اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on
Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

مدلسازی کیفیت هوای شهر تهران با استفاده از سیستم استنتاج فازی

صغری رنجبر اسلاملو[1*]، پریسا محمدی‌زاده[1]، نجمه نیسانی سامانی[2]، سعید حمزه[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۲- استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

چکیده :

کیفیت هوا در شهرهای بزرگ در ارتباط با اثرات مستقیم و غیر مستقیمی که بر سلامت انسان و محیط زیست دارد یکی از نگرانی‌های اصلی هر کشوری به حساب می‌آید. در سال‌های اخیر، به دلیل گسترش شهرنشینی، افزایش ذرات معلق و گازهای آلاینده به عنوان مشکلی جدی در بسیاری از کشورها مطرح شده است. میزان آلودگی هوا با شاخص کیفیت هوا بررسی می‌شود. این میزان در هر کشور با توجه به توسعه استانداردهای شاخص کیفیت هوای ملی درآن کشور بیان می‌شود. جهت محاسبه ی این شاخص، از مقادیر غلظت آلاینده های اصلی، که طی یک دوره مشخص بدست آمده اند استفاده می‌شود. اما چگونگی ارتباط این داده‌ها و تهیه شاخص بهینه یکی از مراحل اصلی تهیه نقشه آلودگی هوا در هر منطقه می‌باشد. شهر تهران یکی از آلوده‌ترین شهرهای دنیا به شمار می‌آید بنابراین در این تحقیق توانایی استفاده از روش استنتاج فازی در تهیه نقشه آلودگی شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از داده‌های اندازه گیری شده غلظت ذرات معلق با قطر کمتر از دو و نیم میکرون($PM_{2.5}$)، دی اکسید نیتروژن(NO_2) و مونوکسید کربن(CO) فصل پاییز سال۱۳۹۳ در هشت ایستگاه از شهر تهران، به عنوان آلاینده‌های اصلی جهت برآورد شاخص کنترل کیفیت با استفاده از منطق فازی استفاده شد. سپس شاخص کیفیت هوا از دو روش محاسبات آماری معمول و روش فازی بدست آمد. نتایج حاصل حاکی از آن است که روش فازی به دلیل در نظر گرفتن بازه‌های پیوسته از مقادیر معیارها و اعمال قوانین دانش مبنا در طول دوره مطالعاتی به واقعیت نزدیکتر است و جهت تهیه نقشه های آلودگی از کارآیی بیشتری برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی : آلودگی هوا، منطق فازی، شاخص کنترل کیفیت هوا، سیستم اطلاعات مکانی

نویسنده مکاتبه کننده : صغری رنجبر اسلاملو
آدرس پستی : دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران
تلفن : ۰۹۳۰۴۹۶۲۹۶۸
آدرس پست الکترونیک : ranjbar.s@ut.ac.ir

۱- مقدمه

هوای پاک از جمله نیازهای ضروری زیستگاه های انسانی است. آلودگی هوا وضعیتی است که مواد مضر به صورت گازی و جامد در یک مدت زمان موثر در هوا وجود دارند[۱]. آلودگی هوای شهری یک مشکل زیست محیطی در بسیاری از شهرهای دنیاست که پیامدهای جدی و طولانی مدت برای سلامت جمعیت و محیط فیزیکی به بار می-آورد[۲]. بنابراین لازم است آلودگی هوا و حفاظت از هوای پاک را بسیار جدی گرفت و افزایش آلودگی را از نظر مکانی‌زمانی به عنوان یک مساله بسیار مهم جهت بهبود سلامت و رفاه مورد بررسی و بحث قرار داد. در کلان‌شهرها، جمعیت زیادی در مناطق محدود متمرکز شده و بالاتر رفتن نیازهای زندگی در این شهرها باعث افزایش نیاز به ابزار مصرف کننده سوخت‌های فسیلی و افزایش آئروسول‌های حاصل از فعالیت‌های انسانی شده است. شهر تهران یکی از آلوده‌ترین شهرهای دنیا به شمار می‌آید[۳]. این موضوع بخصوص در سال‌های اخیر به معضلی اساسی تبدیل شده است. آلودگی هوا موضوعی ست که از چندین دیدگاه می‌توان به مطالعه آن پرداخت. از جمله مطالعات ضروری جهت کنترل کیفیت هوای تهران، روش‌های کارآمد پهنه بندی زمانی_مکانی آلودگی هوا می‌باشد. در مقیاس جهانی برای بررسی آلودگی هوا از شاخص کیفیت هوا (AQI)[1] استفاده می‌شود. تعریف AQI در هر کشور با توجه به توسعه استانداردهای شاخص کیفیت هوای ملی درآن کشور بیان می‌شود. کیفیت هوا در ایران بر اساس شاخص استانداردی ست که توسط آژانس محیط زیست آمریکا (EPA)[2]، بر اساس غلظت آلاینده‌های مهم اندازه‌گیری شده در هوای آزاد در هر نقطه از ایستگاه‌های پایش آلاینده‌ها تهیه شده است. AQI وضعیت کیفی هوا را در ۶ حالت کیفی مورد بررسی قرار می‌دهد. حالت‌های کیفی نشان دهنده‌ی شرایط خاصی از وضعیت آلودگی می‌باشد که اقدامات بهداشتی و هشدارهای لازم برای آنها متفاوت است[۴]. برخی پارمترهای کیفیت هوا توسط ایستگاه‌های کنترل کیفیت شهرداری‌ها و سازمان حفاظت محیط زیست در ایران اندازه‌گیری می‌شود. در این تحقیق از داده‌های اداره حفاظت محیط زیست شهر تهران استفاده گردید. در طرح‌های کنترل کیفیت هوا به روش‌های کارآمد و قابل اعتمادی برای پهنه‌بندی آلودگی هوا نیاز است. هدف از این تحقیق، پهنه‌بندی پیوسته‌ی کیفیت هوای فصل پاییز سال ۱۳۹۳ شهر تهران بر اساس روش استنتاج فازی است. مطالعاتی که تا کنون بر اساس شاخص های کیفیت انجام شده است، به بررسی میزان آلودگی در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف با محاسبات آماری گسسته استاندارد پرداخته شده است. در این تحقیق غلظت هر آلاینده در فصل پاییز سال ۱۳۹۳ به صورت بازه‌ی پیوسته در کلاس‌های کیفیت هوا قرار گرفته و شاخص کیفیت نهایی بر اساس مجموعه توابع عضویت هر یک از معیارهای آلاینده محاسبه می شود.

Shad و همکاران در سال ۲۰۰۹، برای پیش‌بینی آلودگی هوای تهران، از مدل فازی ژنتیک استفاده کردند. در این مطالعه، جهت تعیین تابع عضویت بهینه، الگوریتم ژنتیک به کار برده شده است. ذرات معلق با قطر کمتر از ده میکرون با ۵۲ نمونه در تهران برای تعیین مناطق خطرناک برای سلامتی انسان اندازه گیری شد و نتایج نشان داد که الگوریتم ژنتیک برای بهینه کردن تابع عضویت بهینه می‌تواند بهترین دقت را برای مدل کردن عدم قطعیت در پیش بینی ذرات معلق با قطر کمتر از ده میکرون ارائه دهد[۷]. Islam و همکاران، سال۲۰۱۳ در تحقیقی که در دانشگاه کلمبیا بر روی حفاظت منابع آبی انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که مدل‌های تصمیم‌گیری حفاظت منابع آب معمولاً نیاز به داده-های زیادی جهت انجام معادلات ریاضی پیچیده دارند که این خود عامل محدود کننده به شمار می‌رود و نیز در این بین اطلاعاتی از دست می‌روند. نتایج نشان داد که مدل فازی بر تمام این محدودیت‌ها غلبه می‌کند. این مدل، آلودگی کاربری‌های مختلف زمین را بیان می‌کند و مناطقی که بیشترین اثر را بر کیفیت آب دارند، شناسایی می‌کند. این مدل می‌تواند به کارشناسان جهت تصمیم‌گیری درباره کاربری زمین و توزیع منابع کمک کند[۸]. Adams در سال ۲۰۱۵، از مدل شبکه عصبی برای پایش آلودگی هوای ایستگاه‌ها و رگرسیون بین کاربری‌ها و AQI حاصل از دو آلاینده $PM_{2.5}$

1 Air Quality Index
2 Environmental Protection Agency

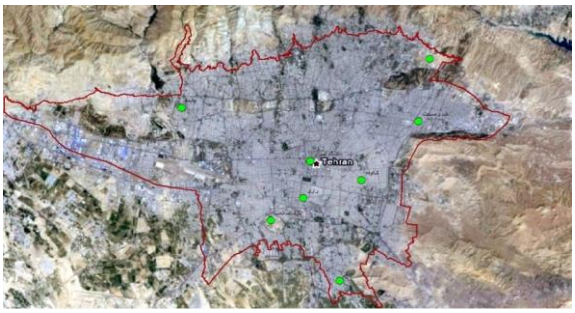
و NO_2 شهر همیلتون کانادا استفاده نمود. اجرای مدل با اعمال ضریب بیشتری به PM2.5 صورت گرفت. سپس نقشه-های خطر آلودگی لحظه‌ای برای عموم مردم تهیه شد. نتایج نشان داد که اهمیت نسبی اعمال شده، تا حدی مسائل جعبه سیاه مدل عصبی را برطرف می‌کند و اهمیت هر پارامتر در مدل شناخته شده می‌باشد[۹]. Sheikhian و همکاران در سال۲۰۱۵، از روش فازی_AHP جهت مدلسازی مکانی آلودگی هوای شهر تهران استفاده کردند که با استفاده از اطلاعات غلظت آلاینده‌های اصلی ۵ ایستگاه غلظت سنجی، آلودگی منطقه مورد مطالعه به صورت نقشه درآمد. نتایج بدست آمده نشان داد که بخش جنوب منطقه مورد مطالعه میزان آلودگی بیشتری دارد که منطبق با توزیع جمعیت، تاسیسات صنعتی، ساختار شهری، فضای سبز و سواد ساکنان منطقه جنوب شهر است[۱۰].

۲- مواد و روش‌ها

در این بخش به معرفی منطقه مورد مطالعه، مبانی نظری روش استنتاج فازی و فازی‌سازی داده‌های مورد مطالعه پرداخته شده است.

۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

تهران به عنوان پایتخت ایران، شهری است که بخصوص در سال‌های اخیر درگیر مسئله آلودگی هوا می‌باشد و از عوامل آن، تراکم جمعیت بالا و افزایش آن، وفور فعالیت‌های صنعتی و ترافیک زیاد است. با این حال ویژگی‌های طبیعی شهر نیز اثر بسیار زیادی در آلودگی آن دارند، از جمله آن‌ها، وارونگی دمایی در دوره فصل سرد است و شدت و فراوانی بارندگی به اندازه‌ای نیست که همیشه هوای شهر را پالایش نماید[۴]. از آنجا که ایستگاه‌های پایش کیفیت هوای کافی در تهران وجود ندارد و ایستگاه‌های موجود نیز ناپیوستگی زیادی در گرفتن داده‌های روزانه آلاینده‌ها دارند، در این مطالعه از ایستگاه‌های محدودی برای برآورد آلودگی فصل پاییز سال ۱۳۹۳ استفاده شد، به طوریکه دارای کمترین ناپیوستگی بوده و پراکندگی خوبی در سطح شهر نیز داشته باشند. همچنین برای محاسبه شاخص کیفیت هوا نیز از سه معیار موجود مهم استفاده شده است. منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های غلظت سنجی در شکل (۱) نشان داده شده است.



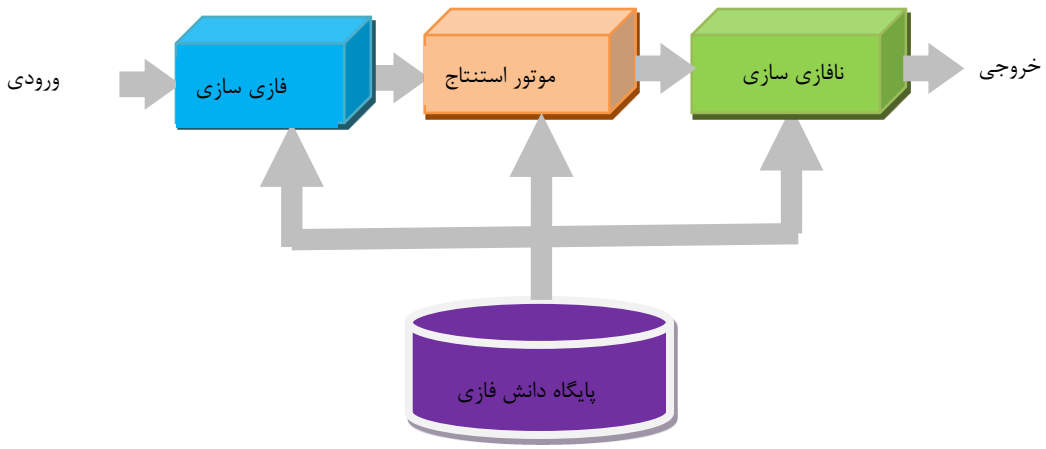
شکل۱- منطقه مورد مطالعه، شهر تهران

۲-۲- روش استنتاج فازی

یک مدل فازی مبتنی بر قانون (FRBM)[3] و یا یک سیستم استنتاج فازی، مجموعه‌ای از خروجی را از مجموعه‌ای از داده‌های ورودی پیوسته با استفاده از تئوری مجموعه فازی تخمین می‌زند[۵]. به طور کلی یک سیستم فازی شامل چهار مر حله است: پایگاه قواعد فازی، موتور استنتاج فازی، فازی سازی و نافازی سازی. سیستم‌های فازی، متغیرهای عددی را به عنوان ورودی از دنیای خارج دریافت و توسط فازی‌ساز به متغیرهای زبانی تبدیل می‌کنند. سپس با بکارگیری منطق فازی و قوانین زبانی اگر _ آنگاه به دست آمده توسط کاربر انسانی، بر روی آن پردازش می‌کنند. پس

[3] Fuzzy Rule_Based Model

از آن متغیر زبانی به دست آمده از پردازش، توسط نافازی‌ساز به خروجی عدد تبدیل می‌شوند [۶]. توابع عضویت فازی مختلفی وجود دارد که از بین آن‌ها، توابع ذوزنقه‌ای و مثلثی مبتنی بر دانش انسانی است. در این تحقیق به دلیل ماهیت پدیده آلودگی هوا که یک نقطه‌ی حداکثر مشخصی نمیتوان برای آن در نظر گرفت، از تابع عضویت ذوزنقه‌ای استفاده کردیم. شکل (۲) اجزای سیستم استنتاج فازی را نشان می دهد[۵].



شکل ۲- اجزای سیستم استنتاج فازی [۵]

۲-۳- فازی سازی داده‌ها

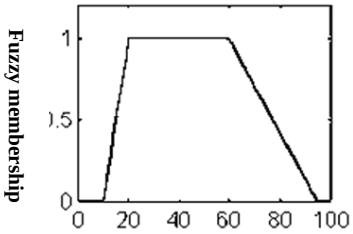
مطابق جدول(۱)، از بازه‌های استاندارد و نظرات کارشناسان در تعیین بازه‌های فازی معیارهای آلایندگی موجود استفاده شد. به گونه‌ای که بازه‌های ناپیوسته جدول(۱) به بازه‌های پیوسته و دارای مرز ابهام تبدیل شدند. در این تحقیق، توابع عضویت یا بازه‌های فازی به صورت ذوزنقه‌ای تعریف شدند و این به دلیل متغیر بودن نظرات متخصصان در تعیین حداکثر غلظت موثر هر معیار در کلاس مورد نظر است.

جدول ۱- نقاط شکست آلایندگی استاندارد در محاسبه شاخص کیفیت هوا

طبقه بندی کیفیت هوا	AQI	نقاط شکست		
		$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	NO_2 (ppm)	CO (ppm)
پاک	۰-۵۰	۰/۰-۱۵/۴	۰/۰-/۰۵۳	۰/۰-۴/۴
سالم	۵۱-۱۰۰	۱۵/۵-۳۵	۰/۰۵۴ -۰/۱	۴/۵-۹/۴
ناسالم برای گروه‌های حساس	۱۰۱-۱۵۰	۳۵/۱-۶۵/۴	۰/۱۰۱-۰/۳۶	۹/۵-۱۲/۴
ناسالم	۱۵۱-۲۰۰	۶۵/۵-۱۵۰/۴	۰/۳۶۱-۰/۶۴۰	۱۲/۵-۱۵/۴
بسیار ناسالم	۲۰۱-۳۰۰	۱۵۰/۵-۲۵۰/۴	۰/۶۵-۱/۲۴	۱۵/۵-۳۰/۴
خطرناک	>۳۰۰	>۲۵۰/۴	>۲۴/۱	>۳۰/۴

تابع ذوذنقه‌ای، چهار نقطه (a,b,c,d) نیاز دارد (فرمول۱).

$$tramf(\mathrm{x};\mathrm{a},\mathrm{b},\mathrm{c},d) = \max(\min\left(\frac{x-a}{b-a},1,\frac{d-x}{d-c}\right),0) \qquad (۱)$$



۳- پیاده‌سازی روش‌ها و ارزیابی نتایج

در این بخش، نحوه‌ی پردازش داده‌های کنترل کیفیت هوای منطقه مورد مطالعه از دو روش با عنوان روش آماری معمول و روش فازی بیان شده است.

۳-۱- روش آماری معمول

در این روش، از حداکثر غلظت‌های ساعتی روزانه مونوکسید کربن(CO) و دی‌اکسید نیتروژن(NO_2) برای کل فصل، یک حداکثر و از میانگین‌های روزانه ۲۴ ساعتی مهم ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون ($PM_{2.5}$)، یک میانگین برای کل فصل استخراج شد. این مقادیر با توجه به جدول(۱) به شاخص تبدیل شدند. سپس با درونیابی مربع فاصله معکوس (IDW)[۴]، نقشه آلایندگی هر یک از این معیارها تهیه گردید(شکل ۳). مطابق نظر کارشناسان، برای هر آلاینده وزنی در نظر گرفته شد، به طوریکه به آلاینده $PM_{2.5}$ وزن "۷"، NO_2 وزن"۳" و CO وزن"۱" اختصاص داده شد. از محاسبه همپوشانی سه معیار مذکور به صورت رستری، شاخص کیفیت هوای منطقه مورد مطالعه طبق محاسبات آماری به دست آمد.

۳-۲- روش فازی

مقادیر غلظت فصل پاییز هر معیار، از ایستگاه‌های مورد مطالعه به صورت ساعتی استخراج شد. حداکثر غلظت ساعتی CO و NO_2 برای هر روز و میانگین غلظت ۲۴ ساعته $PM_{2.5}$ محاسبه شد. سپس با استفاده از نظرات کارشناسی، غلظت‌های واقعی در کلاس‌های فازی سازی شده استاندارد قرار گرفتند. به طوریکه بنابر مقادیر موجود، برای هر معیار به عنوان متغیر ورودی مدل، چند تابع عضویت ذوزنقه‌ای با توجه به مقادیر موجود در کل فصل تعریف شدند. با تخصیص تعداد مشخصی توابع عضویت به هر ورودی با توجه به داده‌ها و سپس در نظر گرفتن کلیه ترکیبات ورودی ممکن از آن‌ها، قوانین فازی برای هر ایستگاه تعریف شدند. در تعریف قوانین از نظر کارشناسان برای اهمیت معیارها استفاده شد.

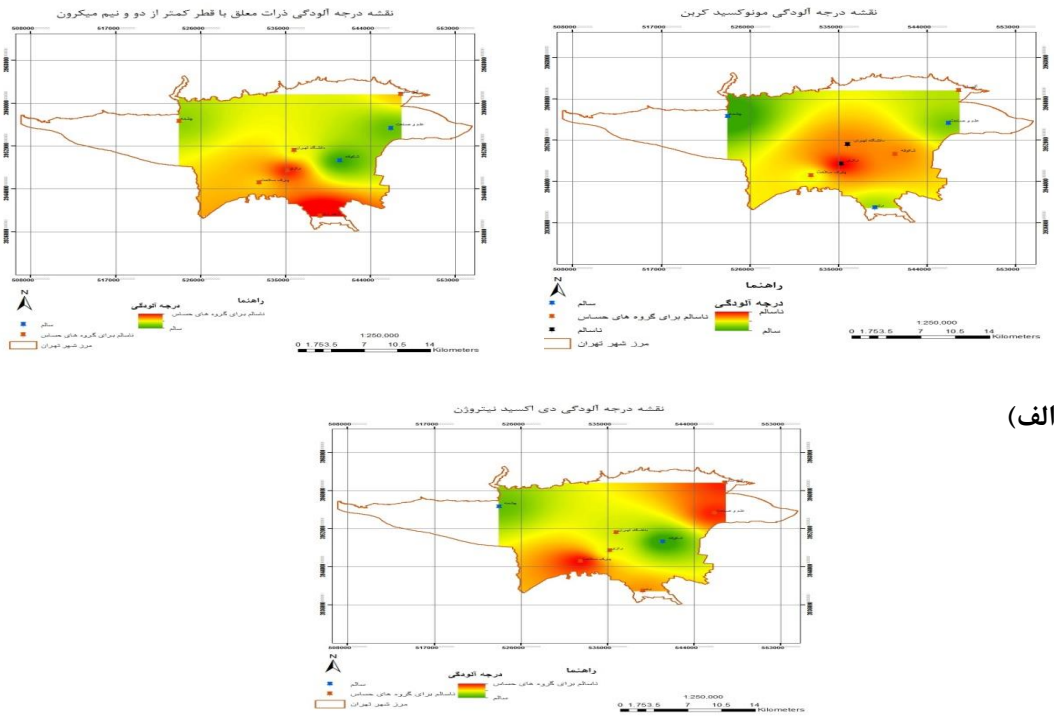
پس از تعریف قوانین برای توابع ورودی، نافازی‌سازی انجام شده و یک عدد به عنوان شاخص کیفیت هوا (AQI) برای هر ایستگاه بدست آمد. سپس در محیط سیستم اطلاعات مکانی(GIS)[۵]، به روش IDW درونیابی شد. روش درون‌یابی IDW بر این فرض استوار است که تأثیر پدیده مورد نظر با افزایش مسافت کاهش می یابد. به بیانی دیگر، پدیده پیوسته در نقاط اندازه‌گیری نشده، بیشترین شباهت را به نزدیکترین نقاط برداشت شده دارد. سیستم اطلاعات مکانی

[4] Inverse Distance Square Weighted
[5] Geospatial Information System

مجموعه امکاناتی است که زمینه را برای مدیران شهری جهت بهترین تصمیم‌گیری در مدیریت محیط زیست با صرف هزینه کم و زمان کوتاه فراهم می‌کند. لذا وجود اطلاعات و مدل‌های مکانی دقیق، مطمئن و بهنگام و نیز مدیریت بهینه آن ها ضروری می‌باشد.

۳-۳- ارزیابی نتایج

همانطور که ذکر شد، جهت برآورد میزان آلودگی هر یک از معیارها، مقادیر فصلی هر کدام در هر ایستگاه محاسبه و به روش IDW درونیابی شدند. نتایج در شکل(۳) نشان داده شده است. مونوکسید کربن که در نتیجه اکسیداسیون ناقص کربن حاصل می‌شود و در مناطق شهری از وسایل نقلیه موتوری و سوخت‌های فسیلی یا حرارت حاصل می‌شود، در فصل پاییز سال ۱۳۹۳ بیشترین غلظت در ایستگاه‌های مرکز شهر، از جمله دانشگاه تهران مشاهده شد و در مناطق شمالی به دلیل کاهش عوامل تولید کننده مونوکسید کربن، کمترین غلظت به دست آمد(شکل۳- الف). $PM_{2.5}$ از منابع زیادی مانند گرد و خاک، دود حاصل از آتشسوزی، سوخت‌های فسیلی و منابع ثانویه شامل تغییر و تبدیل سایر آلاینده ها ایجاد می‌شود[۴]. این معیار به عنوان مهمترین عامل آلایندگی در این تحقیق و علت اصلی کاهش دید در شهر و همچنین عاملی که اثرات زیانباری بر سیستم تنفسی و بیماری‌ها دارد شناخته شده است. آلاینده $PM_{2.5}$ در جنوب شهر و بخصوص ایستگاه شهر ری دارای بیشترین غلظت است و از جمله عوامل آن می‌توان وجود کاربری‌های تولید کننده گرد و غبار و دود صنعتی را نام برد(شکل۳- ب) گاز دی اکسید نیتروژن به علت فعالیت انسانی از احتراق سوختها در دمای بالا تولید می‌شود. این گاز وقتی با هوای مرطوب ترکیب شود، تولید اسید نیتریک می‌نماید که در این حالت موجب پوسیدگی شدید فلزات می‌شود و بر رشد گیاهان اثر منفی می‌گذارد. در ایستگاه‌های جنوب و شمال شرق بیشترین غلظت این آلاینده مشاهده شد. عامل کاربری‌های متراکم صنعتی و فعالیت‌های شدید و همچنین تراکم پوشش گیاهی کم می‌تواند دلیل غلظت بالای NO_2 در این نقاط باشد(شکل ۳- ج)

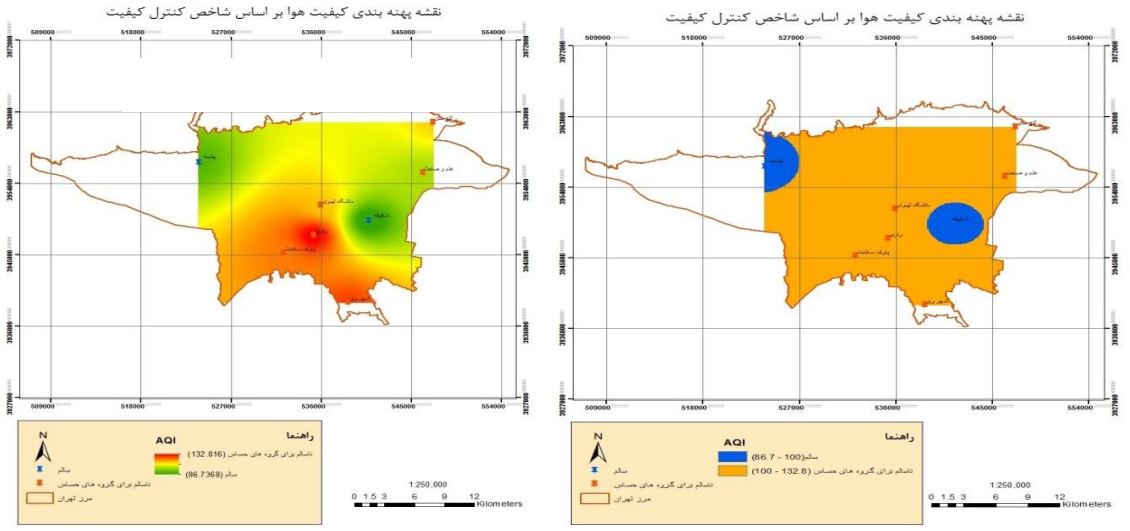


الف)

ج)

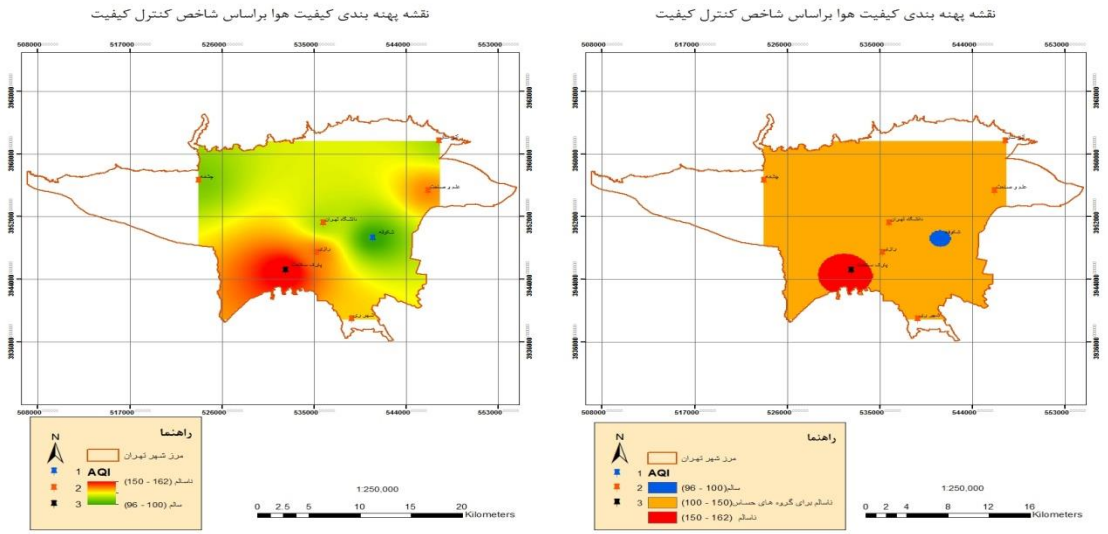
شکل ۳- نقشه های درجه آلودگی معیارهای، الف) و CO ب) PM2.5 ج) NO2

نقشه‌های کیفیت هوای منطقه، از نتایج دو روش محاسبات آماری معمول (شکل ۴) و روش فازی (شکل ۵) تولید شدند. در روش آماری معمول، کیفیت هوا در دو کلاس سالم و ناسالم برای گروه‌های حساس قرار گرفت. همانطور که در شکل نشان داده شده است، بیشترین مساحت به کلاس ناسالم برای گروه‌های حساس تعلق دارد. و قسمتهایی از شرق و شمال غربی منطقه در کلاس سالم قرار گرفتند. در این روش، معیارها در محاسبه شاخص کیفیت هوا، به صورت یک مقدار برای کل فصل در نظر گرفته می‌شوند که اثر روزهای آلوده‌تر (غلظت‌های بیشتر) معیار PM2.5 و همینطور مقادیر مختلف دو معیار NO2 و CO در نظر گرفته نمی‌شود. می‌توان گفت که این شرایط به طور تقریبی و با خطای بالا به کل فصل تعمیم داده می‌شود.



(ب) (الف)

شکل ۴- نقشه‌های پهنه‌بندی کیفیت هوا منتج از روش آماری معمول: (الف) طبقه بندی شده، (ب) پیوسته



ب) الف)

شکل ۵- نقشه‌های پهنه‌بندی کیفیت هوا منتج ازروش فازی: (الف) طبقه بندی شده، (ب) پیوسته

شاخص کیفیت هوا به روش فازی، در سه کلاس سالم، ناسالم برای گروه‌های حساس و ناسالم قرار گرفت(شکل ۵). در این روش نیز بیشترین مساحت به گروه ناسالم برای گروه‌های حساس تعلق دارد. مطابق با قوانین تعریف شده بین توابع معیارهای ورودی در این روش دانش مبنا، آلودگی هوا به ترتیب با تاثیرپذیری بیشتر از معیار $PM_{2.5}$، NO_2 و CO در مناطق جنوبی شهر تهران بدترین وضعیت کیفی و نقاطی از قسمت شرقی شهر در کلاس سالم قرار گرفت اما همانطور که در شکل(۵) مشخص می‌باشد، کلاس سالم محدوده‌ی کوچکی را به خود اختصاص داده و بیشترین مساحت شهر در کلاس ناسالم برای گروه‌های حساس و محدوده‌ای از جنوب شهر نیز جزء کلاس ناسالم در فصل پاییز سال۱۳۹۳ قرار گرفته است. نقاط بین ایستگاه‌های مورد مطالعه با بیشترین درجه عضویت به نزدیکترین ایستگاه از نظر فاصله، به کلاس‌های مذکور تعلق دارند.

۴- نتیجه گیری

در روش فازی، برای هر نقطه مورد مطالعه در طول یک فصل یا یک دوره زمانی طولانی، چند بازه از مقادیر غلظت‌های ثبت شده به صورت توابع هر معیار در مدل شرکت می‌کنند و در نهایت طبق درجات عضویت هر یک از ورودی‌ها در بازه‌های مختلف یک خروجی به عنوان شاخص بدست می‌آید. اما در محاسبات معمول آماری برای بازه زمانی ذکر شده، یک عدد از هر معیار، به صورت نماینده تمام مقادیر ثبت شده، در محاسبه شاخص شرکت می‌کند. در نتیجه مقادیر موثر آلودگی طی این دوره تعدیل و شرکت مستقیم آن‌ها در تصمیم‌گیری حذف می‌شود اما در مدل فازی با تعریف قوانین بین بازه‌های مختلف، این اهمیت حفظ می‌شود و در حقیقت به واقعیت نزدیکتر است. روش فازی رابطه‌ی خوبی بین پارامترهای زبانی و مقادیر و کلاس‌های غلظت هر پارامتر از نظر تاثیرگذاری در شاخص کیفیت هوا ایجاد نمود. به دلیل سطح کیفیت هوای متغیر و عدم قطعیت آن در نقاط مختلف، می‌توان از فازی‌سازی داده‌های کنترل کیفیت، جهت ارائه گزارشات و هشدارهای آلودگی هوا در نقاط مختلف استفاده کرد. از این روش می‌توان در مدلسازی سری-های زمانی کوتاه مدت و بلند مدت کیفیت هوا استفاده کرد.

منابع

[۱] Mulaku, G.C. and L. Kariuki," Mapping and analysis of air pollution in Nairobi", Kenya. 2001.

[۲] Streit, G.E. and F. Guzmán, "Mexico City air quality: Progress of an international collaborative project to define air quality management options", Atmospheric Environment, 1996. 30(5): p. 723-733.

[۳] Graedel,T.E. and P.J. Crutzen, "Atmospheric change: an earth system 17- perspsective", W.H. Freeman and Company, New York, 1993.

[۴]H. Asilian, M. Ghaneiean, and GH. Ghanizadeh, "Air Pollution".Tehran: Asare Sobhan, 2010.

[۵]W. Siler, "Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning", New Jersey: Hoboken ,1992.

[۶]Lixi, Yang, Wang Jiayao, and Jia Defeng,"Application of GIS and fuzzy pattern recognition theory in substation locating.",Automation of Electric Power Systems, 27.18: 87-89,2003.

[۷] R. Shad, M. Mesgari, A. abkar, A. Shad, "Predicting air pollution using fuzzy genetic linear membership kriging in GIS", Computers, Environment and Urban Systems, 33,472–481 33 (2009) 472–481,2009

[۸]N. Islam, R. sadiq, M. Rodriguez and A. Francisque, "Evaluation of source water protection strategies: A fuzzy-based model", Journal of Environmental Management 121,191-201,2013.

[۹] M. D Adams, "Mapping real-time air pollution health risk for environmental management: Combining mobile and stationary air pollution monitoring with neural network models", Jornal of Environmental Management, 133-141, 2015.

[۱۰]H. Sheikhian, P. Pahlavani, and A. sabzevari, " Spatial Modeling of Air Pollution in Urban Areas Applying Fuzzy-AHP Method; a case study of Tehran, Iran ", International conference on sustainable development, strategies and challenges With a focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism,Tabriz , Iran, 24-26 Feb 2015.