نشریه پژوهش‌های کاربردی دورکاوی و اطلاعات مکانی

٤

سال اول
بهار ١٤٠٥

مقاله

تاریخ دریافت:
١٤٠٤/٠٦/٠٧
تاریخ پذیرش:
١٤٠٤/١٠/١٤
صص: ٧٧-٦٣

استفاده از روش DEMATEL در ارزیابی دقت روش‌های پهنه‌بندی به‌منظور انتخاب مدل بهینه مکانی تعیین آلودگی ناشی از فعالیت‌های شهری(مطالعه موردی: آلاینده PM10 در شهر تهران)

علی سرکارگر اردکانی [١] | محمدرضا طالبی آبکنار [٢]

چکیده

آلودگی هوای شهرهای بزرگ یکی از عمده‌ترین معضلات شهری در عصر حاضر می‌باشد. شناخت پراکندگی این آلودگی‌ها به ما در شناخت منابع و روش‌های کنترل آن کمک به سزایی خواهد نمود. یکی از روش‌هایی که می‌تواند به شناخت ما از پراکنش این آلودگی‌ها کمک نماید، تولید نقشه‌های پهنه‌بندی آلودگی با کمک نمونه‌گیری‌های صورت گرفته در محدوده‌های تعیین‌شده می‌باشد. در حال حاضر تکنیک‌های مختلفی به‌منظور پهنه‌بندی ارائه‌شده است. در این پژوهش با استفاده از چهار تکنیک بر مبنای GIS که شامل متدهای IDW، Kriging، Spline و Cubic می‌باشند و با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های سنجش آلودگی شرکت کنترل کیفیت هوای تهران در سال ١٣٩٤، اقدام به ایجاد نقشه‌های پهنه‌بندی آلودی هوای شهر تهران ناشی از آلاینده ذرات معلق کمتر از ١٠ میکرون می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره دیماتل و با استفاده از نظریات خبرگان، روش‌های میانگین مطلق اشتباهات، مجذور میانگین مربع خطاها، واریانس اشتباه معیار، میانگین اریبی اشتباهات و نسبت واریانس‌ها جهت تعیین مناسب‌ترین روش تعیین صحت و دقت مقایسه شده و درنهایت با انتخاب روش بهینه، اقدام به مقایسه دقت نتایج حاصل از پهنه‌بندی شده است.

نتایج مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که از میان روش‌های تعیین دقت و صحت، روش RMSE با توجه به بیشترین تأثیرگذاری (ارزش٠/٩١٩٩ =D-R در دیماتل)، جهت برآورد دقت پهنه‌بندی بوده است. لذا با استفاده از این روش، از میان چهار روش پهنه‌بندی ارائه‌شده در این مقاله، روش Kriging با ٢/٥١١ =RMSE دارای مناسب‌ترین دقت نتایج مدل‌سازی آلودگی هوای ناشی از آلاینده PM_{10} بوده است.

کلیدواژه‌ها: سیستم اطلاعات مکانی، دیماتل، ذرات معلق کمتر از ١٠ میکرون، پهنه‌بندی، ارزیابی خطا

١. استادیار، رشته سنجش‌ازدور گروه سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.
٢. نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری، رشته مدیریت محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
mr.talebi@gmail.com

مقدمه

امروزه آلودگی هوا با توجه به پیامدهای زیان‌بارش به یکی از چالش‌های اساسی محیط زیستی جهان تبدیل‌شده است. شهر تهران نیز یکی از کلان‌شهرهای جهان است که دچار بحران آلودگی هوا می‌باشد. [1] آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی کلان‌شهر تهران است که علی‌رغم اجرای قوانین و آئین‌نامه‌های اجرایی، برنامه‌ها و طرح‌ها و تمهیدات اتخاذشده، تاکنون استمرار دارد. [2]

آلودگی هوا نه‌تنها از طریق استنشاق مستقیم بلکه به‌طور غیرمستقیم از طریق آلودگی آب آشامیدنی، انتقال از طریق پوست، بر سلامت انسان تأثیر نامطلوب می‌گذارد .هم‌چنین یکی از نگرانی‌های عمده در رابطه با آلودگی هوا اثرات احتمالی آن بر تغییرت آب‌وهوا و گرمایش جهانی می‌باشد که بر بهره‌وری محصولات کشاورزی، رشد جنگل و تنوع زیستی تأثیر می‌گذارد. [3] به‌طوری‌که اثرات ناشی از آلودگی هوا سالانه خسارت‌های هنگفتی را بر جامعه تحمیل می‌کند.طبق آمارهای موجود، خسارات ناشی از آلودگی هوا در ایران در سال ۲۰۰۱ برابر ۴/۷ میلیارد دلار برآورد شده است. که این میزان برابر ۵/۷ درصد از تولیدات ناخالص داخلی کشور را دربرمی گیرد. [4]

ازجمله آلاینده‌های مهم که در آلودگی هوای شهرها سهم بسزایی دارد، ذرات معلق می‌باشد که توسط کارخانه‌ها، خودروهای شخصی و سایر منابع دیگر در هوای شهر تهران پراکنده می شود. [5] در این مقاله سعی بر این است تا با استفاده از تکنیک‌های پهنه‌بندی و اطلاعات ایستگاه‌های سنجش آلودگی، اقدام به مدل‌سازی این آلاینده نمود و سپس با استفاده از روش دیماتل، از بین روش‌های تعیین صحت و دقت پهنه‌بندی مناسب‌ترین گزینه را انتخاب نمود و با مقایسه روش‌های مختلف پهنه‌بندی، دقیق‌ترین روش را از میان روش‌های IDW، Kriging، Spline و Cubic انتخاب نمود.

مطالعات متعدی درزمینهٔ ذرات معلق انجام‌شده است که ازجملهٔ آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

بررسی انتشارات فضایی دی‌اکسید گوگرد، ذرات معلق و فلزات سمی ناشی از منابع بزرگ صنعتی در بمبئی هند نشان داد که مصرف کل انرژی ناشی از سوخت فسیلی در بخش صنعت شامل۲۹ درصد مصرف سوخت در نیروگاه‌ها بوده است. در میان صنایع، نیروگاه‌ها حرارتی منبع اصلی انتشارات در منطقه بوده‌اند که انتشارات آن‌ها شامل ۲۸ درصد دی‌اکسید گوگرد، ۱۳ درصد ذرات معلق و ۸ درصد فلزات بود.[6]

ویژگی‌های شیمیایی ذرات معلق در فصل زمستان در جنوب تایوان مشخص‌شده و برای شناسایی منابع آلوده‌کننده هوا در ایستگاه‌های موردبررسی از مدل ضریب انتقال گوسی استفاده شد. نتایج نشان داد منابع نقطه‌ای بزرگ‌ترین منبع PM_{10} بوده‌اند [7] همچنین میزان ذرات معلق موجود در هوای شهر گچساران در سال ۱۳۸۴ بررسی‌شده است، بر اساس نتایج مطالعه نشان می‌دهد میانگین غلظت ۲۴ ساعت آلاینده در ماه‌های گوناگون متفاوت بوده و در ماه‌های اردیبهشت، تیر و مرداد بیش‌ازحد مجاز بوده است. [8]. در پژوهشی دیگر در شهر یزد، با بررسی و مدل‌سازی آلودگی ذرات معلق نشان می‌دهد غلظت ذرات معلق در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد و تیر و مرداد بیش‌ازحد مجاز بوده است. [9] همچنین در تحقیقی با بررسی روش‌های IDW و Kriging این‌گونه مشخص‌شده است که روش کریجینگ با سمی واریوگرام های نمایی و دایره‌ای برای میان یابی و درنهایت پهنه‌بندی کیفیت آب شرب مناسب‌ترین روش‌ها هستند. [10]در پژوهشی دیگر با استفاده از روش‌های زمین‌آماری و معکوس وزنی فاصله اقدام به مدل‌سازی ۴ آلاینده شامل ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون در محیط GIS شده است که نتایج نان می‌دهد روش‌های زمین‌آماری دارای بهترین نتایج می‌باشند. [11]

اجرای این پژوهش در سه بخش انجام می‌شود:

در بخش اول، ابتدا پس از معرفی مدل‌های پهنه‌بندی، اقدام به پیاده‌سازی پهنه‌بندی با روش‌های IDW، Kriging، Spline و Cubic با کمک نرم‌افزار ARC GIS می‌شود.

در بخش دوم، با کمک روش تصمیم‌گیری دیماتل، تکنیک‌های مختلف صحت سنجی مدل های پهنه‌بندی (شامل روش‌های میانگین مطلق اشتباهات، مجذور میانگین مربع خطاها، واریانس اشتباه معیار، میانگین اریبی اشتباهات و نسبت واریانس‌ها) با یکدیگر مقایسه شده و پس از رسم

نمودار علت و معلولی این روش، اثرگذارترین روش که دارای بالاترین مقدار D-R می‌باشد جهت مقایسه متدهای پهنه‌بندی معرفی می‌شود.

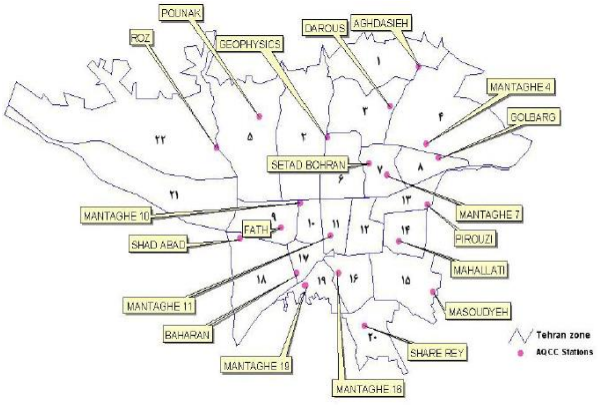
در بخش سوم، نتایج حاصل از مدل‌سازی پهنه‌بندی خروجی نرم‌افزار GIS با کمک خروجی تکنیک دیماتل مقایسه شده و روشی که کمترین میزان خطا را داشته باشد به‌عنوان روش بهینه جهت انجام پهنه‌بندی آلودگی هوای ناشی از ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون معرفی می‌گردد.

منطقه موردمطالعه

شهر تهران با مساحتی حدود ۸۰۰ کیلومترمربع در دامنه جنوبی البرز در یک محیطی نیم‌بسته قرار دارد. تهران از سمت جنوب به کوه‌های ری و بی‌بی‌شهربانو و دشت‌های هموار شهریار و ورامین و از شمال به‌واسطه کوهستان محصورشده است. [12]

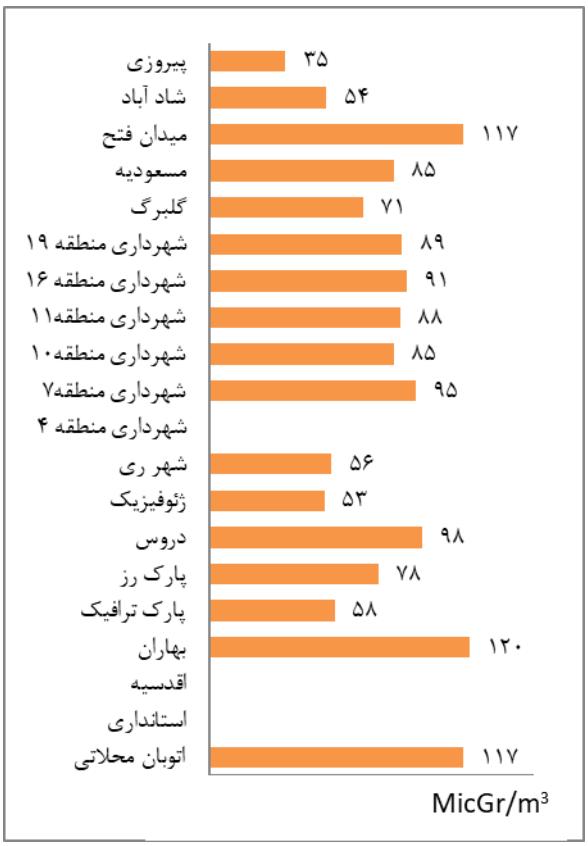
آمار و اطلاعات

جهت انجام این پژوهش از داده‌های شرکت کنترل کیفیت هوای تهران در سال ۹۴ استفاده‌شده است که توسط ۲۰ ایستگاه سنجش آلودگی اندازه‌گیری شده است. شکل ۱ پراکندگی این ایستگاه‌ها را نمایش می‌دهد.



شکل ۱. محل استقرار ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای متعلق به شرکت کنترل کیفیت هوا [۱۳]

از بین ایستگاه‌های سنجش آلودگی فوق، ۱۷ ایستگاه دارای اطلاعات مربوط به سنجش آلاینده PM10 می‌باشند. نمدار ارائه‌شده در شکل ۲ اطلاعات مرتبط با این ایستگاه‌ها را نمایش می‌دهد.



شکل ۲. اطلاعات ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای شهر تهران، مربوط به آلاینده PM10 [۱۴]

تکنیک‌های پهنه‌بندی

به‌طورکلی پهنه‌بندی ابزاری برای تعیین کاربری نسبت به موضوعی خاص می‌باشد. بدین منظور از موضوع مدنظر سطوح دوبعدی تهیه‌شده که میزان ارزش آن موضوع خاص را در هر نقطه

نمایش می‌دهد. روش‌های مدنظر در این مقاله شامل روش‌های مورداستفاده در سیستم اطلاعات جغرافیایی و شامل موارد زیر می‌باشد:

روش وزن دهی معکوس فاصله: مدل IDW یکی از معمول‌ترین روش‌های میان یابی نقاط پراکنده در فضاست که اساس آن بر مبنای این فرضیه است که در یک سطح میان یابی، اثر یک پارامتر بر نقاط اطرافش یکسان نیست.

هر چه فاصله از مبدأ افزایش یابد، اثر کمتر خواهد شد (انصاری و داوودی، ۱۳۸۶) در این روش فرض بر این است که نقاط نمونه‌ای شما از مکان تأثیر می‌پذیرند . درواقع نقاط نمونه‌ای اثر وزنی دارند. به‌بیان‌دیگر پیکسل‌های نزدیک به نقاط نمونه اثر بیشتری نسبت به پیکسل‌های دورتر از این نقاط می‌گیرند . پس این روش در شرایطی مناسب است که با افزایش فاصله از نقاط نمونه‌ای شما ، وزن سلول‌ها کاهش یابد.

$$\lambda_i = \frac{1/d_i^p}{\sum_{i=1}^{n} 1/d_i^p}$$

در این رابطه λ وزن نقطه و d_i فاصله نقطه i ام می‌باشد[11] .

روش کریجینگ: یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار می باشد و در مورد آن می‌توان گفت بهترین تخمین گر خطی ناریب است، یعنی امید ریاضی آن برابر میانگین واقعی نمونه‌ها است. در این روش فرض بر این است که فاصله و جهت بین نقاط نمونه بر روی همبستگی مکانی تأثیر می‌گذارد. این روش وقتی بهترین کار آیی را دارد که از وجود همبستگی فاصله‌ای یا چولگی جهتی داده‌ها آگاه باشیم. از این روش اغلب در علوم نفت و زمین‌شناسی استفاده می‌کنند.

از مهم‌ترین ویژگی‌های کریجینگ آن است که به ازای هر تخمینی خطای مرتبط با آن را هم می‌تواند محاسبه کند. بنابراین برای هر مقدار تخمین زده‌شده می‌توان دامنه اطمینان آن را نیز محاسبه کند. درحالی‌که درروش کلاسیک (مانند رگرسیون و معکوس وزنی فاصله) معمولاً این‌چنین نیست. این روش را کریجینگ خطی می‌گویند. [11]

$$z^*_v = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \times z_{vi}$$

که در این رابطه z میزان داده برآورد شده، λi وزن نقطه i ام (که مجموع آن‌ها در همه نقاط برابر یک می‌باشد)، و z_{vi} میزان داده اندازه‌گیری شده است.[11]

روش خطوط منحنی نرم‌ـمدل spline نیز یک سطح با حداقل انحنا را روی نقاط استفاده‌شده برای میان یابی برازش می‌دهد به عبارتی یک تابع ریاضی را طوری بر سطح برازش می‌کند که از نقاط کنترل بگذرد. (انصاری و داوودی، ۱۳۸۶) این روش میان‌یابی بهترین روش برای سطوحی است که تغییرات آن‌ها تدریجی است (ارتفاع ، عمق آب، آلودگی). اگر تغییرات زیادی در فاصله افقی کم داشته باشید spline روش مناسبی برای میانیابی نیست چراکه ارزش‌های تخمین زده‌شده را بیش از مقدار واقعی نشان می‌دهد.

روش مکعبی: روش Cubic شامل یک‌چند جمله‌ای با درجه ۳ به فرم زیر می‌باشد.

$$Z = a + bx + cy + dx^2 + exy + fy^2 + gx^3 + hx^2y + ixy^2 + jy^3$$

جهت حل معادله از روش چند معادله چند مجهول استفاده می‌گردد. با توجه به تعداد مجهولات بالا در این روش نیاز به نقاط نمونه‌برداری بیشتری جهت حل معادلات می‌باشد.[11]

تکنیک‌های دیماتل

این تکنیک در اواخر 1971، عمدتاً برای بررسی مسائل بسیار پیچیده‌ی جهانی به وجود آمد، اهداف استراتژیک و عینی از مسائل جهانی، به‌منظور دسترسی به راه‌حل‌های مناسب، مدنظر قرار گرفت و از خبرگانی درزمینهٔ های علمی، سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، رهبران عقیدتی و هنرمندان برای قضاوت و نظرخواهی استفاده گردید. برای دسترسی به نظرات کارشناسی خبرگان از مصاحبه و پرسشنامه به‌صورت پی‌درپی استفاده شد. سه نوع مختلف از سؤالات در این تکنیک مورداستفاده نیز به کار می‌رود: سؤالات مربوط به ویژگی‌ها و شاخص‌ها (یا راهکارهای) مؤثر از یک مسئله مفروض؛ سؤالات مربوط به روابط ممکن از شاخص‌ها) یا مسائل مختلف (با مشخص نمودن شدت آن روابط به‌صورت کاردینال(امتیازدهی)

و سؤال برای بررسی ماهیت عناصر تشخیص داده‌شده و نقد از آن‌ها برای بررسی احتمالی و مجدد. [15]

DEMATEL برای ساختاردهی به یک دنباله از اطلاعات مفروض کاربرد دارد . به‌طوری‌که شدت ارتباطات را به‌صورت امتیازدهی موردبررسی قرار داده، بازخوردها توأم بااهمیت آن‌ها جستجو نموده و روابط انتقال‌پذیر را می‌پذیرد .اگرچه اطلاعات تجربی نشان داده است که (قضاوت خبرگان از ارتباطات مستقیم عناصر با یکدیگر) خصوصیات انتقال‌پذیری را کم‌وبیش تأمین می‌نماید.

قدم‌های مورداستفاده در تکنیک دیماتل:

گام اول: مشخص نمودن عناصر تشکیل‌دهنده‌ی سیستم

گام دوم: تعیین عناصر در رئوس یک دیاگرام و روابط حاکم بر آن‌ها

گام سوم: مشخص نمودن قانون تصمیم‌گیری گروهی به‌منظور توافق جمعی از قضاوت خبرگان

گام چهارم: تعیین شدت روابط نهایی میان عناصر

گام پنجم: نشان دادن امتیازات نهایی صورت یک ماتریس

گام ششم: ضرب هر ورودی از ماتریس را در معکوس بیشترین مجموع ردیفی از آن ماتریس

گام هفتم: محاسبه مجموع دنباله نامحدود از آثار مستقیم و غیرمستقیم از عناصر بر یکدیگر

گام هشتم: محاسبه شدت ممکن از روابط غیرمستقیم

گام نهم: تعیین سلسله‌مراتب یا ساختار ممکن از عناصر[15]

جدول ۱. طیف مورداستفاده در امتیازدهی

متغیر زبانی	امتیاز تأثیر
بدون تأثیر	۰
تأثیر خیلی کم	۱
تأثیر کم	۲
تأثیر زیاد	۳
تأثیر خیلی زیاد	٤

در این مقاله جهت بررسی و انتخاب گزینه مناسب صحت سنجی از روش دیماتل استفاده می شود. بدین منظور با توزیع پرسشنامه در بین جامعه آماری ۵۰ نفری خبرگان شامل، دانشجویان دوره دکتری و اساتید رشته‌های محیط‌زیست، سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور بر اساس طیف امتیازی ارائه‌شده در جدول ۱، نظرسنجی به‌عمل‌آمده است.

پس از پس از تشکیل ماتریس شدت ممکن از روابط مستقیم و غیرمستقیم، گزینه‌ای که بیشترین میزان تأثیرگذاری را داشته باشد (D-R مثبت و بزرگ‌تر از بقیه) به‌عنوان روش صحت سنجی انتخاب می‌گردد. [16, 15] پیاده‌سازی روش دیماتل بر اساس روابط مربوطه و با استفاده از برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Matlab و با کمک نرم‌افزار Excel صورت گرفته است.

روش‌های صحت سنجی

روش‌های مختلفی برای تعیین صحت نتایج میان‌یابی موجود است. در اکثر این روش‌ها، اصل بر تفاضل مقدار واقعی از میزان تخمین زده‌شده نمونه‌ها می‌باشد. با توجه به استفاده از روش دیماتل جهت تعیین روش‌های مختلف صحت سنجی در اینجا ۵ روش عمده زیر به دین منظور به نوان روش‌های پیشنهادی از خبرگان مورد پرسش قرار می‌گیرد:

میانگین مطلق اشتباهات:
$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|p_i - o_i|$$

مجذور میانگین مربع خطاها:
$$RMSE = [\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(p_i - o_i)^2]^{1/2}$$

واریانس اشتباه معیار:
$$\mathrm{MSDR} = \frac{1}{n}\sum_{x=1}^{n}\left[\frac{\hat{z}(x) - z(x)}{\sigma(x)}\right]^2$$

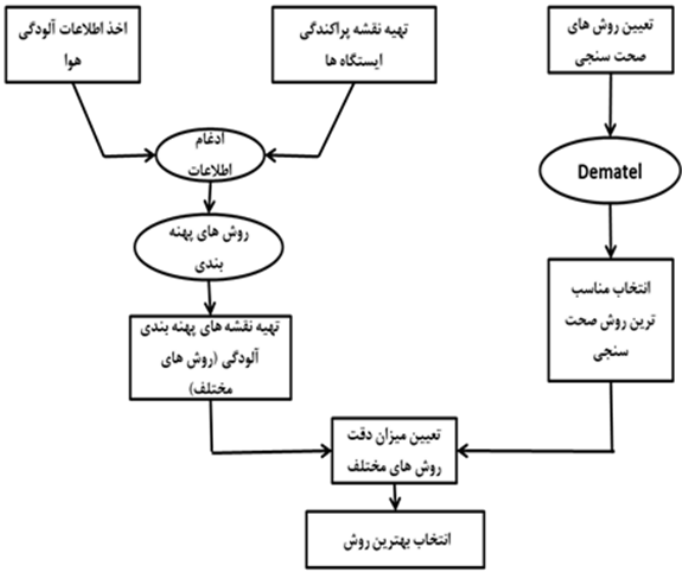
میانگین اریبی اشتباهات:
$$\mathrm{MBE} = \frac{1}{n}\sum_{x=1}^{n}[\hat{z}(x) - z(x)]$$

نسبت واریانس‌ها:
$$RVar = \frac{Var[p]}{Var[o]}$$

شایان توجه است که روش‌های فوق اکثراً بر مبنای تعیین میزان خطای مدل تشکیل‌شده استوار می‌باشند ازاین‌رو مقادیر کوچک‌تر برآورد شده مشام دهنده دقت بالاتر در هر روش می‌باشد. [17, 18]

مدل مفهومی

مدل مفهومی مطابق با شکل ۳ جهت اجرای این پژوهش مورداستفاده قرارگرفته است.



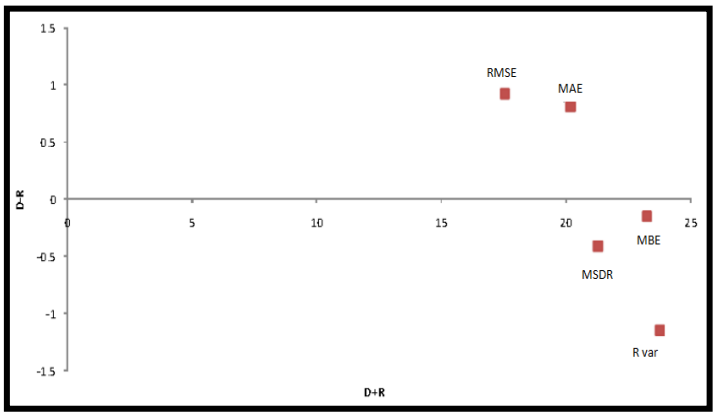
شکل ۳. مدل مفهومی انتخاب روش مناسب پهنه‌بندی آلاینده PM10 در شهر تهران (نگارنده)

نتایج و بحث

نتایج اجرای روش DEMATEL به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه صحت سنجی در پهنه‌بندی نشان می‌دهد روش RMSE دارای بیشترین تأثیرگذاری بر مبنای پارامتر D-R می‌باشد. جدول دو نشان‌دهنده شدت روابط مستقیم و غیرمستقیم (گام ۸ در تکنیک دیماتل) و نمودار ارائه‌شده در شکل ۴ نمایش‌دهنده نمودار تأثیرگذاری و تأثیرپذیری در این تکنیک می‌باشد.

جدول ۲. نتایج ماتریس شدت روابط مستقیم و غیرمستقیم

D-R	D+R	RMSE	MSDR	MBE	MAE	R var	
-۱/۱۵۶۷	۲۳/۷۵۰۸	۱/۸۱۰۰	۲/۳۲۰۹	۲/۵۳۲۷	۲/۱۲۹٤	۲/۵۰٤۰	R var
۰/۸۰۹۲	۲۰/۱۶۵۹	۱/۶۳۰٤	۲/۱۶۰۰	۲/۳٤۱۵	۱/۸۲۵۰	۲/۵۳۰۶	MAE
-۰/۱۵٤۶	۲۳/۲۳۰٤	۱/۸۳۱۶	۲/٤۲۷۱	۲/٤۰۵۰	۲/۱۲۵۸	۲/۷٤۸۳	MBE
-۰/٤۱۷۷	۲۱/۲۶۹۰	۱/۶۵٤۵	۲/۰۲۳۰	۲/۳۶٤۳	۱/۹۲۰٤	۲/٤۶۳٤	MSDR
۰/۹۱۹۹	۱۷/۵٤۸۷	۱/۳۸۷۹	۱/۹۱۲۳	۲/۰٤۹۰	۱/۶۷۷۶	۲/۲۰۷۵	RMSE



شکل ۴. نمودار تأثیرگذاری و تأثیرپذیری

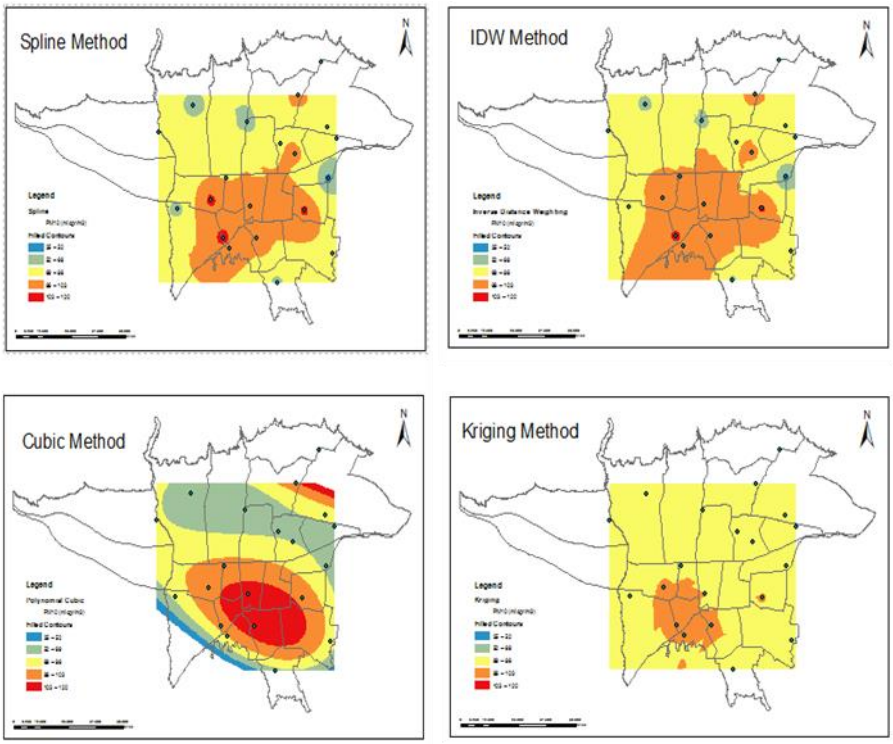
لذا بر این اساس اولویت تأثیرگذاری روش‌های مورداستفاده به‌قرار زیر می‌باشند:

$$RMSE > MAE > MBE > MSDR > R_{var}$$

در ادامه و پس از انتخاب روش $RMSE$ به‌عنوان مناسب‌ترین روش و تأثیرگذارترین روش تعیین صحت یا تعیین خطا به انتخاب دقیق‌ترین پهنه‌بندی بر این اساس پرداخته می‌شود. لذا بر اساس روش‌های پهنه‌بندی معرفی‌شده و با استفاده از نرم‌افزار $ArcGIS_{10.1}$ و داده‌های پراکنش مکانی آلودگی ذرات معلق ثبت‌شده توسط ایستگاه‌های موجود، نقشه‌های پراکنش آلودگی تولید

می‌شود. شکل ۵ نقشه‌های پهنه‌بندی تکنیک‌ها IDW، Kriging، Spline و Cubic را نمایش می‌دهد. شایان‌ذکر از که ۳ ایستگاه شهرداری منطقه چهار، اقدسیه و استانداری فاقد اطلاعات موردنیاز ذرات معلق بوده و لذا پهنه‌بندی با ۱۷ ایستگاه باقیمانده صورت گرفته است.

همان‌گونه که در تصویر ۵ مشخص است. این روش‌ها نتایج متفاوتی در مدل‌سازی آلودگی هوا می‌دهند و لذا جهت تعیین مناسب‌ترین روش از بین این چهار گزینه ناچار بایستی اقدام به صحت سنجی این مدل‌ها نمود.



شکل ۵. پهنه‌بندی آلودگی هوای شهر تهران با روش¬های مختلف ناشی از ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون

جدول ۳ نتایج صحت سنجی روش‌های پهنه‌بندی بر اساس RMSE را با استفاده از روش محاسباتی Cross Validation نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج محاسبه RMSE تکنیک¬های مختلف پهنه‌بندی

	روش IDW	روش Kriging	روش Spline	روش Cubic

RMSE	۲/۶۲۲	۲/۵۱۱	۲/۶۹۳	٤/٤٠١

همان‌گونه که از نتایج فوق مشخص است روش کریجینک با کوچک‌ترین RMSE مناسب‌ترین روش تعیین‌شده است.

نتیجه گیری

بی‌شک آگاهی از نحوه پراکنش ذرات معلق در هوا می‌تواند به شناخت ما از آلودگی‌های محیط زندگی ما کمک شایانی نماید. روش‌های برم بنای GIS و میانیابی ازجمله روش‌هایی هستند که می‌تواند در پهنه‌بندی آلودگی‌های مختلف ازجمله آلودگی هوای ناشی از ذرات معلق کمک شایانی نماید. اما نکته مهم در اینجا بررسی دقت مدل ایجادشده می‌باشد، بدین منظور پارامترهای متفاوتی تعریف‌شده و در تحقیقات مختلف از انواع مختلفی از این روش‌های تعیین صحت استفاده‌شده است. در این مقاله با استفاده از روش تصمیم‌گیری دیماتل از بین ۵ روش پرکاربرد، اقدام به انتخاب روش RMSE جهت صحت سنجی شده است. نتایج صحت سنجی نشان می‌دهد که روش Kriging با RMSE= ۲/۵۱۱ دارای بهترین نتیجه از بین چهار متد پهنه‌بندی موردبررسی در این مقاله بوده است. قابل‌توجه است که مدل Kriging که در این مقاله به‌عنوان روش برتر برگزیده‌شده است و تنها به نسبت ۳ روش دیگر دارای ارجحیت می‌باشد لذا نیاز است تا روش‌های دیگر پهنه‌بندی نیز در مقایسه با این روش موردبررسی قرار گیرند.

در ادامه با توجه به مطالب گفته‌شده در بالا پیشنهاد می‌گردد که جهت بررسی بیشتر روش‌های پهنه‌بندی موجود، سایر روش‌ها از قبیل متدهای شبکه عصبی و سایر مورد ارزیابی قرار گیرند. همچنین می‌توان با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و داده‌های حرارتی سنجنده‌های استر و غیره و به کمک نقاط کنترل زمینی، مدل دقیق‌تری از پراکنش و پهنه‌بندی ذرات معلق در شهر تهران به دست آورد.

منابع

[۱] YazdanPanah, M., Jokar, F., Khabari, Z., 2012, Application Of Kriging in Air pplutants zoning (Case Study,Tehran), 2nd Conference of environment management and planning. Tehran

[۲] Faheh Vahdati S.A., 2009, Air pollution and its environmental challenge in the metropolis of Tehran, Moje sabz, no. 33, pp 4-10

[۳] Atash, Farhad, , 2007, The deterioration of urban environments in developing countries: mitigation the air pollution crisis in Tehran, Iran, cities Vol 24, No 6, pp. 399-402.

[۴] Shfie-pour, Majid, Ardestani, M, (2007),Environmental damage costs in Iran by the energy sector: energy policy, No 35, pp. 4413-4423

[۵] Nazari, Z., Karami Sadatnia, F., Khoradani, N., Karami, M,. 2013, Investigation of time variation of PM10 concentration and the effect of meteorological parameters on it during 2005-2008, Natural Environment, Journal of Natural Resources of Iran, Period 66, Number 1, p. 101-111

[۶] Bhanarkar, A.D., Rao, P.S., Gajghate, D.G., Nema, P ,2005, Inventory of SO2, PM and toxic metals emissions from industrial sources in Greater Mumbai, India, Atmospheric Environment, 39: 3851-3864

[۷] Tsai, I.Y., Chen, Ch., 2006, Atmospheric aerosol composition and source apportionments to aerosol in southern Taiwan Atmospheric Environment, 40: 4751-4763.

[۸] Jamshidi, A., Karimzadeh, K., Raiganshirazi, A 2006 “Investigation of suspended particles pollution in Gachsaran air,” Armaghan of Danesh, 12(2): 89-97

Li, Jin and Heap, Andrew D., 2008, A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists, Geoscience Australia, GPO Box 378, Canberra, ACT 2601, Australia

[۹] Naddafi, K., Ahrampush, M.H., Jafari, V., Yonesyan, M.,2008, Investigation of total suspended particles and its ingredients in the central area of Yazd, University of Medical Sciences– Health Services of Sadoughi,s martyr of Yazd, 16(4): 25-21.

[۱۰] Yasser, Ghazavi, Reza, Valia, Abbasali, Sharafi, Siamak, 2011, Evaluation of different methods of reaping for water quality zoning using GIS (Case study: Abadeh city), Geography Magazine And Environmental Planning, Year 22, Serial No. 42, Issue 2, pp. 172-182

[۱۱] Shabani, Afshin, Shahbakhti, Mahsa, Abbaspour, Rahim Ali, 2011, Modeling the distribution of atmospheric pollutants in Tehran metropolis using statistical and statistical methods, Geomatics National Conference, May 2011.

[۱۲] Tehran Municipality, 2015, website, available at www.tehran.ir

[۱۳] Air Quality Control Company, 2014, Air Pollution Report, March 2014, affiliated to Tehran Municipality

[۱۴] Tehran Municipality Statistics, 2014, available at www.statictics.tehran.ir

[۱۵] Asgharpour, Mohammad Javad, 2003, group decision making and game theory with the attitude of research in operations, Tehran University Publication

[16] Zhou, Q., Huang, W. and Ying, Z. 2011. Identifying Critical Success Factors in Emergency Management Using a Fuzzy DEMATEL Method, Safety Science, No. 49.

[۱۷] Hasanipak, A.A., 2005 Geostatisticsc, Tehran University.96 P.P.

[۱۸] Child Colin, 2004, Interpolating surfaces in Arc GIS Spatial Analyst, Esri Education Services, www.esri.com