علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره شانزدهم، شماره یک، بهار ۹۳

تاثیر بوستان های شهری بر میزان انتشار ذرات معلق PM10 با استفاده از نرم افزار GIS

مجید عباس پور[۱]
امیرحسین جاوید[۲]
سحر سعیدی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۲۵ **تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۲۵**

چکیده

زمینه و هدف : توسعه فضای سبز در داخل و حاشیه شهرها و احداث بوستان های شهری بهترین راهکار جهت بهسازی محیط شهری به شمار می رود. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر فضای سبز بوستان لاله در کاهش میزان انتشار ذرات PM10 و مقایسه آن با محیط پیرامون می باشد. بوستان لاله با وسعت تقریبی ۳۵ هکتار و قدمت ۴۵ ساله در منطقه ۶ شهرداری تهران واقع شده و از پارک های مطرح درسطح منطقه می باشد.

روش بررسی : ابتدا ۱۶ ایستگاه جهت نمونه برداری میدانی در بوستان و محیط پیرامون آن تعیین و میزان ذرات معلق PM10 و برخی پارامترهای اقلیمی از جمله دما، رطوبت، سرعت و جهت باد، طی۱ سال هرماه در دو نوبت صبح و عصر، در آن ها مورد سنجش قرار گرفت. سپس نحوه انتشار مقادیر میانگین فصلی PM10 با استفاده از نرم افزار GIS بررسی گردید . در نهایت به منظور تعیین رابطه تغییرات غلظت آلاینده ها با افزایش فاصله، میدان مرکزی پارک به عنوان مبدا و میدان فاطمی به عنوان ایستگاه شاهد (آلوده ترین مکان) در فاصله ۳۰۰۰ متری از مبدا، در نظر گرفته شد و اندازه گیری هایی در سه ایستگاه به فواصل ۲۰۰، ۷۰۰ و ۱۱۰۰ متری از مبدا صورت گرفت و بهترین معادله حاکم بر روند تغییرات غلظت آلاینده ها نسبت به فاصله، توسط نرم افزار Table Curve تعیین و منحنی های آن توسط نرم افزار MATLAB رسم گردید.

۱- استاد، دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف.
۲- دانشیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی.
۳- کارشناس ارشد، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی*(مسئول مکاتبات).

یافته ها و نتایج : نتایج نشان داد که با فاصله از مبداء میزان PM10 در فصول مختلف روند افزایشی داشته (در بهار ۱۱٪، تابستان ۲۵/۶۶٪، پائیز ۴۲/۵٪ و در زمستان ۳۱/۰۶٪) و در نزدیکی ایستگاه فاطمی این روند ثابت می گردد. همچنین در ایستگاه های درون پارک غلظت آلاینده PM10 کمتر از ایستگاه های محیط اطراف می باشد .

واژه های کلیدی: فضاهای سبز شهری، آلودگی هوا، ذرات معلق PM10، نرم افزار GIS، نرم افزار MATLAB.

مقدمه

امروزه به دلیل گرفتاری های روزمره زندگی، امکان قرار گرفتن انسان شهر نشین در دامان طبیعت چندان مهیا نبوده و بشر با زندگی ماشینی مانوس تر می باشد. به همین دلیل به ناچار از فضای سبز شهری محدود و مصنوعی ساخته دست خویش استفاده می نماید. درختان علاوه بر زیبا کردن چشم انداز شهری، با حذف آلاینده های هوا از جمله SO_2، NOx، CO و ذرات معلق به بهبود کیفیت هوا کمک نموده و به این ترتیب موجب ایجاد تعادل در متابولیسم شهری از یک سو و بالابردن سطح زیبایی از سوی دیگر می گردند و به عنوان ریه های تنفسی شهرها به شمار می روند.

فضاهای سبز شهری که اغلب به صورت پارک احداث می‌شوند از دیدگاه شهرسازی به زیبایی محیط زیست شهری می‌افزایند. همچنین از نظر حفاظت محیط زیست، پیرامون خود را از بازدهی‌های اکولوژیک بهره‌مند می‌سازند و درصورت طراحی مناسب قادرند خدمات تفرجگاهی ـ اجتماعی ارایه کنند. براین اساس، این نوع پارک‌ها، چه در رابطه با جذب بازدید کننده و چه از حیث بازدهی اکولوژیکی- زیست محیطی، به صورت موضعی عمل می‌نمایند(۱).

غبار زدایی یکی از تاثیرات زیست محیطی مهمی است که فضاهای سبز شهری برعهده دارند. گیاهان سبز ذرات ریز غبار، قیر و روغن را جذب می‌کنند و در نتیجه از سرعت غبارهایی که به توده‌ای از فضای‌سبز برخورد می کنند کاسته می‌شود. غبارهای سنگین ته‌نشین می شوند و ذرات ریزتر، به سطح برگ گیاهان می‌چسبند. چمن ۳ تا ۶ برابر بیشتر از سطوح بدون پوشش گرد و غبار را جذب می کند. اما همین چمن ۱۰ برابر کمتر از درختی که همان سطح را دارد، گرد و غبار را جذب می‌نماید(۲).

Shyong و همکاران در مطالعه ای مدلسازی عددی تنظیم و کنترل اثرات فضای سبز شهری بر کیفیت هوا و میزان انتشارPM10 و O_3 را مورد بررسی قرار دادند. سیستم مدل سازی فوق از دو قسمت : مدل سطح پوشش گیاهی و مدل هواشناسی در مقیاس شهری تشکیل شده است. این سیستم به مطالعه هماهنگی بومی و کنترل اثرات فضای سبز شهری بر PM10 و O_3 در شهر Jinan در چین پرداخته است. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد پوشش جنگلی به طور بر جسته موجب کاهش غلظت PM10 و افزایش غلظت O_3 می شود و بوسیله افزایش پوشش جنگلی می توان میزان PM10 و O_3 را تنظیم و کنترل کرد(۳).

در مطالعه دیگری توسط Yanga و همکاران، با استفاده از مدل اثرات فضای سبز شهری ، تاثیر آن بر کیفیت هوای شهر پکن بررسی شده است. نتایج نشان می دهد از ۲۰۴ میلیون درخت موجود در بخش مرکزی پکن حدود ۲۹٪ از آن ها در حد شرایط بدی قرار دارند که به علت وجود ۱۲۶۱۰۴ تن از آلوده کننده‌های هوا این درختان از بین رفته اند. البته همین میزان درخت موجب کاهش ذرات معلق PM10 در بیشترین حد خود شده است(۴).

نتایج تحقیقات Wendy و همکاران در خصوص استفاده از زمین های تفریحی با پوشش درختی جهت رفع آلاینده های هوا نشان داد که میزان کاهش آلاینده های SO_2، NOx و ذرات معلق در حدود ۳۱۲/۰۳ میلی گرم بوده و

درختان نسبت به بوته ها و چمن در فراهم ساختن مدیریت سالم فضای سبز کارآیی بیشتری دارند(۵).

با توجه به اهمیت فضاهای سبز شهری و تاثیر آن ها بر میزان انتشار آلاینده های هوا در این پژوهش اثر بوستان های شهری و محیط پیرامون آن مورد بررسی قرار گرفته و هدف از آن تعیین تاثیر فضای سبز شهری بر میزان انتشار و جذب ذرات معلق(PM10) موجود در هوا می باشد. بوستان مورد مطالعه پارک لاله به مساحت ۳۵ هکتار واقع در منطقه ۶ شهرداری تهران می باشدکه از جنوب به بلوار کشاورز، از شرق به خیابان حجاب، از غرب به خیابان کارگر شمالی و از شمال به خیابان فاطمی منتهی می شود. گونه های گیاهی موجود در بوستان لاله بر اساس آخرین برآوردها عبارتند از: سرو شیراز، سدروس، ارغوان، بید مجنون، سرو نقره‌ای، ماگنولیا، کاتالپا، زبان گنجشک، فنیکس، افرا، نارون، سروتبری، عرعر، لاوسون، صنوبر، توت، بلوط، اکالیپتوس، زیتون و پالم(۶) .

مواد و روش ها

۱- روش های اندازه گیری آلاینده های هوا

در این مطالعه ضمن اندازه گیری میزان ذرات معلق PM10، همزمان پارامترهای جوی شامل درجه حرارت محیط، رطوبت، سرعت و جهت باد طی یک دوره یکساله اندازه گیری شد. این نمونه برداری ها در دو نوبت صبح و بعد از ظهر انجام و نهایتاً نتایج به صورت میانگین ماهیانه و فصلی مورد ارزیابی قرار گرفت .

در اندازه گیری و تحلیل پارامتر مورد نظر از دستگاه قرائت مستقیم سنجش ذرات معلق هوا به صورت وزنی (ساخت کمپانی TSI آمریکا) شکل ۱، با دقت ۰/۰۰۱ تا ۱۰۰ mg/m^3 و روش استاندارد متد ASTM D4536[1] و ASTM D4096[2] استفاده شده است(۷). ارزیابی های نهایی مقادیر نمونه برداری شده نیز با استاندارد های متوسط ۲۴ ساعته EPA 2009 معادل ۱۵۰ $\mu g/m^3$ مقایسه گردید(۸).

شکل ۱- نمای ظاهری دستگاه غبارسنج TSI

۲- مطالعه میدانی جهت اندازه گیری میزان ذرات معلق در هوا

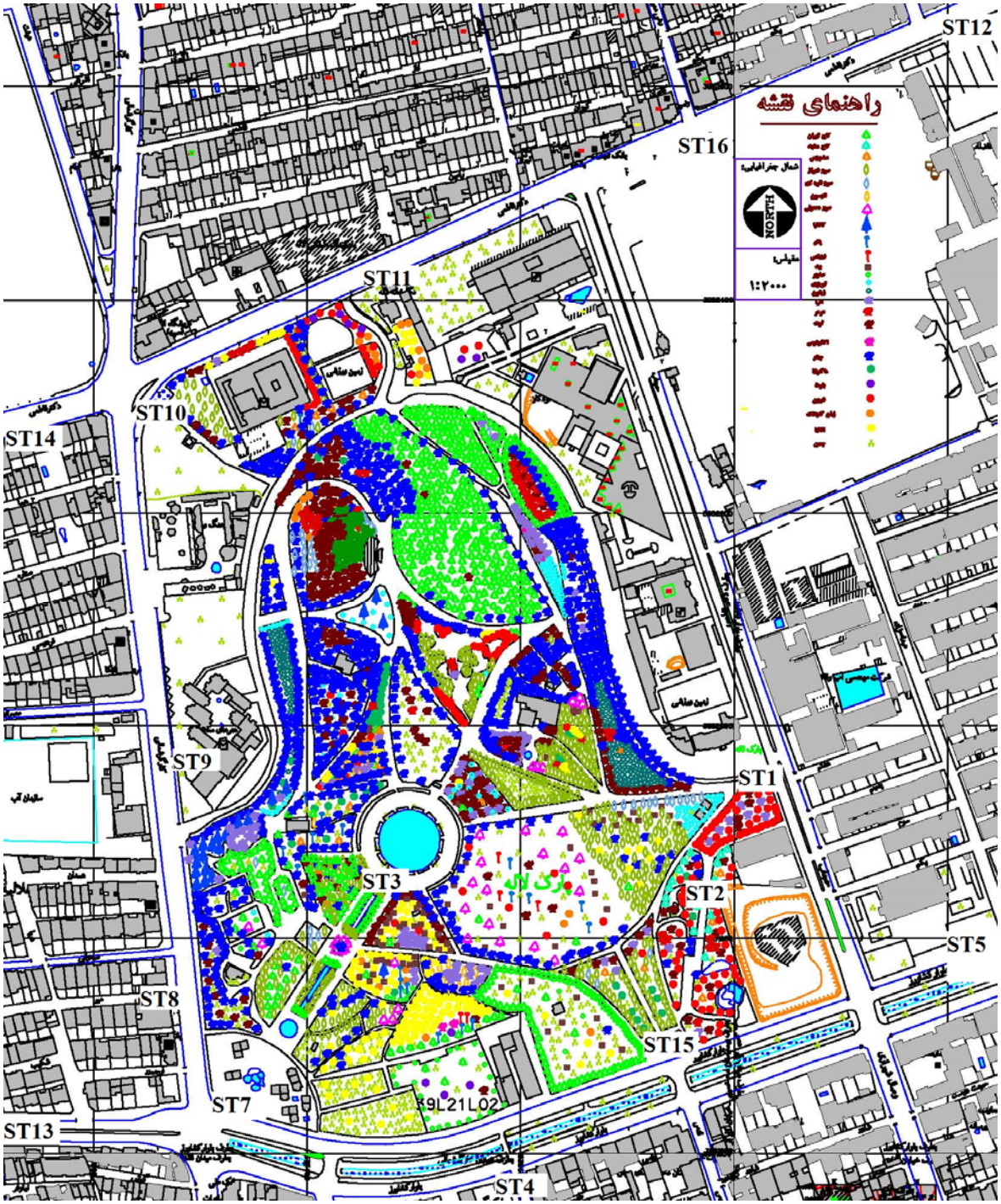
در این پژوهش ضمن بهره گیری از مطالعات انجام شده، نقشه های محدوده مورد مطالعه، نقشه پراکندگی گونه های گیاهی موجود به همراه لیست کاملی از آن ها و همچنین لیست منابع آلاینده هوا در محدوده تهیه گردید. همچنین به منظور مقایسه داده های حاصل از نمونه برداری های میدانی با داده های موجود درایستگاه های اندازه گیری آلاینده های هوا، مقادیر ذرات اندازه گیری شده در نزدیک ترین ایستگاه های ثابت و سیار متعلق به سازمان حفاظت محیط زیست و شرکت کنترل کیفیت هوا به محدوده مورد مطالعه در بازه زمانی انجام پژوهش جمع آوری و نمودارهای مربوط به آن رسم شد(۹). در خصوص موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی محدوده مورد نظر نیز اطلاعات خام مورد نیاز مربوط به نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی از سازمان هواشناسی کشور اخذ و گزارش اقلیم و هواشناسی برای منطقه تهیه گردید (۱۰).

انتخاب مکان یا ایستگاه های اندازه گیری از بخش های مهم جهت اندازه گیری آلاینده های هوا می باشد. برای تعیین ایستگاه های سنجش مطالعات میدانی متعددی صورت گرفت و در نهایت با در نظر گرفتن عواملی چون وسعت محل، اقلیم، باد غالب منطقه و توپوگرافی محل، ایستگاه ها

1-HIGH-VOLUME SAMPLING FOR SOLID PARTICULATE MATTER AND DETERMINATION OF PARTICULATE EMISSIONS

2- STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINATION OF TOTAL SUSPENDED PARTICULATE MATTER IN THE ATMOSPHERE (HIGH-VOLUME SAMPLER METHOD)

تعیین شدند. همچنین به منظور مقایسه میزان انتشار و پخش ذرات معلق توسط فضای سبز شهری علاوه بر ایستگاه های درون بوستان، ایستگاه هایی در پیرامون بوستان نیز در نظر گرفته شد. شکل۲ و جدول ۱ موقعیت مکانی ایستگاه های اندازه گیری را نشان می دهد.



شکل ۲- موقعیت ایستگاه های اندازه گیری

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های اندازه گیری

شماره ایستگاه	ایستگاه	طول جغرافیایی(شرقی)			عرض جغرافیایی (شمالی)		
		″	′	º	″	′	º
ST1	درب ورودی پارک خیابان حجاب	۴۵/۶۰	۲۳	۵۱	۳۹/۶۰	۴۲	۳۵
ST2	راهروهای داخل پارک قبل از میدان اصلی	۴۰/۸۱	۲۳	۵۱	۳۶/۵۷	۴۲	۳۵
ST3	میدان اصلی (آبنمای مرکزی)	۳۴/۵۰	۲۳	۵۱	۳۶/۸۳	۴۲	۳۵
ST4	بلوار کشاورز ـ ابتدای پورسینا	۳۶/۰۶	۲۳	۵۱	۲۷/۲۹	۴۲	۳۵
ST5	بلوار کشاورز ـ وزارت کشاورزی	۴۷/۹۷	۲۳	۵۱	۳۲/۵۴	۴۲	۳۵
ST6	بلوار کشاورز ـ نبش کوچه سعید	۰۵/۴۶	۲۴	۵۱	۳۷/۱۹	۴۲	۳۵
ST7	تقاطع بلوارکشاورز و خیابان کارگر شمالی	۲۴/۰۰	۲۳	۵۱	۲۹/۲۷	۴۲	۳۵
ST8	خیابان کارگر شمالی نبش کوچه میر	۲۳/۹۳	۲۳	۵۱	۳۲/۰۴	۴۲	۳۵
ST9	خیابان کارگر شمالی ـ موزه هنرهای معاصر	۲۳/۳۴	۲۳	۵۱	۴۱/۹۴	۴۲	۳۵
ST10	تقاطع خیابان کارگر شمالی و خیابان فاطمی	۲۱/۳۰	۲۳	۵۱	۵۰/۳۰	۴۲	۳۵
ST11	خیابان فاطمی ـ نگارخانه پارک لاله	۳۲/۹۳	۲۳	۵۱	۵۵/۱۹	۴۲	۳۵
ST12	خیابان فاطمی نبش خیابان هما	۰۴/۵۹	۲۴	۵۱	۰۵/۷۸	۴۳	۳۵
ST13	تقاطع بلوار کشاورز و خیابان جمالزاده	۰۸/۲۹	۲۳	۵۱	۲۹/۱۱	۴۲	۳۵
ST14	تقاطع خیابان فاطمی و خیابان جمالزاده	۰۱/۱۹	۲۳	۵۱	۴۶/۰۶	۴۲	۳۵
ST15	درب جنوب شرقی پارک لاله	۴۲/۴۹	۲۳	۵۱	۳۰/۵۸	۴۲	۳۵
ST16	خیابان فاطمی مجاور سازمان آب	۴۴/۵۰	۲۳	۵۱	۵۸/۸۰	۴۲	۳۵

نمونه برداری های میدانی در سطح محدوده مورد مطالعه از تابستان ۱۳۸۸ آغاز و تا اواخر بهار ۱۳۸۹ به طول انجامید. در این دوره اندازه گیری ها به صورت ماهیانه در دو نوبت صبح و عصر انجام گردید.

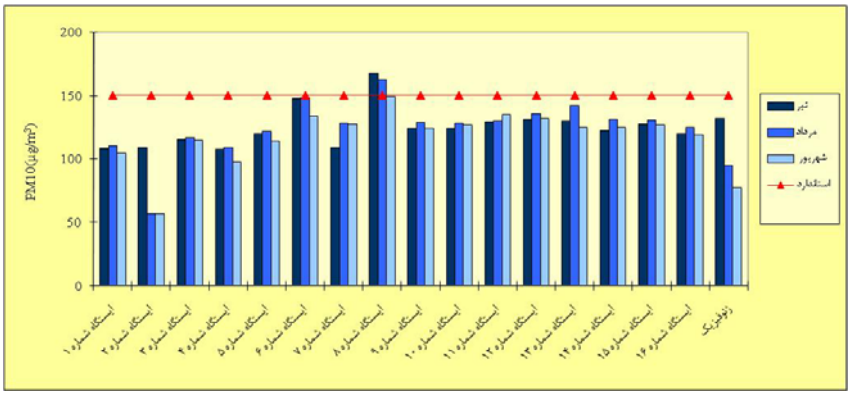
یافته ها

نتایج حاصل از اندازه گیری های میدانی طی یکسال در جدول ۲ ارایه شده است و همچنین در نمودارهای شکل ۲ مقادیر میانگین غلظت ذرات معلق حاصل از نمونه برداری های میدانی و مقادیر استخراج شده از ایستگاه سنجش آلودگی هوای ژئوفیزیک تهران در فصول مختلف ارایه شده است. همان گونه که در نمودارهای فوق ملاحظه می شود در اکثر ایستگاه ها میزان انتشار PM10 از حد استاندارد (۱۵۰ $\mu g/m^3$) کمتر می باشد.

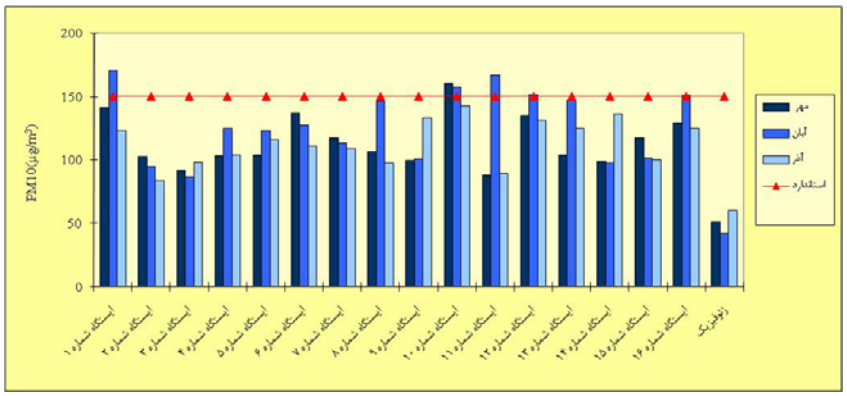
به منظور مقایسه مقادیر حاصل از نمونه برداری های میدانی با اطلاعات موجود در ایستگاه های کنترل کیفیت هوا، غلظت ذرات PM10 موجود در نزدیک ترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه یعنی ایستگاه ژئوفیزیک تهران واقع در خیابان کارگر شمالی طی یک سال در فصول مختلف از تابستان ۱۳۸۸ الی بهار ۱۳۸۹ نیز استخراج و مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت و با مقادیر استاندارد مقایسه گردید که نتایج در جدول ۲ و نمودارهای شکل ۳ ارایه شده است.

جدول ۲- مقایسه مقادیر میانگین غلظت ذرات معلق و پارامتر های اقلیمی اندازه گیری شده در محدوده مطالعاتی و ایستگاه ژئوفیزیک تهران

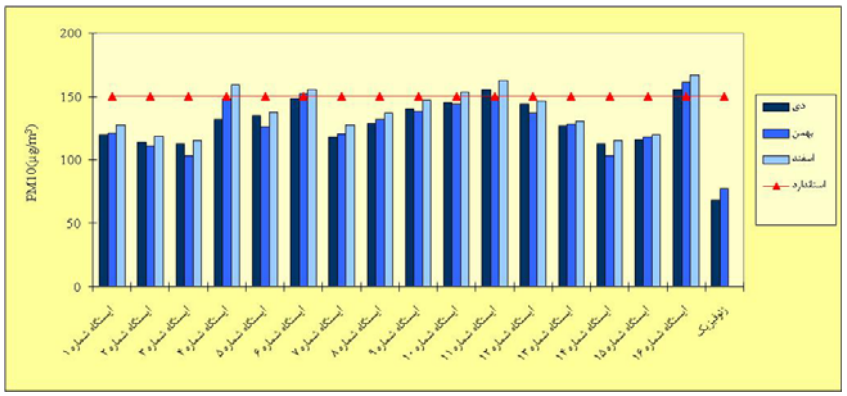
پارامتر / فصل / ایستگاه	PM10 ($\mu g/m^3$)				درجه حرارت (^oC) (متوسط سالانه)	سرعت باد (m/s) (متوسط سالانه)	رطوبت (متوسط سالانه) (٪)
	بهار۸۹	تابستان۸۸	پائیز۸۸	زمستان۸۸	سالیانه		
۱	۸۰/۳۳	۱۰۷/۶۷	۱۴۴/۸۳	۱۲۲	۱۱۳/۷۱	۱۹/۱۵	۰/۲۶۷	۳۵/۴۱
۲	۷۱/۱۷	۷۴/۱۳	۹۳/۶۷	۱۱۴/۵	۸۸/۳۷	۱۸/۱۹	۰/۲۱۵	۳۶/۹۱
۳	۷۱/۱۷	۱۱۵/۵	۹۲	۱۱۳	۹۷/۹۲	۱۸/۲۸	۰/۴۴	۳۴/۰۸
۴	۷۳	۱۰۴/۶۷	۱۱۰/۳۳	۱۴۶/۳۳	۱۰۱/۵۸	۲۱/۳۲	۰/۲۲	۳۳/۵
۵	۷۳/۶۷	۱۱۸/۵	۱۱۴/۳۳	۱۳۲/۸۳	۱۰۹/۸۳	۲۱/۲۷	۰/۱۱	۳۵/۱۶
۶	۷۱/۶۷	۱۴۳	۱۲۴/۸۳	۱۵۱/۶	۱۲۲/۷۸	۲۱/۳۱	۰/۲۴	۳۳/۱
۷	۸۳/۸۳	۱۲۱/۵	۱۱۳/۱۷	۱۲۲	۱۱۰/۱۳	۲۰/۳۹	۰/۱۲۶	۳۷/۱
۸	۸۰/۵	۱۵۹/۵	۱۱۶/۸۳	۱۳۲/۳۳	۱۲۲/۲۹	۲۱/۳۰	۰/۰۴۲	۳۲/۶
۹	۷۶/۵	۱۲۵/۵	۱۱۱	۱۴۱/۶۷	۱۱۳/۶۷	۲۰/۷	۰/۲۹	۳۲/۸۳
۱۰	۷۷/۵	۱۲۶/۱۷	۱۵۳/۳۳	۱۴۷/۵	۱۲۶/۱۳	۲۰/۹۲	۰/۱۰	۳۳/۷۵
۱۱	۷۷/۶۷	۱۳۱/۳۳	۱۱۴/۶۷	۱۵۵/۶۷	۱۱۹/۸۳	۱۹/۶۴	۰/۱۹	۳۳/۹
۱۲	۷۶/۱۶	۱۲۱	۱۳۹/۱۶	۱۴۹	۱۲۱/۳	۲۱/۶۳	۰/۱۲	۳۳/۰۸
۱۳	۷۷/۳۳	۱۳۲/۳۳	۱۲۵/۱۷	۱۲۸/۳۳	۱۱۵/۷۹	۲۱/۶۶	۰/۰۷۹	۳۱/۶۶
۱۴	۷۸/۵	۱۲۶	۱۱۱	۱۳۱	۱۱۱/۶۳	۲۱/۷۴	۰/۰۸۷	۳۰/۸
۱۵	۷۵/۶۷	۱۲۸/۱۷	۱۰۶/۱۷	۱۱۸	۱۰۷	۱۸/۶۲	۰/۲۴۵	۳۴/۱۶
۱۶	۷۴/۳۳	۱۳۲/۸۳	۱۳۵	۱۴۲/۵	۱۲۱/۱۷	۲۰/۸۸	۰/۱۶۲	۳۴/۰۸
ژئوفیزیک	۹۲/۳۵	۱۰۱/۴۹	۵۱/۰۳	۸۴/۷۲	۸۲/۴۰	۱۶/۹	۲	۳۷



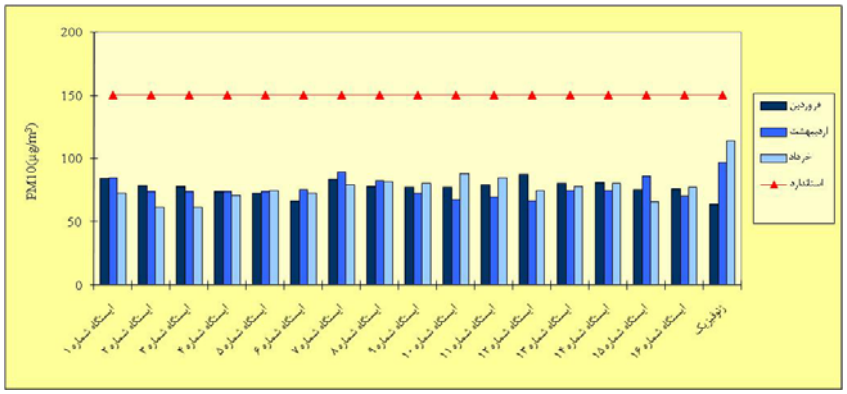
تابستان ۸۸



پائیز ۸۸



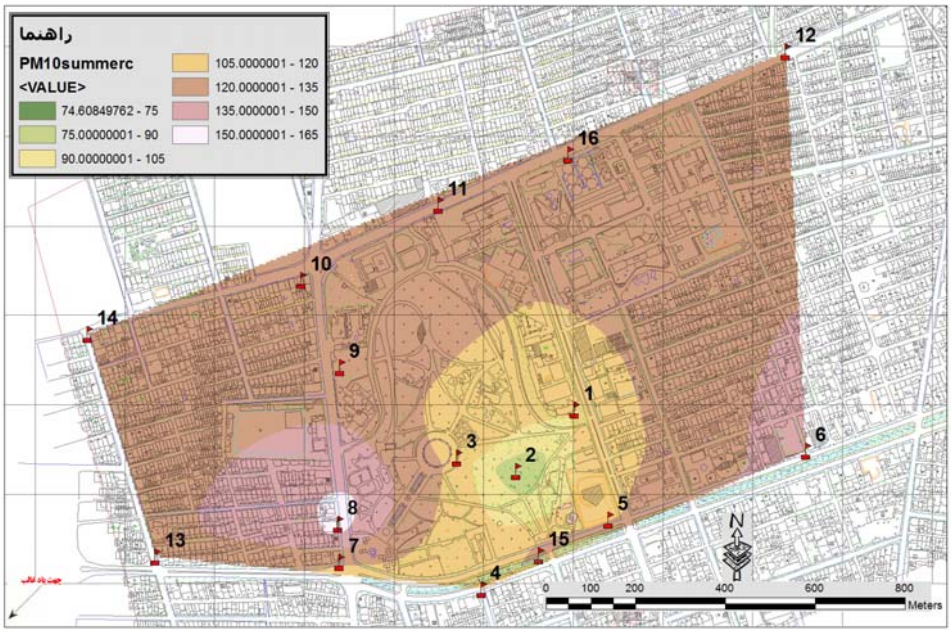
زمستان ۸۸



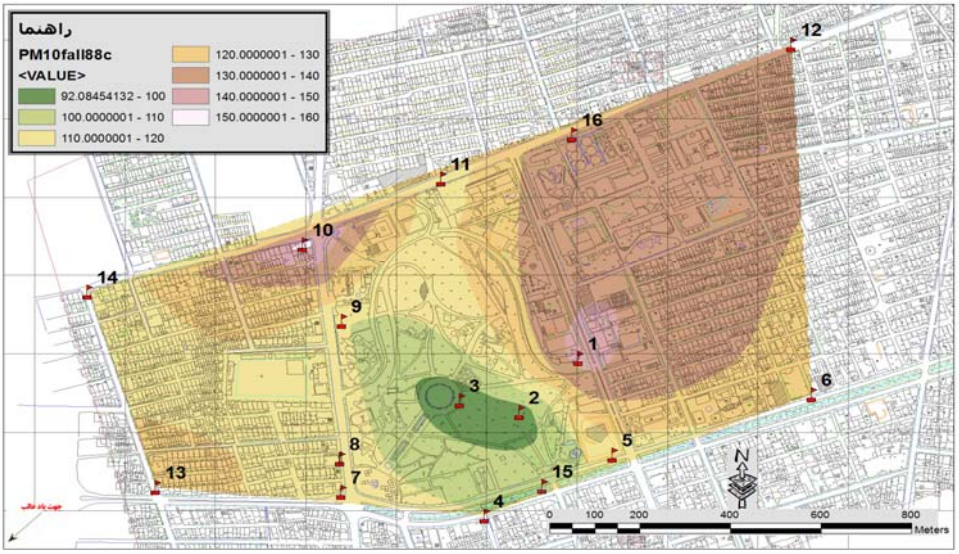
بهار ۸۹

شکل ۳- نمودارهای مقادیر میانگین غلظت ذرات معلق درفصول مختلف

نتایج حاصل از اندازه گیری های میدانی به نرم افزار GIS منتقل و نحوه انتشار ذرات و میزان غلظت آن ها در محیط تحلیل و در نقشه های شکل های ۴ و ۵ ارایه گردیده است. طیف رنگی تشریح شده در خروجی نقشه‌های GIS، نشانگر میزان پراکنش غلظت آلاینده در ایستگاه های اندازه گیری شده می باشد.

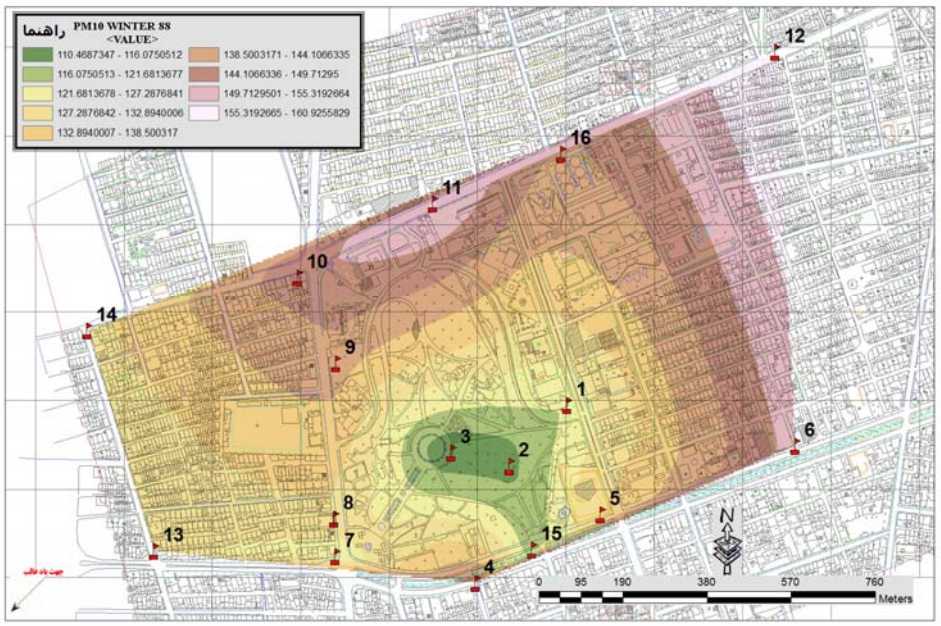


تابستان ۸۸

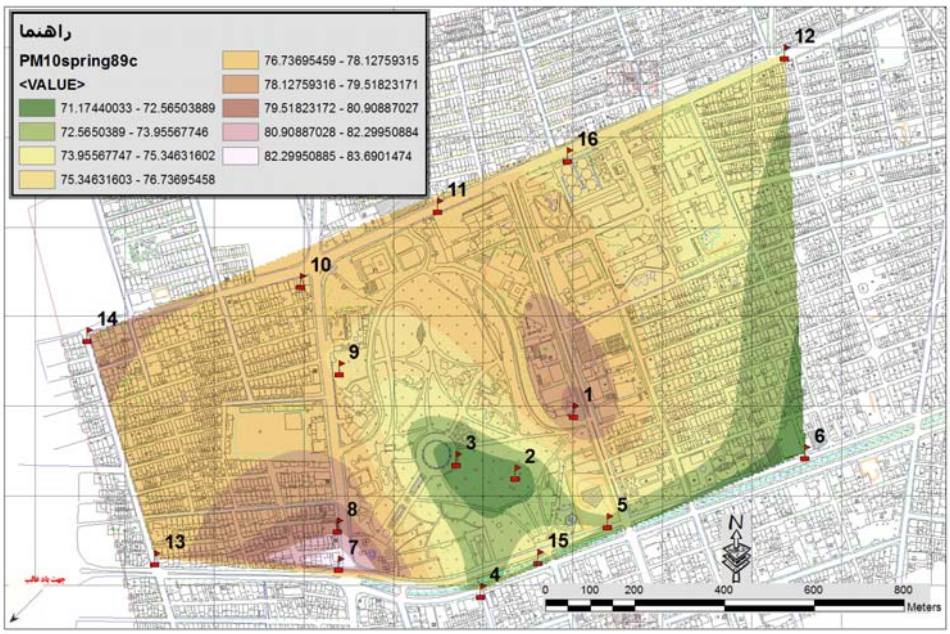


پائیز ۸۸

شکل۴- نحوه انتشار مقادیر میانگین غلظت ذرات معلق در تابستان و پاییز توسط نرم افزار GIS



زمستان ۸۸

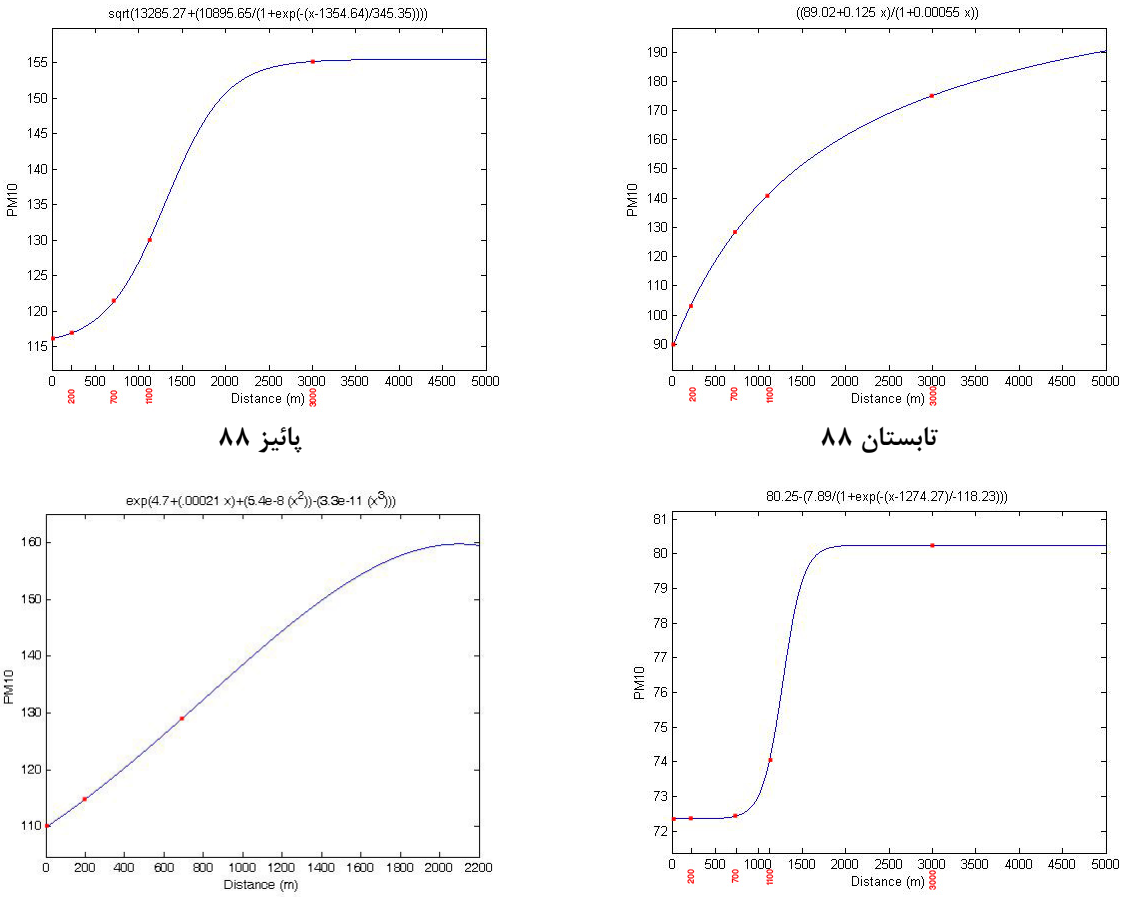


بهار ۸۹

شکل۵- نحوه انتشار مقادیر میانگین غلظت ذرات معلق در زمستان و بهار توسط نرم افزار GIS

۳- بررسی اثر فاصله از فضای سبز بر میزان انتشار و پخش ذرات معلق

به منظور بررسی نحوه تغییرات غلظت آلاینده ها با افزایش فاصله، ابتدا میدان مرکزی پارک به عنوان نقطه صفر(مبدا) و ایستگاه میدان فاطمی به عنوان ایستگاه شاهد (آلوده) در فاصله ۳۰۰۰ متری در نظر گرفته شد و سپس در خلاف جهت باد غالب (جهت باد غالب در منطقه مورد مطالعه جنوب غربی است) ، سه ایستگاه ۲، ۱۶ و ۱۲ به ترتیب در فواصل ۲۰۰، ۷۰۰ و ۱۱۰۰ متری از نقطه مبدا در نظر گرفته شدند و میانگین غلظت آلاینده ها به صورت فصلی در این ایستگاه ها محاسبه گردید. در نهایت بهترین معادله حاکم بر روند تغییرات غلظت آلاینده ها نسبت به فاصله، توسط نرم افزار Table Curve محاسبه شد و پس از آن معادلات به دست آمده به نرم افزار MATLAB منتقل و منحنی های تغییرات فوق الذکر رسم گردید. منحنی های فوق در شکل ۶ نمایش داده شده اند.



شکل ۶- معادله و منحنی تغییرات غلظت PM10 با فاصله در فصول مختلف

بحث و نتیجه گیری

همان گونه که در تصاویر نقشه های GIS در شکل ۴ مشاهده می شود، نحوه انتشار میانگین غلظت فصلیPM10 اندازه گیری شده در تابستان۸۸ در ایستگاه۸ (خارج از بوستان) بیشترین غلظت و در ایستگاه ۲ کمترین غلظت را دارا است.

نحوه انتشار غلظت PM10 اندازه گیری شده در پاییز ۸۸ نشان دهنده این است که در ایستگاه های ۲ و ۳ کمترین و در ۱۰ (خارج از بوستان) بیشترین مقدار میانگین غلظت وجود دارد. در زمستان ۸۸ در ایستگاه‌های۶، ۱۱و ۱۶ بیشترین غلظت و ایستگاه‌های ۲و۳ کمترین غلظت آلاینده را دارا هستند. نحوه انتشار غلظت PM10 اندازه گیری شده در بهار ۸۹ نشان داده شده که تقریباً در همه ایستگاه‌ها میانگین غلظت فصلی در حد مجاز استاندارد است. به طور کلی میزان آلاینده در میدان مرکزی بوستان از تمامی ایستگاه ها کمتر می باشد،که این می تواند به دلیل تراکم زیاد درختان و وجود آبنما و بوته های اطراف آن باشد.

همچنین همان گونه که در نمودارهای شکل ۶ مشاهده می شود با افزایش فاصله از مبداء و با کاهش تراکم فضای سبز نسبت به آن، بر میزان انتشار و پخش ذرات معلق افزوده می شود تا جایی که در فاصله ۳۰۰۰ متری از مبداء (در میدان فاطمی) به صورت ثابت درآمده و به شکل خط صاف ادامه می یابد.

با توجه به نتایج حاصل از مقادیر اندازه گیری شده میزان PM10 در فصول مختلف می توان نتیجه گرفت در ایستگاه های درون پارک غلظت آلاینده PM10 کمتر از ایستگاه های محیط اطراف می باشد . همچنین با افزایش فاصله از مبداء و با کاهش تراکم فضای سبز نسبت به آن، بر میزان انتشار و پخش ذرات معلق افزوده می شود. بنابراین با افزایش کاشت گیاهان واحداث بوستان ها می توان گام مثبتی در کاهش غلظت PM10 برداشت.

منابع

۱. هاشمی، سید مهدی، بوستان اردویی چند منظوره (توسعه شهری پایدار با رویکرد اسکان موقت)، سومین همایش ملی فضای سبز ومنظر شهری، ۱۳۸۶، صفحه۱۱، تهران

۲. حیدری، فرناز، نقش فضای سبز منطقه یک شهرداری تهران بر کیفیت محیط زیست منطقه، کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، ۱۳۸۴

3. Shyong, Du., Daiwen K., Xiaoen, L., Liren, C., 2007. Numerical study on adjusting and controlling effect of forest cover on PM10 and O3, Atmospheric Environment, Vol. 41, pp. 797–808.
4. Yang, J., McBridea, J., Zhou, J., Sun, Z., 2005. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction, Urban Forestry & Urban Greening, Vol. 3, pp. 65–78.
5. C.Y. Jim, Wendy, Y.C., 2007. Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (china), Journal of Environmental management, Vol. 88, pp. 665–676.
6. www.region6.tehran.ir, 1389
7. ASTM Standard Test Method, 2010. See information in: http://www. astm. org/ standards
8. United States Environmental Protection Agency, 2010. National Ambient Air Quality Standards, see information in: http://www.epa.gov/air/criteria.html

۹. شرکت کنترل کیفیت هوا، "گزارش‌های کیفیت هوای تهران"، ۸۹ ـ ۱۳۸۸.

۱۰. سازمان هواشناسی کشور، "سالنامه آماری هواشناسی"، ۱۹۹۱ -۲۰۰۷.