

# مدلسازی و تحلیل مکانی زمانی پراکنش ازن در سطح شهر تهران بر پایه شبکه عصبی و آنالیزهای مکانی در محیط GIS

لیلا شرافتی<sup>۱</sup>، حسین آقامحمدی<sup>۲\*</sup>، سعید بهزادی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS - دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست - دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد علوم تحقیقات - تهران  
leila.sherafati91@gmail.com

<sup>۲</sup> استادیار گروه سنجش از دور و GIS - دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم  
تحقیقات - تهران  
hossein.ghamohammadi@gmail.com

<sup>۳</sup> استادیار گروه نقشه برداری - دانشکده عمران - دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی  
behzadi.iau@gmail.com

(تاریخ دریافت آذر ۱۳۹۸، تاریخ تصویب اسفند ۱۳۹۸)

## چکیده

آلودگی هوا یکی از مهم ترین معضلاتی است که امروزه مردم در کلان شهرها با آن روبرو هستند. ذرات معلق، مونوکسید کربن، دی اکسید گوگرد، ازن و دی اکسید نیتروژن پنج آلاینده اصلی هوا می باشند که مشکلات زیادی برای سلامت انسان به همراه دارند. اگر بتوان نقش پارامترهای هواشناسی را در میزان و نحوه پخش ازن، مشخص و مدل کرد، می توان از نتایج آن در مدیریت بهتر این آلاینده استفاده کرد. در این مطالعه هدف، ارائه ی راهکاری مکانمند برای مدلسازی و تحلیل مکانی و زمانی پراکنش ازن بر پایه آنالیزهای GIS ای با استفاده از هوش مصنوعی باتوجه به پارامترهای هواشناسی می باشد.

با توجه به داده های دریافتی مربوط به آلاینده ازن شهر تهران، با بررسی دقت روش های مختلف درون یابی، روش IDW به عنوان بهترین روش درون یابی برای تهیه نقشه میزان غلظت این آلاینده ها در سطح تهران انتخاب شد. با توجه به داده های روزانه این آلاینده ها در سال های ۹۴، ۹۵ و ۹۶، نقشه های روزانه و میانگین ماهانه و سالانه غلظت آنها تهیه گردید. با توجه به بررسی های انجام شده می توان گفت بیشترین غلظت آلاینده ازن در مناطق جنوب غربی قسمت هایی از بخش مرکزی شهر مشاهده می شود.

سرانجام یک شبکه عصبی برپایه ی داده های ورودی برای پیش بینی میزان آلاینده ازن با توجه به پارامترهای هواشناسی توسعه داده شد، که دقت این شبکه با توجه به داده های این آلاینده در سال ۹۶، برای روزهای گرم سال حدود ۶۸ و برای روزهای سرد ۷۷ درصد برای آلاینده ازن بدست آمد.

و می توان گفت پارامترهای هواشناسی درجه حرارت، سرعت و جهت باد و میزان بارش در کنارهم در میزان غلظت آلاینده ازن تاثیرگذار هستند.

**واژگان کلیدی:** تحلیل مکانی، شبکه عصبی، GIS، ازن

## ۱- مقدمه

پیشرفت صنایع و فناوری، توسعه شهری، افزایش و تراکم جمعیت، افزایش وسایل نقلیه موتوری، ازدیاد مصرف فرآورده های نفتی و در بعضی موارد شرایط خاص اقلیمی و جغرافیایی منطقه باعث افزایش آلودگی هوا می شود [۱]. آلودگی هوا ورود یک یا چند آلاینده به هوای آزاد یا تغییر در نسبت طبیعی اجزای جو می باشد که برای انسان یا سایر موجودات زنده زیان آور بوده، به منابع محیط زیست، آثار تاریخی و اموال آسیب برساند یا راحتی و امنیت زندگی انسانها را تهدید نماید. آن دسته از آلاینده هایی که از منبع به طور مستقیم وارد هوا می شوند، به عنوان آلاینده های اولیه و آن دسته از آلاینده هایی که در نتیجه واکنش آلاینده های اولیه با سایر گازها و عناصر موجود در هوا ایجاد می شوند، به عنوان آلاینده های ثانویه شناخته می شوند [۲]. آزن یک آلاینده ثانویه است و یک اکسید کننده بسیار قوی که از واکنش های متقابل فتوشیمیایی اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن ها در حضور نور خورشید تولید می شود [۳]. طبق مطالعات انجام شده بین بیماری های قلبی و ریوی و قرار گرفتن در معرض آلاینده ها ارتباط مستقیم وجود دارد. بنابراین افزایش این آلاینده ها به خصوص برای کلان شهری مانند تهران تبدیل به یک چالش بزرگ برای مدیران و برنامه ریزان شده است [۴]. کیفیت هوا به خصوص در کلان شهرها از موضوعات مهم زیست محیطی است لذا مدل سازی قابل اطمینان جهت رسیدن به این هدف ضروری است [۵]. در سالهای ۹۴، ۹۵، ۹۶ از نظر آلاینده آزن در شرایط مطلوب قرار دارد و فقط ۱ روز در سال ۹۵ و ۷ روز نیز در سال ۹۶ در شرایط ناسالم برای گروههای حساس قرار داشته است. در سال ۱۳۹۶ نسبت به سالهای اخیر تعداد روزهای پاک کاهش و تعداد روزهای سالم افزایش یافته است. بیشتر روزهای فصول بهار، پاییز و زمستان به لحاظ این آلاینده در شرایط پاک قرار داشته اند و با توجه به این که آزن در حضور نور خورشید تولید می شود، در ماه های گرم سال بر غلظت این آلاینده افزوده شده و بیشترین مقادیر AQI در روزهای گرم سال دیده می شود [۶].

## ۲- پیشینه ی تحقیق

در سالهای اخیر مطالعات بسیاری در بحث و بررسی آلودگی هوا صورت گرفته است. در ادامه به بررسی نتایج

برخی از آن ها می پردازیم. Kara و Gupata در سال ۲۰۰۶، در تحقیق خود با عنوان " تغییرات فصلی و خصوصیات شیمیایی محیط PM10 در مکان های مسکونی و صنعتی منطقه شهری کلکته " دریافتند که PM10 در مناطقی که بارش مانسونی دارند در تابستان به علت افزایش رطوبت هوا کاهش می یابد، بنابراین در تحقیقی که در کلکته هند صورت گرفت مقدار متوسط غلظت آلاینده PM10 در زمستان بیشتر از تابستان به دست می آید [۷]. Verma (۲۰۰۸) و همکارانش، در مقاله ای با عنوان " اثرات شرایط آب و هوایی بر آلودگی هوای شهر سورات " نتیجه گرفتند که عوامل متعددی در آلودگی هوا نقش دارند که یکی از این عوامل تاثیر شرایط آب و هوایی بر مقادیر غلظت آلاینده ها است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که در طی فصل تابستان غلظت های بالاتری از آلاینده ها وجود داشته است [۸]. Lindstrom و همکارانش در سال ۲۰۱۳، از یک مدل مکانی- زمانی با کمک GIS، به منظور مدل سازی آلودگی هوا استفاده نموده اند، هدف از این تحقیق این بوده است که اثرات آلودگی هوا و ارتباط آن با بیماری های مزمن ناشی از آن و همچنین بیماری های قلبی و عروقی را در یک بازه زمانی ۱۰ ساله در لس آنجلس آمریکا مورد ارزیابی قرار داده و مدل سازی نماید [۹]. Robinson (۲۰۱۳) و همکاران، در تحقیق خود با عنوان " افزایش دقت نقشه آلودگی NO2 با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی و زمین شناسی " برای پهنه بندی آلاینده NO2 از روش های simple ordinary Kriging, Kriging و co Kriging همراه با میانگین متغیرهای محلی استفاده نموده اند که دو روش اول تنها از متغیرهای محلی استفاده می کنند، ولی در روش سوم از داده های دیگر نیز استفاده می شود [۱۰]. Adams و همکارانش هم در سال ۲۰۱۶، در مطالعه ایی از مدل شبکه عصبی برای پایش آلودگی هوای ایستگاه ها و رگرسیون بین کاربری ها و AQI حاصل از دو آلاینده PM2.5 و NO2 شهر همپلتون کانادا استفاده کردند [۱۱]. Yang در سال ۲۰۱۷ در تحقیق خود با عنوان " سیستم جدید کنترل کیفیت هوا، ارزیابی کیفیت هوا و پیش بینی میزان آلودگی " یک نظارت بر کیفیت هوا و سیستم هشدار اولیه ارائه می دهد. که شامل یک بخش ارزیابی و یک بخش پیش بینی است. در بخش ارزیابی کیفیت هوا، ارزیابی جامع فازی برای تعیین آلودگی های

مطالعه و مقادیر غلظت آلاینده ازن افزوده شده و می توان آلاینده مذکور را مسئول افزایش شاخص استاندارد آلودگی هوا در طی سالهای اخیر دانست و در طی سالهای فوق کیفیت هوای تهران از نظر آلاینده های CO، SO<sub>2</sub>، NO<sub>2</sub>، PM<sub>10</sub> بهبود یافته در حالی که غلظت آلاینده ازن رو به افزایش بوده و از وضعیت استاندارد فاصله داشته است با توجه به ارتباط معنی دار بین پارمترهای هواشناسی و آلاینده ها مشخص گردید که متغیرهای هواشناسی می توانند در میزان آلودگی هوای شهر تهران موثر واقع شوند [۱۵]. منصور قیث الدین (۱۳۹۳) و همکارانش، در تحقیق خود با عنوان "بررسی تغییرات آلاینده ازن در ایستگاه اقدسیه شرکت کنترل کیفیت هوا و پارامترهای هواشناسی" دریافتند که میانگین تغییرات روزانه ازن در طی روز نشان میدهد که کمترین مقدار ازن در ساعات اولیه صبح و اواخر شب می باشد. مقایسه شدت تشعشع خورشید با غلظت ازن نشان می دهد که این دو باهم ارتباط مستقیم دارند، افزایش شدت تشعشع خورشید باعث افزایش فعالیت فتوشیمیایی و در نتیجه افزایش غلظت ازن می شود، بررسی میانگین ازن ماهانه نشان می دهد که کمترین مقدار ازن ثبت شده در طی هفت ماه اندازه گیری در آذرماه و بیشترین مقدار ازن ثبت شده در فروردین ماه رخ داده است و نتیجه اینکه عامل مهم پیک اصلی در فروردین ماه رخ داده است افزایش شدت تشعشع خورشید و افزایش فعالیت فتوشیمیایی می باشد [۱۶]. رفیع پور (۱۳۹۲) و همکاران، در تحقیق خود با عنوان "مقایسه کارایی شبکه های عصبی مختلف در پیش بینی آلودگی هوای تهران" در پژوهش خود به منظور مدلسازی مکانی آلاینده منوکسید کربن از سیستم اطلاعات مکانی رگرسیون چند متغیره و شبکه های عصبی استفاده کردند جهت نیل به این منظور آنها از ۱۸ ایستگاه سنجش کیفیت هوا و داده های موقعیت، ارتفاع و فاصله از خیابان اصلی جهت ورود به مدل استفاده نموده اند. آنها جهت مدلسازی از رگرسیون چند متغیره و سه شبکه عصبی MLP، RBF، GRNN استفاده نمودند که در نهایت نتایج نشان داد که شبکه عصبی MLP کارایی بهتری نسبت به بقیه مدلها دارد [۱۷]. موسوی و ندافی (۱۳۷۹)، در تحقیق خود با عنوان "بررسی مقایسه ای کیفیت هوای شهر تهران در سالهای ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷" نتیجه گرفتند که در سال ۱۳۷۶ کیفیت هوای شهر تهران

اصلی و ارزیابی درجه آلودگی هوا از نظر علمی مورد بررسی قرار می گیرد. برای بررسی اثربخشی این سیستم داده های آلاینده برای دو شهر در چین استفاده شده است. نتیجه ارزیابی جامع فازی نشان می دهد که آلاینده های عمده هوا در شهرهای Jinan و Xi'an به ترتیب PM<sub>10</sub> و PM<sub>2.5</sub> هستند و کیفیت هوای Xi'an بهتر از Jinan است. نتایج پیش بینی نشان می دهد که مدل ترکیبی پیشنهاد شده به واسطه دقت پیش بینی و ثبات آن نسبت به تمام مدل های معیار فوق برتر است [۱۲]. برای کاهش میزان آلاینده ازن هم در شهر تهران و در نتیجه کاهش اثرات بد آن بر روی مردم شهر بهتر است برنامه های مناسب مدیریتی ارائه گردد. برای برنامه ریزی و مدیریت درست در زمینه کاهش آلاینده ها قطعاً نیاز به اطلاعات مناسب راجع به میزان آلاینده ها و نحوه پراکنش مکانی آنها می باشد. امروزه از متدهای مربوط به GIS، در بخش های مختلف مربوط به مطالعات اثرات آلودگی نظیر، ایجاد پایگاه های داده به منظور ذخیره سازی اطلاعات مکانی آلاینده ها، تعیین موقعیت افراد مورد نظر، مدلسازی آلاینده های هوا، برآورد سطوح اثرات آلودگی بر روی افراد و تعیین الگوهای مربوطه استفاده می شود [۱۳]. نرگس عرب (۱۳۹۴) و همکارش، در تحقیق خود با عنوان "بررسی تغییرات آلاینده های ازن، منواکسید کربن و دی اکسید نیتروژن در ایستگاه اقدسیه در طول سال ۱۳۹۱ در شهر تهران" به بررسی روند تغییرات آلاینده های ازن، NO<sub>2</sub>، CO در شهر تهران، از داده های پیش آلودگی هوای ایستگاه اقدسیه که تحت نظارت شرکت کنترل کیفیت هواست استفاده شد. داده های هواشناسی، سرعت باد نیز از ایستگاه ژئوفیزیک در بازه زمانی ۱۲ ماهه سال ۱۳۹۱ جمع آوری شد ابتدا داده های مورد نیاز از داده های خام استخراج شده و سپس با توجه به هدف تحقیق از آنها استفاده گردید نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد روند تغییرات میانگین ماهانه غلظت ازن در طی مدت ۱۲ ماه در سال ۱۳۹۱ شامل کمترین مقدار در ماه آذر و بیشترین مقدار در ماه تیر است [۱۴]. علی اصغر نجف پور (۱۳۹۴) و همکارانش، در تحقیق خود با عنوان "تحلیل روند تغییرات غلظت پنج آلاینده شاخص کیفیت هوا در کلانشهر تهران و ارتباط آن با داده های هواشناسی در طی سالهای ۸۰ الی ۸۸" به مطالعه این پنج آلاینده پرداخت و در این مطالعه مشخص شد که در طی سالهای مورد

گرفته شد. این اطلاعات از سایت کنترل کیفیت هوا به شکل فایل Excel دریافت شد، و این اطلاعات آماری با استفاده موقعیت ایستگاه‌ها که در شکل نشان داده شده است، به شکل مکانمند و به فرمت Shape File در محیط ArcGIS تبدیل شدند.

شرایط هواشناسی و جغرافیایی از عواملی هستند که تاثیر زیادی در پراکنش آلاینده‌ها مخصوصاً آلاینده ازن دارند، بدین منظور اطلاعات هواشناسی مثل بارش ۲۴ ساعته در حسب mm، سرعت باد بر حسب m/s، جهت باد بر حسب درجه، دمای حداقل، حداکثر و میانگین بر حسب درجه سانتیگراد، رطوبت حداقل، حداکثر و میانگین بر حسب درصد، برای ایستگاه‌های چیتگر، مهرآباد، ژئوفیزیک، شمیران استفاده شد، با استفاده از درون‌یابی بین ایستگاه‌های هواشناسی مقدار هریک از پارامترهای هواشناسی برای هر ایستگاه کنترل کیفیت هوا مشخص شد.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های سنجش آلودگی شهر تهران (متعلق به شرکت کنترل کیفیت هوا)

### ۳-۳- روش انجام تحقیق

بعد از آماده‌سازی داده‌ها در محیط GIS، در مرحله دوم این مطالعه لازم بود که بهترین روش درون‌یابی برای تهیه نقشه پیوسته میزان غلظت آلاینده ازن انتخاب گردد. در میان روش‌های مختلف درون‌یابی، سه روش IDW، Spline و Kriging که متداول‌تر از سایر روش‌ها می‌باشند جهت درون‌یابی اطلاعات غلظت آلاینده ازن، انتخاب شدند. جهت انجام درون‌یابی از ابزار Analyst Geostatistical در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد و هر کدام از روش‌های IDW، Spline و Kriging بر روی داده‌های غلظت آلاینده‌ها در روز ۲۱ تیر ماه ۹۴ اعمال شد و میزان خطای RMSE آنها مشخص گردید. از آنجایی که این روز جز یکی از آلوده‌ترین روزهای شهر تهران در سال

در ۳۲ درصد از روزها از نظر توصیفی غیربهداشتی و در ۵ درصد روزها خیلی غیربهداشتی است. در صورتی که این موارد در سال ۱۳۷۷ به ترتیب ۳۴ درصد از روزها از نظر توصیفی غیربهداشتی و ۶ درصد از روزها خیلی غیربهداشتی بوده است [۱۸]. در این مطالعه ابتدا به بررسی میزان پراکنش ازن در سالهای ۹۴، ۹۵، ۹۶ می‌پردازیم و با استفاده از پارامترهای هواشناسی چون دما، بارش، رطوبت و... که در نحوه پراکنش ازن تاثیر قابل توجهی دارند یک مدل با استفاده از شبکه عصبی برای پیش‌بینی آلاینده ازن ارائه می‌دهیم. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در بیشتر پژوهش‌ها تاثیر پارامترهای موثر دیده نشده و تنها قابلیت روش‌ها با خود پارامتر ارزیابی شده است. در این مطالعه، علاوه بر لحاظ کردن اثر پارامترهای موثر، مدلی برای پیش‌بینی آلاینده ازن با استفاده از هوش مصنوعی ارائه شده است.

### ۳- مواد و روش‌ها

#### ۳-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق کلان‌شهر تهران، با مشخصات طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲ دقیقه شرقی تا ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی، و عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی، و مساحت حدوداً ۸۰۰ km<sup>2</sup> می‌باشد. ارتفاع در جنوب، فرودگاه مهرآباد ۱۲۰۰ متر و در شمال ۲۰۰۰ متر می‌باشد، همچنین شیب عمومی به سمت جنوب است ولی در سطح شهر ناهمواریهای زیادی وجود دارد. تهران با جمعیت حدوداً ۹ میلیون نفر پایتخت و مهم‌ترین شهر ایران است. افزایش روزافزون وسایل نقلیه، وجود کارخانه‌های متعدد در غرب این کلان‌شهر و همچنین وجود رشته‌کوه‌های البرز در اطراف آن از جمله عوامل اصلی آلودگی هوای آن می‌باشد.

#### ۳-۲- داده‌های مورد نیاز

در این مطالعه برای تحلیل و مدل‌سازی آلاینده ازن در شهر تهران، از اطلاعات روزانه سال ۹۴ و ۹۵ و ۹۶ ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای تهران استفاده شده است و همچنین داده‌های روزانه سال ۹۷ هم برای اعتبار سنجی مدل‌های ارائه شده برای پراکنش آلاینده ازن در نظر

عصبی می پردازیم. پارامترهای هواشناسی یکی از مهم ترین عوامل در افزایش یا کاهش غلظت آلاینده ازن در شهر تهران می باشد، لذا در این تحقیق برای بررسی ارتباط و پیش بینی میزان غلظت آلاینده های ازن با شرایط آب و هوایی یک شبکه عصبی توسعه داده شد. یک شبکه عصبی را می توان بدین صورت تعریف کرد: سیستم انطباقی که تعدادی عناصر پردازش ساده را شامل می شود، که از مغز انسان الگو برداری شده است. عناصر پردازش که همان نورون ها هستند، به هم می پیوندند تا یک مسیر پردازش را کامل کنند. این عناصر پردازش معمولاً در لایه های با صفحات منظم قرار می گیرند، لایه ورودی به عنوان پردازش گری عمل می کند، که پس از پردازش، آنها را در اختیار شبکه قرار می دهد. لایه وسطی لایه پنهان نامیده می شود که یک لایه عصبی محاسباتی است و لایه آخر، لایه خروجی است که خروجی شبکه را در پاسخ به یک ورودی مشخص نشان می دهد. مدل های مختلفی برای نشان دادن نحوه ارتباط بین این لایه وجود دارد، یکی از این روش ها به اسم شبکه پیش خور شناخته می شود، که در آن هیچ گونه ارتباط افقی بین اعصاب یک لایه وجود ندارد و انتقال مورد نظر چه به صورت ورودی و چه خروجی از طریق بیرون شبکه تعیین می شود و به تعدیل پارامترها نظارت می کند. در الگوریتم آموزش پس انتشار، ابتدا فرض این است که وزن ها به طور تصادفی انتخاب شوند. در هر گام خروجی شبکه محاسبه شده و بر حسب میزان اختلاف آن با خروجی مطلوب وزن ها تصحیح میگردد تا در نهایت خطا مینیمم شود. برای طراحی شبکه عصبی نیاز به سه مرحله می باشد. تعیین تعداد لایه ها و نودها، و تعیین تابع انتقال تعیین متغیرها.

### ۳-۳-۱- تعیین متغیرها

برای تعیین متغیرها از داده های هواشناسی مثل بارش بر حسب mm، سرعت باد بر حسب m/s جهت باد بر حسب درجه، میانگین دما، دمای کمینه و بیشینه برکسب درجه سانتی گراد، میانگین رطوبت نسبی، کمینه و بیشینه رطوبت نسبی بر حسب درصد، استفاده کردیم. برای تمامی این متغیرها میزان هریک را در یک روز قبل نیز در نظر گرفتیم. چون میزان هر متغیر در یک روز قبل هم تاثیرگذار خواهد بود. برای یافتن متغیرهایی که

۹۴ بود و همچنین تعداد زیادی از ایستگاه ها برای این تاریخ میزان آلاینده ازن را ثبت کرده بود و اطلاعات آنها موجود بود، داده های این تاریخ برای انتخاب روش مناسب درون یابی استفاده شد، مورد دیگر هم در روش های درون یابی این است که در روش Spline از توابع RBF جهت درون یابی استفاده شده است که جزء توابع اصلی Spline محسوب می شوند. همچنین در میان متدهای مختلف کریجینگ، متد Kriging معمولی جهت درون یابی انتخاب شده و به منظور دستیابی به بهترین دقت در این متد، مدل های مختلف سمی واریوگرام بر روی داده ها تست شد، بعد از بررسی های انجام شده، می توان گفت روش IDW، با دقت بهتری می تواند برای تهیه نقشه پیوسته آلاینده ازن توجه به داده های ایستگاه های موجود در شهر تهران استفاده گردد. نتایج در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- میزان خطای RMSE روش های مختلف درون یابی برای آلاینده ازن

روش درون یابی	میزان RMSE
IDW	۱۲,۲۵۶ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
SPLINE	۱۶,۷۹۷ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
ORDINARY KRIGING	۱۶,۷۷۱ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

با استفاده از روش درون یابی IDW نقشه پیوسته این آلاینده ها برای تمامی روزهای سال ۹۴، ۹۵ و ۹۶ ایجاد می گردد. از این نقشه های پراکنش روزانه، هم برای بررسی ارتباط پراکنش ازن با جهت و سرعت باد و میزان رطوبت نسبی و بارش و دما استفاده می گردد و همچنین با توجه به نتایج درون یابی روزانه با استفاده از آنالیزهای GIS، نقشه های میانگین ماهانه این آلاینده ها در سطح شهر تهران تهیه می گردد و همچنین میزان تغییرات آلاینده ها در طول ماه های مختلف هم بررسی می گردد. در ادامه تحقیق هم میانگین، بیشینه و کمینه میزان آلاینده ها با استفاده از آنالیزهای ZONAL در محیط ARCGIS به تفکیک مناطق مختلف تهران هم محاسبه می شود. تمامی مواردی که برای بررسی تغییرات ماهانه آلاینده ازن گفته شد، برای داده ها به شکل سالانه هم انجام می شود و تغییرات سالانه آنها در سطح تهران و همچنین به تفکیک مناطق مختلف تهران در سال های ۹۴، ۹۵ و ۹۶، بررسی می گردد. در مرحله بعد به برآورد میزان غلظت آلاینده های ازن با استفاده از شبکه

### ۳-۳-۲- تعیین تعداد لایه های پنهان و نودها

تعداد مناسب نودهای لایه های پنهان با توجه به معیار توقف، با سعی و خطا بدست آمده است. برای تعیین نورون های لایه پنهان با تعداد ۳ نورون شروع کردیم و در ادامه با تعداد نورون های بالاتر تا عدد ۱۰ هم امتحان شد، با اینکه اختلاف خطا بدست آمده بین تعداد نورون های مختلف در لایه پنهان بسیار کم بود، ولی از آنجاییکه ۶ نورون جواب بهتری نسبت به بقیه حالات داشت، ۶ نورون به عنوان تعداد لازم در لایه پنهان تعیین گردید.

### ۳-۳-۳- تعیین تابع انتقال

در مورد تابع انتقال هم، تابع سیگموئید تانژانت به عنوان تابع انتقال مناسب در لایه پنهان و تابع خطی هم در لایه خروجی استفاده می شود.

### ۴- نتایج

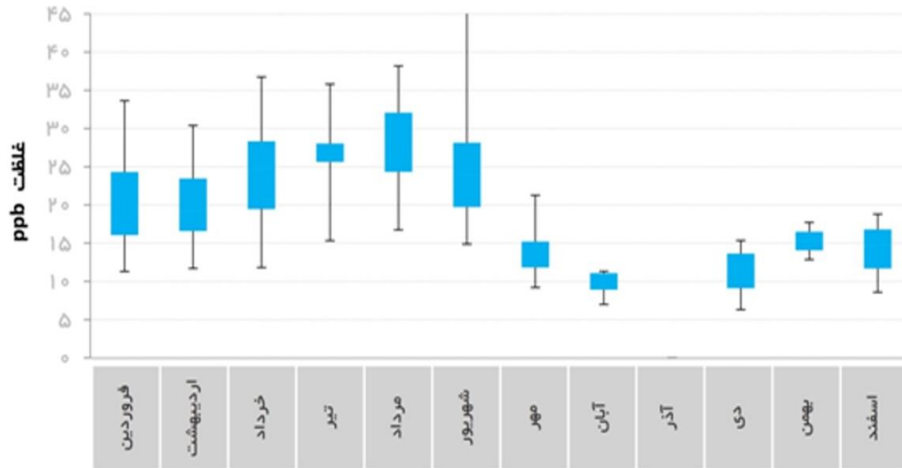
برای اینکه بتوانیم تحلیل مکانمند از تغییرات میزان آلاینده آزن در سطح تهران در طی سال ۹۴، ۹۵ و ۹۶ هم به شکل روزانه، ماهانه و سالانه داشته باشیم، در این مطالعه، داده های روزانه این آلاینده ها در ایستگاه های مختلف موجود در سطح شهر در سال ۹۴، ۹۵ و ۹۶ به فرمت Shap file تبدیل شدند، و با استفاده از روش درون یابی IDW نقشه پیوسته این آلاینده ها برای تمامی روزهای سال ۹۴، ۹۵ و ۹۶ ایجاد شد و در ادامه از ترکیب این نقشه های درون یابی روزانه و میانگین از آنها نقشه میانگین ماه های مختلف ۹۴، ۹۵ و ۹۶ نقشه سالیانه آنها تهیه شد. همانطور که در شکل های ۲، ۴، ۶ نشان داده شده است برای آلاینده آزن می توان گفت کمترین و بیشترین میانگین ماهانه در سال ۹۴ به ترتیب متعلق به ماه های آبان و مرداد، و برای سال ۹۵ کمترین میانگین غلظت ماهانه مربوط به دی ماه و بیشترین متعلق به تیر ماه می باشد، و برای سال ۹۶ نیز کمترین میانگین غلظت ماهانه مربوط به دی ماه و بیشترین متعلق به تیر ماه می باشد. در ادامه در شکل های ۳، ۵ و ۷ نقشه میانگین آلاینده آزن در آلوده ترین ماه هر سال آورده شده است. بیشترین میانگین غلظت انباشت آلاینده آزن مربوط به قسمت جنوب غربی تهران می باشد. افزایش غلظت در نقاط حاشیه ای نسبت به مرکز شهر قابل توجیه است، چراکه غلظت آلاینده آزن در حاشیه شهرها بیشتر از نقاط مرکزی است و در نقاط مرکزی غلظت این آلاینده کمتر است.

بیشترین تاثیر را در مقدار آزن خواهند داشت به این ترتیب عمل کردیم که ابتدا تمام این متغیرها را در شبکه عصبی قرار داده و برای روزهایی از سال های ۹۴، ۹۵ و ۹۶ میزان آزن را محاسبه کردیم و با میزان واقعی آزن ثبت شده توسط شرکت کنترل کیفیت هوای تهران مقایسه کرده و RMSE را بین مقدار ثبت شده و بدست آمده محاسبه کردیم. با تکرار این مراحل هر بار با حذف یک متغیر و مقایسه دقت کلی سعی در پیدا کردن المان های تاثیر گذار کردیم. در ادامه نتایج بدست آمده از محاسبه آزن در شبکه عصبی و نتیجه گیری برای یافتن بهترین متغیر قرار داده شده است. برای حالت کلی که تمام المان ها را در نظر گرفتیم داده های ورودی و خروجی استفاده شده در جدول ۲ آورده شده است.

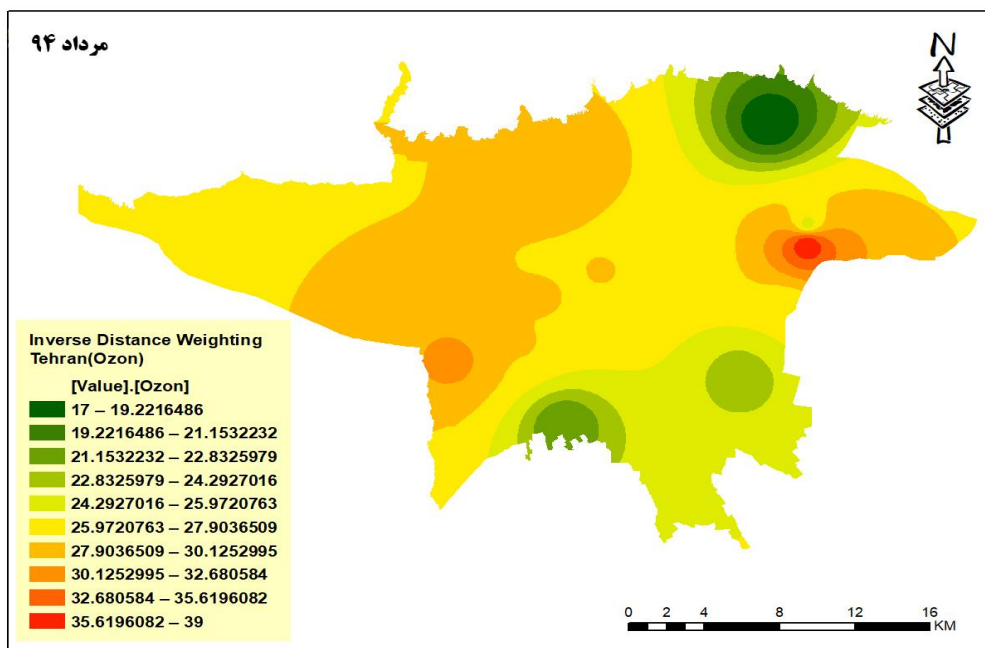
جدول ۲- داده های ورودی و خروجی استفاده شده در مدل پیش

بینی میزان آلاینده آزن

داده های ورودی	داده های خروجی
کمینه دما در روز ثبت میزان آلاینده	میزان غلظت آزن
کمینه دما در یک روز قبل از روز ثبت میزان آلاینده	
بیشینه دما در روز ثبت میزان آلاینده	
بیشینه دما در یک روز قبل از روز ثبت میزان آلاینده	
میانگین دما در روز ثبت میزان آلاینده	
میانگین دما در یک روز قبل از روز ثبت میزان آلاینده	
بارش باران در روز ثبت میزان آلاینده	
بارش باران در یک روز قبل از روز ثبت میزان آلاینده	
سرعت باد در روز ثبت میزان آلاینده	
سرعت باد در یک روز قبل از روز ثبت میزان آلاینده	
جهت باد در روز ثبت میزان آلاینده	
جهت باد در یک روز قبل از روز ثبت میزان آلاینده	
میانگین رطوبت در روز ثبت میزان آلاینده	
میانگین رطوبت در یک روز قبل از روز ثبت میزان آلاینده	
ماکزیمم رطوبت در روز ثبت میزان آلاینده	
ماکزیمم رطوبت در یک روز قبل از روز ثبت میزان آلاینده	
مینیمم رطوبت در روز ثبت میزان آلاینده	
مینیمم رطوبت در یک روز قبل از روز ثبت میزان آلاینده	



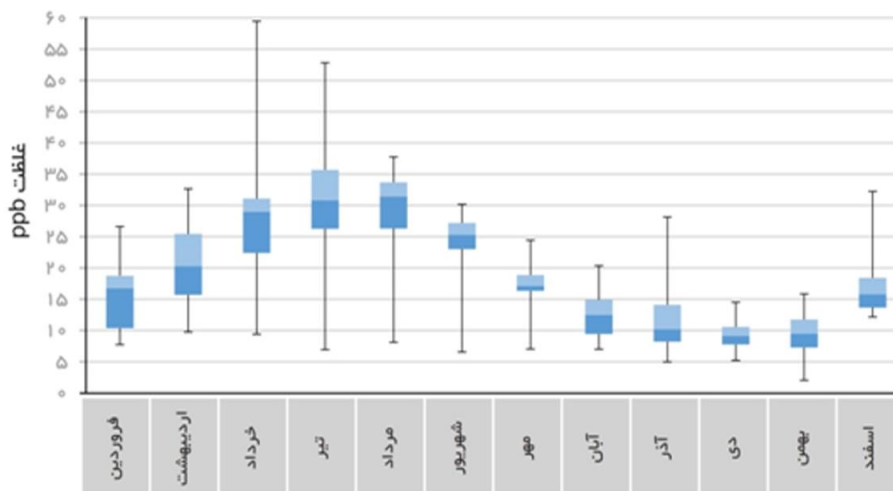
شکل ۲- تغییرات غلظت ماهانه ی آلاینده ازن طی سال ۹۴ (شرکت کنترل کیفیت هوای تهران)



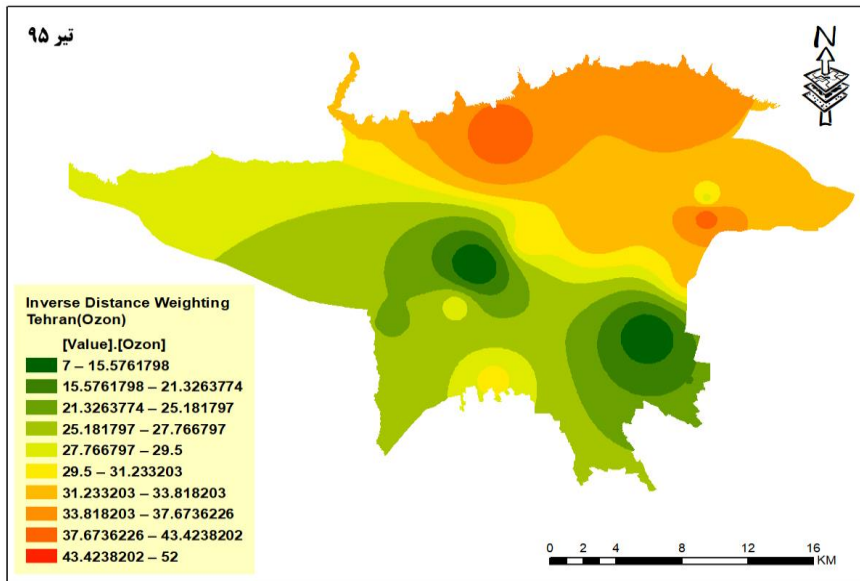
Ozon Interpolation by Inverse Distance Weighting method

مأخذ: نویسندگان

شکل ۳- نقشه میانگین آلاینده ازن در مرداد ۹۴

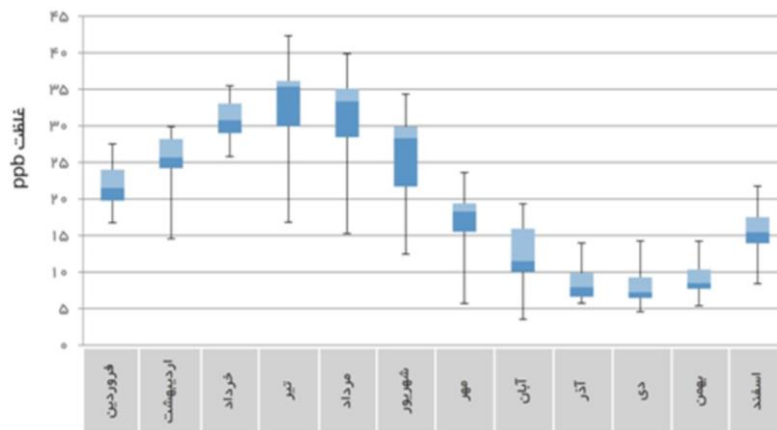


شکل ۴- تغییرات غلظت ماهانه ی آلاینده ازن طی سال ۹۵ (شرکت کنترل کیفیت هوای تهران)

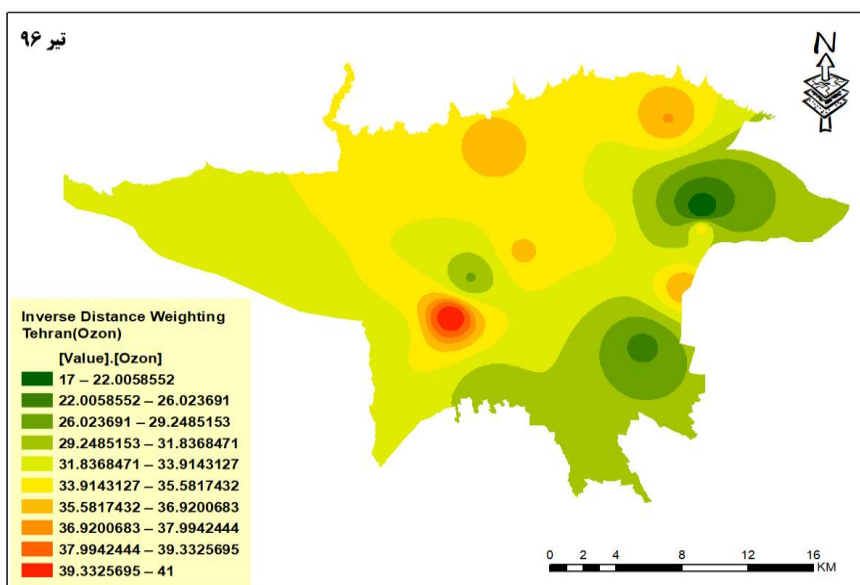


مآخذ: نویسندگان  
Ozon Interpolation by Inverse Distance Weighting method

شکل ۵- نقشه میانگین آلاینده ازن در تیر ۹۵



شکل ۶- تغییرات غلظت ماهانه ی آلاینده ازن طی سال ۹۶ (شرکت کنترل کیفیت هوای تهران)



مآخذ: نویسندگان  
Ozon Interpolation by Inverse Distance Weighting method

شکل ۷- نقشه میانگین آلاینده ازن در تیر ۹۶



مقدار میزان max آلاینده ازن برای یک منطقه به ترتیب متعلق به مناطق ۴ و ۱۵ می باشد و بیشترین و کمترین مقدار میزان min آلاینده ازن برای یک منطقه به ترتیب متعلق به مناطق ۱ و ۱۴ می باشد (جدول ۴) و در سال ۹۶، بیشترین و کمترین میانگین سالانه غلظت آلاینده ازن برای یک منطقه، به ترتیب متعلق به منطقه ۹ و ۱۹ می باشد. همچنین بیشترین و کمترین مقدار میزان max آلاینده ازن برای یک منطقه به ترتیب متعلق به مناطق ۱۳ و ۱۹ می باشد و بیشترین و کمترین مقدار میزان min آلاینده ازن برای یک منطقه به ترتیب متعلق به مناطق ۶ و ۱۹ می- باشد (جدول ۵).

اگر واحد مکانی را برابر مناطق شهری در نظر بگیریم، با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت در سال ۹۴ بیشترین و کمترین میانگین سالانه غلظت آلاینده ازن برای یک منطقه، به ترتیب متعلق به منطقه ۸ و ۱۰ می باشد. همچنین بیشترین و کمترین مقدار میزان max آلاینده ازن برای یک منطقه به ترتیب متعلق به مناطق ۸ و ۲۱ می باشد و بیشترین و کمترین مقدار میزان min آلاینده ازن برای یک منطقه به ترتیب متعلق به مناطق ۱۹ و ۴ می باشد (جدول ۳) و در سال ۹۵، بیشترین و کمترین میانگین سالانه غلظت آلاینده ازن برای یک منطقه، به ترتیب متعلق به منطقه ۱ و ۱۵ می باشد. همچنین بیشترین و کمترین

جدول ۳- اطلاعات آماری آلاینده ازن در واحد (µg/m<sup>3</sup>) به تفکیک مناطق مختلف شهر تهران در سال ۹۴

zonal294									
Rowid	REG	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
1	1	3131	0.003444	15.022253	23.41679	8.394537	19.057413	2.183781	59668.759914
2	2	4505	0.004956	18.581663	24.998695	6.417032	22.327823	1.538586	100586.844669
3	3	2659	0.002925	15.950446	23.372696	7.42225	21.046019	1.214563	55961.365634
4	4	6566	0.007223	15.001402	27.591919	12.590517	20.588458	1.83804	135183.816936
5	5	5341	0.005875	19.636444	23.36657	3.730125	21.121049	0.601204	112807.524326
6	6	1938	0.002132	18.001087	21.818739	3.817652	20.167296	1.043461	39084.220448
7	7	1397	0.001537	21.318714	22.493671	1.174957	21.738443	0.174914	30368.604242
8	8	1199	0.001319	21.765076	28.992041	7.226965	23.890199	1.708506	28644.348951
9	9	1769	0.001946	18.13905	21.931213	3.792164	19.970229	0.812558	35327.33485
10	10	734	0.000807	20.081581	21.845026	1.763445	21.132413	0.2809	15511.191225
11	11	1070	0.001177	19.642185	22.169085	2.526899	20.895136	0.524922	22357.795706
12	12	1236	0.00136	19.092482	21.487177	2.394695	20.727173	0.468033	25618.786266
13	13	1261	0.001387	20.090996	25.910139	5.819143	22.564627	1.306182	28453.994675
14	14	1316	0.001448	17.000032	23.885181	6.885149	19.684182	1.689705	25904.383307
15	15	2580	0.002838	17.063843	20.845053	3.78121	19.367315	0.838427	49967.671492
16	16	1486	0.001635	19.99869	22.847996	2.849306	21.36572	0.682939	31749.459757
17	17	746	0.000821	20.669218	24.848923	4.179705	22.557157	1.014476	16827.639397
18	18	3423	0.003765	18.000832	24.468029	6.467197	20.433506	1.302671	69943.892202
19	19	1037	0.001141	22.076344	24.999037	2.922693	23.658005	0.806225	24533.358885
20	20	1833	0.002016	19.799568	22.156155	2.356586	20.986808	0.421589	38468.818375
21	21	4703	0.005173	18.896379	20.677883	1.781504	20.230601	0.400467	95144.517422
22	22	5571	0.006128	20.128994	21.005146	0.876152	20.577964	0.136087	114639.83864

جدول ۴- اطلاعات آماری آلاینده ازن در واحد (µg/m<sup>3</sup>) به تفکیک مناطق مختلف شهر تهران در سال ۹۵

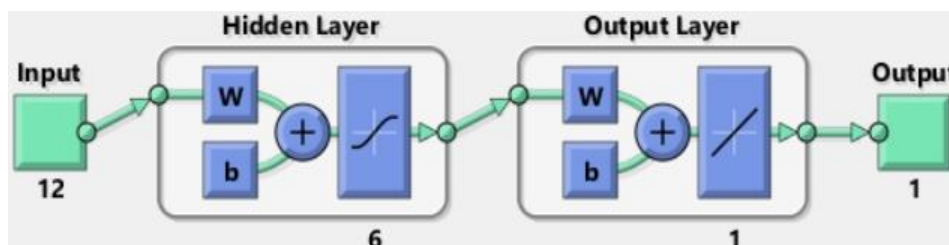
zonal295									
Rowid	REG	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
1	1	3131	0.003444	21.092073	32.954567	11.862494	25.464093	3.636879	79728.074018
2	2	4505	0.004956	10.003495	22.498758	12.495263	18.756663	3.11196	84498.766217
3	3	2659	0.002925	19.573273	31.076786	11.503513	21.518356	1.991713	57217.309752
4	4	6566	0.007223	19.000668	32.997143	13.996475	22.366335	3.145272	146857.358164
5	5	5341	0.005875	13.497905	20.813192	7.315288	17.984631	1.185951	96055.91523
6	6	1938	0.002132	17.063683	19.935963	2.87228	19.028286	0.464189	36876.818737
7	7	1397	0.001537	18.636276	20.447346	1.811069	19.667982	0.377658	27476.170691
8	8	1199	0.001319	19.666681	20.474575	0.807894	20.030799	0.147227	24016.927652
9	9	1769	0.001946	10.362002	18.999567	8.637565	17.208704	1.561126	30442.197313
10	10	734	0.000807	10.805867	17.481844	6.675977	15.782928	1.323703	11584.669069
11	11	1070	0.001177	16.611736	18.458626	1.846889	17.488773	0.35815	18712.987555
12	12	1236	0.00136	13.811889	18.754639	4.94275	17.082368	1.045965	21113.806963
13	13	1261	0.001387	16.183191	21.998577	5.815386	19.543767	1.432988	24644.689587
14	14	1316	0.001448	10.000065	21.78096	11.780895	14.877572	2.902929	19578.885113
15	15	2580	0.002838	10.12436	16.914774	6.790414	14.444271	1.54548	37266.219309
16	16	1486	0.001635	15.537519	17.576191	2.038671	16.919488	0.494562	25142.358932
17	17	746	0.000821	17.100382	17.977667	0.877285	17.575382	0.224731	13111.2348
18	18	3423	0.003765	17.490767	18.224663	0.733896	17.744471	0.145159	60739.322874
19	19	1037	0.001141	17.396034	17.999855	0.603821	17.757493	0.163733	18414.520243
20	20	1833	0.002016	15.156942	17.474424	2.317482	16.836586	0.502942	30861.461763
21	21	4703	0.005173	17.416344	18.591671	1.175327	18.055819	0.267366	84916.517965
22	22	5571	0.006128	17.417164	18.621695	1.204531	18.229239	0.236162	101555.092817

جدول ۵- اطلاعات آماری آلاینده ازن در واحد ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) به تفکیک مناطق مختلف شهر تهران در سال ۹۶

Rowid	CODEINT	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
1	1	3131	0.003444	17.003016	20.802515	3.7995	18.323767	0.991128	57371.715919
2	2	4505	0.004956	18.000994	21.499269	3.498276	20.080885	0.860798	90464.387741
3	3	2659	0.002925	17.141277	20.713154	3.571877	19.259664	0.766344	51211.445473
4	4	6566	0.007223	11.005476	20.668356	9.66288	16.993114	1.08979	111576.786289
5	5	5341	0.005875	18.793098	20.553932	1.760834	19.531467	0.274156	104317.564379
6	6	1938	0.002132	18.963341	19.999765	1.036425	19.675695	0.206429	38131.495964
7	7	1397	0.001537	18.489271	19.999504	1.510233	19.424635	0.384742	27136.215315
8	8	1199	0.001319	17.396498	21.992714	4.596216	19.238209	0.899539	23066.612207
9	9	1769	0.001946	18.11013	22.999475	4.889345	20.613978	0.996044	36466.126848
10	10	734	0.000807	17.433865	20.2964	2.862535	18.874191	0.529713	13853.656046
11	11	1070	0.001177	16.196112	19.462799	3.266687	18.348455	0.762151	19632.846321
12	12	1236	0.00136	14.206037	18.996469	4.790433	17.24581	1.080918	21315.820559
13	13	1261	0.001387	16.348078	24.997162	8.649084	20.176836	2.281721	25442.989668
14	14	1316	0.001448	11.000056	24.59868	13.598624	15.772945	3.178821	20757.196176
15	15	2580	0.002838	11.105896	17.503866	6.39797	14.672955	1.291227	37856.223159
16	16	1486	0.001635	14.486394	16.901442	2.415048	15.77778	0.401844	23445.781093
17	17	746	0.000821	10.336376	20.664488	10.328112	15.63227	2.436914	11661.673055
18	18	3423	0.003765	11.178878	21.3958	10.216922	18.421449	1.638485	63056.620431
19	19	1037	0.001141	10.002129	15.947965	5.945836	12.832238	1.649844	13307.030861
20	20	1833	0.002016	14.980832	16.684116	1.703284	15.933325	0.303709	29205.785441
21	21	4703	0.005173	18.849447	19.847986	0.998539	19.205684	0.253403	90324.332577
22	22	5571	0.006128	18.852598	19.576984	0.724386	19.168667	0.168351	106788.642826

باشد. داده های که برای آموزش شبکه استفاده شد شامل داده های ۲۴۰ روز از سال های ۹۴ و ۹۵ و ۹۶ بود، که در آن اطلاعات هواشناسی، میانگین اطلاعات ساعتی ۲۴ ساعت گذشته آن روز بود و میزان غلظت آلاینده ها را داشتیم. در مرحله بعدی این داده ها وارد محیط نرم افزار متلب شد و شبکه عصبی با استفاده از ابزار موجود در نرم افزار طراحی و آموزش داده شد.

برای پیش بینی میزان غلظت آلاینده ازن یک شبکه عصبی چند لایه پیش خور با الگوریتم آموزش پس انتشار (Back Propagation Algorithm) طراحی شد. در شکل ۸، می توانید ساختار این شبکه را مشاهده کنید. همانطوریکه از ساختار شبکه مشخص است، یک خروجی دارد که میانگین غلظت آلاینده های به شکل روزانه می باشد و این شبکه دوازده تا ورودی دارد، که شامل داده های سرعت و جهت باد، دما و بارش برای هر روز و یک روز قبل می

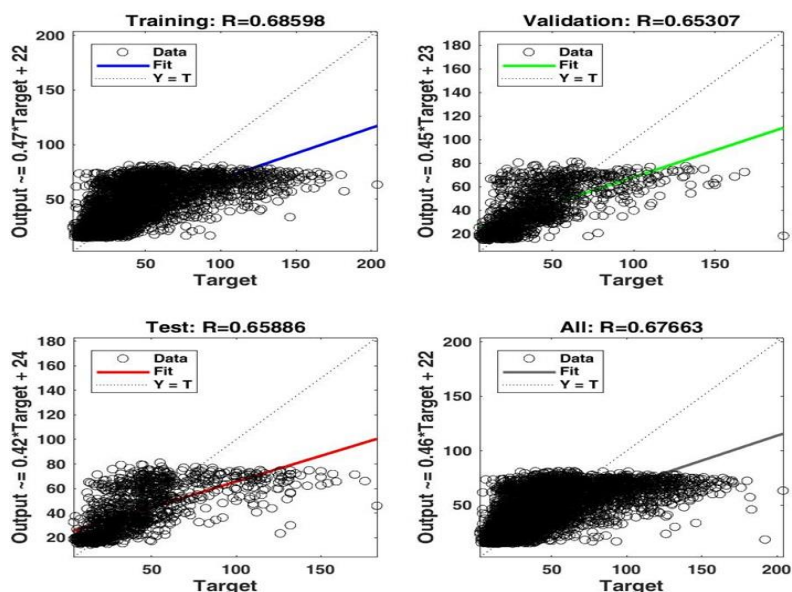


شکل ۸- شمای شبکه عصبی طراحی شده

این ۸۵ روز با استفاده از شبکه عصبی برآورد شد. با توجه به نتیجه به دست آمده، دقت پیش بینی این شبکه برای روزهای گرم سال حدود ۶۸ و برای روزهای سرد ۷۷ درصد برای آلاینده ازن برآورد گردید، پس می توان گفت پارامترهای هواشناسی درجه حرارت، سرعت و جهت باد و میزان بارش در کنارهم در میزان غلظت آلاینده ازن تاثیرگذار هستند.

۷۰ درصد نمونه های وارد شده به عنوان داده آموزشی (train) و ۱۵ درصد به عنوان داده اعتبارسنجی (validation) و ۱۵ درصد به عنوان داده تست (test) در نظر گرفته شد. در شکل ۹ می توان ضریب همبستگی بدست آمده برای هریک از این دسته داده ها را مشاهده کرد.

برای بدست آوردن دقت پیش بینی این شبکه از داده های سال ۹۶ استفاده شد، بدین منظور میانگین غلظت آلاینده ازن برای ۸۵ روز از ماه های مختلف در این سال انتخاب شد و همچنین میانگین غلظت آلاینده ازن برای



شکل ۹- نمودار رگرسیون برای داده های آموزشی، اعتبارسنجی و تست

## ۵- بحث و نتیجه گیری

است. با توجه به بررسی دقت روش های مختلف درون یابی در این مطالعه، روش IDW به عنوان بهترین روش درون یابی برای تهیه نقشه میزان غلظت آلاینده ازن در شهر تهران انتخاب گردید. در حالی که روش KRIGING بدترین نتایج را از نظر دقت ارائه داد، یکی از علت های اصلی این مساله می توان به تعداد و موقعیت مکانی این ایستگاه ها مربوط می باشد که به شکل کافی و همگن در قسمت های مختلف شهر پخش نشده اند. پراکنش آلاینده ازن به عوامل مختلفی مثل پارامترهای هواشناسی، ترافیک، برنامه ریزی های شهری، تغییرات کاربری ها و ... بستگی دارد، در این مطالعه برای بررسی ارتباط و پیش بینی میزان انباشت ازن با توجه به داده های هواشناسی سال های ۹۴ و ۹۵ و ۹۶ یک شبکه عصبی توسعه داده شد، که دقت این شبکه با توجه به داده های این آلاینده در سال ۹۶، برای روزهای گرم سال حدود ۶۸ و برای روزهای سرد ۷۷ درصد برای آلاینده ازن بدست آمد، پس می توان گفت پارامترهای هواشناسی درجه حرارت، سرعت و جهت باد و میزان بارش در کنارهم در میزان غلظت آلاینده ازن نسبت معناداری جود دارد.

ازن یکی از اجزای اصلی آلودگی فتوشیمیایی و در گروه اکسیدان های فتوشیمیایی هوا است که از واکنش اکسیدهای نیتروژن (NOx) و ترکیبات آلی فرار (VOCs) در حضور نور خورشید (واکنش فتوشیمیایی) تشکیل می گردد. بنابراین بیشترین مقادیر ازن در شرایط آفتابی تشکیل می شود. پس برای کاهش اثرات بد این آلاینده بر روی سلامت مردم، حتما لازم است که برنامه های مناسب مدیریتی ارائه گردد و نقش عوامل محیطی و مدیریت شهری در میزان افزایش این آلاینده و پراکنش زمانی و مکانی آن نیز باید بررسی گردد. طبق بررسی های انجام شده این تحقیق، بیشترین غلظت آلاینده ازن متعلق به ماه های گرم، تیر و مرداد می باشد و کمترین ماه های سرد سال می باشد که انرژی تابشی خورشید کمتر است. بیشترین میانگین غلظت انباشت آلاینده ازن مربوط به قسمت جنوب غربی تهران می باشد. افزایش غلظت در نقاط حاشیه ای نسبت به مرکز شهر قابل توجه است، چراکه غلظت آلاینده ازن در حاشیه شهرها بیشتر از نقاط مرکزی است و در نقاط مرکزی غلظت این آلاینده کمتر

## مراجع

- [1] Yildirim and Bayramoglu, 2006. Adaptive neuro-fuzzy based modelling for prediction of air pollution daily levels in city of Zonguldak
- [2] Jonathan, A. (2004). "Health effects of air pollution." Environmental and Occupational Respiratory Disorders

- [3] Ghiasodin, M. and Sourati, L. (2014), "Ozone concentration and meteorological parameters alternations investigation in air quality control company to aqdasieh station in 7 months (from oct. 2007 to apr. 2008) in tehran," *Journal of Environmental Science and Technology*. Vol.16, No.4, PP.77-83, (in Persian).
- [4] Bahari, R.A. and Abaspour, R.A. (2015), "Zoning of particulate matters (pm) pollution using local statistical models in gis (case study: tehran metropolises)," *Journal of Environmental Science and Technology*. Vol.5, No.3, PP.165-173, (in Persian).
- [5] Bodaghpour, S. and Charkhestani, A. (2011), "Prediction of gas pollutant's concentration by means of artificial neural network in tehran urban air," *Journal of Environmental Science and Technology*. Vol.13, No.1, PP.1-10, (in Persian).
- [6] Tehran Air Quality Control Company. "Tehran Air Quality Report for 2015, 2016, (in Persian).
- [7] Karar, K. and Gupta, A.K. (2006). "Seasonal variations and chemical characterization of ambient PM10 at residential and industrial sites of an urban region of Kolkata (Calcutta), India." *Atmospheric Research*. Vol.81, PP.36-53.
- [8] Verma, S.S. and Desai, B. (2008). "Effect of meteorological conditions on air pollution of Surat city." *Journal of International Environmental Application & Science*. Vol.3, No.5, PP. 358-367.
- [9] Lindstrom, Johan., et al., (2013). "A flexible spatio-temporal model for air pollution with spatial and spatio-temporal covariates." *Environmental and Ecological Statistics*. Vol.21, No.3, PP.411-433.
- [10] Robinson, D.P., Lloyd, C.D., McKinley, J.M. (2013). "Increasing the accuracy of nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) pollution mapping using geographically weighted regression (GWR) and geostatistics." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. VOL. 21. PP.374-383.
- [11] Adams, M.D. and Kanaroglou, P.S. (2016). "Mapping real-time air pollution health risk for environmental management: Combining mobile and stationary air pollution monitoring with neural network models." *Journal of Environmental Management*. Vol.168, PP.133-141.
- [12] Yang, Z. and Wang, J. (2017). "A new air quality monitoring and early warning system: Air quality assessment and air pollutant concentration prediction." *Environmental Research*. Vol.158, PP. 105-117.
- [13] Stroh, E. (2010). "The use of GIS in assessing exposure to airborne pollutants. Sweden: Lund University. Department of medicine.
- [14] Narges , A. (2014), "Studying nitrogen pollutant, mono dioxide carbon and dioxide nitrogen in Aghdasiyeh station during 2012 in Tehran," *Journal of Human and environment*, No.33, (in Persian).
- [15] Ali Asghar , N. (2014), "Trend analysis of Air Quality Index criteria pollutants (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> and آزن) concentration changes in Tehran metropolis and its relationship with meteorological data, 2001-2009," *Journal of Health in the Field*, Vol.3, No.2 , PP.17-26, (in Persian).
- [16] Mansour, Gh. (2015), "ozone concentration and meteorological parameters alternations investigation in air quality control company to aqdasieh station in 7 months (from oct. 2007 to apr. 2008) in tehran," *journal of environmental science and technology*, Vol.16, No.4 , PP.77-83, (in Persian).
- [17] Mehrdad, R. (2012), "Comparison of neural networks performance in spatial and temporal prediction of Tehran air pollution," (in Persian).
- [18] Kazem, N. (2000), "A Comparative Study of Tehran Air Quality in 1998 and 1997," (in Persian).