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 آب آتش‌نشانی مورد نیاز هنگام حادثه در پتروشیمی توسط شبکه عصبی GMDH

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

داشتن اطلاعات مربوط به میزان مصرف آب جهت اطفاءحریق و طراحی مناسب سیستم آتش‌نشانی در صنایع پتروشیمی و دیگر صنایع بسیار حائز اهمیت است. در بسیاری از حوادث نداشتن اطلاعات مربوط به میزان آب مصرفی جهت اطفاءحریق، موجب ضررهای جبران‌ناپذیری شده است. در این تحقیق سعی شده است توسط شبکه عصبی، میزان مصرف آب آتش‌نشانی را با کمترین میزان خطای ممکن (۰,۰۱) در هر حادثه احتمالی، پیش‌بینی نماییم. در آخر نتیجه می‌گیریم که شبکه عصبی GMDH با بهترین حالت ممکن، می‌تواند دستیار مناسبی برای واحد آتش‌نشانی جهت پیش‌بینی میزان آب لازم جهت اطفاءحریق در نقاط گوناگون واحد صنعتی باشد. در این پژوهش، از ابزارهای محاسباتی نرم افزار MATLAB و داده‌های واقعی مربوط به میزان آب مصرفی جهت اطفاءحریق استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی

آتش‌نشانی، پتروشیمی، شبکه عصبی GMDH.

۱. مقدمه

استفاده از آب آتش‌نشانی در صنایع مختلف افزایش پیدا کرده است. درنتیجه، پیش‌بینی میزان آب مورد نیاز جهت اطفاءحریق و همچنین طراحی سیستم آتش‌نشانی بسیار حائز اهمیت است. در این تحقیق ضمن توضیح نحوه محاسبه آب مورد نیاز برای مخازن و سایر خط آتش‌نشانی از شبکه عصبی GMDH جهت پیش‌بینی دقیق میزان آب مورد نیاز جهت اطفاءحریق استفاده می‌شود. در بسیاری از مواقع، نفرات آتش‌نشان برای میزان آب مورد نیاز هنگام وقوع حریق بایستی حتما آمار دقیقی از میزان آب مورد نیاز جهت اطفاءحریق و طراحی سیستم آتش‌نشانی در زمان پروژه اطلاع لازم را داشته باشند. درصورتی که واحد آتش‌نشانی اطلاعات دقیقی در این زمینه نداشته باشند، ممکن است به مشکلاتی از موارد زیر روبرو شوند:

- ✓ طراحی نامناسب مخازن آب.
- ✓ طراحی نامناسب خطوط آب آتش‌نشانی از جمله: هایدرانت‌ها، مانیتورها، اسپرینکلرها و ...

در این تحقیق، به دلیل اهمیت زیاد این موضوع روشی ارائه شد تا مقدار مصرف واقعی آب مورد نیاز آتش‌نشانی هنگام وقوع حادثه را پیش‌بینی نماییم. بسیاری از مواقع به دلیل نداشتن آب کافی یا عدم اطلاع از آب مورد نیاز جهت اطفاءحریق حوادث جبران‌ناپذیری بوجود آمده است. در نتیجه، در این تحقیق با استفاده از سری‌های زمانی شبکه GMDH می‌توانیم میزان آب مورد نیاز جهت اطفاءحریق را باتوجه به داده‌های میزان آب مصرفی در حوادث قبل، بدرستی پیش‌بینی نماییم تا از میزان مصرف آب آتش‌نشانی جهت طراحی و ساخت مخازن ذخیره آب آتش‌نشانی و همچنین طراحی سیستم خطوط آب آتش‌نشانی اطلاعات لازم را داشته باشیم.

۲. الزامات تامین آب آتش نشانی

سند اصلی که مقررات فنی ایمنی آتش‌سوزی را تشکیل می‌دهد، قانون فدرال ۱۲۳ است. بر اساس آن، مجموعه‌ای از قوانین (SP) تحت شماره ۸ * ۱۳۱۳۰ ایجاد شده است که الزامات تامین آب آتش‌نشانی را تعیین می‌کند. آنها به منابع آب، ذخایر آن و همچنین مصرف خاموش کردن آتش در شرایط خاص مربوط می‌شوند.

همچنین، این سند الزامات قوانین ایمنی آتش نشانی را برای تامین آب آتش‌نشانی، تجهیزات الکتریکی، سازه‌ها، ایستگاه‌های پمپاژ و شبکه‌های مورد استفاده در آن تعیین می‌کند. در مورد نصب خود خطوط لوله، مطابق با استانداردهای فعلی انجام می‌شود که دامنه آن به ساخت شبکه‌های آبرسانی خارجی یا داخلی می‌رسد [۱].

۱,۲. مخزن آب آتش نشانی

ظرفیت منبع ذخیره آب آتش نشانی، مقدار آبی است که از بالای لوله خروجی تا زیر شناور آب ورودی به منبع وجود دارد وحداقل باید معادل مقدار آب مورد نیاز متناسب با کلاس آتش نشانی مورد استفاده باشد.

بر اساس استاندارد NFPA در ساختمان‌های مجهز به جعبه آتش‌نشانی با شیر آتش‌نشانی یک و یک دوم اینچ، میزان مصرف بر مبنای مصرف ۵۰ گالن آب در دقیقه برای هر جعبه و استفاده همزمان از دو جعبه آتش‌نشانی تعیین می‌شود.

حجم مخزن آب آتش نشانی می‌بایست پاسخگوی این مصرف به مدت ۳۰ دقیقه باشد. در ساختمان‌هایی که سطح زیر بنای هریک از طبقات آن کمتر از ۸۰۰ مترمربع است می‌توان به جای جعبه آتش‌نشانی از هوزریل استفاده نمود.

در این شرایط، حداقل مقدار آب خروجی از هر هوزریل ۲۰ گالن در دقیقه است. برای اماکن مجهز به هیدرانت آتش‌نشانی حداقل میزان مصرف ۵۰۰ گالن در دقیقه تعیین می‌شود. در شبکه‌های مجهز به اسپرینکلر، ظرفیت مخزن بر اساس مصرف ٪۲۵ از اسپرینکلرها به مدت ۲۰ دقیقه تعیین می‌شود.

معمولا حداقل مقدار آب خروجی از هراسپرینکلر ۸ گالن در دقیقه در نظر گرفته می‌شود. اما بر اساس ضوابط سازمان آتش نشانی استان تهران، مخازن آتش نشانی در ساختمان‌های تا ارتفاع ۲۱ متر می‌بایست پاسخگوی مصرف همزمان یک جعبه و دو هوزریل به مدت ۱۰ دقیقه باشد.

حجم مخازن آب آتش نشانی در ساختمان های بزرگتر می‌بایست با زون بندی‌های مناسب و بر اساس تعداد مصرف کننده‌ها تعیین شود [۲].

۲,۲. محاسبه سیستم‌های اطفاء حریق

اندازه لوله پرکن مخزن و یا ظرفیت پمپ پرکننده منبع آب باید به گونه‌ای با شد تا منبع ذخیره در مدت ه شت ساعت از آب پر شود. در برخی از پروژه‌ها از منابع جداگانه جهت ذخیره آب مصرفی و آتش‌نشانی استفاده می شود. در برخی از موارد نیز از منبع مشترک برای آب مصرفی و آتش نشانی استفاده می شود که در این صورت باید به منظور حفظ ذخیره آب مورد نیاز سیستم آتش‌نشانی دو لوله خروجی از دو نقطه دیواره منبع (لوله آتش نشانی از پایین و لوله آب مصرفی از بالاتر) پیش‌بینی شود [۳].

۳,۲. محاسبه دبی آب مورد نیاز و یا ظرفیت آبدهی

هر بوستر پمپ آتش شانی از یک یا چند پمپ اصلی و یک پمپ رزرو با ظرفیت مشابه تشکیل می‌شود. دبی هر پمپ مطابق استانداردها و توضیحاتی که در تعیین حجم مخازن داده شد، تعیین می‌شود. اگر در بوستر پمپ از پمپ پیشرو استفاده شده باشد، دبی آن را ٪۲۰ دبی یکی از پمپ‌های اصلی در نظر می‌گیریم.

۴,۲. محاسبه هد و یا حداقل فشار مورد نیاز

محاسبه حداقل فشار بوسترپمپ بستگی به محل استقرار آن نسبت به منبع تغذیه دارد. در شکل (۱) منبع تغذیه آب پایین تر از بوسترپمپ واقع است و پمپ باید بر فشار منفی ستون آب ناشی از اختلاف ارتفاع لوله خروجی منبع آب و لوله مکش پمپ ها غلبه نماید. در این حالت، حداقل فشار بوسترپمپ از رابطه زیر به دست می‌آید:

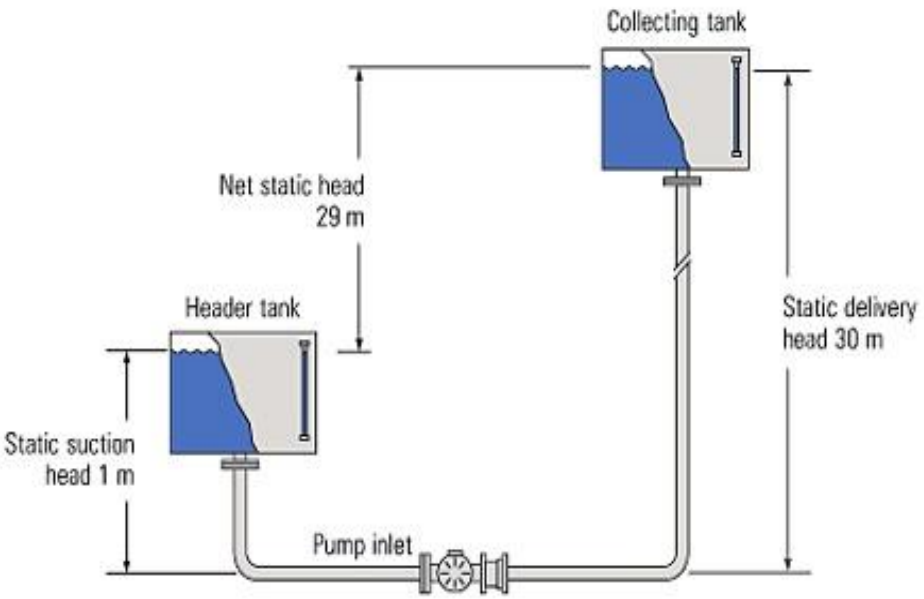
$$H=H1+ H2+ H3+ H4$$

H1: فشار مثبت و یا منفی آب در مکش بوسترپمپ

H2: ارتفاع عمودی از دهانه بوستر پمپ تا شیر دورترین مصرف‌کننده برحسب متر

H3: افت فشاردرلوله‌ها، اتصالات و سایر وسائل نصب شده درسیستم (افت فشار معادل طول لوله کشی تا دورترین مصرف کننده)

$$H3= 1/5 \times (۱۰۰/۴) \times L$$



شکل ۱. محاسبه سیستم‌های اطفاء حریق.

برای محاسبه افت فشار معادل طول لوله‌کشی، ابتدا باید طول مجموع لوله‌های افقی و عمودی تا دورترین مصرف‌کننده از بوسترپمپ را تعیین و ٪۵۰ نیز به عنوان طول معادل شیرآلات و اتصالات به آن اضافه نمود و با نرخ افت فشار اصطکاکی ۴ متر در ۱۰۰ متر ناشی از جریان آب در لوله که اغلب در تعیین اندازه لوله مورد استفاده مهندسین است، به دست آورد (در این رابطه، L طول دورترین نقطه لوله کشی از بوستر پمپ است).

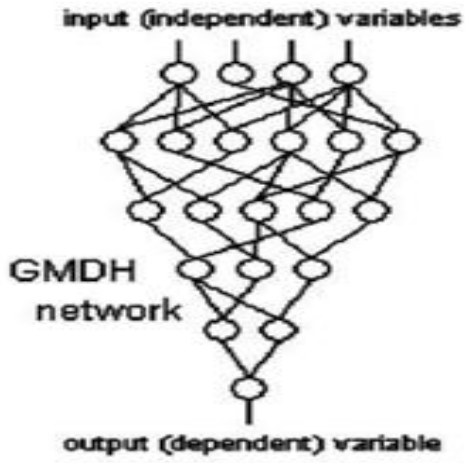
H4: فشار مورد نیاز در پشت بالاترین شیر مصرف‌کننده

فشار خروجی شیر در جعبه‌های آتش‌نشانی مطابق استاندارد آمریکایی ۴/۵ بار و مطابق استاندارد اروپایی ۳ بار در نظر گرفته می شود. فشار خروجی شیر در هوزریل‌ها با اندازه یک چهارم اینچ ۱/۵ بار و با اندازه سه چهارم اینچ ۳ بار در نظر گرفته می شود. فشار خروجی در اسپرینکلرها نیز ۱/۱ بار است [۴].

۳. شبکه عصبی GMDH

روش دسته‌بندی گروهی داده‌ها (Group Method of Data Handling) یکی از مدل‌های شبکه عصبی است که در شناسایی، پیش‌بینی و طبقه‌بندی داده‌ها کاربرد دارد. روش GMDH اولین بار توسط دانشمندی بنام ایواخننکو، مورد استفاده قرار گرفت. GMDH، برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده، پیش‌بینی فرآیندهای چندمتغیره کاربرد فراوانی دارد. شبکه عصبی GMDH با به کار بردن ساختار شبکه‌ای برای الگوریتم GMDH، به وجود آمده است و بدین گونه تاثیر بسزایی در پیاده سازی نرم‌افزاری و تفهیمی داشته‌اند. اخیراً از الگوریتم ژنتیک برای یافتن مجموعه اتصالات بهینه برای شبکه عصبی GMDH استفاده شده است. شبکه عصبی GMDH حاوی مجموعه‌ای از نرون‌هاست که از طریق یک یا چند جمله‌ای درجه دوم بوجود می‌آیند. الگوریتم‌های دیگری همچون الگوریتم ژنتیک کاربردهای زیادی در مراحل مختلف شبکه عصبی به دلیل قابلیت‌های منحصر به فرد خود در پیدا کردن مقادیر بهینه در فضاهای غیرقابل پیش‌بینی دارند. در شبکه‌های عصبی نوع GMDH، رایج‌ترین نرون‌ها در هر لایه فقط امکان اتصال به نرون‌های لایه قبل را دارند. در سال‌های اخیر استفاده از شبکه خود سازمانده عصبی در الگوریتم GMDH منجر به موفقیت این الگوریتم در عرصه‌های مختلف علمی شده است [۴].

در این مدل، هر لایه از یک یا چند (نورون) تشکیل شده است. هر یک از این لایه‌ها دارای یک خروجی دو ورودی است. تابع انتقال نرون‌ها به صورت چندجمله‌ای‌هایی است که ضرایب آنها با استفاده از روش‌های رگرسیونی بدست می‌آیند. شکل (۲) ساختار یک شبکه عصبی GMDH کلی را با استفاده از توابع چندجمله‌ای دو متغیره نشان می‌دهد [۵].



شکل ۲: شبکه عصبی GMDH.

۴. ویژگی شبکه عصبی

در شبکه GMDH شبکه‌ای است که تنها حد آستانه و حذف واحدهای شبکه، نیاز به تنظیم دارند. این شبکه ورودی‌های موثر هر مساله را بخوبی و دقیق تعیین می‌نماید [۶].

شبکه های عصبی پرسپترون چندلایه یک سری مشکلات در تعیین ساختار بهینه شبکه دارند. هنگام طراحی این شبکه‌ها بایستی به تعداد لایه ها و ساختارهای نورونی، از قبیل تعداد نورون و مقادیر اولیه نورون ها، تابع تحریک، نرخ آموزش، معیار توقف آموزش و همچنین استفاده از الگوریتم‌ها و توابع فعال ساز مناسب دقت شود تا یک ارتباط درست و دقیق بین داده‌های ورودی و خروجی برقرار شود. شبکه‌های پر سپترون به داده‌های ورودی زیاد جهت آموزش شبکه نیاز دارند. از دیگر محدودیت‌های شبکه پر سپترون، اطلاعات درست و دقیق درباره روابط بین ورودی‌ها و خروجی ارائه نمی‌دهد.

از شبکه‌های عصبی معروف می‌توان به شبکه عصبی GMDH اشاره نمود. طراحی شبکه‌ی عصبی GMDH نسبت به شبکه عصبی پرسپترون متفاوت است. در این شبکه ها، جلوگیری از واگرایی شبکه و برقرای ارتباط بین ساختار شبکه و یک یا چند پارامتر عددی، هدف اصلی شبکه عصبی GMDH است، به طوری که با تغییر دادن این پارامترها، ساختار شبکه نیز تغییر می کند [۷-۱۰].

۵. روش بررسی

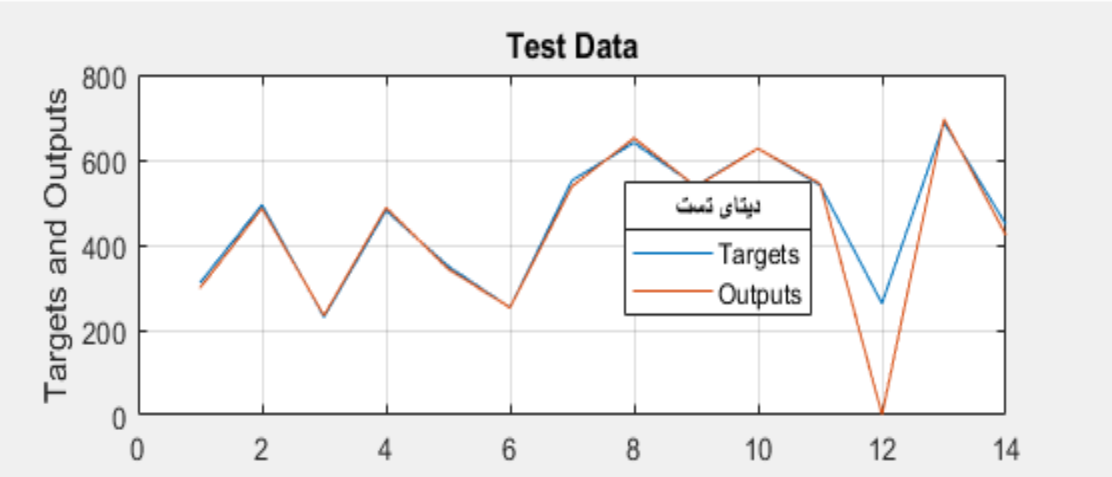
برای پیش‌بینی میزان مصرف احتمالی آب آتش‌نشانی، ابتدا بایستی یک پایگاه داده برای ورودی شبکه تعریف کنیم. این پایگاه داده شامل مصرف واقعی آب آتش‌نشانی در حوادث گذشته بوده است که شامل ۱۴۰ داده برای مصرف آب آتش‌نشانی در نقاط مختلف سایت بوده است که توسط آن می‌توانیم میزان مصرف آب آتش‌نشانی را برای حوادث احتمالی در نقاط دیگر سایت باتوجه به این پایگاه داده‌ها پیش‌بینی نماییم. در نتیجه، این پایگاه داده که شامل یک فایل اکسل است، حاوی اطلاعات مربوط به میزان مصرف آب آتش‌نشانی می‌باشد. پس از تعریف پایگاه داده، برای شبکه برای بدست آوردن میزان مصرف آب آتش‌نشانی سراغ نرم‌افزار متلب و برنامه‌نویسی مربوط به شبکه‌های GMDH برای پیش‌بینی سری‌های زمانی می‌رویم. جدول (۱) میزان مصرف مربوط به آتش‌نشانی در حوادث مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۱. میزان مصرف آب آتش‌نشانی در حوادث مختلف.

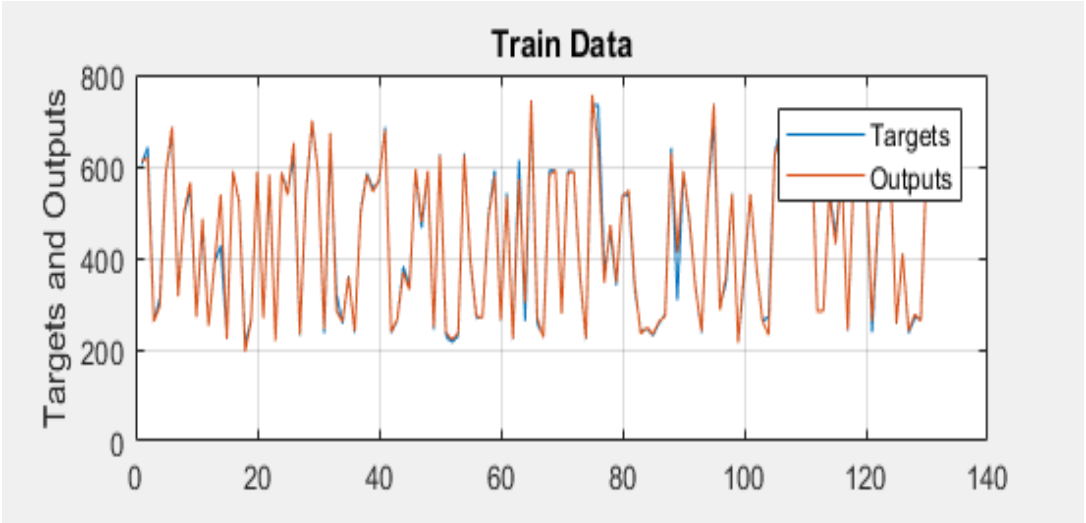
ردیف	نوع حادثه	میزان مصرف آب آتش‌نشانی برحسب لیتر
۱	آتش‌سوزی بر اثر نشت روغن‌های ضایعاتی	۱۲۰۰۰
۲	خنک سازی وسل گازوییل جهت جلوگیری از انفجار	۴۰۰۰
۳	آتش‌سوزی مربوط به مراتع اطراف واحد تولیدی	۱۰۰۰۰
۴	نشت اسید سولفوریک از مخزن مربوطه	۱۴۰۰۰۰
۵	ولو ایزولاسیون	۸۰۰۰

۶. نتایج

پس از تعریف داده برای شبکه عصبی و برنامه نویسی نوسط نرم‌افزار متلب، پیش‌بینی میزان تقریبی مصرف آتش‌نشانی برای حوادث احتمالی طبق شکل‌های (۳) و (۴) بدست می‌آید. شکل (۳) مقایسه مصرف واقعی آب آتش‌نشانی با مقدار پش‌بینی شده توسط شبکه عصبی GMDH برای داده‌های آزمون را نشان می‌دهد. باتوجه به این موضوع که فقط ۱۰ درصد از کل داده‌ها را برای آزمون شبکه اختصاص دادیم، شبکه پیش‌بینی را به‌صورت عالی انجام داده است. میزان مقدار حداقل مربعات خطا در جدول (۲) نشان داده شده است. هرچقدر تعداد نورون‌ها برای پیش‌بینی شبکه بالاتر رود، میزان خطا بیشتر می‌شود. اما این مقدار نباید بسیار زیاد شود، زیرا شبکه وارد Overfit می‌شود و پیش‌بینی با مشکل مواجه خواهد شد. پیش‌بینی برای آموزش شبکه نیز با خطای کم انجام شده است. همانطورکه مشخص است این شبکه با دقت بسیار بالا دارد و تمام داده‌های مربوط به مصرف واقعی آب آتش‌نشانی را دنبال می کند.



شکل ۳. مقایسه مصرف واقعی آب آتش‌نشانی با مقدار پش‌بینی شده توسط شبکه عصبی GMDH.

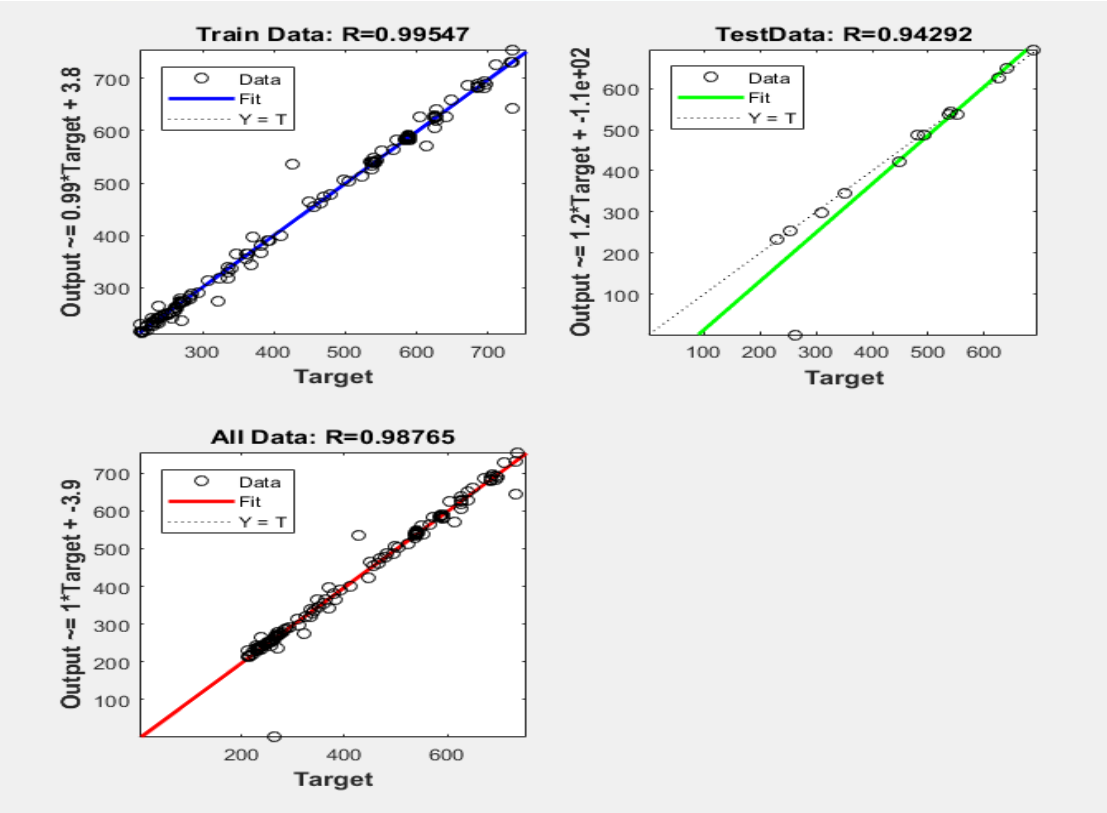


شکل ۴. مقایسه مصرف واقعی آب آتش‌نشانی با مقدار پش‌بینی شده توسط شبکه عصبی GMDH.

جدول ۲. مقادیر حداقل مربعات خطا در حالت‌های مختلف.

ردیف	تعداد نورون‌ها	حداقل خطا
۱	10	0.012
۲	15	0.024
۳	20	0.033
۴	25	0.040
۵	30	0.055

شکل (۵) رگرسیون شبکه عصبی را نشان می‌دهد که مقدار آن برای هر سه حالت آموزش، اعتبارسنجی و آزمون شبکه، ۰,۹۸۷۶۵ است. این مقدار رگرسیون نزدیک به عدد ۱ بوده و کاملا قابل‌قبول می‌باشد.



شکل ۵. رگرسیون شبکه عصبی.

۷. نتیجه‌گیری

در این تحقیق، توسط شبکه عصبی GMDH توانستیم میزان مصرف آب آتش‌نشانی برای حوادث احتمالی را با حداقل خطای ممکن تشخیص دهیم. نتایج خروجی نشان داد که با کم شدن تعداد نورون‌ها دقت بالاتر و میزان خطا کمتر می‌شود. در شکل (۴) دیدیم که میزان حداقل مربعات خطا ۰,۰۱۲ است که نشان از تعلیم خوب و مناسب برای شبکه عصبی مورد نظر می‌باشد.

خروجی شبکه عصبی با حالت‌های مختلف، بیانگر این است که این شبکهٔ عصبی بر اساس تمام موارد مـورد بررسی در این تحقیق، عملکرد بهتری نسبت به الگوهای دیگر در تشخیص میزان آب مصرفی آتش‌نشانی در پتروشیمی داشته است.

نتایج این تحقیق نشان داد که مدل سری زمانی در جهت پیش‌بینی میزان مصرف آب آتش‌نشانی در حوادث مختلف، نتایج بسیار خوبی با کمترین میزان خطا داشت. نکته حائز اهمیت در این تحقیق این بود که از داده‌های واقعی مربوط به مصرف آب آتش‌نشانی مربوط به حوادث گذشته جهت آموزش شبکه استفاده شد که به همین دلیل نتایج شبکه عصبی با بهترین حالت ممکن بدست آمد. در نتیجه، استفاده از داده‌های واقعی می‌تواند ما را بهتر به نتایج واقعی نزدیک‌تر نماید.

منابع

[1] L. Kanta, E. Zechman, and K. Brumbelow, "Multi-objective Evolutionary Computation Approach for Redesigning Water Distribution Systems to Provide Fire Flows", Journal of Water Resources Planning and Management, Vol.138, No.2, pp.52-144, 2011.

[2] W. K. Ang and P.W. Jowitt, "Solution for water Distribution Systems under Pressure-Deficient Conditions", Journal of Water Resources Planning and Management, Vol.132, No.3, pp.175–182, 2006.

[3] K. S. J. Babu and S Mohan, "Extended Period Simulation for Pressure-Deficient Water Distribution Network", Journal of Computing in Civil Engineering, Vol.26, No4, pp.498–505, 2012.
[4] D. Kang, K. E. Lansey, and K. E. Demand, "Roughness Estimation in Water Distribution Systems", Journal of Water Resources Planning and Management," Vol.137, No.1, pp.20-30, 2010.
[5] S. Chopra, D. Yadav, and A. N. Chopra, "Artificial Neural Networks Based Indian Stock Market Price Prediction; Before and After Demonetization", Journal of Swarm Intelligence Computation, Vol.8, No.174, 2019.
[6] T. Quoc Bao and L. Nhat Tan, "Forecasting Stock Index based on Hybrid Artificial Neural Network Models", Science and Technology Development Journal, Vol.3, No.1, 2019.
[7] N. Tripathy, "Predicting Stock Market Price using Neural Network Model", Journal of Strategic Decision Science, Vol.85, No.1, pp.84-94, 2018.
[8] A. Egesoy and A. Guzel, "Fuzzy Logic Support for Requirements Engineering", Iranian Journal of Public Health, Vol.49, No.2, pp.1330-1354, 2021.
[9] D. Selvamuthu, V. Kumar, and A. Mishra, "Indian Stock Market Prediction using Artificial Neural Networks on Tick Data", Financial Innovation, Vol.5, No.6, 2020.
[10] G. Shirali, T. Hosseinzadeh, A. Dibeh Khosravi, H. Rasi, M. Moradi, E. Karami, A. Fathi, M. Rezaei, and L. Barzegar, "Integration of Human Information Processing Model and SHERPA Technique in the Analysis of Human Errors", A Case Study in the Control Room for the Petrochemical Industry, Iran Occup. Health, Vol.14, No.1, 2017.