

سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران

پذیرش نهایی: ۹۶/۷/۲۲

دریافت مقاله: ۹۶/۴/۲۳

DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.3.23

چکیده

سیستم‌های پیش‌بینی کیفیت هوای از جمله ابزارهای کاربردی در راستای حفاظت از سلامت شهروندان می‌باشند که به طور گسترده در کشورهای مختلف پیاده‌سازی شده‌اند. این سیستم‌ها به منظور محاسبه غلظت آلاینده‌هایی نظیر ازن^۱، دی‌اکسید نیتروژن^۲، ذرات معلق کوچکتر از ۰,۵ و ۱۰ میکرون^۳ که تأثیرات جدی بر سلامت انسان دارند مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این اطلاعات و نتایج پیش‌بینی آلودگی هوای می‌توان در جهت هشدار به شهروندان در شرایط اضطرار آلودگی هوای همچنین تسهیل اتخاذ تصمیمات مدیریتی توسط مدیران و برنامه‌ریزان شهری استفاده کرد. از جمله این تصمیمات می‌توان به اعمال محدودیت‌های ترافیکی نظیر طرح زوج و فرد، تعطیلی صنایع آلاینده، تعطیلی مدارس و ادارات و غیره اشاره کرد. در همین راستا برای شهر تهران نیز سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای برای اهداف مدیریت کوتاه مدت و بلند مدت آلودگی هوای این شهر را اندازی شده است. این سامانه در حاضر به صورت عملیاتی و روزانه برای شهر تهران در حال اجرا و استفاده می‌باشد و نتایج مربوط به پیش‌بینی شرایط هواشناسی و آلودگی هوای برای ۷۲ ساعت آینده در شهر تهران را از طریق سایت سامانه^۴ در اختیار شهروندان، کارشناسان و تصمیم‌گیران شهری قرار می‌دهد. در مقاله حاضر به معرفی این سامانه، بانک‌های اطلاعاتی در حال استفاده، مدل‌ها و اجزای مختلف آن پرداخته شده است. همچنین ارتباط میان اجزای مختلف سامانه، کاربردهای آن و خروجی‌هایی که سامانه در اختیار می‌گذارد مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج این تحقیق می‌تواند برای سایر کلان‌شهرهای کشور در راستای راه‌اندازی سامانه‌های مدیریتی در حوزه کاهش آلودگی هوای مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای مدیریت آلودگی هوای

مقدمه

آلودگی هوای یکی از مهم‌ترین معضلات کلان‌شهرهای جهان است که علاوه بر ضررهای واردۀ بر سلامت شهروندان، تأثیرات اجتماعی و اقتصادی فراوانی را بر شهر تحمیل می‌کند. سیستم‌های پیش‌بینی کیفیت هوای از جمله ابزارهای کاربردی در راستای حفاظت از سلامت شهروندان می‌باشند که به طور گسترده در کشورهای مختلف پیاده‌سازی شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سیستم‌ها به منظور محاسبه غلظت آلاینده‌هایی نظیر مونوکسید کربن، اکسیدهای گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن و ذرات معلق که

¹ O₃

² NO₂

³ PM2.5

⁴ PM10

تأثیرات جدی بر سلامت انسان دارند مورداستفاده قرار می‌گیرند (Hosseini, Shahbazi, 2016). از این اطلاعات و نتایج پیش-بینی‌های آلودگی هوای می‌توان در جهت هشدار به شهروندان در شرایط اضطرار آلودگی هوای همچنین تسهیل اتخاذ تصمیمات مدیریتی توسط مدیران و برنامه‌ریزان شهری استفاده کرد (Baldasano, Jiménez-Guerrero et al, 2008). از جمله این تصمیمات می‌توان به اعمال محدودیت‌های ترافیکی نظر طرح زوج و فرد، تعطیلی صنایع آلایینده، تعطیلی مدارس، ادارات و غیره اشاره کرد. برای این منظور مطالعات مختلفی در کشور به منظور مدل‌سازی آلودگی هوای محاسبه غلظت آلایینده‌ها و همچنین آماده‌سازی ورودی‌های مورد نیاز برای این ابزارها انجام گرفته است. در سال ۱۳۸۸، الله یاری با استفاده از شبکه عصبی به پیش‌بینی غلظت ذرات معلق کوچکتر از ۱۰ میکرون^۱ شهر تهران در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸ پرداخته است. در این تحقیق مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه‌ای برای چند ایستگاه ساخته شد و با غلظت‌های ثبت‌شده در ایستگاه‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از این کار نشان داد که این مدل توانایی خوبی در پیش‌بینی غلظت آلایینده مورد نظر دارد (الله یاری، ۱۳۸۸). در سال ۱۳۹۰، گیوه‌چی با استفاده از مدل انتشار^۲ به مطالعه غلظت ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون ناشی از غبار صحرایی شهر تهران در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ پرداخته است. در این تحقیق با استفاده از عکس‌ها و غلظت‌های ثبت‌شده در ایستگاه‌های سنجش آلودگی نتایج بدست آمده مورد ارزیابی قرار گرفت. این بررسی، سهم میزان گردوغبار ناشی از صحرایی کشورهای همسایه در شهر تهران را مشخص می‌کند (گیوه‌چی، ۱۳۹۰). در سال ۱۳۹۱ شهبازی و همکاران پراکنش آلایینده‌های مونوکسید کربن^۳، مونوکسید نیتروژن^۴، دی‌اکسید گوگرد^۵ و دی‌اکسید نیتروژن در یک اپیزود بحرانی با استفاده از سیستم مدل‌سازی کیفیت هواء^۶ را بررسی کرده‌اند و نتایج شبیه‌سازی را با داده‌های ایستگاه‌های پایش کیفیت هواء را ارزیابی کرده‌اند (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۱). در سال ۱۳۹۱ هاشمیان نژاد، پراکنش آلایینده‌های مونوکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید نیتروژن را با ترکیب مدل‌های انتشار، هواشناسی و کیفیت هواء^۷ شبیه‌سازی کرده است. در این تحقیق برای مدل‌سازی هواشناسی از سه شبکه تودرتو استفاده شده است. نتایج این تحقیق با مقادیر اندازه‌گیری شده غلظت آلایینده‌ها در شهر تهران تطابق خوبی نشان داده است (هاشمیان نژاد، ۱۳۹۱). در سال ۱۳۹۲، شهبازی تأثیر پدیده وارونگی در ایجاد بحران آلودگی هوای را با استفاده از سیستم مدل‌سازی کیفیت هواء^۸ مورد مطالعه قرار داده است. در این تحقیق مدل‌سازی در دو اپیزود (۳ تا ۷ ژوئیه ۲۰۱۲ و ۳۰ نوامبر تا ۶ دسامبر ۲۰۱۳) به منظور بررسی پدیده وارونگی هوای انجام شده و نتایج بدست آمده برای غلظت آلایینده‌های مونوکسید کربن، مونوکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید نیتروژن با داده‌های ایستگاه‌های پایش آلودگی هوای مقایسه شده‌اند. درنهایت نشان داده شد به دلیل پدیده وارونگی، غلظت این آلایینده‌ها در اپیزود دوم افزایش یافته است (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۲). در سال ۱۳۹۲، محق با استفاده از مدل ترکیبی هواشناسی و کیفیت هواء^۹ به مطالعه غلظت مونوکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد در کشور ایران پرداخته است. در این تحقیق نتایج مدل با مقدار غلظت آلایینده‌های ثبت شده در ۵ شهر بزرگ صنعتی مقایسه شد. نتایج به دست آمده از مقادیر اندازه‌گیری شده در واقعیت بسیار کمتر بوده که دلیل این اختلاف دقت پایین داده‌های انتشار بیان شده است (محق، ۱۳۹۲). در سال ۱۳۹۳ میرشی به توسعه ضرایب انتشار منابع متحرک شهر تهران بهمنظور استفاده در مدل عددی پراکنش آلایینده‌گی^{۱۰} پرداخته است. در این تحقیق توسعه ماتریس انتشار مربوط به منابع متحرک در سیستم مدل‌سازی انتشار^{۱۱} صورت گرفته است. ضرایب انتشار جاده‌ای شهر با استفاده از داده‌های واقعی ترافیکی و اجرای مدل‌سازی انتشار منابع متحرک^{۱۲}

¹ PM10² HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT)³ CO⁴ NO⁵ SO2⁶ Weather Research and Forecasting model (WRF)-Comprehensive Air quality Model with Extensions (CAMx)⁷ Sparse Matrix Operator Kernel (SMOKE)-WRF- Community Multiscale Air Quality (CMAQ)⁸ CMAQ-WRF⁹ MOVES-SMOKE¹⁰ MOVES

تعیین و برای تولید داده‌های انتشار انواع گونه‌های شیمیایی مورد بررسی در مکانیزم شیمیایی مدل‌های کیفیت هوای در زمان و مکان مشخص تلقیق شده‌اند. درنهایت در راستای کاربرد ماتریس انتشار منابع موردنظر، مدل کیفیت هوای در ترکیب با مدل‌سازی میدان هواشناسی^۱ اجراشده است (میرشی، ۱۳۹۳). شبهای و همکاران در سال ۲۰۱۶ سیاهه انتشار مکانی شهر تهران را به منظور استفاده در مدل‌های کیفیت هوای تهییه کرده‌اند. در این تحقیق میزان انتشار آلاینده‌های مختلف ناشی از منابع آلاینده موجود در شهر تهران در تفکیک مکانی ۵۰۰ متر در ۵۰۰ متر ارائه شده است. همچنین براساس نتایج بدست آمده سهم منابع آلاینده مختلف در تولید انواع آلاینده‌ها در شهر تهران مشخص گردید. بر اساس این تحقیق منابع متحرک ۶٪ از اکسیدهای گوگرد، ۴۶٪ از اکسیدهای نیتروژن، ۹۷٪ از مونوکسیدکربن، ۸۶٪ از ترکیبات آلی فرار و ۷۰ درصد از ذرات معلق را تولید می‌کنند (Shahbazi, Reyhanian et al, 2016).

در سال ۲۰۱۷ شبهای و همکاران با استفاده از مدل کیفیت هوای^۲ به بررسی تأثیر طرح زوج و فرد بر غلظت آلاینده‌های مونوکسیدکربن و اکسیدهای نیتروژن در شهر تهران پرداختند. در این تحقیق نشان داده شد، میانگین تغییر در غلظت این آلاینده‌ها با اعمال این سناریو در شهر تهران به ترتیب ۴ و ۲ درصد بوده است (Shahbazi, 2017).

در همین راستا برای شهر تهران نیز سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای برای اهداف مدیریت کوتاه مدت و بلند مدت آلودگی هوای این شهر راهاندازی شده است. این سامانه در حاضر بصورت عملیاتی و روزانه برای شهر تهران در حال اجرا و استفاده می‌باشد و نتایج مربوط به پیش‌بینی شرایط هواشناسی و آلودگی هوای برای ۷۲ ساعت آینده در شهر تهران را از طریق سایت سامانه^۳ در اختیار شهروندان، کارشناسان و تصمیم‌گیران شهری قرار می‌دهد. در مقاله حاضر به معرفی این سامانه، بانک‌های اطلاعاتی در حال استفاده، مدل‌ها و اجزای مختلف آن پرداخته شده است. همچنین ارتباط میان اجزای مختلف سامانه، کاربردهای آن و خروجی‌هایی که سامانه در اختیار می‌گذارد مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج این تحقیق می‌تواند برای سایر کلان‌شهرهای کشور در راستای راهاندازی سامانه‌های مدیریتی در حوزه کاهش آلودگی هوای مورد استفاده قرار گیرد.

روش تحقیق

سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران با استفاده از مدل‌های هواشناسی و فتوشیمیایی مورد تأیید سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا^۴ توسعه داده شده است و در حال حاضر همه روزه برای شهر تهران در حال اجرا می‌باشد. با استفاده از این سامانه نتایج پیش‌بینی میدان‌های هواشناسی نظیر میدان‌های باد، دما، بارش، ابرناکی و غیره و همچنین وضعیت آلودگی هوای شهر تهران برای دو روزه آینده محاسبه شده و جهت اطلاع‌رسانی عمومی و اتخاذ تصمیمات مدیریتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سامانه همچنین در اهداف بررسی و محاسبه اثربخشی راه‌کارهای مختلف کنترل و کاهش آلودگی هوای مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این جمله می‌توان به بررسی اثربخشی اجرایی شدن برنامه جامع کاهش آلودگی هوای شهر تهران دربرش یک ساله اشاره کرد. در این برنامه یک ساله تصمیماتی از جمله طرح کاهش و ایجاد محدودیت ترافیکی برای وسایل نقلیه بر اساس میزان آلاینده‌گی تولیدی آن‌ها، جایگزینی تاکسی‌های فرسوده با نو، نصب فیلتر دوده بر روی ناوگان اتوبوس شرکت واحد، از رده خارج کردن مینی‌بوس‌های فرسوده شهر تهران و غیره اتخاذ شده است.

سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران از پنج قسمت اصلی تشکیل شده است:

- سامانه پیش‌بینی پارامترهای هواشناسی

¹ WRF-CAMx

² نشانی سایت: apfs.tehran.ir

³ United States Environmental Protection Agency

- سامانه محاسبه و پردازش پایگاه داده انتشار

- سامانه محاسبه و پیش‌بینی غلظت آلاینده‌ها متشکل از دو مدل فتوشیمیابی

- سامانه پردازش آماری و اصلاح نتایج پیش‌بینی‌ها

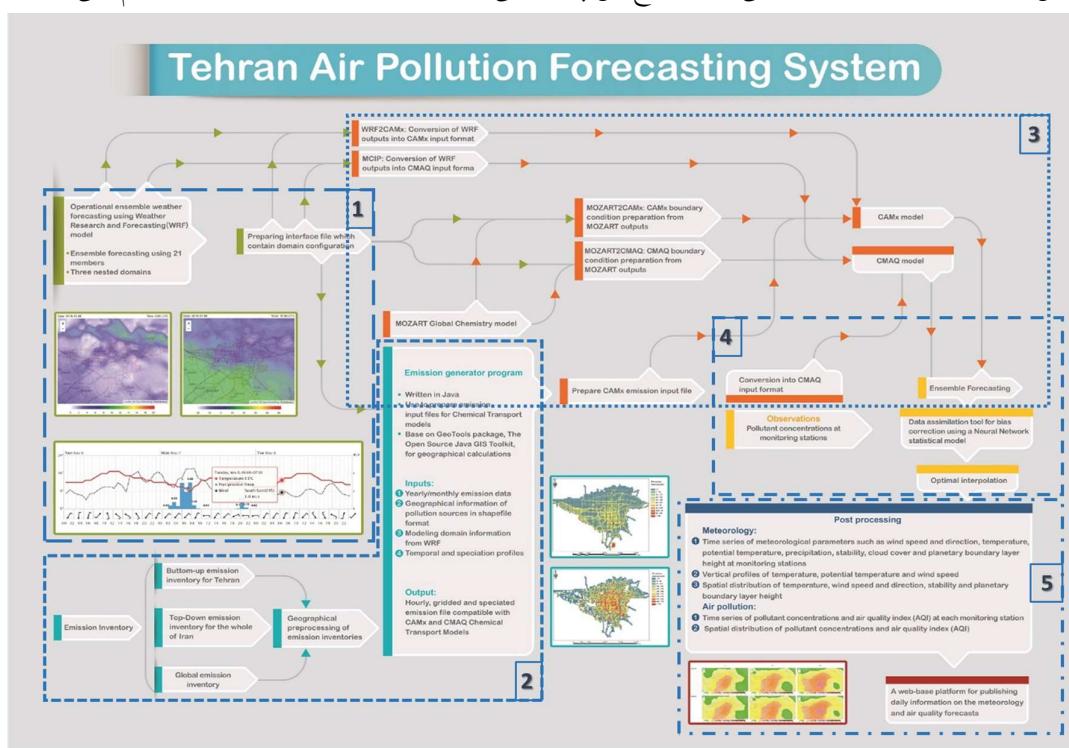
- پس‌پردازش، تولید خروجی‌های گرافیکی و نمایش بر روی سامانه تحت وب

در شکل ۱ اجزای مختلف سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران و نحوه ارتباط آن‌ها با یکدیگر نشان داده شده است.

سامانه پیش‌بینی هواشناسی

در اولین قسمت از سامانه، به پیش‌بینی میدان‌های هواشناسی، از جمله میدان‌های باد، دما، بارش، ابرناکی و غیره، در سه منطقه محاسباتی به ترتیب بر روی کل کشور ایران، استان تهران و استان‌های هم‌جوار و شهر تهران با ابعاد شبکه ۹، ۲۷ و ۳ کیلومتر پرداخته می‌شود (Shahbazi, Hosseini et al, 2014). برای این منظور از مدل پیش‌بینی وضعیت جوی^۱ استفاده می‌شود. دو مین‌های محاسباتی در مدل هواشناسی به صورت شماتیک در شکل ۲ نمایش داده شده است.

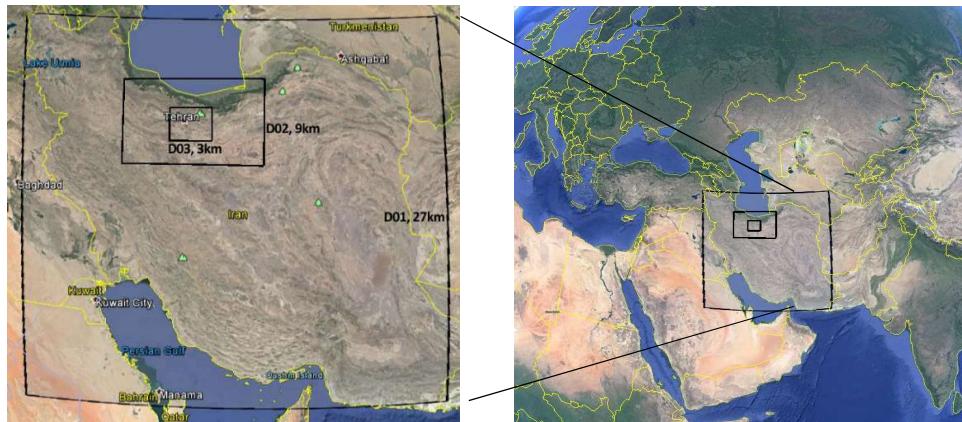
سامانه پیش‌بینی هواشناسی در سیستم پیش‌بینی کیفیت هوای شهر تهران، یک سامانه همادی می‌باشد. برای ایجاد اعضاي همادی، از ایجاد پریشیدگی در شرایط اولیه و مرزی و همچنین استفاده از ترکیب پارامتر سازی‌های فیزیکی متفاوت استفاده می‌شود. بخش مربوط به عدم قطعیت‌های موجود در شرایط اولیه و مرزی با ایجاد پریشیدگی‌های مثبت و منفی در شرایط اولیه و همچنین در شرایط مرزی مدل^۱ اعمال می‌شود. درواقع این پریشیدگی‌ها به شرایط اولیه و مرزی اضافه (و یا کم) می‌شوند.



شکل ۱- شماتیک اجزای مختلف سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران و ارتباط آن‌ها با یکدیگر

^۱ WRF

پس از اجرای مدل هواشناسی، به منظور عملیاتی سازی اجرای سایر قسمت‌های سامانه، با استفاده از خروجی‌های مدل هواشناسی یک فایل رابط حاوی تنظیمات اجرایی مدل از جمله مشخصات دومین‌های محاسباتی، زمان شروع پردازش و مدت زمان موردنیاز به منظور انجام پیش‌بینی، تولید و بعثوان ورودی در بخش‌های دیگر سامانه، یعنی مدل انتشار و مدل‌های کیفیت هوای مورداستفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲- شماتیک دومین‌های محاسباتی در سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران

سامانه محاسبه اطلاعات انتشار

در دومین بخش از سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران، ورودی‌های انتشار موردنیاز مدل‌های آلودگی هوای تولید و آماده ورودی به مدل می‌شوند. برای این منظور از سه پایگاه داده انتشار شامل (الف) سیاهه انتشار شهر تهران، (ب) سیاهه انتشار کل کشور ایران و (ج) سیاهه انتشار جهانی^۱ استفاده می‌شود.

سیاهه انتشار شهر تهران، به دلیل دقیق‌ترین کیفیت بالاتر (رزولوشن مکانی ۵۰۰ متر) در مقایسه با دو پایگاه داده دیگر، با اولویت اول پردازش شده و وارد مدل می‌گردد (Shahbazi, Reyhanian et al, 2016, Shahbazi, Taghvaei et al, 2016). دومین پایگاه داده، تولید و انتشار آلودگی در کل ایران می‌باشد که با تفکیک مکانی شهرهای ایران پردازش شده و با اولویت دوم به ورودی انتشار مدل‌های کیفیت هوای اضافه می‌گردد. در مرحله سوم به منظور پوشش دادن مناطقی که اطلاعات انتشار برای آنها موجود نمی‌باشد و یا برخی منابع نادیده گرفته شده‌اند، از اطلاعات پایگاه داده انتشار جهانی^۱ با تفکیک مکانی ۱۰ درجه استفاده می‌شود (Janssens-Maenhout, Dentener et al, 2012).

یکی از مراحل اصلی پردازش اطلاعات انتشار در سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای انجام سه فرآیند گونه‌زایی شیمیایی، اعمال تفکیک زمانی و در نهایت شبکه‌بندی سیاهه انتشار می‌باشد. به همین جهت، سه پایگاه داده انتشار، وارد ابزار پردازش اطلاعات انتشار به منظور تولید ورودی مدل آلودگی هوای می‌شوند. این برنامه به زبان جاوا^۲ نوشته شده و قابلیت انجام سه فرآیند گونه‌زایی شیمیایی، اعمال تفکیک زمانی بر روی داده‌های انتشار و شبکه‌بندی اطلاعات انتشار بر اساس موقعیت جغرافیایی منابع و اطلاعات شبکه را دارا می‌باشد. ورودی‌های موردنیاز ابزار پردازش اطلاعات انتشار شامل دو فایل ورودی برای میزان سالانه انتشار از منبع آلاینده و موقعیت جغرافیایی منبع (به صورت نقطه‌ای، خطی و یا سطحی) می‌باشد. در تنظیمات ابزار پردازش اطلاعات انتشار برای هر منبع آلاینده پروفیل‌های تفکیک زمانی ماهانه، روزانه و ساعتی و همچنین پروفیل‌های گونه‌زایی شیمیایی مطابق با مکانیزم شیمیایی مورداستفاده در مدل آلودگی هوای به صورت مجزا اختصاص داده می‌شود.

¹ Edgar-HTAP

² JAVA

سامانه پیش‌بینی کیفیت هوای

دو دسته ورودی تولید شده در قسمت‌های اول و دوم سامانه، شامل پیش‌بینی میدان‌های هواشناسی و اطلاعات انتشار، وارد مدل‌های کیفیت هوای^۱ شده و در این مدل‌ها از طریق حل معادله بقاء برای هر گونه آلاینده، به محاسبه غلظت آلاینده‌های گازی و ذرات اولیه و ثانویه در سه دومن محساباتی اشاره شده، پرداخته می‌شود (Shahbazi, Hosseini et al, 2014).

مدل‌های کیفیت هوای^۲، مدل‌های اویلری فتوشیمیایی می‌باشند که فرآیندهای جابجایی عمودی و افقی، پخش عمودی و افقی، تهشیینی تر و خشک و واکنش‌های شیمیایی را برای هر گونه شیمیایی (i) شبیه‌سازی کرده و با حل معادله پیوستگی (معادله ۱) غلظت آلاینده‌ها را محاسبه می‌کند.

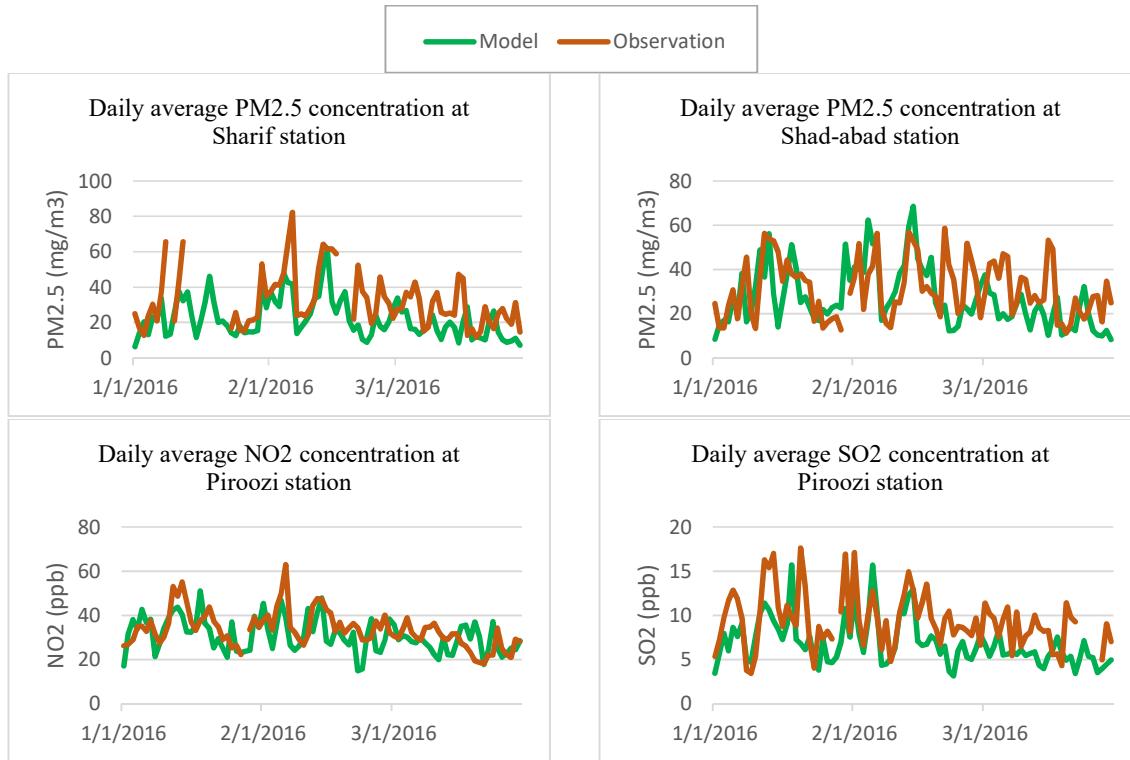
$$\frac{\partial c_l}{\partial t} = -\nabla_H V_H c_l + \left[\frac{\partial(c_l \eta)}{\partial z} - c_l \frac{\partial^2 h}{\partial z \partial t} \right] + \nabla \cdot \rho K \nabla \left(\frac{c_l}{\rho} \right) + \frac{\partial c_l}{\partial t} \Big|_{Emission} + \frac{\partial c_l}{\partial t} \Big|_{Chemistry} + \frac{\partial c_l}{\partial t} \Big|_{Removal} \quad (1)$$

که در این رابطه V_H بردار سرعت افقی، h ارتفاع لایهی مشترک، ρ دانسیته اتمسفر، K ضریب تغییر توربولانسی^۳ است. اولین ترم در سمت راست معادله، جابجایی افقی، دومین ترم نرخ کلی انتقال در جهت عمودی و سومین ترم جریانات نفوذ را نشان می‌دهد. شیمی مسئله به صورت یک سری واکنش‌های خودبه‌خودی و با توجه به یک مکانیزم شیمیایی خاص تعریف می‌شود. حذف آلاینده‌ها نیز شامل، تهشیینی خشک^۴ و مرطوب^۵ (به‌وسیله بارش) می‌شود.

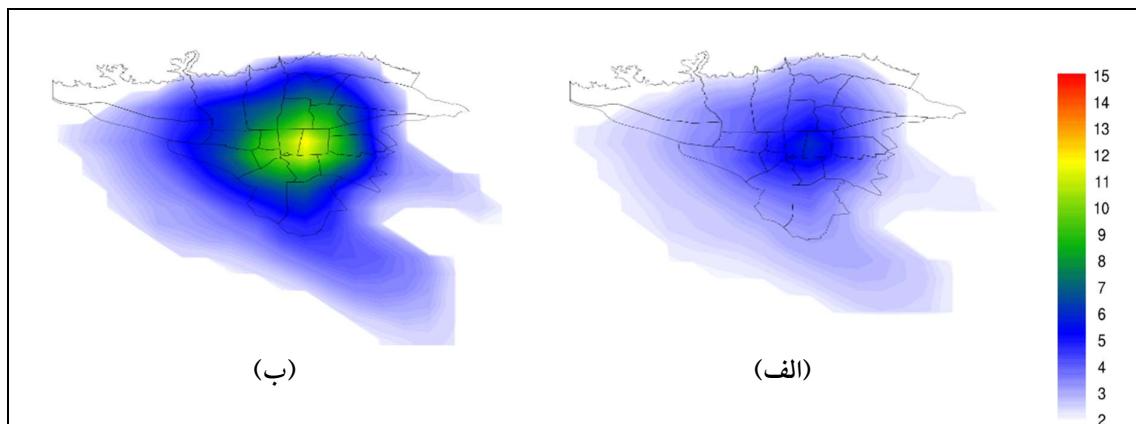
به‌منظور بررسی عملکرد مدل‌های فتوشیمیایی در سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران نتایج مدل‌ها با غلظت‌های اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌ها مقایسه می‌شوند تا از این طریق بتوان به طور مداوم عملکرد مدل‌ها در شرایط عملکردی مختلف را بررسی کرده و نواقص مدل بر طرف گردد. شکل ۳ نمونه‌ای از این نتایج را برای آلاینده‌های ذرات معلق کوچکتر از ۲,۵ میکرون، دی‌اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد و در بازه زمانی سه‌ماهه از ژانویه تا مارچ سال ۲۰۱۶ نشان می‌دهد. در این شکل میانگین غلظت روزانه آلاینده‌ها با پارامتر مشابه اندازه‌گیری شده در موقعیت ایستگاه‌های پایش مقایسه شده است.

از دیگر کاربردهای سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران، در کنار پیش‌بینی روزانه سطح غلظت آلاینده‌های مختلف، فراهم‌سازی ابزاری مناسب جهت بررسی اثربخشی راه‌کارهای کنترل و کاهش آلودگی هوای همچنین انجام پردازش‌های آنالیز حساسیت آلودگی هوای شهر تهران نسبت به پارامترهای مختلف از جمله منابع تولید و انتشار آلودگی می‌باشد. به عنوان نمونه، در شکل ۴ تغییرات غلظت ذرات معلق کوچکتر از ۲,۵ میکرون در شهر تهران ناشی از جایگزینی موتورسیکلت‌های کاربراتوری با برقی در دو سناریو و برای یک اپیزود ۲۰ روزه بحرانی آلودگی در سال ۱۳۹۴ نشان داده شده است.

¹ CMAQ² CAMx³ Turbulent exchange (or diffusion) coefficient⁴ Dry deposition⁵ Wet scavenging



شکل ۳- مقایسه نتایج سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای با غلظت‌های اندازه‌گیری شده در موقعیت ایستگاه‌های پیش‌بینی شهر تهران



شکل ۴- درصد کاهش غلظت ذرات معلق کوچکتر از ۲,۵ میکرون در شهر تهران ناشی از جاگزینی موتورسیکلت‌های کاربراتوری با برقی در دو سناریو (الف) جایگزینی ۲۵٪ ناوگان - (ب) جایگزینی ۵۰٪ ناوگان

مدت زمان اجرای روزانه مدل هواشناسی، مدل‌های کیفیت هوای^۱ بر روی سرور و به مدت ۷۲ ساعت به ترتیب ۱,۳۰، ۲,۳۰ و ۳ ساعت می‌باشد.^۲

۱ CMAQ
۲ CAMx

۳ مشخصات سخت‌افزار مورداستفاده در سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای به صورت زیر می‌باشد:

-Operating system: CentOS 6.5
-Server: HP ProLiant DL580 G7
-8 Intel(R) Xeon E7- 4870 CPUs (2.40 GHz)
-Number of CPU cores: 80
-132GB memory space

سامانه پردازش آماری و اصلاح پیش‌بینی‌ها

چهارمین قسمت از سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران، پردازش آماری نتایج پیش‌بینی‌ها در موقعیت ایستگاه‌های پایش کیفیت هوای بهمنظور بهبود و اصلاح پیش‌بینی‌ها می‌باشد. برای این منظور از یک مدل آماری بر پایه شبکه عصبی استفاده شده است (Mishra and Goyal, 2016). مدل آماری با استفاده از داده‌های پیش‌بینی هواشناسی، پیش‌بینی آلودگی هوای غلاظت‌های اندازه‌گیری شده در موقعیت ایستگاه‌های پایش در بازه زمانی دو ساله از ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۶ آموزش دیده شده و به صورت یک مدل مجزا همه‌روزه پس از اجرای مدل‌های هواشناسی و کیفیت هوای اجراسده است و نتایج نهایی پیش‌بینی کیفیت هوای در موقعیت ایستگاه‌های پایش شهر تهران را تولید می‌کند. پس از اجرای مدل آماری، با استفاده از روش میانیابی بهینه^۱، نتایج مدل آماری در میدان غلاظت پیش‌بینی شده توسط مدل‌های فتوشیمیابی اعمال شده و از این طریق نقشه‌های غلاظت آلاینده‌ها بر روی شهر تهران نیز اصلاح می‌شود (Prasad, Gorai et al, 2016).

پس‌پردازش، تولید خروجی‌های گرافیکی و نمایش بر روی سامانه تحت وب

نتایج روزانه پیش‌بینی کیفیت هوای شهر تهران در قالب سامانه‌ای تحت وب در اختیار کارشناسان متخصص قرارداده می‌شود تا با استفاده از این نتایج و بر اساس تجربه، وضعیت کیفیت هوای شهر تهران را برای دو روز آتی پیش‌بینی نمایند. اطلاعات متعددی از نتایج روزانه مدل‌های مختلف بر روی سامانه تحت وب پیش‌بینی آلودگی هوای قرار داده می‌شود که به دو دسته کلی پارامترهای هواشناسی و غلاظت آلاینده‌ها تقسیم می‌شود.

در قسمت هواشناسی اطلاعاتی از جمله میدان دما، دمای پتانسیل، سرعت و جهت باد، بارش، ضخامت لایه‌مرزی و وضعیت پایداری جوی به صورت نقشه‌های دوبعدی، نمودار تغییرات زمانی و نمودار تغییرات عمودی با ارتفاع در نقاط مشخص در اختیار کارشناسان قرار داده می‌شود. در شکل ۵ نمونه‌ای از خروجی‌های هواشناسی که همه‌روزه بر اساس نتایج پیش‌بینی‌ها بر روی وبسایت سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران قرار داده می‌شود، نمایش داده شده است.

به همین صورت در قسمت آلودگی هوای غلاظت آلاینده‌های ذرات معلق کوچکتر از ۲,۵ و ۱۰ میکرون، دی‌اکسید گوگرد، ازن، دی‌اکسید نیتروژن و مونوکسید کربن و شاخص کیفیت هوای به صورت نقشه‌های دوبعدی یا کانتور، نمودارها و جداول متغیر بازمان در نقاط مشخص تولید می‌شود. در شکل ۶ نمونه‌ای از نتایج کیفیت هوای همه‌روزه بر اساس پیش‌بینی‌های به دست آمده بر روی وبسایت سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران قرار داده می‌شود، نمایش داده شده است. خروجی‌های بخش کیفیت هوای به تفکیک نتایج دو مدل اویلری فتوشیمیابی^۲ و مدل آماری در اختیار کاربر قرار داده می‌شود.

شکل ۶ کارهای آتی

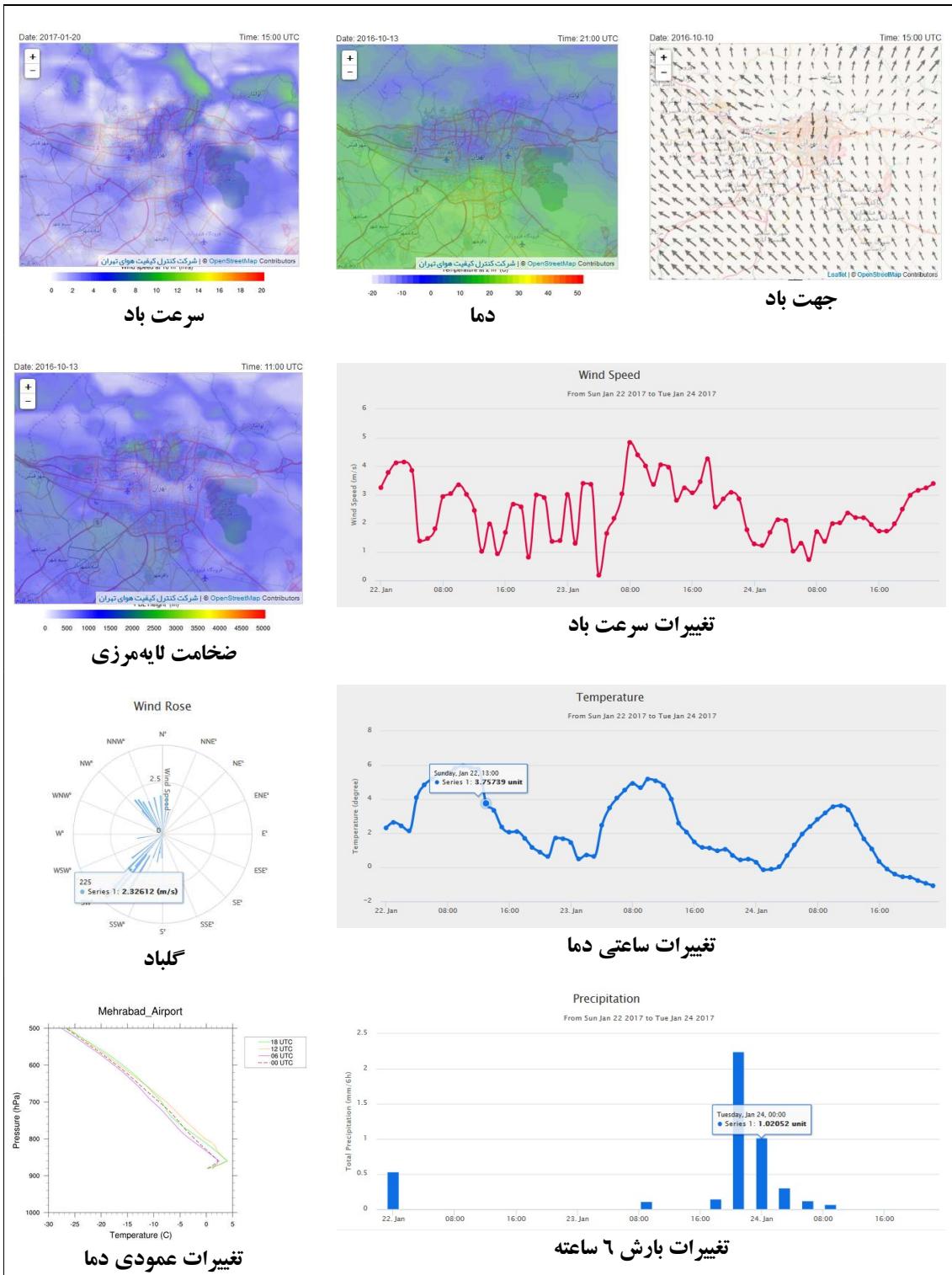
اقدامات گوناگونی بهمنظور ارتقاء کیفیت سیستم پیش‌بینی آلودگی هوای تهران در دست انجام می‌باشد. از آن جمله می‌توان به راه‌اندازی یک سامانه پیش‌بینی کیفیت هوای در مقیاس جهانی بهمنظور فراهم‌سازی شرایط مرزی موردنیاز در مدل‌های کیفیت هوای مورداستفاده^۱، اشاره کرد. همچنین با استفاده از روش‌های نوین گوارد داده و مدل‌سازی معکوس در نظر است تا پایگاه داده انتشار و پروفیل‌های تغییرات ساعتی و فصلی، در دو مرحله بر روی کل کشور ایران و شهر تهران با استفاده از داده‌های مشاهدات اصلاح گردد. از دیگر اقدامات ضروری در زمینه بهروزرسانی سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران، تهیه مدل مناسب بهمنظور محاسبه میزان انتشار گرد و خاک از کانون‌های مؤثر بر منطقه می‌باشد.

5.6TB hard space

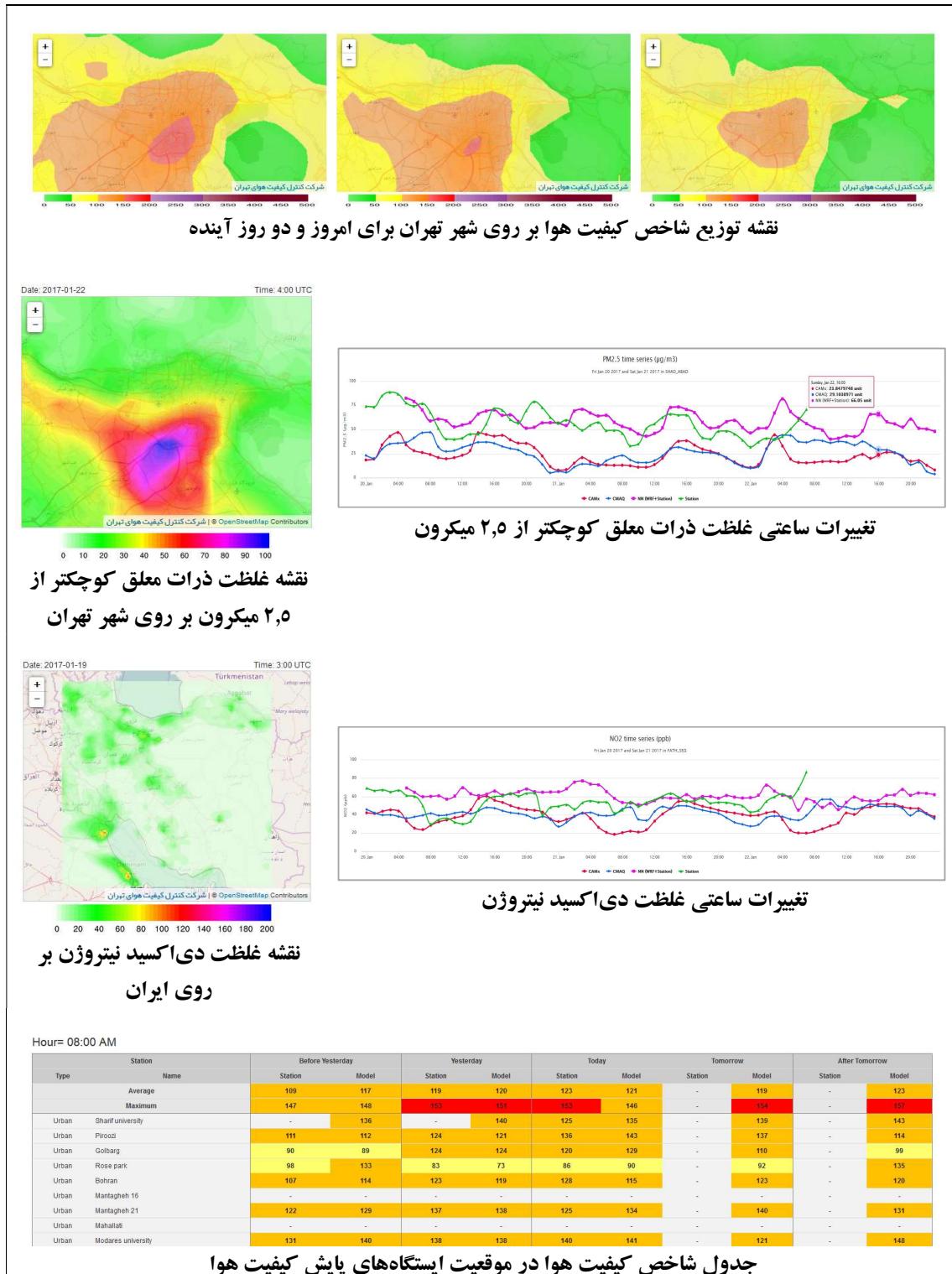
¹ Optimal Interpolation (OI)

² CMAQ & CAMx

سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران ۹



شكل ۵- نمونه‌ای از خروجی‌های پیش‌بینی پارامترهای هواشناسی در سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران



شکل ۶- نمونه‌ای از خروجی‌های پیش‌بینی کیفیت هوای در سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر به معروفی سامانه سیستم پیش‌بینی آلودگی هوای شهر تهران پرداخته شد. اجزای مختلف سامانه و ارتباط میان آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته و کاربردهای سامانه در راستای مدیریت کوتاه مدت و بلندمدت آلودگی هوای شهر تهران بیان شدند. سیستم‌های پیش‌بینی کیفیت هوا در کشورهای مختلف به طور گستردگی و برای اهداف گوناگونی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با استفاده از این سیستم‌ها می‌توان بحران‌های آلودگی هوا در یک منطقه را پیش از وقوع آن‌ها پیش‌بینی کرده و با اطلاع‌رسانی عمومی و همچنین فراهم‌سازی امکان اتخاذ تصمیمات مدیریتی، از جمله تعطیلی مدارس و ادارات، صنایع آالاینده، اعمال محدودیت‌های ترافیکی و غیره، از تشدید آلودگی هوا جلوگیری کرده و اقدامی مؤثر در جهت حفظ سلامت شهروندان برداشت.

منابع و مأخذ

- ازوجی، حسن (۱۳۹۳)، مدل سازی غلظت ذرات معلق آالاینده هوای شهر تهران بوسیله مدل ، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف.
- الله‌یاری، مهدی (۱۳۸۸)، مدل‌های شبکه عصبی برای پیش‌بینی غلظت ذرات معلق(PM10) در هوای تهران و مقایسه با اندازه‌گیری‌ها، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، رشته مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف.
- شهبازی، حسین، رشیدی، یوسف، حسینی، وحید (۱۳۹۱)، بررسی پراکندگی آالاینده‌های اصلی هوا در شهر تهران در یک اپیزود بحرانی، اولین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، دانشگاه صنعتی شریف.
- شهبازی، حسین (۱۳۹۲)، بررسی اثرات وارونگی در ایجاد بحران آلودگی هوا با استفاده از مدل‌های هواشناسی و واکنش‌های فتوشیمیابی، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف.
- گیوه چی، راحله (۱۳۹۰)، تعیین منابع صحرایی طوفان‌های گرد و غبار مختلف و سهم هر کدام در غلظت PM10 در تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته عمران، دانشگاه صنعتی شریف.
- محقق، محمد حسن (۱۳۹۲)، مدل سازی کیفیت هوای ایران بوسیله مدل ترکیبی WRF-CMAQ. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.
- میرشی، سمیرا (۱۳۹۳)، توسعه و کاربری د ماتریس ضرایب انتشار منابع متجرک شهر تهران در مدل عددی پراکنش آالاینده‌گی هوا WRF/CAMx پایان نامه ارشد رشته مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف.
- هاشمیان نژاد، بابک (۱۳۹۳)، مطالعه پراکنش آالاینده‌های هوای تهران با مدل. CMAQ پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

- Baldasano, J., Jiménez-Guerrero, P., Jorba, O., Pérez, C., López, E., Güereca, P., Martín, F., Vivanco, M., Palomino, I., Querol, X. (2008), Caliope an Operational Air Quality Forecasting System for the Iberian Peninsula, Balearic Islands and Canary Islands? First Annual Evaluation and Ongoing Developments Advances in Science and Research Vol. 2, pp. 89-98.
- Hosseini, V. Shahbazi, H. (2016), Urban Air Pollution in Iran, Iranian Studies, Vol. 49, No. 6, pp. 1029-1046.
- Janssens-Maenhout, G., Dentener, F., Van Aardenne, J., Monni, S., Pagliari, V., Orlandini, L., Klimont, Z., Kurokawa J-i., Akimoto, H., Ohara, T. (2012), EDGAR-HTAP a Harmonized Gridded Air Pollution Emission Dataset Based on National Inventories." European Commission Publications Office, Ispra, Italy, EUR report No. EUR 25229 40.
- Mishra, D., Goyal, P. (2016), Neuro-fuzzy Approach to Forecast NO. 2 Pollutants Addressed to Air Quality Dispersion Model Over Delhi, India Aerosol Air Qual. Res Vol. 16, pp. 166-174.
- Prasad, K., Gorai, A. K., Goyal, P. (2016), Development of ANFIS Models for Air Quality Forecasting and Input Optimization for Reducing the Computational Cost and Time." Atmospheric Environment, Vol. 128, pp. 246-262.
- Shahbazi, H., Hosseini, V., Hamedi, M. (2014), Investigating the Effect of Odd-Even Day Traffic Restriction Policy on Tehran Air Quality. Transportation Research Board 93rd Annual Meeting.

- Shahbazi, H., Reyhanian M., Hosseini, V., Afshin, H. (2016), The Relative Contributions of Mobile Sources to Air Pollutant Emissions in Tehran, Iran an Emission Inventory Approach." Emission Control Science and Technology, Vol. 2, No. 1, pp. 44-56.
- Shahbazi, H., Rashidi, Y., Hosseini, V. (2012), Investigating the Distribution of Criteria Pollutants Over Tehran During a Highly Polluted Episode, First National Conference on Air and Noise Pollution Management, Tehran, Iran.
- Shahbazi, H., Taghvaei, S., Hosseini, V., Afshin, H. (2016), A GIS based emission inventory development for Tehran, Urban Climate, Vol.17, pp.216-229.