



سنجش از دور & GIS ایران



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

سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

۷۲-۵۷

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

علی‌اکبر متکان^۱، علیرضا شکیبآ^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 پذیرش مقاله: ۸۸/۹/۲

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۵/۱۳

چکیده

یکی از معضلات اساسی شهرهای بزرگ جهان پدیده آلودگی هواست. کشور ایران و به خصوص تهران نیز از اثر این پدیده مصون نیست، به طوری که سالانه خسارات مالی و جانی و اجتماعی عمده‌ای متأثر از آلودگی به بار می‌آیند. از آنجا که مهم‌ترین آلاینده‌های این شهر منواکسید کربن (CO) و ذرات معلق با قطر کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر (PM₁₀) اند، در تحقیق حاضر ابتدا روش‌های مختلف درون‌یابی برای تولید نقشه‌های کیفیت هوای حاصل از این دو آلاینده مورد ارزیابی قرار گرفتند و سپس با استفاده از آماره خطای میانگین مربعات (MSE) روش درون‌یابی بهینه انتخاب شد و نقشه‌های کیفیت هوای حاصل از این دو آلاینده برای همه روزهای سال ۱۳۸۴ تولید گردید. نیز از آنجا که آلودگی هوا با عوامل متعددی از قبیل توپوگرافی، اقلیم، جمعیت، شبکه حمل‌ونقل و صنعت ارتباط دارد، با استفاده از روش رگرسیون کاربری اراضی (LUR) مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید هر یک از این 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 برای درون‌یابی داده‌های آلاینده منواکسید کربن، روش کوکریجینگ همراه با سه پارامتر دما، جهت باد و سرعت باد که ناهمسان‌گردی آن به وسیله جهت باد تعیین شود، مناسب‌ترین روش به‌شمار می‌آید؛ در حالی که برای آلاینده ذرات معلق روش Spline نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. همچنین نتایج حاصل از مدل رگرسیون کاربری اراضی (LUR) نشان داد که مهم‌ترین عامل مؤثر بر روی آلاینده منواکسید کربن حجم ترافیک است، در حالی که مهم‌ترین عامل مؤثر بر روی آلاینده PM₁₀ 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

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، به طوری 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; Cyrus 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، به طوری 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^۱، ورود رو به جلو^۲ و حذف رو به عقب^۳، ارتباط بین آلاینده مورد نظر به عنوان متغیر وابسته و سایر متغیرها به عنوان 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
	حمل و نقل	۵۰۰	Km ²	مرکز سامانه اطلاعات جغرافیایی تهران
حجم ترافیک	ترافیک	۵۰۰	حجم هم‌سنگ سواری	سازمان مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک
ارتفاع	ارتفاع	(۱)	متر	مدل ارتفاع رقومی
جمعیت	جمعیت	۱۰۰۰	تعداد نفر در 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 زیر نظر 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 زیر نظر 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^۱ (AQI) استفاده می‌شود. در واقع 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 PM₁₀ 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 PM₁₀ 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

نهایت، با استفاده از همین روش این دو آلاینده در فصل بهار مدل سازی گردیدند.

۳-۱- آماره اسپیرمن^۲

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 PM₁₀ 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

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 ناریب 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 - که شامل ۳۶ روش متفاوت بود - 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^۱ (MSE) 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 PM₁₀ 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

۳-۲- شاخص کیفیت هوا (AQI)

شاخص کیفیت هوا (AQI) استاندارد 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

O_3 (ppm) 1hr	O_3 (ppm) 8hr	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24hr	$\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24hr	SO_2 (ppm) 24hr	NO_2 (ppm)	CO (ppm) 8hr	AQI
-	۰/۰۰۰-۰/۶۴	۰-۵۴	۰-۱۵/۴	۰/۰۰۰-۰/۰۳۴	(۲)	۰-۴/۴	۰-۵۰
-	۰/۰۶۵-۰/۸۴	۵۵-۱۵۴	۱۵/۵-۴۰/۴	۰/۰۳۵-۰/۱۴۴	(۲)	۴/۵-۹/۴	۵۰-۱۰۰
۰/۱۲۵-۰/۱۶۴	۰/۰۸۵-۰/۱۰۴	۱۵۵-۲۵۴	۴۰/۵-۶۵/۴	۰/۱۴۵-۰/۲۲۴	(۲)	۹/۵-۱۲/۵	۱۰۰-۱۵۰
۰/۱۶۵-۰/۲۰۴	۰/۱۰۵-۰/۱۲۴	۲۵۵-۳۵۴	۶۵/۵-۱۵۰/۴	۰/۲۲۵-۰/۳۰۴	(۲)	۱۲/۵-۱۵/۴	۱۵۰-۲۰۰
۰/۲۰۵-۰/۴۰۴	۰/۱۲۵-۰/۳۷۴	۳۵۵-۴۲۴	۱۵۰/۵-۲۵۰/۴	۰/۳۰۵-۰/۶۰۴	۰/۶۵-۱/۲۴	۱۵/۵-۳۰/۴	۲۰۰-۳۰۰
۰/۴۰۵ به بالاتر	(۱)	۴۲۵ به بالاتر	۲۵۰/۵ به بالاتر	۰/۶۰۵ به بالاتر	۱/۲۵ به بالا	۳۰/۵ به بالا	۳۰۰-۵۰۰

جدول ۳. طبقه‌بندی شاخص AQI برای بیان وضعیت هوا

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

۴-۲-۱- نتایج روش وزن دهی عکس فاصله^۱

(IDW)

با توجه به جدول ۵ مشاهده می شود که کمترین مقدار آماره MSE، برای آلاینده CO موقعی است که توان در روش وزن دهی عکس فاصله (IDW) برابر یک، و برای آلاینده PM₁₀ موقعی است که توان در روش IDW بیشتر از دو باشد. در کلیه روش های به کار گرفته شده برای تعیین جهت ناهمسان گردی از جهت باد استفاده شد.

۴-۲-۲- نتایج مقایسه روش های مختلف درون یابی

در این قسمت نتایج حاصل از مقایسه روش های مختلف درون یابی برای انتخاب روش درون یابی بهینه نشان داده می شود. به دلیل اینکه تنها پارامتر کمکی سرعت باد با آلاینده PM₁₀ همبستگی دارد، در نتیجه از انجام روش درون یابی کوکریجینگ برای این متغیر صرف نظر گردید. در این تحقیق برای انتخاب بهترین روش درون یابی از آماره MSE استفاده شد. مقدار این آماره برای هر روش درون یابی که کمتر باشد، نشان دهنده بهتر بودن آن روش است.

جدول ۴. نتایج همبستگی اسپیرمن

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

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	همسان گرد	۱۱	۱/۸۲۱	PM ₁₀	۱	همسان گرد	۱۰	۱۹/۲
	۱	ناهمسان گرد	۶	۱/۸۷۳		۱	ناهمسان گرد	۶	۱۹/۳۵
	۲	همسان گرد	۱۱	۱/۸۵۲		۲	همسان گرد	۱۰	۱۸/۹
	۲	ناهمسان گرد	۶	۱/۹۰۱		۲	ناهمسان گرد	۶	۱۸/۷
	بیشتر از	همسان گرد	۱۱	۱/۸۱		بیشتر از	همسان گرد	۱۰	۱۸
	دو	ناهمسان گرد	۶	۱/۹۸۲		دو	ناهمسان گرد	۶	۱۸/۵۷

جدول ۶. نتایج روش Global Polynomial

نوع آلاینده	توان در روش Global	نوع آلاینده	توان در روش Global	MSE
CO	۱	PM ₁₀	۱	۲/۵۲
	۲		۲	۶/۳۵
	بیشتر از دو		بزرگتر از ۵۰	۸۰

1. Inverse Distance Weighted

روش برای آلاینده PM₁₀ 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 PM₁₀ 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.

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 PM₁₀ 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 PM₁₀ موقعی است که توان در روش Local Polynomial برابر یک باشد. توجه شود که در روش Global برای آلاینده PM₁₀ مقدار MSE زیاد است. در نتیجه از آوردن نتایج این

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
	۲	ناهمسان‌گرد	۶	۱/۸۰۳		۲	ناهمسان‌گرد	۶	۲۰/۳
	۱	همسان‌گرد	۱۱	۵/۸۹۱		۱	همسان‌گرد	۱۰	۲۷/۹۳
	۲	ناهمسان‌گرد	۶	۶/۲		۲	ناهمسان‌گرد	۶	۲۴
بیشتر از دو	بیشتر از دو	همسان‌گرد	۱۱	بزرگ‌تر	بیشتر از دو	بیشتر از دو	همسان‌گرد	۱۰	بزرگ‌تر
	بیشتر از دو	ناهمسان‌گرد	۶	از ۱۰		بیشتر از دو	ناهمسان‌گرد	۶	از ۵۰

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
	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	کرووی	همسان‌گرد	۱/۷۸۸	PM ₁₀	کریجینگ معمولی	کرووی	همسان‌گرد	۱/۷۸۹
			ناهمسان‌گرد	۱/۷۶۷				ناهمسان‌گرد	۱/۷۹
			همسان‌گرد	۱/۷۶۳				همسان‌گرد	۱/۷۴۸
			ناهمسان‌گرد	۱/۷۳۳				ناهمسان‌گرد	۱/۷۴۶
			همسان‌گرد	۱/۷۴۶				همسان‌گرد	۱/۷۸۵
			ناهمسان‌گرد	۱/۷۱۷				ناهمسان‌گرد	۱/۷۸۳
	گوسی	گوسی	همسان‌گرد	۱/۷۶۲	گوسی	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 کرووی با حالت ناهمسان‌گردی است. برای آلاینده PM₁₀ کمترین مقدار MSE به ترتیب مربوط به سمی‌واریوگرام کرووی در هنگامی است که حالت ناهمسان‌گرد و سپس همسان‌گرد دارد. بیشترین مقدار MSE، برای هر دو آلاینده زمانی است که نوع سمی‌واریوگرام 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 نمایی که ناهمسان‌گردی آن به وسیله 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 PM₁₀، می‌توان دریافت که روش Spline بهترین روش برای درون‌یابی داده‌های آلاینده PM₁₀ موجود در هوا به شمار می‌آید.

جدول ۱۰. نتایج روش کوکریجینگ

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

شده براساس AQI طبقه‌بندی شدند. جدول ۱۱ نتایج طبقه‌بندی کیفیت هوا را براساس AQI برای هر ماه نشان می‌دهد.

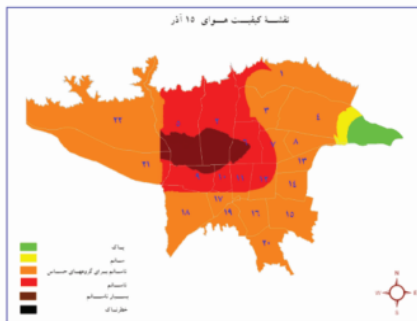
۴-۳- طبقه‌بندی نقشه‌های کیفیت هوا
با استفاده از روش درون‌یابی بهینه، نقشه‌های کیفیت هوای حاصل از این دو آلاینده برای تمامی روزهای سال ۱۳۸۴ تولید گردید. سپس کلیه نقشه‌های تولید

جدول ۱۱. نتایج طبقه‌بندی نقشه‌ها براساس شاخص AQI

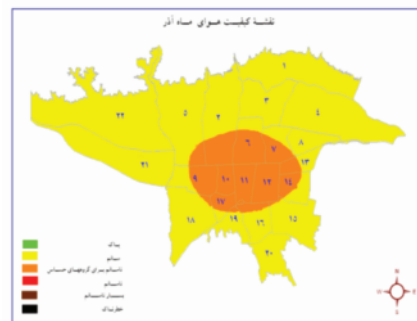
ماه	آلاینده	پاک	سالم	ناسالم برای گروه‌های حساس	ناسالم	بسیار ناسالم	خطرناک
فروردین	مونواکسید کربن	۱۳	۱۸	۰	۰	۰	۰
	ذرات معلق	۰	۲۹	۲	۰	۰	۰
اردیبهشت	مونواکسید کربن	۱۶	۱۴	۱	۰	۰	۰
	ذرات معلق	۰	۲۶	۵	۰	۰	۰
خرداد	مونواکسید کربن	۳	۱۵	۹	۴	۰	۰
	ذرات معلق	۰	۱۸	۱۰	۳	۰	۰
تیر	مونواکسید کربن	۰	۱۴	۱۴	۲	۱	۰
	ذرات معلق	۰	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	مونواکسید کربن	۰	۸	۱۰	۷	۵	۰
	ذرات معلق	۰	۱۱	۱۹	۰	۰	۰
دی	مونواکسید کربن	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

بیشترین روزهایی که کیفیت هوای حاصل از آلاینده CO و PM₁₀ 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 PM₁₀ در روز ۲۰ اسفند و نقشه ماهانه اسفند نشان داده می‌شود.

در جدول ۱۱ اعداد نوشته شده در داخل هر واحد، طبقه‌بندی کیفیت هوای حاصل از آلاینده مربوطه 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

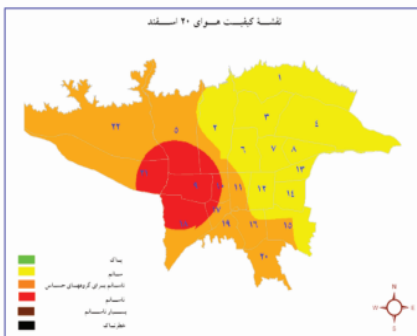


(ب)

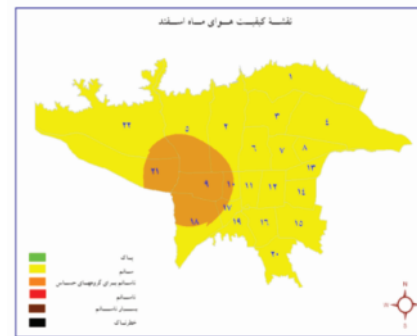


(الف)

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



(ب)



(الف)

شکل ۲. نقشه کیفیت هوای حاصل از آلاینده PM₁₀؛ (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. در واقع 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
	حمل و نقل	۰/۰۷۵	۰/۶۷۷	۰/۲۴۶	۰/۱۶۸
حجم ترافیک	ترافیک	۰/۵۶۹	۰/۰۰۱	۰/۴۶۳	۰/۰۰۷
	ارتفاع	-۰/۳۳۲	۰/۰۴۱	۰/۰۳۷	۰/۷۷۸
	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

علی اکبر متکان و همکاران

جدول ۱۳. آمار توصیفی مدل

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

جدول ۱۴. ضرایب رگرسیونی برای آلاینده مونواکسید کربن

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

جدول ۱۵. ضرایب رگرسیونی برای آلاینده ذرات معلق

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

۵- نتیجه گیری

با استفاده از نتایج به دست آمده از نقشه های کیفیت هوای روزانه و مدل LUR ، می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. به طور 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 می بایست توجه کرد که در ۴۵ روز از سال کیفیت هوای

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

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)

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

عامل مؤثر بر آلاینده منواکسید 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 منواکسید 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. 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 منواکسید کربن و ذرات معلق به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۶۲۳ است. این بدان معناست که با استفاده از این مدل رگرسیونی می‌توان ۰/۴۷ درصد از تغییرات آلاینده منواکسید کربن 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 آبی وابسته است. با توجه به اینکه در اکثر مقالات ارائه شده با این مدل مقدار R^2 حداکثر ۷۰ درصد است،

حاصل از آلاینده منواکسید 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 منواکسید کربن نسبت به آلاینده ذرات معلق رخ داده است. با توجه به زیان‌های فراوان منواکسید 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 منواکسید 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 منواکسید 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 جوئی است.

۶. با توجه به نقشه‌های درون‌یابی شده برای کل سال، مشاهده گردید که بیشترین مقدار آلاینده منواکسید 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 و ۱۶ و اطراف میدان آزادی است.

۷. با توجه به نتایج حاصل از مدل LUR، مهم‌ترین

فضای سبز کم بوده و به همین دلیل در سطح ۰/۰۵ معنادار نشده است.

۱۱. همان طور 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 روش های رگرسیونی، در متغیرهایی که با یکدیگر همپوشانی دارند، همواره متغیر غالب وارد مدل رگرسیونی می شود.

۱۲. در کلیه کارهایی که در گذشته انجام شده است، مدل LUR کمتر برای آلاینده CO و PM_{۱۰} مورد استفاده قرار گرفته است. در واقع این مدل بیشتر برای بررسی آلاینده هایی چون NO، NO_۲، SO و SO_۲ مورد استفاده قرار گرفته است. کاشیما و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از روش LUR به مدل سازی دو آلاینده NO_۲ و SPM در شهر شیزوکا در ژاپن پرداختند. آنها برای این کار از پارامترهای انواع راه ها، حجم ترافیک، کاربری اراضی و مؤلفه های فیزیکی به عنوان متغیرهای مستقل استفاده کردند. هر یک از این متغیرها در حریم های متفاوتی اندازه گیری شد و مقدار R^۲ نهایی مدل برای دو آلاینده NO_۲ و SPM به ترتیب ۰/۵۴ و ۰/۱۱ به دست آمد.

ویلر و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از روش LUR به مدل سازی آلاینده NO_۲، SO_۲، Benzene و Toluene در شهر انتاریوی کانادا پرداختند. مقدار R^۲ 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 می گردد که در روش LUR مقدار R^۲ مدل برای بیشتر آلاینده ها بین ۰/۲ تا ۰/۸ حاصل شده است. با توجه به اینکه مقدار R^۲ برای آلاینده CO و PM_{۱۰} به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۶۲ به دست آمد، می توان به مؤثر بودن این روش در بررسی تغییرات این دو آلاینده اشاره کرد.

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

۹. زیاد بودن مقدار β_1 مربوط به هر یک از آلاینده ها در جدول های ۱۴ و ۱۵ به معنای مهم تر 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 استاندارد شده استفاده کرد. در واقع β استاندارد شده مستقل از واحد اندازه گیری است. هر چه مقدار این آماره بیشتر باشد، نشان می دهد 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 می دهد.

جدول ۱۶. رتبه بندی 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 می شود که مهمترین عامل مؤثر بر آلاینده مونواکسید کربن حجم ترافیک است، در حالی که مهم ترین عامل مؤثر بر آلاینده ذرات معلق اماکن صنعتی اند.

۱۰. با توجه به جدول ۱۲ مشاهده می گردد که در برخی از کاربری ها مانند فضای سبز، تأثیر کاربری بر روی آلودگی در سطح ۰/۰۵ معنادار نمی شود. این بدان علت است که در بافرهای ۵۰۰ متری که در اطراف ایستگاه ها تعیین شده اند، میزان کاربری

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 منواکسید 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., Potoglou, D., Sahuvaroglu, T., Morrison, J., Giovis, C., 2005, **A Review and Evaluation of Intraurban Air**

- 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.