تأثیر عناصر جوی در پراکنش آلاینده PM2.5 (مطالعه موردی: خیابان ولیعصر تهران)

حسین محمدی[۱*]- اکبر یاسیان[۲]

۱*- نویسنده مسئول: استاد اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

ایمیل نویسنده مسئول: hmmohammadi@ut.ac.ir

۲- کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۱۹

چکیده

در چند دهه اخیر مشکلات حمل و نقل در کلانشهر تهران، به صورت یکی از بزرگترین معضلات شهر رخ نموده است، که یکی از عواقب آن آلودگی هوا می‌باشد و خسارات وارده به اقتصاد ملّی ناشی از آن بالغ بر میلیاردها ریال است. روش‌شناسی این تحقیق مبتنی بر مطالعه و جستجوی کتابخانه‌ای، بهره‌گیری از داده‌ها و اطلاعات آماری و محاسبات جهت شناخت چگونگی پراکنش آلاینده PM2.5 منتشر شده از خودروها می‌باشد. با استفاده از مدل خُرد آب و هواییِ ENVI-met، تأثیر پارامترهای جوی در پراکنش آلاینده PM2.5 در محدوده‌هایی از خیابان ولیعصر مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های مربوط به مقادیر آلاینده PM2.5 در نزدیکی سطح زمین با استفاده از فرمول ضریب انتشار و محاسبه مقدار آلاینده تولید شده از حامل‌های انرژی در منابع مختلف بدست آمده است. پراکنش آلاینده PM2.5 در دو روز متفاوت از لحاظ شرایط اقلیمی، برای ساعت ۷:۳۰ دقیقه صبحِ ۲۹ اکتبر و ۶ نوامبر ۲۰۱۳ مورد واکاوی و مقایسه قرار گرفته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در پراکنش آلاینده‌های منتشر شده در خیابان ولیعصر بین تجمع و پراکنش آلاینده‌ها با سرعت و جهت باد رابطه محسوسی وجود دارد. مکان‌هایی که در آن سرعت باد افزایش پیدا کرده است تقریباً با مناطقی که غلظت آلاینده‌ها در آنجا بالاست رابطه عکس دارند. همچنین بادی که جهت آن به سمت ساختمان‌ها و دیگر موانع هدایت شده است، پس از برخورد با موانع از سرعت آن کاسته شده و سبب افزایش غلظت آلاینده‌ها در نزدیکی سطح زمین شده است.

کلمات کلیدی

"آلودگی هوا"، "آلاینده PM2.5"، "پراکنش آلاینده‌ها"، "مدل ENVI-met"، "خیابان ولیعصر"

The impact Atmospheric elements In distribution PM2.5pollution (Case Study of Valiasr St. Tehran)

Hossein Mohammadi[1*]- Akbar Yassian[2]

[1]*Corresponding Author, Professor of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran

[*]Email Address: hmmohammadi@ ut.ac.ir

[2]. MSc in Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran

Abstract

In recent decades the problems of transportation in Tehran, One of the biggest problems occurred in the city, which is one of the consequences air pollution and the damage it caused to the national economy billions of rials. Research methodology Based on the study of and search a library, Statistics and calculations using data to understand how the distribution of PM2.5 pollutants emitted from vehicles. By using micro-climate model ENVI-met Influence of climatic parameters In distribution PM2.5 pollution in the areas of Vali Asr Avenue were studied. Data on the amount of pollutant PM2.5 Near Earth's surface By using diffusion coefficient formula and calculate the amount of pollutants produced Each of the different sources of energy is obtained. Distribution of PM2.5 emissions on two different days in terms of climatic conditions to 7:30 am October 29 and November 6, 2013 is analyzed and compared. The results show that the dispersion of pollutants published in Vali Asr street Between accumulation and distribution of pollutants is tangible relationship with wind speed and direction. Places where the wind speed has increased to some extent correlated with areas where there is a high concentration of pollutants. Also wind direction is guided into buildings and other obstacles After colliding with the obstacle Slowed down and increased the concentration of pollutants.

Keywords: "air pollution","pollutant PM2.5","dispersion pollutants","ENVI-met Model","Vali Asr street".

۱- مقدمه

کیفیت هوا در محیط‌های شهری در سال‌های اخیر به موضوع مهمی تبدیل شده است. میزان، تراکم و پراکنش فضایی منابع آلاینده‌ها در شهر سهم مهمی در کیفیت هوای شهرها دارند (Jeelani, 2013). تحقیقات علمی انجام شده در دهه‌های اخیر، نشان می‌دهد که از دیدگاه مخاطرات بهداشت عمومی و سلامت، ذرات معلق از آلاینده‌های اصلی هوا به حساب می‌آیند. ذرات معلق موجود در هوا شامل: PM1، PM2.5 و PM10 از طریق منابع مختلفی مانند اگزوز خودروها، فرایند احتراق صنعتی و یا از تبدیل آلاینده‌های ثانویه هوا تولید می‌شوند. سازمان بهداشت جهانی برآورد کرده است، سالیانه ۵۰۰۰۰۰ نفر بر اثر مواجهه با ذرات معلق موجود در هوای آزاد دچار مرگ زود رس می‌شوند(Krzyanowski, 2008). ذرات معلق موجود در هوا، خطر مرگ تنفسی را افزایش داده، بر عملکرد شش‌ها تأثیر گذاشته، آسم را تشدید نموده و سبب بروز بیماری‌های دیگری مانند برونشیت می‌شود. ذرات ریزتر PM1، PM2.5 پتانسیل بیشتری در نفوذ به ریه‌ها را دارند و حتی ممکن است به ناحیه آلوئل‌ها هم برسند(منصوری، ۱۳۹۱)، بنابراین اثرات کوتاه مدت و بلند مدت بیشتری مثل مرگ زود رس افزایش علائم و بیماری‌های تنفسی، کاهش کارایی ریه‌ها و ایجاد تغییرات در بافت‌های ریوی را دارند. شرایط جوی بر تمرکز آلودگی هوا و آلودگی هم بر کیفیت هوا اثر می‌گذارد. در این رابطه ساده‌ترین مثال تغییرات روزانه و سالانه هستند. البته این تغییرات در یک دورهٔ روزانه به اوج خود می‌رسند. در بعضی از شهرها این مقدار آلودگی در اوج ترافیک صبحگاهی و شامگاهی به دو برابر اوج خود می‌رسد. آلودگی صبحگاهی بیشتر خواهد بود و جابجایی عمودی هوا هم کمتر صورت می‌گیرد. تمام این‌ها زمانی به وقوع می‌پیوندند که سرعت باد در سطح زمین کم باشد(محمدی، ۱۳۹۰: ۵۸). شهر تهران به عنوان بزرگ‌ترین و پرجمعیت‌ترین شهر کشور به دلیل شرایط خاص جغرافیایی (توپوگرافی و آب و هوایی)، اجتماعی (توزیع جمعیت و ترافیک)، فرهنگی (سطح فرهنگ و آموزش مرتبط) و توسعه شهری، دچار معضل آلودگی هوا است و از مصرف بی‌رویه انرژی در بخش حمل و نقل شهری رنج می‌برد. تهران به علت رشد بی‌رویه جمعیت، مهاجرت، نبود برنامه‌ریزی صحیح و نیز توجه نکردن به مسائل زیست محیطی در گسترش و توسعه شهر به مشکلات عدیده‌ای برخورد کرده که آلودگی هوا و ترافیک معمول‌ترین آنها است و از این طریق توجه جمعی و مسئولین را به خود جلب نموده است. خیابان ولیعصر تهران با طول ۱۷/۹ کیلومتر در مسیر خود از مناطق شهرداری ۱۱، ۶، ۳ و ۱ عبور می‌کند(شکل ۱). به جز میدان‌های تجریش و راه‌آهن در شمال و جنوب، این خیابان در مسیر خود از میدان‌های متعددی می‌گذرد. همچنین بسیاری از بزرگراه‌ها و خیابان‌های اصلی کلانشهر تهران با خیابان ولیعصر مرتبط می‌شوند. در واقع این خیابان یک شاهراه ارتباطی در کلانشهر تهران به حساب می‌آید. با توجه به اهمیّت این خیابان از جنبه‌های گوناگون و بالا بودن میزان تولید و جذب سفر، شاهد ترافیک صبحگاهی و شامگاهی در این خیابان هستیم. Leong at al,2003 به سنجش آلودگی هوا و ترافیک در خیابان‌های بانکوک پرداختند. در این تحقیق نشان‌داده‌اند که میانگین غلظت آلاینده‌های هوا در طول هفته بیشتر از میانگین آلاینده‌ها در آخر هفته می‌باشد. همچنین نتایج، رابطه تغییرات در غلظت آلاینده‌های هوا را با ویژگی‌های ترافیکی، هندسه خیابان و پارامترهای هواشناسی نشان می‌دهد. Bruce, 2007 چگونگی اجرای مدل در پراکنش گازها یا ذرات و رسوب و ته نشینی آن‌ها را در محیط نرم افزار ENVI- met شرح داد. در این پژوهش فرمول‌ها و معادلات به کار رفته در مدل ENVI- met برای محاسبه میزان آلودگی هوا، به طور کامل بیان شده است. Albrinck 2010، در پژوهشی به شناسایی عواملی که به طور مداوم بیشترین تأثیر را بر کیفیت هوا، به ویژه غلظت CO داشته، پرداخته است. در این پژوهش به اثبات ارتباط بین حجم ترافیک و تأخیر در ترافیک با غلظت CO، همچنین به عوامل موثر هواشناسی از قبیل، سرعت و جهت باد، دما و اثرات فصلی توجه شده است. Nikolova,2011 پراکنش ذرات بسیار ریز ِناشی از ترافیک را در خیابانی واقع در شهر آمتورب بلژیک، توسط مدل ENVI-met شبیه سازی کرده است. دهنوی و همکاران(۱۳۸۳)، در پژوهشی آلودگی هوایِ ناشی از جریان‌های

ترافیکی را در خیابان‌های شهری تخمین زده‌اند. در این تحقیق عوامل اثرگذار بر غلظت آلاینده‌ها بر پایه آمار ترافیکی، هندسی و جوی مشخص شد و در نهایت بر اساس روش‌های موجود مدل‌سازی صورت گرفت که نتایج پیش‌بینی مدل به خوبی با آمار برداری‌های صورت گرفته منطبق است. شمسی‌پور و همکاران(۱۳۹۲)، به شبیه سازی الگوی پراکنش آلاینده CO با مدل خرد اقلیمی ENVI-met در مسیر خیابان آزادی-تهران‌پارس پرداخته‌اند، نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که تمرکز بیشینه آلودگی هوا در بخش‌های با تراکم بافت شهری در ساعات آغازین و کمترین مقادیر آلاینده‌ها در معابر باز و در ساعات میانی روز می‌باشد.

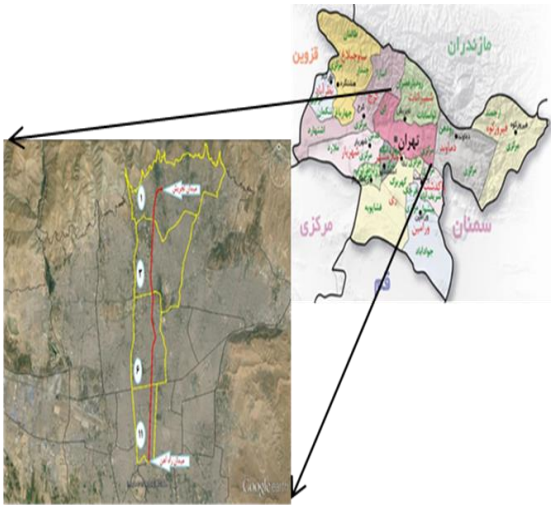
۲- روش انجام تحقیق

- **معرفی منطقه مورد مطالعه**

خیابان ولیعصر، طولانی‌ترین خیابان مشجر تهران می‌باشد. طول این خیابان به درازای ۱۷/۹ کیلومتر است که از میدان راه‌آهن در میانه جنوبی تهران آغاز و به میدان تجریش در منطقه شمیرانات در شمال تهران ختم می‌شود، شکل (۱). این خیابان در طول مسیر خود از مناطق ۱۱، ۶، ۳ و ۱ عبور می‌کند. از وجه تمایز این مسیر اختلاف ارتفاع آن از ابتدا تا انتها، وجود درختان چنار در دو طرف خیابان، پیاده راه‌های عریض، وجود خط ۷ اتوبوس‌های تندرو و یک طرفه بودن این خیابان در بیشتر طول مسیر می‌باشد. بسیاری از مراکز خرید بزرگ، پارک‌های عمومی، رستوران‌ها، موزه‌ها، مراکز فرهنگی و دفاتر ملی و بین المللی در این خیابان قرار دارند.

- **داده‌ها و روش‌ها**

روش‌شناسی تحقیق مبتنی بر مطالعه و جستجوی کتابخانه‌ای در جهت فهم و درک مبانی و گسترش مبانی نظری و تبیین روش‌شناسی تحقیق، بهره‌گیری از داده‌ها و اطلاعات آماری و محاسبات جهت شناخت تأثیر پارامترهای جوی بر پراکنش آلاینده‌های منتشر شده از خودروها می‌باشد که برای شبیه سازی از مدل خرد آب و هوا ENVI-met، استفاده شده است. مدل‌های خرد آب و هوایی شهری برای مدل‌سازی مباحث کوچک مقیاس شهری و بر مبنای اصول فیزیکی و تفکیک پذیری فضایی و زمانی، به طور گسترده‌ای متنوع هستند. مدل ENVI-met یکی از جالب‌ترین آن‌ها به حساب می‌آید و در زمینه‌های مختلف آب و هواشناسی شهری از برنامه‌ریزی‌های کلانشهری تا طراحی‌های مناطق خاصی از شهرها و یا طراحی ساختمان‌های منفرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به این که مدل ENVI-met در مساحت‌های کم دارای قدرت بالاست، نیاز است تا برش‌های طولی در خیابان ولیعصر برای شبیه‌سازی انتخاب شوند. انتخاب مناطق مختلف بر اساس درون‌یابی‌هایی صورت گرفت که با روش کریجینگ در محیط نرم افزار Arc/Map10.1، انجام شد. برای انجام درون‌یابی، از میانگین داده‌های ۷۰ روز مختلف در فصل پاییزِ سال ۱۳۹۲ مربوط به ۱۰ ایستگاه سنجش کیفیت هوا در اطراف خیابان ولیعصر استفاده شده است. اطلاعات مربوط به ایستگاه‌ها و غلظت آلاینده‌ها در شکل ۲، نشان داده شده است.

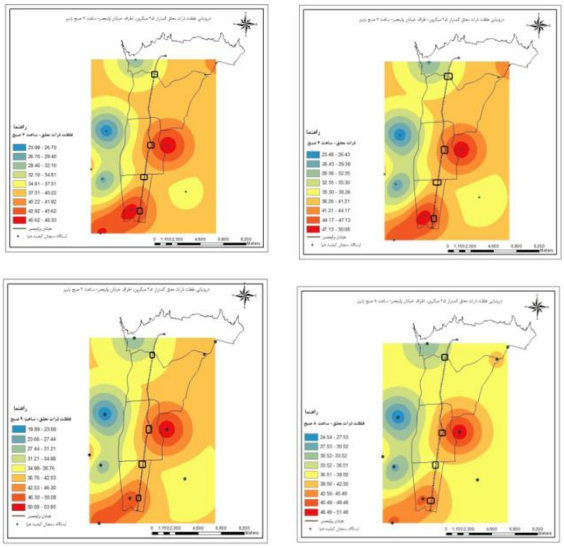


شکل ۱- نمایی از شهر تهران و خیابان ولیعصر تهران

لزوم استفاده از روش کریجینگ در بین دیگر روش‌های موجود همچون IDW،GLOBAL.P.İ و LOCAL.P.Ǐ، به این دلیل است که مقدار خطای RMS بدست آمده در روش‌های مختلف نشان می‌دهد که مقدار خطای RMS در روش کریجینگ در ساعت‌ها و آلاینده‌های مختلف کمتر از دیگر روش‌ها بوده است. پس از دورن‌یابی‌های انجام شده با روش

1- Global Polynomial Interpolation
2- Local Polynomial Interpolation

کریجینگ برای آلاینده PM2.5، به انتخاب برش محدوده‌هایی در خیابان ولیعصر جهت وارد کردن اطلاعات آن‌ها به داخل نرم افزار ENVI-met، پرداخته شده. برای وارد کردن اطلاعات به مدل و انجام شبیه سازی، تصویری از برش‌های انتخاب شده توسط نرم افزار Google Earth تهیه شد که در شکل۳ به آن‌ها اشاره شده است.



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌ها و غلظت آلاینده PM2.5 در ساعت‌های مختلف

شکل ۳- موقعیت محدوده‌های انتخاب شده با روش کریجینگ برای شبیه سازی در ENVI- met

پراکنش آلاینده PM2.5 در دو روز متفاوت از لحاظ شرایط اقلیمی، برای ساعت ۷:۳۰ دقیقه صبحِ ۲۹ اکتبر و ۶ نوامبر ۲۰۱۳ مورد واکاوی و مقایسه قرار گرفت. با توجه به این که ساعت اوج ترافیک صبحگاهی از ساعت ۷:۳۰ تا ۸:۳۰ می‌باشد، شبیه سازی با مدل برای این ساعت به صورت هر ۳۰ دقیقه انجام شد. در شبیه سازی‌های انجام شده مشاهده شد که تفاوت چندانی از لحاظ پراکنش آلاینده و پارامترهای جوی در یک ساعت انتخاب شده (ساعت اوج ترافیک با تفکیک هر ۳۰ دقیقه) وجود ندارد، از این رو برای واکاوی و تحلیل نهایی در تحقیق، ساعت ۷:۳۰ دقیقه به عنوان نماینده‌ای از زمان اوج ترافیک انتخاب شد. در ادامه، ۴ محدوده انتخاب شده در خیابان ولیعصر در دو روز ۲۹ اکتبر و ۶ نوامبر سال ۲۰۱۳ جهت چگونگی پراکنش آلاینده PM2.5 در شرایط جوی متفاوت مورد مقایسه قرار گرفتند. در این تحقیق پارامترهای سرعت و جهت باد به عنوان عناصر جوی اثر گذار در پراکنش آلاینده مورد بررسی قرار گرفتند. تفاوت ناچیز تغییرات دما و رطوبت در محدوده برش‌های انتخاب شده، سبب شده است تا از واکاوی این عناصر صرف نظر شود. داده‌های مربوط به مقدار آلاینده PM2.5 در نزدیکی سطح زمین با استفاده از فرمول ضریب انتشار و محاسبه مقدار آلاینده تولید شده از حامل‌های انرژی در منابع مختلف بدست آمده است.

فرمول ضریب انتشار:

$$Eh = N \times \frac{L}{1000} \times \frac{(40 - Vavg) \times EF20 + (Vavg - 20) \times EF40}{40 - 20}$$

EF = مقدار ضریب انتشار، میلی گرم در کیلومتر پیمایش

E = میزان تولید آلایندگی N = تعداد خودروها

Vavg = سرعت متوسط L = طول معبر

با داشتن کیلومتر پیمایش و متوسط سرعت خودروها در معابر شهر تهران و با داشتن ضریب انتشار انواع آلاینده‌ها برای هر یک از خودروها در سرعت‌های مختلف و وضعیت‌های متفاوت شیب خیابان و ضرب این دو می‌توان مقدار تولید هر یک از آلاینده‌ها را محاسبه نمود. اطلاعات ترافیکی مورد نیاز، از خروجی مدل EMME/2 که در شرکت مطالعات جامع حمل و نقل تهران موجود می‌باشد، اخذ شده است. اطلاعات مربوط به

حجم ترافیک کمان‌های شبکه تهران، موجود در شرکت مطالعات جامع حمل و نقل تهران مربوط به یک ساعت اوج صبح و به صورت همسنگ سواری برای سال ۱۳۹۲ می‌باشد(معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک تهران ۱۳۹۲). برای شبیه سازی مناطق مشخص شده در مدل ENVI- met و واکاوی پراکنش آلاینده‌های جوی، نیاز به تنظیم شرایط مدل برای مناطق انتخاب شده می‌باشد. داده‌های اولیّه که برای فرایند تنظیم شرایط مدل به آنها نیاز است شامل داده‌های موقعیت جغرافیایی، از قبیل: طول و عرض جغرافیایی، شرایط دمایی هوا، سرعت و جهت وزش باد، رطوبت ویژه و رطوبت نسبی در ارتفاع ۲ متری سطح زمین (خوشنواز، ۱۳۹۳)، همچنین مقدار آلاینده‌های منتشر شده در نزدیکی سطح زمین می‌باشند. در این پژوهش برای هر محدوده مشخص شده در روزهای مختلف داده‌ها متفاوت می‌باشند که در جداول (۱تا۴) به تفکیک محدوده و روز معین، نشان داده شده است. داده‌های پارامترهای جوی هر مقطع از خیابان ولیعصر از نزدیکترین ایستگاه هواشناسی بدست آمده است که به ترتیب مربوط به ایستگاه هواشناسی مهرآباد، ژئوفیزیک و ایستگاه شمیران در شمال تهران می‌باشد.

جدول ۱- اطلاعات ترافیکی و میزان آلاینده PM2.5 در محدوده‌های انتخاب شده

نام محدوده انتخاب شده	طول معبر بر حسب Km	تعداد خودرو	سرعت متوسط خودرو Km/h	وضعیت شیب معبر	میزان آلاینده PM2.5 بر حسب Mg/m/s
تقاطع ولیعصر- مولوی	۰/۳۳	۲۵۰۰	۲۸	افقی	۰/۱۵۷
تقاطع ولیعصر- انقلاب	۰/۳۳۱	۳۲۰۰	۳۳	افقی	۰/۱۸۹
محدوده ولیعصر- بهشتی	۰/۱۵	۳۰۰۰	۳۰	سربالایی- سرپایینی	۴/۰۱
محدوده ولیعصر- پارک وی	۰/۲۹۳	۶۰۰۰	۱۶	سربالایی- سرپایینی	۲/۵۳

جداول ۲- مقادیر ورودی پارامترهای جوی به مدل برای تقاطع خیابان ولیعصر – مولوی در ساعت ۷:۳۰ صبح

مقادیر ورودی پارامترهای جوی برای تاریخ ۶ نوامبر ۲۰۱۳		مقادیر ورودی پارامترهای جوی برای تاریخ ۲۹ اکتبر ۲۰۱۳	
متغیرها	مقادیر	متغیرها	مقادیر
دما (C^0)	۱۵/۵	دما (C^0)	۱۳/۴
رطوبت (درصد)	۳۰	رطوبت (درصد)	۴۹
سرعت وزش باد (نات)	۲	سرعت وزش باد (نات)	۴
جهت باد(درجه)	۱۹۰	جهت باد(درجه)	۲۵۰

جداول۳- مقادیر ورودی پارامترهای جوی به مدل برای تقاطع خیابان ولیعصر– انقلاب و ولیعصر- بهشتی در ساعت ۷:۳۰ صبح

مقادیر ورودی پارامترهای جوی برای تاریخ ۶ نوامبر ۲۰۱۳		مقادیر ورودی پارامترهای جوی برای تاریخ ۲۹ اکتبر ۲۰۱۳	
متغیرها	مقادیر	متغیرها	مقادیر
دما (C^0)	۱۴	دما (C^0)	۱۴
رطوبت (درصد)	۳۲	رطوبت (درصد)	۲۹
سرعت وزش باد (نات)	۳	سرعت وزش باد (نات)	۳
جهت باد(درجه)	۱۰۰	جهت باد(درجه)	۲۴۰

جداول۴- مقادیر ورودی پارامترهای جوی به مدل برای تقاطع خیابان ولیعصر – پارک وی در ساعت ۷:۳۰ صبح

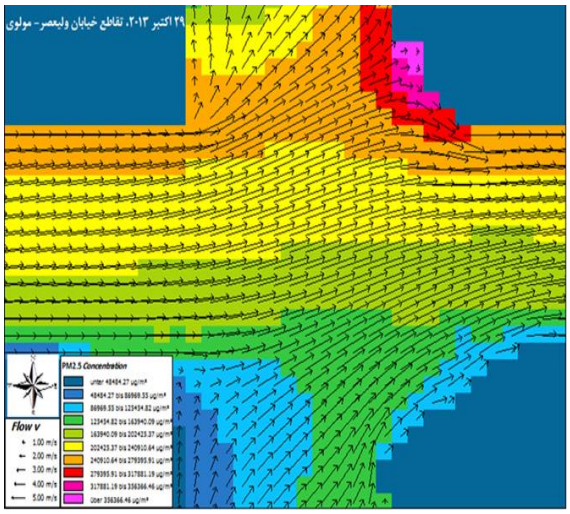
مقادیر ورودی پارامترهای جوی برای تاریخ ۶ نوامبر ۲۰۱۳	
متغیرها	مقادیر
دما (C^0)	۱۴/۷
رطوبت (درصد)	۳۶
سرعت وزش باد (نات)	۴
جهت باد(درجه)	۲۰۰

مقادیر ورودی پارامترهای جوی برای تاریخ ۲۹ اکتبر ۲۰۱۳	
متغیرها	مقادیر
دما (C^0)	۱۴/۴
رطوبت (درصد)	۳۸
سرعت وزش باد (نات)	۲
جهت باد(درجه)	۳۶۰

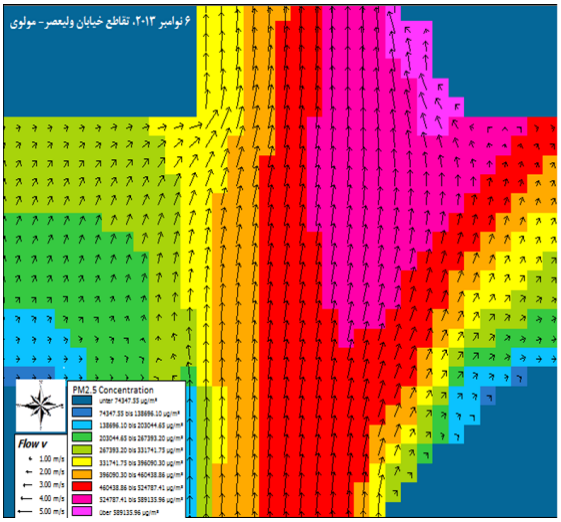
۳- نتایج

واکاوی پراکنش آلاینده PM2.5 در تقاطع خیابان ولیعصر – مولوی

شکل ۴، غلظت آلاینده PM2.5 را در سطح زمین برای شرایط جهت وزش باد ۲۵۰ درجه و سرعت ورودی ۴ متر بر ثانیه در ساعت ۷:۳۰ صبح روز ۲۹ اکتبر ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد. با توجه به شکل۴، غلظت آلاینده‌ها در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که غلظت آلاینده‌ها در حاشیه شرقی خیابان‌ها بالا و حداکثر غلظت آلاینده‌ها در حاشیه شمال شرقی تقاطع مورد نظر می‌باشد. با توجه به این که این محدوده به صورت مانعی در برابر بادهایی با زاویه بیش از ۲۹۰ درجه که در خیابان مولوی (افقی)، حالتی غربی به خود گرفته‌اند قرار دارد سبب شده است تا به مکانی جهت تمرکز آلاینده‌ها درآید. پیکان‌های مربوط به سرعت باد در شکل۴ نشان می‌دهد که سرعت باد در قسمت شرقی خیابان مولوی به بیش از ۴ متر بر ثانیه می‌رسد. در حالی که سرعت باد در حاشیه‌های غربی خیابان ولیعصر به کمتر از سه متر بر ثانیه می‌رسد. قسمت غربی خیابان ولیعصر که غلظت آلاینده‌ها به کمترین حد خود می‌رسد به طور کامل با مکان‌هایی که حالت باد پناهی داشته مطابق می‌باشد. در عین حال در محدوده‌ای که غلظت آلاینده‌ها به بیشترین حد خود می‌رسد، مطابق با محدوده‌ای است که سرعت باد در آنجا به دلیل برخورد با ساختمان‌ها کاهش یافته، می‌باشد. سرعت باد در این محدوده کمتر از ۲ متر بر ثانیه است. شکل ۵، غلظت‌های PM 2.5 را در سطح زمین برای شرایط جهت وزش باد ۱۹۰ درجه و سرعت ورودی ۲ متر بر ثانیه در ساعت ۷:۳۰ صبح روز ۶ نوامبر ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد. توزیع مکانی آلاینده‌ها نشان می‌دهد که بیشترین غلظت آلاینده‌ها در شمال شرقی تقاطع ولیعصر – مولوی است و در راستای خیابان ولیعصر بعد از تقاطع نیز این افزایش غلظت آلاینده‌ها به سمت شمال خیابان ولیعصر نیز مشهود است. با توجه به شکل۵ تمرکز بیشتر آلودگی‌ها در نزدیکی ساختمان‌هایی می‌باشد که در قسمت شمالی خیابان‌ها قرار دارند و کمترین مقدار غلظت آلاینده‌ها در قسمت جنوبی خیابان مولوی می‌باشد. با توجه به این که جریان باد جنوبی می‌باشد، پس از برخورد باد با ساختمان‌های شمالی از سرعت آن کاسته شده و افزایش غلظت آلاینده‌ها را در این مکان سبب شده است. از طرف دیگر بیشتر آلودگی‌ها بعد از تقاطع به سمت شمال خیابان ولیعصر جریان می‌یابد که آن نیز به دلیل جهت جنوبی باد می‌باشد. در رابطه با سرعت باد، می‌توان دریافت که در تقاطع ولیعصر– مولوی، سرعت باد در قسمت شمالی خیابان ولیعصر به بیشترین مقدار خود می‌رسد و کمترین مقدار سرعت باد نیز مطابق با خیابان مولوی که جهتی غربی دارد می‌باشد. کاهش سرعت باد در ضلع جنوبی خیابان مولوی به علت شرایط بادپناهی آن و در ضلع شمالی آن به دلیل وجود ساختمان‌ها در امتداد یک دیگر، می‌باشد. نکته قابل توجه این است که هر چند سرعت باد پایین می‌باشد ولی غلظت آلاینده‌ها در اینجا به بیشترین حد خود نرسیده است بلکه بیشترین غلظت آلاینده‌ها در قسمتی از نیمه شمالی خیابان مولوی می‌باشد که سرعت باد در آنجا بیش از یک متر در ثانیه می‌رسد.



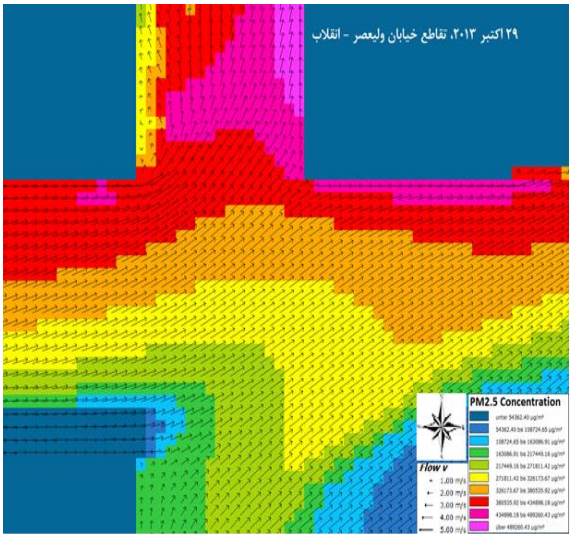
شکل۴- پراکنش آلاینده PM2.5، سرعت و جهت باد در ساعت۷:۳۰ صبح ۲۹ اکتبر ۲۰۱۳ تقاطع خیابان ولیعصر– مولوی



شکل۵- پراکنش آلاینده PM2.5، سرعت و جهت باد در ساعت۷:۳۰ صبح ۶ نوامبر ۲۰۱۳ تقاطع خیابان ولیعصر- مولوی

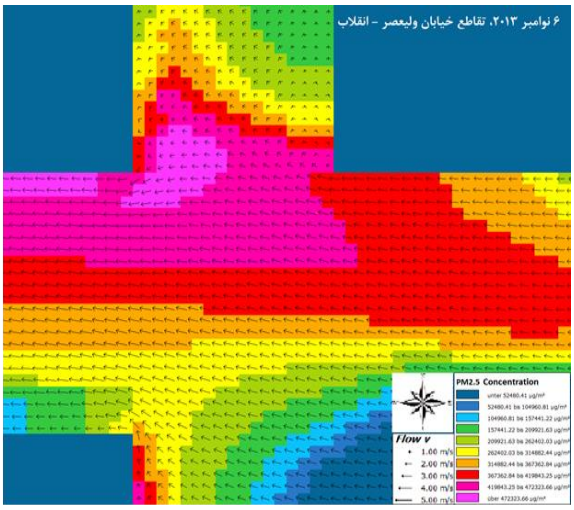
واکاوی پراکنش آلاینده PM2.5 در تقاطع خیابان ولیعصر – انقلاب (چهارراه ولیعصر)

شکل ۶ غلظت‌های PM 2.5 را در سطح زمین برای شرایط جهت وزش باد ۲۴۰ درجه و سرعت ورودی باد ۳متر بر ثانیه در ساعت ۷:۳۰ صبح روز ۲۹ اکتبر ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد. توزیع مکانی غلظت آلاینده‌ها در محدوده خیابان ولیعصر – انقلاب، نشان می‌دهد که غلظت آلاینده‌ها در قسمت شمالی خیابان انقلاب، همچنین نیمه شمالی چهارراه ولیعصر و نیمه شرقیِ شمال خیابان ولیعصر به بیشترین حد خود می‌رسد. همچنین به طرف قسمت جنوبی خیابان انقلاب، از غلظت آلاینده‌ها کاسته می‌شود. جهت وزش باد در خیابان انقلاب با توجه به جهت خیابان، جهتی کاملاً غربی پیدا می‌کند. این باد غربی به محض ورود به چهارراه به دلیل گسترش عرض خیابان به سمت شمال کشیده می‌شود و پس از برخورد به ساختمان‌های اطراف خیابان در قسمت شرقیِ شمال خیابان ولیعصر جهت وزش باد به طور کامل جنوبی می‌شود. همچنین در ابتدای نیمه غربی شمال خیابان ولیعصر جهت باد تغییر کرده و حالت گردشی و جهت شمالی پیدا می‌کند(به سمت جنوب می‌وزد). سرعت باد در چهار راه ولیعصر نشان می‌دهد که سرعت باد در این منطقه از غرب به شرق افزایش می‌یابد. همچنین در حاشیه غربی خیابان ولیعصر به دلیل وجود ساختمان‌ها که به صورت مانعی در برابر بادهایی با جهت غربی می‌باشند، سرعت باد به کمترین مقدار خود می‌رسد.



شکل۶- پراکنش آلاینده PM2.5، سرعت و جهت باد در ساعت۷:۳۰ صبح ۲۹ اکتبر ۲۰۱۳ تقاطع خیابان ولیعصر- انقلاب

شکل ۷ غلظت‌هایPM 2.5 را در سطح زمین برای شرایط جهت وزش باد ۱۰۰ درجه و سرعت ورودی ۳ متر بر ثانیه، در ساعت ۷:۳۰ صبح روز ۶ نوامبر ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد (خیابان ولیعصر عمودی و خیابان انقلاب افقی). توزیع مکانی آلاینده‌ها در شکل۷ نشان می‌دهد که عمده تمرکز آلاینده‌ها در این محدوده در قسمت شمالی چهارراه ولیعصر که تا محدوده‌هایی از نیمه شمالی، غرب خیابان انقلاب کشیده می‌شود می‌باشد. همچنین در نیمه جنوبی خیابان انقلاب و نیمه شرقی خیابان ولیعصر غلظت آلاینده‌های هوا کمتر است. نکته قابل توجه در رابطه با غلظت آلاینده‌ها این است که در خیابان ولیعصر از سمت شرق به غرب و در خیابان انقلاب از سمت جنوب به شمال بر غلظت آلاینده‌ها افزوده می‌شود.

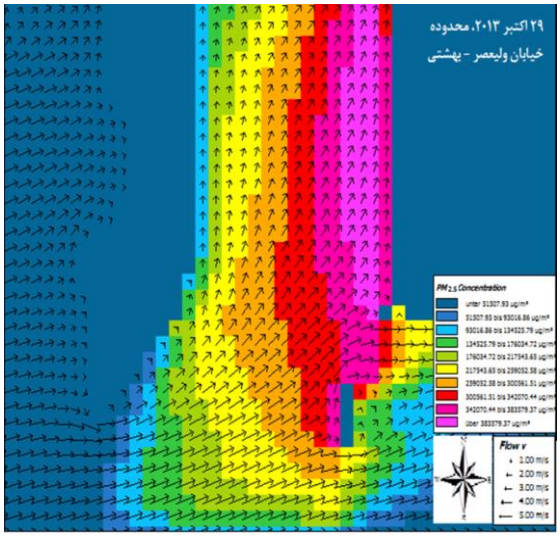


شکل۷- پراکنش آلاینده PM2.5، سرعت و جهت باد در ساعت۷:۳۰ صبح ۶ نوامبر ۲۰۱۳ تقاطع خیابان ولیعصر- انقلاب

جهت وزش باد در این ساعت از روز در خیابان ولیعصر تا چهارراه ولیعصر جنوب شرقی می‌باشد و به محض ورود به خیابان انقلاب کاملاً شرقی می‌شود. بادی که در خیابان انقلاب، شرقی می‌وزد پس از برخورد با ابتدای ضلع غربی قسمت شمالی خیابان ولیعصر یک حالت گردشی پیدا کرده و در قسمتی نیز به جهت شمالی در می‌آید که این محدوده نیز یکی از نقاطی است که غلظت آلاینده‌ها در آن بالا می‌باشد. سرعت باد نیز از سمت شرق به غرب در حال افزایش است. در قسمت شمالی خیابان ولیعصر پس از برخورد با ابتدای ضلع غربی قسمت شمالی خیابان ولیعصر یک حالت گردشی پیدا کرده و در قسمتی نیز به جهت شمالی در می‌آید که این محدوده نیز یکی از نقاطی است که غلظت آلاینده‌ها در آن بالا می‌باشد. سرعت باد نیز از سمت شرق به غرب در حال افزایش است. در قسمت شمالی خیابان ولیعصر سرعت باد کاهش می‌یابد که از دلیل عمده آن وجود ساختمان‌های بلند در دو طرف خیابان می‌باشد که به صورت مانعی در برابر سرعت باد می‌باشند. در این محدوده افزایش غلظت آلاینده‌ها با کاهش سرعت باد منطبق است.

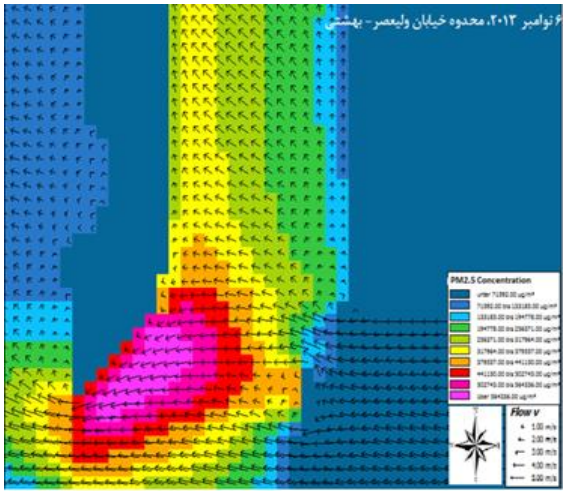
واکاوی پراکنش آلاینده PM2.5 در محدوده خیابان ولیعصر – بهشتی

شکل ۸، غلظت‌های PM 2.5 را در سطح زمین برای شرایط جهت وزش باد ۲۴۰ درجه و سرعت ورودی باد ۳متر بر ثانیه در ساعت ۷:۳۰ صبح روز ۲۹ اکتبر ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد. توزیع مکانی غلظت آلاینده‌ها در این محدوده نشان می‌دهد که، غلظت آلاینده‌ها در قسمت شرقی خیابان به بیشترین مقدار خود می‌رسد. همچنین از سمت شرق خیابان به غرب خیابان از غلظت آلاینده‌ها نیز کاسته می‌شود. تغییر جهت وزش باد در این محدوده قابل توجه می‌باشد. با توجه به اینکه جهت باد ورودی به این محدوده تقریباً غربی است، با ورود به داخل محدوده به علت افزایش عرض خیابان به سمت شمال شرقی منحرف می‌شود. در حاشیه‌های شرقی و غربی خیابان جهت باد به جنوبی تغییر می‌کند. ولی قسمت شمال و جنوب محدوده که به صورت فضای باز می‌باشد و مانعی بر سر راه بادهایی با جهت غربی وجود ندارد، جهت باد تا میانه‌های خیابان تغییر نکرده و به مسیر خود ادامه داده است. در رابطه با سرعت، مشاهده می‌شود که با ورود باد از سمت غرب به داخل خیابان سرعت باد در قسمت جنوب محدوده به بیشترین مقدار خود می‌رسد که از دلایل آن وسیع شدن عرض خیابان و نبود ساختمان‌ها در قسمت‌های جنوب شرقی محدوده می‌باشد. پیکان‌های باد نشان می‌دهند که با ورود باد به قسمت شمال خیابان با توجه به کم شدن عرض خیابان، هم زمان با تغییر جهت باد سرعت آن نیز کاهش می‌یابد. به این شکل که هر چه جهت باد به سمت جنوب بیشتر می‌شود از سرعت آن نیز کاسته می‌شود. تغییر در جهت باد و کاهش سرعت باد به دلیل وجود ساختمان‌ها در حاشیه شرقی خیابان ولیعصر می‌باشد که به همراه خود افزایش غلظت آلاینده‌ها را در این مکان سبب شده است. مکان‌هایی که حالت باد پناهی داشته به دلیل کاهش سرعت باد، غلظت آلاینده کاهش پیدا می‌کند.



شکل۸- پراکنش آلاینده PM2.5، سرعت و جهت باد در ساعت۷:۳۰ صبح ۲۹ اکتبر ۲۰۱۳محدوده خیابان ولیعصر- بهشتی

شکل ۹، غلظت‌های PM 2.5 را در سطح زمین برای شرایط جهت وزش باد ۱۰۰ درجه و سرعت ورودی ۳ متر بر ثانیه، در ساعت ۷:۳۰ صبح روز ۶ نوامبر ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد.

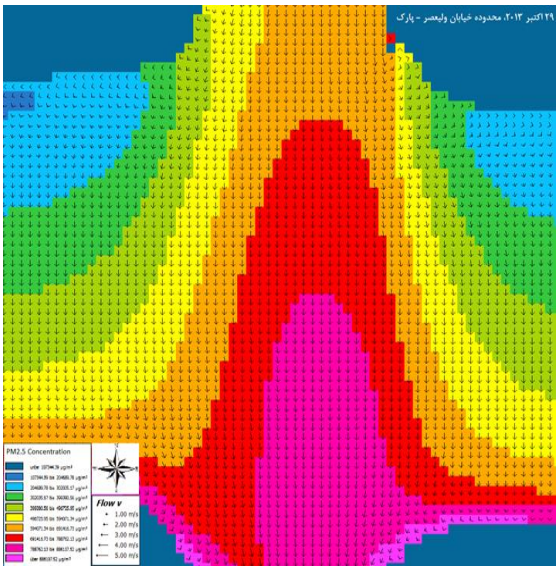


شکل۹- پراکنش آلاینده PM2.5، سرعت و جهت باد در ساعت۷:۳۰ صبح ۶ نوامبر ۲۰۱۳محدوده خیابان ولیعصر- بهشتی

توزیع مکانی آلاینده‌ها در این محدوده نشان می‌دهد که غلظت آلاینده‌ها در قسمت‌های شرقی خیابان این محدوده از خیابان ولیعصر به کمترین مقدار خود رسیده و هر چه به سمت غربی خیابان می‌رویم بر غلظت آلاینده‌ها افزوده می‌شود. بیشترین تمرکز آلاینده‌ها در این محدوده، در قسمت جنوب غربی این محدوده می‌باشد. جهت وزش باد در بیرون از خیابان به صورت شرقی است که پس از ورود به محدوده خیابان و برخورد با موانع، بخشی از باد تغییر جهت داده و به سمت شمال غرب منحرف می‌شود. البته در حاشیه غربی و شرقی خیابان یعنی در امتداد ساختمان‌ها جهت باد کاملاً جنوبی شده و به سمت شمال می‌وزد. از طرفی در قسمت جنوب غربی این محدوده به علت برخورد باد با مانع، جهت باد به سمت جنوب غرب منحرف می‌شود. سرعت باد این محدوده در خارج از خیابان به دلیل وجود فضاهای باز و درختان پراکنده به بیش از ۲ متر بر ثانیه نیز می‌رسد، اما با ورود باد به داخل خیابان از سرعت آن کاسته می‌شود، به طوری که در دو طرف خیابان که جهت باد جنوبی می‌باشد سرعت باد به کمترین مقدار خود می‌رسد. همچنین در قسمت جنوب غربی خیابان که محل تمرکز آلاینده‌ها است، با نزدیک شدن به مانع از سرعت باد نیز کاسته می‌شود. از سوی دیگر در محدوده‌های مرکزی خیابان به سمت داخل بر غلظت آلاینده‌ها افزوده می‌شود.

واکاوی پراکنش آلاینده PM2.5 در محدوده خیابان ولیعصر – پارک وی

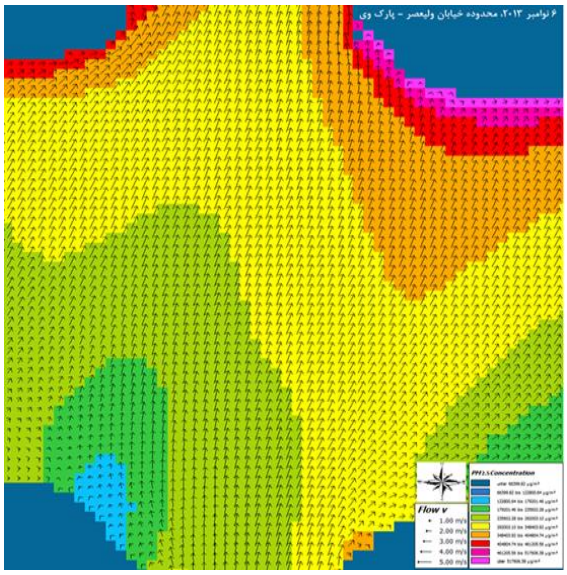
شکل ۱۰، غلظت‌های PM 2.5 را در سطح زمین برای شرایط جهت وزش باد ۳۶۰ درجه و سرعت ورودی باد ۲متر بر ثانیه در ساعت ۷:۳۰ صبح روز ۲۹ اکتبر ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد. توزیع مکانی غلظت آلاینده‌ها نشان می‌دهد که بیشترین غلظت آلاینده‌ها در قسمت جنوبی خیابان ولیعصر و در حاشیه جنوبی خیابان پارک وی به بیشترین مقدار خود می‌رسد. همچنین از جنوب به شمال از غلظت آلاینده‌ها کاسته می‌شود. در حاشیه شمالی خیابان پارک وی مقدار آلاینده‌ها به کمترین مقدار خود می‌رسد. جهت وزش باد در این محدوده شمالی می‌باشد. جهت وزش باد به محض ورود به خیابان پارک وی تغییر کرده به شکلی که، در حاشیه شمالی خیابان پارک وی در نیمه غربی جهت شرقی و در نیمه شرقی جهت غربی پیدا می‌کند. در قسمت‌های میانی خیابان پارک وی جهت باد مجدداً به صورت شمالی تغییر می‌کند تا آنجا که در حاشیه‌های جنوبی خیابان پارک وی جهت باد به دلیل برخورد با ساختمان‌ها تغییر کرده و با جهتی شمال غربی و شمال شرقی وارد قسمت جنوبی خیابان ولیعصر می‌شود و در خیابان ولیعصر دوباره به جهت شمال تغیر می‌کند و ادامه می‌یابد. سرعت باد در حاشیه‌های شمالی و جنوبی خیابان پارک وی به کمترین مقدار خود می‌رسد. همچنین سرعت باد در قسمت جنوبی خیابان ولیعصر به بیشترین مقدار خود می‌رسد. حاشیه جنوبی خیابان پارک وی که سرعت باد به کمترین مقدار خود می‌رسد مطابق با محدوده‌هایی است که غلظت آلاینده‌ها در آن افزایش پیدا کرده است.



شکل۱۰- پراکنش آلاینده PM2. 5، سرعت و جهت باد در ساعت۷:۳۰ صبح ۲۹ اکتبر ۲۰۱۳محدوده خیابان ولیعصر- پارک وی

شکل ۱۱، غلظت‌های PM 2.5 را در سطح زمین برای شرایط جهت وزش باد ۲۰۰ درجه و سرعت ورودی ۴ متر بر ثانیه، در ساعت ۷:۳۰ صبح روز ۶ نوامبر ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد. توزیع مکانی غلظت آلاینده‌ها نشان می‌دهد که بیشترین غلظت آلاینده‌ها در نیمه شمالی خیابان پارک وی و ابتدای نیمه غربی شمال خیابان ولیعصر می‌باشد. در این محدوده غلظت آلاینده‌ها از سمت جنوب به شمال در حال افزایش است. جهت باد در این محدوده جنوب غربی و در قسمت جنوبی خیابان ولیعصر به طور کامل جنوبی است. باد با جهت جنوب غربی در هنگام برخورد با ساختمان‌های نیمه شمالی خیابان پارک وی تغییر کرده و در اطراف خیابان‌ها جهتی غربی پیدا می‌کند. همچنین در شمال خیابان ولیعصر جهت باد حالتی تقریباً جنوبی پیدا می‌کند. سرعت باد در شمال خیابان ولیعصر به بیشترین مقدار خود (بیش از ۴ متر در ثانیه) می‌رسد، از طرف دیگر در جنوب خیابان ولیعصر نیز

سرعت باد بالا می‌باشد. در خیابان پارک وی بیشترین سرعت باد در مرکز خیابان است و حاشیه شمالی و جنوبی این خیابان سرعت باد به کمترین مقدار خود می‌رسد. حاشیه جنوبی به دلیل وضعیت بادپناهی بودن و حاشیه شمالی به دلیل وجود ساختمان‌ها که به صورت مانعی، سرعت باد را کاهش داده‌اند. قسمت شمالی خیابان پارک وی که از سرعت باد کاسته می‌شود محل تمرکز آلاینده‌ها می‌باشد.



شکل۱۱- پراکنش آلاینده PM2.5، سرعت و جهت باد در ساعت۷:۳۰ صبح ۶ نوامبر۲۰۱۳ محدوده خیابان ولیعصر- پارک وی

٤- نتیجه گیری

در این پژوهش، پراکنش آلاینده PM2.5 در دو روز متفاوت از لحاظ شرایط اقلیمی، برای ساعت ۷:۳۰ دقیقه صبحِ ۲۹ اکتبر و ۶ نوامبر ۲۰۱۳ مورد واکاوی و مقایسه قرار گرفت، همچنین پارامترهای سرعت و جهت باد به عنوان عناصر جوی اثر گذار در پراکنش آلاینده مورد بررسی قرار گرفته‌اند.خروجی‌های مدل خرد آب و هوایی ENVI-met نشان می‌دهد که رابطهٔ محسوسی بین تجمع و پراکنش آلاینده‌ها با سرعت و جهت باد به چشم می‌خورد. توزیع مکانی آلاینده ذرات معلق با شدت جریان هوا در طول و عرض خیابان در رابطه است. بدین شکل مکان‌هایی که در آن سرعت باد افزایش پیدا کرده است تا حدی با مناطقی که غلظت آلاینده‌ها در آنجا بالاست رابطه عکس دارد. در برخی از مکان‌ها که سرعت باد در آن به شدت کاهش پیدا کرده است، غلظت آلاینده‌ها در آنجا به بیشترین مقدار خود نمی‌رسد، بلکه عمده تجمع آلاینده‌ها در مکان‌هایی بوده است که سرعت باد بین ۱ تا ۳ متر در ثانیه می‌باشد. همچنین جهت بادی که به سمت ساختمان‌ها و دیگر موانع هدایت شده است، پس از برخورد با مانع از سرعت آن کاسته شده و سبب افزایش غلظت آلاینده‌ها شده است.

منابع

۱- خوشنواز، س.، ۱۳۹۳، مدل‌سازی اثر جهت خیابان در پراکنش آلودگی هوا، مطالعه موردی: ناحیه ۱ و ۲ منطقه ۶ شهرداری تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا.

۲- شمسی پور، ع.، ۱۳۹۲، مدل سازی آب و هوایی؛ نظریه و روش، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

۳- شمسی پور، ع.، امینی، ژ.، ۱۳۹۲. شبیه سازی الگوی پراکنش CO با مدل خرد اقلیمی ENVI-met در مسیر آزادی – تهران‌پارس، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره هفتم، پاییز ۱۳۹۲.

۴- صادقی دهنوی، م.، شیران، غ.، پور معلم، ن.، ۱۳۸۳. تخمین آلودگی هوای ناشی از جریانهای ترافیکی در خیابان های شهری، اولین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، اردیبهشت ماه ۱۳۸۳.

۵- محمدی، ح.، ۱۳۹۰. آب و هواشناسی شهری، انتشارات دانشگاه تهران.

۶- معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک تهران، ۱۳۹۲. گزیده آمار حمل ونقل و ترافیک تهران، تدوین و نشر: شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران.

۷- منصوری، ن.، اسماعیل زاده، ج.، ۱۳۸۹. بررسی غلظت ذرات معلق ناشی از ترافیک در بزرگراه های شهری تهران، مهندسی ترافیک، پاییز ۱۳۸۹.

8- Albrinck, B. 2010. " An Exploratory Stady of Urban Transportation and Air Quality Issues Using CO as an Indicator", Master of Science, In the School of Energy, Environmental, Biological, and Medical Engineering of the College of Engineering and Applied Sciences, 5 - November 2010.

9- Bruse, M., 2007. ENVI-met implementation of the gas/ particle dispersion and deposition

10- Jeelani, A. Hesham A, 2013. "The Impact of Traffic Emission on Air Quality in an Urban Environment", Journal of Environmental Protection, 2013, 4, 205-217.

11- Krzyzanowski, M. 2008. "WHO Air Quality Guidelines for Europe". Environement. Health., vol.71,no.1,pp.47-50.

12- Leong, S, T. Muttamara , S. Laortankul, P. 2002. " Air Pollution and Traffic Measurements in Bankok Streets", Asian J. Energy Environ., Vol. 3, Issues 3-4, (2002), pp. 185-213

13- model PDDM. www.Envi-met.com.

14- Nikolova, Irina and others., 2011. Dispersion Modelling of Yeraffic of Induced UltraFine Particles in Street Canyon in Antwerp, Belqium and Comparision with Observations. Technological Research 15, 336-343.