

## واکاوی رابطه میان PM<sub>10</sub>، PM<sub>2.5</sub> با دید افقی به تفکیک کد همدیدی با کاربست الگوریتم ژنتیک

### در شهر یزد

۱- مهدی دهقان، دکترای مخاطرات آب و هوایی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یزد

۲- کمال امیدوار، استاد اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یزد

۳- غلامعلی مظفری، دانشیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یزد

۴- احمد مزیدی، دانشیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یزد

۵- مهران فاطمی، استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد

yazdfatemi@meybod.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۱۵

پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۲۷

### چکیده

ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون (PM<sub>2.5</sub>)، از ۲/۵ تا ده میکرون (PM<sub>10</sub>) و دید افقی، به عنوان سه فراسنج مهم در پژوهش‌های مرتبط با ریزگردها و گرد و غبارهای تروپوسفری شناخته می‌شوند که آلودگی هوا تا اندازه‌ی زیادی وابسته به مقدار آنها در زمان است. هدف از این پژوهش، برآورد رابطه‌ی میان فراسنج‌های PM<sub>10</sub>، PM<sub>2.5</sub> و دید افقی را با کاربست الگوریتم تکاملی ژنتیک است. منطقه‌ی مورد بررسی شهر یزد در جایگاه نماینده‌ی ایران مرکزی بوده است. داده‌های PM<sub>2.5</sub> و دید افقی به تفکیک شرایط همدیدی کدهای ۰۵، ۰۶، ۰۷ و ۰۹ در یک بازه زمانی پنج ساله (۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵) از دفاتر سینوپتیک اداره کل هواشناسی استان یزد، و داده‌های PM<sub>10</sub> از ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا وابسته به اداره کل محیط زیست استان یزد گرفته شده است. برای رسیدن به روابط ریاضی گفته شده، معادله خط رگرسیون، و توابع ویبول، گویا، توانی، چند جمله‌ای، نمایی، خطی، فوریر و گوسین مورد هم‌سنجی قرار گرفتند؛ که بر اساس مجموع و میانگین مربعات خطای نسبی و همچنین ضریب همبستگی، تابع چند جمله‌ای به عنوان مناسب‌ترین تابع برازندگی گزینش گردید. دست‌آوردهای این پژوهش، ارائه‌ی چهار تابع و رابطه‌ی ریاضی بر پایه‌ی مدل خطی تابع چند جمله‌ای با سطح اطمینان ۹۵ درصد در زمینه گرد و غبار و ریزگردها، برای برآورد روابط ریاضی میان PM<sub>10</sub>، PM<sub>2.5</sub> و دید افقی در حالت فراگیر؛ و همچنین هنگام رخداد کدهای همدید ۰۵، ۰۶ و ۰۷ است.

واژگان کلیدی: PM<sub>10</sub>، PM<sub>2.5</sub>؛ دید افقی؛ الگوریتم ژنتیک؛ تابع چند جمله‌ای؛ یزد.

### مقدمه

آنچه در مورد ذرات معلق در موضوع آلودگی هوا مهم است، ذرات معلق با قطر برابر و کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر هستند. این ذرات در مطالعات در پیوند با ریزگردها و ذرات معلق تروپوسفری به دو بخش عمده با عنوان PM<sub>10</sub> و PM<sub>2.5</sub> تقسیم می‌شوند. انباشت این بخش از ذرات شناور نیواری از مهمترین شاخص‌های آلودگی هوا به‌شمار آمده و به همین دلیل از بیشترین توجه نسبت به دیگر آلاینده‌های نیواری برخوردار هستند [۲۴].

از دیگر سوی، دید افقی نیز یکی از شاخص‌های کیفیت هوا است. اندازه دید افقی یا نمایانی به مسافتی گفته

هواویزهای تروپوسفری که با عنوان ذرات معلق (PM) شناخته می‌شوند، یکی از فراسنج‌های نیواری هستند که کنش فراوانی بر دگرگونی بودجه تابشی نیوار و در پی آن، بر آب و هوا و زیستگاه انسان دارند. تا جایی که انباشت ذرات معلق، یکی از شاخص‌های برجسته‌ی آلودگی هوا شده است.

ذرات شناور نیواری با قطر آیرودینامیکی بیشتر از ۱۰ میکرون به اندازه کافی بزرگ هستند که در مراحل اولیه تنفس توسط دهان یا بینی گرفته شوند [۱۶]. بنابراین،

فرایند الگوبرداری شده از تکامل ژنتیکی به چندین راه حل تبدیل می شود. سپس راه حل ها به عنوان کاندیدها توسط تابع ارزیاب<sup>۲</sup> مورد ارزیابی قرار می گیرند و چنانچه شرط خروج مسئله فراهم شده باشد الگوریتم خاتمه می یابد [۱۷].

پژوهش های پیشین، همبستگی بین دید افقی و خصوصیات هواویزها در آمریکا و اروپا را بررسی کرده اند و روشن ساخته اند که انباشت هواویزها در جو با غلظت های متفاوت، شرایط نورشناختی اتمسفر و به دنبال آن، دید افقی را تحت تأثیر قرار می دهند [۱۳].

در بررسی ویژگی های ذرات معلق رسوبی از چند طوفان گرد و غبار در ایالت های کانزاس و کلرادوی آمریکا، به رابطه ی تجربی  $C_m = 29.5 / (V^{1.25})$  بین دید افقی و تمرکز ذرات معلق دست یافته شد ( $C_m$ : تمرکز ذرات معلق گرد و غبار بر حسب تن بر مایل مکعب، و  $V$  دید افقی به مایل) [۱]. همچنین برخی از محققان اندازه گیری دید افقی از روی داده های تمرکز ذرات معلق خاک در غرب تگزاس را مورد پژوهش قرار دادند [۱۸]. در ۱۹۸۶ پژوهشی با بازه زمانی دو ساله و بر روی شبکه ای دربرگیرنده ی ۱۱ ایستگاه پایش تیرگی هوا در خط ساحلی جنوب صحارا در آفریقا با کاربست مدل رگرسیون برای برآورد میزان دید افقی از روی میزان تمرکز ذرات معلق رسوبی و برعکس انجام گرفت که فرجام آن رابطه ی  $C = 914.06 (VV^{0.73}) + 19.03$  (تمرکز ذرات معلق به میکروگرم بر متر مکعب، و  $V$  دید افقی به کیلومتر) بود [۱۱]. حتی در مواردی، بیشترین تأثیر بر دید افقی، مربوط به فراسنج  $PM_{10}$  ارزیابی شده است [۱۰]. در سال ۲۰۰۳ پژوهشی بر روی طوفان های گرد و غبار شمال شرقی آسیا صورت پذیرفت که فرجام آن دو رابطه برای برآورد  $PM_{10}$  از روی دید افقی به تفکیک دیدهای افقی زیر ۳/۵ کیلومتر و بزرگتر مساوی ۳/۵ کیلومتر بود [۲۲]. گریواز طی پژوهشی در منطقه شهری آتن، تجمع ساعتی  $PM_{10}$  توسط فراسنج های هواشناختی دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و جهت باد، به کمک الگوریتم ژنتیک پیش بینی کرد. در این پژوهش، کارایی مدل های شبکه عصبی از مدل های رگرسیون خطی بیشتر ارزیابی گردید (F2 در

می شود که در آن فاصله، یک جسم و یا یک شعاع نور از محیط زمین هاش کاملاً قابل تشخیص باشد. جذب و پراکندگی نور از هوا و یزها، عامل فیزیکی کاهش قابلیت دید هستند. البته جذب، سه مقابل ملاحظه ای در کاهش قابلیت دید ندارد و علت اصلی کاهش تباین جسم و زمینه، پراکندگی نور از ذراتی است که در هوای بین مشاهده گرو جسم قابل مشاهده قرار دارند [۲۰]. پس دید افقی نیز یک نشانگر مشاهداتی از کیفیت هوا به شمار می رود.

از مهم ترین شرایط همدید تأثیر گذار بر دید افقی، شرایط همدیدی با کدهای (۰۵) به نمایندگی از تیرگی هوا<sup>۱</sup>، (۰۶) به نمایندگی از گرد و غبار معلق در هوا که در اثر طوفان گرد و غبار از نقاط خارج از ایستگاه به ایستگاه آمده، (۰۷) به نمایندگی از گرد و غباری که به وسیله باد در ایستگاه و یا نزدیکی آن در ساعت دیدبانی بلند شده است، و (۰۹) به جانشینی از طوفان گرد و غبار قابل دید ولی خارج از محدوده ایستگاه هستند که در ارتباط با دید افقی قابلیت طرح شدن دارند. در واقع می توان کد (۰۵) را گرد و غبار شهری، کد (۰۶) را گرد و غبار با منشأ بیرونی یا فرا منطقه ای، کد (۰۷) را گرد و غبار با منشأ محلی و کد (۰۹) را گرد و خاک ناشی از طوفان گسترده در لایه های میانی اتمسفر نامید. واضح است که تجمع ذرات معلق اتمسفری می تواند مقدار دید افقی را دستخوش تغییر کند.

الگوریتم ژنتیک<sup>۲</sup> تکنیک جستجویی در علم رایانه برای یافتن راه حل تقریبی بهینه سازی است. این الگوریتم نوع خاصی از الگوریتم های تکاملی است که از تکنیک های زیست شناسی فراگشتی (تکاملی) مانند وراثت و جهش استفاده می کند. در واقع الگوریتم های ژنتیک از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش بینی یا تطبیق الگو استفاده می کنند. الگوریتم های ژنتیک اغلب گزینه خوبی برای تکنیک های پیش بینی بر مبنای رگرسیون هستند. در هوش مصنوعی، الگوریتم ژنتیک یک تکنیک برنامه نویسی است که از تکامل ژنتیکی به عنوان یک الگوی حل مسئله استفاده می کند. مسئله ای که باید حل شود دارای ورودی هایی می باشد که طی یک

1- Haze

2- Genetic Algorithm

شبکه عصبی که قادر به پیش‌بینی روابط پیچیده بین فراسنج‌های گوناگون است، در مقایسه با روش همبستگی ساده چند متغیره برای برآورد تمرکز PM10 مناسب‌تر ارزیابی گردید. تحقیقاتی که پیش از این در شهر تهران [۱۵ و ۲۳] انجام شده است به دقت بالایی در این زمینه دست نیافته‌اند. ضریب همبستگی برآورد غلظت ذرات معلق برای شهر تهران در تحقیقات گذشته در حدود ۰/۵ تا ۰/۶ گزارش شده است [۱۹].

هدف از این پژوهش، واکاوای رابطه بین فراسنج‌های PM10 و PM2.5 به‌دست آمده از داده‌های زمینی ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا؛ و فراسنج دید افقی به تفکیک کدهای همدید ۰۶، ۰۵، ۰۷ و ۰۹ برگرفته از دفاتر سینوپتیک؛ با استفاده از الگوریتم تکاملی ژنتیک است. در واقع این پژوهش بر آن است تا برای نخستین بار در ایران، با کاربست الگوریتم ژنتیک، روابطی ریاضی میان فراسنج‌های مذکور در شهر یزد ارائه دهد تا بتوان با داشتن یکی از داده‌های این فراسنج‌ها، مقادیر مفقود دیگر فراسنج‌ها را با کمترین خطا برآورد کرد. زیرا فرض این پژوهش بر این است که روابط معناداری میان فراسنج‌های PM10، PM2.5 و دید افقی در حالت کلی و به تفکیک کدهای همدیدی ۰۵، ۰۶، ۰۷ و ۰۹ وجود دارد؛ و می‌توان این روابط را در قالب تابع چند جمله‌ای ارائه کرد.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش، شهر یزد واقع در ایران مرکزی است. دلیل گزینش شهری در بخش ایران مرکزی این بوده است که ایران مرکزی، هم از گرد و غبار و ریزگردهای با منشاء بیرونی یا فرا منطقه‌ای (شرایط جوئی ثبت شده با کد ۰۶) در دفاتر همدیدی ایستگاه‌های هواشناسی) که حتی از مرزهای خارجی کشور همراه با گردش عمومی جو به ایران مرکزی آورده می‌شوند تاثیرپذیر است، هم ریزگردهایی که منشاء محلی دارند (شرایط جوئی ثبت شده با کد ۰۷ در دفاتر همدیدی) در آن فعال‌اند. همچنین به این دلیل که در یک منطقه‌ی شهری، رخداد پدیده‌ی تاری ناشی از آلودگی هوا (کد همدیدی ۰۵) چشم‌گیرتر از یک منطقه‌ی بکر خواهد بود، شهر یزد برای این پژوهش انتخاب گردیده است و نه دیگر

مدل‌های رگرسیون بین ۰/۲۹ و ۰/۳۵، اما در مدل شبکه عصبی بین ۰/۵۰ و ۰/۶۷ برآورد شد [۹]. در پژوهشی که در پی یافتن رابطه‌ی میان گرد و غبار معلق و گردش‌های اتمسفری در اسراییل بود، از تابع Ln برای برآورد رابطه میان دید افقی و PM10 بهره جسته شد [۳].

در پژوهشی که با مقایسه داده‌های کیفیت هوا به پیش‌بینی مقادیر PM10 و PM2.5 با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مدل رگرسیون خطی در پایتخت کشور فنلاند و تسالونیک در کشور یونان انجام گرفت، کارایی روش شبکه عصبی مصنوعی و مدل رگرسیون خطی در پیش‌بینی مقادیر PM10 و PM2.5، مشابه و به دور از تفاوت اساسی عنوان گردیده است [۶]. در ۲۰۱۳، انتشار PM10 با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک مورد بهینه‌سازی و پیش‌بینی قرار گرفت. در این پژوهش که با دوره‌ای به طول ۵ سال در ۲۶ کشور اروپایی انجام پذیرفت، میانگین خطای مطلق برای دو سال پیش‌بینی انتشار PM10 فقط ۱۰ درصد بود که سه برابر بهتر از پیش‌بینی‌های تخمین زده شده توسط مدل‌های رگرسیون مرسوم و با استفاده از فراسنج‌های مشابه عنوان گردیده است [۲]. در پژوهشی دیگر، پیوند میان AOD برگرفته از حس‌گرهای ترا و آکوا از ماهواره‌ی مودیس؛ و PM10 زمینی در ۱۲ ایستگاه پایش چگونگی هوای کروآتیا<sup>۱</sup> در یک بازه زمانی ۵ ساله بررسی شد. در این بررسی، فراسنج AOD مستقل، و فراسنج PM10 وابسته در نظر گرفته شده‌اند؛ و مدل چند متغیره‌ی خطی و شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد پیوند میان این دو فراسنج کارا ارزیابی گردیده‌اند [۲۱].

در ایران نیز در سال ۱۳۹۴ تمرکز ذرات معلق PM10 با استفاده از برخی فراسنج‌های هواشناختی شامل فشار، دما، رطوبت، تندی و جهت باد و با کاربست شبکه عصبی مصنوعی، مربوط به دوره‌ی دسامبر ۲۰۱۰ تا سپتامبر ۲۰۱۱ در منطقه زنجان مورد تخمین قرار گرفت [۱۴]. نتایج این پژوهش نشان داد ضریب همبستگی بین مقادیر مشاهداتی و مقادیر پیش‌بینی شده‌ی PM10 برای روش همبستگی ساده چند متغیره و شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب برابر با ۰/۶۲ و ۰/۸۲ است. از این‌رو، استفاده از

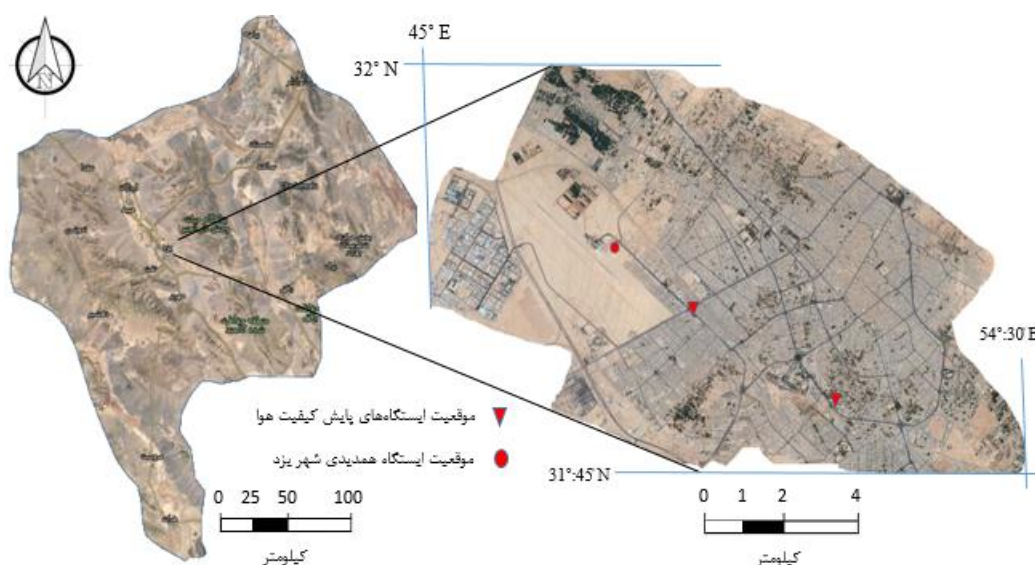
ایده‌ی تکامل موجودات زنده استفاده می‌شود. بدین گونه که در ابتدا مجموعه‌ای از جواب‌ها به صورت اتفاقی حدس زده می‌شوند و میزان نزدیکی آنها به جواب بهینه با محاسبه‌ی یک تابع برازندگی برای هر یک از آنها نمایان می‌شود. سپس از جواب‌های بهتر و برازنده‌تر در به وجود آوردن مجموعه جدیدی از جواب‌ها استفاده می‌شود. الگوریتم ژنتیک از یک سو به خاطر طبیعت تصادفی‌اش در تمام فضای جواب‌های ممکن به دنبال جواب بهینه می‌گردد و در نتیجه از لحاظ تئوری، توانایی پیدا کردن بهینه کلی را دارد؛ و از سوی دیگر، به خاطر آنکه عمل جستجو در هر گام در حوالی جواب‌های شبه بهینه‌ی فعلی صورت می‌گیرد، این عمل به صورت هدفمند انجام می‌پذیرد [۱۲]. سپس برازنده‌ترین تابع بین فراسنج‌های مورد پژوهش استخراج گردید.

روش ابداعی این پژوهش، به کارگیری الگوریتم ژنتیک برای یافتن رابطه‌ی ریاضی میان چند فراسنج بنیادین در ارزیابی‌های در ارتباط با گرد و غبار و ریزگردها، که همانا کمیت‌های دید افقی،  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  باشند، و ارائه‌ی پنج رابطه‌ی ریاضی برای برآورد اندازه‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و دید افقی در حالت فراگیر و هم‌چنین هنگام رخداد شرایط همدیدی با کدهای ۰۵، ۰۶، ۰۷ و ۰۹؛ و رسیدن به اندازه‌های یک فراسنج نداشته از روی اندازه‌های دو فراسنج داشته است. در شکل ۲، نمودار جریانی روند انجام در قالب یک فلوجارت ارائه گردیده است.

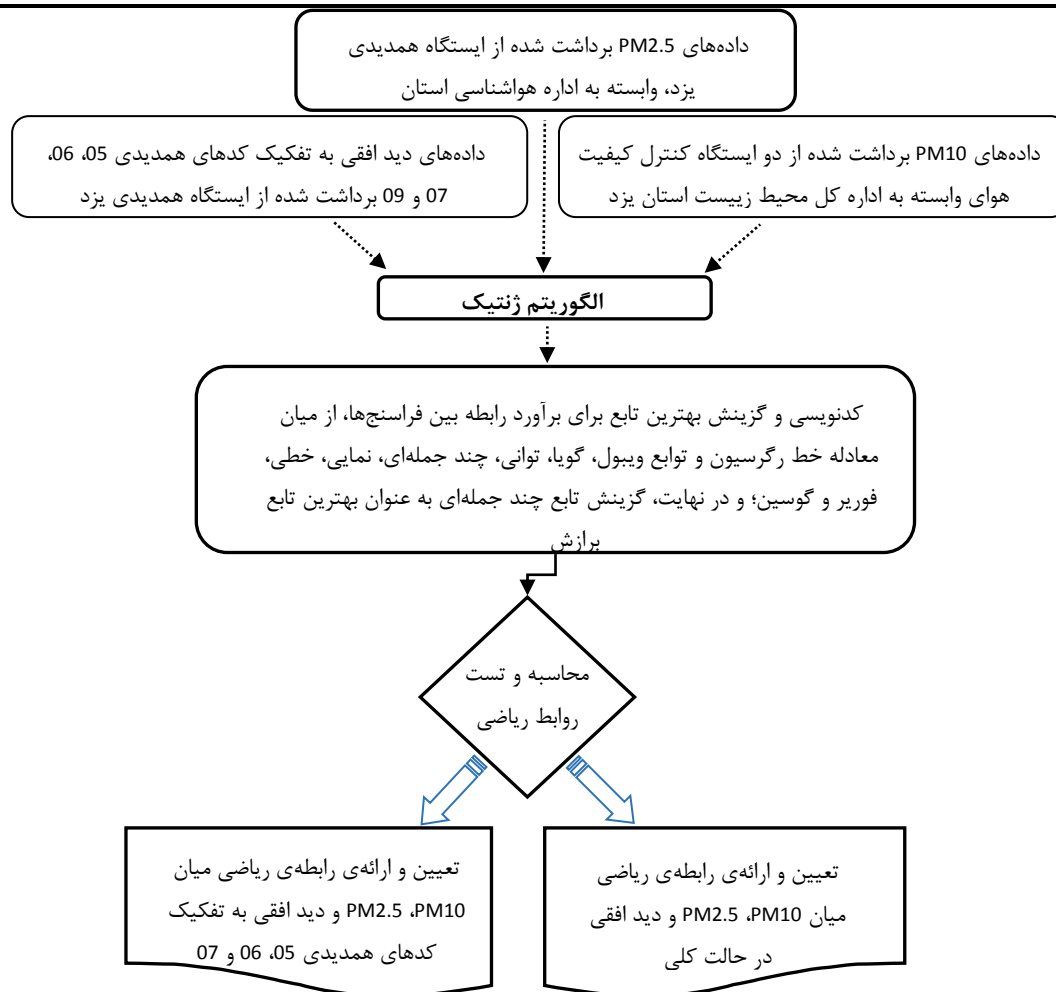
مناطق استان و این در حالی است که مناطق غربی و جنوب‌غربی ایران بیشتر جای‌گاه خودنمایی ریزگردهای با منشاء فرا منطقه‌ای [۴ و ۵]، مناطق شرقی و جنوب‌شرقی ایران بیشتر جای‌گاه خودنمایی ریزگردهای با منشاء محلی، و در دیگر مناطق جغرافیایی ایران (شمال، شمال شرق، شمال غرب و جنوب) تقریباً مشکل بزرگی با عنوان پدیده تاخت و تاز ریزگردها، نه با منشاء محلی و نه فرا منطقه‌ای و افت شدید دید افقی چشم‌گیر نیست [۴ و ۵]. از دیگر سوی، به دلیل اینکه عامل اصلی پیدایش و تجمع مقادیر  $PM_{2.5}$ ، ذرات معلق ناشی از احتراق در وسایل نقلیه و صنعت است؛ بهترین انتخاب برای مطالعه این فراسنج یک محدوده‌ی شهری است.

داده‌های ساعتی  $PM_{10}$  از دو ایستگاه پایش کیفیت هوا وابسته به سازمان حفاظت از محیط زیست استان یزد در یک دوره آماری پنج ساله (از ۲۰۱۰/۰۳/۲۵ تا ساعت یک گرینویچ، تا ساعت صفر گرینویچ روز ۲۰۱۵/۰۳/۲۵) با فراوانی یک ساعته و با واحد میکروگرم بر متر مکعب ( $\mu g/m^3$ ) دریافت گردیدند. این طول دوره‌ی آماری کامل‌ترین دوره‌ی قابل اخذ از سازمان نام‌برده بوده است. نقشه موقعیت جغرافیایی شهر یزد و موقعیت ایستگاه‌های برداشت داده در شکل ۱ ارائه گردیده است.

پس از جفت‌سازی و محاسبه‌ی همبستگی و معادله خط رگرسیون تمامی متغیرها در نرم افزار SPSS، داده‌ها برای پیاده‌سازی در الگوریتم ژنتیک، به نرم افزار MATLAB نسخه‌ی ۱۶ منتقل شدند. در این الگوریتم از



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی شهر یزد و موقعیت ایستگاه‌های برداشت داده



شکل ۲- فلوجارت نمودار جریان‌ی روند انجام پژوهش

## نتایج

بومی (کد ۰۷) است، هم دید افقی از سوی دیدبانان ایستگاه‌های همدید با تخمین نسبتاً خوب برداشت می‌گردد؛ و هم گرد و خاک و هواویزهای با کد همدیدی مذکور، در فیلترهای دستگاه‌های پایش چگونگی هوا به خوبی نشست می‌کنند و اندازه‌های PM10 را دست‌خوش تغییر می‌سازند. در مورد پدیده‌ی تیرگی هوا (کد ۰۵) نیز وضعیت کمابیش مشابه کد (۰۷) است که توضیح آن داده شد. با این تفاوت که چون این پدیده در واقع گرد و غبار و هواویزهای شهری است، پس در پیرامون دستگاه‌های کنترل کیفیت هوا که اغلب در نقاط مرکزی شهرها به‌ویژه شهر یزد جای گرفته‌اند، در زمان مشابه، باید اندازه‌های بالاتری از PM10 را در مقایسه با اندازه‌های دید افقی که در ایستگاه همدیدی مستقر در پیرامون شهر برداشت می‌گردند انتظار داشت. نکته جالب، همبستگی بسیار بالا اما مثبت میان داده‌های PM10 و مقادیر دید افقی با کد همدیدی (۰۹) است. زیرا در حالت نرمال، از همبستگی

نمودار آماری داده‌های دید افقی به کار گرفته شده در این پژوهش به تفکیک کدهای همدیدشان به‌همراه نمودار توزیع نرمال فراوانی آنها، و همچنین نمودار آماری PM10ها و PM2.5های به کار گرفته شده به‌همراه توزیع نرمال فراوانیشان، به‌ترتیب در بخش‌های الف، ب و ج شکل (۳) آورده شده‌اند.

همبستگی پیرسون (r) میان داده‌های PM10 با دید افقی، ۰/۵۸-؛ PM10 با PM2.5، ۰/۴۳-؛ و PM2.5 با دید افقی، ۰/۳۷- برآورد گردیدند که در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار می‌باشند. همبستگی مذکور میان داده‌های PM10 و مقادیر دید افقی، برای کدهای همدیدی ۰۵، ۰۶، ۰۷ و ۰۹ به ترتیب برابر است با ۰/۵۹-، ۰/۶۲-، ۰/۴۱- و ۰/۹۸- همبستگی میان مقادیر PM10 و دید افقی در مورد کد (۰۷)، این گونه قابل توجیه است که هنگام رخداد پدیده‌ی گرد و خاکی که پدید آورنده‌ی آن، باد پیرامون ایستگاه همدید یا همان گرد و خاک با منشاء

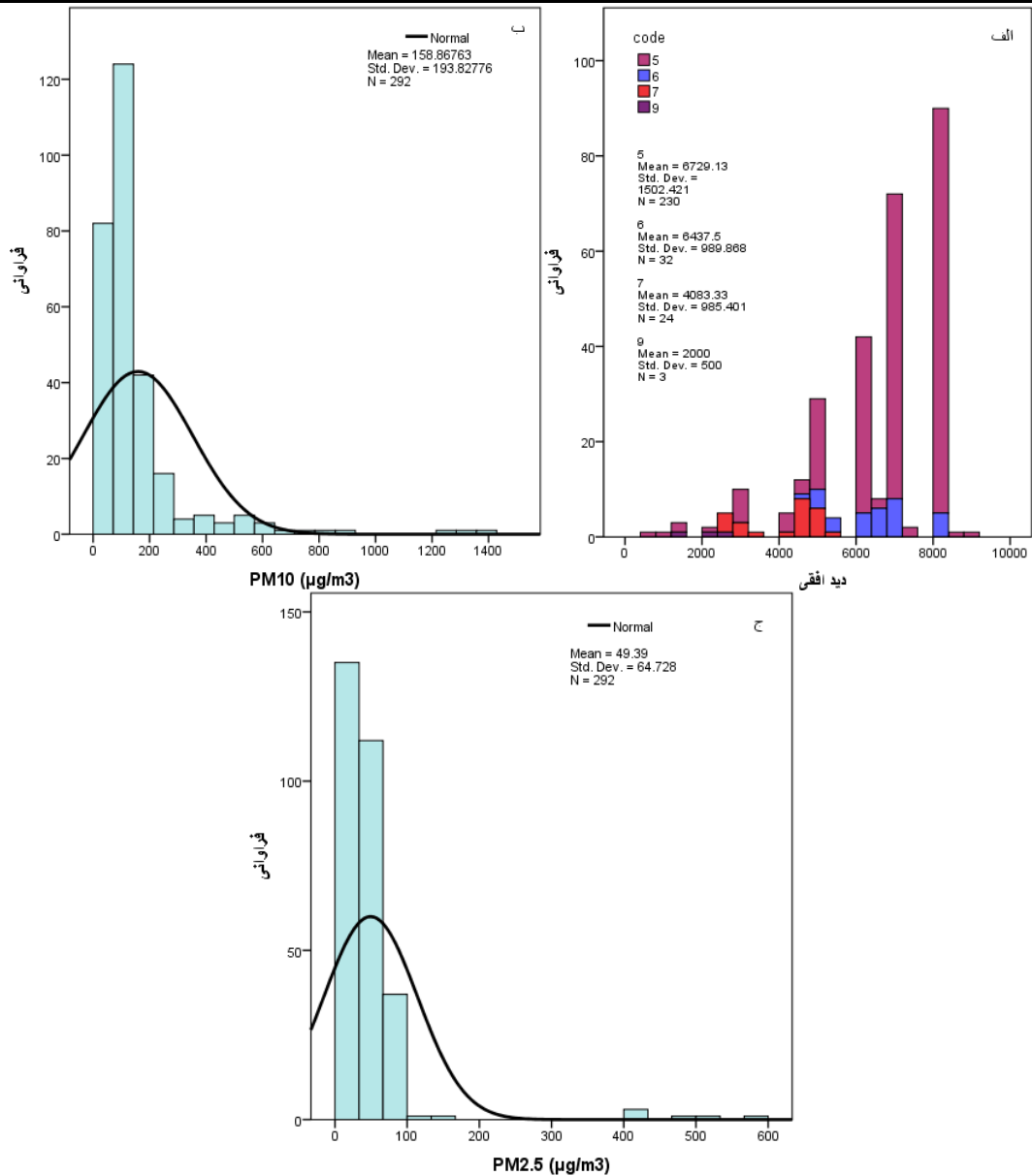
که این نمودارها، همبستگی و معادله خط رگرسیون میان فراسنج‌های یاد شده را به نمایش می‌گذارند. درست است که با برآورد ضرایب معادله خط رگرسیون یا همان ضرایب  $X$  و  $Y$ ، می‌توان میزان کنش هر کدام از فراسنج‌ها بر دیگری را ارزیابی کرد، ولی با توجه به شمار فراسنج‌های به‌کار گرفته شده در این پژوهش؛ و همچنین دقت مورد انتظار از برآورد روابط ریاضی میان این فراسنج‌ها، این دست روش‌ها مفید و فراگیر به‌نظر نمی‌رسند. برای نیل به این هدف، الگوریتم ژنتیک که یکی از ابزارهای پیشرفته‌ی حل مسئله و گزینش بهترین تابع برازندگی در بستر نرم‌افزار MATLAB است به‌کار گرفته شده است.

از آنجایی که داده‌ها باید به شکل ماتریس به الگوریتم ژنتیک معرفی گردند، داده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و دید افقی در ریخت سه ماتریس به ترتیب با نام‌های  $X_1$ ،  $X_2$  و  $X_3$  به تفکیک کدهای همدیدی مربوطه به الگوریتم ژنتیک شناسانده شدند؛ که ۷۰ درصد این داده‌ها برای تراکنش آموزش<sup>۱</sup> و ۳۰ درصد برای تراکنش آزمایش<sup>۲</sup> به‌کار گرفته شده‌اند.

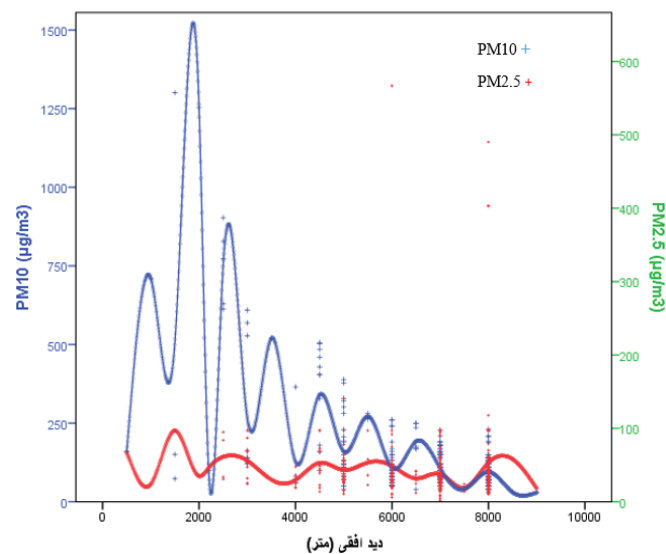
چون درست‌ترین برداشت داده‌های گرد و غبار و ذرات معلق - با توجه به بودنشان در متن آلودگی هوا و ریزگردها، و دور بودنشان از خطاهای برآمده از دست داشتن انسان در برداشت داده‌ها (بر خلاف داده‌های دید افقی در ایستگاه همدید یزد) - با دستگاه‌های پایش چگونگی هوای سازمان محیط زیست انجام می‌پذیرد، مناسب دیده شد تا اندازه‌های  $X_2$  و  $X_3$  که همان  $PM_{2.5}$  و دید افقی باشند، به عنوان تابعی از  $PM_{10}$  به الگوریتم معرفی شوند. البته باید عنوان نمود که داده‌های  $PM_{2.5}$  نیز در ایستگاه همدیدی اداره کل هواشناسی یزد به‌صورت مکانیزه و توسط دستگاه برداشت و ثبت می‌گردند؛ اما به این دلیل که مکان برداشت این داده‌ها (جنب فرودگاه یزد) در حاشیه شهر قرار گرفته است، داده‌های  $PM_{10}$  قابل اعتمادتر می‌نمایند. در مسائل بهینه‌سازی که در بستر الگوریتم ژنتیک پیاده می‌گردند، هدف پایین آوردن خطا یا مینیمم<sup>۳</sup> کردن تابع هزینه است. در بیشتر مسائل بهینه‌سازی، تابع هزینه

میان فراسنج‌های  $PM_{10}$  و دید افقی، نباید انتظار مقادیر مثبت را داشت. ولی همان‌گونه که دیده می‌شود، همبستگی میان این دو فراسنج با این‌که بسیار بالاست، مثبت است. برای روشن‌سازی دلیل این رخداد، برمی‌گردیم به معنای کد همدیدی (۰۹) که طوفان گرد و خاک قابل دید ولی خارج از محدوده ایستگاه است. به هنگام رخداد این پدیده که در دفاتر سینوپتیک ایستگاه‌های همدید با عنوان (۰۹) به ثبت می‌رسد، در واقع گرد و غبار در خارج از ایستگاه همدیدی رخ داده است و فیلترهای دستگاه‌های برداشت  $PM_{10}$  را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. پس هنگام رخداد شرایط همدیدی با کد (۰۹)، ارتباط معنادار و توجیه‌شدنی‌ای میان فراسنج مذکور و  $PM_{10}$  برقرار نیست. یعنی هم‌زمان، وقتی دید افقی بالا که به معنای صافی نیوار و عدم وجود ذرات معلق گرد و غبار در هوا است، در ایستگاه‌های همدیدی مستقر در پیرامون شهر گزارش و ثبت می‌شود؛ دستگاه‌های پایش چگونگی هوای برداشت‌کننده‌ی مقادیر  $PM_{10}$  که در مکان‌هایی در بطن شهرها مستقراند، امکان دارد میزان بالایی از  $PM_{10}$  را ثبت کنند که این ذرات معلق ربطی به رخداد شرایط همدیدی (۰۹) ندارد و می‌توانند ناشی از ریزگردهای شهری باشند. پس می‌توان چنین نتیجه گرفت که در مورد کد همدیدی (۰۹)، نمی‌توان رابطه‌ی معناداری میان این فراسنج و فراسنج  $PM_{10}$  برقرار ساخت. در شکل ۴ نمودار پیوند میان افت و خیزهای مقادیر  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  نسبت به دید افقی ارائه گردیده است.

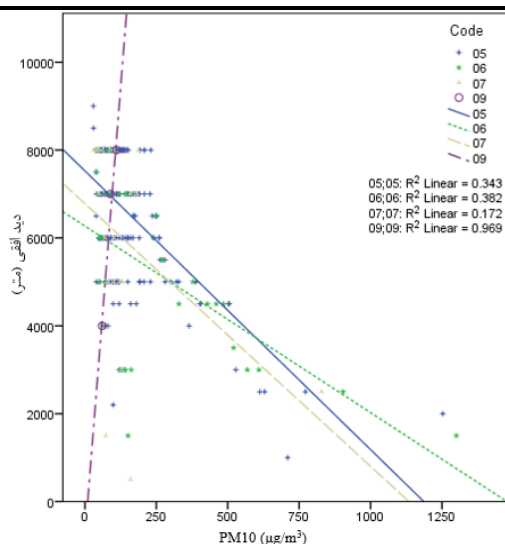
نمودار کمترین مربعات که برای رگرسیون ساده‌ی چند متغیره بین فراسنج‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$ ، دید افقی و کدهای همدیدی به‌کار گرفته شده استفاده شده است، در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه گردیده‌اند. این شکل‌ها همچنین مشاهده و مقایسه فراوانی و چگونگی پخش کدهای همدیدی و اندازه‌های دید افقی را امکان‌پذیر می‌سازند. فراوانی چشم‌گیر کد همدید (۰۵) به‌ویژه در اندازه‌های دید افقی ۵، ۶، ۶/۵، ۷ و ۸ کیلومتر، برابری تقریبی رخداد کدهای ۰۶ و ۰۷، فراوانی پایین اندازه‌های دید افقی زیر ۲/۵ کیلومتر، و همچنین فراوانی بسیار کم کد همدید (۰۹) به خوبی در شکل ۴ به چشم می‌آید. می‌شود گفت



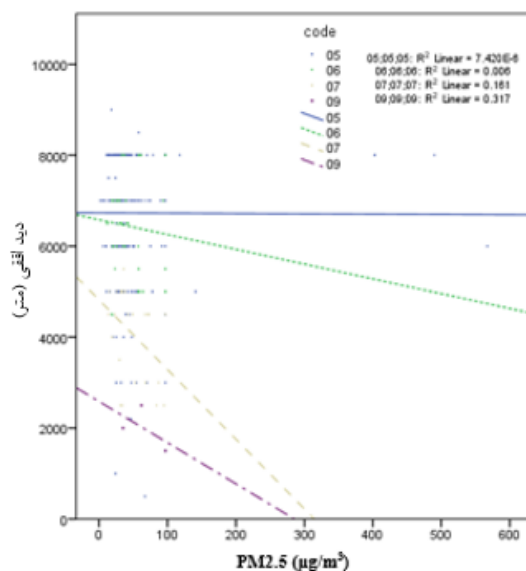
شکل ۳- (الف) نمودار آماری داده‌های دید افقی به تفکیک کدهای همیدی، (ب) نمودار آماری داده‌های PM10 به همراه توزیع نرمال فراوانی و (ج) نمودار آماری داده‌های PM2.5 به همراه توزیع نرمال فراوانی



شکل ۴- نمودار پیوند میان افت و خیزهای مقادیر PM2.5 و PM10 نسبت به دید افقی



شکل ۵- نمودار کمترین مربعات، بین فراسنج‌های PM10، دید افقی و کدهای همدیدی



شکل ۶- نمودار کمترین مربعات، بین فراسنج‌های PM2.5، دید افقی و کدهای همدیدی

همواره مجموع مربعات خطا کمتر از ۰/۰۰۰۱ یا مجموع مربعات خطای نسبی کمتر از ۰/۰۱ به عنوان معیار همگرایی تعریف می‌گردد [۸].

با آزمودن توابع گوناگونی همچون تابع ویبول<sup>۳</sup>، گویا<sup>۴</sup>، توانی<sup>۵</sup>، چند جمله‌ای<sup>۶</sup>، نمایی<sup>۷</sup>، خطی<sup>۸</sup>، فوریر<sup>۹</sup> و گوسین<sup>۱۰</sup>، گوسین<sup>۱۰</sup>، با توجه به SSE، میانگین مربعات خطای نسبی (RMSE<sup>۱۱</sup>) و همچنین<sup>۲</sup>، بهترین تابع برای بهینه‌سازی

به گونه‌ی مجموع مربعات خطا (SSE<sup>۱</sup>) و مجموع مربعات خطای نسبی (RSSE<sup>۲</sup>) تعریف می‌گردد. این توابع در روابط ۱ و ۲ ارائه گردیده‌اند:

$$SSE = \sum_{i=1}^n (F_{actual_i} - F_{estimated_i})^2 \quad (1)$$

(۲)

$$F_{actual_i} \% RSSE = \frac{SSE}{\sum_{i=1}^n F_{actual_i}^2} \times 100$$

تابع اندازه‌های برآورد شده براساس فراسنج‌های بهینه‌سازی نمایان شده از الگوریتم ژنتیک می‌باشند.

- 3-Weibull
- 4-Rational
- 5-Power
- 6-Polynomial
- 7-Exponential
- 8-Liner
- 9-Fourier
- 10-Gaussian
- 11- Relative Mean Square Error

- 1-Sum Square Error
- 2-Relative Sum Square Error



در شکل ۷، گراف تابع برازش چند جمله‌ای میان داده‌های PM10, PM2.5 و دید افقی در حالت فراگیر؛ و به همین ترتیب، در شکل‌های ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ گراف تابع برازش چند جمله‌ای میان داده‌های PM10, PM2.5 و دید افقی هنگام رخداد شرایط همدیدی با کدهای ۰۵، ۰۶، ۰۷ و ۰۹ که با نرم افزار متلب ترسیم گردیده‌اند ارائه شده‌اند. چارچوب‌های رنگی، کرانه‌ی بهترین پاسخ پیوندهای ریاضی ارائه شده در این پژوهش، بر پایه‌ی ضرایب به‌دست آمده از کاربست الگوریتم ژنتیک را فرارو می‌گذارند.

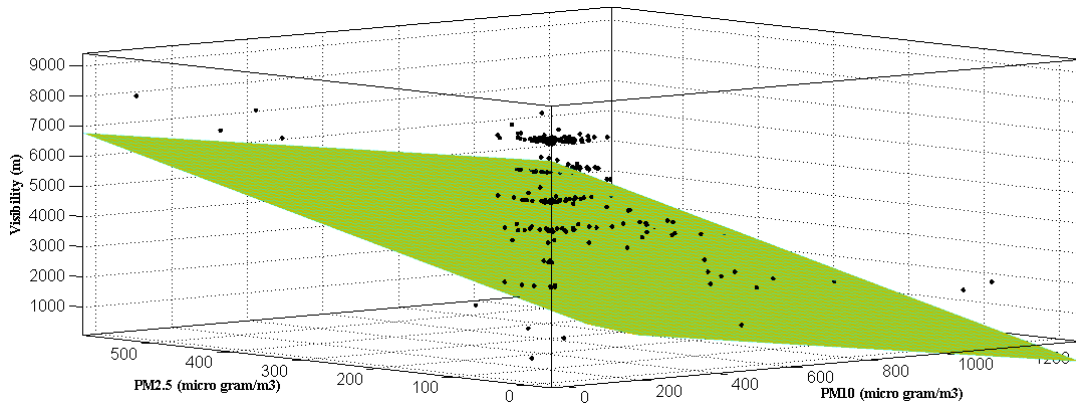
رابطه‌ی فراگیر ریاضی بین PM10, PM2.5 و دید افقی به تفکیک کدهای همدیدی مورد پژوهش؛ تابع چند جمله‌ای ارزیابی گردید. مقادیر پارامترهای مذکور برای توابع مورد بررسی، جهت مقایسه در جدول (۱) ارائه گردیده‌اند. در جدول (۲)، ویژگی‌های آماری فراسنج‌های جفت شده در این پژوهش آورده شده‌اند. به این دلیل که دگرگونی‌های مقادیر PM2.5 و اندازه‌های دید افقی، تابعی از دگرگونی‌های مقادیر PM10 به شمار آورده شده‌اند؛ داده‌های PM10 با عنوان X، داده‌های PM2.5 با عنوان Y هر دو بر حسب میکرو گرم بر متر مکعب ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) و داده‌های دید افقی با عنوان Z بر حسب کیلومتر (km) مورد واکاوی‌های آماری قرار گرفتند.

جدول ۱- مقایسه‌ای توابع مورد آزمون قرار گرفته

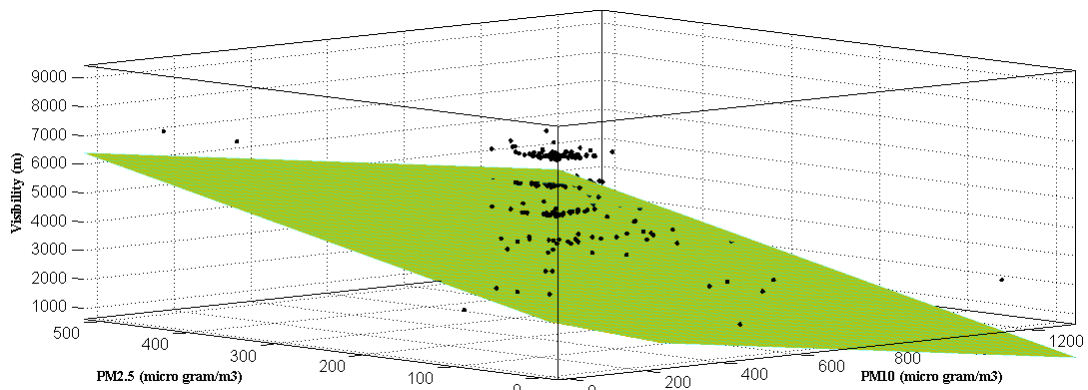
RMSE	Adjusted R-square	R-square	SSE	
۵۴/۶	-۰/۰۰۱۷۳۵	۰/۰۰۱۷۴۳	۸۸۷/۳	تابع نمایی (Exponential)
۵۵/۵۷	-۰/۰۰۰۴۳۱۴	۰/۰۰۹۹۹	۸۹۰	تابع فوریر (Fourier)
۵۵/۷	-۰/۰۰۵۲۳۹	۰/۰۰۱۷۴۲	۸۵۰/۳	تابع گوسین (Gaussian)
۵۵/۶۴	-۰/۰۰۳۱۱۶	۰/۰۰۳۶۷۱	۸۸۵/۵	تابع پاور (Power)
۶۸/۱۲	-۰/۵۰۳۴	-۰/۴۹۸۲	۱۳۳/۲	تابع گویا (Rational)
۷۲/۸۱	-۰/۷۱۷۶	-۰/۷۱۱۶	۱۵۲/۱	تابع ویبول (Weibull)
۶۰/۷۵	۰/۹۹۱۶	۰/۹۹۳۴	۵۱۶/۷	تابع خطی (Liner)

جدول ۲- ویژگی‌های آماری فراسنج‌های جفت شده

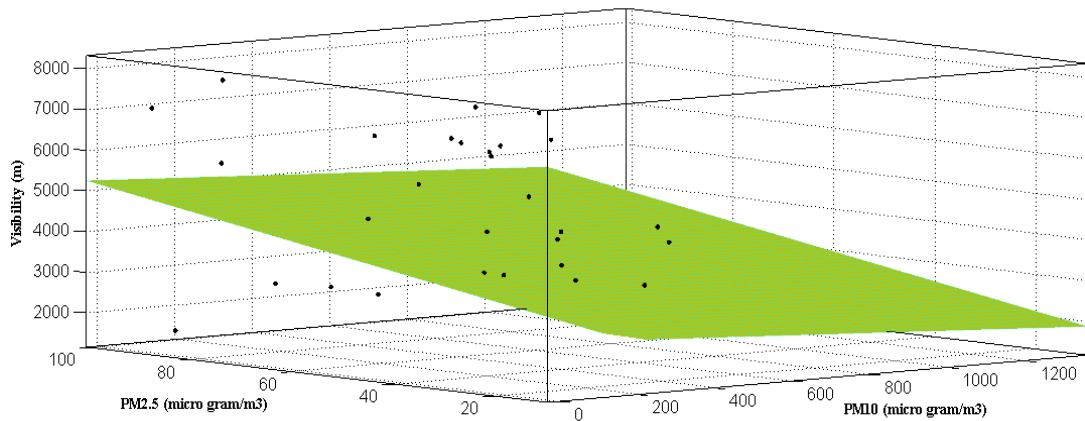
RMSE	SSE	R <sup>2</sup>	std			mean			max			min			
			Z Km	Y $\mu\text{g}/\text{m}^3$	X $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Z Km	Y $\mu\text{g}/\text{m}^3$	X $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Z Km	Y $\mu\text{g}/\text{m}^3$	X $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Z Km	Y $\mu\text{g}/\text{m}^3$	X $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
۰/۱۳	۵۱/۹	۰/۳۴	۱/۶۴۸	۵۵/۵۵	۱۶۱/۹	۷۸۴/۶	۷۷۷/۸	۱۵۰/۵	۹	۵۶۷	۱۳۰۰	۰/۵	۲	۲۶/۹۱	PM10, PM2.5 و دید افقی
۰/۱۲	۳۰/۵	۰/۳۶	۱/۴۳۴	۴۴/۱۷	۱۳۲/۴	۵۵۱/۶	۱۴۴/۱	۱۳۷/۷	۹	۴۶۰	۱۳۲۵	۱	۲	۷۶/۹۶	PM10, PM2.5 (کد ۰۵) و دید افقی
۰/۱۵	۶۵/۷	۰/۴۰	۱/۶۴۴	۲۶/۳	۶۱۲/۹	۵۱۹/۶	۵۰۳/۴	۲۶۵/۹	۷	۹۷	۱۳۰۰	۱/۵	۴	۱۶/۶۶	PM10, PM2.5 (کد ۰۶) و دید افقی
۰/۲۱	۴۶/۲	۰/۲	۲/۵۳۳	۱۳۱/۴	۱۵۶/۳	۱۸۰/۶	۷۲/۳۷	۱۲۶/۷	۷	۵۶۷	۶/۷۸۷	۰/۵	۷	۸۱/۰۶	PM10, PM2.5 (کد ۰۷) و دید افقی
NAN	۱/۸	۱	۱/۷	۷۷/۷	۲۰/۵۱	۳/۶	۱۱/۳۳	۵۶/۶۷	۷	۲۰	۶/۰/۶	۴	۵	۴۶/۰/۶	PM10, PM2.5 (کد ۰۹) و دید افقی



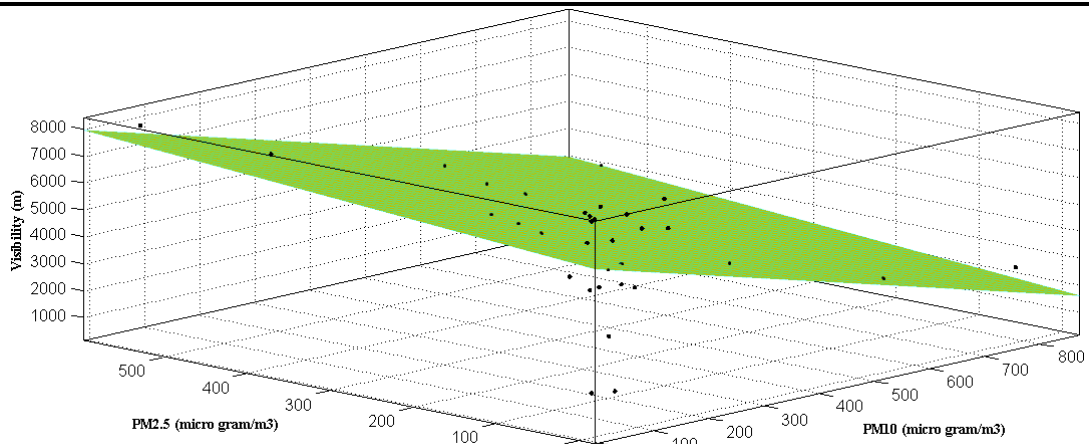
شکل ۷- گراف تابع برازش چند جمله‌ای میان داده‌های PM<sub>2.5</sub>، PM<sub>10</sub> و دید افقی در حالت فراگیر



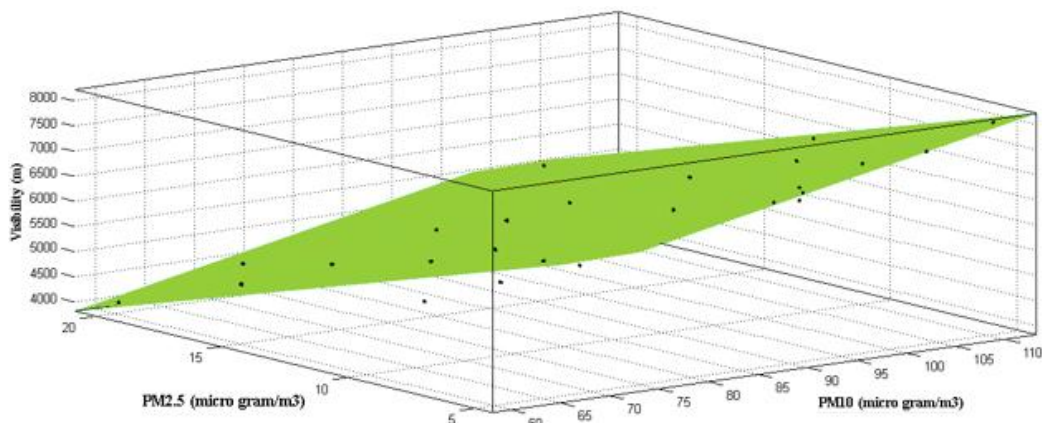
شکل ۸- گراف تابع برازش چند جمله‌ای میان داده‌های PM<sub>2.5</sub>، PM<sub>10</sub> و دید افقی در حالت رخداد شرایط همدیدی با کد ۰۵



شکل ۹- گراف تابع برازش چند جمله‌ای میان داده‌های PM<sub>2.5</sub>، PM<sub>10</sub> و دید افقی در حالت رخداد شرایط همدیدی با کد ۰۶



شکل ۱۰- گراف تابع برازش چند جمله‌ای میان داده‌های PM2.5، PM10 و دید افقی در حالت رخداد شرایط همدیدی با کد ۰۷



شکل ۱۱- گراف تابع برازش چند جمله‌ای میان داده‌های PM2.5، PM10 و دید افقی در حالت رخداد شرایط همدیدی با کد ۰۹

$$V_{05} = 7922 - 4.7 \times PM10 - 1.4 \times PM2.5 \quad (5)$$

$$V_{06} = 9980 - 3.7 \times PM10 - 8.8 \times PM2.5 \quad (6)$$

$$V_{07} = 6500 - 5.1 \times PM10 + 3.9 \times PM2.5 \quad (7)$$

### بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش، چهار تابع و رابطه‌ی ریاضی بر پایه‌ی مدل خطی تابع چند جمله‌ای با سطح اطمینان ۹۵ درصد را از قرار رابطه‌های شماره ۴، ۵، ۶ و ۷ در زمینه گرد و غبار و ریزگردها ارائه داد.

بر اساس توضیحاتی که در رابطه با همبستگی میان فراسنج‌های مورد واکاوی در این پژوهش گردید، یک فرض از فرضیات این پژوهش رد می‌گردد؛ و آن، وجود رابطه‌ی معنادار میان فراسنج‌های PM10 و PM2.5 و دید افقی هنگام رخداد کد همدیدی ۰۹ است. به جز این فرض که رد گردید، دیگر فرض‌های پژوهش که عبارت بودند از ۱: وجود رابطه معنادار میان فراسنج‌های PM10، PM2.5 و دید افقی در حالت فراگیر (کلی)، ۲: وجود رابطه معنادار میان فراسنج‌های PM10، PM2.5 و دید افقی هنگام

حالت کلی تابع چند جمله‌ای در رابطه ۳ ارائه شده

است:

$$f(x,y) = P1 + P2.X + P3.Y \quad (3)$$

بهترین جایگزین عددی برای ضرایب P1، P2 و P3 در الگوریتم ژنتیک در مورد رابطه‌ی میان PM10، PM2.5 و دید افقی در حالت کلی، به ترتیب ۷۶۲۰، -۴/۵ و -۱/۲ محاسبه گردیدند. بدین‌سان، رابطه‌ی ۴ این‌چنین بازنویسی می‌گردد:

$$V = 7620 - 4.5 \times PM10 - 1.2 \times PM2.5 \quad (4)$$

رابطه‌ی ریاضی بالا، یک رابطه‌ی فراگیر است که پیوستگی کلی میان فراسنج‌های PM10 و PM2.5 را با دید افقی نمایان می‌سازد. در رابطه‌ی بالا و روابط پیش رو، مقادیر دید افقی بر حسب متر و مقادیر PM10 و PM2.5 بر حسب میکرو گرم بر متر مکعب ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) می‌باشند.

رابطه‌ی میان داده‌های PM10 و PM2.5 هنگام رخداد شرایط همدیدی با کد ۰۵، ۰۶ و ۰۷ به ترتیب در روابط ۵، ۶ و ۷ ارائه گردیده‌اند:

ریاضی میان فراسنج‌های PM<sub>10</sub>، PM<sub>2.5</sub> و دید افقی در حالت کلی و به تفکیک کدهای همدیدی برآمده است و به آن نایل گردیده است. در سطح جهان نیز در بررسی‌هایی که انجام گرفت، هیچ پژوهشی میان فراسنج‌های یاد شده به تفکیک کدهای همدیدی که منتج به ارائه رابطه‌ای ریاضی در قالب تابع چند جمله‌ای و با کاربست الگوریتم ژنتیک گردیده باشد مشاهده نگردید.

رخداد کد همدیدی ۰.۵، ۳: وجود رابطه معنادار میان فراسنج‌های PM<sub>10</sub>، PM<sub>2.5</sub> و دید افقی هنگام رخداد کد همدیدی ۰.۶، و ۴: وجود رابطه معنادار میان فراسنج‌های PM<sub>10</sub>، PM<sub>2.5</sub> و دید افقی هنگام رخداد کد همدیدی ۰.۷؛ و قابلیت برآورد رابطه‌ی میان آنها در قالب تابع چند جمله‌ای، همگی تأیید گردیدند و این روابط ارائه شدند. در مقایسه با مطالعات دیگران، باید گفت این پژوهش نخستین بار در ایران است که در صدد کشف رابطه‌ی

## References

- [1]. Chepil, W.S., & Woodruff, N.P. (1957). Sedimentary characteristics of dust storms: visibility and dust concentration. *American Journal of science*, 255, PP 104-114.
- [2]. Davor, A., Viktor, P., Dragan, P., Mirjana, R., & Aleksandra, P. (2013). PM<sub>10</sub> emission forecasting using artificial neural networks and genetic algorithm input variable optimization. *Science of the Total Environment*, 443, 511–519. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.110>.
- [3]. Dayan, U., Ziv, B., Shoob, T., Enzel, Y. (2008). Suspended dust over southeastern Mediterranean and its relation to atmospheric circulations. *International Journal of Climatology*, 28, 915–924. <https://doi.org/10.1002/joc.1587>.
- [4]. Dehghan M., Omidvar K., Mozafari G.A., Mazidi A. (2018). Assessment of relationship between PM<sub>10</sub> and AOD as important parameters in researches connected to aerosols; using Genetic Algorithm in Yazd. 4<sup>th</sup> National Conference on Wind Erosion and Dust Storms. Iran. Yazd University, 7-8 March.
- [5]. Dehghan M., Omidvar K., Mozafari G.A., Mazidi A. (2018). Assessment of relationship between PM<sub>10</sub> and Visibility in separation of synoptic codes; using Genetic Algorithm in Yazd. 4<sup>th</sup> National Conference on Wind Erosion and Dust Storms. Iran. Yazd University, 7-8 March.
- [6]. Dimitris, V., Kostas, K., Jaakko, K., Teemu, R., Ari, K., Mikko, K. (2011). Inter-comparison of air quality data using principal component analysis, and forecasting of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations using artificial neural networks. In Thessaloniki and Helsinki. *Science of the Total Environment*, 409, 1266-1276. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.12.039>.
- [7]. Engel-Cox, J., Hoff, R., M., Rogers, R., Dimmick F., Rush A., Szykman J., Al-Saadi J., Chu A., & Zell E. (2006). Integrating lidar and satellite optical depth with ambient monitoring for 3- dimensional particulate characterization. *Atmospheric Environment*, 40 (40): PP 8056-8067. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.02.039>.
- [8]. Ganjehkaviri, A., Mohd, M.N., Hosseini, S.E., & Barzegaravval, H. (2017). Genetic algorithm for optimization of energy systems: Solution uniqueness, accuracy, Pareto convergence and dimension reduction. *Energy*, 119, 167–177. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.12.034>.
- [9]. Grivas, G., & Chaloulakou, A. (2006). Artificial neural network models for prediction of PM<sub>10</sub> hourly concentrations, in the Greater Area of Athens. Greece. *Atmospheric Environment*, 40 (7), 1216–1229. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.10.036>.
- [10]. Grzegorz, M., Wioletta, R., Piotr, O., Artur, B., & Andrzej, B. (2015). The Impact of Selected Parameters on Visibility: First Results from a Long-Term Campaign in Warsaw, Poland. *Atmosphere*, 6 (8), 1154-1174. Doi: 10.3390/atmos6081154.
- [11]. Guillaume, A., & Almeida, D. (1986). A model for Saharan dust transport. *American Meteorological Society*, 25, 903-916. <https://doi.org/10.1175/1520-0450>.

- [12]. Hejazi, A., Mobasheri M.R., Ahmadyan A. (2014). Enhancement of a Semi-empirical Model using Genetic Algorithm for Estimation of Near Surface Particulate Matter (PM10) Concentration in City of Tehran Using Satellite Images and Weather Data. *Geography and Environmental Planning*, 25, 37-50. (in Farsi).
- [13]. Khoshsima, M., AliakbariBidokhti, A.A., & Ahmadi- Givi F. (2013). Evaluation of aerosol optical depth using visibility and remote sensing data in urban and semi urban areas in Iran. *Journal of the Earth and Space Physics*, 39, 163-174. (in Farsi).
- [14]. Khoshsima, M., SabetGhadam, S., & AliakbariBidokhti A.A. (2015). Estimation of atmospheric particulate matter (PM10) concentration based on remote sensing measurements and meteorological parameters: application of artificial neural network. *Journal of the Earth and Space Physics*, 41, PP 499-510. (in Farsi).
- [15]. Maghrebi, M., & Tajrish, M. (2006). Investigating the Application of Satellite Sensors in Detecting Particulate Particles in Large Cities. The first environmental education congress. (in Farsi).
- [16]. Maghrebi M., & Tajreshi, M. (2011). Investigating the Application of Satellite Sensors in Detecting Particulate Particles in Large Cities. Sharif University of Technology, Department of Aerospace Engineering, No 1, PP 38-41. (in Farsi).
- [17]. Maulik, U., & Bandyopadhyay, S. (2000). Genetic algorithm-based clustering technique. *Pattern Recognition*, 33 (9), 1455-1465. [https://doi.org/10.1016/S0031-3203\(99\)00137-5](https://doi.org/10.1016/S0031-3203(99)00137-5)
- [18]. Patterson, E.M., & Gillette, D.A. (1977). Measurements of visibility vs. mass concentration for airborne soil particles. *Atmospheric Environment*, 11 (2), 193-196. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(77\)90226-8](https://doi.org/10.1016/0004-6981(77)90226-8).
- [19]. QorbaniSalkhord, R. (2010). Validation of MODIS sensor data in relation to atmospheric pollution in urban areas. Thesis Master of Remote Sensing, Faculty of Surveying. Khaje Nasir Tussi University of Technology. (in Farsi).
- [20]. Ranjbaran, M., Ajami, A., Bonjakhi, M., Borzouei, H., & Barzin M. (2015). Study of the relationship between the scattering angle and intensity of the atmospheric particles, reducing horizontal visibility. *ICOP & ICPET*, 21, 1397-1400. (in Farsi).
- [21]. Sanja, G., Josip, K., Goran, G., Oleg, A., Zdravko, Š., Rodelise, E. M., Christodoulou, A., Argyro, N., Athos, A., Kyriakos, T., Kurt, F., Charalambos, P., & Diofantos, H. (2013). Relationship between MODIS based Aerosol Optical Depth and PM10 over Croatia. Central European. *Journal of Geosciences*, 6 (1), 2-16. DOI: 10.2478/s13533-012-0135-6.
- [22]. Shao, Y., Yang, Y., Wang, J., Song, Z., Leslie, L.M., Dong, C., Zhang, Z., Lin, Z., Kanai, Y., Yabuki, S., & Chun, Y. (2003). Northeast Asian dust storms: Real-time numerical prediction and validation, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 108, doi: 10.1029/2003JD003667.
- [23]. Sohrabinia, M., & Khorshiddoust, A. (2007). Application of satellite data and GIS in studying air pollutants in Tehran. *Habitat International*, 31(2), 268 – 275. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2007.02.003>.
- [24]. Wang, Z., Chen, L., Tao, J., Zhang, Y., & Su. L. (2010). Satellite-based estimation of regional particulate matter (PM) in Beijing using vertical-and-RH correcting method. *Remote Sensing of Environment*. 114 (1), 50-63. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.009>.

## **Assessment of relationship between PM10, PM2.5 and visibility in separation of synoptic codes, using Genetic Algorithm in Yazd**

- 1- M. Dehghan, PhD Student of Climatological Hazards, Faculty of Geographical Sciences, Yazd University
- 2- K. Omidvar, Professor of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Yazd University
- 3- Gh. Mozaffari, Associate Professor of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Yazd University
- 4- A. Mazidi, Associate Professor of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Yazd University
- 5- M. Fatemi, Assistant Professor of Climatology, Meybod University, Iran  
yazdfatemi@meybod.ac.ir

### **Abstract**

PM2.5, (PM10) and visibility are known as three important parameters in researches connected to the tropospheric aerosols and dusts, so that the air pollution is related to those at the specific time. The aim of this study is analyzing the relationship between PM2.5, PM10 and visibility using evolutionary Genetic Algorithm. The area's case study was Yazd city as representative of central of Iran. PM2.5 data and also visibilities data separation of 05, 06, 07 and 09 synoptic conditions, for 5 years (2010-2015) from Yazd Meteorology Organization; and PM10 data from air pollution control stations connected to Yazd Environment Protection Agency has been catches. To reach mentioned mathematic relations, liner regression equation, and Weibull, Rational, Power, Polynomial, Exponential, Liner, Fourier and Gaussian functions has been comparison; which based on relative and Sum Square Error and also coefficient correlation, Polynomial function selects as the best fitness function. The results of this research were four equation based on liner model of Polynomial function in 95% confidence level, for estimating the relations between PM2.5, PM10 and visibility in general; and also when to happen 05, 06 and 07 synoptic conditions.

**Keywords:** PM10; PM2.5; Visibility; Genetic Algorithm; Polynomial function; Yazd.