای شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توان به موارد زیر ا شاره کرد: پردازش تصویر و دید، پردازش علائم (شامل: تشخیص تومورها و تجزیه و تحلیل علائم همچون علائم راهنمایی و رانندگی و ...)، ت شخیص الگوها (شامل: ت شخیص چهره، ت شخیص ارتعاش و در صد آن)، انواع د ست‌نو شته‌ها (شامل: تجزیه و تحلیل و تشخیص انواع نوشته‌ها حتی نوشته‌های قدیمی، تشخیص و تحلیل نوار قلب (الکتروکاردیوگرافیک)، تشخیص سرما خوردگی)، سیستم نظامی (شامل: تشخیص و تعیین محل دقیق مین‌ها، شناسایی صداهای نابه‌هنجار و نویز در رادارها و شناسایی دشمن

از راه دور)، سیستم‌های تجاری (شامل: تجزیه و تحلیل لوازم و وسایل داخل مغازه‌ها، ارزیابی واقعی ساختمان‌ها و ... ارزیابی دقیق قیمت مسکن، پیش‌بینی میزان بارش در چند سال آینده)، هوش مصنوعی (شامل: برخی سیستم‌های پزشکی و سیستم‌های هوشمند انرژی)، سیستم‌های قدرت (شامل: برآورد وضعیت نیروگاه‌ها، ردیابی سریع خطاها در انواع سیستم‌های برقی و ردیابی انواع خطاهای داخل سیستم و ترمیم آن‌ها، پیش‌بینی و برآورد تخمین قیمت نفت و گاز).

شبکه‌های عصبی مصنوعی کاربردهای بسیار فراوانی مانند: ارزیابی ریسک، کنترل هواپیما بدون خلبان، کنترل کیفیت، ارزیابی کیفیت آب، آزمایشگاه‌ها، تحلیل و ارزیابی ریسک صنایع نفت و گاز، تشخیص کیفیت ترمز اتومبیل، برآورد سود وام، شناسایی و تشخیص انواع بیماری، ارزابی کیفیت داروها، کنترل صنعتی، تشخیص سرطان، تشخیص دیابت، شناسایی و ارزیابی دقیق زیردریایی‌ها، تشخیص پلاک خودرو و تشخیص انواع اثر انگشت و چهره و بسیاری دیگر از موارد، دارند [۶].

پیش‌بینی سری زمانی یک مساله مهم کاربردی است که در بسیاری از زمینه‌ها نظیر پیش‌بینی وضع هوا، اقتصاد ، کنترل و ... استفاده می شود. مساله سری زمانی به عنوان یک مساله شناسایی سیستم در نظر گرفته شده است، درحالیکه ورودی‌های سیستم مقادیر گذشته سری زمانی‌اند و خروجی مطلوب مقدار آینده آن است.

به عنوان مثال، اگر X یک بردار باشد، سری زمانی را می‌توان به صورت زیر نشان داد؛ که در آن t بیانگر زمان و X نیز یک متغیر تصادفی است [۷].

$$X(t),\ t=0,1,2,\ \ldots$$

طبق این تعریف، زمان t=0 نیز قابل تعریف است. این لحظه می‌تواند زمان تولد یک پدیده یا هنگامی باشد که اولین اطلاعات در آن لحظه ثبت شده است. به این ترتیب، X(t) متغیر تصادفی X را در زمان t نشان می‌دهد. مقدارهای مشاهده شده این متغیر تصادفی دارای ترتیبی هستند که زمان وقوع هر داده را نشان می‌دهند.

اگر متغیر تصادفی X، یک بعدی باشد، یعنی از بین ویژگی‌های مختلف یک پدیده فقط از یکی ویژگی برای ایجاد مدل سری زمانی استفاده شود، مدل را یک متغیره (Univariate) می‌نامند. ولی اگر از چندین ویژگی برای ایجاد مدل سری زمانی استفاده شود، مدل سری زمانی را «چند متغیره (Multivariate) می‌گویند [۸-۱۰].

۴. روش بررسی

برای پیش‌بینی میزان مصرف اسید سولفوریک، ابتدا بایستی یک پایگاه داده برای ورودی شبکه تعریف کنیم. این پایگاه داده شامل مصرف روزانه اسید سولفوریک در ۱۲ سال گذشته است که توسط آن می‌توانیم میزان مصرف ماهانه و سال بعد را نیز پیش‌بینی نماییم. در نتیجه، این پایگاه داده که شامل یک فایل اکسل است، حاوی اطلاعات ۴۳۸۰ روز مصرف اسید سولفوریک می‌باشد. پس از تعریف پایگاه داده، برای شبکه برای بدست آوردن میزان مصرف اسید سولفوریک به صورت ماهانه ورودی شبکه به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود:

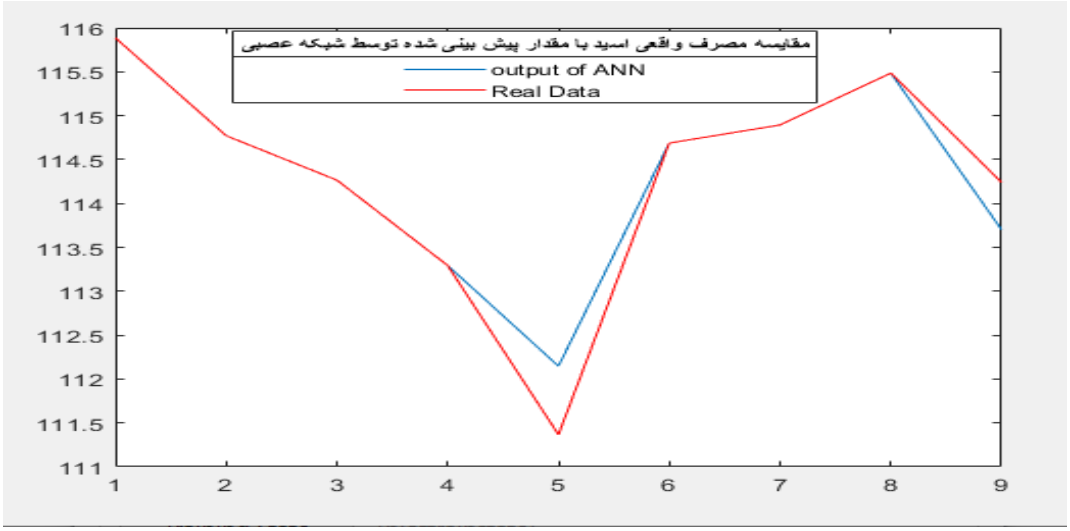
$$((i-1)*30+1 : (i*30)) \qquad (۱)$$

که در این رابطه، i معرف روزهای ماه است. به عنوان مثال، با جایگذاری عدد ۱ ماه اول و عدد ۲ ماه دوم و الی آخر بدست می‌آید.

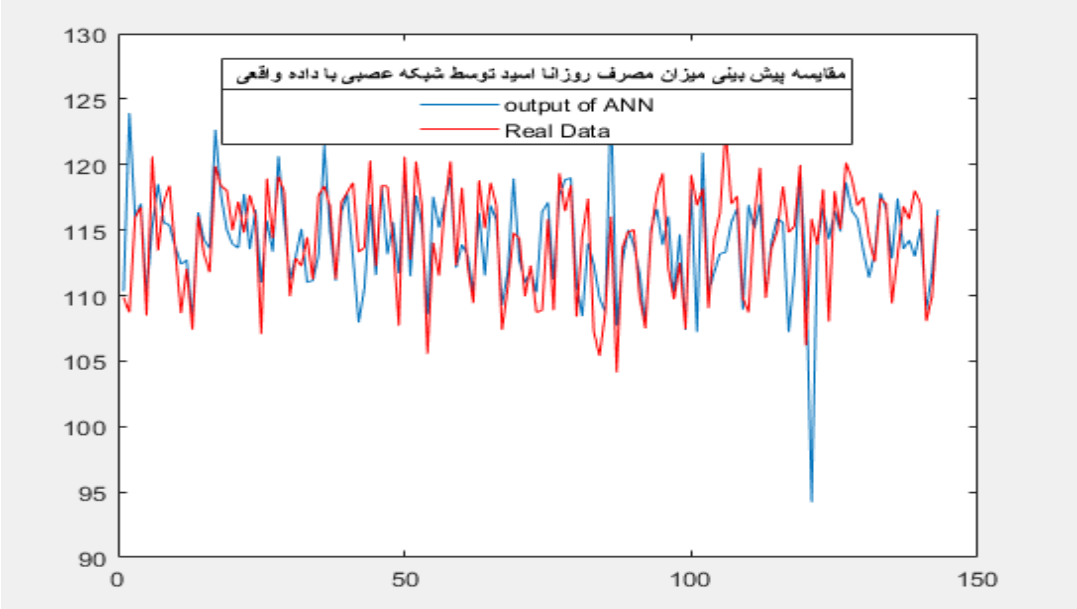
۵. نتایج

پس از تعریف داده برای شبکه عصبی و برنامه نویسی نوسط نرم‌افزار متلب پیش‌بینی سالانه و ماهانه به صورت شکل‌های (۲) و (۳) بدست می‌آید. در روش مقایسه سالانه تقریبا می‌توان گفت که پیش‌بینی شبکه عصبی با مصرف داده‌های واقعی یکی است و با دقت بسیار بالایی پیش‌بینی را انجام می‌دهد. میزان مقدار حداقل مربعات خطا در جدول (۱) نشان داده شده است. هرچقدر میزان Fitnet شبکه بالاتر رود، میزان خطا کمتر می‌شود. اما این مقدار نباید بسبار زیاد شود، زیرا شبکه وارد Overfit می‌شود و پیش‌بینی با مشکل مواجه خواهد شد.

پیش‌بینی به طور روزانه نیز با خطای کم انجام شده است، اما باید به این نکته توجه داشت که در قسمت‌های شارپ نمودار، نباید از شبکه انتظار داشت که این قسمت‌های شارپ را نیز دنبال کند.



شکل ۲. مقایسه مصرف واقعی سالانه اسید سولفوریک با مقدار پش‌بینی شده توسط شبکه عصبی.



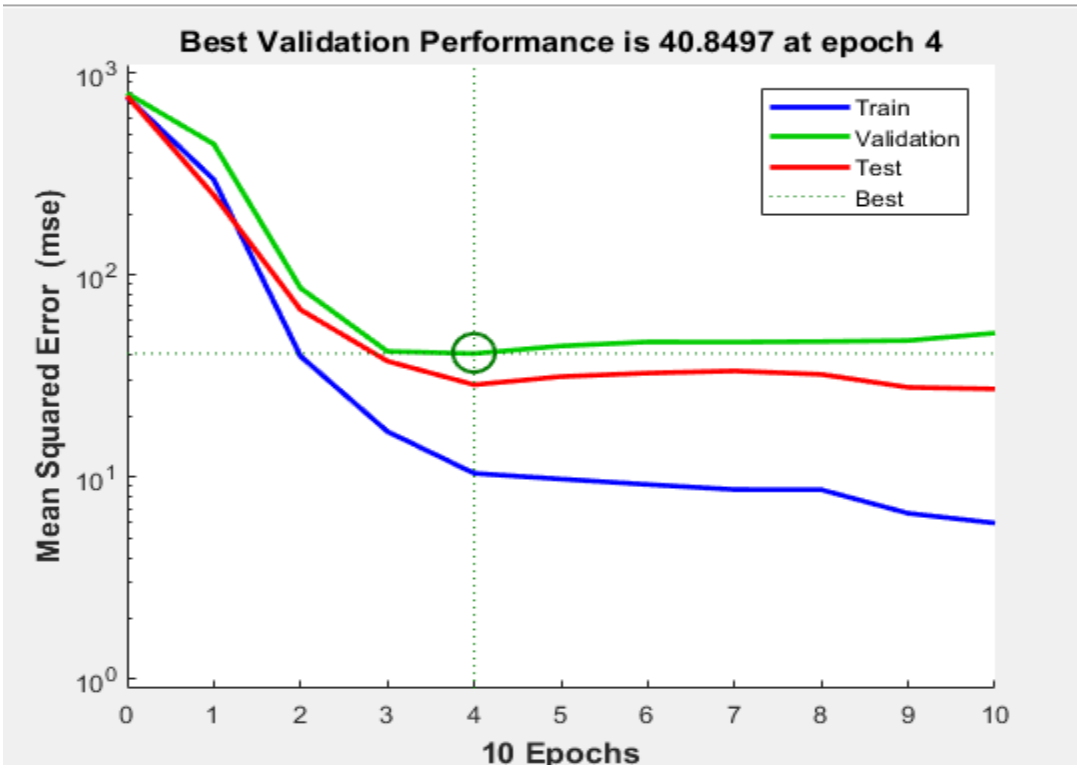
شکل ۳. مقایسه مصرف واقعی روزانه اسید سولفوریک با مقدار پش‌بینی شده توسط شبکه عصبی.

جدول ۱. مقادیر حداقل مربعات خطا در حالت‌های مختلف

ردیف	Fitnet	Mse
۱	10	0.095
۲	15	0.086
۳	20	0.084
۴	25	0.076

۵	30	0.074

شکل (۴) میزان Performance شبکه عصبی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، بهترین عملکرد شبکه در epoch4 می‌باشد که هر سه حالت شبکه یعنی آموزش، اعتبار سنجی و آزمون شبکه دارای کمترین خطا هستند.



شکل ۴. کارآیی شبکه عصبی.

۶. نتیجه‌گیری

انتخاب یک شبکه عصبی با الگوریتم آموزشی و ساختار مناسب می‌تواند ابزار مناسبی و بسیار توانمندی برای پیش‌بینی یک سری زمانی فراهم کند. نتیجه پیش‌بینی می‌تواند تا آن اندازه با دقت باشد که کل سری زمانی را قدم به قدم پیگیری نماید. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل سری زمانی در جهت پیش‌بینی میزان مصرف سالانه و روزانه اسید سولفوریک نتایج بسیار خوبی با کمترین میزان خطا داشت. در پتروشیمی‌ها و دیگر صنایع مختلف مواد شیمیایی‌های مختلف دیگری نیز وجود دارد که با استفاده از این مدل می‌توانیم میزان مصرف آن‌ها را نیز با دقت بسیار بالا بدست بیاوریم. نکته حائز اهمیت در این تحقیق این بود که از داده‌های واقعی جهت آموزش شبکه استفاده شد، اما درصورتی که از داده‌های واقعی استفاده نشود، ممکن است که نتایج بنحو دیگری بدست بیاید. در نتیجه، استفاده از داده‌های واقعی می‌تواند ما را بهتر به نتایج واقعی نزدیک‌تر نماید.

منابع

[1] A. J. Aerts and A. Jacob, “Epoxide Yield Determination of Oils and Fatty Acid Methyl Esters using 1H NMR”, J. Am. Oil Chem. Soc, 81, pp.841-846, 2004.

[2] C. Bueno-Ferrer, M. C. Garrigós, and A. Jiménez, "Characterization and Thermal Stability of Poly (Vinyl Chloride) Plasticized with Epoxidized Soybean Oil for Food Packaging", Polymer Degradation and Stability, Vol.95, No.11, pp.2207-2212, 2010.

[3] E. Salzano, A. Garcia Agreda, V. Russob, and M. Di Serio, "Elio Santacesaria, Safety Criteria for the Epoxydation of Soybean Oil in Fed-Batch Reactor", Chemical Engineering Transactions, Vol.26, pp.39-44, 2012.

[4] A. R. Oromiehie and A. Mamizadeh, "Recycling PET Beverage Bottles and Improving its Properties, Polym. Int., Vol.53, pp.728-732, 2004.

[5] ناصر جاوید، ۱۳۹۳. مدل سازی ریاضی در مدیریت زنجیره تامین، دومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، تهران، ایران، ۱۴-۲۰.

[6] A. Egesoy and A. Guzel, "Fuzzy Logic Support for Requirements Engineering", Iranian Journal of Public Health, Vol.49, No.2, pp.1330-1354, 2021.

[7] B. D. João Filho, J. M. de Seixas, R. Galliez, B. de Bragança Pereira, F. C. de Q Mello, A. M. dos Santos, and A. L. Kritski, "A Screening System for Smear-Negative Pulmonary Tuberculosis using Artificial Neural Networks", Int J Infectious Diseases, 2016.

[8] I. Animah and M. Shafiee, "Application of Risk Analysis in the Liquefied Natural Gas Sector", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol.63, No.10, pp.1058-1072, 2020.

[9] A. Salami and O. Hosseini, "A Fuzzy Inference System Applied to Value of Information Assessment for Oil and Gas Industry", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol.2, No.2, pp.1-18, 2019.

[10] W. Wang and X. Xinwang, "New Approach for Occupational Risk Evaluation of Natural Gas Pipeline Construction with Extended Cumulates Prospect Theory", International Journal of Fuzzy System, Vol.23, No.1, pp.158-181, 2021.