مقاله پژوهشی

فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست
دوره اول، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲ ، صفحات ۲۹-۲۱

پیش‌بینی کوتاه مدت غلظت گاز مونو اکسید کربن در هوای شهر اهواز با استفاده از تحلیل شبکه‌های عصبی مصنوعی

مریم کاووسی گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
سیما سبزعلیپور گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
حسین فتحیان* گروه مهندسی منابع آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۷

چکیده مبسوط

مقدمه: آلودگی هوای شهرها یکی از مهمترین معضلات محیط زیستی بوده که همواره تهدیدی دایم و جدی برای سلامت و بهداشت جامعه و همچنین محیط زیست می‌باشد. از مهمترین آلاینده‌های هوا می‌توان به اکسیدهای نیتروژن به خصوص دی‌اکسیدنیتروژن، اکسیدهای سولفور به ویژه دی‌اکسیدسولفور، هیدروکربن‌ها، منواکسیدکربن (CO)، دی‌اکسیدکربن و ذرات معلق اشاره کرد.کلان‌شهر اهواز یکی از آلوده‌ترین شهرهای ایران می‌باشد که مدیریت زیست محیطی به ویژه در زمینه آلودگی هوا بسیار با اهمیت می‌باشد. هدف از این پژوهش پیش‌بینی غلظت آلاینده CO در هفت روز ابتدای سال ۱۳۹۵ در شهر اهواز می‌باشد.

مواد و روش‌ها: بر اساس مطالعات پیشین، متغیرهای هواشناسی شامل دمای هوا، رطوبت هوا و سرعت باد به عنوان متغیرهای ورودی مؤثر در شبکه برای پیش‌بینی غلظت گاز CO انتخاب شدند. غلظت گاز CO در سال ۱۳۹۴ از طریق سازمان حفاظت محیط زیست شهر اهواز تهیه شد. به منظور توسعه شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) از نرم‌افزار Neuro Solution5 استفاده گردید. به منظور ایجاد شبکه عصبی، ۷۰ درصد از داده‌ها برای آموزش (واسنجی)، ۱۵ درصد برای تست و ۱۵ درصد باقیمانده برای آزمون صحت‌سنجی نتایج حاصل از شبکه مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث: به منظور تعین بهترین ساختار شبکه MLP برای پیش‌بینی کوتاه مدت غلظت گاز CO ساختارهای مختلف از لحاظ تعداد لایه‌های میانی، نوع الگوریتم آموزش شبکه، نوع تابع انتقال، تعداد نرون‌های لایه میانی و تعداد تکرارهای آموزش در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که شبکه MLP با ساختار ۱-۵-۳ (یعنی ۳ نرون ورودی، ۵ نرون در لایه میانی و یک نرون برای لایه خروجی) با ۱۵۰۰ تکرار آموزش به ازای تابع انتقال تانزانت سیگموئید (Tansig) و الگوریتم آموزش کاهش گرادیان همراه با مؤمنتم (Traingdm)، بهترین شبکه MLP می‌باشد. علاوه بر این، مقادیر شاخص‌های آماری NSE، RMSE و MAE به ازای مرحله آموزش شبکه به ترتیب برابر با ۰/۷۲ ، ۰/۲۲ و ۰/۱۵ می‌باشد.

نتیجه‌گیری: آلودگی هوا، چالش اصلی زیست محیطی در اهواز، از ترکیب ترافیک و صنایع نفتی ناشی می‌شود. تأثیرات بهداشتی و زیست محیطی آن نیازمند بررسی جامع است.در این تحقیق از شبکه MLP برای پیش‌بینی مقادیر غلظت گاز CO در هوای شهر اهواز استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که دقت و عملکرد شبکه در پیش‌بینی غلظت گاز CO در سطح مطلوب می‌باشد. در ادامه این تحقیق پیشنهاد می‌شود که پیش‌بینی غلظت دیگر الاینده‌های گازی انجام شود و برای تعیین ساختار بهینه شبکه عصبی مصنوعی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی:
پیش‌بینی کوتاه مدت، غلظت گاز مونو اکسید کربن، شبکه پرسپترون چند لایه، آلودگی هوا.

نویسنده مسئول: حسین فتحیان
نشانی: گروه مهندسی منابع آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. **تلفن:** ۰۹۱۲۶۸۵۴۵۷۶
پست الکترونیکی: Fathian.h58@gmail.com

استناد: کاووسی مریم، سبزعلیپور سیما، فتحیان حسین. پیش‌بینی کوتاه مدت غلظت گاز مونو اکسید کربن در هوای شهر اهواز با استفاده از تحلیل شبکه‌های عصبی مصنوعی. پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۲؛ (۱) ۱: ۲۱-۲۹.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه http://creativecommons.org/licenses/by/4.0 در فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.

مقدمه

محیط زیست یکی از ارکان بسیار مهم حیات و توسعه محسوب می‌شود. زیرا، نقش‌های متعددی را برای ایجاد تعادل در مؤلفه‌های مختلف بازی می‌کند. اما، هم اکنون این مؤلفه به دلیل فقدان قوانین و مقررات ویژه و عدم تعریف مالکیت خاص برای آن، به طور آزاد و نامحدود مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد که نتیجه آن، تخریب محیط زیست و ایجاد آلودگی‌های مختلف در این حوزه است . آلودگی هوای شهرها یکی از مهمترین معضلات محیط زیستی بوده که همواره تهدیدی دایم و جدی برای سلامت و بهداشت جامعه و همچنین محیط زیست می‌باشد (قربانی و فیروززارع ۲۰۱۰). بررسی‌های گسترده نشان می‌دهد، آثار بالقوه آلودگی هوا بر سلامت انسان شامل افزایش تغییرات در عملکرد فیزیولوژیکی بدن به ویژه عملکرد تنفسی و قلبی عروقی است (ژیانگ و همکاران ۲۰۰۴). بر اساس تعریف، آلودگی هوا به وجود یک یا چند آلاینده در هوای آزاد به آن اندازه تداومی که برای انسان مضر بوده و یا موجب زیان رساندن به حیوانات، گیاهان و اموال شود، گفته می‌شود (امیربیگی و احمدی ۲۰۱۶). آلودگی هوا از دیرباز خسارات زیادی رابه لحاظ محیط زیستی وجانی و مالی به همراه داشته است (آبریل و همکاران ۲۰۱۶). در حقیقت، بحران آلودگی هوا به یک فاجعه انسانی تبدیل شده که ناشی از برنامه‌ریزی نامناسب شهری است. انرژی تولید شده درنیروگاه حرارتی توسط احتراق سوخت مانند انرژی سوخت فسیلی بیشترین آلودگی هوا در سراسر جهان را تشکیل می‌دهدکه ۸۵٪ آلودگی ذرات استنشاق شده در هوا را منتشرمی کند (آواستیا و همکاران ۲۰۰۶). با توجه به مقدار قابل توجهی از مطالعات ، اثرات مضر انتشار آلاینده‌های هوا از نیروگاه‌ها برروی گرم شدن کره زمین تأثیرات زیانبار بهداشتی شناخته شده‌ای دربرداشته است (محبوب و همکاران ۲۰۰۹، سازمان بهداشت جهانی ۲۰۱۷). امروزه توسعه شهرنشینی، گسترش صنایع وافزایش بی‌رویه استفاده از وسائل نقلیه منجر به گسترش آلودگی زیست محیطی شده است. پیش‌بینی آلودگی هوا ازجمله مسائل پیچیده‌ای است که بصورت غیرخطی درحال تغییراست و عوامل متعددی درآن تأثیرگذار هستند (هاسنفراتز و همکاران ۲۰۱۲).

از مهمترین آلاینده‌های هوا می‌توان به اکسیدهای نیتروژن به‌خصوص دی‌اکسیدنیتروژن، اکسیدهای سولفور به ویژه هیدروکربن‌ها، دی‌اکسیدسولفور، منواکسیدکربن، دی‌اکسیدکربن و ذرات معلق اشاره کرد. در ایران، میزان انتشار آلاینده‌های هوا در بسیاری از شهرها از جمله تهران، اهواز، سنندج، مشهد، اصفهان به سطح خطرناکی رسیده است (صادقی و خاکسار آستانه ۲۰۱۴). لذا مطالعه روند آلودگی هوا در این کلانشهرها حائز اهمیت بالایی می‌باشد. در سال‌های اخیر هوش مصنوعی به جای روش‌های سنتی علمی قبلی جایگزین شده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی یکی از محبوب‌ترین روش‌های هوش مصنوعی محسوب می‌شود که مدل‌های ریاضی مغز انسان را به صورت ساده به عنوان یک سیستم استفاده می‌کند. شبکه‌های عصبی عموماً با داده‌های آموزشی آموزش داده می‌شوند. شبکه‌های عصبی مصنوعی سیستم‌هایی هستند که قادرند انجام عملیاتی همانند مغز انسان را به نمایش در آورد (کاراکا و همکاران ۲۰۰۶). شبکه‌های عصبی نسبت به شبکه‌های عصبی طبیعی، محدوده بسیار کوچکتری را پوشش می‌دهند و توانایی و قابلیت بسیار کمتری را دارا می‌باشند. پیش‌بینی غلظت آلاینده‌ها از زمینه‌های مورد توجه این مدل در علوم محیط زیست می‌باشد. تاکنون تحقیقات متعددی نیز در این زمینه صورت گرفته است.

صادقی و خاکسار آستانه (۲۰۱۴) آلودگی ذرات معلق شهر اهواز با کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش‌بینی کردند. آن‌ها از داده‌های حداکثر آلودگی ذرات معلق ۱۰ میکرونی که به صورت سری زمانی ۲۴ ساعته تهیه شده بود، به منظور پیش‌بینی میزان آلودگی این آلاینده استفاده کردند. نتایج این تحقیق، صحت ۹۵ درصدی را نشان داد. جدی و همکاران (۲۰۱۷) از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی غلظت گاز مونوکسید کربن در شهر تهران استفاده کردند. نتایج بیانگر دقت خوب شبکه عصبی در پیش‌بینی غلظت گاز مونوکسیدکربن بود. همچنین نتایج نشان دهنده تأثیر متغیرهای ورودی مناسب بر عملکرد و دقت پیش بینی شبکه می‌باشد. قاسمی و همکاران (۲۰۲۰) پنج آلاینده PM_{10}، CO، O_3، NO_2 و SO_2 را با بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی برای دو بازه زمانی امروز و فردا پیش‌بینی کردند. آن‌ها از هفت کمیت هواشناسی دما، رطوبت نسبی، میزان دید، سرعت باد، نقطه شبنم، فشار و بارش به عنوان متغیر ورودی در شبکه استفاده کردند. آن‌ها از آزمون هم خطی و تکنیک انتخاب پیشرو برای حذف متغیرهای ورودی اضافی و ایجاد زیرمجموعه‌ای از متغیرهای اثرگذار در پیش‌بینی استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که استفاده از تکنیک انتخاب پیشرو برای بهینه‌سازی تعداد متغیرها سبب افزایش دقت و کاهش هزینه‌های پیش‌بینی می‌گردد.

کابانروس و همکاران (۲۰۱۷) از مدل MLP برای پیش‌بینی غلظت دی‌اکسید نیتروژن در کنار جاده استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که تأثیر اکثر آلاینده‌ها مانند اکسیدهای نیتروژن در پیش‌بینی دی‌اکسید نیتروژن قابل توجه می‌باشد. استامنکوویچ و همکاران (۲۰۱۶) برای کشورهای اروپایی، ایالات متحده آمریکا، چین، ژاپن، روسیه و هند در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸ انتشار گاز اکسیدهای نیتروژن را با شبکه عصبی مصنوعی بررسی کردند. بر اساس نتایج شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند در

انتشار اکسیدهای نیتروژن عملکرد خوبی داشته باشد. آلوز و همکاران (۲۰۱۹) از شبکه MLP برای پیش‌بینی غلظت ازن در برزیل استفاده کردند. در تحقیق آن‌ها غلظت آلاینده‌های هوا و متغیرهای هواشناسی به عنوان ورودی به مدل لحاظ شدند و مدل از عملکرد مطلوبی برخوردار بود. یونیکریشنان و مدهو (۲۰۱۹) برای پیش‌بینی غلظت گاز دی اکسید گوگرد و ارتباط متغیرهای هواشناسی با آلاینده‌های هوا از مدل پرسپترون چند لایه با بکارگیری روش انتخاب پیشرو و حذف پسرو برای بهینه‌سازی متغیرها استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها بیانگر این بود که استفاده از روش بهینه‌سازی متغیرها منجر به کاهش خطا در پیش بینی می‌شود.

کلان‌شهر اهواز یکی از آلوده‌ترین شهرهای ایران می‌باشد که مدیریت زیست محیطی به ویژه در زمینه آلودگی هوا بسیار بااهمیت می‌باشد. یکی از لازمه‌های مدیریت مطلوب، شناخت شرایط فعلی و امکان تخمین وضعیت در آینده می‌باشد. کلانشهر اهواز یکی از آلوده‌ترین شهرهای ایران می‌باشد که مدیریت زیست محیطی به ویژه در زمینه آلودگی هوا بسیار بااهمیت می‌باشد. یکی از لازمه‌های مدیریت مطلوب، شناخت شرایط فعلی و امکان تخمین وضعیت در آینده می‌باشد. با بررسی منابع موجود تاکنون در زمینه پیش‌بینی کوتاه مدت غلظت آلاینده منوکسیدکربن با بکارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی تحقیقی انجام نشده است. هدف از این تحقیق پیش‌بینی کوتاه مدت غلظت آلاینده منوکسیدکربن با بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی از نوع MLP می‌باشد.

مواد و روش‌ها

اطلاعات اقلیمی مورد نیاز که به عنوان ورودی‌های شبکه محسوب می‌شوند شامل دما، رطوبت نسبی و سرعت باد در این بازه زمانی نیز از طریق مراجعه به سازمان هواشناسی خوزستان تهیه گردید. غلظت گاز CO در سال ۱۳۹۴ از طریق سازمان حفاظت محیط زیست شهر اهواز تهیه شد. جدول ۱ متوسط مقادیر مربوط به متغیرهای ورودی به ازاء ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۴را نشان می‌دهد. تعیین متغیرهای ورودی مدل که تأثیر بسزایی در کارایی مدل دارند، از مهمترین مراحل توسعه شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد. بر اساس مطالعات پیشین، متغیرهای هواشناسی شامل دمای هوا، رطوبت هوا و سرعت باد به عنوان متغیرهای ورودی مؤثر در شبکه برای پیش‌بینی غلظت گاز CO انتخاب شدند.

جدول ۱- میانگین مقادیر ماهانه متغیرهای ورودی در سال ۱۳۹۴

ماه	غلظت CO	سرعت باد	رطوبت هوا	دمای هوا
فروردین	۱/۲۷	۱۲	۴۳	۲۵
اردیبهشت	۱/۱۳	۹	۳۵	۳۰/۷
خرداد	۱/۳۲	۹	۲۶	۳۷/۱
تیر	۱/۱۹	۱۱	۲۷	۳۸/۳
مرداد	۱/۲۶	۹	۳۱	۳۹/۲
شهریور	۱/۱۷	۹	۳۶	۳۶/۵
مهر	۱/۳۵	۸	۳۵	۳۲
آبان	۱/۳۴	۷	۴۵	۲۴/۴
آذر	۱/۲۸	۹	۵۰	۱۶/۹
دی	۱/۲۵	۱۰	۶۳	۱۳/۶
بهمن	۱/۲۷	۱۱	۶۶	۱۸/۴
اسفند	۱/۲۳	۱۱	۴۸	۲۷/۱

نرمال‌سازی داده‌ها

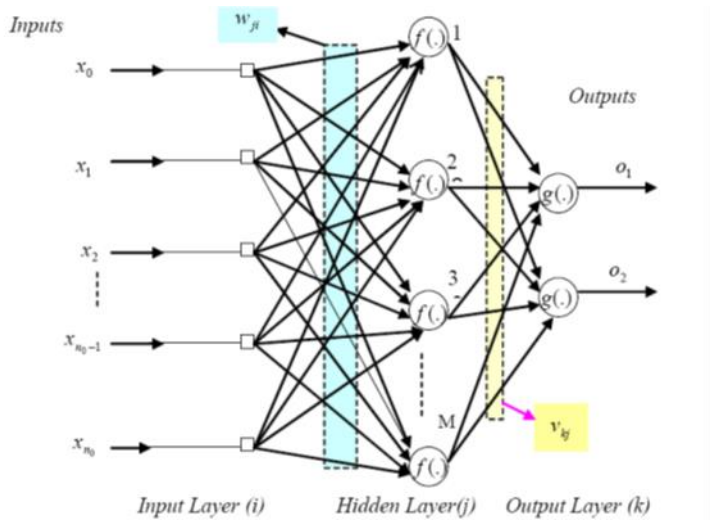
هدف از نرمال‌سازی داده‌ها، یکسان‌سازی اهمیت ورودی های مختلف به مدل‌های مورد استفاده است. از آن جایی که وارد کردن داده‌ها به صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت مدل می‌شود، بنابراین ورودی‌ها و خروجی‌ها قبل از آموزش شبکه باید بین ۰ و ۱ استاندارد شوند، از اینرو داده های مورد استفاده به مدل از طریق رابطه ۱ استاندارد شدند.

$$X_n = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (۱)$$

که، X_n داده‌های استاندارد شده، X_i داده‌های مشاهداتی، X_{max}و X_{min} به ترتیب بیشینه و کمینه داده‌ها است.

شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی جزء سیستم‌های دینامیکی هوشمند مدل-آزاد بوده که مبتنی بر داده‌های تجربی بوده و با پردازش روی این داده‌ها دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند. این سامانه‌ها از دو ویژگی اساسی یادگیری یا نگاشت‌پذیری بر اساس آرایه‌ی داده‌های تجربی(قابلیت تعمیم پذیری) و ساختارپذیری موازی برخوردارند که ضمن اجرای فرایند آموزش، اطلاعات مربوط به داده‌ها درون وزن‌های شبکه ذخیره می‌شوند. شبکه‌های MLP از چندلایه تشکیل می‌شوند که هر لایه، ورودی لایهٔ بعدی را بصورت پیشخور تولید می‌کند. ساختار یک شبکهMLP با تعیین تعداد لایه‌ها، تعداد نرون‌ها در هر لایه، تابع انتقال الگوریتم آموزش، روش تصحیح وزن‌ها و نوع مدل تعیین می‌شود (کیسی ۲۰۰۷). شکل ۱ بیانگر شبکه پرسپترون یک لایه می‌باشد. در این شبکه نرون‌های هر لایه تماماً به نرون های لایه قبل متصل شده است. خروجی هر لایه پس از تأثیر گذاشتن تابع محرک، ورودی لایه بعدی می‌گردد و این روند تا بدست آمدن خروجی شبکه ادامه می‌یابد.



شکل ۱- شبکه پرسپترون یک لایه

به منظور ایجاد شبکه عصبی، ۷۰ درصد از داده‌ها برای آموزش (واسنجی)، ۱۵ درصد برای تست و ۱۵ درصد باقیمانده برای آزمون صحت‌سنجی نتایج حاصل از شبکه مورد استفاده قرار گرفت. هر چند این دسته‌بندی پس از انجام آزمون‌های متعدد و با استفاده از روش آزمون و خطا انتخاب شد. شبکه مورد نظر با تغذیه پیشرو و با یک لایه ورودی، ۳ تا ۵ لایه میانی و یک لایه خروجی ساخته شد. انواع توابع انتقال مختلف در لایه میانی و خروجی در نظر گرفته شد. همچنین انواع مختلف الگوریتم آموزش شبکه در نظر گرفته شد.

معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه

به منظور ارزیابی شبکه در پیش‌بینی کوتاه مدت غلظت گاز CO در مراحل آموزش و آزمون شبکه، شاخص‌های نیکوئی برازش مختلفی را می‌توان استفاده نمود. این شاخص‌ها به دو گروه معیار های گرافیکی و پارامترهای آماری سنجش خطا قابل‌تقسیم هستند. از دسته معیارهای گرافیکی می‌توان به ترسیم همزمان نمودار تغییرات پیش‌بینی مقادیر غلظت گاز CO مشاهداتی و پیش بینی شده اشاره نمود. از شاخص‌های آماری سنجش خطا می‌توان به ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین قدرمطلق خطا (MAE) و ضریب ناش-ساتکلیف (NSE) اشاره کرد که به ترتیب در روابط ۲ تا ۴ آمده است. ضریب ناش-ساتکلایف بیانگر راندمان مدل بوده که اخیراً در مسائل مهندسی و مدل‌سازی به وفور مورداستفاده قرارگرفته است. ضریب ناش-ساتکلایف می تواند مقادیری از منفی بی‌نهایت تا یک را به خود اختصاص دهند که عدد یک نشان‌دهنده برازش کامل و انطباق ٪۱۰۰ بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده می‌باشد. در روابط ۲ تا ۴، n برابر با تعداد داده‌ها، O_i و S_i مقادیر غلظت گاز CO مشاهداتی و پیش بینی شده در گام زمانی iام و $\overline{O}$ میانگین مقادیر غلظت گاز CO مشاهداتی می‌باشد (آبراهارت و همکاران ۲۰۰۴، ناش و ساتکلیف ۱۹۷۰).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(S_i - O_i)^2} \quad (۲)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} |S_i - O_i| \quad (۳)$$

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_i^n (S_i - O_i)^2}{\sum_i^n (O_i - \bar{O})^2}\right] \quad (۴)$$

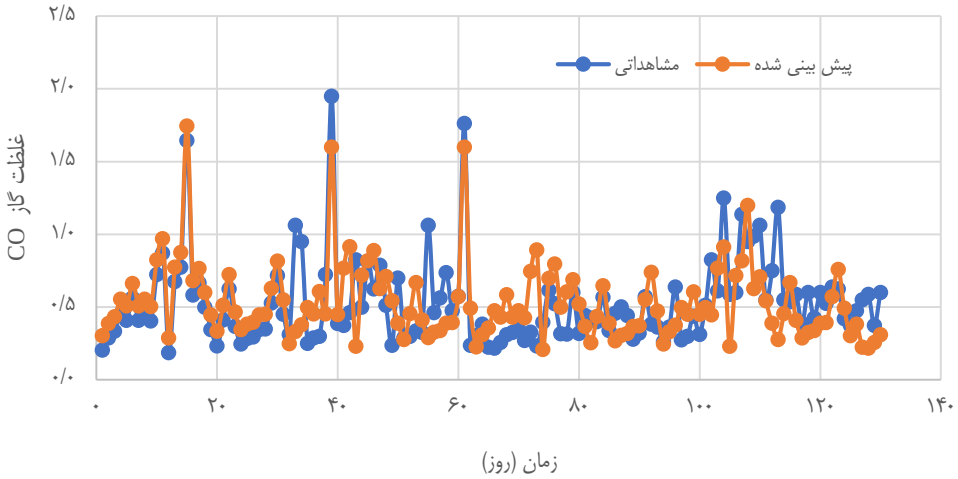
نتایج و بحث

به منظور تعین بهترین ساختار شبکه MLP برای پیش‌بینی کوتاه مدت غلظت گاز CO ساختارهای مختلف از لحاظ تعداد لایه‌های میانی، نوع الگوریتم آموزش شبکه، نوع تابع انتقال، تعداد نرون‌های لایه میانی و تعداد تکرارهای (Epoch)آموزش در نظر گرفته شد. سپس اقدام به آموزش و آزمون هر یک از شبکه‌ها گردید و به ازای هر شبکه ضریب ناش- ساتکلایف و ریشه میانگین مربعات خطا بین مقادیر غلظت گاز CO مشاهداتی و پیش‌بینی شده با شبکه عصبی مصنوعی محاسبه گردید. برای اجرای مدل شبکه عصبی مصنوعی از نرم‌افزار Neuro Solution5 استفاده شد. جدول ۲ مشخصات بهترین ساختار آموزش شبکه MLP در پیش‌بینی کوتاه مدت غلظت گاز CO را نشان می‌دهد. همچنین شاخص‌های آماری بهترین ساختار آموزش شبکه MLP در پیش‌بینی کوتاه مدت غلظت گاز CO به ازای دو مرحله آموزش و آزمون شبکه در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۲ می‌توان دریافت که شبکه MLP با ساختار ۱-۵-۳ (یعنی ۳ نرون ورودی، ۵ نرون در لایه میانی و یک نرون برای لایه خروجی) با ۱۵۰۰ تکرار آموزش به ازای تابع انتقال تانزانت سیگموئید و الگوریتم آموزش کاهش گرادیان همراه با مؤمنتم، بهترین شبکه MLP می‌باشد. با توجه به جدول ۲ ، مقادیر شاخص‌های آماری NSE، RMSE و MAE به ازای مرحله آموزش شبکه به ترتیب برابر با ۰/۷۲ ، ۰/۲۲ و ۰/۱۵ می باشد. مقادیر شاخص‌های آماری NSE، RMSE و MAE به ازای مرحله آزمون شبکه به ترتیب برابر با ۰/۶۳ ، ۰/۲۸ و ۰/۱۹ می‌باشد.

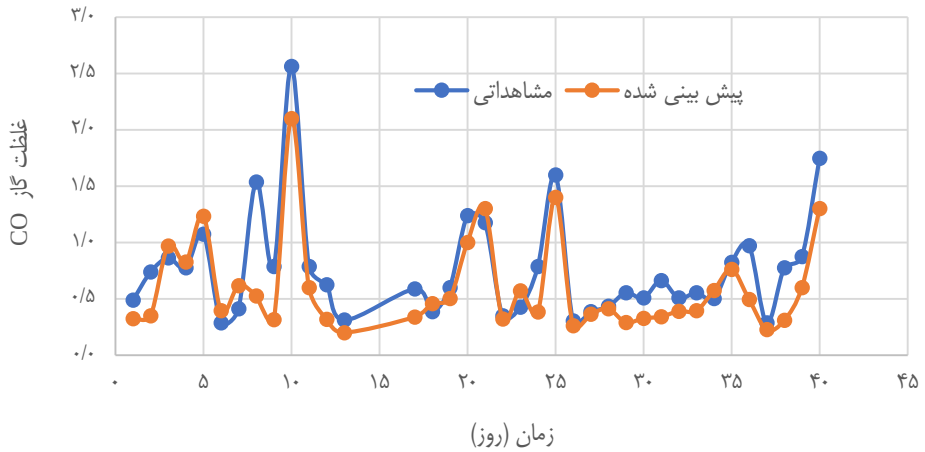
جدول ۲- مشخصات بهترین ساختار آموزش شبکه MLP در پیش‌بینی کوتاه مدت غلظت گاز CO

ساختار	الگوریتم آموزشی	تابع انتقال	تکرار	آموزش			آزمون		
				NSE	RMSE	MAE	NSE	RMSE	MAE
۳-۵-۱	Traingdm	Tansig	۱۵۰۰	۰/۷۲	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۶۳	۰/۲۸	۰/۱۹

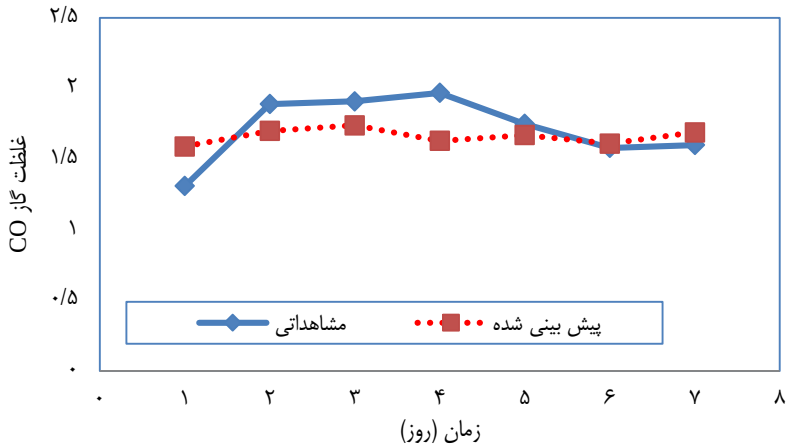
شکل ۲ مقایسه تغییرات مقادیر غلظت گاز CO مشاهداتی و پیش بینی شده با شبکه MLP به ازای مرحله آموزش شبکه را نشان می‌دهد. همچنین مقایسه تغییرات مقادیر غلظت گاز CO مشاهداتی و پیش‌بینی شده با شبکه MLP به ازای مرحله آزمون شبکه در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به اشکال۲ و ۳ می‌توان دریافت که شکل تغییرات مقادیر غلظت گاز CO پیش‌بینی شده با شبکه MLP نزدیک به تغییرات مقادیر غلظت گاز CO مشاهداتی می‌باشد. می‌توان نتیجه گرفت که دقت شبکه عصبی برای پیش‌بینی غلظت آلاینده منوکسیدکربن در سطح قابل قبولی می‌باشد. آخرین گام در شبیه‌سازی شبکه عصبی مصنوعی، مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه آموزش دیده با مقادیر واقعی (مشاهداتی) می‌باشد. مقایسه مقادیر مشاهداتی و مقادیر پیش‌بینی شده برای ۷ روز ابتدای سال ۱۳۹۵ در شکل ۴ نشان داده شده است که بیانگر دقت مناسب شبکه آموزش دیده برای پیش‌بینی غلظت گاز CO است. مطالعه صادقی و خاکسار آستانه (۲۰۱۴) در خصوص پیش‌بینی ذرات معلق شهر اهواز با کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی نشان‌دهنده صحت ۹۵ درصدی پیش‌بینی شبکه می‌باشد. علاوه بر این پیش‌بینی غلظت گاز مونوکسید کربن در شهر تهران انجام شده توسط جدی و همکاران (۲۰۱۷)، بیانگر دقت مناسب شبکه در پیش‌بینی غلظت گاز مونوکسید کربن بود.



شکل ۲- مقایسه تغییرات مقادیر غلظت گاز CO مشاهداتی و پیش‌بینی شده با شبکه MLP به ازای مرحله آموزش شبکه



شکل ۳- مقایسه تغییرات مقادیر غلظت گاز CO مشاهداتی و پیش‌بینی شده با شبکه MLP به ازای مرحله آزمون شبکه



شکل ۴- مقایسه مقادیر غلظت گاز CO مشاهداتی و پیش‌بینی شده با شبکه MLP

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

آلودگی هوا در شهر اهواز، مهم‌ترین معضل زیست محیطی این کلانشهر محسوب می‌شود. مناطق کلان‌شهری با الگویی جدید از نظام اسکان، اندازه شهر، ساختار و سازمان فضایی از طریق مکانیزم ارتباط متقابل حمل و نقل و الگوی توسعه شهری در کنارهم به پارامترهایی چون افزایش سطح درآمد، به موتوریزه شدن جامعه دامن می‌زنند. به گونه‌ای که بر اساس آمار سازمان حمل و نقل، در ایران، بیش از ۸۰ درصد از سفرها توسط وسائل نقلیه موتوری انجام می‌شود. این افزایش تعداد وسائط نقلیه موتوری در کنار وجود صنایع نفت و گاز در استان خوزستان، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر آلودگی هوا داشته است. اثرات بهداشتی و زیست محیطی آلاینده‌های هوا به حدی قابل توجه بوده که مطالعه در خصوص برآورد آلودگی را ضروری ساخته است. در سال‌های اخیر هوش مصنوعی به جای روش‌های سنتی علمی قبلی جایگزین شده است. در این تحقیق از شبکه MLP برای پیش‌بینی مقادیر غلظت گاز CO در هوای شهر اهواز استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که دقت و عملکرد شبکه در پیش‌بینی غلظت گاز CO در سطح مطلوب می‌باشد. در ادامه این تحقیق پیشنهاد می‌شود که پیش‌بینی غلظت دیگر الاینده‌های گازی انجام شود و برای تعیین ساختار بهینه شبکه عصبی مصنوعی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی استفاده شود.

References

1. Abrahart R, Kneale PE and See LM. Neural networks for hydrological modeling. CRC Press, 1 st ed. 2004. https://doi.org/10.1201/9780203024119
2. Abril GA, Diez SC, Pignata ML, Britch J. Particulate matter concentrations originating from industrial and urbansources: Validation of atmospheric dispersion modeling results. *Atmos. Pollut. Res*. 2016; 7(1):180-89. https://doi.org/10.1016/j.apr.2015.08.009
3. Alves L, Sperandio Nascimento EG, Moreira DM. Hourly tropospheric ozone concentration forecasting using deep learning. *WIT Trans. Ecol. Environ*. 2019; 236: 129-138.
4. Amirbeigi H and Ahmadi Assour A. Air health and methods of combating pollutants. 2 nd ed. Andisheh Rafi Press. 2016.
5. Awasthia S, Khareb M, Gargav P. General plume dispersion model (GPDM) for point source emission", *Environ. Model*. 2006; **11:**267-276. https://doi.org/10.1007/s10666-006-9041-y
6. Cabaneros SM, Hughes BR, Calautit JK. Hybrid artificial neural network models for effective prediction and mitigation of urban roadside NO2 pollution. *Energy Procedia*. 2017; 142:3524-3530. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.240
7. Ghasemi A, Amanollahi J, Darand M. Optimization of Meteorological Variables to Predict Air Pollutant Concentrations for Use in Artificial Neural Network Model to Reduce the Cost and Time of Analysis, *J. Environ. Sci. Stud*. 2022; 46(1):195-216. [In Persian] doi:10.22059/jes.2021.300440.1007998
8. Ghorbani M and Firozzare A. An introduction to environmental valuation. 2 nd ed. Ferdowsi University of Mashhad Press. 2010.
9. Hasenfratz D, Saukh O, Sturzenegger S, Thiele L. Participatory air pollution monitoring using smartphones. *Mobile Sensing*. 2012; 16(1):1-5.
10. Jeddi H R, Abbaspour RA, Khalesian M, Alavipanah SK. Prediction of Carbon Monoxide Concentration in Tehran using Artificial Neural Networks. *J. Environ. Sci. Technol*. 2017; 19(5): 13-25. [In Persian]
11. Jiang D, Zhang Y, Hu X, Zeng Y, Tan J, Shao D. Progress in Developing an ANN Model for Air Pollution Index Forecast. *Atmos. Environ*. 2004; 38(40):7055-7064. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2003.10.066
12. Karaca F, Nikov A, Alagha O. NN-Airpol: A Neural-Networks-Based Method for Air Pollution Evaluation and Control. *IJEP*. 2006; 28(3/4): 310-325. https://doi.org/10.1504/IJEP.2006.011214
13. Kisi O. Streamflow forecasting using different artificial neural network algorithms. *J. Hydrol. Eng*. 2007; 12(5):532-539. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2007)12:5(532)
14. Mahboob A, Makshoof A. Dispersion modeling of noxious pollutants from thermal power plants, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*. 2009. 34:105-120.
15. Nash JE, Sutcliffe JV. River flow forecasting through conceptual models; part I: A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 1970; 10:282-290.
16. Sadeghi H, Khaksar S. Neural Network Model for Short Term Prediction of PM10 Pollution in Ahvaz City', *Environ. Res*. 2015; 5(9):177-186. [In Persian]
17. Stamenkovic LJ, Antanasijevic DZ, Ristic MD, Peric Grujic AA, Pocajt VV. Prediction of nitrogen oxides emissions at the national level based on optimized artificial neural network

model. *Air Qual., Atmos. Health*. 2016; 10:15-23. https://doi.org/10.1007/s11869-016-0403-6

18. Unnikrishnan R, Madhu G. Comparative study on the efects of meteorological and pollutant parameters on ANN modelling for prediction of SO2. *SN Applied Sciences*, 2019; 1: 1-12. https://doi.org/10.1007/s42452-019-1440-1
19. World Health Organization. Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease, Denmark, 2017.

Research Article

Journal of New Researches in Environmental Engineering
Volume 1, Issue 1, Spring 2023, Pages 21-29

Short-term prediction of carbon monoxide gas concentration in the air of Ahvaz city using artificial neural network analysis

Maryam Kavossi Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
Sima Sabz Alipur Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
Hossein Fathian Department of Water Resources Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Received: 9 Apr 2023

Accepted:28 May 2023

Keywords: Short-term prediction, carbon monoxide gas concentration, multilayer perceptron network, air pollution.

Extended Abstract

Introduction: Air pollution in cities is one of the most critical environmental problems, representing a constant and severe threat to both the health and hygiene of society and the environment. The primary air pollutants include nitrogen oxides, with a particular emphasis on nitrogen dioxide, sulfur oxides, especially sulfur dioxide, hydrocarbons, carbon monoxide (CO), carbon dioxide, and suspended particles. Ahvaz, a metropolis in Iran, stands out as one of the most polluted cities. Effective environmental management, particularly in addressing air pollution, is of paramount importance. This research aims to predict the concentration of CO pollutants in Ahvaz city for the first seven days of 2015.

Materials and Methods: Based on previous studies, meteorological variables including weather, air temperature and wind speed were selected as gas input titles in the network for gas prediction. CO gas was procured in 2014 through the Environmental Protection Organization of Ahvaz city. In order to develop the Multilayer Perceptron (MLP) neural network, Neuro Solution5 software was used to create the neural network, 70% of the data was used for training (validation), 15% for testing, and the remaining 15% for validating the results of the network. is used. was used.

Results and Discussion: In order to determine the best MLP network structure for short-term prediction of CO gas concentration, different structures were considered in terms of the number of intermediate layers, the type of network training algorithm, the type of transfer function, the number of intermediate layer neurons and the number of repetitions (Epoch) of training. The results showed that the MLP network with a structure of 1-5-3 (that is, 3 input neurons, 5 neurons in the middle layer and one neuron for the output layer) with 1500 repetitions of training per Tansig transfer function (Tansant Sigmoid) and Traingdm training algorithm (reduction gradient with momentum), is the best MLP network. In addition, the values of NSE, RMSE and MAE statistical indices for the network training stage are equal to 0.72, 0.22 and 0.15 respectively.

Conclusion: Air pollution, the primary environmental challenge in Ahvaz, arises from the intersection of traffic and the oil industry. Its impacts on health and the environment necessitate comprehensive investigation. In this study, an MLP network was employed to predict CO gas concentration values in the air of Ahvaz city. The findings demonstrate that the network's accuracy and performance in forecasting CO gas concentration are at an optimal level. As this research progresses, it is recommended to extend the prediction to other gaseous pollutants and to employ optimization algorithms for determining the optimal structure of the artificial neural network

Corresponding author: Hossein Fathian

Address: Department of Water Resources Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz. **Tel:** +989126854576
Email: Fathian.h58@gmail.com

Citation: Kavossi M, Sabz Alipur S, Fathian H. Short-term prediction of carbon monoxide gas concentration in the air of Ahvaz city using artificial neural network analysis. Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2023; 1(1): 21-29.

© 2023, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.