

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

مدلسازی و مدیریت آلودگی هوای تهران

محمدحسن حدادی (نویسنده مسئول)^۱، فرحانه حدادی^۲، فاطمه الیاسی^۳

^۱. استادیار گروه مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ارس، هادیشهر، آذربایجان شرقی. mhhaddadi@gmail.com

^۲. کارشناسی مهندسی برق و فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران. farhanehaddadi@gmail.com

^۳. کارشناسی فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران. Fatemehelyasi2000@gmail.com

چکیده

امروزه با پیشرفت جوامع بشری و گسترش ماشین آلات و صنعت، آلودگی هوای شهرهای بزرگ بیشتر از قبل شده است. برای دستیابی به یک سیستم مدیریتی جامع در زمینه آلودگی هوا نیاز است تا همه جوانب و ابزارهای آن بخوبی شناخته شوند و نقش این ابزارها در کل سیستم مدیریتی تعیین شود. در این مقاله در نظر است به اهمیت و نقش مدلها و مدلسازی آلودگی هوا در مدیریت و کنترل آلودگی هوا پرداخته شود. لذا در این مطالعه به بررسی شش ساله آلودگی هوای تهران در ۶ ماهه دوم سالهای ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۱ پرداخته شده است. بر اساس داده های جمع آوری شده از سازمان هواشناسی، مشخص گردید که در مناطق مختلف تهران در ماههای منجر به انتهای سال، آلودگی هوا در مناطق ۱، ۱۲ و ۲۰ بیشتر از سایر مناطق بوده است. البته نکته جالب توجه در این است که در سال ۱۳۹۸ کمترین آلودگی را در تهران داشته ایم که ناشی از کرونا بوده است. بنابراین می توان دلیل عمده آلودگی هوا را تردد و سوخت خودروها و اتوبوسها دانست. که میبایست مدیران برای این مورد تمهیدات لازم را انجام دهند.

کلید واژه: آلودگی هوا، شهر تهران، مدل سازی، مدیریت آلودگی

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

۱. مقدمه

گسترش شهرنشینی و توسعه شهرها به همراه افزایش شتابان جمعیت و توسعه فعالیت های صنعتی با مصرف بی رویه سوخت های فسیلی به شدت آلودگیها را افزایش داده و میزان آن را بیش از ظرفیت قابل تحمل محیط نموده است [۱]. امروزه آلودگی هوای تهران، به عنوان یکی از مهمترین مسائل زیست محیطی این شهر محسوب می گردد [۲]. آلاینده های شیمیایی خطرناک توسط تعدادی از فعالیتهای طبیعی و مصنوعی تولید شده و وارد محیط زیست میشوند و در نهایت موجب بروز اثرات نامطلوب بر سلامتی افراد و محیط زیست میگرددند. امروزه بسیاری از شهرهای مهم دنیا با مشکلات زیست محیطی مواجه هستند، که در راس آنها وضعیت نامطلوب کیفیت هوا است، در نتیجه قرار گرفتن شهروندان در معرض هوای آلوده در شهرهای بزرگ امری اجتناب ناپذیر است [۳]. با در نظر گرفتن نرخ رشد جمعیت در این گونه شهرها و فقدان اطلاعات لازم جهت پایش آلودگی هوا، احتمال دارد آلودگی هوا به مرور زمان بیشتر شده و زندگی بسیاری از شهروندان در معرض خطر قرار گیرد [۴].

طبق مطالعات اداره کل حفاظت محیط زیست استان تهران، ۷۰ درصد مرگ و میرها در تهران ناشی از مشکلات تنفسی و قلبی است که این مشکلات ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با آلودگی هوای تهران دارد. در این ارتباط، در پی آلودگی هوا در سال، ۱۳۸۹ بنا به اعلام وزارت بهداشت و درمان، بیماری های تنفسی به دلیل آلودگی هوا، ۳۰ درصد افزایش یافت [۵]. آلودگی هوا تهدیدی جدی برای سلامت عمومی و محیط زیست است و تخمین زده می شود هر ساله در اثر آلودگی هوا میلیون ها تن مواد آلوده سمی وارد محیط زیست می شود [۴]. که عواقب آن در درجه اول به صورت انواع امراض و بیماری های تنفسی، تشدید بیماری های قلبی و ریوی متوجه ساکنان شهرها میشود. مضرات زیست محیطی از جمله خسارت های ناشی از آلودگی هوا همه ساله مقادیر هنگفتی از اعتبارات مالی، نیروی انسانی و... را موجب می شود. از مهمترین موضوعاتی که امروزه در ارتباط با اقلیم مطرح است، بحث مربوط به توسعه شهرنشینی و آلودگی هوای شهری و متعاقب آن آب و هوای شهری میباشد. ناپایداری توسعه شهری و صنعتی کشور در سنوات گذشته یکی از میراث های ناخوشایندی است که در ابعاد و گستره وسیعی محیط زیست شهری کشور بویژه شهرهای بزرگ را متاثر نموده است [۶]. اطلاعات قابل دسترس نشان می دهد که در بسیاری از شهرهای جهان به خصوص کلان شهرها، کیفیت هوا از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی فراتر رفته است [۷]. تقریباً نیمی از مردم جهان اکنون به خاطر کیفیت بهتر زندگی، در مناطق شهرها زندگی می کنند؛ این تمرکز جمعیت در یک جا و فعالیت های آنها باعث فشار بر محیط زیست در سطوح شهری، محلی و حتی جهانی شده است شهر تهران یکی از هشت شهر آلوده دنیا محسوب می شود و با وجود اینکه فقط ۲.۱ درصد از مساحت کل کشور را دارد اما ۲۰ درصد جمعیت کل کشور، ۴۰ درصد صنعت و ۸۵ درصد کل متخصصان کشور را در خود جای داده است [۸]. آلودگی هوای کلانشهر تهران به عنوان پایتخت کشور ایران از مهمترین دغدغه های مدیران، مسئولین، پژوهشگران و شهروندان بوده و در این راستا طرح ها و مطالعات چندی به ویژه در زمینه بررسی حمل و نقل به عنوان مهمترین دلیل آلودگی هوای شهر تهران به انجام رسیده است، که البته، تاکنون، در این طرح ها، مطالعات و پژوهش ها نسبت به مطالعه تطبیقی نقش حمل و نقل در آلودگی هوا به تفکیک مناطق شهرداری کلانشهر تهران و با استفاده از ضرایب انتشار در یک قالب واحد از جهت استفاده در راهبردها و راهکارهای آتی اقدام نگردیده است. که حاصل این گونه عملکردها به دلیل عدم توجه به تفاوت های مکانی مناطق مختلف شهرداری شهر تهران، اغلب طرحهایی بوده است که عدم پویایی در آنها به روشنی مشاهده شده است، بنابراین، عدم توجه به تفاوت های بستر مکانی و شرایط حمل و نقل ویژه هر منطقه در یک قالب مطالعاتی واحد باعث شده این طرحها اغلب به اهداف از پیش تعیین شده دست پیدا نمایند. لذا بر اساس این پژوهش، تحلیل تطبیقی نقش حمل و نقل شهری در آلودگی هوا به تفکیک مناطق شهرداری کلانشهر تهران از جهت بسترساز بودن برای مطالعات، طرحها و پژوهشهای آتی از نهایت اهمیت و ضرورت برخوردار است [۹]. بر این اساس در این تحقیق درصدد پاسخگویی به این سوال اساسی هستیم که مدلسازی آلودگی هوای تهران چگونه است؟

۲. روش تحقیق

مطالعه حاضر از نوع توصیفی تحلیلی میباشد. در بخش اول گازهای CO , O_3 , NO_2 , SO_2 و ذرات آلاینده PM_{10} و $PM_{2.5}$ و در نهایت شاخص آلودگی هوا (AQI) در بازه ۱۳۹۶-۱۴۰۱ در دو فصل پاییز و زمستان مورد بررسی قرار می دهیم و سپس در بخش دوم به مقایسه میانگین داده های ایستگاه های استان تهران میپردازیم. این مطالعات با استفاده از برنامه نویسی، مدلسازی شد. روش کار در این تحقیق بدین صورت است که ابتدا با استفاده از مدلسازی های گذشته و براساس برنامه نویسی و کدنویسی در این مطالعه کلیه گازهای آلوده کننده هوای تهران، تعیین و محاسبه گردید که به ترتیب به صورت زیر به همراه نمودارهای مربوطه به آن اشاره میگردد.

۳. تحلیل داده ها

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

تحلیل داده های منطقه ای گاز CO

در نمودار های ترسیم شده مربوط به گاز CO (مونواکسید کربن) سعی شده رفتار این گاز در مناطق ۲۲ گانه ی استان تهران در شش سال ۱۴۰۱-۱۳۹۶ به تفکیک ماه بررسی شود. گاز CO در مهر ماه سال ۱۴۰۱ در منطقه ۱۱ تهران بیشترین مقدار خود را داشته است. همچنین این گاز کمترین میزان خود را در مهر ماه سال ۱۴۰۱ در منطقه ۱۵ داشته است. در مهر ماه سالهای ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۱ گاز CO روند افزایشی - کاهشی - افزایشی داشته است؛ یکی از علل افت میزان این گاز که به طور میانگین در تمام مناطق تهران قابل مشاهده است مربوط به همه گیری ویروس کرونا و تشدید قرنطینه و کاهش رفت و آمد در سطح شهر می باشد که تاثیر مستقیم بر میزان آلایندهی این گاز دارد. (شکل ۱-الف)

در آبان سال ۱۳۹۶ منطقه ۱۱ آلوده ترین بخش استان در آبان ماه های شش سال اخیر بوده است و منطقه ۱۵ نیز از لحاظ آلودگی CO در سال ۱۴۰۱ پاک ترین منطقه در آبان ماه های شش سال اخیر بوده است (شکل ۱-ب).

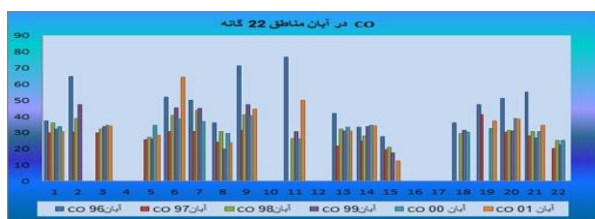
آلودگی هوا به طور جدی از آذر ماه شروع می شود و عمده ترین علت نیز رخ دادن وارونگی دما می باشد. منطقه ۱۱ تهران در سال ۱۳۹۶ آلوده ترین بخش در این ماه بوده است. همچنین منطقه ۱۵ در سال ۱۳۹۹ و منطقه ۸ نیز در همین سال دارای کمترین مقدار CO هستند (شکل ۱-پ).

دی ماه نیز از آلوده ترین ماه های سال است و در این ماه منطقه ۱۱ مجددا در دی ماه نیز آلوده ترین منطقه تهران می باشد و کمترین میزان این گاز مربوط به منطقه ۵ در سال ۱۳۹۶ می باشد (شکل ۱-ت).

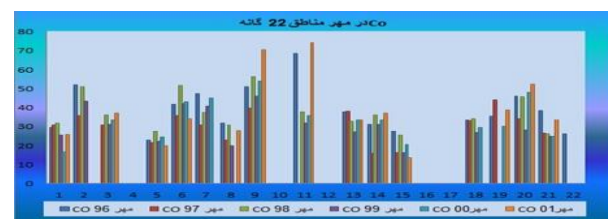
در بهمن بازه ی ۶ ساله ، آلوده ترین منطقه در بهمن سال ۱۳۹۶ برای منطقه ۱۱ و پاک ترین منطقه مربوط به منطقه ۱۵ در سال ۱۴۰۱ می باشد (شکل ۱-ث).

اسفندماه منطقه ۲ در سال ۱۳۹۶ آلوده ترین منطقه و منطقه ۸ در سال ۱۴۰۱ است شکل ۱-ج با توجه به بررسی های بالا و مطالعه داده های استخراج شده مشخص می شود که منطقه ۱۱ یکی از مناطقی است که به میزان زیادی تحت آلودگی ناشی از گاز CO می باشد. این منطقه یکی از مناطق مرکزی و پر تردد تهران است و از آنجا که این گاز یکی از اصلی ترین آلاینده های وسایل حمل و نقل هستند در نتیجه در مناطق مرکزی شاهد افزایش این گاز به خصوص در ماه های آلوده ی سال هستیم.

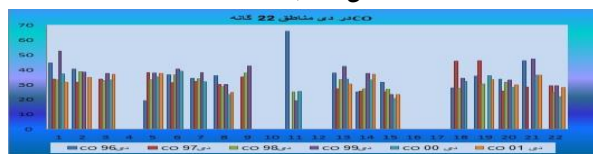
منطقه ۱۵ نیز که داده های آن از ایستگاه مسعودیه دریافت شده اند از مناطق نوب شرقی و حومه ی تهران است و از پاک ترین مناطق نسبت به گاز CO است. لازم به ذکر است داده های برخی مناطق همچون ۴، ۱۰، ۱۲، ۱۶ و ۱۷ و برخی مناطق به طور پراکنده به علت زیاد بودن داده ی میسینگ از بررسی کنار گذاشته شده اند.



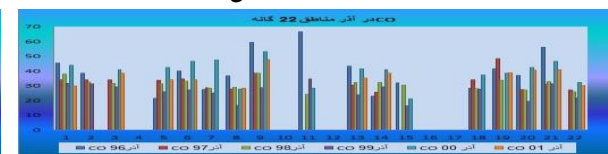
شکل ۱-ب



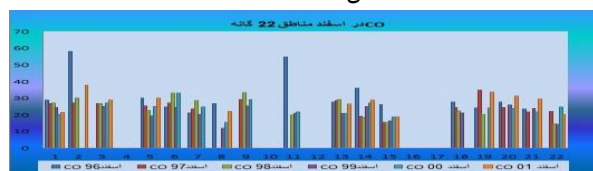
شکل ۱-الف



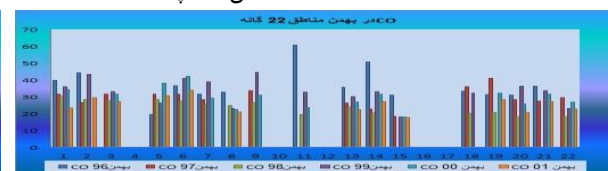
شکل ۱-ت



شکل ۱-پ



شکل ۱-ج



شکل ۱-ث

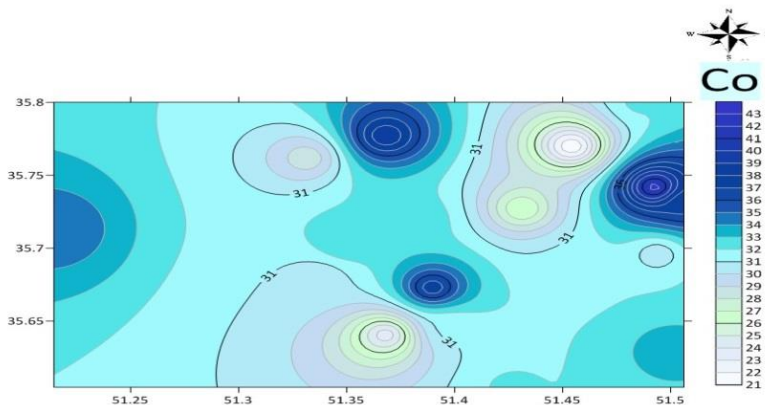
دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

میانگین تغییرات گاز CO در 6 سال اخیر

طبق شکل ۱-ج در می یابیم که گاز CO در گستره ی ۲۱-۴۳ در مناطق تهران تغییر کرده است. و تجمع آلودگی بیشتر در مرکز شمال و شمال شرق تهران می باشد.



شکل ۱-ج

تحلیل داده های منطقه ای گاز O₃

طبق شکل مشخص می شود که منطقه ۹ در سال ۱۴۰۱ آلوده ترین بخش بوده است. داده های این منطقه از ایستگاه میدان فتح جمع آوری شده است (۲-الف)

همچنین منطقه ۱۴ در سال ۱۳۹۷ و منطقه ۱۹ در سال ۱۳۹۶ از پاکیزه ترین مناطق نسبت به گاز O₃ بوده اند.

منطقه ۹ در سال ۱۳۹۷ آلوده ترین منطقه بوده است و همچنین منطقه ۷ در سال ۱۳۹۸ کمترین آلودگی ناشی از O₃ را داشته است (شکل ۲-ب).

منطقه ۵ در سال ۱۳۹۹ آلوده ترین منطقه بوده است این منطقه در غرب و شمال غرب کلان شهر تهران واقع شده است. و منطقه ۱ در سال ۱۳۹۹ پاک ترین منطقه از این گاز بوده است (شکل ۲-پ).

با اشاره بر تصویر مقابل منطقه ۱۳ در دی ماه سال ۱۳۹۶ آلوده ترین منطقه و دی دی ماه سال ۱۴۰۱ منطقه ۱۹ پاکیزه ترین منطقه نسبت به گاز O₃ بوده است (شکل ۲-ت).

منطقه ۶ در سال ۱۳۹۹ آلوده ترین منطقه بوده است و همچنین منطقه ۱ در سال ۱۳۹۶ پاک ترین منطقه می باشد (شکل ۲-ث).

با توجه به نمودار، منطقه ۱۹ در سال ۱۳۹۷ آلوده ترین منطقه و همچنان در سال ۱۳۹۶ منطقه ۱ در اسفند ماه در معرض کمترین آلودگی ناشی از گاز O₃ بوده است (شکل ۲-ج).

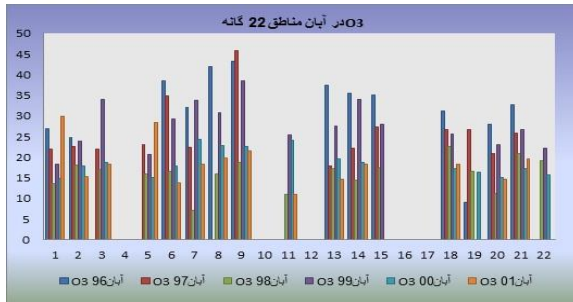
از نتایج نمودارهای بالا برای گاز O₃ مشخص است آلوده ترین مناطق، مناطق ۱۹، ۵، ۹، ۶ و ۱۳ هستند. و مناطق ۱، ۷ و ۱۹ نیز از مناطق پاکیزه بوده اند. منطقه ۱۹ در مهر سال ۱۳۹۶ پاک ترین منطقه بوده و در اسفند سال ۱۳۹۹ آلوده ترین منطقه و مجدداً در دی ۱۴۰۱ از پاکیزه ترین مناطق بوده است. که نشان دهنده ی یک روند افزایش-کاهش است.

قابل اشاره است که داده های برخی مناطق همچون ۴، ۱۰، ۱۲، ۱۶ و ۱۷ و برخی مناطق به طور پراکنده به علت زیاد بودن داده ی میسینگ و کافی نبودن داده ها برای میانگین گیری از بررسی کنار گذاشته شده اند.

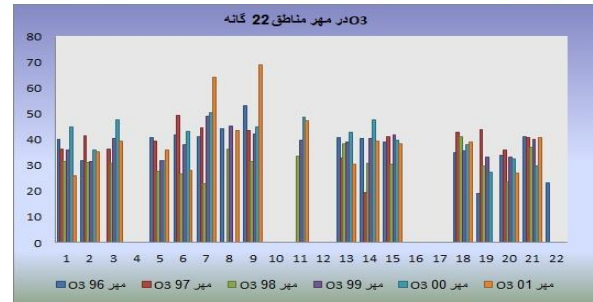
دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

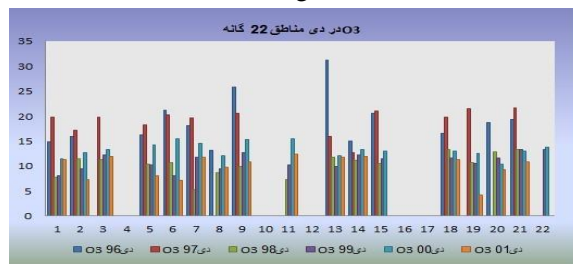
senaconf.ir



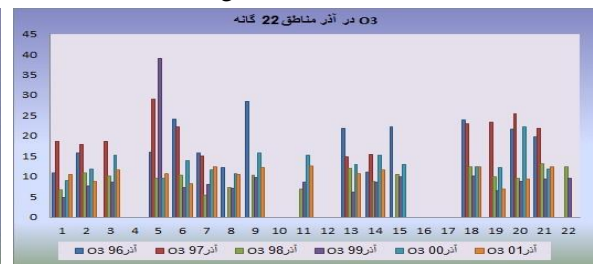
شکل ۲-ب



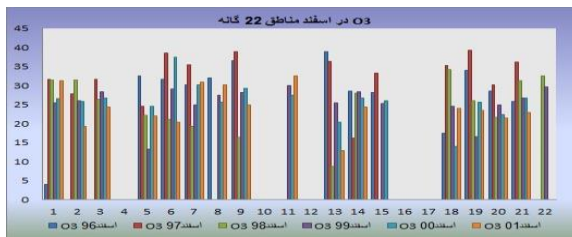
شکل ۲-الف



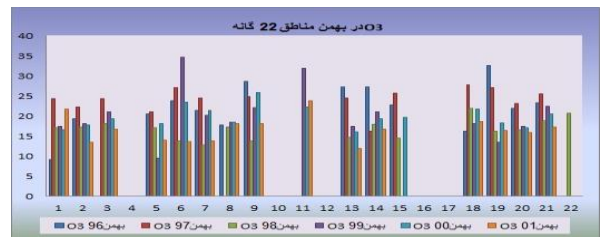
شکل ۲-ت



شکل ۲-پ



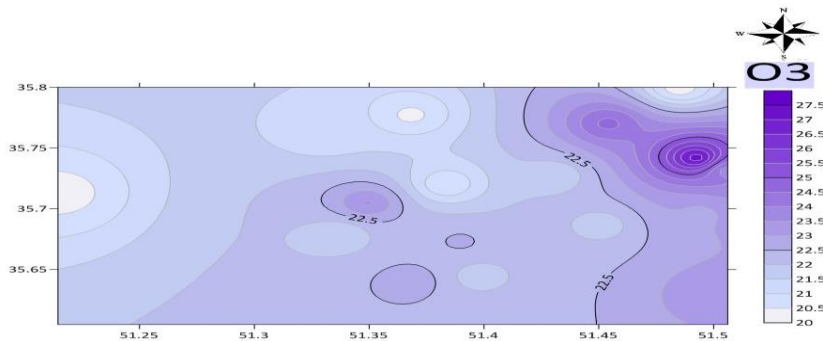
شکل ۲-ج



شکل ۲-ث

میانگین تغییرات گاز O₃ در 6 سال اخیر

با توجه به شکل ۲-چ مشخص است که گاز O₃ در گستره ی ۲۰-۲۷.۵ متغیر است. و بیشترین گستردگی آن در مناطق شرقی و جنوبی استان است.



شکل ۲-چ

تحلیل داده های منطقه ای N₂O

منطقه ۲۰ در مهر سال ۱۳۹۶ آلوده ترین میزان آلاینده ی N₂O را داشته است و در همین سال منطقه ۲۲ پاک ترین منطقه بوده است (شکل ۳-الف)

منطقه ۷ در آبان سال ۱۳۹۸ آلوده ترین منطقه و منطقه ۱ در سال ۱۳۹۶ پاک ترین منطقه می باشد (شکل ۳-ب).

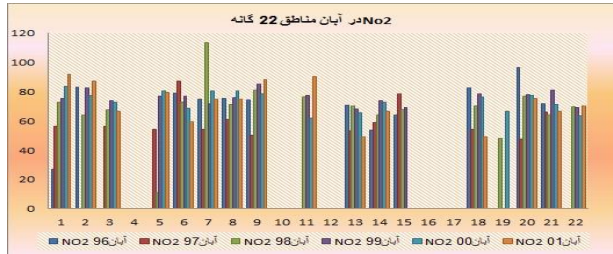
منطقه ۷ در سال ۱۳۹۸ آلوده ترین و منطقه ۱۹ در سال ۱۳۹۹ پاک ترین منطقه از نظر آلودگی ناشی از O₃ بوده است (شکل ۳-پ).

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

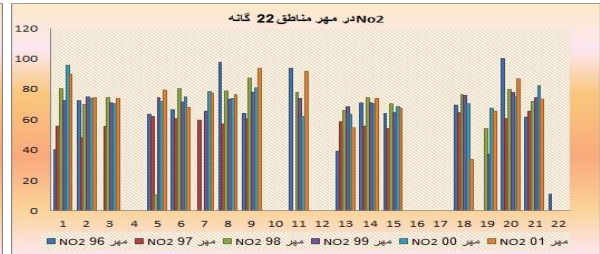
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

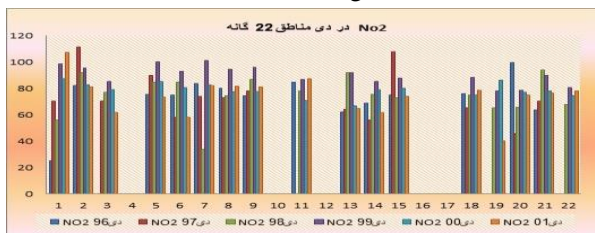
منطقه ۲ در سال ۱۳۹۷ آلوده ترین منطقه و منطقه ۱ در سال ۱۳۹۶ پاک ترین منطقه تهران بوده است (شکل ۳-ت).
منطقه ۲ در بهمن سال ۱۳۹۷ آلوده ترین و منطقه ۱ در سال ۱۳۹۶ پاک ترین منطقه بوده است (شکل ۳-ث). منطقه ۱ در سال ۱۴۰۱ آلوده
ترین منطقه، و منطقه ۱۹ در همین سال پاک ترین منطقه تهران نسبت به آلودگی ناشی از گاز NO_2 بوده است (شکل ۳-ج).



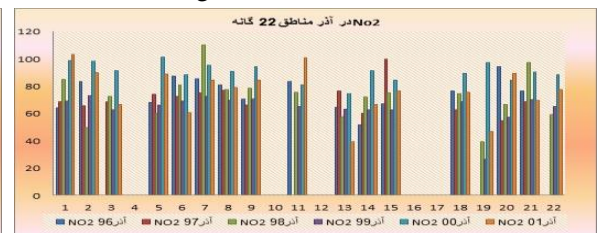
شکل ۳-ب



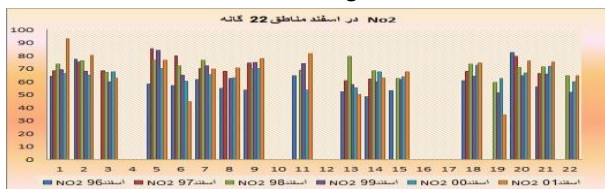
شکل ۳-الف



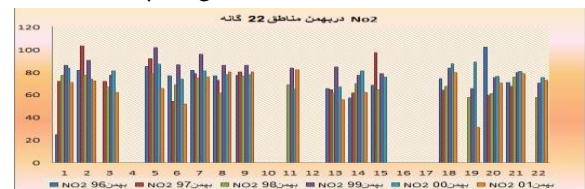
شکل ۳-ت



شکل ۳-ب



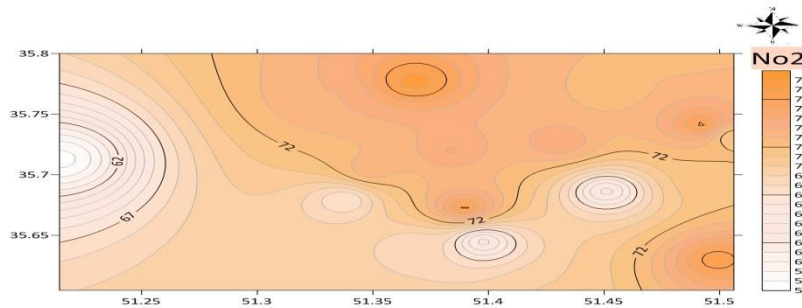
شکل ۳-ج



شکل ۳-ث

میانگین تغییرات گاز NO_2 در 6 سال اخیر

با توجه به داده های مورد بررسی قرار داده شده و همچنین شکل ۳-۷ تجمع گاز NO_2 در مناطق جنوبی به خصوص شهر ری بسیار زیاد است (شکل ۳-چ).



شکل ۳-چ

تحلیل داده های منطقه ای گاز SO_2

بیشترین مقدار این گاز در مهرماه، متعلق به سال ۱۴۰۱ در منطقه ۱۷ شهر تهران است. کمترین مقدار این گاز در مهر ماه متعلق به سال ۱۳۹۶ در منطقه ۲۲ شهر تهران میباشد (شکل ۴-الف).
بیشترین مقدار این گاز در ماه آبان، مربوط به سال ۱۴۰۱ در منطقه ۱۷ شهر تهران میباشد. کمترین مقدار این گاز در ماه آبان، مربوط به سال ۱۳۹۶ در منطقه ۱۱ شهر تهران میباشد (شکل ۴-ب).

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

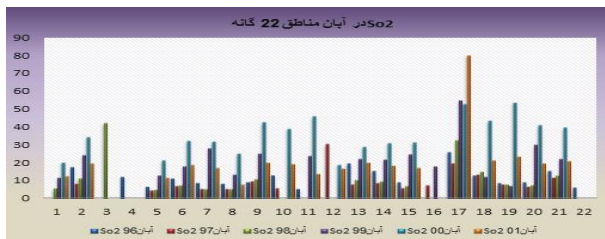
senaconf.ir

بیشترین مقدار این گاز در آذر ماه، مربوط به سال ۱۴۰۱ در منطقه ۱۷ شهر تهران میباشد. کمترین مقدار این گاز در آذر ماه، مربوط به سال ۱۳۹۷ در منطقه ۱۵ شهر تهران میباشد (شکل ۴-پ).

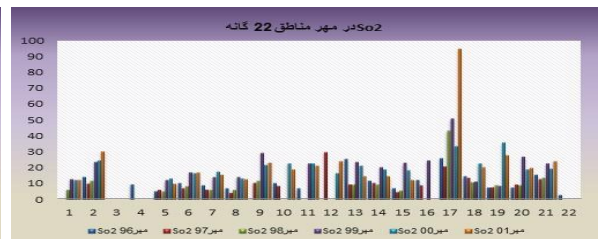
بیشترین مقدار این گاز در دی ماه، مربوط به سال ۱۴۰۱ در منطقه ۱۷ شهر تهران میباشد. کمترین مقدار این گاز در دی ماه، مربوط به سال ۱۳۹۸ در منطقه ۱ شهر تهران میباشد (شکل ۴-ت).

بیشترین مقدار این گاز در بهمن ماه، مربوط به سال ۱۴۰۱ در منطقه ۱۷ شهر تهران میباشد. کمترین مقدار این گاز در بهمن ماه، مربوط به سال ۱۳۹۷ در منطقه ۱۵ شهر تهران میباشد (شکل ۴-ث).

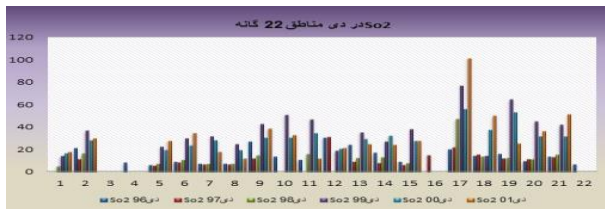
بیشترین مقدار این گاز در اسفند ماه، مربوط به سال ۱۴۰۱ در منطقه ۱۷ شهر تهران میباشد. کمترین مقدار این گاز در اسفند ماه، مربوط به سال ۱۳۹۶ در منطقه ۵ شهر تهران میباشد (شکل ۴-ج).



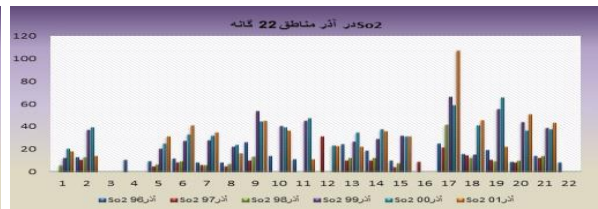
شکل ۴-ب



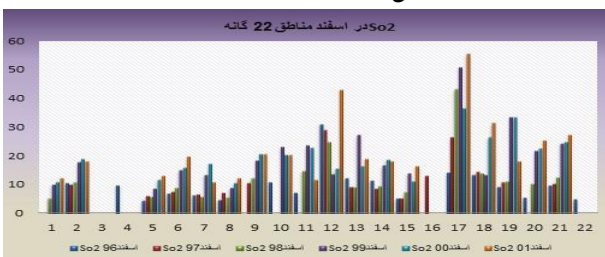
شکل ۴-الف



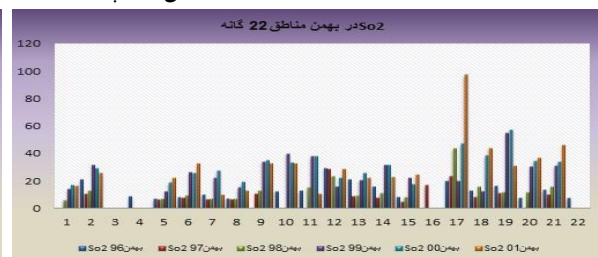
شکل ۴-ت



شکل ۴-پ



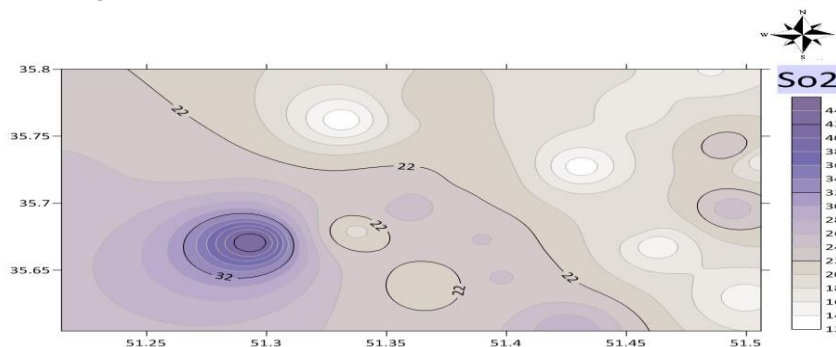
شکل ۴-ج



شکل ۴-ث

میانگین تغییرات گاز SO_2 در ۶ سال اخیر

بر اساس شکل فوق، درمی باسیم گاز SO_2 در گستره ی ۱۲-۴۴ در مناطق شهر تهران تغییر یافته است (شکل ۴-چ).



شکل ۴-چ

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

تحلیل داده های منطقه ای PM10

بیشترین مقدار این گاز در مهر ماه، مربوط به سال ۱۴۰۱ در منطقه ۱۹ شهر تهران است. کمترین مقدار این گاز در مهر ماه، مربوط به سال ۱۳۹۷ در منطقه ۱۶ شهر تهران است (شکل ۵-الف).

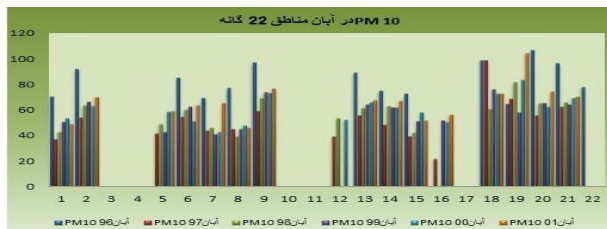
بیشترین مقدار این گاز در آبان ماه، مربوط به سال ۱۳۹۶ در منطقه ۲۰ شهر تهران است. کمترین مقدار این گاز در آبان ماه، مربوط به سال ۱۳۹۷ در منطقه ۱۶ شهر تهران است (شکل ۵-ب).

بیشترین مقدار این گاز در آذر ماه، مربوط به سال ۱۴۰۱ در منطقه ۱۹ شهر تهران است. کمترین مقدار این گاز در آذر ماه، مربوط به سال ۱۳۹۷ در منطقه ۱۶ شهر تهران است (شکل ۵-پ).

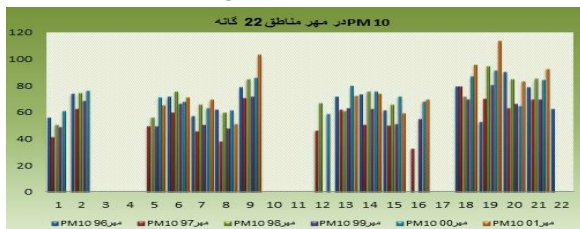
بیشترین مقدار این گاز در دی ماه، مربوط به سال ۱۴۰۱ در منطقه ۱۹ شهر تهران است. کمترین مقدار این گاز در دی ماه، مربوط به سال ۱۳۹۷ در منطقه ۷ شهر تهران است (شکل ۵-ت).

بیشترین مقدار این گاز در بهمن ماه، مربوط به سال ۱۳۹۶ در منطقه ۲۰ شهر تهران است. کمترین مقدار این گاز در بهمن ماه، مربوط به سال ۱۴۰۱ در منطقه ۸ شهر تهران است (شکل ۵-ث).

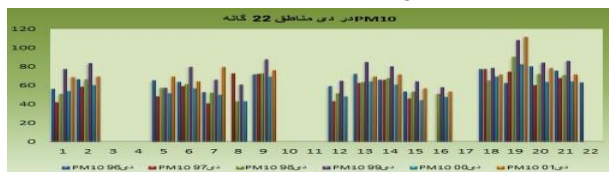
بیشترین مقدار این گاز در اسفند ماه، مربوط به سال ۱۴۰۱ در منطقه ۱۹ شهر تهران است. کمترین مقدار این گاز در اسفند ماه، مربوط به سال ۱۳۹۹ در منطقه ۵ شهر تهران است (شکل ۵-ج).



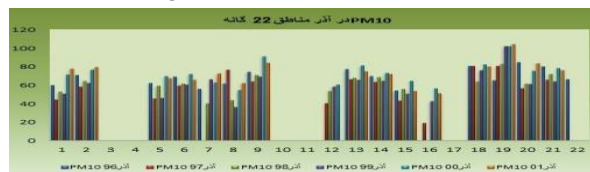
شکل ۵-ب



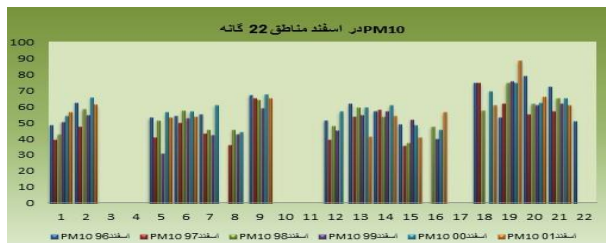
شکل ۵-الف



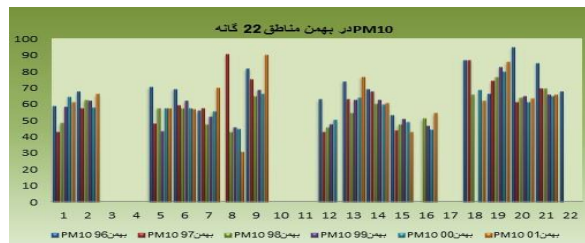
شکل ۵-ت



شکل ۵-پ



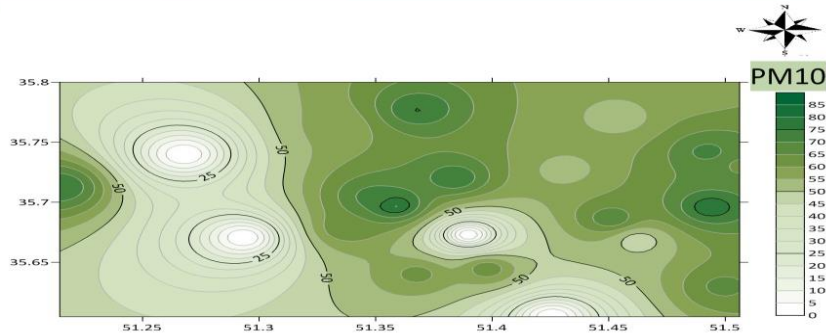
شکل ۵-ج



شکل ۵-ث

میانگین تغییرات PM10 در ۶ سال اخیر

بر اساس نمودار فوق، در میابیم که گاز PM10 در گستره ۰-۸۵ در مناطق شهر تهران تغییر کرده است. (شکل ۵-چ)



شکل ۵- چ

تحلیل داده های منطقه ای PM 2.5

میتوان مشاهده کرد آلایندهی PM 2.5، در بین ۲۲ منطقه ی موجود، منطقه ی ۲ در سال ۱۴۰۱ بیشترین آلودگی از این نوع آلاینده را دارا بوده و منطقه ی ۱۶ سال ۱۳۹۷ دارای کمترین آلودگی (شکل ۶- الف).

همچنین می توان مشاهده کرد که به طور میانگین، مهر ۹۶ از ماه های مهر سال های آنی آن PM 2.5 کمتری داشته. و طبق شکل ۶- الف منطقه ای که با عدد ۳ مشخص شده و نشان دهنده ی شهرداری منطقه ی ۲ است کمترین آلودگی PM 2.5 را در ماه های مهر ۱۳۹۶ الی ۱۴۰۱ را داشته است.

آلاینده ی PM 2.5 در ماه های آبان این شش سال اخیر مطابق نمودار ۲ تغییر کرده، می توان مشاهده کرد بین ۲۲ منطقه ی تهران، منطقه ی ۱۹ در سال ۱۴۰۱ بیشترین آلودگی از این نوع آلاینده را دارا بوده و منطقه ی ۳ سال ۱۳۹۸ دارای کمترین آلودگی.

همچنین می توان مشاهده کرد که به طور میانگین، آبان ۹۷ از ماه های آبان سال های آنی آن PM 2.5 کمتری داشته و طبق شکل ۶- ب منطقه ای که با عدد ۱۳ مشخص شده، یعنی منطقه ی شهرداری مرکز کمترین آلودگی PM 2.5 را در ماه های آبان ۱۳۹۶ الی ۱۴۰۱ را داشته است.

در ماه های آذر سال های ۱۳۹۶ الی ۱۴۰۱ مطابق شکل ۶- پ تغییر کرده، می توان مشاهده کرد بین ۲۲ منطقه ی تهران، منطقه ی ۱۹ در سال ۱۴۰۱ بیشترین آلودگی از این نوع آلاینده را دارد و منطقه ی ۳ سال ۱۳۹۸ دارای کمترین آلودگی. همچنین می توان مشاهده کرد که به طور میانگین، آذر ۹۷ از ماه های آذر سالهای آنی آن PM 2.5 کمتری داشته.

و طبق شکل ۶- پ منطقه گلبرگ کمترین آلودگی PM 2.5 را در ماه های آذر را داشته است. ماه های دی سال های ۱۳۹۶ الی ۱۴۰۱ مطابق شکل ۶- ت تغییر کرده و می توان مشاهده کرد، مناطق ۲ که نشاندهنده ی شریف بوده و شهرداری منطقه ی ۱۹ با اختلاف بسیار ناچیز از هم، به ترتیب در سال های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۱ بیشترین آلودگی از این نوع آلاینده را داشته و شهرداری منطقه ی ۲ در سال ۱۳۹۷ دارای کمترین آلودگی بوده است.

همچنین می توان مشاهده کرد که به طور میانگین، دی ۹۷ از ماه های دی سال های آنی آن PM 2.5 کمتری داشته. و طبق شکل ۶- ت منطقه پونک کمترین آلودگی را در ماه های دی را داشته است.

آلاینده ی PM 2.5 در ماه های بهمن مطابق شکل ۶- ث می باشد و می توان مشاهده کرد بین مناطقی که از آن ها داده داریم، منطقه ی ۲۰ یعنی شهر ری در سال ۱۳۹۶ بیشترین آلودگی و شهرداری منطقه ی ۲ سال ۱۳۹۷ دارای کمترین آلودگی بوده. همچنین می توان مشاهده کرد که بطور میانگین، بهمن ۹۸ از ماه های بهمن سال های آنی آن PM 2.5 کمتری داشته. و طبق شکل ۶- ث منطقه ای که با عدد ۱۶ مشخص شده، یعنی منطقه ی مسعودیه کمترین آلودگی PM 2.5 را در ماه های بهمن ۱۳۹۶ الی ۱۴۰۱ را داشته است.

ماه های اسفند سال های ۱۳۹۶ الی ۱۴۰۱ تغییراتی مطابق شکل ۶- ج داریم و می توان مشاهده کرد در بین مناطق تهران، منطقه ی ۱۹ در سال ۱۴۰۱ بیشترین آلودگی از این نوع آلاینده را داراست و مناطقی که با اعداد ۱ و ۳ مشخص شده اند و نشاندهنده ی اقدسیه و شهرداری منطقه ی ۲ می باشند، با اختلاف بسیار ناچیزی در سال ۱۳۹۷ دارای کمترین آلودگی بوده اند.

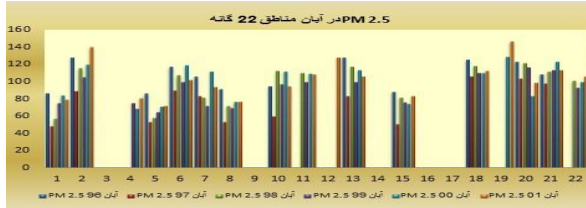
همچنین می توان نتیجه گرفت که به طور میانگین، اسفند ۹۷ از سایر ماه های اسفند PM 2.5 کمتری داشته.

و طبق شکل ۶- ج منطقه اقدسیه کمترین آلودگی PM 2.5 را در ماه های اسفند را داشته است.

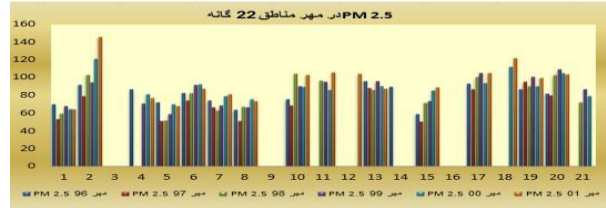
دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

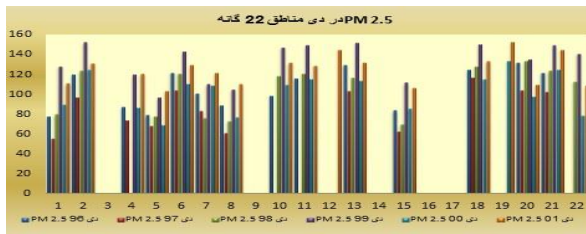
senaconf.ir



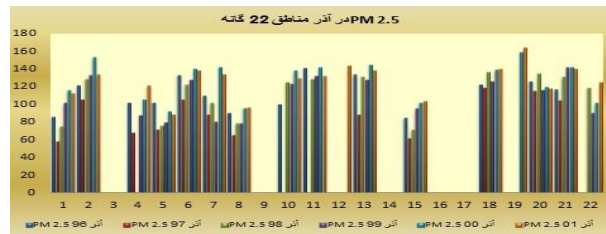
شکل ۶-ب



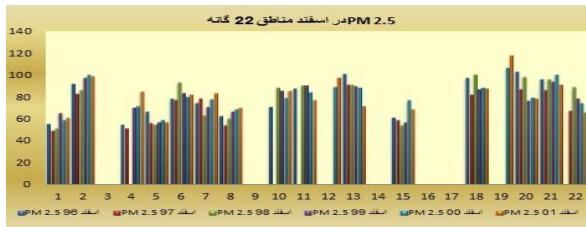
شکل ۶-الف



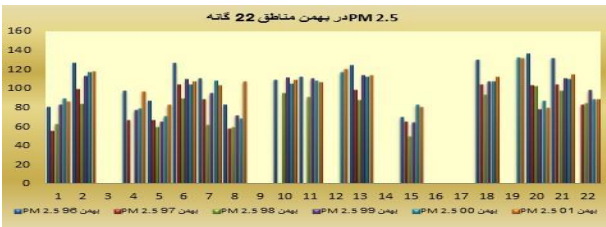
شکل ۶-ت



شکل ۶-پ

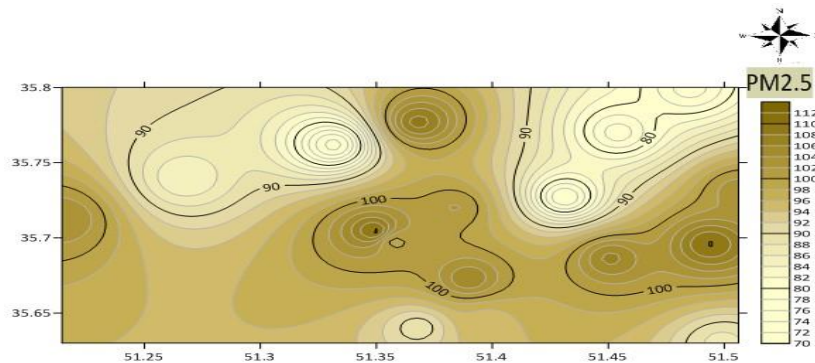


شکل ۶-ج



شکل ۶-ث

میانگین تغییرات PM2.5 در ۶ سال اخیر



شکل ۶-چ

تحلیل داده های منطقه ای AQI

AQI در ماه های مهر این شش سال اخیر مطابق نمودار رو به رو تغییر کرده، و می توان مشاهده کرد بین مناطق موجود، شهرداری منطقه ی ۱۹ در سال ۱۴۰۱ بیشترین آلودگی از این نوع آلاینده را دارا بوده و شهرداری منطقه ی ۱۶ سال ۹۷۱۳ که با عدد ۷۱ نشان داده شده است دارای کمترین آلودگی بوده.

همچنین می توان مشاهده کرد که به طور میانگین، مهر ۹۷ از ماه های مهر سال های آتی آن AQI کمتری داشته.

و طبق شکل ۷-الف ۷ منطقه ای که با عدد ۱۶ مشخص شده و نشاندهنده ی شهرداری منطقه ی ۱۶ است کمترین آلودگی AQI را در ماه های مهر ۶۹۱۳ الی ۱۴۰۱ را داشته است.

در ماه های آبان این شش سال اخیر مطابق شکل ۷-ب AQI تغییر کرده، و می توان مشاهده کرد بین مناطق موجود، شهرداری منطقه ی ۱۹ در سال ۱۴۰۱ بیشترین آلودگی را دارا بوده و شهرداری منطقه ی ۱۶ سال ۹۷۱۳ که با عدد ۱۷ نشان داده شده است دارای کمترین آلودگی

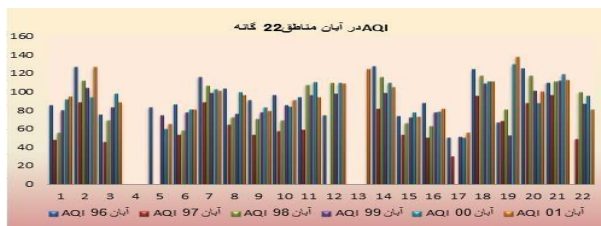
دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

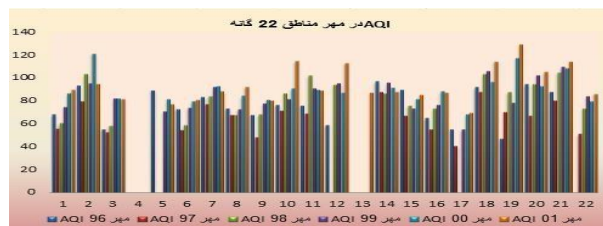
senaconf.ir

بوده. همچنین می توان مشاهده کرد که به طور میانگین، آبان ۹۷ از ماه های آبان باقی سال ها AQI کمتری داشته است. و منطقه ای که با عدد ۱۴ مشخص شده و نشاندهنده ی اتوبان محلاتی است کمترین آلودگی AQI را در ماه های آبان ۱۳۹۶ الی ۱۴۰۱ را داشته است. در ماه های آذر بازه ی زمانی مد نظر مطابق شکل ۷-پ AQI تغییر کرده، و می توان مشاهده کرد بین مناطق موجود، شهرداری منطقه ی ۱۹ در سال ۱۴۰۱ بیشترین آلودگی را داشته و شهرداری منطقه ی ۱۶ سال ۱۳۹۷ که با عدد ۱۷ نشان داده شده است دارای کمترین آلودگی بوده. همچنین به طور میانگین، آذر ۹۷ از باقی ماه های آذر AQI کمتری داشته. و طبق شکل ۷-پ شهرداری منطقه ۱۶ کمترین آلودگی AQI را در ماه های آذر ۱۳۹۶ الی ۱۴۰۱ را داشته است.

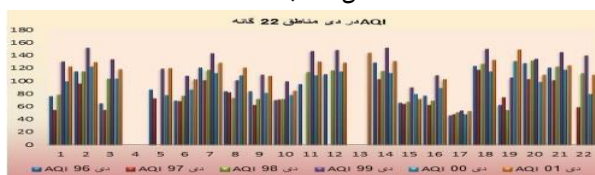
ماه های دی در بازه ی زمانی مد نظر مطابق شکل ۷-ت در AQI تغییرات ایجاد شده و می توان مشاهده کرد، شهرداری منطقه ی پیروزی که با عدد ۱۴ مشخص شده در سال ۱۳۹۹ بیشترین آلودگی را داشته و شهرداری منطقه ی ۱۶ سال ۱۳۹۶ که با عدد ۱۷ نشان داده شده است دارای کمترین آلودگی بوده. همچنین به طور میانگین، دی ۹۷ از باقی ماه های دی AQI کمتری داشته و شهرداری منطقه ۱۶ کمترین آلودگی AQI بین سایر مناطق در ماه های دی ۱۳۹۶ الی ۱۴۰۱ را داشته است. در ماه های بهمن بازه ی زمانی ۱۳۹۶ الی ۱۴۰۱ مطابق شکل ۷-ث AQI متغیر بوده، و بین مناطق موجود، شهر ری که با عدد ۲۰ مشخص شده در سال ۱۳۹۶ بیشترین آلودگی را داشته و شهرداری منطقه ی ۱۶ سال ۱۴۰۰ که با عدد ۱۷ نشان داده شده است دارای کمترین آلودگی بوده. همچنین به طور میانگین، بهمن ۹۸ از باقی ماه های آذر AQI کمتری داشته. و طبق شکل ۷-ج شهرداری منطقه ۱۶ کمترین آلودگی AQI را در ماه های بهمن داشته است. در ماه های اسفند بازه ی زمانی ۱۳۹۶ الی ۱۴۰۱ مطابق شکل ۷-ح AQI تغییر کرده و بین مناطق مختلف تهران، شهرداری منطقه ۱۹ در سال ۱۴۰۱ بیشترین آلودگی را داشته و گلبرگ واقع در منطقه ی ۸ که با عدد ۹ در نمودار مشخص شده، در سال ۱۳۹۷ دارای کمترین آلودگی بوده. همچنین به طور میانگین، اسفند ۹۷ از باقی ماه های اسفند AQI کمتری داشته و طبق شکل ۷-ح شهرداری منطقه ۱۶ کمترین آلودگی AQI را در ماه های اسفند داشته است.



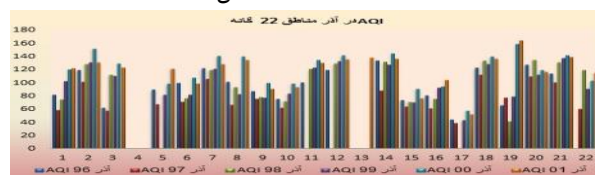
شکل ۷-ب



شکل ۷-الف



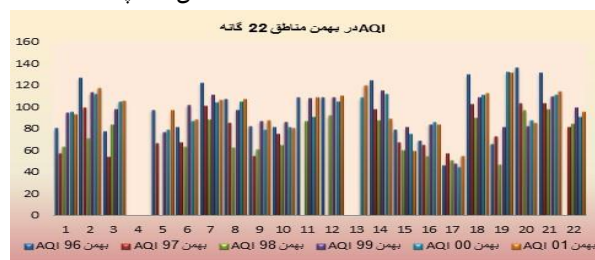
شکل ۷-ت



شکل ۷-پ



شکل ۷-ج



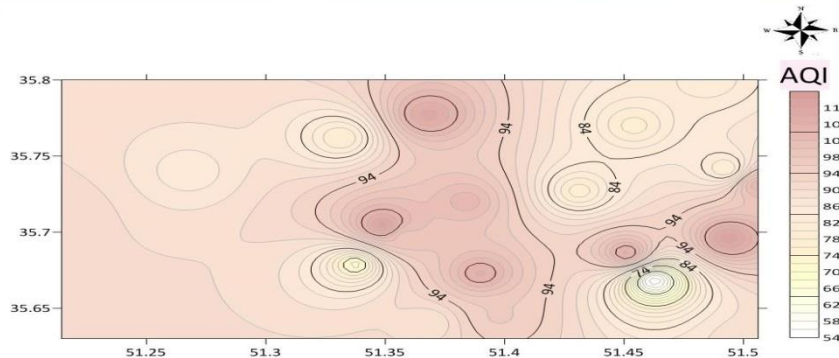
شکل ۷-ث

میانگین تغییرات AQI در ۶ سال اخیر

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



شکل ۷- ج

۴. نتیجه گیری و پیشنهادات

نتیجه گیری

برای دستیابی به یک سیستم مدیریتی جامع در زمینه آلودگی هوا نیاز بود تا همه جوانب و ابزارهای آن بخوبی شناخته شوند و نقش این ابزارها در کل سیستم مدیریتی تعیین شود. در مطالعات فوق به اهمیت و نقش مدلها و مدلسازی آلودگی هوا در مدیریت و کنترل آلودگی هوا پرداخته شد. از همین رو به بررسی شش ساله آلودگی هوای تهران در ۶ ماهه دوم سالهای ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۱ پرداخته شده است. بر اساس داده های جمع آوری شده از سازمان هواشناسی، مشخص گردید که در مناطق مختلف تهران در ماههای منجر به انتهای سال، آلودگی هوا در مناطق ۱، ۱۲ و ۲۰ بیشتر از سایر مناطق بوده است. البته نکته جالب توجه در این است که در سال ۱۳۹۸ کمترین آلودگی را در تهران داشته ایم که ناشی از کرونا بوده است. بنابراین می توان دلیل عمده آلودگی هوا را تردد و سوخت خودروها و اتوبوسها دانست. که می بایست برای این مورد تمهیدات لازم را به شرح زیر انجام داد.

نتایج تحلیل داده های منطقه ای گاز CO: با توجه به داده های مورد بررسی قرار داده شده، گاز CO در مناطق پر رفت آمد به میزان بالا بوده و در زمان شیوع بیماری کرونا شاهد کاهش شدید این گاز بوده ایم. منطقه ۱۱ یکی از مناطقی است که به میزان زیادی تحت آلودگی ناشی از گاز CO می باشد. این منطقه یکی از مناطق مرکزی و پر تردد تهران است و از آنجا که این گاز یکی از اصلی ترین آلاینده های وسایل حمل و نقل هستند در نتیجه در مناطق مرکزی شاهد افزایش این گاز به خصوص در ماههای آلوده ی سال هستیم و تجمع آلودگی بیشتر در مرکز شمال و شمال شرق تهران می باشد.

نتایج تحلیل داده های منطقه ای گاز O₃: با توجه به داده های مورد بررسی قرار داده شده آلوده ترین مناطق، مناطق ۱۹، ۵، ۹، ۶ و ۱۳ هستند. و مناطق ۱، ۷ و ۱۹ نیز از مناطق پاکیزه بوده اند. منطقه ۱۹ در مهر سال ۱۳۹۶ پاک ترین منطقه بوده و در اسفند سال ۱۳۹۹ آلوده ترین منطقه و مجددا در دی ۱۴۰۱ از پاکیزه ترین مناطق بوده است. که نشان دهنده ی یک روند افزایش-کاهش است. مشخص است که گاز O₃ در گستره ی ۲۰-۲۷.۵ متغیر و بیشترین گستردگی آن در مناطق شرقی و جنوبی است.

تحلیل داده های منطقه ای NO₂: با توجه به داده های مورد بررسی قرار داده شده تجمع گاز NO₂ در مناطق جنوبی به خصوص شهر ری بسیار زیاد است.

تحلیل داده های منطقه ای گاز SO₂: با توجه به داده های مورد بررسی قرار داده شده گاز SO₂ در گستره ی ۱۲-۴۴ در مناطق شهر تهران تغییر یافته است.

تحلیل داده های منطقه ای PM₁₀: با توجه به داده های مورد بررسی قرار داده شده گاز PM₁₀ در گستره ۰-۸۵ در مناطق شهر تهران تغییر کرده است.

تحلیل داده های منطقه ای PM_{2.5}: با توجه به داده های مورد بررسی قرار داده شده آلاینده ی PM_{2.5}، در حال تغییر می باشد.

تحلیل داده های منطقه ای AQI: با توجه به داده های مورد بررسی قرار داده شده میزان آن در سطح پایین بوده است.

پیشنهادات کاربردی

طبق گزارش های موجود بزرگترین منبع آلاینده در شهر تهران وسایل نقلیه است و از این منبع اتوبوس های عمومی و خصوصی سهم بسیار چشمگیری دارند. به همین دلیل، طرح زوج و فرد از درب منزل به دلیل افزایش استفاده شهروندان از اتوبوس های عمومی منجر به آلودگی

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

بیشتر خواهد شد. ممنوعیت تردد اتوبوس ها و وسایل نقلیه بدون فیلتر دوده و یا فرسوده در شهر طی روزهای اخیر، ممنوعیت تردد خودروهای شخصی فرسوده در طرح ترافیک و بازگشت طرح زوج و فرد به حالت قبل از جمله اقدامات فوری و کوتاه مدت است. اقدامات بلندمدت نیازمند تحلیل ها و پژوهش های کارشناسی بر روی منابع آلاینده است، اما به صورت کلی با نوسازی ناوگان حمل و نقل عمومی و افزایش واگن های مترو می توان با این معضل مقابله کرد.

۵. مراجع

- [۱]. روشن، غلامرضا، خوش اخلاق، فرامرز، نگهبانی، سعید، و میرکتولی، جعفر (۱۳۸۸). تاثیر آلودگی هوا بر نوسانات اقلیمی شهر تهران. علوم محیطی، (۱)۷، ۱۷۳-۱۹۲
- [۲]. آل شیخ، علی اصغر، علیرضا فراگوزلو و مهیار سجادیان (۱۳۹۱). بررسی آلودگی هوای منتج از ترافیک شهر تهران با بهره گیری از مدل LUR در تلفیق با GIS و ضرایب انتشار، فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی شهری چشم انداز زاگرس، سال چهارم، شماره ۱
- [۳]. دوستی، سینا و جنیدی جعفری، احمد و نجف پور، علی اصغر (۱۳۹۲). تحلیل و بررسی روند تغییرات پنج آلاینده معیار آلودگی هوا (CO، SO₂، NO₂، PM₁₀ و O₃) در کلانشهر تهران در طی سال های ۱۳۸۱-۱۳۹۱، شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، تبریز
- [۴]. احمدی مقدم، مهدی، و محمودی، پرویز. (۱۳۹۲). تحلیل داده های آلودگی هوای تهران در دهه اخیر (۱۳۷۹-۱۳۸۸). سلامت و محیط زیست، (۱)۶، ۳۳-۴۴.
- [۵]. کریمی، الهام و غلامعلی فرد، مهدی (۱۴۰۱). کاربرد آلودگی هوا و صدا در برنامه ریزی توسعه مناطق شهری مطالعه موردی - شهر تهران، دهمین همایش مدیریت آلودگی هوا و صدا، تهران
- [۶]. بنی هاشمی، سید مسعود (۱۴۰۱). خوانشی بر راهبردهای کاهش آلودگی هوا در کلانشهر تهران از طریق مدیریت بلند مرتبه سازی، چهارمین کنفرانس بین المللی فناوری های نوین در مهندسی معماری و شهرسازی ایران، تهران
- [۷]. خسروی نیا، شکوه و جعفری علم، عزیزالله و باقری، محسن (۱۴۰۱). تحلیل مساله آلودگی هوا (مطالعه موردی منطقه ۵ تهران) با رویکرد پویایی سیستم ها، پنجمین همایش ملی مدیریت حسابداری و مهندسی صنایع، قم
- [۸]. حوراسفند، مهدی (۱۳۹۹). مدیریت کاهش آلودگی هوا در شهرداری تهران، کنفرانس بین المللی مدل ها و تکنیکهای کمی در مدیریت، قزوین
- [۹]. میگوئی، محمدایوب و کیارستمی، مهرناز (۱۴۰۱). تاثیر مولفه های موثر بر پایداری زیست محیطی شهر تهران با تاکید بر توزیع آلودگی هوا، دومین کنفرانس بین المللی پژوهشها و دستاوردهای نو در علوم، مهندسی و فناوری های نوین .

Abstract

Modeling and management of air pollution in Tehran

Today, with the progress of human societies and the expansion of machinery and industry, air pollution in big cities has become more than before. In order to achieve a comprehensive management system in the field of air pollution, it is necessary to know all its aspects and tools well and determine the role of these tools in the entire management system. In this article, the importance and role of air pollution models and modeling in the management and control of air pollution is considered. Therefore, in this study, a six-year survey of Tehran's air pollution in the second 6 months of 2016 to 2016 has been investigated. Based on the data collected from the Meteorological Organization, it was found that in different areas of Tehran in the months leading up to the end of the year, the air pollution in areas 1, 12 and 20 was more than other areas. Of course, the interesting point is that in 2018, we had the least pollution in Tehran, which was caused by Corona. Therefore, the main cause of air pollution can be considered the traffic and fuel of cars and buses. that managers should make the necessary arrangements for this.

Keyword: air pollution, Tehran city, modeling