Archive of SID

برنامه ریزی و توسعه گردشگری
http://tourismpd.journals.umz.ac.ir
دانشگاه مازندران
UNIVERSITY OF MAZANDARAN
Journal of Tourism Planning and Development

تعیین تاثیر پارامترهای هواشناسی بر گردشگری کلانشهرها
بر مبنای ارائه مدل ترکیبی زمانی - مکانی پیش بینی آلاینده های هوا (مطالعه موردی: شهر تهران)

مسعود ابراهیمی قادی[۱]، فرهاد قادری*[۲]، احسان بابانژاد[۳]

۱ دانشجو،کارشناسی ارشد، رشته مهندسی عمران- مهندسی محیط زیست، دانشجوی مهمان دائم دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل(دانشجوی دانشگاه صنعتی سیرجان)، بابل، ایران.
۲ استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل؛ بابل؛ ایران (F.Qaderi@nit.ac.ir).
۳ کارشناس ارشد، مهندسی عمران- مهندسی محیط زیست، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل؛ بابل؛ ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۰۹
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۲۳

واژگان کلیدی:
آلودگی هوا، شبکه عصبی مصنوعی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پایتون.

چکیده

یکی از مشکلات عمده صنعت گردشگری، مشکلات محیط زیستی مکان‌های توریستی و گردشگری است. تهران دارای مکان‌های توریستی فراوان است و از طرفی مشکل آلودگی هوا تاثیر قابل توجهی بر تعداد گردشگران در این شهر داشته است. از این رو، این پژوهش در راستای مدل‌سازی، کنترل و مدیریت آلودگی هوای شهر تهران انجام شد. بر اساس مدل‌های پیشینی ارائه شده در بحث آلودگی هوا، امکان پیش بینی همزمان آلاینده بر اساس متغیرهای مکان و زمان وجود ندارد، و در این پژوهش، برای نخستین بار به منظور مدیریت آلودگی در شهر تهران، مدلی مکانی- زمانی ارائه شده است. در این تحقیق، مدل مکانی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برای هر یک از آلاینده‌ها تعریف و بر اساس برنامه‌ای در محیط پایتون، مدلسازی توسط شبکه‌های عصبی برای هر یک از آلاینده‌ها در هر نقطه مکانی شهر اجرا گردید و در هر نقطه و زمان از شهر تهران، امکان پیش بینی غلظت هر آلاینده بوجود آمد. بر اساس اعتبار سنجی مدل حاصل، میزان خطا قابل قبول بود. بر اساس مدل حاصل می توان در هر نقطه و در هر زمان میزان غلظت آلاینده‌های هوا را تعیین و بر اساس غلظت حاصل میزان مطلوبیت شهر برای گردشگران را تخمین زد.

مقدمه

آلودگی هوای شهری، ترکیب پیچیده‌ای از چندین نوع آلاینده سمی است و تاثیر قابل توجه بر ساکنان مناطق شهری و گردشگران می‌گذارد (کلمنین[۱] و همکاران،۲۰۰۱). بنابراین پیش بینی غلظت آلودگی هوا در مناطق شهری، برای تضمین سلامت زندگی افراد و مطلوبیت شهر برای گردشگران، امری ضروری است (آژانس محیط زیست اروپا[۲]،۲۰۱۳). پیش بینی و مدل‌سازی غلظت آلاینده‌های هوا، به عواملی مانند پارامترهای هواشناسی بستگی دارد (کلمنین و همکاران،۲۰۰۱). روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی و پیش‌بینی غلظت آلاینده‌ها وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به مدل‌های رگرسیون (شای[۳] و همکاران،۱۹۹۷) و مدل‌های جعبه‌ای

* نویسنده مسئول: F.Qaderi@nit.ac.ir

۱ Kolehmainen
۲ European Environment Agency
۳ Shi

www.SID.ir

Archive of SID

(میدلتون[۱]،۱۹۹۸) و یا روش‌های پیچیده‌تر مانند چمیری[۲](مونتیرو[۳] و همکاران،۲۰۰۵) و مدل کیفیت هوای چند مقیاسی CMAQ(لوکن[۴] و همکاران،۲۰۰۶، آراسا[۵] و همکاران،۲۰۱۰) اشاره کرد. مدل‌های مفهومی ساده بر فرضیات ساده استوار هستند و به همین دلیل، توانایی توصیف فرایندهای پیچیده فعل و انفعالاتی شیمیایی آلاینده‌ها در اتمسفر را ندارند و در نتیجه، مدل‌های دقیقی نیستند (لوکن و همکاران،۲۰۰۶). مدل‌های مفهومی پیشرفته، به شدت غیر خطی هستند، این مدل‌ها، نیازمند مقدار زیادی داده‌های ورودی صحیح هستند (دوتوت[۶] و همکاران،۲۰۰۷، الانگاسینگه[۷]، ۲۰۱۴). مدل‌های آماری، مانند شبکه عصبی مصنوعی می‌توانند جایگزین مناسبی برای مدل‌های مفهومی باشند (یی[۸] و ریبوتاک[۹]،۱۹۹۶، گاردنر[۱۰] و دورلین[۱۱]،۲۰۰۰، کوکونن[۱۲] و همکاران،۲۰۰۳، هوبرگز[۱۳] و همکاران،۲۰۰۵).

با توجه به مطالب بیان شده، نیاز به اطلاعات جامعی برای پیش‌بینی و کنترل غلظت آلودگی‌ها هوا است تا بتوان شرایط متفاوت را مدیریت و برای مشکلات پیش‌رو راه حل ارائه نمود. از این رو در این پژوهش با استفاده از یک ایده نوآورانه و جدید، روشی جهت دستیابی به پیش‌بینی غلظت آلودگی‌های هوا به صورت نقطه‌ای ارائه گردید به طوری که با استفاده از برنامه‌های اجرایی به زبان پایتون در محیط نرم افزار پایچرم[۱۴]، نقشه‌های پهنه بندی عوامل هواشناسی در محیط GIS برای تمامی پیکسل‌ها صورت گرفته و به واسطه شبکه عصبی مصنوعی، داده‌های پارامترهای مختلف مربوط به هر پیکسل با هم ارتباط داده شدند. در این مقاله، با استفاده همزمان از شبکه عصبی و GIS، امکان افزایش دقت پیش‌بینی وضعیت آلودگی از حالت سراسری برای کل شهر تهران به حالت نقطه‌ای (برای هر نقطه از شهر تهران) انجام گرفت. در انتها با توجه به روش پیشنهاد شده در این تحقیق و با توجه به آلودگی هوای نقاط مختلف می‌توان مطلوبیت نقاط مختلف برای گردشگران بر اساس پارامتر آلودگی هوا را در هر زمان دلخواه پیش بینی کرد.

ادبیات موضوع

الف) پیشینه تحقیق

سوفوقلو[۱۵] و همکاران در سال ۲۰۰۶ از شبکه عصبی برای پیش بینی غلظت SO_2 استفاده کردند و نشان دادند شبکه عصبی می تواند مدلی مناسب برای پیش بینی این آلاینده باشد(سوفوقلو و همکاران،۲۰۰۶). همچنین مارتین[۱۶] و همکاران در سال ۲۰۰۸ در Algeciras اسپانیا برای پیش بینی غلظت CO از شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند(مارتین و همکاران،۲۰۰۸). هافمن در سال ۲۰۰۶ برای پیش بینی کوتاه مدت NO_Xها از شبکه عصبی مصنوعی استفاده نمود و نتایجی با ضریب خطای بسیار کم بدست آورد(هافمن[۱۷]،۲۰۰۶). کاراتزاس[۱۸] و همکاران در سال ۲۰۰۸ برای پیش بینی غلظت O_3 از مدل شبکه عصبی استفاده نمودند(کاراتزاس و همکاران،۲۰۰۸).

---

۱ Middleton
۲ chimere
۳ Monteiro
۴ Luecken
۵ Arasa
۶ Dutot
۷ Elangasinghe
۸ Yi
۹ Prybutok
۱۰ Gardner
۱۱ Dorling
۱۲ Kukkonen
۱۳ Hooyberghs
۱۴ PAYCHARM
۱۵ Sofuoglu
۱۶ Martín
۱۷ Hoffman
۱۸ Karatzas

www.SID.ir

Archive of SID

در کنار پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه‌ی پیش‌بینی آلودگی هوا با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی، ابزار دیگری مانند GIS نیز امروزه در جهت مدل سازی آلودگی هوا، مورد استفاده قرار گرفته است. در مطالعاتی در کشور هندوستان در سال ۲۰۰۵، یک پایگاه داده کیفیت هوا ارائه شد و بر اساس آن مدیریت کیفیت هوا طراحی گردید (هویبرگز و همکاران،۲۰۰۵). در پژوهشی دیگر در کشور تایلند در سال ۲۰۰۸ به بررسی وضعیت آلودگی هوای شهر بانکوک و پیاده سازی برنامه‌های GIS جهت پیش‌بینی و مدیریت آلودگی هوای شهر پرداخته شد (مارتین و همکاران، ۲۰۰۸).

در تحقیقات متعدد، اثر آلودگی هوا (در مناطق مختلف مانند چین و ...) بر میزان گردشگری مورد مطالعه قرار گرفته است (لیو[۱] و همکاران،۲۰۰۸، پودیال[۲] و همکاران،۲۰۱۳، ژانگ[۳] و همکاران،۲۰۱۵). در این تحقیق به منظور جلوگیری از اثرات منفی آلودگی هوا بر گردشگری، مناطق مناسب بر اساس آلودگی هوا برای گردشگری معین می گردد در نتیجه سعی خواهد تا از این طریق راهکاری ارائه شود که دید گردشگران نسبت بازدید از کلان شهرها تغییر ننماید.

ب) مبانی نظری

یکی از اجزای اصلی این تحقیق شبکه‌های عصبی مصنوعی هستند. شبکه عصبی مصنوعی گروهی از روش‌های یادگیری ماشینی است که از سلول‌های عصبی بیولوژکی الهام گرفته شده است (کاراتزاس،۲۰۰۸). اساس شبکه عصبی بر این است که همانند مغز انسان امکان یادگیری توسط واحدهای عصبی (نرون) وجود دارد. استفاده از شبکه عصبی شامل سه مرحله آموزش، تعمیم و اجرا است. در مرحله آموزش شبکه، الگوریتم‌های موجود، توسط داده‌های ورودی‌هایی که در سری آموزشی قرار دارند آموزش می‌بینند و شبکه عصبی بعد از عملیات یادگیری، می‌تواند داده‌های مستقل جدید را طبق الگوریتم آموزش داده شده شبیه‌سازی کند. شبکه عصبی بر اساس آموزش داده شده عمل پردازش را انجام می‌دهد به این صورت که این شبکه با سری‌های خاص از ورودی و هدف‌های آن آموزش دیده و ترکیب داخلی شبکه در خلال عملیات آموزش شبکه آنقدر تغییر داده می‌شود تا شبکه به طور کامل الگوهای موجود در ورودی را شناسایی نماید و مدلی برای پیش بینی بر مبنای آن الگوها طراحی کند. شبکه عصبی مصنوعی ساختار لایه‌ای دارد که از ۳ لایه ورودی، مخفی و خروجی تشکیل می‌شود. داده‌ها در لایه ورودی قرار می‌گیرند و پس از پردازش، خروجی نهایی به دست خواهد آمد (منهاج، ۱۳۷۷).

یکی دیگر از اجزای اصلی این تحقیق سیستم اطلاعات جغرافیایی است. GIS به منزله مهمترین ابزار تحلیل‌های جغرافیایی برای تشخیص قواعد حاکم بر روابط متقابل بین انسان و محیط زیست کاربرد فراوان دارد. استفاده از این تکنیک، در بررسی و تحلیل پراکنش آلاینده‌های هوا در مناطق آلوده کاربرد دارد. با کمک امکانات و روش‌های مختلف این تکنیک، امکان تهیه پایگاه داده‌های مکانی، نمایش فضایی آلاینده‌ها، تلفیق اطلاعات و تحلیل فضایی آن‌ها فراهم شده است. از قابلیت‌های مهم این سامانه می‌توان به مدیریت کارآمد، ذخیره سازی، به روزرسانی، بازیابی سریع اطلاعات، دقت بالا در پردازش اطلاعات اشاره کرد (مالچوفسکی[۴]،۱۹۹۹). آلودگی هوا توسط پارامترهای هواشناسی به شدت تحت تاثیر قرار می‌گیرد. پارامترهایی مانند وزش باد، بارندگی و ... به سرعت بر میزان آلاینده‌ها موثر است (وارک و همکاران،۱۳۸۸). از طرفی در تحقیقات فراوانی تاثیر آلودگی هوا بر جاذبه‌های گردشگری اثبات شده است. در تمامی تحقیقات پشین تاکنون امکان ارائه مدلی برای پیش‌بینی غلظت آلاینده های اصلی بر اساس تغییر همزمان زمان

[۱] Liu
[۲] Poudyal
[۳] Zhang
[۴] Malczewski

www.SID.ir

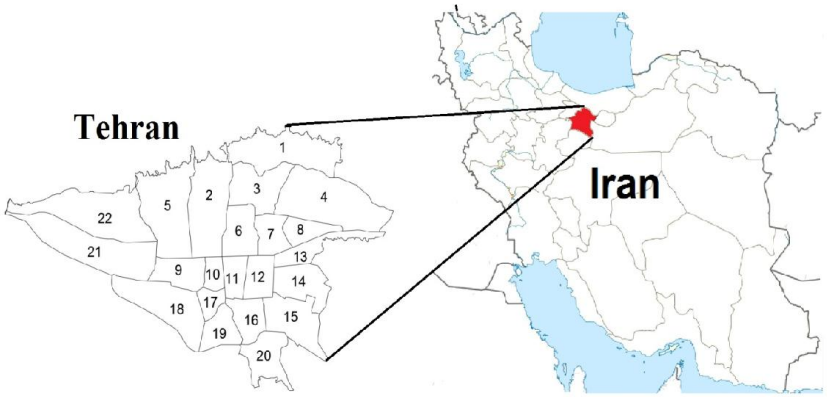
Archive of SID

و مکان بررسی نشده است (سجاد[۱] و همکاران،۲۰۱۴، دوچه[۲]،۲۰۱۳، بکن[۳] و همکاران،۲۰۱۷). که در این تحقیق با ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و سیستم اطلاعات جغرافیایی این مهم انجام گرفته است. در نهایت بر اساس نقشه پهنه بندی آلاینده در هر زمان مشخص برای منطقه مورد مطالعه می توان نقاط سالم و استاندارد و دارای جذابیت گردشگری بر اساس پارامتر آلودگی هوا را تعیین نمود.

روش شناسی تحقیق

منطقه مورد مطالعه

شهر تهران به عنوان پایتخت ایران، به دلیل استقرار هزاران واحد صنعتی و تردد حدود ۲ میلیون انواع وسایل نقلیه در این شهر، یکی از آلوده ترین شهرهای جهان است. در این شهر، نزدیک به ۹ میلیون لیتر بنزین در روز مصرف می‌شود و این مسئله یکی از دلایل آلودگی شدید شهر تهران است (غریبی،۱۳۶۵). از طرفی به دلیل وضعیت توپوگرافی، این شهر از سه جهت به وسیله ارتفاعات شمیران، کرج و دماوند محدود بوده است و از سمت جنوب به دشت‌های مرکزی ایران راه دارد. عدم تحرک هوا به ویژه در فصول پاییز و زمستان باعث انباشتگی آلودگی در تنگناهای کوهستان‌های شرق تهران می‌شود و باد یکی از عوامل تاثیرگذار مهم در کاهش آلودگی هوا است. باد در این شهر به صورت عاملی برای انتقال آلودگی از شمال به جنوب و بالعکس عمل می‌کند و به دلیل سرعت کمتر از ۳ متر بر ثانیه باعث تشدید آلودگی در این شهر می‌شود. این شهر در مدار ۵۱ درجه شرقی و ۳۵ درجه شمالی به طول تقریبی ۵۰ کیلومتر و عرض ۳۰ کیلومتر قرار دارد. که در شکل ۱ جانمایی این شهر در ایران مشخص گردیده است.



شکل(۱): جانمایی شهر تهران در کشور ایران

منبع: تحقیق حاضر

جمع آوری اطلاعات

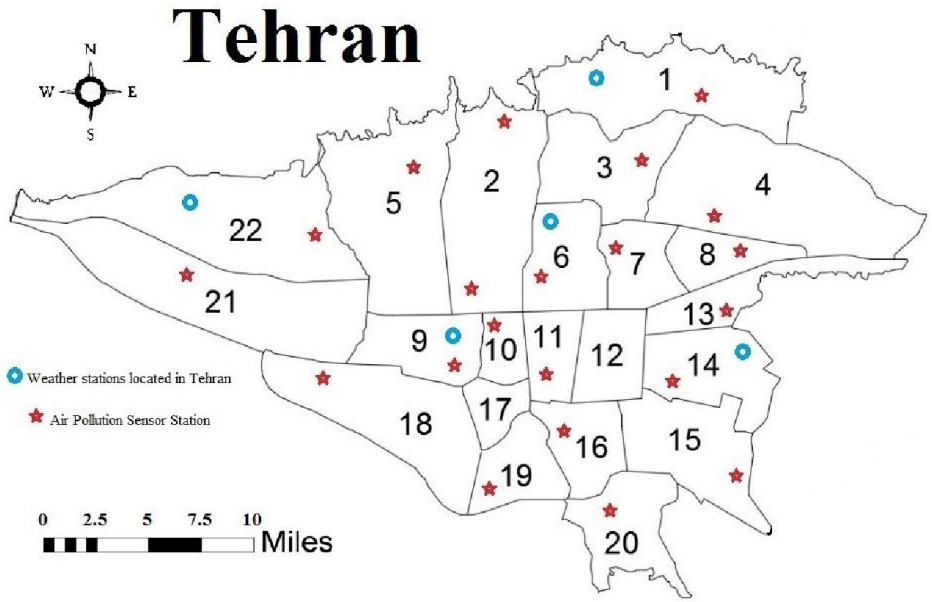
تراکم، جمعیت، ترافیک شهری، میزان بارش، رطوبت، سرعت باد، دما، فشار هوا، میزان مصرف بنزین و گازوئیل، میزان دید موثر و میزان حمل و نقل هوایی را می‌توان از جمله مهمترین عوامل تاثیرگذار بر آلودگی شهر تهران دانست. برهمین اساس در این پژوهش از اطلاعات و داده‌های یک دوره ۵ ساله مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای کیفی آلودگی هوای تهران از شرکت کنترل کیفیت تهران که به وسیله دستگاه‌های سنجش آلودگی مستقر در ۲۱ ایستگاه در نقاط مختلف تهران ثبت می‌گردد استخراج شد. همچنین داده‌های هواشناسی مانند دمای شهری، میزان بارش، سرعت باد، رطوبت، فشار هوا و شعاع دید از ایستگاه‌های هواشناسی مستقر در شهر تهران

[۱] Sajjad
[۲] Duché
[۳] Becken

www.SID.ir

Archive of SID

و پارامترهای شهری مانند میزان ترافیک، تراکم شهری، جمعیت، میزان حمل و نقل هوایی، میزان سوخت مصرفی نیز از مرکز آمار شهر تهران به صورت روزانه ثبت و جمع آوری شده است. جانمایی دقیق ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا و ایستگاه‌های هواشناسی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل(۲): جانمایی ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا و ایستگاه‌های هواشناسی در شهر تهران

منبع: ابراهیمی قادی و همکاران، ۲۰۱۸

کاربرد نرم افزار GIS در این تحقیق

در تحقیقات پیشین برای ارائه مدل‌های مکانی از روش‌های مختلفی استفاده شده است در این تحقیق پس از بررسی، روش Thiessen polygon انتخاب و در محیط Arc GIS، این روش استفاده گردید.

در این پژوهش به منظور بررسی پراکنش مکانی آلاینده‌های SO_2، NO_2، CO، O_3، $PM_{2.5}$، PM_{10} و شناسایی مکان‌های آلوده بر اساس شاخص استاندارد آلودگی هوا (AQI[1])، از روش‌های آماری در محیط ARC GIS استفاده شد، به طوری که داده‌های جمع آوری شده از ایستگاه‌های پایش آلودگی هوای تهران به صورت روزانه، به صورت فصلی تفکیک گردید و به عنوان ورودی به نرم افزار ARC GIS داده شد سپس مشخصات موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سنجش بر حسب سیستم UTM مشخص گردید. سپس با استفاده از ARC GIS پهنه بندی تمامی شش آلاینده و در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به صورت جداگانه پهنه بندی گردید و با استفاده از این ۲۴ نقشه، نقشه‌ای جامع از آلاینده‌های شش گانه شهر تهران استخراج شد و با استفاده از پایتون نویسی در ARC GIS بر روی نقشه جامع مذکور، قابلیت محاسبه AQI هر نقطه از شهر حاصل شد. سپس تمامی این مراحل برای ۶ پارامتر هواشناسی تکرار گردید که داده‌های آن بر اساس ۵ ایستگاه هواشناسی مستقر در شهر تهران استخراج شد.

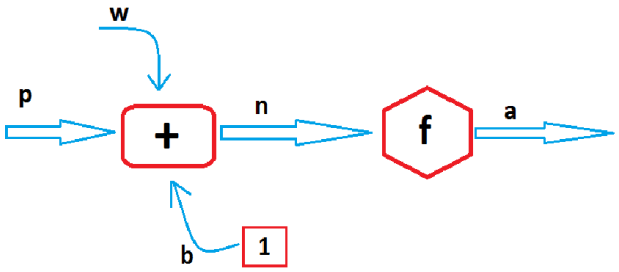
[1] Air Quality Index

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد شبکه عصبی در این تحقیق

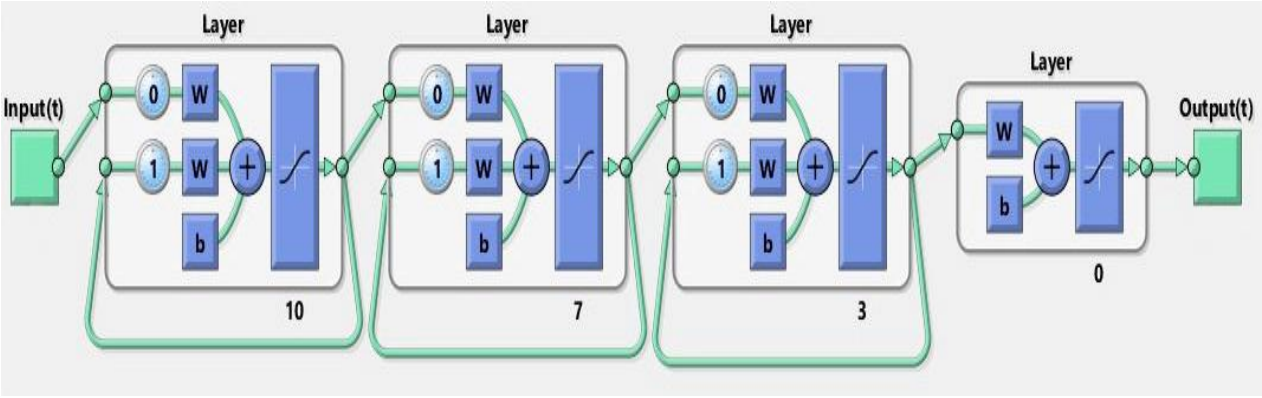
شبکه عصبی مصنوعی بر مبنای یک واحد محاسباتی به نام پرستپرون ساخته می‌شود. پرستپرون ترکیبی از ورودی‌ها با مقادیر حقیقی را دریافت می‌کند و یک ترکیب خطی از این ورودی‌ها را محاسبه می‌کند. دانشمندان با الهام گرفتن از نرون طبیعی و اجزای اصلی آن نرون مصنوعی را معرفی نموده‌اند. شکل شماره ۳ بیانگر سه مولفه‌ی اساسی وزن (w)، بایاس (b) و تابع محرک (f) است. این سه مولفه برای هر نرون منحصر به فرد بوده و با استفاده از این نرون مصنوعی به ورودی های خود پاسخ می دهد. تصویر شماتیک یک نرون مصنوعی در شکل شماره ۳ مشخص است که در آن (p) ورودی نرون، (a) خروجی نرون می باشد. مجموعه ی پارامتر های نرون که وزن و بایاس نامیده می‌شود با (w) و (b) نشان داده شده است. و (f) نیز نمادی از تابع محرک نرون می باشد. پارامتر (n) که ورودی خالص نرون نامیده می شود در حقیقت ورودی به تابع محرک است و بر اساس ورودی (p) و پارامتر های نرون ساخته می شود.



منبع: محاسبات تحقیق حاضر

در این پژوهش، داده‌ها به ۲ قسمت تقسیم شدند و به عنوان ورودی به شبکه عصبی و همچنین برای اعتبارسنجی استفاده گردیدند، ورودی شبکه عصبی خود نیز به دو دسته وابسته و مستقل تقسیم بندی می‌شود. در فرآیند یادگیری نیز از شاخص آماری خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) به عنوان تابعی برای بررسی عملکرد شبکه عصبی استفاده گردید.

در این پژوهش برای آموزش شبکه عصبی از الگوریتم Layer recurrent استفاده شد و از تابع تانژانت سیگموئید (TANSIG) برای نرون‌ها استفاده شد. بر اساس بررسی‌ها، ۴ لایه مخفی (لایه اول: ۱۰ نرون؛ لایه دوم: ۷ نرون؛ لایه سوم: ۳ نرون و لایه چهارم: ۱ نرون) بهترین پیش بینی را ارائه داد. در شکل شماره ۴ تصویر شماتیکی از الگوریتم Layer recurrent و تعداد لایه ها، نمایش داده شده است.



شکل (۴): تصویر شماتیک الگوریتم Layer recurrent در شبکه عصبی مصنوعی

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده همزمان از شبکه عصبی و GIS در محیط پایتون

پایتون یک زبان برنامه نویسی است که در سال ۱۹۹۱ در کشور هلند طراحی شد. در این پژوهش، از این زبان در برنامه pycharm استفاده شد به طوری که این نرم افزار رابط میان دو نرم افزار Arc GIS و MATLAB قرار گرفت. در این بررسی، ابتدا داده‌های برداشت شده در شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفت و مدل زمانی مناسب برای پیش بینی غلظت آلاینده بر مبنای پارامترهای مستقل استخراج گردید و سپس بر اساس مدل مکانی مطرح در سیستم اطلاعات جغرافیایی، داده های مستقل حاصل از اندازه‌گیری در ایستگاه‌ها استفاده گردید و داده های مستقل ورودی به شبکه مربوط به هر نقطه از شهر تهران استخراج و سپس در محیط pycharm امکان اعمال شبکه عصبی در هر نقطه دلخواه از شهر تهران فراهم شد و در نتیجه مدل زمانی-مکانی برای تعیین آلودگی هوا در هر نقطه دلخواه بدست آمد. در نهایت در اعتبارسنجی مدل، نتایج حاصل از مدل زمانی- مکانی با نتایج واقعی حاصل از اندازه گیری مقایسه و خطای مدل بر اساس شاخص آماری خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) گزارش گردید.

تعیین مکان های مناسب برای گردشگری بر اساس معیار آلودگی هوا

برای تعیین مکان های مناسب برای گردشگری بر اساس معیار آلودگی هوا از شاخص استاندارد آلودگی هوا (AQI) استفاده گردید به این صورت بر اساس محاسبات این تحقیق، مقدار AQI در هر نقطه دلخواه قابل محاسبه بوده و در نتیجه می توان محل های مناسب برای گردشگری را برای هر زمان دلخواه بر اساس معیار آلودگی هوا پیش بینی نمود.

تجزیه و تحلیل

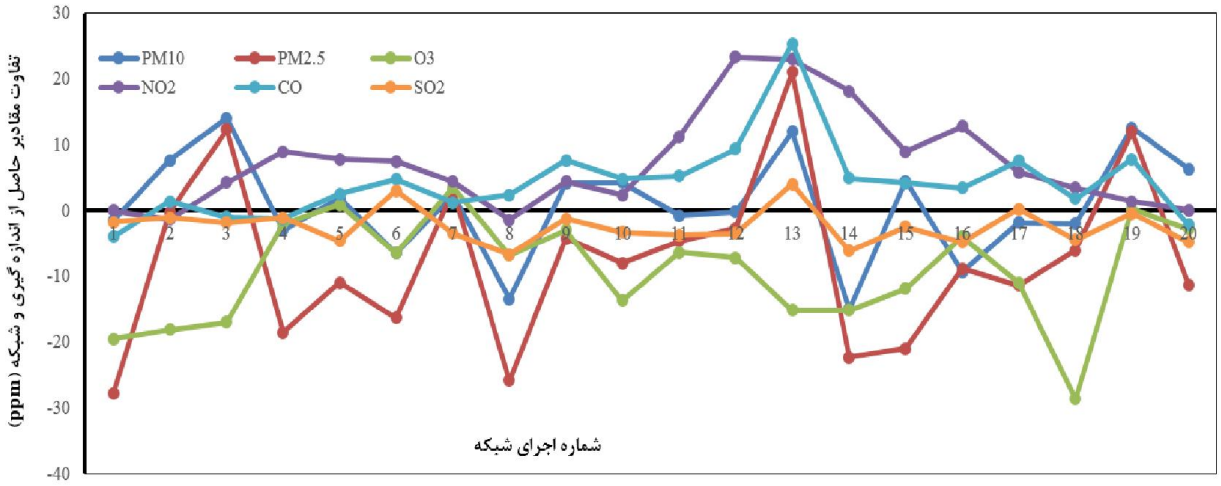
خروجی شبکه عصبی

شکل ۵ بیانگر پیش بینی شبکه عصبی برای غلظت آلاینده‌های SO_2، NO_2، CO، O_3، $PM_{2.5}$، PM_{10} است. در این مدل زمانی، داده‌های ورودی به صورت روزانه (در مدت ۱۴۰۰ روز و در بازه ۲۰۱۲ و ۲۰۱۶) به عنوان ورودی شبکه عصبی جهت آموزش در نظر گرفته شد. در آموزش شبکه عصبی، الگوریتم‌های مختلف موجود مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس شاخص آماری RMSE، بهترین الگوریتم برای پیش بینی (با کمترین درصد خطا) بدست آمد که به عنوان ساختار شبکه عصبی بهینه انتخاب گردید. پس از تعیین بهترین الگوریتم آموزش، تابع‌های مختلف در هر نرون و تعداد نرون‌ها در هر لایه برای رسیدن به کمترین خطای پیش‌بینی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل، الگوریتم Layer recurrent بهترین الگوریتم و تابع TANSIG به عنوان تابع بهینه برای نرون ها تعیین گردید. بر اساس بررسی انجام شده، ۴ لایه مخفی (لایه اول: ۱۰ نرون؛ لایه دوم: ۷ نرون؛ لایه سوم: ۳ نرون و لایه چهارم: ۱ نرون) بهترین پیش بینی را در بین حالات مختلف ارائه داد و از این هندسه شبکه در این تحقیق استفاده شد.

برای هر یک از آلاینده‌های شش گانه در شهر تهران آموزش شبکه عصبی صورت گرفت و ۶ مدل طراحی گردید که میزان خطای هریک از مدل‌ها در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۶ و بر اساس شاخص RMSE، مدل پیش‌بینی غلظت آلاینده O_3 بیشترین خطا (۶/۷٪) و مدل پیش‌بینی غلظت آلاینده SO_2 کمترین خطا (۳/۲٪) را داشتند و در نهایت دقت تمامی مدل‌ها قابل قبول بود.

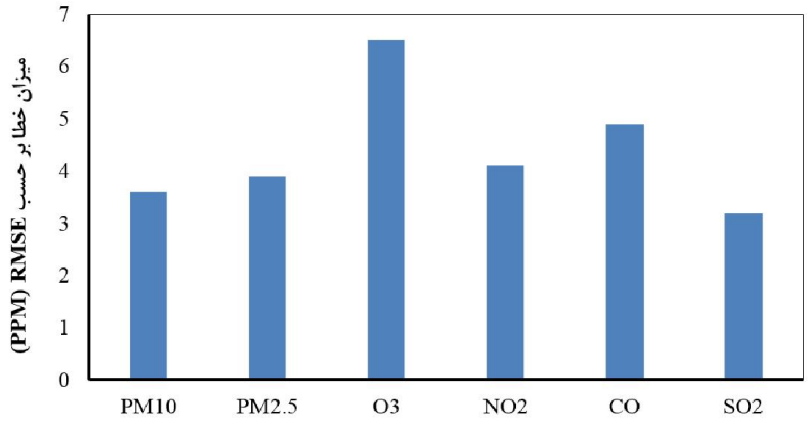
www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۵): میزان خطای شبکه عصبی برای مدلسازی آلاینده های ۶ گانه

منبع: محاسبات تحقیق حاضر



شکل(۶): میزان خطای مدل‌های پیش بینی هر یک از آلاینده‌های تحقیق بر اساس معیار RMSE

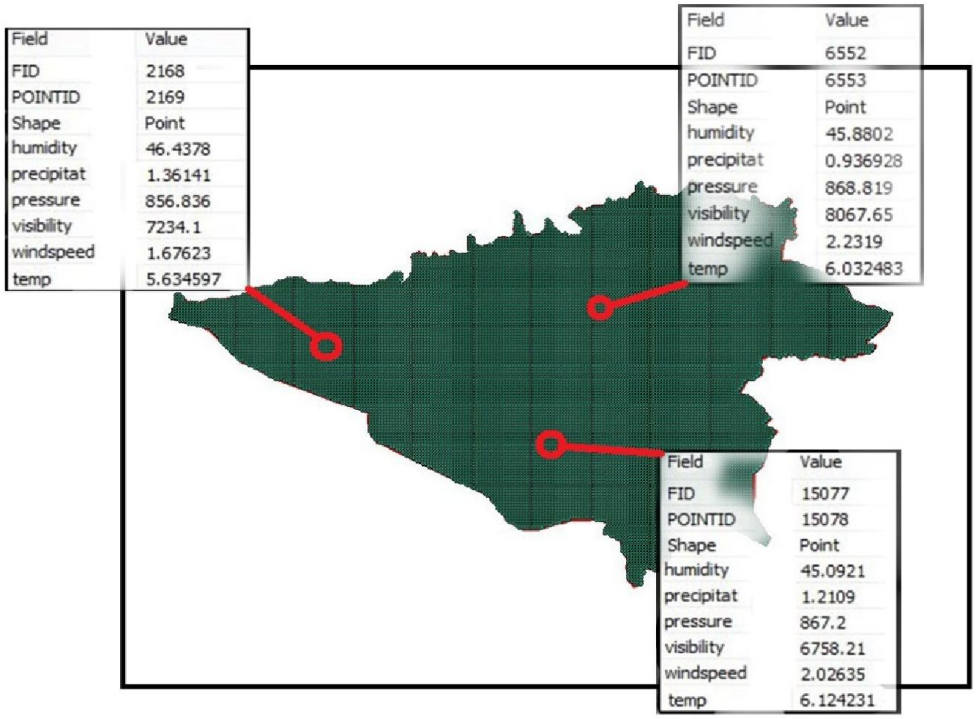
منبع: محاسبات تحقیق حاضر

خروجی نرم افزار Arc GIS

شکل شماره ۷ نشان دهنده نمونه‌ای از نقشه‌های جامع روزانه از پراکندگی پارامترهای هواشناسی موثر بر آلودگی شهر تهران (میزان بارش، رطوبت هوا، سرعت باد، فشار هوا، دما و دید موثر) است. برای تولید این نقشه‌ها ابتدا از ۵ ایستگاه هواشناسی مستقر در شهر تهران به صورت روزانه طی سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۶ داده‌ها جمع‌آوری گردید. سپس داده‌های جمع آوری شده به صورت یک فایل اکسل به عنوان ورودی به نرم افزار Arc GIS داده شد و پهنه بندی برای هر روز دلخواه مطابق شکل ۷ انجام گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

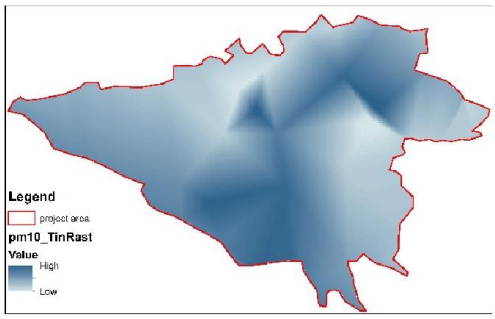


شکل (۷): نمونه‌ای از نقشه‌های جامع روزانه پهنه‌بندی پراکندگی پارامترهای هواشناسی
منبع: محاسبات تحقیق حاضر

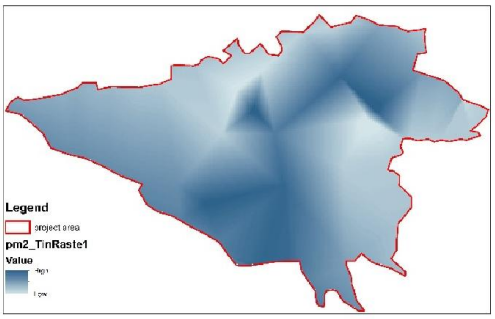
مطابق با روال مذکور، برای داده‌های آلودگی هوا جمع آوری شده از ایستگاه‌ها اقدام گردید به این صورت که بر اساس مختصات UTM هر یک از ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا و نتایج حاصل از اندازه‌گیری آلاینده‌ها در ایستگاه‌ها، نقشه‌های پهنه‌بندی روزانه برای هریک از آلاینده‌ها بدست آمد که نمونه‌ای از این نقشه‌ها برای هر آلاینده، در شکل ۸ ارائه شده است.

www.SID.ir

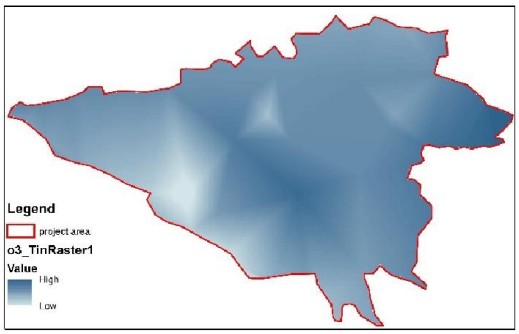
Archive of SID



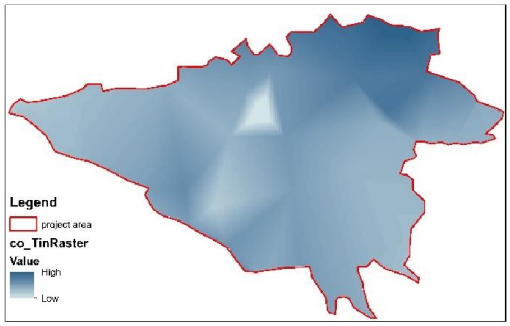
الف: PM_{10}



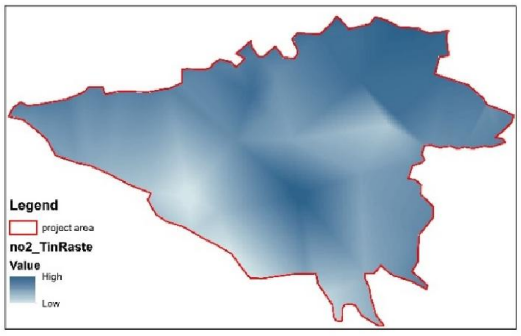
ب: $PM_{2.5}$



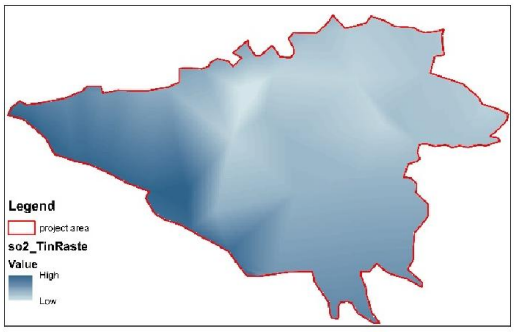
ج: O_3



د: CO



ه: NO_2



و: SO_2

شکل (۸): نمونه‌ای از نقشه‌های جامع روزانه پهنه‌بندی پراکندگی آلاینده‌ها

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

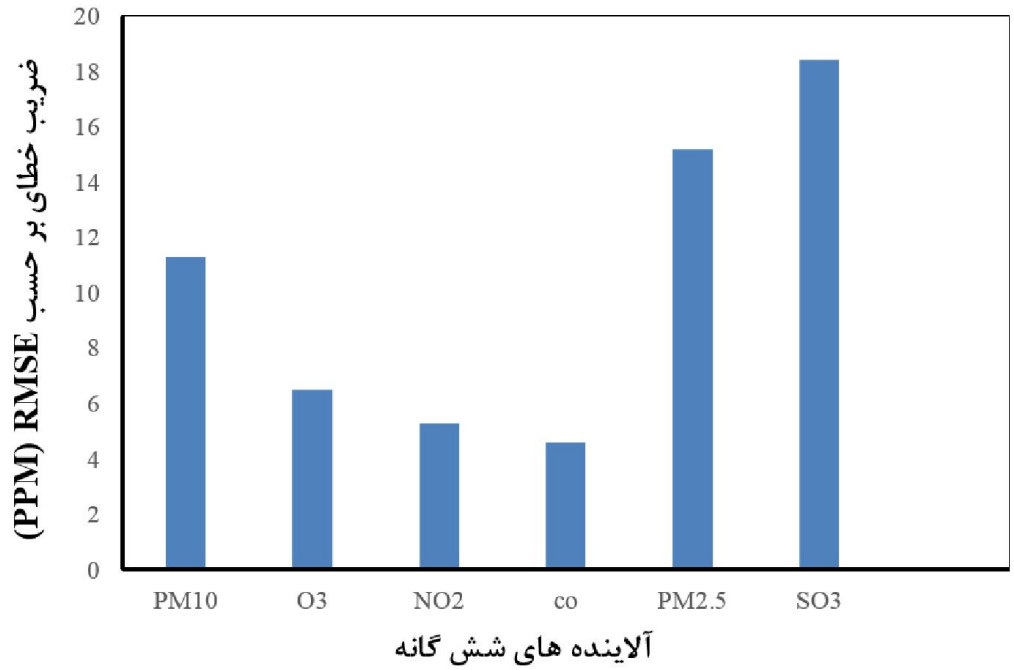
www.SID.ir

Archive of SID

خروجی مدل زمانی- مکانی تحقیق

پس از تهیه خروجی‌های مربوط به شبکه عصبی و GIS، در این تحقیق به کمک ارتباط بین شبکه عصبی و GIS در محیط پایتون، مدل زمانی- مکانی برای پیش‌بینی آلاینده در هر زمان و در هر مکان دلخواه توسعه داده شد. به این صورت که برای نقطه دلخواه داده شده از طرف کاربر، داده‌های لازم برای ورودی به مدل زمانی-مکانی برای نقطه انتخابی بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی مطرح در شکل ۷ بدست آمده و از طریق پایتون این اعداد به شبکه عصبی مربوط به آلاینده مورد نظر داده می شد و در نهایت عدد خروجی از مدل زمانی-مکانی با عدد آلاینده در نقطه مورد نظر در شکل ۸ مقایسه می‌گردید.

برای اعتبارسنجی مدل زمانی – مکانی، ابتدا بیست نقطه را به صورت تصادفی انتخاب نموده و خروجی مدل زمانی- مکانی را با داده‌های اندازه‌گیری شده مقایسه نموده و میزان خطا بر اساس شاخص آماری خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) برای هر آلاینده محاسبه گردید. نتایج حاصل در شکل شماره ۹ ارائه شده است. بر این اساس نتایج، بیشترین و کمترین مقادیر خطای جذر میانگین مربعات بین مقادیر پیش بینی شده و مقادیر واقعی به ترتیب برای با آلاینده‌های SO_2 و CO بدست آمد. مقادیر خطای جذر میانگین مربعات برای SO_2 برابر ٪۱۸/۴، CO برابر ٪۴/۶، PM_{10} برابر ٪۱۱/۳، $PM_{2.5}$ برابر ٪۱۵/۲، O_3 برابر ٪۶/۲۵ و NO_2 برابر ٪۵/۳ بدست آمد. لازم به ذکر است که خطاهای محاسبه شده نشان دهنده اعتبار مدلسازی بوده و مدل حاصل در بحث آلودگی هوا قابل قبول است.



شکل (۹): خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) برای هر آلاینده در مدل زمانی- مکانی

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

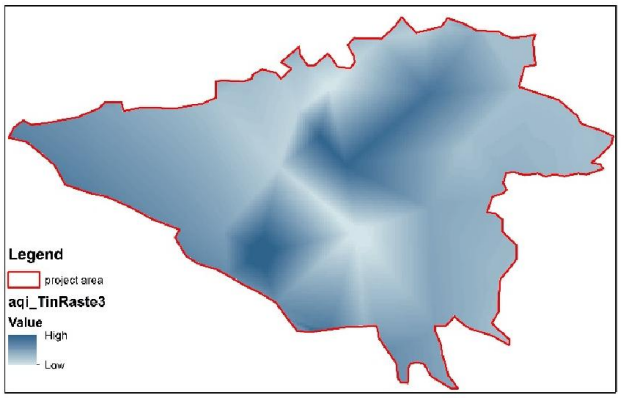
www.SID.ir

Archive of SID

تعیین مکان های مناسب برای گردشگری بر اساس مدل مکانی - زمانی

پس از تدوین مدل زمانی – مکانی، از شاخص استاندارد آلودگی هوا (AQI) برای تعیین مکان های مناسب برای گردشگری استفاده گردید. به این صورت بر اساس محاسبات این تحقیق، مقدار AQI در هر نقطه دلخواه قابل محاسبه بوده و در نتیجه می‌توان محل‌های مناسب برای گردشگری را برای هر زمان دلخواه بر اساس معیار آلودگی هوا پیش بینی نمود.

در شکل ۱۰ نمونه ای از نقشه‌های پهنه بندی برای گردشگری از نظر معیار AQI ارائه شده است.



شکل (۱۰): نمونه ای از نقشه‌های پهنه بندی برای گردشگری از نظر معیار AQI

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

نتیجه گیری و پیشنهادات

در این پژوهش به معرفی سیستمی برای پیش‌بینی مکان‌های مناسب برای گردشگری در کلانشرها بر اساس معیار آلودگی هوا پرداخته شد و شهر تهران مورد مطالعه موردی قرار گرفت. راهکار ارائه شده، توسعه مدل زمان-مکانی برای پیش بینی غلظت آلاینده‌ها در هر زمان و مکان دلخواه و تصمیم‌گیری برای گردشگری بر اساس شاخص AQI است. در مدل زمانی- مکانی پیشنهادی، هریک از آلاینده‌های موثر بر سلامت (SO_2، NO_2، CO، O_3، $PM_{2.5}$ و PM_{10}) توسط شبکه عصبی مصنوعی و مدل مکانی Thiessen polygon در هر زمان و مکان دلخواه پیش بینی می شوند.

لازم به ذکر است که مزیت روش پیشنهادی در این تحقیق نسبت به تحقیقات پیشین به صورت زیر قابل شرح است:

۱- امکان پیش بینی غلظت در روزهایی که هیچ اندازه‌گیری در آن‌ها صورت نگرفته به تنهایی توسط مدل مدل‌های مکانی مانند Thiessen polygon امکان پذیر نیست در حالیکه در مدل مکانی زمانی این تحقیق برای تمام زمان ها امکان پیش بینی وجود دارد لذا علاوه بر خطای کمتر در مدل زمانی مکانی، امکان کاربرد در شرایط جامع از مزایای مدل این تحقیق است و در نتیجه در هر زمانی و با هر شرایطی می توان نقاط مناسب برای گردشگری در شهر را تعیین نمود.

۲- امکان پیش بینی غلظت در مکان‌های مختلف توسط مدل شبکه عصبی به تنهایی امکان پذیر نیست و این مدل برای تمام شهر توان ارائه یک عدد دارد در حالیکه در مدل مکانی زمانی این تحقیق برای تمام نقاط امکان پیش بینی وجود دارد لذا علاوه بر خطای کمتر در مدل زمانی مکانی، امکان تعیین نقاط مناسب برای گردشگری (در شرایط جامع) از مزایای روش ارائه شده در این تحقیق است.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. غریبی، پروانه (۱۳۶۵)، مصرف سوخت در بخش حمل و نقل و استراتژی های کاهش آن از طریق حمل و نقل همگانی، **یازدهمین کنفرانس بین المللی حمل و نقل و ترافیک**، تهران.

۲. منهاج، محمد باقر (۱۳۷۷). **هوش محاسباتی مبانی شبکه های عصبی مصنوعی(جلد اول)**، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

۳. کنت وارک، وین دیویس و وارتر، سیسل (۱۳۸۸). **آلودگی هوا منشاء و کنترل آن**، ترجمه کاظم ندافی و همکاران، تهران: کتاب ایرانیان.

٤. Arasa,R., Soler,M.R.,Ortega,S., Olid,M., & Merino, M. (۲۰۱۰). Performance evaluation of MM٥/MNEQA/CMAQ air quality modelling system to Forecast ozone concentrations in Catalonia, **Tethys**, ۷(۲۰۱۰):۱۱–۲۳.

٥. Becken, S., Jin, X., Zhang, C., & Gao, J. (۲۰۱۷). Urban air pollution in China: destination image and risk perceptions, J. **Sustain. Tour**, ۲٥(۲۰۱۷): ۱۳۰–۱٤۷.

٦. Duché, S. (۲۰۱۳). La Pollution De L'Air En Région Parisienne: Exposition Et Perception Sur Les Sites Touristiques, Géographie. Université Paris-Diderot - Paris VII, ۲۰۱۳. Français.

۷. Dutot, A.L., Rynkiewicz, J., Steiner, F.E., & Rude, J. (۲۰۰۷). A ۲٤–h forecast of ozone peaks and exceedance levels using neural classifiers and weather predictions, Environmental **Modelling & Software**, ۲۲(۲۰۰۷): ۱۲٦۱–۱۲٦۹.

۸. Ebrahimi Ghadi, M., Qaderi, F., & Babanezhad E. (۲۰۱۸). Prediction of Mortality Resulted from NO۲ Concentration in Tehran by Air Q+ Software and Artificial Neural Network, **Journal of Environmental Science and Technology**, doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۳۷٦۲-۰۱۸-۱۸۱۸-٤.

۹. EEA (European Environment Agency). (۲۰۱۳). **Every Breath We Take: Improving Air Quality in Europe**, EEA Signals ۲۰۱۳ Report, Copenhagen.

۱۰. Elangasinghe, M.A., Singhal, N., Dirks, K.N., & Salmond, J.A. (۲۰۱٤). Development of an ANN–based air pollution forecasting system with explicit knowledge through sensitivity analysis, Atmospheric **Pollution Research**, ٥ (۲۰۱٤): ٦۹٦–۷۰۸.

۱۱. Gardner, M.W., & Dorling, S.R. (۲۰۰۰). Meteorologically adjusted trends in UK daily maximum surface ozone concentrations, Atmospheric **Environment**, ۳٤(۲۰۱٤): ۱۷۱–۱۷٦.

۱۲. Hoffman, S. (۲۰۰٦). Short-Time Forecasting of Atmospheric NOx Concentration by Neural Networks, **Environmental Engineering Science** ۲۳(۲۰۱٤): ٦۰۳-٦۰۹.

۱۳. Hooyberghs,J.,Mensink,C.,Dumont,G.,Fierens,F., & Brasseur, O. (۲۰۰٥). A Neural network forecast for daily average PM۱۰ concentrations in Belgium, **Atmospheric Environment**, ۳۹(۲۰۰٥): ۳۲۷۹–۳۲۸۹.

۱٤. Karatzas, K.D., Papadourakis, G., & Kyriakidis, I. (۲۰۰۸). **Understanding and forecasting atmospheric quality parameters with the aid of ANNs, Atmospheric Environment** ۱۲ (۲۰۰۸): ۲٥۸۰-۲٥۸۷.

۱٥. Kolehmainen, M., Martikainen, H., & Ruuskanen, J.(۲۰۰۱). Neural networks and periodic components used in air quality forecasting, **Atmospheric Environment**, ۳٥(۲۰۰۸): ۸۱٥–۸۲٥.

۱٦. Kukkonen, J., Partanen, L., Karppinen, A., Ruuskanen, J., Junninen, H.,Kolehmainen, M., Niska, H., Dorling, S., Chatterton, T., Foxall, R., & Cawley, G. (۲۰۰۳). Extensive evaluation of neural network models for the prediction of NO۲ and PM۱۰ concentrations, compared with a deterministic modelling system and measurements in central Helsinki, **Atmospheric Environment**, ۳۷(۲۰۰۳): ٤٥۳۹–٤٥٥۰.

۱۷. Liu, L., Poon, R., Chen, L., Frescura, A., Montuschi, P., Ciabattoni, G., et al. (۲۰۰۸). Acute effects of air pollution on pulmonary function, airway inflammation, and oxidative stress in asthmatic children, **Environ. Health Perspect**, ۱۱۷(۲۰۰۸): ٦٦۸–٦۷٤.

۱۸. Luecken,D.J.,Hutzell,W.T., & Gipson,G.L. (۲۰۰٦). Development and analysis of air quality modeling simulations for hazardous air pollutants, **Atmospheric Environment**, ٤۰ (۲۰۰٦): ٥۰۸۷–٥۰۹٦.

۱۹. Malczewski, J. (۱۹۹۹). **GIS and Multi Criteria Decision Analysis**, John Wiley Press ۳۹۲PP.

۲۰. Martín, M.L., Turias, I.J., González, F.J., Galindo, P.L., Trujillo, F.J., Puntonet, C.G., & Gorriz, J.M. (۲۰۰۸). Prediction of CO maximum ground level concentrations in the Bay of Algeciras, Spain using artificial neural networks, **Chemosphere**, ۷۰(۲۰۰۸): ۱۱۹۰-۱۱۹٥.

۲۱. Middleton, D.R. (۱۹۹۸). A new box model to forecast urban air quality: BOXURB, **Environmental Monitoring and Assessment,** ٥۲(۱۹۹۸): ۳۱٥–۳۳٥.

www.SID.ir

Archive of SID

۲۲. Monteiro, A., Vautard, R., Borrego, C., & Miranda, A.I. (۲۰۰۵). Long–term simulations of photo oxidant pollution over Portugal using the CHIMERE model, **Atmospheric Environment** , ۳۹ (۲۰۰۵): ۳۰۸۹–۳۱۰۱.

۲۳. Poudyal, N.C., Paudel, B., & Green, G.T. (۲۰۱۳). Estimating the impact of impaired visibility on the demand for visits to national parks, Tour**. Econ**, ۱۹(۲۰۱۳): ٤۳۳–٤٥۲.

۲٤. Sajjad, F., Noreen, U., & Zaman, K. (۲۰۱٤). Climate change and air pollution jointly creating nightmare for tourism industry, **Environ. Sci. Pollut. Res**, ۲۱(۲۰۱۳): ۱۲٤۰۳–۱۲٤۱۸.

۲٥. Shi,J.P., & Harrison, R.M. (۱۹۹۷). Regression modelling of hourly NOx and NO۲ Concentrations in urban air in London, **Atmospheric Environment**, ۳۱ (۱۹۹۷): ٤۰۸۱–٤۰۹٤.

۲٦. Sofuoglu, S.C., Sofuoglu, A., Birgili, S., & Tayfur, G. (۲۰۰٦). Forecasting Ambient Air SO۲ Concentrations Using Artificial Neural Networks, **Energy Sources Part B Economics Planning & Policy**, ۱(۲۰۰٦): ۱۲۷-۱۳٦.

۲۷. Yi, J.S., & Prybutok, V.R. (۱۹۹٦). A neural network model forecasting for Prediction of daily maximum ozone concentration in an industrialized Urban area, **Environmental Pollution**, ۹۲ (۱۹۹٦): ۳٤۹–۳٥۷.

۲۸. Zhang, A., Zhong, L., Xu, Y., Wang, H., & Dang, L. (۲۰۱٥). Tourists' perception of haze pollution and the potential impacts on travel: reshaping the features of tourism seasonality in Beijing, China, **Sustainability**, ۷(۲۰۱٥): ۲۳۹۷–۲٤۱٤.

www.SID.ir