سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

سال اول، شماره اول، بهار ۱۳۸۸
Vol.1, No.1, Spring 2009
۵۷-۷۲

تعیین تغییرات مکانی و زمانی آلودگی‌های منواکسید کربن و ذرات معلق، با استفاده از تکنیک‌های GIS در شهر تهران

علی‌اکبر متکان[۱]، علیرضا شکیبا[۲]، سیدحسین پورعلی[۳]، ایمان بهارلو[۴]*

۱- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی تهران
۲- استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی تهران
۳- مربی گروه سنجش از دور و GIS ، دانشگاه شهید بهشتی تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۵/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۹/۲

چکیده

یکی از معضلات اساسی شهرهای بزرگ جهان پدیدهٔ آلودگی هواست. کشور ایران و به خصوص تهران نیز از اثر این پدیده مصون نیست، به طوری‌که سالانه خسارات مالی و جانی و اجتماعی عمده‌ای متأثر از آلودگی به بار می‌آیند.

از آنجا که مهم‌ترین آلاینده‌های این شهر مونواکسید کربن (CO) و ذرات معلق با قطر کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر (PM_{10})انـد، در تحقیـق حاضر ابتدا روش‌های مختلف درون‌یابی برای تولید نقشه‌های کیفیت هوای حاصل از این دو آلاینده مورد ارزیابی قرار گرفتند و سپس بـا استفاده از آماره خطای میانگین مربعات (MSE) روش درون‌یابی بهینه انتخاب شد و نقشه‌های کیفیت هـوای حاصـل از ایـن دو آلاینـده برای همه روزهای سال ۱۳۸۴ تولید گردید. نیز از آنجا که آلودگی هوا با عوامل متعـددی از قبیـل توپـوگرافی، اقلـیم، جمعیـت، شـبکه حمل‌ونقل و صنعت ارتباط دارد، با استفاده از روش رگرسیون کاربری اراضی (LUR) مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولیـد هـر یـک از ایـن دو آلاینده تعیین گردید و در ادامه با استفاده از همین روش به مدل‌سازی این دو آلاینده در فصل بهار پرداخته شد.

با توجه به آماره خطای میانگین مربعات (MES) معلوم شد که بـرای درون‌یـابی داده‌هـای آلاینـده مونواکـسیدکربن، روش کوکریجینـگ همراه با سه پارامتر دما، جهت باد و سرعت باد که ناهمسان‌گردی آن به‌وسیله جهت باد تعیین شود، مناسب‌ترین روش به‌شمار مـی‌آیـد؛ در حالی که برای آلاینده ذرات معلق روش Spline نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. همچنین نتایج حاصل از مدل رگرسیون کـاربری اراضـی (LUR) نشان داد که مهم‌ترین عامل مؤثر بر روی آلاینده مونواکسیدکربن حجم ترافیک است، در حالی که مهم‌ترین عامل مـؤثر بـر روی آلاینده PM_{10} وجود اماکن صنعتی است.

کلیدواژه‌ها: آلودگی هوا، درون‌یابی، رگرسیون کاربری اراضی (LUR).

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، گروه سنجش از دور و GIS؛ تلفن: ۰۹۱۳۲۶۹۰۱۱۴

Email: i.baharloo@mail.sbu.ac.ir

۱- مقدمه

رشد سریع فناوری باعث افزایش بی‌رویه آلودگی هوا در اکثر کشورهای جهان شده است. از آنجا که آلودگی هوا تأثیر مستقیمی بر روی سلامت انسان‌ها و جانوران و گیاهان می‌گذارد، در نتیجه باعث توجه بیشتر مدیران و محققان و افراد مرتبط با آلودگی به این معضل شده است.

مطالعات اخیر نقش مهم و اساسی تغییرات درون شهری را بر روی آلودگی هوا نشان داده‌اند، به‌طوری که تمامی این تحقیقات به نتایج مشابهی در مورد تأثیرات تغییرات زمانی، مکانی و درون‌شهری بر روی آلودگی هوا اشاره کرده‌اند (Jerrett et al., 2005; Miller et al., 2007).

امروزه روش‌های مختلفی برای تخمین آلودگی هوا وجود دارد. یکی از این روش‌ها تلفیق اطلاعات ایستگاه‌های سنجش آلودگی و روش‌های درون‌یابی است. با استفاده از این روش تلفیقی می‌توان تغییرات زمانی آلودگی هوا را در هر زمان نشان داد، اما قدرت تفکیک مکانی این روش تلفیقی به دلیل محدود بودن تعداد ایستگاه‌ها کم است (Basu et al., 2004).

روش دیگر برای تخمین آلودگی هوا استفاده از روش رگرسیون کاربری اراضی (LUR) است. این روش قدرت تفکیکی مکانی بالایی دارد، اما نقطه ضعف این روش در پایین بودن قدرت تفکیک زمانی آن است. همچنین با استفاده از این روش می‌توان تأثیر عوامل مختلفی همچون کاربری اراضی، ترافیک، جمعیت و نظایر اینها را بر آلودگی، مورد ارزیابی قرار داد (Brauer et al., 2003; Cyrys et al., 2005; Henderson et al., 2007; Moore et al., 2007).

روش دیگر برای تخمین آلودگی هوا روش پخشی است که قدرت تفکیک زمانی بالا و قدرت تفکیک مکانی متوسط دارد؛ ولی این روش نیازمند پارامترها و مؤلفه‌های ورودی زیاد و کارشناسان خبره است (Jerrett et al., 2005; Knowlton et al., 2004).

در این تحقیق از دو روش درون‌یابی و رگرسیون کاربری اراضی (LUR) برای برآورد توزیع آلودگی هوای حاصل از دو آلاینده مونواکسید کربن و ذرات معلق در شهر تهران استفاده شد و در واقع با استفاده از روش درون‌یابی تغییرات زمانی و مکانی آلودگی هوا برای کلیه روزهای سال ۱۳۸۴ مورد بررسی قرار می‌گرفت. سپس با استفاده از روش رگرسیون کاربری اراضی (LUR) تأثیر هر یک از عوامل کاربری اراضی، حجم ترافیک، جمعیت و جز اینها در ایجاد این دو آلاینده بررسی گردید و در نهایت به مدل‌سازی این دو آلاینده در فصل بهار پرداخته شد.

۲- متغیرهای مورد استفاده در روش رگرسیون کاربری اراضی (LUR)

روش LUR ترکیبی از سامانه اطلاعات مکانی با روش‌های رگرسیونی چندمتغیره است، به‌طوری که ابتدا مقدار آلاینده مورد نظر در یک مکان تعیین می‌شود، و سپس در بافرهای متفاوتی میزان هر یک از متغیرهای حجم ترافیک، کاربری اراضی، جمعیت و مانند اینها در اطراف نقاط نمونه‌برداری شده اندازه‌گیری می‌شود. در نهایت، با استفاده از روش‌های رگرسیونی چندمتغیره و روش‌های قدم به قدم[1]، ورود رو به جلو[2] و حذف رو به عقب[3]، ارتباط بین آلاینده موردنظر به‌عنوان متغیر وابسته و سایر متغیرها به‌عنوان متغیر مستقل استخراج می‌گردد. در این تحقیق نمونه‌های انتخاب شده مقدار آلودگی حاصل از آلاینده‌های مونواکسید کربن و ذرات معلق برای هر یک از ایستگاه‌های سنجش آلودگی هواست. به دلیل اینکه هر ایستگاه سنجش آلودگی باید نماینده ۱۰۰۰ متر اطراف خود باشد، پس تمامی بافرها ۵۰۰ متر در نظر گرفته شدند و چون جمعیت جزو عوامل متحرک است، در بافر ۱۰۰۰ متر در نظر گرفته شده است.

1. Stepwise
2. Forward
3. Backward

جدول ۱. متغیرهای مورد استفاده در مدل LUR

متغیر	زیرمجموعه	اندازه بافر	واحد اندازه‌گیری	منبع داده
کاربری اراضی	مسکونی	۵۰۰	Km^2	مرکز سامانه اطلاعات جغرافیایی تهران
	صنعتی	۵۰۰	Km^2	مرکز سامانه اطلاعات جغرافیایی تهران
	اداری – تجاری	۵۰۰	Km^2	مرکز سامانه اطلاعات جغرافیایی تهران
	نظامی	۵۰۰	Km^2	مرکز سامانه اطلاعات جغرافیایی تهران
	فضای سبز	۵۰۰	Km^2	مرکز سامانه اطلاعات جغرافیایی تهران
	حمل‌ونقل	۵۰۰	Km^2	مرکز سامانه اطلاعات جغرافیایی تهران
حجم ترافیک	ترافیک	۵۰۰	حجم هم‌سنگ سواری	سازمان مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک
ارتفاع	ارتفاع	(۱)	متر	مدل ارتفاع رقومی
جمعیت	جمعیت	۱۰۰۰	تعداد نفردر هر Km^2	مرکز سامانه اطلاعات جغرافیایی تهران
راه	بزرگراه	(۲)	متر	مرکز سامانه اطلاعات جغرافیایی تهران
	راه اصلی	(۲)	متر	مرکز سامانه اطلاعات جغرافیایی تهران
	راه فرعی	(۲)	متر	مرکز سامانه اطلاعات جغرافیایی تهران

در این جدول، منظور از (۱) ارتفاع محل نصب ایستگاه‌ها از سطح دریاست؛ و منظور از (۲) فاصله ایستگاه سنجش آلودگی تا نزدیک‌ترین نوع راه است.

۳- روش کار

در سال ۱۳۸۴ در مجموع ۱۱ ایستگاه سنجش آلودگی هوا وجود داشته که از میان آنها ۷ ایستگاه زیرنظر سازمان محیط زیست بوده است و ۴ ایستگاه زیر نظر شرکت کنترل کیفیت هوا. ایستگاه‌های زیر نظر سازمان محیط زیست شامل ایستگاه‌های آزادی، بهمن، قلهک، سرخه حصار، پردیسان، تجریش و ویلاست؛ و ایستگاه‌های زیرنظر شرکت کنترل کیفیت هوا شامل اقدسیه، فاطمی، بازار و مهرآباد و دو ایستگاه هواشناسی دیگر، یعنی رسالت و تهرانسر. تمامی این ایستگاه‌ها مقدار آلودگی هر یک از آلاینده‌های اصلی را ساعت به ساعت اندازه‌گیری می‌کنند.

برای طبقه‌بندی نقشه‌ها از شاخص کیفیت هوا[1] (AQI) استفاده می‌شود. درواقع این شاخص، کیفیت هوا را به گونه‌ای که برای همگان درک‌شدنی باشد، طبقه‌بندی می‌کند. برطبق این شاخص برای محاسبه CO باید از میانگین ۸ ساعته و برای PM_{10} از میانگین ۲۴ ساعته استفاده شود. برای CO هر روز ۳ نوبت ۸ ساعته از ۱۲ شب تا ۸ صبح فردا به عنوان نوبت اول، از ۸ صبح تا ۱۶ بعد از ظهر به عنوان نوبت دوم و از ۱۶ تا ۲۴ به عنوان نوبت سوم در نظر گرفته شد. در نتیجه، برای تمامی ۱۱ ایستگاه میانگین هر ۸ ساعت آنها برای تمامی روزهای سال ۱۳۸۴ محاسبه گردید. برای آلاینده PM_{10} میانگین ۲۴ ساعته برای تمامی ایستگاه‌ها در تمام روزهای سال ۱۳۸۴ محاسبه شد. قبل از تولید نقشه‌های آلودگی، ابتدا باید بهترین روش درون‌یابی برای هر یک از دو آلاینده تعیین شود. چون مقدار این دو آلاینده برای هر یک از روزهای سال متفاوت است. به‌طور مثال در فصل بهار به دلیل کم بودن مقادیر این دو آلاینده دامنه تغییرات برای هر یک

1. Air Quality Index

از این دو آلاینده کم است)، در نتیجه باعث کم شدن خطا می‌شود؛ و در فصل تابستان و پاییز چون دامنه تغییرات فزونی می‌گیرد، در نتیجه مقدار خطا نیز زیاد می‌شود. برای به دست آوردن مقدار خطای دقیق که بتواند برآوردگری نااریب برای خطای داده‌های یک سال باشد، به صورت زیر عمل شده است:

برای هر یک از آلاینده‌ها ابتدا ۳ روز از هر ماه انتخاب شد؛ و در نتیجه به صورت کاملاً تصادفی ۳۶ روز از کل سال انتخاب گردید. با استفاده از کلیه روش‌های درون‌یابی ـ که شامل ۳۶ روش متفاوت بود ـ تمامی نقشه‌های آلودگی برای این ۳۶ روز تهیه گردید. در نتیجه بدین ترتیب هر یک از روش‌های درون‌یابی که کمترین مقدار خطا را نشان دهد، به عنوان روش اصلی برای تعیین نقشه‌های آلودگی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین در هنگام استفاده از روش کوکریجینگ، علاوه بر اینکه از اطلاعات آلودگی ۱۱ ایستگاه استفاده شد، اطلاعات دو ایستگاه هواشناسی تهرانسر و رسالت نیز مورد استفاده قرار گرفت. بعد از انتخاب بهترین روش درون‌یابی به کمک آماره خطای میانگین مربعات (MSE)[1] نقشه‌های روزانه به‌وسیله روش بهینه تولید شد. برای تولید نقشه‌های روزانه CO براساس AQI ابتدا با استفاده از میانگین ۸ ساعته هر یک از ایستگاه‌ها یک نقشه آلودگی هوا با بهره‌گیری از روش درون‌یابی بهینه تولید شده و سپس با استفاده از نقشه‌های ۸ ساعته نقشه آلودگی روزانه که میانگین ۳ نقشه ۸ ساعته است تولید گردید. نقشه آلودگی ماهانه نیز از میانگین نقشه‌های روزانه به دست آمد. برای تولید نقشه‌های آلاینده PM_{10} از میانگین ۲۴ ساعته اطلاعات هر یک از ایستگاه‌ها استفاده شد. بعد از تولید نقشه‌های روزانه، تمامی نقشه‌ها برای هر دو آلاینده با استفاده از AQI طبقه‌بندی شدند.

بعد از تعیین نقشه‌های آلودگی، با استفاده از روش رگرسیون کاربری اراضی (LUR) به بررسی تأثیر عواملی از قبیل حجم ترافیک، کاربری اراضی، جمعیت و نظایر اینها بر روی این دو آلاینده پرداخته شد. در نهایت، با استفاده از همین روش این دو آلاینده در فصل بهار مدل‌سازی گردیدند.

۳-۱- آماره اسپیرمن[2]

چون در این تحقیق روش کوکریجینگ نیز مورد استفاده قرار گرفت، لذا پارامترهای هواشناسی دما، جهت باد و سرعت باد به عنوان پارامترهای کمکی استفاده شدند. اطلاعات دما، جهت باد، سرعت باد ساعت به ساعت برداشت شده‌اند، و این خود مشکل همزمانی داده‌ها را برای استفاده در روش کوکریجینگ برطرف می‌کند. اولین کار برای استفاده از روش کوکریجینگ بررسی همبستگی بین متغیرهای کمکی با دو آلاینده CO و PM_{10} است. برای بررسی همبستگی بین متغیرها روش‌های مختلفی مانند همبستگی پیرسن، اسپیرمن و کندال از جمله مهم‌ترین روش‌ها به‌شمار می‌آیند. در این تحقیق به دو دلیل از همبستگی اسپیرمن استفاده شد که این دو دلیل عبارت‌اند از:

۱. همبستگی پیرسن روشی پارامتریک است که در آن باید داده‌ها از توزیع نرمال یا توزیعی نزدیک به نرمال پیروی کنند. همچنین این همبستگی تنها رابطه خطی بین متغیرها را نشان می‌دهد. این در حالی است که همبستگی اسپیرمن روشی ناپارامتریک است و مستقل از توزیع متغیرهاست. از آنجا که توزیع داده‌ها را نمی‌دانیم، و نوع ارتباط بین متغیرهای اصلی و کمکی مشخص نیست، در نتیجه آماره اسپیرمن برای بررسی همبستگی مطمئن‌تر می‌نماید.

۲. چون یکی از پارامترهای کمکی جهت باد است، و متغیری رتبه‌ای است، در نتیجه دیگر برای بررسی همبستگی این متغیر نمی‌توان از آماره پیرسن استفاده کرد. در نتیجه برای بررسی همبستگی این متغیر باید آماره اسپیرمن مورد استفاده قرار گیرد.

1. Mean Square Error
2. Spearman

۳-۲- شاخص کیفیت هوا (AQI)

شاخص کیفیت هوا (AQI) استانداردی است که برای گزارش روزانه کیفیت هوا به کار می‌رود و برای بیان آلودگی هوا از مقدار پنج آلاینده منواکسید کربن، ازن، دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد و ذرات معلق استفاده می‌کند. با توجه به غلظت آلاینده‌ها و استانداردهای بهداشتی این شاخص غلظت آلاینده‌ها را به مقیاسی عددی بین ۰ تا ۵۰۰ مطابق با جدول ۲ تبدیل می‌کند. شاخص کیفیت هوا (AQI) از این نظر که غلظت آلاینده‌ها را براساس مقیاس واحدی می‌سنجد، مورد توجه است.

۱) در جدول ۲ چنانچه میزان غلظت ازن ۸ ساعته از ۰/۳۷۴ بیشتر شود، باید ازن ۱ ساعته مورد استفاده قرار گیرد.

۲) در جدول ۲ برای مقادیر خالی ستون مربوط به NO_2 عبارت هشدار درج نشده و فقط برای AQI بیشتر از ۲۰۰ درج گشته است.

۴- نتایج

۴-۱- نتایج همبستگی اسپیرمن

جدول ۴ نتایج استفاده از همبستگی اسپیرمن را نشان می‌دهد.

با توجه به مقدار P_Value در جدول ۴، چون مقدار این آماره برای آلاینده CO کوچک‌تر از ۰/۰۵ است، در نتیجه بین سه پارامتر کمکی دما، جهت باد و سرعت باد با CO همبستگی وجود دارد. همچنین با توجه به مقدار P_Value در جدول ۴ چون مقدار این آماره برای همبستگی بین دما و جهت باد با آلاینده PM_{10} بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است، در نتیجه بین آلاینده PM_{10} با دما و جهت باد همبستگی وجود ندارد؛ ولی بین سرعت باد و PM_{10} در سطح ۰/۰۵ همبستگی وجود دارد.

جدول ۲. طبقه‌بندی کیفیت هوا براساس شاخص AQI

AQI	CO (ppm) 8hr	NO_2 (ppm)	SO_2 (ppm) 24hr	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) 24hr	PM_{10} ($\mu g/m^3$) 24hr	O_3 (ppm) 8hr	O_3 (ppm) 1hr
۰-۵۰	۰-۴/۴	(۲)	۰/۰۰۰-۰/۰۳۴	۰-۱۵/۴	۰ -۵۴	۰/۰۰۰-۰/۶۴	-
۵۰-۱۰۰	۴/۵-۹/۴	(۲)	۰/۳۵-۰/۱۴۴	۱۵/۵-۴۰/۴	۵۵ - ۱۵۴	۰/۰۶۵-۰/۸۴	-
۱۰۰-۱۵۰	۹/۵-۱۲/۵	(۲)	۰/۱۴۵-۰/۲۲۴	۴۰/۵-۶۵/۴	۱۵۵ -۲۵۴	۰/۰۸۵-۰/۱۰۴	۰/۱۲۵-۰/۱۶۴
۱۵۰-۲۰۰	۱۲/۵-۱۵/۴	(۲)	۰/۲۲۵-۰/۳۰۴	۶۵/۵-۱۵۰/۴	۲۵۵ -۳۵۴	۰/۱۰۵-۰/۱۲۴	۰/۱۶۵-۰/۲۰۴
۲۰۰-۳۰۰	۱۵/۵-۳۰/۴	۰/۶۵-۱/۲۴	۰/۳۰۵-۰/۶۰۴	۱۵۰/۵-۲۵۰/۴	۳۵۵ -۴۲۴	۰/۱۲۵-۰/۳۷۴	۰/۲۰۵-۰/۴۰۴
۳۰۰-۵۰۰	۳۰/۵ به بالا	۱/۲۵ به بالا	۰/۶۰۵ به بالاتر	۲۵۰/۵ به بالاتر	۴۲۵ به بالاتر	(۱)	۰/۴۰۵ به بالاتر

جدول ۳. طبقه‌بندی شاخص AQI برای بیان وضعیت هوا

AQI	وضعیت هوا	رنگ
۰-۵۰	پاک	سبز
۵۰-۱۰۰	سالم	زرد
۵۰-۱۵۰	ناسالم برای گروه‌های حساس	نارنجی
۱۵۰-۲۰۰	ناسالم	قرمز
۲۰۰-۳۰۰	بسیار ناسالم	ارغوانی
بزرگ‌تر از ۳۰۰	خطرناک	سیاه

۴-۲- نتایج مقایسه روش‌های مختلف درون‌یابی

در این قسمت نتایج حاصل از مقایسه روش‌های مختلف درون‌یابی برای انتخاب روش درون‌یابی بهینه نشان داده می‌شود. به دلیل اینکه تنها پارامتر کمکی سرعت باد با آلاینده PM_{10} همبستگی دارد، در نتیجه از انجام روش درون‌یابی کوکریجینگ برای این متغیر صرف‌نظر گردید. در این تحقیق برای انتخاب بهترین روش درون‌یابی از آماره MSE استفاده شد. مقدار این آماره برای هر روش درون‌یابی که کمتر باشد، نشان‌دهنده بهتر بودن آن روش است.

۴-۲-۱- نتایج روش وزن‌دهی عکس فاصله[1] (IDW)

با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که کمترین مقدار آماره MSE، برای آلاینده CO موقعی است که توان در روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) برابر یک، و برای آلاینده PM_{10} موقعی است که توان در روش IDW بیشتر از دو باشد. در کلیه روش‌های به کار گرفته شده برای تعیین جهت ناهمسان‌گردی از جهت باد استفاده شد.

جدول۴. نتایج همبستگی اسپیرمن

	دما	سرعت باد	جهت باد
CO	۰/۱۶۵	-۰/۰۹۱	-۰/۲۵۶
P_Value	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
PM_{10}	۰/۰۰۲	-۰/۱۲	-۰/۰۰۸
P_Value	۰/۷۳۱	۰/۰۰۰	۰/۱۳۱

جدول ۵. نتایج روش IDW

نوع آلاینده	توان در روش IDW	حالت	تعداد نقاط همسایگی	MSE	نوع آلاینده	توان در روش IDW	حالت	تعداد نقاط همسایگی	MSE
CO	۱	همسان‌گرد	۱۱	۱/۸۲۱	PM_{10}	۱	همسان‌گرد	۱۰	۱۹/۲
		ناهمسان‌گرد	۶	۱/۸۷۳			ناهمسان‌گرد	۶	۱۹/۳۵
	۲	همسان‌گرد	۱۱	۱/۸۵۲		۲	همسان‌گرد	۱۰	۱۸/۹
		ناهمسان‌گرد	۶	۱/۹۰۱			ناهمسان‌گرد	۶	۱۸/۷
	بیشتر از دو	همسان‌گرد	۱۱	۱/۸۱		بیشتر از دو	همسان‌گرد	۱۰	۱۸
		ناهمسان‌گرد	۶	۱/۹۸۲			ناهمسان‌گرد	۶	۱۸/۵۷

جدول ۶. نتایج روش Global Polynomial

نوع آلاینده	توان در روش Global	MSE	نوع آلاینده	توان در روش Global	MSE
CO	۱	۲/۵۲	PM_{10}	۱	۲۱/۰۲
	۲	۶/۳۵		۲	۴۳
	بیشتر از دو	بزرگ‌تر از ۵۰		بیشتر از دو	بزرگ‌تر از ۸۰

1. Inverse Distance Weighted

۴-۲-۲- نتایج روش Global Polynomial (چندجمله‌ای جهانی) و Local Polynomial (چندجمله‌ای محلی)

با توجه به جدول ۶، مشاهده می‌شود که کمترین مقدار آماره MSE برای آلاینده CO و PM_{10} موقعی است که توان در روش Global Polynomial برابر یک باشد. با توجه به جدول ۷، مشاهده می‌شود که کمترین مقدار آماره MSE برای آلاینده CO و PM_{10} موقعی است که توان در روش Local Polynomial برابر یک باشد.

توجه شود که در روش Global برای آلاینده PM_{10} مقدار MSE زیاد است. در نتیجه از آوردن نتایج این روش برای آلاینده PM_{10} صرف‌نظر گردید.

۴-۲-۳- نتایج روش Spline

با توجه به جدول ۸ ، مشاهده می‌شود که کمترین مقدار آماره MSE، برای آلاینده CO متعلق به روش Inverse Multiquadric و سپس روش Spline With Tension است. برای آلاینده PM_{10} کمترین مقدار آماره MSE ، متعلق به روش Inverse Multiquadric و سپس روش Completely Regularized Spline است. بیشترین مقدار MSE، برای هر دو آلاینده متعلق به روش Thin Plate Spline است.

جدول ۷. نتایج Local Polynomial

نوع آلاینده	توان در روش LOCAL	حالت	تعداد نقاط همسایگی	MSE	نوع آلاینده	توان در روش LOCAL	حالت	تعداد نقاط همسایگی	MSE
CO	۱	همسان‌گرد	۱۱	۱/۹۹	PM_{10}	۱	همسان‌گرد	۱۰	۲۰/۵۶
		ناهمسان‌گرد	۶	۱/۸۰۳			ناهمسان‌گرد	۶	۲۰/۳
	۲	همسان‌گرد	۱۱	۵/۸۹۱		۲	همسان‌گرد	۱۰	۲۷/۹۳
		ناهمسان‌گرد	۶	۶/۲			ناهمسان‌گرد	۶	۲۴
	بیشتر از دو	همسان‌گرد	۱۱	بزرگ‌تر از ۱۰		بیشتر از دو	همسان‌گرد	۱۰	بزرگ‌تر از ۵۰
		ناهمسان‌گرد	۶				ناهمسان‌گرد	۶	

جدول ۸. نتایج روش Spline

نوع آلاینده	نوع روش RBF	پارامتر r	تعداد نقاط همسایگی	MSE
CO	Completely Regularized Spline	۰/۰۳۷	۱۱	۱/۹۹۳
	Spline With Tension	۰/۰۰۷	۱۱	۱/۹۷۲
	Multiquadric	۱۰۵۰	۱۱	۲/۰۸۸
	Inverse Multiquadric	۳۲۰۱	۱۱	۱/۸۹۱
	Thin Plate Spline	۶/۳۰E+19	۱۱	۲/۵۱
PM_{10}	Completely Regularized Spline	۰/۰۰۲۹۱	۱۱	۱۶/۹
	Spline With Tension	۰/۰۰۳۰۶	۱۱	۱۷/۲۳
	Multiquadric	۱۴۳۸	۱۱	۱۷/۶
	Inverse Multiquadric	۲۵۱۰	۱۱	۱۷/۸
	Thin Plate Spline	E+۲۰	۱۱	۱۶/۸۳

جدول ۹. نتایج روش کریجینگ

آلاینده	روش درون‌یابی	نوع سمی واریوگرام	حالت	MSE	آلاینده	روش درون‌یابی	نوع سمی واریوگرام	حالت	MSE
CO	کریجینگ معمولی	دایره‌ای	همسان‌گرد	۱/۷۸۸	PM_{10}	کریجینگ معمولی	دایره‌ای	همسان‌گرد	۱۷/۸۹
			ناهمسان‌گرد	۱/۷۶۷				ناهمسان‌گرد	۱۷/۹
		کروی	همسان‌گرد	۱/۷۶۳			کروی	همسان‌گرد	۱۷/۴۸
			ناهمسان‌گرد	۱/۷۳۳				ناهمسان‌گرد	۱۷/۴۶
		نمایی	همسان‌گرد	۱/۷۴۶			نمایی	همسان‌گرد	۱۷/۸۵
			ناهمسان‌گرد	۱/۷۱۷				ناهمسان‌گرد	۱۷/۸۳
		گوسی	همسان‌گرد	۱/۷۶۲			گوسی	همسان‌گرد	۱۸/۱۲
			ناهمسان‌گرد	۱/۷۶۱				ناهمسان‌گرد	۱۸/۰۱

۴-۲-۴- نتایج روش کریجینگ

با توجه به جدول ۹ مشاهده می‌شود که کمترین مقدار آماره MSE ، برای آلاینده CO به ترتیب مربوط به سمی‌واریوگرام نمایی و سپس کروی با حالت ناهمسان‌گردی است.

برای آلاینده PM_{10} کمترین مقدار MSE به ترتیب مربوط به سمی‌واریوگرام کروی در هنگامی است که حالت ناهمسان‌گرد و سپس همسان‌گرد دارد. بیشترین مقدار MSE، برای هر دو آلاینده زمانی است که نوع سمی واریوگرام مدل دایره‌ای باشد.

۴-۲-۵- نتایج روش کوکریجینگ

با توجه به مقدار آماره MSE به دست آمده برای داده‌های آلاینده CO، می‌توان دریافت که روش کوکریجینگ با یک سمی‌واریوگرام نمای کروی ناهمسان‌گردی آن به‌وسیله جهت باد تعیین شود، بهترین روش برای درون‌یابی داده‌های آلاینده CO موجود در هواست. با توجه به مقدار آماره MSE به دست آمده برای داده‌های آلاینده PM_{10} ، می‌توان دریافت که روش Spline بهترین روش برای درون‌یابی داده‌های آلاینده PM_{10} موجود در هوا به‌شمار می‌آید.

جدول ۱۰. نتایج روش کوکریجینگ

آلاینده	روش درون‌یابی	نوع سمی‌واریوگرام	حالت	MSE
CO	کوکریجینگ معمولی	دایره‌ای	همسان‌گرد	۱/۷۶۱
			ناهمسان‌گرد	۱/۷۳۴
		کروی	همسان‌گرد	۱/۷۲۳
			ناهمسان‌گرد	۱/۷۱۴
		نمایی	همسان‌گرد	۱/۷۳۲
			ناهمسان‌گرد	۱/۷۰۱
		گوسی	همسان‌گرد	۱/۷۴۵
			ناهمسان‌گرد	۱/۷۲۹

۴-۳- طبقه‌بندی نقشه‌های کیفیت هوا

با استفاده از روش درون‌یابی بهینه، نقشه‌های کیفیت هوای حاصل از این دو آلاینده برای تمامی روزهای سال ۱۳۸۴ تولید گردید. سپس کلیه نقشه‌های تولید شده براساس AQI طبقه‌بندی شدند. جدول ۱۱ نتایج طبقه‌بندی کیفیت هوا را براساس AQI برای هر ماه نشان می‌دهد.

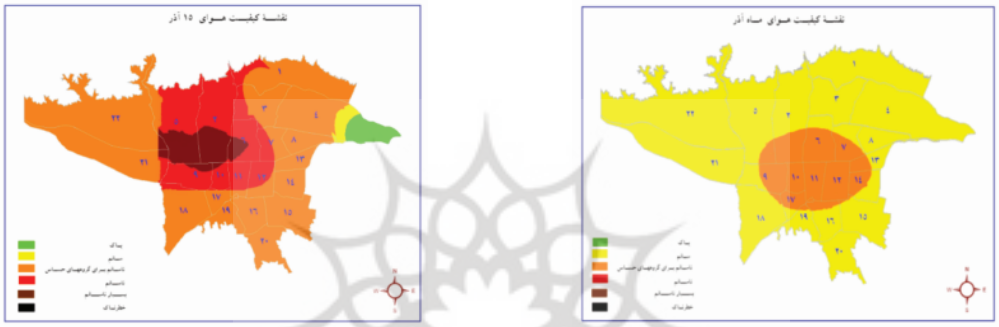
جدول ۱۱. نتایج طبقه‌بندی نقشه‌ها براساس شاخص AQI

ماه	آلاینده	پاک	سالم	ناسالم برای گروه‌های حساس	ناسالم	بسیار ناسالم	خطرناک
فروردین	مونواکسید کربن	۱۳	۱۸	۰	۰	۰	۰
	ذرات معلق	۰	۲۹	۲	۰	۰	۰
اردیبهشت	مونواکسید کربن	۱۶	۱۴	۱	۰	۰	۰
	ذرات معلق	۰	۲۶	۵	۰	۰	۰
خرداد	مونواکسید کربن	۳	۱۵	۹	۴	۰	۰
	ذرات معلق	۰	۱۸	۱۰	۳	۰	۰
تیر	مونواکسید کربن	۰	۱۴	۱۴	۲	۱	۰
	ذرات معلق	۰	۱۳	۱۶	۲	۰	۰
مرداد	مونواکسید کربن	۰	۱۴	۹	۳	۵	۰
	ذرات معلق	۰	۱۹	۱۲	۰	۰	۰
شهریور	مونواکسید کربن	۰	۱۲	۸	۸	۳	۰
	ذرات معلق	۰	۱۶	۱۵	۰	۰	۰
مهر	مونواکسید کربن	۰	۱۲	۱۵	۳	۰	۰
	ذرات معلق	۰	۱۴	۱۶	۰	۰	۰
آبان	مونواکسید کربن	۰	۱۲	۱۴	۱	۳	۰
	ذرات معلق	۰	۱۸	۱۲	۰	۰	۰
آذر	مونواکسیدکربن	۰	۸	۱۰	۷	۵	۰
	ذرات معلق	۰	۱۱	۱۹	۰	۰	۰
دی	مونواکسیدکربن	۸	۲۰	۲	۰	۰	۰
	ذرات معلق	۰	۲۲	۸	۰	۰	۰
بهمن	مونواکسید کربن	۱۲	۱۴	۴	۰	۰	۰
	ذرات معلق	۰	۱۵	۱۳	۲	۰	۰
اسفند	مونواکسید کربن	۱۲	۱۴	۳	۰	۰	۰
	ذرات معلق	۰	۸	۱۶	۵	۰	۰

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

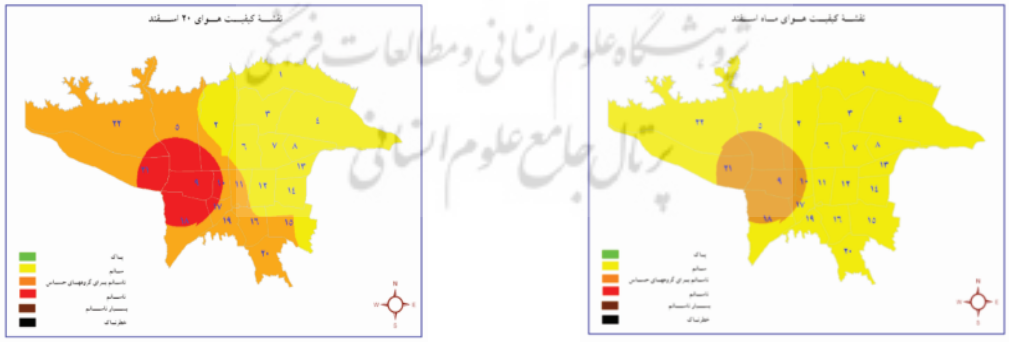
در جدول ۱۱ اعداد نوشته شده در داخل هر واحد، طبقه‌بندی کیفیت هوای حاصل از آلاینده مربوط را براساس AQI برای آن ماه نشان می‌دهند. به طور مثال، در فروردین ماه کیفیت هوای حاصل از آلاینده مونواکسیدکربن در ۱۳ روز پاک، و در ۱۸ روز سالم بوده است. همچنین در هیچ روزی از این ماه کیفیت هوای ناشی از این آلاینده از حد استاندارد تجاوز نکرده است. با توجه به همین جدول، مشاهده می‌گردد بیشترین روزهایی که کیفیت هوای حاصل از آلاینده CO و PM_{10} از حد استاندارد تجاوز کرده است، به ترتیب متعلق به ماه آذر و اسفند است.

به دلیل تعدد نقشه‌های تولیدی، در این قسمت فقط نقشه کیفیت هوای حاصل از آلاینده CO در روز ۱۵ آذر و نقشه ماهانه آذر و همچنین نقشه کیفیت هوای حاصل از آلاینده PM_{10} در روز ۲۰ اسفند و نقشه ماهانه اسفند نشان داده می‌شود.



(الف) (ب)

شکل ۱. نقشه کیفیت هوای حاصل از آلاینده CO؛ الف) ماهانه آذر؛ ب) ۱۵ آذر



(الف) (ب)

شکل ۲. نقشه کیفیت هوای حاصل از آلاینده PM_{10}؛ الف) ماهانه اسفند؛ ب) ۲۰ اسفند

۴-۴- بررسی همبستگی بین داده‌ها

چون در تولید هر یک از آلاینده‌ها عوامل مهمی همچون ترافیک، کاربری اراضی، جمعیت و مانند اینها نقش اساسی را ایفا می‌کنند، در این قسمت نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین هر یک از آلاینده‌ها با هر کدام از متغیرها در جدول ۱۲ نشان داده شده است. برای اندازه‌گیری تأثیر هر یک از این متغیرها بر روی آلودگی، از روش رگرسیون کاربری اراضی (LUR) استفاده شد. درواقع میزان هر یک از متغیرهای مؤثر در بافرهای اطراف هر یک از ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا که در جدول ۱ بیان گردید، اندازه‌گیری شدند.

در جدول ۱۲ منظور از هر یک از انواع راه‌ها فاصله هر ایستگاه تا نزدیک‌ترین نوع هر یک از انواع راه است.

با توجه به مقدار P_Value موجود در جدول ۱۲، هر گاه مقدار P_Value از ۰/۰۵ بزرگ‌تر باشد، آن‌گاه بین دو متغیر مذکور همبستگی وجود ندارد.

۴-۵- نتایج خروجی از مدل رگرسیونی

همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان شد، برای انجام مدل LUR ابتدا در اطراف هر یک از ایستگاه‌ها مقدار متغیرهای موجود در جدول ۱ در بافرهای مختلفی محاسبه گردید. سپس با استفاده از روش‌های رگرسیون چندگانه و روش‌های قدم به قدم، ورود رو به جلو، و حذف رو به عقب به مدل‌سازی این دو آلاینده در فصل بهار پرداخته شد. جدول‌های ۱۳، ۱۴ و ۱۵ نتایج حاصل از انجام مدل LUR را نشان می‌دهند.

جدول ۱۲. همبستگی بین آلاینده‌های مونواکسید کربن و ذرات معلق با متغیرهای مؤثر بر آلودگی

گروه	زیرگروه	CO	P_Value	PM_{10}	P_Value
کاربری اراضی	مسکونی	۰/۴۵	۰/۰۰۹	۰/۳۶۹	۰/۰۳۵
	صنعتی	۰/۴۶۲	۰/۰۰۷	۰/۵۲۷	۰/۰۰۲
	اداری – تجاری	۰/۴۰۷	۰/۰۱۹	-۰/۳۹۱	۰/۰۲۴
	نظامی	۰/۰۱۳	۰/۹۴۵	۰/۰۲۳	۰/۸۹۷
	فضای سبز	-۰/۲۰۳	۰/۲۵۸	۰/۲۹۸	۰/۰۹۲
	حمل‌ونقل	۰/۰۷۵	۰/۶۷۷	۰/۲۴۶	۰/۱۶۸
حجم ترافیک	ترافیک	۰/۵۶۹	۰/۰۰۱	۰/۴۶۳	۰/۰۰۷
ارتفاع	ارتفاع	-۰/۳۳۲	۰/۰۴۱	۰/۰۳۷	۰/۷۷۸
جمعیت	جمعیت	۰/۵۵۵	۰/۰۰۲	-۰/۴۷۲	۰/۰۰۶
راه	بزرگراه	-۰/۴۱۰	۰/۰۱۸	-۰/۰۷۱	۰/۶۹۴
	راه اصلی	-۰/۵۳۷	۰/۰۰۱	۰/۱۲۶	۰/۴۸۵
	راه فرعی	-۰/۱۷۵	۰/۳۳۱	۰/۰۳۱	۰/۸۹۷

جدول ۱۳. آمار توصیفی مدل

آلاینده	R^2	Adjusted R^2	Std. Error
مونواکسید کربن	۰/۵۵	۰/۴۷	۱/۰۷
ذرات معلق	۰/۶۸۵	۰/۶۲۳	۱۲/۷۵۶

جدول ۱۴. ضرایب رگرسیونی برای آلاینده مونواکسید کربن

پارامترهای مدل	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
عرض از مبدأ	۳/۶۴	۰/۶۷۱		۳/۱۳	۰/۰۰۰
حجم ترافیک	۰۳E-۱۲/۱	۰/۰۰۰	۰/۵۴۶	۴/۰۹	۰/۰۰۰
جمعیت	۰۵E-۲۹/۶	۰/۶۲۸	۰/۲۳۷	۳/۹۸	۰/۰۲۵
ارتفاع	۰۵E-۴۴/۵-	۱/۵۰۳	-۰/۲۶۳	-۲/۶۹	۰/۰۱۲
فاصله از راه اصلی	۰۴E-۴۲/۶-	۰/۲۸۴	-۰/۳۷۹	-۲/۲۸	۰/۰۲۹
فاصله از بزرگراه	۰۴E-۴۲/۳-	۰/۴۶۸	-۰/۲۴۶	-۲/۱۸	۰/۰۳۸

جدول ۱۵. ضرایب رگرسیونی برای آلاینده ذرات معلق

پارامترهای مدل	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
عرض از مبدأ	۹۵/۷۶	۸/۰۱		۱۳/۴۶	۰/۰۰۰
حجم ترافیک	۰/۱	۰/۰۲۶	۰/۳۹۶	۳/۸۶۱	۰/۰۰۱
جمعیت	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	-۰/۳۸۵	-۲/۹۶	۰/۰۰۶
صنعتی	۱۰/۹۸	۵/۴۰	۰/۵۸۲	۲/۰۹۵	۰/۰۴۵
اداری ـ تجاری	-۷/۲	۱/۹۳	-۰/۳۴۱	-۳/۷۲۸	۰/۰۰۱

رابطه‌های (۱) و (۲)، معادلات رگرسیونی به دست آمده برای دو آلاینده مونواکسید کربن و ذرات معلق در فصل بهار را نشان می‌دهند.

رابطه (۱)

$$CO = 3/64 + 1/12*10^{-3}\,Traffic + 6/29*10^{-5}\,Population - 5/44*10^{-4}\,Elevation - 6/42*10^{-4}\,dis_majorroad - 3/42*10^{-4}\,dis_highway$$

رابطه (۲)

$$PM_{10} = 95/76 + 0/1*Traffic - 0/001*Population + 10/98*industrial - 7/2*Edari_Tejari$$

۵- نتیجه‌گیری

با استفاده از نتایج به‌دست آمده از نقشه‌های کیفیت هوای روزانه و مدل LUR ، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. به‌طور کلی در سال ۱۳۸۴ کیفیت هوای حاصل از آلاینده مونواکسید کربن در ۱۳۴ روز بالاتر از حد استاندارد بوده است. این در حالی است که کیفیت هوای حاصل از آلاینده ذرات معلق در ۱۵۶ روز بالاتر از حد استاندارد بوده است. لیکن می‌بایست توجه کرد که در ۴۵ روز از سال کیفیت هوای

حاصل از آلاینده مونواکسید کربن در وضعیت ناسالم و بسیار ناسالم است. این در حالی است که تنها ۱۲ روز از سال کیفیت هوای حاصل از آلاینده ذرات معلق در وضعیت ناسالم است.

۲. دوره‌های چندروزه آلودگی بیشتر برای آلاینده مونواکسید کربن نسبت به آلاینده ذرات معلق رخ داده است. با توجه به زیان‌های فراوان مونواکسید کربن، در صورتی که تداوم آلودگی این آلاینده زیاد باشد، می‌تواند خطرهای جبران‌ناپذیری ایجاد کند.

۳. بیشترین تعداد روزهایی که کیفیت هوا از حد استاندارد فراتر رفته است، متعلق به فصل پاییز و سپس تابستان است. ولی بیشترین تعداد روزهایی که کیفیت هوای حاصل از آلاینده مونواکسید کربن در وضعیت ناسالم و یا بسیار ناسالم است، به فصل تابستان و سپس پاییز تعلق دارد. همچنین برای آلاینده ذرات معلق، بیشترین تعداد روزهایی که کیفیت هوای حاصل از این آلاینده در وضعیت ناسالم است، به فصل زمستان و سپس تابستان تعلق دارد.

۴. بیشترین ماه‌هایی که کیفیت هوای حاصل از آلاینده مونواکسید کربن از حد استاندارد تجاوز کرده، متعلق به ماه آذر و سپس شهریور است؛ و برای آلاینده ذرات معلق ماه‌های اسفند و تیر بیشترین تعداد روز را دارند.

۵. چون کاربری اراضی برای تمامی فصل‌های سال یکسان است، علت اصلی تغییرات در مقادیر این دو آلاینده پارامترهای هواشناسی و عوامل جوّی است.

۶. با توجه به نقشه‌های درون‌یابی شده برای کل سال، مشاهده گردید که بیشترین مقدار آلاینده مونواکسید کربن در مناطق ۶، ۷، ۱۱ و ۱۲ رخ داده است. این در حالی است که بیشترین مقدار آلاینده ذرات معلق مربوط به مناطق ۱۰، ۹، ۱۷، ۱۸، ۱۶ و اطراف میدان آزادی است.

۷. با توجه به نتایج حاصل از مدل LUR، مهم‌ترین عامل مؤثر بر آلاینده مونواکسید کربن حجم ترافیک است؛ در حالی که مهم‌ترین عامل مؤثر بر آلاینده ذرات معلق اماکن صنعتی است. تراکم راه‌ها در مناطق ۷، ۶، ۱۲ و ۱۱ از بقیه مناطق بیشتر است و نتایج حاصل از نقشه‌های درون‌یابی نیز نشان داده‌اند که این مناطق آلوده‌ترین مناطق از نظر تجمع آلاینده مونواکسید کربن به شمار می‌آیند. به علاوه، نتایج حاصل از روش‌های رگرسیونی نیز این نظریه را تأیید کرده است. در مورد آلاینده ذرات معلق نیز مهم‌ترین عامل اماکن صنعتی‌اند. با توجه به اینکه تمرکز اماکن صنعتی در مناطق ۱۸، ۲۱، ۱۷ و ۱۶ در قیاس با دیگر مناطق بیشتر است، نتایج حاصل از نقشه‌های درون‌یابی هم نشان داد که این مناطق آلوده‌ترین مناطق از نظر تجمع آلاینده ذرات معلق‌اند. به علاوه، نتایج حاصل از روش‌های رگرسیونی نیز این نظریه را تأیید کرد و مهم‌ترین عامل در ایجاد آلاینده ذرات معلق را وجود اماکن صنعتی برشمرد.

۸. هنگامی که مدل رگرسیونی انجام می‌شود، یکی از موضوعاتی که دانستن آن اهمیت دارد، این است که با استفاده از متغیرهای مستقل و مدل رگرسیونی انتخاب شده، چند درصد از تغییرات متغیر وابسته را می‌توان پیش‌بینی کرد. در جدول ۱۳ یکی از آماره‌های مهم، R^2 تعدیل‌یافته است که مقدار این آماره برای مونواکسید کربن و ذرات معلق به ترتیب ۰/۴۷ و ۶۲۳ است. این بدان معناست که با استفاده از این مدل رگرسیونی می‌توان ۰/۴۷ درصد از تغییرات آلاینده مونواکسیدکربن و ۰/۶۲ درصد از تغییرات ذرات معلق را در منطقه مورد نظر با استفاده از این متغیرهای مستقل و مدل ارائه شده تخمین زد؛ و بقیه تغییرات این دو آلاینده به عوامل دیگری از قبیل پارامترهای هواشناسی و حوادث آنی وابسته است. با توجه به اینکه در اکثر مقالات ارائه شده با این مدل مقدار R^2 حداکثر ۷۰ درصد است،

می‌توان بیان کرد که این مدل برای تخمین آلودگی حاصل از این دو آلاینده در تهران مناسب است.

۹. زیاد بودن مقدار β_i مربوط به هر یک از آلاینده‌ها در جدول‌های ۱۴ و ۱۵ به معنای مهم‌تر بودن تأثیر آن متغیر مستقل بر روی آلاینده مورد نظر نیست. برای مقایسه تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر روی این دو آلاینده، به جای استفاده از ضرایب رگرسیونی باید از β استانداردشده استفاده کرد. درواقع β استانداردشده مستقل از واحد اندازه‌گیری است. هر چه مقدار این آماره بیشتر باشد، نشان می‌دهد که این متغیر تأثیر بیشتری بر روی آن آلاینده دارد. جدول ۱۶ اهمیت متغیرهای مورد استفاده در مدل رگرسیونی را به ترتیب نزولی برای هر دو آلاینده نشان می‌دهد.

جدول ۱۶. رتبه‌بندی در جهت تأثیر متغیرهای مستقل

رتبه	مونواکسید کربن	ذرات معلق
۱	حجم ترافیک	اماکن صنعتی
۲	فاصله از راه اصلی	حجم ترافیک
۳	ارتفاع	جمعیت
۴	فاصله از بزرگراه	اداری – تجاری
۵	جمعیت	*

با توجه به جدول ۱۶ مشخص می‌شود که مهمترین عامل مؤثر بر آلاینده مونواکسید کربن حجم ترافیک است، در حالی که مهم‌ترین عامل مؤثر بر آلاینده ذرات معلق اماکن صنعتی‌اند.

۱۰. با توجه به جدول ۱۲ مشاهده می‌گردد که در برخی از کاربری‌ها مانند فضای سبز، تأثیر کاربری بر روی آلودگی در سطح ۰/۰۵ معنادار نمی‌شود. این بدان علت است که در بافرهای ۵۰۰ متری که در اطراف ایستگاه‌ها تعیین شده‌اند، میزان کاربری فضای سبز کم بوده و به همین دلیل در سطح ۰/۰۵ معنادار نشده است.

۱۱. همان‌طور که در جدول ۱۲ مشاهده شد، بعضی از متغیرها وجود دارند که با مونواکسید کربن و ذرات معلق همبستگی دارند، ولی در مدل رگرسیونی وجود ندارند. در واقع هنگام استفاده از روش‌های رگرسیونی، در متغیرهایی که با یکدیگر همپوشانی دارند، همواره متغیر غالب وارد مدل رگرسیونی می‌شود.

۱۲. در کلیه کارهایی که در گذشته انجام شده است، مدل LUR کمتر برای آلاینده CO و PM_{10} مورد استفاده قرار گرفته است. درواقع این مدل بیشتر برای بررسی آلاینده‌هایی چون NO ، NO_2 ، SO و SO_2 مورد استفاده قرار گرفته است. کاشیما و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از روش LUR به مدل‌سازی دو آلاینده NO_2 و SPM در شهر شیزوکا در ژاپن پرداختند. آنها برای این کار از پارامترهای انواع راه‌ها، حجم ترافیک، کاربری اراضی و مؤلفه‌های فیزیکی به عنوان متغیرهای مستقل استفاده کردند. هر یک از این متغیرها در حریم‌های متفاوتی اندازه‌گیری شد و مقدار R^2 نهایی مدل برای دو آلاینده NO_2 و SPM به ترتیب ۰/۵۴ و ۰/۱۱ به دست آمد.

ویلر و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از روش LUR به مدل‌سازی آلاینده NO_2 ، SO_2 ، Benzene و Toluene در شهر انتاریوی کانادا پرداختند. مقدار R^2 مدل برای این چهار آلاینده به ترتیب ۰/۷۷، ۰/۶۹، ۰/۷۳ و ۰/۴۶ به دست آمد.

با توجه به موارد ذکر شده، مشاهده می‌گردد که در روش LUR مقدار R^2 مدل برای بیشتر آلاینده‌ها بین ۰/۲ تا ۰/۸ حاصل شده است. با توجه به اینکه مقدار R^2 برای آلاینده CO و PM_{10} به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۶۲ به دست آمد، می‌توان به مؤثر بودن این روش در بررسی تغییرات این دو آلاینده اشاره کرد.

۶- پیشنهادها

روش کوکریجینگ نشان داده است که می‌تواند با سه پارامتر کمکی دما و جهت باد و سرعت باد، به عنوان روشی مناسب برای درون‌یابی آلاینده مونواکسید کربن مورد استفاده قرار گیرد. بدین ترتیب برای کسب نتایج بهتر، پیشنهاد می‌شود تا از متغیرهایی مانند وارونگی دما، فشار، رطوبت و سایر پارامترهای هواشناسی به عنوان پارامتر کمکی استفاده شود.

با توجه به اینکه باد غالب در تهران از سمت غرب به شرق می‌وزد و اکثر صنایع در قسمت غرب تهران قرار گرفته‌اند، به نظر می‌رسد که در مکان‌گزینی مراکز صنعتی عمده در شهر تهران، کارشناسی لازم صورت نگرفته است. بدین ترتیب، می‌توان با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی، محل‌های مناسبی را برای تأسیس امکان صنعتی در حال احداث تعیین کرد.

۷- منابع

Basu, R., Woodruff, T.J., Parker, J.D., Saulnier, L., Schoendorf, K.C., 2004, **Comparing Exposure Metrics in the Relationship Between PM2.5 and Birth Weight in California**, Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 14, 391–396.

Brauer, M., Hoek, G., Smit, J., Jongste, J.C., Postma, D.S., Gerritsen, J., Kerkhof, M., Brunekreef, B., 2007, **Air Pollution and the Development of Asthma, Allergy and Respiratory Infections in a Birth Cohort**, European Respiratory Journal, 29, 879–888.

Cyrys, J., Hochadel, M., Gehring, U., Hoek, G., Diegmann, V., Brunekreef, B., Heinrich, J., 2005, **GIS-based Estimation of Exposure to Particulate Matter and NO2 in an Urban area: Stochastic Versus Dispersion Modeling**, *Environmental Health Perspectives*, 113, 987–992.

Henderson, S.B., Beckerman, B., Jerrett, M., Brauer, M., 2007, **Application of Land Use Regression to Estimate Long-term Concentrations of Traffic-related Nitrogen Oxides and Fine Particulate Matter**, Environmental Science and Technology, 41, 2422–2428.

Jerrett, M., Arain, A., Kanaroglou, P., Beckerman, B., Potoglon, D., Sahsuvaroglu, T., Morrison, J., Giovis ,C., 2005, **A Review and Evaluation of Intraurban Air**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Pollution Exposure Models, *Journal of Exposure Analysis and Environmental*, 15, 185-204.

Kashima, S., Yorifuji, T., Tsuda, T., Doi, T., 2009, **Application of Landuse Regression to Regulatory Air Quality Data in Japan**, *Science of The Total Environment,* 36, 137-146.

Knowlton, K., Rosenthal, J.E., Hogrefe, C., Lynn, B., Gaffin, S., Goldberg, R., Rosenzweig, C., Civerolo, K., Ku, J.Y., Kinney, P.L., 2004, **Assessing Ozone-related Health Impacts Under a Changing Climate**, Environmental Health Perspectives, 112, 1557–1563.

Miller, K.A., Siscovick, D.S., Sheppard, L., Shepherd, K., Sullivan, J.H., Anderson, G.L., Kaufman, J.D., 2007, **Longterm Exposure to Air Pollution and Incidence of Cardiovascular Events in Women**, *New England Journal of Medicine,* 356, 447–458.

Moore, D.K., Jerrett, M., Mack, W.J., Kunzli, N., 2007, **A Land use Regression Model for Predicting Ambient Fine Particulate Matter Across Los Angeles, CA**., Journal of Environmental Monitoring, 9, 246–252.

Wheeler, A.J., Smith-Doiron, M.X., Gilbert, N.L., Brook, J.R., 2008, **Intra-Urban Variability of Air Pollution in Windsor, Ontario–Measurement and Modeling for Human Exposure Assessment**, *Environment Resource*, 106, 7–16.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی