

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره یازده، بهمن ماه ۹۸

## مدل سازی و تحلیل مکانی زمانی پراکنش ذرات معلق در سطح شهر تهران بر پایه

### آنالیز های مکانی در محیط GIS

سمیرا ذاکری کیا<sup>۱</sup>

حسین آقامحمدی<sup>۲\*</sup>

[Hossein.ghamohammadi@gmail.com](mailto:Hossein.ghamohammadi@gmail.com)

سعید بهزادی<sup>۳</sup>

زهرا عزیزی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۸

#### چکیده

**زمینه و هدف:** در سال های اخیر آلاینده ذرات معلق، به ویژه ذرات معلق با قطر کم تر از  $2.5/5$  میکرون شاخص ترین آلاینده شهر تهران بوده است. یکی از مهم ترین اقدامات برای حل مشکل ذرات معلق دست یابی به اطلاعات مناسب راجع به پراکنش و انتشار این آلاینده ها در دوره های زمانی مختلف می باشد، در این مطالعه هدف، ارائه راهکاری مکان مند برای مدل سازی و تحلیل مکانی و زمانی پراکنش ذرات معلق بر پایه آنالیزهای GIS ای می باشد.

**روش بررسی:** در مرحله اول داده های دریافتی مربوط به آلاینده های  $PM 2.5$  و  $PM 10$  از شرکت کنترل کیفیت هوای تهران اخذ و جهت ورود به محیط GIS آماده سازی شد، و در ادامه با بررسی دقت روش های مختلف درون یابی، روش IDW به عنوان بهترین روش درون یابی برای تهیه نقشه میزان غلظت این آلاینده ها در سطح تهران انتخاب شد.

**یافته ها:** با توجه به داده های روزانه این آلاینده ها در سال های ۹۳ و ۹۴، نقشه های روزانه و میانگین ماهانه و سالانه غلظت آن ها تهیه گردید و با توجه به نتایج بدست آمده، تحلیل مکانی و زمانی پراکنش آلاینده های  $PM 2.5$  و  $PM 10$  در شهر تهران انجام شد. **بحث و نتیجه گیری:** با توجه به بررسی های انجام شده می توان گفت بیش ترین غلظت آلاینده  $PM 10$  در مناطق جنوب غربی و آلاینده  $PM 2.5$  در محدوده شهرری و قسمت هایی از بخش مرکزی شهر مشاهده می شود.

**واژه های کلیدی:** پراکنش، تحلیل مکانی،  $PM 10$ ،  $PM 2.5$ .

۱- کارشناس ارشد رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران.

۲- استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران \* (مسوول مکاتبات).

۳- استادیار گروه نقشه برداری، دانشکده عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

# **Modeling and Spatio -Temporal Analysis of the Distribution of Particulate Matter in Tehran City Based on Spatial Analysis in GIS Enviroment**

**Samira Zakeri KIA<sup>1</sup>**

**Hossein Aghamohammadi<sup>2\*</sup>**

[Hossein.ghamohammadi@gmail.com](mailto:Hossein.ghamohammadi@gmail.com)

**Saeid Behzadi<sup>3</sup>**

**Zahra Azizi<sup>2</sup>**

Admission Date:October 18, 2017

Date Received: August 30, 2017

## **Abstract**

**Introduction and objective:** Recently, pollutant particles, in particular suspended particles with a diameter of less than 2.5 microns, have been the most common pollutant in Tehran. One of the most important processes to solve the problem of suspended particles is to obtain appropriate information on the distribution of these pollutants at different time periods. The goal of this study is to propose a spatial approach for modeling and analyzing the spatial and temporal distribution of suspended particles based on GIS analyzes.

**Materials and Methods:** At first step, PM 2.5 and PM 10 pollutants was collected from Tehran Air Quality Control Company. Then, the accuracy of different interpolation methods was evaluated. Finally, the IDW method was selected as the best interpolation method for plotting the concentration of these pollutants in Tehran

**Result:** Daily, Monthly average and annual average concentrations map were prepared according to the daily data of these pollutants in the years 93 and 94. As a result, spatial and temporal analysis of distribution of PM 2.5 and PM 10 contaminants in Tehran was made

**Discussion and conculation:** According to the performed study, it can be said that the highest concentration of PM10 pollutants is found in the southwest of the city and the highest concentration of PM 2.5 pollutants is found in Shahr-e-Ray and central part of the city.

**Keywords:** Distribution, Spatial Analysis, PM10, PM 2.5

---

1- M.Sc, Remote Sensing and Geographic Information System, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research, Tehran.

2- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Enviroment, Islamic Azad University, Science and Research, Tehran \*(Corresponding Authours).

3- Assistant Professor, Faculty of Civil, Shahid Rajae Teacher Training University, Tehran.

## مقدمه

پیشرفت های صنعتی و مکانیزه شدن زندگی افراد بشر در جوامع مختلف هیچگاه بدون عارضه نبوده است ، یکی از مهم ترین خطراتی که به موازات پیشرفت های بشر در قرن اخیر، شرایط زیستی وی را نیز به مخاطره افکنده است، آلودگی های محیطی می باشد. در این میان، آلودگی هوا بیش از پیش مدنظر محققین قرار گرفته است زیرا روند رو به افزایش آلودگی هوا در شهرهای بزرگ، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، به طور جدی سلامتی ساکنین این شهرها را تهدید می کند. کلان شهر تهران و مجموعه شهر ی آن امروزه با مشکلات محیط زیستی متعددی مواجه است که آلودگی هوا از مهم ترین معضلات آن محسوب می شود و می توان گفت که آلودگی هوا، یکی از مهم ترین چالش های امروز شهر تهران در حوزه مدیریت شهری می باشد. بر اساس گزارش شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، در سال های اخیر آلاینده ذرات معلق، به ویژه ذرات معلق با قطر کم تر از  $2.5$  میکرون شاخص ترین آلاینده شهر تهران بوده است (۱).

ذرات معلق در غلظت های زیاد برای انسان ها، به ویژه افرادی که سابقه بیماری تنفسی دارند، خطر آفرینند . بیماری هایی مانند عفونت بخش های فوقانی دستگاه تنفس، پنومونیا، التهاب ریوی، تاثیرات سرطانی، برونشیت، تنگی تنفس، اختلالات قلبی، تاثیرات سوء بر قفسه صدری و تاثیر بر مکانیسم های دفاعی و تصفیه ای از عمده ترین عوارض ذرات معلق بر روی انسان هستند(۲). این موضوع سبب شده است تا محققان زیادی، مطالعات مختلفی راجع به پراکنش آلاینده ذرات معلق  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  انجام بدهند. کشاورزی شیرازی و یدقار در سال ۱۳۸۵، در کار پژوهشی خود با عنوان «مدل سازی و تحلیل پراکنش آلاینده های منتشره از منابع متحرک آلودگی هوا براساس GIS در شهر تهران» انتشار آلاینده های منواکسیدکربن و ذرات معلق را که مربوط به منابع متحرک می باشند، مدل سازی نموده اند(۳). بهاری و همکارانش هم در سال ۱۳۹۴، مدل سازی مکانی غلظت آلاینده  $PM_{2.5}$  با بهره گیری از مدل رگرسیون وزن دار جغرافیایی از خانواده مدل های

آماری محلی انجام دادند. برای این مدل سازی از ۱۸ ایستگاه سنجش کیفیت هوای شهر تهران استفاده شد و پارامترهای غلظت آلاینده  $PM_{2.5}$ ، کاربری های ۹ گانه، جمعیت، پارامترهای هواشناسی، فاصله از معابر اصلی و آزادراه ها و ارتفاع به عنوان پارامترهای مؤثر در نظر گرفته شده اند(۴). Tasdemir و همکارانش، در تحقیقی به بررسی و پایش آلاینده های اصلی هوا در شهر بورسا<sup>۱</sup> ترکیه در سال ۲۰۰۵، پرداخته اند. در این پژوهش میزان آلاینده های اصلی نظیر  $CO$ ،  $NO_x$ ،  $NO$ ،  $NO_2$ ،  $SO_2$  و  $PM$  در فاصله زمانی بین ماه می ۲۰۰۱ تا ماه آپریل ۲۰۰۳ در شهر بورسا اندازه گیری شد و یک مقدار متوسط برای هر کدام از آلاینده ها محاسبه گردید (۵). Nuvolone و همکارانش هم به آنالیز مکانی تاثیرات آلودگی هوای ناشی از ترافیک بر سلامت تنفسی افراد پرداخته اند، براساس نتایج این پژوهش مشخص شده است که قرار گرفتن افراد در نزدیکی جاده و در معرض غلظت بالای آلاینده ها سبب افزایش میزان شیوع برونشیت و آسم می شود. همچنین نتایج این مطالعه نشان می دهد که قرار گرفتن طولانی مدت در معرض آلودگی هوا باعث افزایش خطر ابتلا به بیماری های مزمن تنفسی می شود(۶). Lindstrom و همکارانش در سال ۲۰۱۳، از یک مدل مکانی- زمانی با کمک GIS، به منظور مدل سازی آلودگی هوا استفاده نموده اند، هدف از این تحقیق این بوده است که اثرات آلودگی هوا و ارتباط آن با بیماری های مزمن ناشی از آن و همچنین بیماری های قلبی و عروقی را در یک بازه زمانی ۱۰ ساله در لس آنجلس آمریکا مورد ارزیابی قرار داده و مدل سازی نماید (۷). Adams و همکارانش ه م در سال ۲۰۱۶، در مطالعه ای از مدل شبکه عصبی برای پایش آلودگی هوای ایستگاه ها و رگسترهون عین کاربری ها و AQI حاصل از دو آلاینده  $PM_{2.5}$  و  $NO_2$  شهر هم پلتون کانادا استفاده کردند (۸). Liu و همکارانش هم در مقاله ای در سال ۲۰۱۷، با توجه به داده های چند سال اخیر تغیی رات مکانی زمانی  $PM_{2.5}$  در سطح شهر پکن را بررسی کرده اند، نتایج بدست

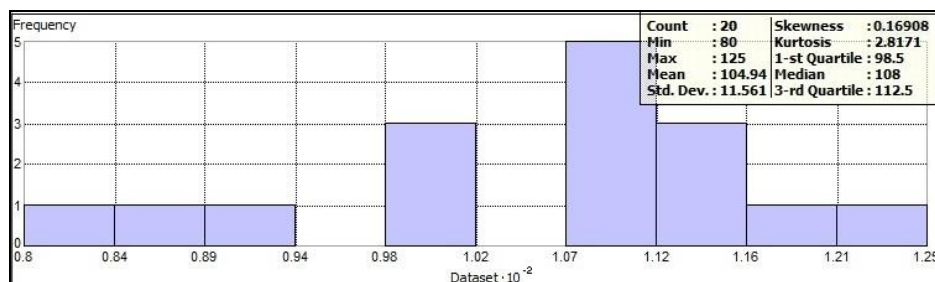
باشیم و در نتیجه برای کاهش و کنترل ذرات معلق برنامه های بهتری را ارایه داد.

#### روش بررسی

در این مطالعه برای تحلیل و مدل سازی ذرات معلق در شهر تهران، از اطلاعات روزانه سال ۹۳ و ۹۴ ایستگاه های سنجش کیفیت هوای تهران استفاده شده است. این اطلاعات از سایت کنترل کیفیت هوا به شکل فایل Excel دریافت شد، این اطلاعات آماری با استفاده موقعیت ایستگاه ها به شکل مکان مند و به فرمت Shape File در محیط ArcGIS تبدیل شدند. برای بررسی نرمال بودن داده ها هم از ابزار Geostatistical Analyst در نرم افزار ArcGIS و هم آزمون کلموگروف-اسمیرنوف در نرم افزار SPSS استفاده شد. نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نشان داد داده ها در سطح معنا دار ۹۵ درصد به شکل نرمال هستند و همچنین با توجه به شکل ۱، که در آن هیستوگرام و آماره هایی مانند چولگی در آن نشان داده شده است و می توان گفت داده ها برای استفاده در درون یابی مناسب می باشند. در شکل ۲، هم موقعیت و توزیع مکانی ایستگاه های سنجش آلاینده نشان داده شده است.

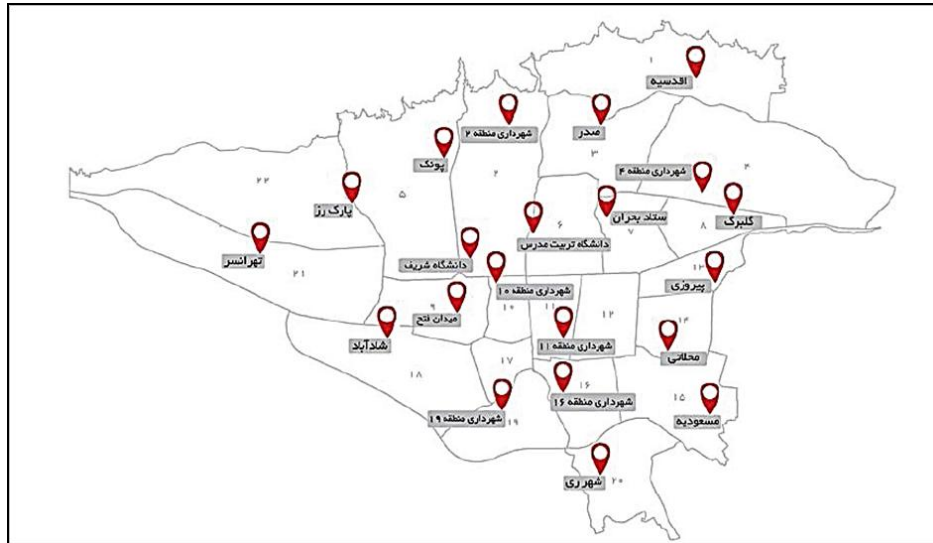
آمده نشان می دهد که غلظت در قسمت جنوب شهر بیش تر از بخش های شمالی است و میزان غلظت در فصل های زمستان و بهار از فصول دیگر بالاتر است (۹).

برای کاهش میزان آلاینده ذرات معلق هم در شهر تهران و در نتیجه کاهش اثرات بد آن بر روی مردم شهر بهتر است برنامه های مناسب مدیریتی ارایه گردد. برای برنامه ریزی و مدیریت درست در زمینه کاهش آلاینده ها قطعا نیاز به اطلاعات مناسب راجع به میزان آلاینده ها و نحوه پراکنش مکانی آن ها می باشد. امروزه از متدهای مربوط به GIS، در بخش های مختلف مربوط به مطالعات اثرات آلودگی نظیر، ایجاد پایگاه های داده به منظور ذخیره سازی اطلاعات مکانی آلاینده ها، تعیین موقعیت افراد مورد نظر، مدل سازی آلاینده های هوا، برآورد سطوح اثرات آلودگی بر روی افراد و تعیین الگوهای مربوطه استفاده می شود (۱۰)، لذا در این مقاله هدف ارایه راهکاری با استفاده از آنالیزهای مکانی و زمین آمار، برای مدل سازی و تحلیل مکانی و زمانی پراکنش ذرات معلق PM<sub>2.5</sub> و PM<sub>10</sub> در سطح تهران در سال های ۹۳ و ۹۴ می باشد، تا با استفاده از نتایج بدست آمده از این مطالعه بتوان دید بهتری نسبت تغییرات مکانی و زمانی میزان غلظت آلاینده در سطح شهر تهران داشته



شکل ۱- هیستوگرام داده مورد استفاده در درون یابی

Figure 1. Histogram of data used in interpolation



شکل ۲- موقعیت ایستگاه های سنجش آلودگی شهر تهران (متعلق به شرکت کنترل کیفیت هوا)

Figure2. Location of Pollution measurement stations in Tehran (Owned by Air Quality Control Company)

شده و به منظور دست یابی به بهترین دقت در این مدل، مدل های مختلف سمی واریوگرام بر روی داده ها تست شد. میزان RMSE هر سه روش درون یابی را هم می توانید در جداول ۱ و ۲ مشاهده کنید، که کم ترین میزان خطا مربوط به روش IDW و بیش ترین خطا مربوط به روش کریجینگ می باشد، یکی از علت های اصلی این مساله می تواند به تعداد و موقعیت مکانی این ایستگاه ها مربوط باشد که به شکل کافی و همگن در قسمت های مختلف شهر پخش نشده اند. پس با توجه بررسی های انجام شده در این مطالعه، می توان گفت روش IDW، با دقت بهتری می تواند برای تهیه نقشه پیوسته آلاینده های PM 10 و PM 2.5 با توجه به داده های ایستگاه های موجود در شهر تهران استفاده گردد. شدند که نتایج آن در جدول (۵) آورده شده است.

جدول ۱- میزان خطای RMSE روش های مختلف درون

یابی برای آلاینده PM 2.5

Table1. Rmse values for different methods in PM 2.5 pollutant interpolation

روش درون یابی	میزان RMSE
IDW	3.0244
SPLINE	4.2371
ORDINARY KRIGING	5.8947

بعد از آماده سازی داده ها در محیط GIS، در مرحله دوم این مطالعه لازم بود که بهترین روش درون یابی برای تهیه نقشه پیوسته میزان غلظت آلاینده های PM 2.5 و PM 10، انتخاب گردد، لذا در میان روش های مختلف درون یابی، سه روش IDW، Spline و کریجینگ که متداول تر از سایر روش ها می باشند جهت درون یابی اطلاعات غلظت آلاینده های PM 2.5 و PM 10، انتخاب شدند.

جهت انجام درون یابی از ابزار Geostatistical Analyst در نرم افزار ArcGIS استفاده شد و هر کدام از روش های IDW، Spline و کریجینگ بر روی داده های غلظت آلاینده ها در روز ۷ دی ماه ۹۳ اعمال شد و میزان خطای RMSE آن ها مشخص گردید. از آنجایی که این روز جز یکی از آلوده ترین روزهای شهر تهران در سال ۹۳ بود و همچنین تعداد زیادی از ایستگاه ها برای این تاریخ میزان ذرات معلق را ثبت کرده بود و اطلاعات آن ها موجود بود، داده های این تاریخ برای انتخاب روش مناسب درون یابی استفاده شد، مورد دیگر هم در روش های درون یابی این است که در روش Spline از توابع RBF جهت درون یابی استفاده شده است که جزء توابع اصلی Spline محسوب می شوند. همچنین در میان متدهای مختلف کریجینگ، متد کریجینگ معمولی جهت درون یابی انتخاب

این آلاینده ها برای تمامی روزای سال ۹۳ و ۹۴ ایجاد شد و در ادامه از ترکیب این نقشه های درون یابی روزانه و میانگین گیری از آن ها نقشه میانگین ماه های مختلف ۹۳ و ۹۴ و نقشه سالیانه آن ها تهیه شد. با توجه به تحلیل خروجی های بدست آمده، راجع آلاینده PM 10، می توان گفت کم ترین و بیش ترین میانگین ماهانه در سال ۹۳ به ترتیب متعلق به ماه های فروردین و مرداد، و برای سال ۹۴ کم ترین میانگین غلظت ماهانه مربوط به فروردین ماه و بیش ترین متعلق به ماه تیر می باشد، که در شکل های ۳ و ۴ می توانید نقشه های میانگین غلظت ماه های که بیش ترین مقدار این آلاینده متعلق به آن ها می باشد را مشاهده کنید.

میانگین غلظت آلاینده PM 10، در سال ۹۴ افزایش نسبی کوچکی در حد ۹ درصد نسبت به سال ۹۳ در شهر تهران مواجه شده است، و از نظر مکانی می توان گفت رفتار مشابه ای تقریبا در این دو سال شاهد بودیم. همان طوری که در شکل های ۵ و ۶، نقشه های میانگین غلظت انباشت آلاینده PM 10 برای سال های ۹۳ و ۹۴ نشان داده شده است، بیش ترین مقادیر این آلاینده مربوط به قسمت جنوب غربی تهران می شود و کم ترین مربوط به قسمت هایی در مناطق شمالی تهران می باشد. دلیل آن می تواند به جهت غالب باد در تهران که بیش تر غربی می باشد و نزدیکی معادن شن و ماسه به قسمت جنوب غرب تهران ارتباط داد.

## جدول ۲-میزان خطای RMSE روش های مختلف

### درون یابی برای آلاینده PM10

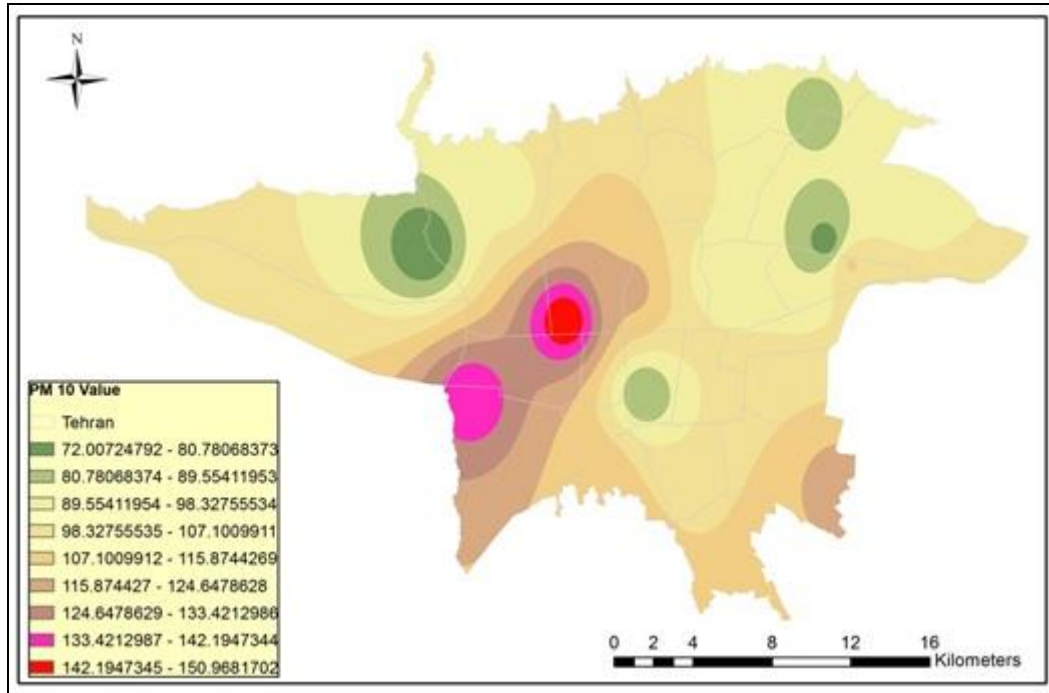
Table2. Rmse values for different methods in PM 10 pollutant interpolation

روش درون یابی	میزان RMSE
IDW	10.4378
SPLINE	10.8614
ORDINARY KRIGING	14.8196

برای این که بتوانیم تحلیل مکان مند از تغییرات میزان آلاینده های PM 2.5 و PM 10 در سطح تهران در طی سال ۹۳ و ۹۴ هم به شکل روزانه، ماهانه و سالیانه داشته باشیم، در این مطالعه، داده های روزانه این آلاینده ها در ایستگاه های مختلف موجود در سطح شهر در سال ۹۳ و ۹۴ به فرمت Shape file تبدیل شدند، و با استفاده از روش درون یابی IDW نقشه پیوسته این آلاینده ها برای تمامی روزای سال ۹۳ و ۹۴ ایجاد شد و در ادامه از ترکیب این نقشه های درون یابی روزانه و میانگین گیری از آن ها نقشه میانگین ماه های مختلف ۹۳ و ۹۴ و نقشه سالیانه آن ها تهیه شد. در ادامه تحقیق هم میانگین، بیشینه و کمینه میزان آلاینده ها با استفاده از آنالیزهای ZONAL در محیط ARCGIS به تفکیک مناطق مختلف تهران هم محاسبه گردید.

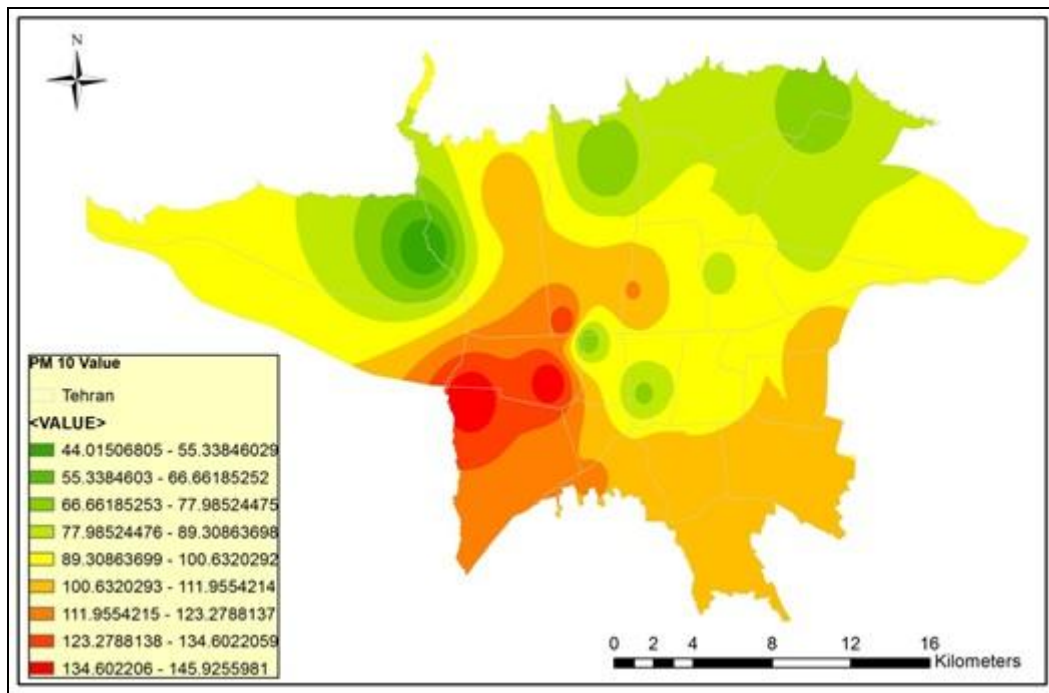
### یافته ها

همان طوری که در قسمت بالا گفته شد، برای تجلیل مکانی- زمانی میزان غلظت آلاینده های PM 2.5 و PM 10 در سطح تهران، با استفاده از روش درون یابی IDW نقشه پیوسته



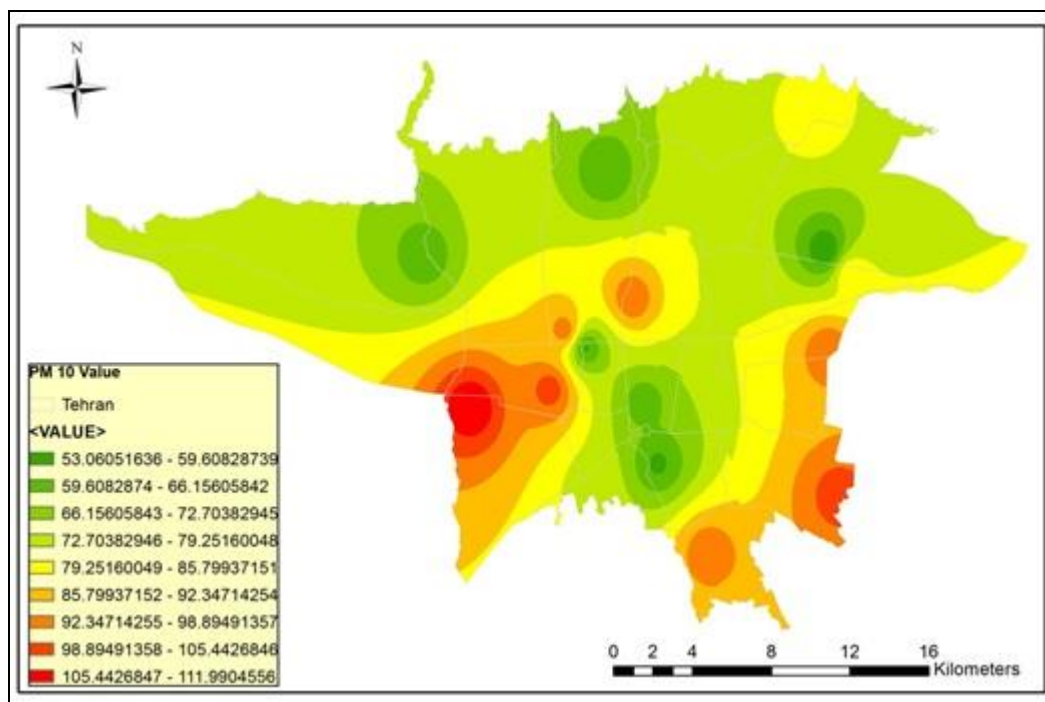
شکل ۳- نقشه میانگین آلاینده PM 10 در مرداد ماه ۱۳۹۳

Figure 3. The averaged PM 10 concentration in August 2014



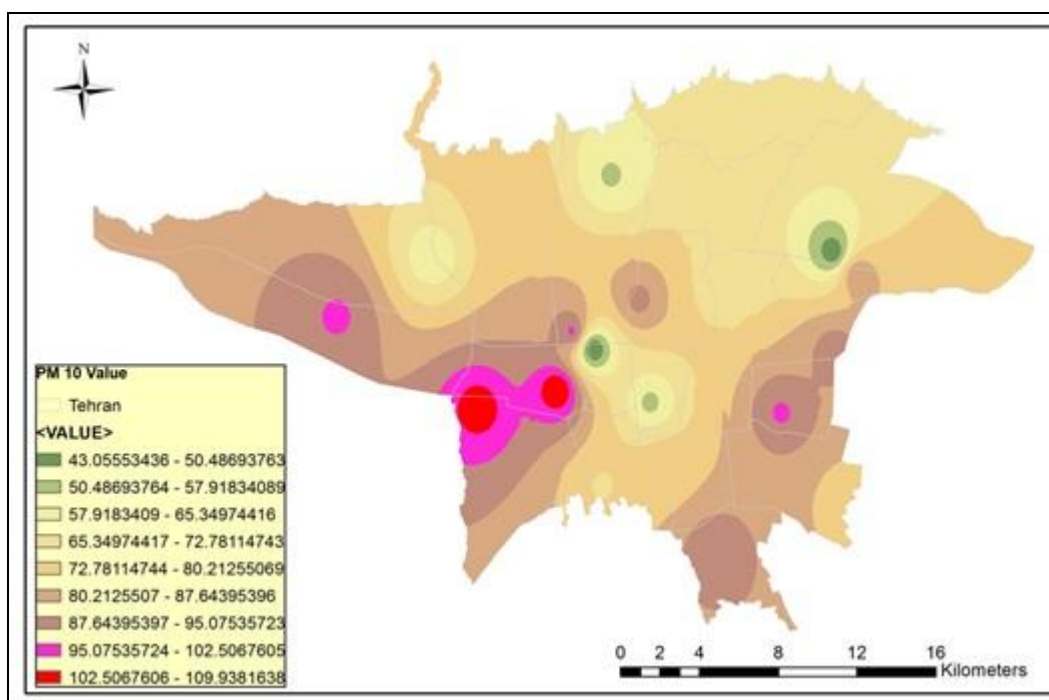
شکل ۴- نقشه میانگین آلاینده PM 10 در تیر ماه ۱۳۹۴

Figure 4. The averaged PM 10 concentration in July 2015



شکل ۵- نقشه میانگین آلاینده PM 10 در سال ۱۳۹۳

Figure 5. The averaged PM 10 concentration in 2014



شکل ۶- نقشه میانگین آلاینده PM 10 در سال ۱۳۹۴

Figure 6. The averaged PM 10 concentration in 2015

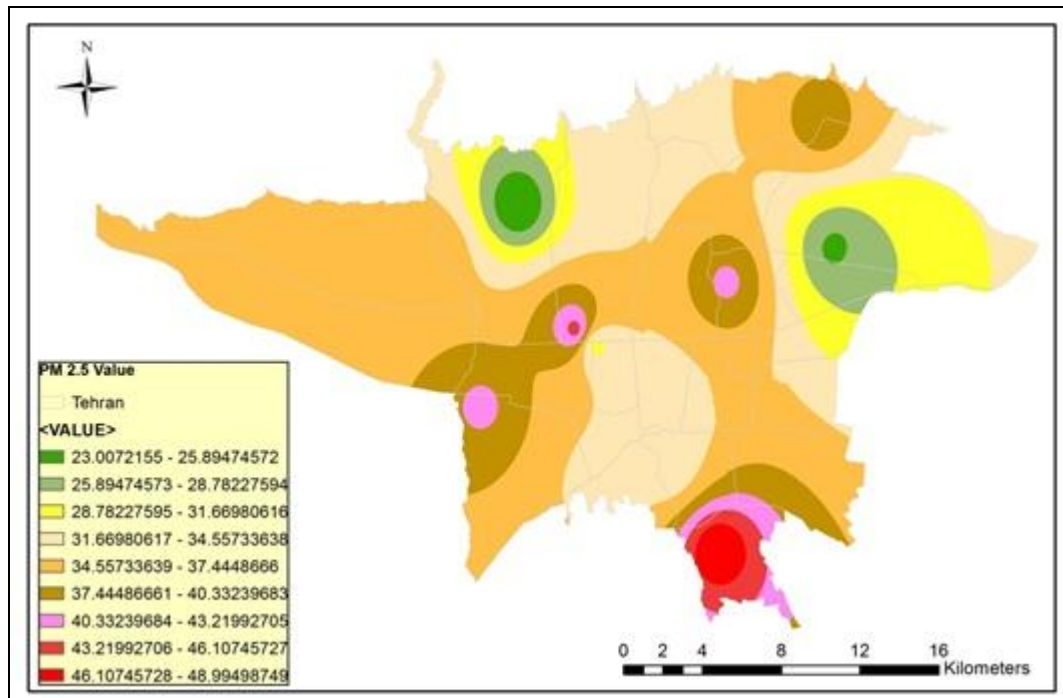


میانگین غلظت ماه های که بیش ترین مقدار این آلاینده متعلق به آن ها می باشد را مشاهده کنید.

میانگین غلظت آلاینده PM 2.5، در سال ۹۴، کاهش نسبی کوچکی در حد ۱۰ درصد نسبت به سال ۹۳ در شهر تهران مواجه شده است، و از نظر مکانی می توان گفت رفتار مشابه ای تقریباً در این دو سال شاهد بودیم. همان طوری که در شکل های ۹ و ۱۰، نقشه های میانگین غلظت انباشت آلاینده PM 10 برای سال های ۹۳ و ۹۴ نشان داده شده است، بیش ترین مقادیر این آلاینده مربوط به قسمت جنوب مخصوصاً در شهر ری و بخشی از قسمت های مرکزی مابین میدان انقلاب و آزادی تهران می باشد و کم ترین مربوط به قسمت های شمالی و شرقی تهران می باشد.

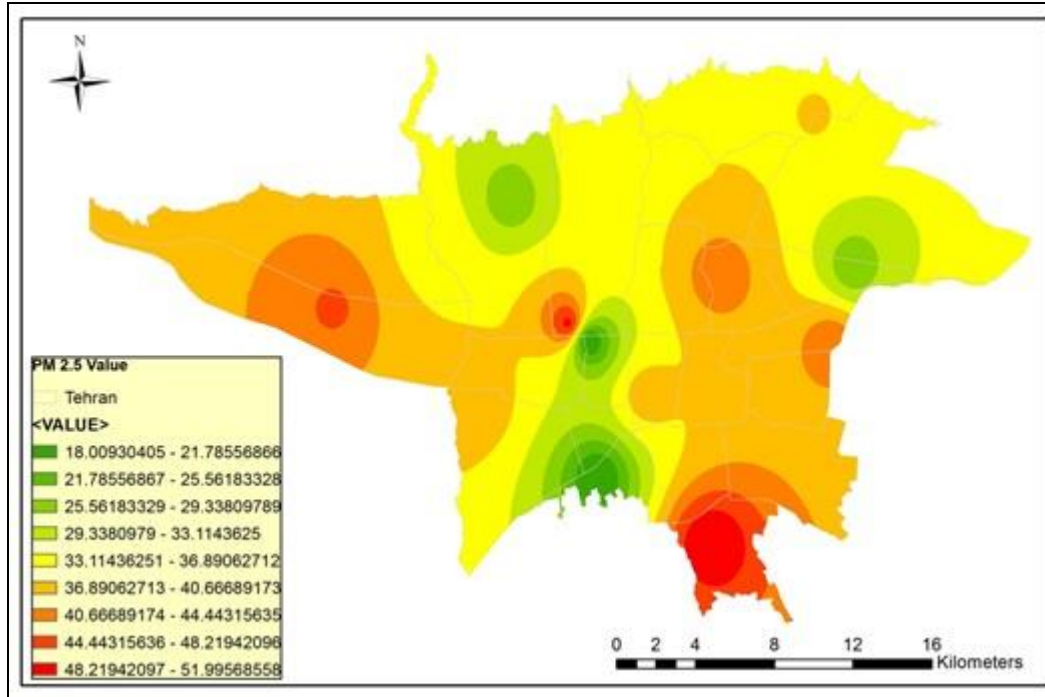
با توجه به نتایج بدست آمده از آنالیز Zonal در نرم افزار ArcGIS، اگر واحد مکانی را برابر مناطق شهری در نظر بگیریم می توان گفت در سال ۹۳، بیش ترین و کم ترین میانگین سالانه غلظت آلاینده PM 10 برای یک منطقه، به ترتیب متعلق به منطقه ۹ و ۱۱ می باشد و کم ترین و بیش ترین غلظت نقطه ای هم به ترتیب در قسمت هایی از منطقه ۴ و ۱۸ ثبت شده است. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت در سال ۹۴ هم، بیش ترین و کم ترین میانگین سالانه غلظت آلاینده PM 10 برای یک منطقه، به ترتیب متعلق به منطقه ۹ و ۱۰ می باشد و کم ترین و بیش ترین غلظت نقطه ای هم به ترتیب در قسمت هایی از منطقه ۱۰ و ۹ ثبت شده است.

راجع آلاینده PM 2.5، می توان گفت کم ترین و بیش ترین میانگین ماهانه در سال ۹۳ به ترتیب متعلق به ماه های فروردین و دی، و برای سال ۹۴ کم ترین میانگین غلظت ماهانه مربوط به فروردین ماه و بیش ترین متعلق به ماه های آذر و دی می باشد، که در شکل های ۷ و ۸ می توانید نقشه های



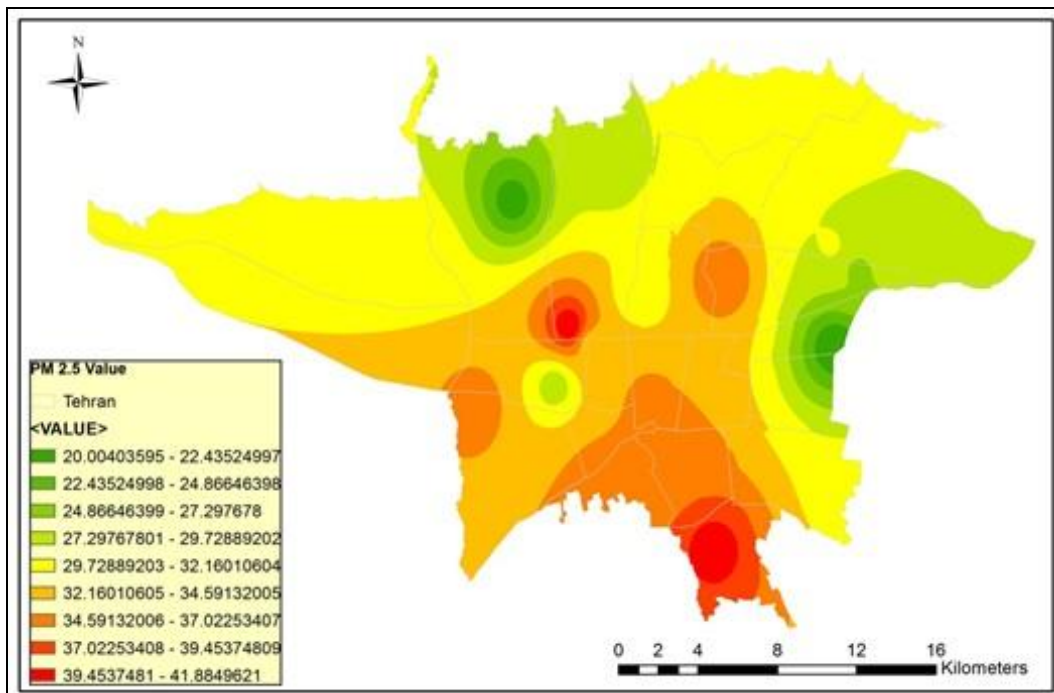
شکل ۷- نقشه میانگین آلاینده PM 2.5 در دی ماه ۱۳۹۳

Figure 7. The averaged PM 2.5 concentration in January 2014



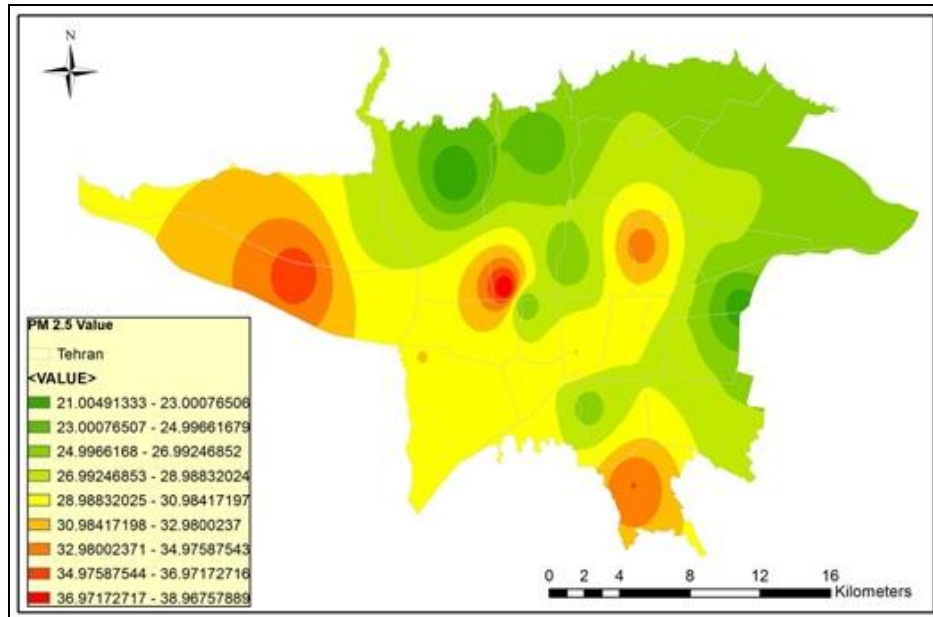
شکل ۸- نقشه میانگین آلاینده PM 2.5 در دی ماه ۱۳۹۴

Figure 8. The averaged PM 2.5 concentration in January 2015



شکل ۹- نقشه میانگین آلاینده PM 2.5 در سال ۱۳۹۳

Figure 9. The averaged PM 2.5 concentration in 2014



شکل ۱۰- نقشه میانگین آلاینده PM 2.5 در سال ۱۳۹۴

Figure 10. The averaged PM 2.5 concentration in 2015

های مختلف شهر پخش نشده اند و بخش های بزرگی از شهر مثل مناطق ۲۱ و ۲۲ کمبود ایستگاه اندازه گیری مشهود می باشد.

با توجه نتایج نقشه های میانگین ماهانه PM 10، بیشترین غلظت این آلاینده متعلق به ماه های گرم تیر و مرداد می باشد و کمترین آن در شهر تهران با توجه به تعطیلات و شرایط جوی در ماه فروردین مشاهده می گردد، ولی بیشترین غلظت PM 2.5 به دلیل دمای پایین و پدیده وارونگی هوا متعلق به ماه های سرد آذر و دی می باشد و کمترین آن هم متعلق به ماه فروردین، با توجه به بررسی های انجام شده در طی سال های ۹۳ و ۹۴ می باشد. با توجه نتایج نقشه های میانگین سالانه هم می توان گفت، از نظر مکانی در سال های ۹۳ و ۹۴ رفتار تقریباً مشابه ای راجع به غلظت آلاینده های PM 10 و PM 2.5 مشاهده می شود. بیشترین میانگین غلظت انباشت آلاینده PM 10 مربوط به قسمت جنوب غربی تهران می باشد و کمترین آن در مناطق شمالی شهر مشاهده می گردد. بیشترین میانگین غلظت انباشت آلاینده PM 2.5، مربوط به شهرری و بخش های در محدوده بین میدان های انقلاب و آزادی می باشد و لازم است در برنامه ریزی برای کاهش آلودگی هوا، به این قسمت ها از شهر تهران توجه بیشتری بشود

اگر واحد مکانی را برابر مناطق شهری در نظر بگیریم، با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت در سال ۹۳، بیشترین و کمترین میانگین سالانه غلظت آلاینده PM 2.5 برای یک منطقه، به ترتیب متعلق به منطقه ۲۰ و ۵ می باشد و کمترین و بیشترین غلظت نقطه ای هم به ترتیب در قسمت هایی از منطقه ۱۳ و ۲ ثبت شده است. با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت در سال ۹۴ هم، بیشترین و کمترین میانگین سالانه غلظت آلاینده PM 2.5 برای یک منطقه، به ترتیب متعلق به منطقه ۲۰ و ۱ می باشد و کمترین و بیشترین غلظت نقطه ای هم به ترتیب در قسمت هایی از منطقه ۱ و ۲ ثبت شده است.

#### بحث و نتیجه گیری

باتوجه به بررسی دقت روش های مختلف درون یابی در این مطالعه، می توان گفت روش IDW به عنوان بهترین روش درون یابی برای تهیه نقشه میزان غلظت آلاینده های PM 2.5 و PM 10 در شهر تهران می باشد. در حالیکه روش گریجینگ بدترین نتایج را از نظر دقت ارائه داد، یکی از علت های اصلی این مساله می تواند به تعداد و موقعیت مکانی این ایستگاه ها مربوط باشد که به شکل کافی و همگن در قسمت

population respiratory health. Environmental Health, Vol.10, pp. 12-23.

7. Lindstrom, J. And [et al], 2013. A flexible spatio-temporal model for air pollution with spatial and spatio-temporal covariates. Environmental and Ecological Statistics, Vol.21 (3), pp. 411-433.
8. Adams, M.D. Kanaroglou, P.S., 2016. Mapping real-time air pollution health risk for environmental management: Combining mobile and stationary air pollution monitoring with neural network models. Journal of Environmental Managemen, Vol.168, pp.133-141.
9. Liu, Z., Xie, M., Tian, K., Gao, P., 2017. GIS-based analysis of population exposure to PM<sub>2.5</sub> air pollution—a case study of Beijing. Journal of Enviromental Sciences, Vol.59, pp. 48-53.
10. Stroh, E., 2010. The use of GIS in assessing exposure to airborne pollutants, Sweden: Lund University, Department of medicine.

و کم ترین میزان غلظت هم مربوط به مناطقی در شمال و شرق می باشد.

### Reference

1. Tehran Air Quality Control Company, "Tehran Air Quality Report in 2015", 2016. (In Persian)
2. Gholizadeh, M. H., Farajzadeh, M., Daran, M., "Relationship between Air Pollution and Mortality in Tehran City Population", Hakim Research Journal, 2009, Vol.12, No. 2. (In Persian)
3. Keshavarzi Shirazi, H., Farah Sadat H., Mirmohammadi, M., "Investigation and Measurement of VOCs in Indoor and Public Places", Environmental Studies, 2005, Vol.29, No.32. (In Persian)
4. Bahari, R. A., Abaspour, R. A., Pahlavani, P., Zoning of Particulate Matters (PM) Pollution Using Local Statistical Models in GIS (Case Study: Tehran Metropolises), Journal of Geomatics Science And Technology (JGST), 2016, Vol.5, No. 3, pp.165-174. (In Persian)
5. Tasdemir, U., Cindoruk, S., Esen, F., 2005. Monitoring of criteria air pollutants in bursa, turkey, Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 110, pp. 227-241.
6. Nuvolone, D. And [et al], 2011. Geographical information system and environmental epidemiology: a cross-sectional spatial analysis of the effects of traffic-related air pollution on