نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال پنجم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷.
صفحات ۱۲۵تا ۱۴۲

بررسی گرد و غبار و ارزیابی امکان پیش‌بینی آن در استان اردبیل با استفاده از مدل ANFIS

وحید صفریان‌زنگیر، دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
بتول زینالی، استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران .
یوسف جعفری حسی کندی، دانش آموخته کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی ، دانشگاه آزاد اسلامی ، اردبیل، ایران .
لیلا جعفرزاده‌علی‌آباد، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

دریافت مقاله :۹۶ /۰۸/۱۵ پذیرش نهایی: ۳۱ /۰۳/ ۹۷

چکیده

بررسی و ارزیابی پدیده گرد و غبار و ریزگردها یکی از ارزش‌های مهم در زمینه مدیریت مخاطره اقلیمی و محیطی در خاورمیانه بویژه مناطق خشک و غرب و جنوب و قسمت‌های مرکزی ایران می‌باشد. روش‌ها و طرح‌های مطالعه این پدیده و مدیریت آن از اهمیت و ارزش‌های زیادی برخوردار می‌باشند. با توجه به مطالعات انجام شده در رابطه با پدیده گرد و غبار بر اساس روش‌های پیش‌بینی با خطای کم در تناقض و کم می‌باشد، ارزیابی ویژگی‌های گرد و غبار و پیش‌بینی آن باعث کاهش خسارات جبران‌ناپذیر حاصل از آن تاثیرگذار می‌باشد. برای این کار، در این تحقیق به پایش گرد و غبار و ارزیابی پیش‌بینی آن در استان اردبیل با استفاده از مدل ANFIS پرداخته شد. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، مقدار گرد و غبار در دوره آماری مربوطه به هر ایستگاه از بدو تاسیس تا سال ۲۰۱۶ می‌باشد. پدیده گرد و غبار در بازه زمانی مشاهده و پیش‌بینی شده برای ارزیابی ویژگی گرد و غبار و مدل سیستم تطبیقی ANFIS برای پیش‌بینی پدیده گرد و غبار استفاده شد. با توجه به یافته‌های حاصل در این تحقیق، در پایش و پیش‌بینی وضعیت گرد و غبار درصد فراوانی وقوع در سال‌های مشاهده شده بیش‌ترین مقدار حداکثر فراوانی گرد و غبار در ایستگاه اردبیل با مقدار ۷۴ درصد و کم‌ترین آن در مشگین‌شهر ۸ درصد بوده است. در سال‌های پیش‌بینی شده بیش‌ترین مقدار حداکثر فراوانی گرد و غبار در ایستگاه خلخال با مقدار ۶۱/۶۷ درصد و کم‌ترین آن در مشگین‌شهر ۱۰ درصد بوده است. از نظر مقدار شدت گرد و غبار ایستگاه اردبیل شدیدتر از بقیه ایستگاه‌ها است. از نظر شدت خشکسالی که مورد بررسی قرار گرفت هر ۵ ایستگاه مورد مطالعه دارای گرد و غبار می‌باشند به عبارتی مقدار گرد وغبار بالای ۷۴ درصد را می‌توان مشاهده کرد. برای ۵ ایستگاه مورد مطالعه برای ۱۸ سال آینده با استفاده از کدهای که به صورت دستی حاصل شده به تفکیک ایستگاه‌ها در سری زمانی به دست آمد که بیش‌ترین میانگین خطای آموزشی در ایستگاه پارس‌آباد مغان با مقدار ۰/۰۹۱ درصد و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه گرمی با مقدار ۰/۰۰۱ درصد به حاصل شد.

واژه‌گان کلیدی: پیش‌بینی گرد و غبار، مدل ANFIS، استان اردبیل، امکان پیش‌بینی.

مقدمه

گرد و غبار پدیده‌ای می‌باشد که در سال‌های اخیر در کشور ایران به‌خصوص در مناطق جنوبی و غربی خبرساز شده و توجه بسیاری از محققان را به خود جذب کرده است. یکی از مخاطرات محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]

توفان‌های گردوغباری است این رخداد محیطی از مخاطرات اقلیمی به شمار می‌رود و موجب بروز یا تشدید بیماری‌های قلبی ـ عروقی، بیماری‌های تنفسی و آلرژی‌های فراوان در بدن انسان می‌شود(ناصرپور و همکاران، ۲۱:۱۳۹۴). پدیده گردوغبار فرآیند پیچیده‌ای است که تعاملات زمین و اتمسفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اصولاً توسط بادهایی با سرعت زیاد در زمین‌های بایر و شرایط هوای خشک تشکیل می‌شود و اغلب مناطق خشک و نیمه‌خشک را در برمی‌گیرد(عطایی و همکاران، ۱۰۵:۱۳۹۴). توفان‌های گردوغبار از پدیده‌های مهم جوی هستند که به دلیل ورود ذرات معلق خاک و غبار به درون جو آثار بسیار مهمی را درزمینه‌های زیست‌محیطی، بهداشتی و فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی دارند(بابایی و همکاران، ۱۰۵:۱۳۹۵). گردوغبار همواره به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیطی مطرح بوده و پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوبی را بر جای می‌گذارد و یکی از مشکلاتی که در چند سال اخیر در اثر دخالت‌های بشری و استفاده غیرمنطقی از منابع طبیعی و تخریب آن در حال گسترش است(گندمکار و همکاران، ۱۳۹۶). محققان دیگری در زمینه گردوغبار اقدام به پژوهش کردند از جمله: کریمی و شکوهی ۱۳۹۰، خوش‌کیش و همکاران، ۱۳۹۰، ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۰، دستچردی و همکاران، ۱۳۹۰، میری، ۱۳۹۰، شمسی‌پور و صفرراد ۱۳۹۱، خوش اخلاق و همکاران ۱۳۹۱، خوش اخلاق و همکاران ۱۳۹۲، ظهوریان و جهانگیری ۱۳۹۳، فلاح و همکاران، ۱۳۹۳، عطایی و همکاران ۱۳۹۴، ناصرپور و همکاران ۱۳۹۴، هژبرپور و همکاران ۱۳۹۴، محمدی و حسین‌زاده ۱۳۹۴، بابایی و همکاران ۱۳۹۵، زینالی ۱۳۹۵، ناصرزاده و فتحی ۱۳۹۵، دوستان ۱۳۹۵، اکبری و فرح‌بخشی ۱۳۹۵، محمدخانی ۱۳۹۶، بروغنی و همکاران ۱۳۹۶، برومندی(۱۳۹۵) به مطالعه منشایابی ذرات گردوغبار با بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها و مدل‌سازی عددی در شهرستان مسجدسلیمان پرداخته و به این نتیجه دست‌یافته که منشأ اصلی طوفان‌های گردوغبار در شهرستان مسجدسلیمان مناطق شمال غرب کشور عراق و شرق کشور سوریه است. باقری و حسینی‌صدیق(۱۳۹۵) به بررسی تحلیل سینوپتیکی گردوغبار در گسترده ۵۲ شهر جنوبی ایران پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که تشکیل یک سامانه کم ارتفاع تراز میانی جو بر روی کشور عربستان و عراق عامل اصلی شکل‌گیری توده گردوغبار بوده است دراین‌بین خشک‌سالی‌های چند سال اخیر و فقدان پوشش گیاهی و نیز کاهش منابع آبی سابق فرایند تشکیل و ورود گردوغبار به استان جنوبی و جنوب غربی ایران را سرعت بخشیده است. عمارلو و همکاران(۱۳۹۶) به مطالعه ذرات گردوغبار و تأثیر آن بر کیفیت هوا پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که طی یک سال درصد فراوانی آلاینده pm10 با معیار پاک، سالم، ناسالم برای گروه‌های حساس، ناسالم، بسیار ناسالم و خطرناک به ترتیب ۱۰، ۴۲، ۳۴، ۱۱، ۵/۲ و ۵/۰ درصد می‌باشد در این میان ماه اسفند ۸ روز هوای خوب و خرداد، تیر، مرداد و شهریور فاقد هوا با معیار خوب بودند و هم‌چنین شهریور ماه و فصل تابستان با بالاترین میزان انتشار pm10 بدترین شرایط کیفی هوا را دارا بودند. صحرایی و همکاران(۱۳۹۶) به ردیابی طوفان‌های گردوغبار(مطالعه موردی خوزستان) پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که منشأ این طوفان‌ها مناطق مرکزی و شمال عراق و سوریه است. گندمکار و همکاران(۱۳۹۶) به بررسی و ارتباط سنجی روند سری‌های دمایی و روزهای همراه با گردوغبار استان همدان پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که سری‌های دمایی در ماهایی که روند دار بوده‌اند از روند افزایشی برخوردار بوده‌اند. تعداد روزهای همراه با گردوغبار در ماهای سرد سال روند کاهشی و در ماه‌های گرم سال روند افزایشی داشته است. طبق مدل پیش‌بینی‌شده روند رخداد این پدیده در آینده نیز افزایشی خواهد بود. آرناس و همکاران(Arnas et al, 2017) به بررسی خصوصیات و منشأ ذرات گردوغبار بزرگ تولیدشده در Alcator c_ mod tokamak پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که ذرات گردوغبار مانند کره‌ها و فشرده‌ها، کلاس اول را تشکیل می‌دهند این ذرات درنتیجه بارهای گرمای زیاد بر روی لبه‌های مختلف پیشرو اجزای مواجه با پلاسما و احتمالاً ذوب شدن آن‌ها در طول عملیات پلاسما هستند ذرات گردوغبار مانند ذرات که عمدتاً به علت

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]

پوشش مواد هستند، کلاس دوم ذرات گردوغبار را تشکیل می‌دهند. دنسیس و همکاران(Dansie et al, 2017) به‌اندازه گیری ویژگی‌های گردوغبار باد و قابلیت لقاح اقیانوس‌ها پرداخته‌اند آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که گردوغبار دارای مقادیر قابل ملاحظه‌ای از مواد مغذی نسبت به هر یک از گردوغبار خلیج اصلی دریاچه خشک جنوب آفریقا، Etosha و makgadikgadi pans می‌باشد. این کار این سنگ‌ها بر پایه یافته‌های رسوب یافته قبلی است که پیشنهاد می‌کند که دره‌های دره رودخانه نامیبیا به‌عنوان منابع مهم گردوغبار منطقه با پتانسیل افزایش لقاح اقیانوس ایجاد شود. ساهو و همکاران(Sahu et al, 2017) به بررسی جذب فنل از محصول آبی مصنوعی با گردوغبار ذرات فعال پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که آلاینده‌های آلی تأثیر منفی بر محیط همسایه دارند بهینه‌سازی عددی خاک SD غلظت اولیه ۱۰ میلی‌گرم بر ثانیه زمان تماس ۱/۵ ساعت دوز جاذب ۴ گرم و HP2 نتیجه پاسخ مطلوب برای قضاوت در مورد طراحی کامپوزیت مرکزی و مدل درجه دوم مورداستفاده قرار گرفت. جیکیا و همکاران(Jixia et al, 2017) به بررسی پیوند بین مهندسی زیست‌شناسی و جنگل‌داری و هوای گردوغبار در مغولستان داخلی پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که باد یک اثر تبلیغاتی قوی بر هوای گردوغبار دارد درحالی‌که مهندسی بوم‌شناسی جنگلداری و بارندگی دارای اثر مهاری هستند علاوه بر این اثرات چهار پروژه تحقیقاتی محیط‌زیست جنگلی موردمطالعه در هوای گردوغبار متفاوت است. کیووس و همکاران(Cuevas et al, 2017) به بررسی ماهیت تکان‌دهنده حمل‌ونقل گردوغبار وسیع در صحرای سواحل پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که با استفاده از معادله انرژی اتمسفر دینامیک ضریب همبستگی پیرسون بین SHLLSI و NAFDIDI یک‌روزه برای یک‌فصل تابستانی طولانی برابر با ۰/۸۷ است. یک NAFDI مثبت با فاز غربی SHL تشدید منابع گردوغبار در الجزایر مرکزی و ناهنجارهای AOD مثبت در این منطقه و شمال شرقی اقیانوس آرام است. یک NAFDI منفی با فاز شرقی SHL مثبت همراه است. زیل هوفر و همکاران(Zielhofer et al, 2017) به بررسی نوسانات سالانه هزاران ساله در تهیه گردوغبار سوریه در اثر کاهش دوره خشک‌سالی افریقا پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که افزایش غنی‌سازی گردوغبار در شمال صحرای سواحل غربی منطقه دریای خزر در مناطق شمال غربی افریقای مدیترانه را نشان می‌دهد اما ممکن است در مقیاس وسیع‌تر از ساحل دیده شود. شوجی و همکاران(Shoji et al, 2017) به بررسی شبیه‌سازی حمل‌ونقل ناخالصی در پلاسمای محیطی به علت انتشار گردوغبار در تخلیه پالس طولانی در دستگاه بزرگ سلندر پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که پلاسما بیشتر بر روی انتشار آهن از کویل هلی کوکس تأثیر می‌گذارند و می‌تواند گردوغبار کربن را از منطقه دیترتور ایجاد کند . جریان پلاسما در پره‌های دیدتر کاملاً برای جلوگیری از گردوغبار از پایان دادن به تخلیه پالس طولانی مؤثر است. لیو و همکاران(Liu et al, 2017) به مطالعه شیب‌سازی شارژ گردوغبار در شرایط پلاک توکاماک پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه رسیدند که پانه‌های گردوغبار برای دمای نسبتاً کم پلاسمای کمتر از EV10 و تراکم پلاسمای کمتر از ۱۰۱۹ متر ۳بار منفی دارند. برای دمای بالاتری و تراکم بالاتری شارژ دانه‌های گردوغبار ممکن است مثبت باشد. زمان شارژ نه فقط به‌اندازه دانه بلکه همچنین بر دمای پلاسما بستگی دارد. زلسنا و همکاران(Zalesna et al, 2017) به مطالعه گردوغبار از JET با دیوار ITER مانند: ترکیب و ساختار داخلی پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که خصوصیات جامع با طیف گسترده‌ای از تکنیک‌های میکروسکوپ با وضوح بالا از جمله پرتو یونی متمرکز، منجر به شناسایی چندین کلاس ذرات شده است. ویلام و همکاران(Willame et al, 2017) به مطالعه بازیابی ابر، گردوغبار و فراوانی ازون در جو مریخ با استفاده از SPICAM/UV طیف نادری پرداختند ایشان به این نتیجه رسیدند که نتایج حاصل از اوزون تحت تأثیر ابرها قرار دارد. مقایسه‌ای کمی که ستون‌های ازن بازیابی شده ما با نتایج دیگر سازگار نیستند زمانی که ابرهای یخی وجود نداشته و برای موارد با ابرها در عرض‌های جغرافیایی بزرگ‌تر هستند تست حساسیت انجام‌شده نیز نشان می‌دهد که استفاده از دیگر مفروضات پیشین مانند توزیع ارتفاع یا

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]

برخی از ویژگی‌های پراکندگی می‌تواند تأثیر مهمی بر بازیابی داشته باشد. ونگ و همکاران(Wang et al, 2017) به بررسی اثرات قابل‌توجهی از واکنش‌های ناهمگونی بر ترکیب شیمیایی و حالت مخلوط شدن ذرات گردوغبار پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که واکنش‌های ناهمگونی مکانیسم اصلی تولید نیترات و سولفات در ذرات گردوغبار بود. با توجه به جذب گاز اسید توسط ذرات گردوغبار نیترات آروماتیک و سولفات آمونیوم کاهش می‌یابد. نبوی و همکاران(Nabavi et al, 2017) به مطالعه حساسیت پیش‌بینی‌های WRF-CHEM به مشخصات عملکرد تابع منبع گردوغبار در غرب آسیا پرداختند ایشان به این نتیجه دست یافتند که افزایش میانگین همبستگی اسپرمن بین مشاهدات و پیش‌بینی ضریب نوری آئروسل را با ۱۲ تا ۱۶ درصد نسبت به اجرای کنترل با استفاده از توابع منبع استاندارد پیش‌بینی می‌کند آن‌ها حتی شبیه‌سازی گردوغبار MACC و DREAM بیش از بسیاری از مناطق گردوغبار بهتر انجام می‌دهد.

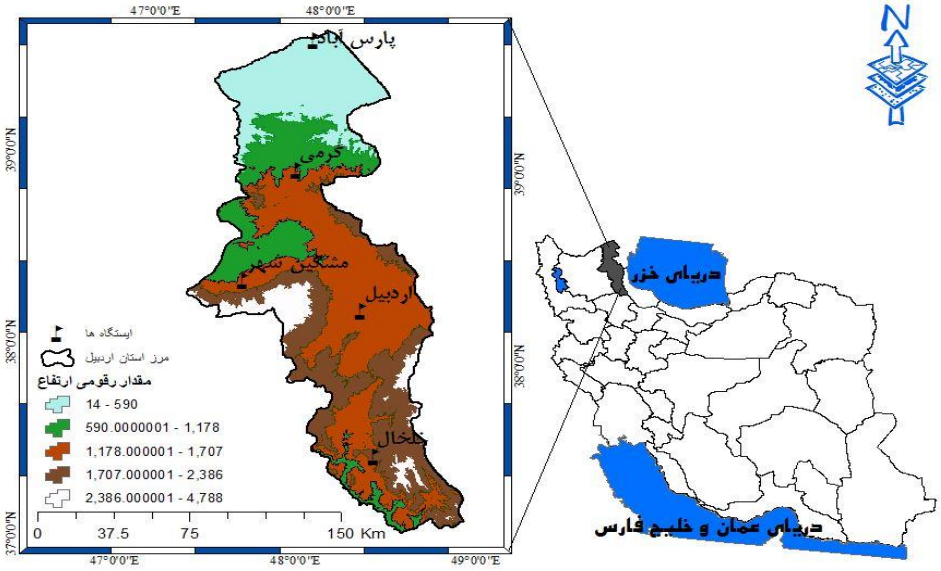
با توجه به مطالعات انجام شده مذکور برای اجرای این پژوهش اطلاعات کافی کسب شد، پدیده گردوغبار به‌خصوص در اردبیل همواره با مشکلاتی فراوانی برای ساکنان این مناطق همراه بوده است. این پدیده متأثر از شرایط جوی خاصی است که همه‌ساله خسارات جبران‌ناپذیری را وارد نموده و باعث بروز مشکلات تنفسی می‌شود این پدیده کیفیت هوا را کاهش می‌دهد. بنابراین به این موضوع گردوغبار باید توجه اساسی داشته باشیم. هدف از این پژوهش بررسی گرد و غبار و ارزیابی امکان پیش‌بینی آن در استان اردبیل با استفاده از مدل ANFIS می‌باشد.

داده‌ها و روش‌کار

استان اردبیل در شمال غربی ایران واقع‌شده است از شمال و شمال غرب به جمهوری آذربایجان از جنوب به استان زنجان از شرق به استان گیلان و از غرب به آذربایجان شرقی محدود می‌باشد. دشت اردبیل در پست‌ترین قسمت خود در حوالی پل سامیان ۱۲۹۴متر از سطح دریای آزاد اختلاف ارتفاع دارد و حوضه آبریز آن معادل ۸۵۳کیلومترمربع بوده که از شمال به ارتفاعات مرزی بین ایران و آذربایجان, از شرف به ارتفاعات تالش, از جنوب به آرپاچای و از غرب به دامنه کوه سبلان ختم می‌شود, از لحاظ ژئومورفولوژی, به‌صورت یک چاله یا گرابن است که دوره‌ی سوم ایجادشده است. سبلان با ارتفاع ۴۸۱۱ متر بلندترین نقطه استان به شمار می‌آید. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری استان اردبیل با وسعتی معادل ۱۷۹۵۱/۴ کیلومتر مربع به لحاظ وسعت حدود ۱/۰۹ درصد مساحت کل کشور رابه خود اختصاص داده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان اردبیل را در کشور نشان می‌دهد

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه و دوره آماره مورد مطالعه در استان اردبیل

ایستگاه‌ها	طول جغرافیای	عرض جغرافیای	ارتفاع از سطح دریا (m)	دوره آماری
اردبیل	۴۸° /۲۸′	۳۸° /۲۵′	۱۳۳۲	۱۹۷۷_۲۰۱۶
خلخال	۴۸° /۴′	۳۷° /۴۹′	۱۷۹۶	۱۹۸۷_۲۰۱۶
مشگین شهر	۴۷° /۶′	۳۸° /۳۸′	۱۵۶۸/۵	۱۹۹۵_۲۰۱۶
پارس آباد	۴۷° /۹۱′	۳۹° /۶۵′	۳۱/۹	۱۹۹۳_۲۰۱۶
گرمی	۴۷° /۸۶′	۳۸° /۹۷′	۷۴۹	۲۰۰۵_۲۰۱۶

داده‌های مورد استفاده مشتمل بر داده‌های گرد و غبار ثبت شده به صورت ماهانه و سالانه در ایستگاه‌های سینوپتیک اردبیل، خلخال، مشگین‌شهر، پارس آباد و گرمی در استان اردبیل می‌باشد. پس از اخذ داده‌ها، برای بررسی همگنی داده‌ها از روش آزمون ران استفاده شد و تصادفی بودن و همگنی داده‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد و به عبارتی با خطای ۰/۰۱ مورد تایید قرار گرفت. نرم‌افزارهایی که در تحقیق حاضر به تناسب نیاز مورد استفاده قرار گرفتند:

۱) نرم‌افزار MATLAB نسخه ۲۰۱۴، برای اجرای پیش‌بینی مدل Anfis

۲) نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴، در آزمون همگنی و صحت داده‌ها و

۳) نرم افزار ArcGis برای تهیه و پهنه‌بندی نقشه‌ها و فراوانی وقوع گردو غبار

پس برای استانداردسازی داده‌های گردو غبار برای پایش و پیش‌بینی از رابطه ۱ و رابطه ۲ استفاده شد.

$$x_{ij} = \frac{x_j max - x_j}{x_j max - x_j min}$$

رابطه (۱)

$$x_{ij} = \frac{x_j - x_j min}{x_j max - x_j min}$$

رابطه (۲)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]

در این روابط x_{ij} معرف مقدار استاندارد شده، x_j مقدار شاخص مورد نظر، $x_j max$ بیشترین مقدار موجود در سری اعداد و $x_j min$ معرف کم‌ترین مقدار در سری اعداد ی باشد مالچسفکی(Mulchesfeki, 2006: 213). در پایش گرد وغبار بر اساس مدل Anfis، روند، شدت تداوم و درصد فراوانی وقوع خشکسالی را مورد بررسی قرار می‌دهیم. روند شاخص‌های مورد بررسی با روش روند خطی تعیین می‌شود. برای به دست آوردن درصد فراوانی وقوع خشکسالی در طبقات مختلف، در محیط Excel از رابطه Frequency استفاده شد.

- **روش‌شناسی فرایند پیش‌بینی خشکسالی با سری‌های زمانی**

در این مرحله امکان مدل‌سازی و پیش‌بینی گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل شبکه عصبی-فازی تطبیقی ANFIS بررسی می‌شود(انصاری، ۸۹ : ۲۹). در این پژوهش پدیده گرد و غبار به صورت سری زمانی به طول ۲۷۶ ماه (۲۷۶=۱۲×۲۳) در دو مقیاس زمانی ۶ و ۱۲ ماهه در هر کدام از ایستگاه‌ها در نظر گرفته شده است. در یک سری زمانی متشکل از n نمونه $x_1, x_2, \dots, x_n$ مقدار آتی تابعی از مقدار قبلی خود است (اصغری اسکوئی، ۱۳۸۱: ۷۵).

$$x_k = f(x_{k-1}, x_{k-2}, \dots, x_{k-p})$$

رابطه (۳)

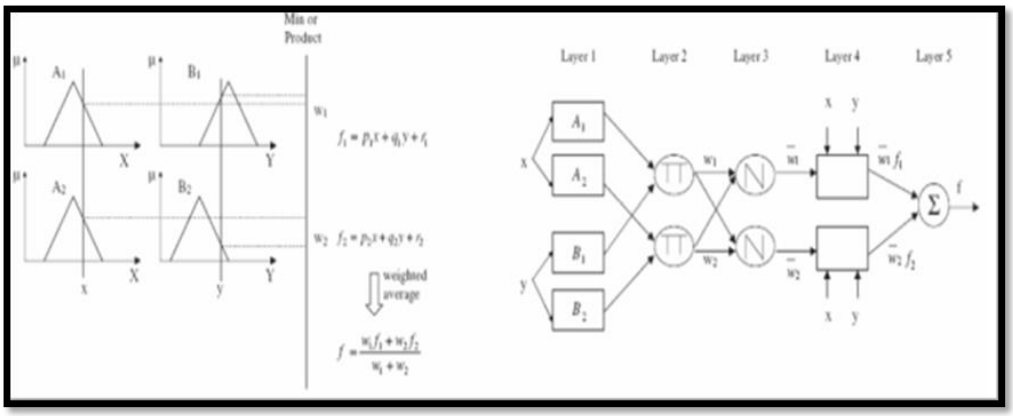
- **سیستم های استنتاج عصبی- فازی تطبیقی**[1] ANFIS

سیستم فازی یک سیستم مبتنی بر قواعد منطقی"شرط- نتیجه" است که با استفاده از مفهوم متغیرهای زبانی و روند تصمیم‌گیری فازی، فضای متغیرهای ورودی را بر فضای متغیرهای خروجی تصویر می‌کند. ترکیب سیستم‌های فازی که مبتنی بر قواعد منطقی بوده، و روش شبکه‌های عصبی مصنوعی که توان استخراج دانش از اطلاعات عددی را دارند، منجر به ارائه سیستم استنتاج تطبیقی عصبی شده است. در شکل ۴-۱۴- یک سیستم فازی سوگنو با دو ورودی، یک خروجی و دو قانون و سیستم ANFIS معادل آن آمده است. این سیستم دارای دو ورودی x و y و یک خروجی f می‌باشد. اگر خروجی هر لایه به صورت O_i^1 باشد (i و i امین گره از لایه j)، ساختار ANFIS از پنج لایه به شرح زیر تشکیل می‌شود (احمد زاده و همکاران، ۱۳۸۹: ۶۷۹): در پایان میزان خطای مدل‌های حاصل با هم مقایسه می‌شود و تابعی که کم‌ترین میزان خطا را در کم‌ترین زمان آموزش حاصل کند، به‌عنوان تابع عضویت برگزیده خواهد شد. اصولاً وارد کردن داده‌ها به صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه‌ها می‌شود. از این رو برای جلوگیری از اشباع زود هنگام نرون‌ها و یکسان‌سازی ارزش داده‌ها برای شبکه، بایستی ورودی خالص آن‌ها در محدوده تابع سیگموئید (بین ۰ و ۱) قرار گیرد. این کار مانع از کوچک شدن بیش از حد وزن ها شده و از اشباع زود هنگام نرون‌ها جلوگیری می‌کند(کنارکوهی، ۱۳۸۹ : ۳۴).

1- Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

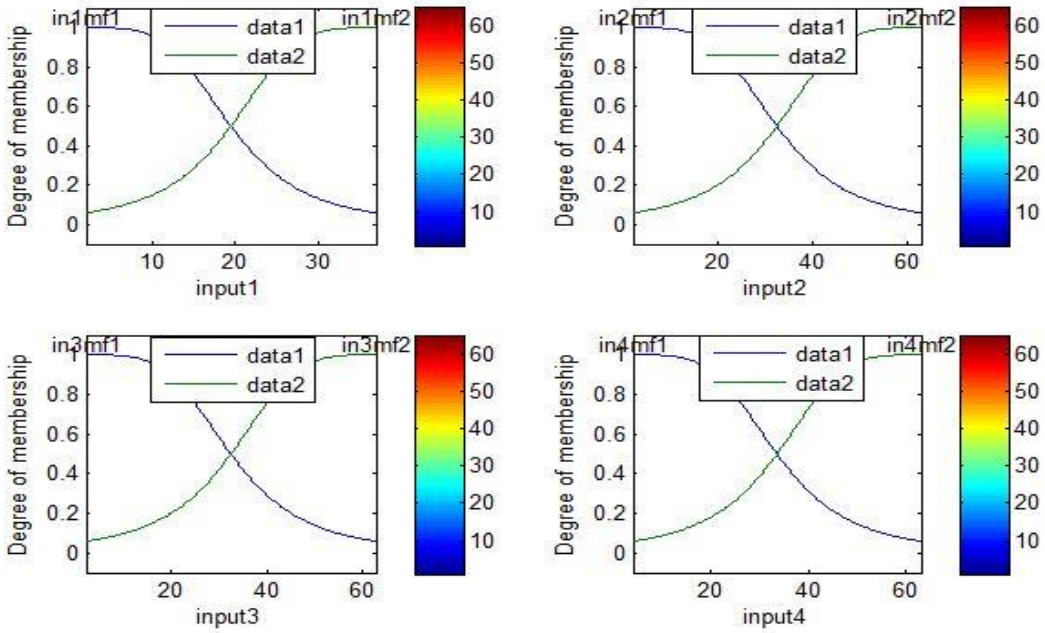
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]



شکل ۲: یک سیستم فازی سوگنو با تابع عضویت مثلثی و سیستم ANFIS معادل با آن،کیسی و ازتورک(Kissi and Ozstarck, 2007: 370)

- **نحوه تنظیم سری های زمانی گرد و غبار جهت پیش بینی و ورود به مدل ANFIS در Matlab با کد نویسی**

در این روش نیز از مدل ANFIS برای مثال پیش‌بینی، از داده‌های ایستگاه اردبیل استفاده شد که برای به‌دست آوردن توابع عضویت تولید شده توسط Genfis1، کل فضای ورودی را پوشش می‌دهند. پس از اجرای دستورات کد نویسی مورد نیاز، توابع عضویت ورودی نمودارها، شکل (۳) به دست آمد.

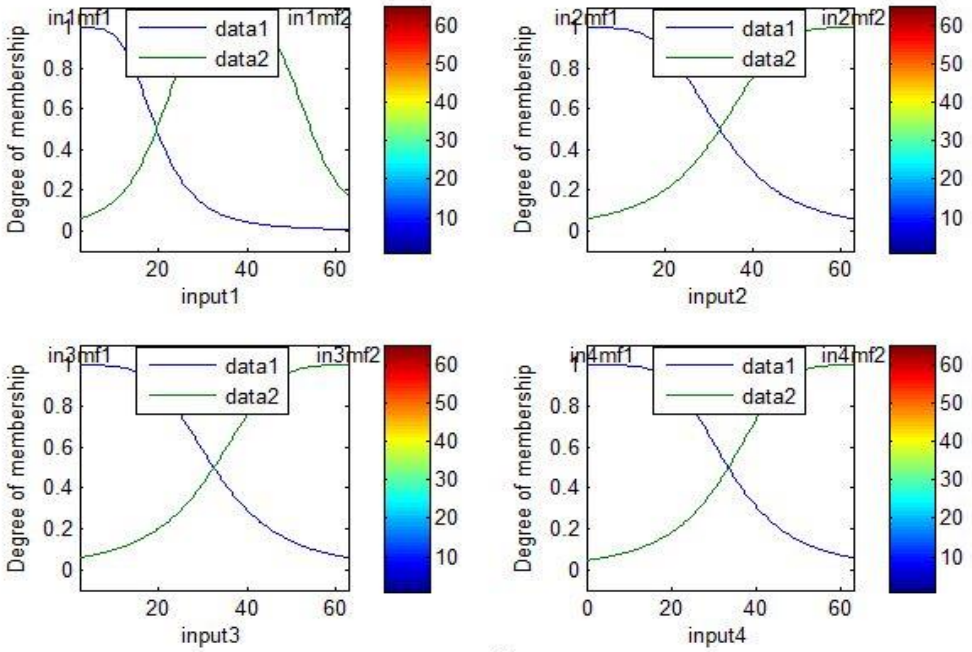


شکل ۳: توابع عضویت ورودی پیش‌بینی ایستگاه اردبیل

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]

برای شروع روال آموزش دستورات و کدهای مورد نیاز اجرا شد از آن‌جا که داده‌های وارسی به این تابع ارسال شده‌اند، Fis نهایی متناظر با کم‌ترین خطای روی مجموعه وارسی خواهد بود. نتیجه در Fismat2 دخیره می‌شود. با اجرای دستورات مربوطه می‌توان تابع عضویت جدید را در نمودارهای ترسیم کرد(شکل ۴).

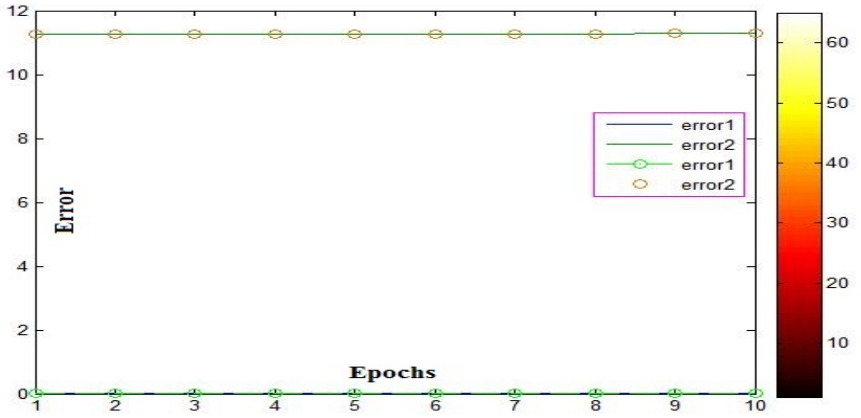


شکل ۴:توابع عضویت جدید پس از آموزش ایستگاه اردبیل

هم‌چنین برای رسم نمودارهای خطا از کدهای مربوطه استفاده شد در نمودار شکل(۵) جذر میانگین مربعات خطاها برای ایستگاه اردبیل ترسیم شد. منحنی بالایی شکل، مربوط به خطاهای آموزشی(Error1) و منحنی پایین مربوط به خطای داده‌های وارسی (Error2) می‌باشد و جدول(۲) میانگین خطای آموزش و میانگین خطای اعتبارسنجی مدل‌سازی به درصد ایستگاه اردبیل نشان می‌دهد. برای به‌دست آوردن و درست کردن سری‌های زمانی و پیش‌بینی و هم‌چنین میانگین‌های خطاها از دستور کدنویسی استفاده شد. در شکل(۶) مقدار پیش‌بینی شده برای ۱۸ سال آینده، با رنگ سبز و مقدار مشاهده شده با رنگ خط دایره گونه سیاه رنگ قابل مشاهده و مقدار پیش‌بینی شده برای سال‌های آینده در جدول(۳) برای ایستگاه اردبیل به‌دست آمده است. با توجه به روش اشاره شده مذکور می‌توان شاخص گرد و غبار با استفاده از مدل Anfis را برای ایستگاه‌های مورد مطالعه پیش‌بینی نموده و توان مدل شبکه عصبی-فازی Anfis را در مدل‌سازی و پیش‌بینی روند تغییرات سری‌زمانی شاخص ذکر شده مورد پایش و ارزیابی قرار داد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]



شکل ۵: نمودار خطا پیش‌بینی ایستگاه اردبیل

جدول ۲: میانگین خطای آموزش و میانگین خطای اعتبارسنجی مدل‌سازی به درصد ایستگاه اردبیل

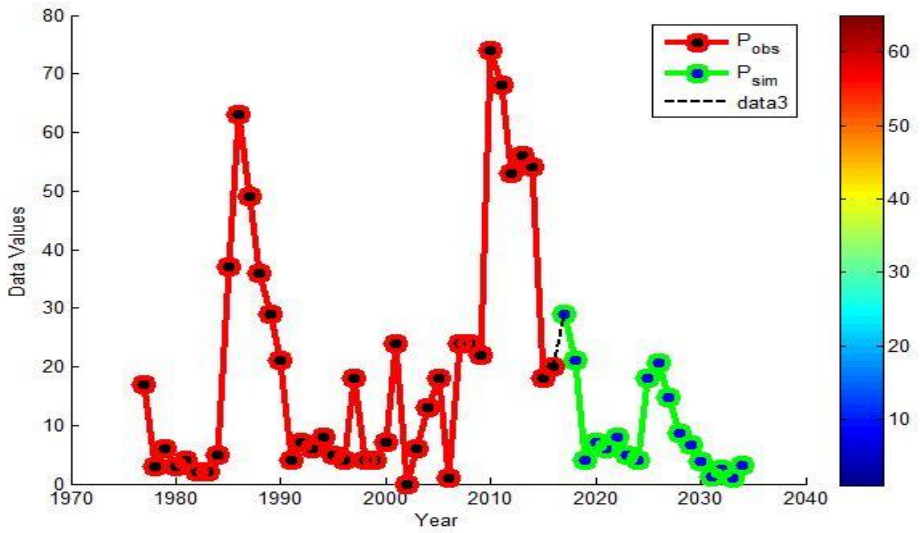
میانگین خطای آموزشی	میانگین خطای اعتبارسنجی، داده وارسی
۰/۰۶۸	۱۱/۲۷

جدول ۳: مقدار پیش‌بینی به‌دست آمده از مدل‌سازی Anfis به درصد، ایستگاه اردبیل برای ۱۸ سال آینده

سال‌های آینده	مقدار پیش‌بینی شده	سال‌های آینده	مقدار پیش‌بینی شده
۲۰۱۷	۲۹	۲۰۲۶	۲۰/۷۰۶
۲۰۱۸	۲۱	۲۰۲۷	۱۴/۷۶۷۹
۲۰۱۹	۴	۲۰۲۸	۸/۵۳۳۸
۲۰۲۰	۷	۲۰۲۹	۶/۶۳۱۹
۲۰۲۱	۶	۲۰۳۰	۳/۸۰۶۵
۲۰۲۲	۸	۲۰۳۱	۱/۳۰۷
۲۰۲۳	۵	۲۰۳۲	۲/۴۵۷۸
۲۰۲۴	۴	۲۰۳۳	۰/۸۹۹۴
۲۰۲۵	۱۸	۲۰۳۴	۳/۲۷۵۶

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]



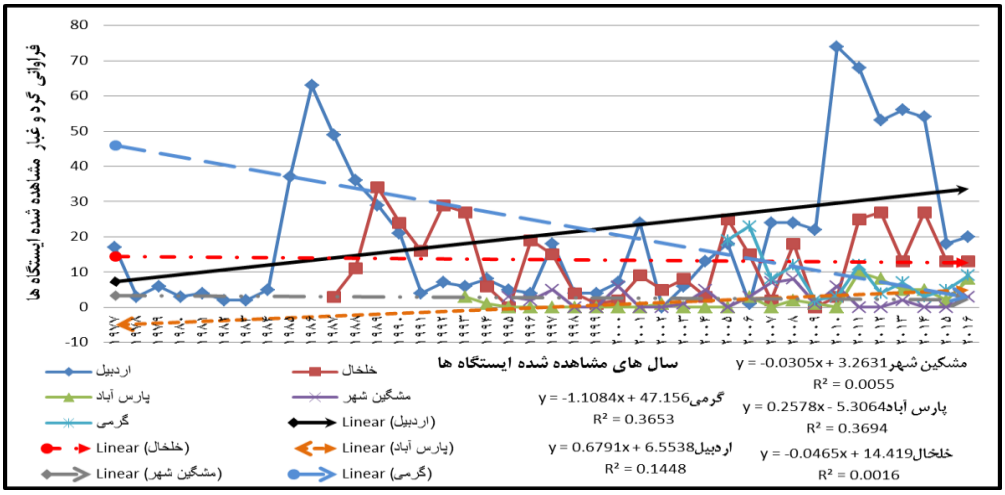
شکل ۶: سال‌های مشاهده شده و سال‌های پیش‌بینی برای ۱۸ سال آینده ایستگاه اردبیل

شرح و تفسیر نتایج

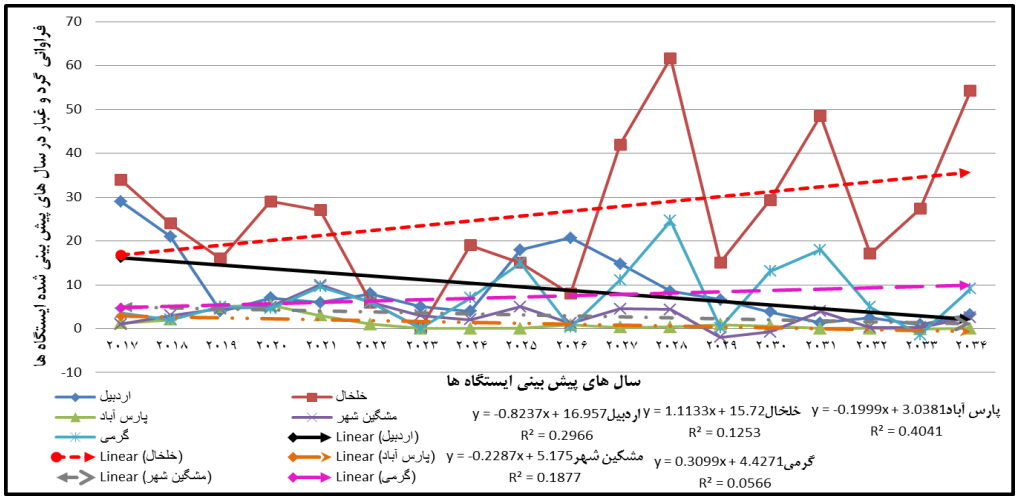
ارزیابی و پایش وضعیت گرد و غبار، شدت، تداوم زمانی، روند و درصد فراوانی وقوع خشکسالی در سال‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده براساس شکل‌های ۷ و ۸ که مورد بررسی قرار گرفت. بررسی شدت گرد و غبار رخ داده نشان می‌دهند در ایستگاه اردبیل در سال‌های مشاهده شده شدیدترین گرد و غبار در بین سال ۲۰۱۰ با مقدار ۷۴ درصد رخ داده است. در سال‌های پیش‌بینی شده در سال ۲۰۱۷ با مقدار ۲۹ درصد را نشان داد. اما در ایستگاه خلخال در سال‌های مشاهده شده شدیدترین گرد و غبار در دو سال ۱۹۹۳ و ۲۰۱۲ با مقدار ۲۷ درصد در هر دو سال اتفاق افتاده است. و در سال‌های پیش‌بینی شده ۲۰۲۸ شدت گرد و غبار با مقدار ۶۱/۶۷ درصد وضعیت افزایشی را نشان می‌دهد. در ایستگاه گرمی در سال‌های مشاهده شده شدیدترین گرد و غبار در سال ۲۰۰۶ با مقدار ۲۳ درصد رخ داده است. در سال‌های پیش‌بینی شده در سال ۲۰۲۸ با مقدار ۲۴/۶۲ درصد رخ داده است. اما در ایستگاه مشگین‌شهر در بازه زمانی مشاهده شده شدیدترین گرد و غبار در سال ۲۰۰۸ فقط با مقدار ۸ درصد رخ داده است و در سال‌های پیش‌بینی شده در سال ۲۰۲۷ با مقدار ۴/۵۴ درصد اتفاق خواهد افتاد. ایستگاه پارس‌آباد در سال‌های مشاهده شده ۲۰۱۱ با مقدار ۱۰ درصد شدیدترین گرد و غبار رخ داده است. و سال‌های پیش‌بینی شده نیز سال ۲۰۲۰ با مقدار ۵/۳۶ درصد رخ داده است. از نظر مقدار شدت گرد و غبار ایستگاه اردبیل شدیدتر از بقیه ایستگاه‌ها است. از نظر شدت خشکسالی که مورد بررسی قرار گرفت هر ۵ ایستگاه مورد مطالعه دارای گرد و غبار می‌باشند به عبارتی مقدار گرد وغبار بالای ۷۴ درصد را می‌توان مشاهده کرد. مقایسه گرد و غبار در دو بازه پیش‌بینی و مشاهده شده مورد مطالعه نشان می‌دهد که در آمار سال‌های مشاهده شده شدت و تکرار گرد و غبار زیاد می‌باشد ولی در سال‌های پیش‌بینی شده شدت گرد و غبار به نسبت با وضعیت افزایشی ولی بر تداوم اضافه شده است. به عبارتی گرد و غبار در بازه زمانی مشاهده شده از تداوم زیادی برخوردار بوده و شدیداً تحت تاثیر افزایش دما و کمبود بارشی می‌باشند. مقدار گرد و غبار در هر ۵ ایستگاه روند با وضعیت ملایم حالت افزایشی داشته است. بنابراین با توجه به این که ویژگی نهایی ریزگردها با استفاده از مدل Anfis بررسی شد می‌توان گفت گرد وغبار در استان اردبیل روند افزایشی دارد. بیش‌ترین شدت گرد و غبار در بازه زمانی مشاهده شده در ایستگاه اردبیل با مقدار ۷۴٪ و کم‌ترین شدت آن با مقدار ۸٪ در ایستگاه مشگین‌شهر رخ داده

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]

است ولی در بازه زمانی پیش‌بینی شده شدیدترین گرد و غبار در ایستگاه خلخال با مقدار ۶۱/۶۷٪ و کم‌ترین مقدار ۴٪/۵۴ در ایستگاه مشگین‌شهر تولید شد.



شکل ۷: نمودار فراوانی گرد و غبار سالانه در سال‌های مشاهده شده



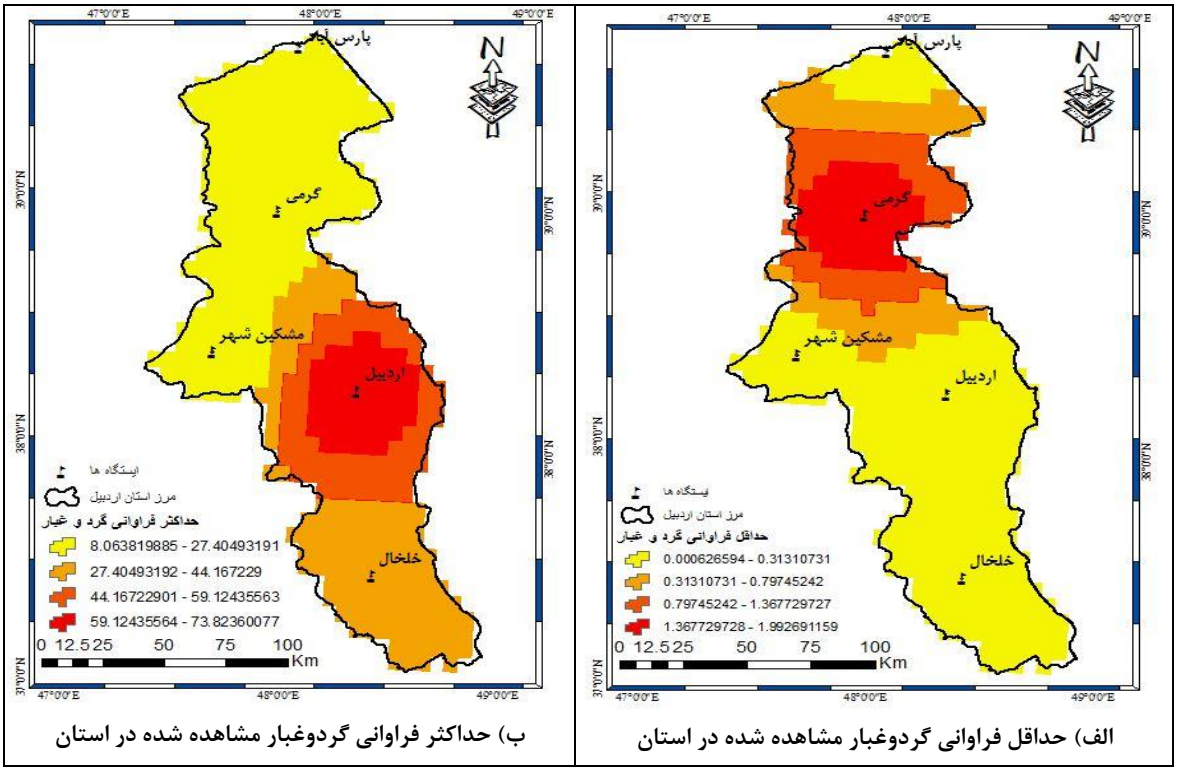
شکل ۸: نمودار فراوانی گرد و غبار سالانه در سال‌های پیش‌بینی شده

در پایش و پیش‌بینی وضعیت گرد و غبار درصد فراوانی وقوع که در جدول ۴ بررسی شد در سال‌های مشاهده شده بیش‌ترین مقدار حداکثر فراوانی گرد و غبار در ایستگاه اردبیل با مقدار ۷۴ درصد و کم‌ترین آن در مشکی‌شهر ۸ درصد بوده است. بیش‌ترین میانگین درصد فراوانی گرد و غبار در ایستگاه اردبیل با مقدار ۲۱/۲۶ درصد و کم‌ترین آن ایستگاه پارس‌آباد مغان با مقدار ۲/۲۶ درصد و در وضعیت حداقل درصد فراوانی در ماکزیمم و مینیمم صفر شد. در سال‌های پیش‌بینی شده بیش‌ترین مقدار حداکثر فراوانی گرد و غبار در ایستگاه خلخال با مقدار ۶۱/۶۷ درصد و کم‌ترین آن در مشگین‌شهر ۱۰ درصد بوده است. بیش‌ترین میانگین درصد فراوانی گرد و غبار در ایستگاه خلخال با مقدار ۲۶/۷۵ درصد و کم‌ترین آن ایستگاه پارس‌آباد مغان با مقدار ۱/۲۸ درصد می‌باشد و در وضعیت حداقل درصد فراوانی بیش‌ترین مقدار آن ایستگاه اردبیل ۰/۸۹ درصد حاصل شد. در نهایت نقشه‌های پهنه‌بندی گرد و غبار در بازه زمانی مشاهده شده و تولید شده استان اردبیل در شکل ۹ ارائه شد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]

جدول ۴: درصد فراوانی وقوع گرد و غبار مشاهده شده و پیش‌بینی شده به درصد

	درصد فراوانی وقوع گرد و غبار مشاهده شده			درصد فراوانی وقوع گرد و غبار پیش‌بینی شده		
ایستگاه ها	حداکثر درصد فراوانی	میانگین درصد فراوانی	حداقل درصد فراوانی	حداکثر درصد فراوانی	میانگین درصد فراوانی	حداقل درصد فراوانی
اردبیل	۷۴	۲۱/۲۶	۰	۲۹	۹/۷۱	۰/۸۹
خلخال	۳۴	۱۳/۴۶	۰	۶۱/۶۷	۲۶/۷۵	۰
مشگین شهر	۸	۲/۵	۰	۱۰	۳/۱۰	۰
پارس آباد	۱۰	۲/۲۶	۰	۵/۳۶	۱/۲۸	۰
گرمی	۲۳	۹/۴۲	۰	۲۴/۶۲۳۱	۷/۷۹	۰

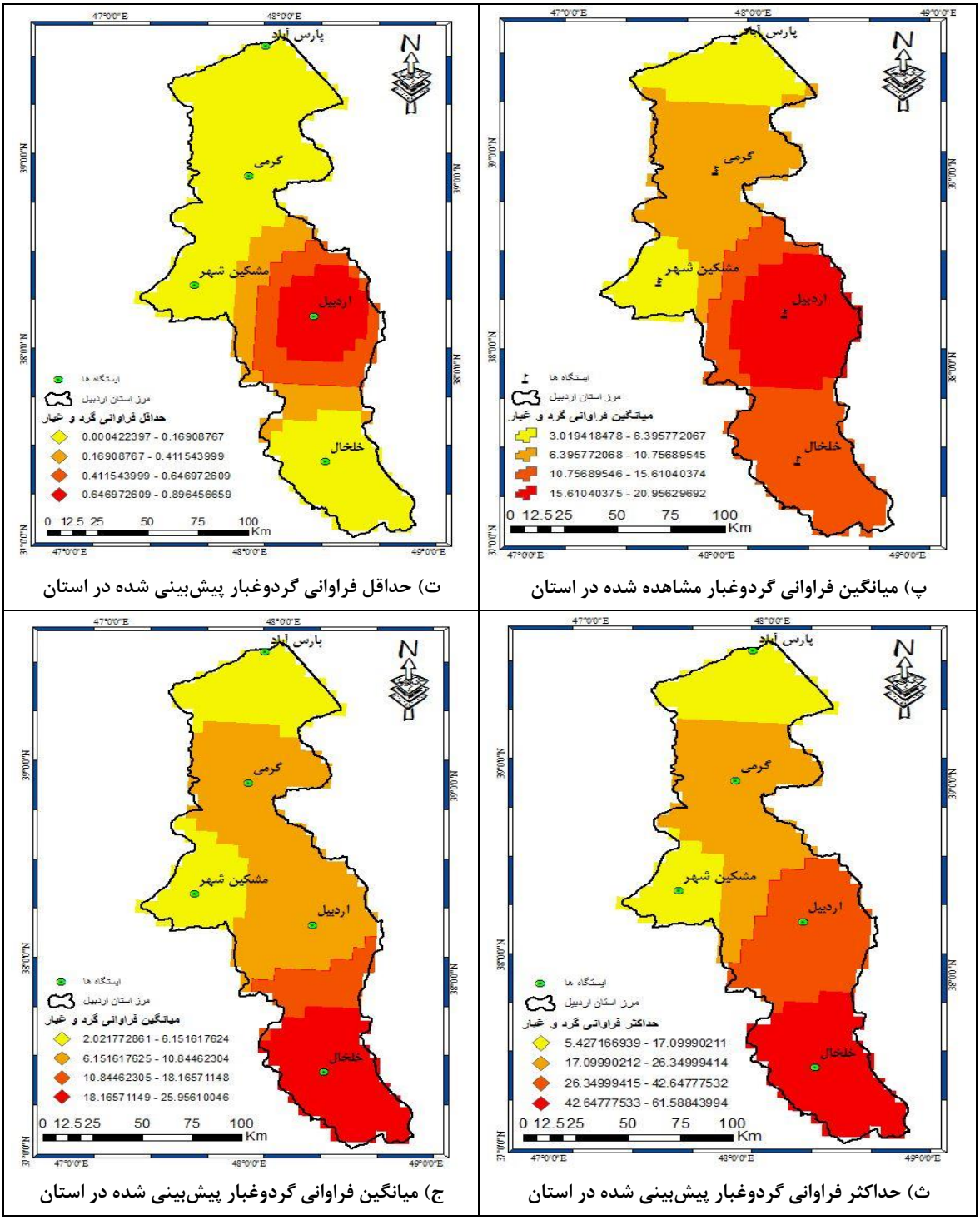


الف) حداقل فراوانی گردوغبار مشاهده شده در استان

ب) حداکثر فراوانی گردوغبار مشاهده شده در استان

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]



پ) میانگین فراوانی گردوغبار مشاهده شده در استان

ت) حداقل فراوانی گردوغبار پیش‌بینی شده در استان

ث) حداکثر فراوانی گردوغبار پیش‌بینی شده در استان

ج) میانگین فراوانی گردوغبار پیش‌بینی شده در استان

شکل ۹: پهنه‌بندی درصد فراوانی گرد و غبار در استان اردبیل

پیش‌بینی گرد وغبار در استان اردبیل: میانگین خطای آموزش و میانگین خطای اعتبار سنجی مدل‌سازی در جدول (۵)، و مقدار پیش‌بینی شده پدیده گرد و غبار به درصد، در جدول (۶) برای ۵ ایستگاه مورد مطالعه برای ۱۸ سال آینده با استفاده از کدهای که به صورت دستی حاصل شده به تفکیک ایستگاه‌ها در سری زمانی به دست آمد که بیش‌ترین میانگین خطای آموزشی در ایستگاه پارس‌آباد مغان با مقدار ۰/۰۹۱ درصد و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]

گرمی با مقدار ۰/۰۰۱ درصد به حاصل شد و بیش‌ترین مقدار میانگین خطای اعتبارسنجی، داده وارسی در ایستگاه خلخال ۳۲/۱۲ درصد و کم‌ترین در ایستگاه پارس‌آباد با مقدار ۱/۱۰ درصد در جدول ۵ ارائه شد. اما در بخش پیش‌بینی شده ایستگاه خلخال در شدیدترین وضعیت گرد و غبار با مقدار مجموع ۴۷۳/۳۲ درصد قرار گرفت و بعد از آن ایستگاه‌های بعدی در وضعیت شدت گرد وغبار به ترتیب اردبیل(۱۶۴/۳۸ درصد)، گرمی(۱۳۲/۶۸ درصد)، مشگین‌شهر(۵۴/۰۳ درصد) و ایستگاه پارس‌آباد مغان با کم‌ترین مقدار یعنی با مجموع مقدار ۲۰/۵۰ درصد در وضعیت گرد و غبار کاهشی قرار گرفت.

جدول ۵: میانگین خطای آموزشی و میانگین خطای اعتبار سنجی مدل‌سازی به درصد با استفاده از مدل Anfis

ایستگاه‌ها	میانگین خطای اعتبارسنجی، داده وارسی	میانگین خطای آموزشی
اردبیل	۱۱/۲۷	۰/۰۶۸
خلخال	۳۲/۱۲	۰/۰۸۹
پارس آباد	۱/۱۰	۰/۰۹۱
مشگین شهر	۲/۶۰	۰/۰۱۲
گرمی	۱۲/۸۵	۰/۰۰۱

جدول ۶: مقدار پیش‌بینی شده مقادیر پدیده گرد و غبار، ۵ ایستگاه مورد مطالعه برای ۱۸ سال آینده

ایستگاه	اردبیل	گرمی	مشگین شهر	پارس آباد	خلخال
سال‌های پیش‌بینی	مقدار پیش‌بینی	مقدار پیش‌بینی	مقدار پیش‌بینی	مقدار پیش‌بینی	مقدار پیش‌بینی
۲۰۱۷	۲۹	۳/۶	۱	۱/۲	۳۴
۲۰۱۸	۲۱	۲	۳	۲	۲۴
۲۰۱۹	۴	۵	۴/۵	۵	۱۶
۲۰۲۰	۷	۴/۶۳	۵	۵/۳۶	۲۹
۲۰۲۱	۶	۹/۵۶	۱۰	۳	۲۷
۲۰۲۲	۸	۶	۶	۱	۶
۲۰۲۳	۵	۰	۳	۰	۰
۲۰۲۴	۴	۷	۲	۰	۱۹
۲۰۲۵	۱۸	۱۵	۵	۰	۱۵
۲۰۲۶	۲۰/۷۰	۰/۲۶	۱/۲۲	۰/۸۴	۷/۹۹
۲۰۲۷	۱۴/۷۶	۱۱/۱۱	۴/۵۴	۰/۲۵	۴۱/۹۸
۲۰۲۸	۸/۵۳	۲۴/۶۲	۴/۳۶	۰/۳۴	۶۱/۶۷
۲۰۲۹	۶/۶۳	۰/۱۶	۰	۰/۹۱	۱۵/۰۸
۲۰۳۰	۳/۸۰	۱۳/۰۹	۰	۰/۵۹	۲۹/۳۴
۲۰۳۱	۱/۳۰	۱۷/۹۹	۳/۹۳	۰/۰۷۰	۴۸/۵۴
۲۰۳۲	۲/۴۵	۴/۹۵	۰/۲۸	۰/۰۱۹	۱۷/۰۷
۲۰۳۳	۰/۸۹	۰	۰/۲۷	۰	۲۷/۳۶
۲۰۲۴	۳/۲۷	۹/۱۱	۲/۶۳	۰/.۰۳	۵۴/۲۵

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]

بررسی گرد و غبار و ارزیابی امکان پیش‌بینی آن در استان اردبیل با استفاده از مدل ANFIS در این پژوهش انجام شد، این روش در اکثر مطالعات که صورت گرفته، روش مناسبی در امر پیش‌بینی عنوان شده است. از جمله: (صحرایی و همکاران، ۱۳۹۶)، ردیابی طوفان گرد و غبار (مطالعه موردی خوزستان)، (عمارلو و همکاران، ۱۳۹۶)، ذرات گرد و غبار و تاثیر آن بر کیفیت هوا، در پژوهشی گندمکار و همکاران، ۱۳۹۶) به بررسی و ارتباط سنجی روند سری های دمایی و روز های همراه با گرد و غبار استان همدان کارایی قابل قبول داشت و هم‌چنین، (باقری و حسینی‌صدیق، ۱۳۹۵) در تحلیل سینوپتیکی گرد و غبار در گسترده ۵۲ شهر جنوبی ایران ، دقت قابل قبول مدل را تایید نمودند. با این حال با همه مقایسه صورت گرفته این مدل در پژوهش حاضر در پیش‌بینی پدیده گرد و غبار مدل و روش نوین Anfis کارایی قابل قبولی دارد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش صورت گرفته با موضوع پایش گرد و غبار و پیش‌بینی آن در استان اردبیل با استفاده از مدل ANFIS در دو بازه زمانی مشاهده و پیش‌بینی شده انجام شد. در یک جمع‌بندی مربوط به بررسی و ارزیابی گرد و غبار در استان اردبیل مهم‌ترین نتایج به دست آمده را به صورت فهرست‌وار در زیر ارائه شد:

- روند گرد و غبار در استان اردبیل به صورت ملایم در حال افزایشی بود و در ایستگاه خلخال شدیدتر بوده است.
- بیش‌ترین میانگین خطای آموزشی در ایستگاه پارس‌آباد مغان با مقدار ۰/۰۹۱ درصد و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه گرمی با مقدار ۰/۰۰۱ درصد به حاصل شد.
- بیش‌ترین درصد فراوانی گرد و غبار در سال‌های مشاهده شده در ایستگا خلخال و اردبیل و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه مشکین‌شهر نشان داد.
- از نظر مقدار شدت گرد و غبار ایستگاه اردبیل شدیدتر از بقیه ایستگاه‌ها است.

عمده‌ترین نتایج مربوط به پیش‌بینی گرد و غبار با استفاده از مدل شبکه عصبی تطبیقی Anfis بدین شرح می‌باشد:

- برای ۵ ایستگاه مورد مطالعه برای ۱۸ سال آینده با استفاده از کدهای نویسی حاصل شده به تفکیک ایستگاه‌ها در سری زمانی به دست آمد که بیش‌ترین میانگین خطای آموزشی در ایستگاه پارس‌آباد مغان با مقدار ۰/۰۹۱ درصد شد.
- کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه گرمی با مقدار ۰/۰۰۱ درصد به حاصل شد.
- بیش‌ترین مقدار میانگین خطای اعتبارسنجی، داده وارسی در ایستگاه خلخال ۳۲/۱۲ درصد می‌باشد.

منابع

احمدزاده، کمال؛ محمد میرلطفی و کیوان محمدی. ۱۳۸۹. **مقایسه سیستم‌های هوش مصنوعی در (ANN و ANPI) در تخمین میزان تبخیر- تعرق گیاه مرجع در مناطق بسیار خشک ایران**. *نشریه آب و خاک*، **۴**: ۶۷۹-۶۸۹.

اصغری‌اسکویی، محمد. ۱۳۸۱. **کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی سری‌های زمانی**. *فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، **۱۲**: ۷۹-۹۹.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]

اکبری، مهری و ملودی فرح‌بخشی. ۱۳۹۵. **تحلیل سینوپتیک و شبیه‌سازی مسیر حرکت توفان‌های شدید گرد و غبار**. *فضای جغرافیایی*، **۵۵**: ۲۷۳ـ۲۹۱.

انصاری، حسین؛ کامران داوری و سیدحسین ثنائی‌نژاد. ۱۳۸۹. **پایش خشک‌سالی با استفاده از شاخص بارندگی و تبخیر و تعرق استاندارد شده SEPI، توسعه یافته بر اساس منطق فازی**. *نشریه آب و خاک(علوم و صنایع کشاورزی)*، **۱**: ۳۸-۵۲.

بابایی، فینی‌ام السمه؛ طاهر صفرراد و مصطفی کریمی. ۱۳۹۵. **تحلیل و شناسایی الگوهای همدید طوفان های گرد و غبار غرب ایران**. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، **۱۷**: ۱۰۵-۱۱۹.

بروغنی، مهدی؛ سیما پورهاشمی، محمدعلی اسدی و حمیدرضا مرادی. ۱۳۹۶. **شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار در شرق خاورمیانه با استفاده از سنجش از دور**. *مخاطرات محیط طبیعی*، **۱۱**: ۱۰۱ـ۱۱۸.

برومندی، پریا. ۱۳۹۵. **منشا یابی ذرات گرد و غبار با بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها و مدل‌سازی عددی در شهرستان مسجد سلیمان**. *سلامت و محیط زیست*، **۴**: ۵۱۷-۵۲۶.

خوش اخلاق، فرامرز؛ محمد سعید نجفی ومهدی صمدی. ۱۳۹۱. **واکاوی همدید رخداد گرد و غبار بهاره در غرب ایران**. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۲**: ۹۹-۱۲۴.

خوش‌اخلاق، فرامرز؛ محمد سعید نجفی، محمد زمان زاده، محمد حسن شیرازی و مهدی صمدی. ۱۳۹۲. **بررسی ترکیبات بار گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران**. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، **۶**: ۱۷-۳۶.

خوش‌کیش، اسدالله؛ بهلول علیجانی و زهرا حجازی زاده. ۱۳۹۰. ت**حلیل سینوپتیک سامانه های گرد و غبار در استان لرستان**. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، **۲۱**: ۹۱-۱۱۰.

دستجردی، جواد؛ حجت موسوی و عبدالرضا کاشکی. ۱۳۹۰. **تحلیل همدید طوفان های گرد و غبار ایلام**، *جغرافیا و برنامه-ریزی محیطی*، **۲**: ۱۵-۳۴.

دوستان، رضا. ۱۳۹۵. **تحلیل فضایی گرد و غبار در شمال شرق ایران**. *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، **۲**: ۶۷ـ۹۰.

ذوالفقاری، حسن؛ جعفر معصوم‌پور، شاپور شایگان مهر و محمد احمدی. ۱۳۹۰. **بررسی همدید توفان های گرد و غبار ایران طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۸۸**. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، **۳**: ۱۷-۳۴.

زینالی، بتول. ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات فراوانی روز های گرد وغبار همراه با توفان‌های گرد و غباری نیمه غربی ایران. *مخاطرات محیط طبیعی*، **۷**: ۸۷-۱۰۰.

شمسی‌پور، علی‌اکبرو طاهر صفرراد. ۱۳۹۱. **تحلیل ماهواره‌ای همدیدی پدیده گرد و غبار**. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۷۹**: ۱۱۱ـ۱۲۶.

صحرایی، جلیل؛ مژگان بهرامی و ناهید محمدی. ۱۳۹۶. **ردیابی طوفان گرد و غبار** ، *اولین همایش اندیشه‌ها و فناوری‌های نوین در علوم جغرافیا*، ۱۱-۱۶.

ظهوریان، منیژه و لیلا جهانگیری. ۱۳۹۳. **تحلیل سینوپتیکی و آماری رخداد گرد و غبار در شهر اهواز**. *اولین کنفرانس ملی آسیب‌شناسی محیط‌زیست و آلودگی‌های شهری*، ۶۷-۶۹.

عطایی، شیما؛ علی محمدزاده و علی‌اکبر آبکار. ۱۳۹۴. **شناسایی گرد و غبار با استفاده از روش درخت تصمیم‌گیری از تصاویر سنجنده مادیس**، *علوم و فنون نقشه برداری*، **۴**: ۱۵۱-۱۶۰.

عمارلو، جواد؛ حمیدرضا جاوید، رضا شکاریان، فاطمه رضایی و احمد وحدانی. ۱۳۹۶. **ذرات گرد و غبار و تاثیر آن بر کیفیت هوا**. *چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست*، ۳۶ـ۴۱.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]

فلاح، محمد؛ علیرضا وفایی نژاد، مسعود خیرخواه و فریبرز احمدی. ۱۳۹۳. **پایش و تحلیل سینوپتیکی پدیده گرد و غبار**. *اطلاعات جغرافیایی*، **۹۱**: ۶۹ـ۸۰.

کریمی، مصطفی و کامیار شکوهی. ۱۳۹۰. **اندرکنش گردش جو و پوشش سطح زمین در سازوکار تشکیل و گسترش توفان های گرد و غبار تابستانه خاورمیانه**. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۷۸**: ۱۱۳-۱۳۰.

کنارکوهی، عذرا؛ سلیمان جاهی‌حوریه، شهاب فلاحی، حسین ریاحی‌مدوار و زهرا مشکات. ۱۳۸۹. **استفاده از سیستم جدید هوشمند استنتاج فازی–عصبی تطابقی(ANFIS) برای پیش‌بینی قدرت سرطان‌زایی ویروس پاپیلوهای انسانی**. *مجله علمی پژوهش دانشگاه علوم پژشکی اراک*. **۴**: ۹۵-۱۰۵.

گندمکار، امیر؛ راضیه فنایی، فاطمه دانشور، حسین کاردان، مریم احدی نژاد و نجمه رضایی. ۱۳۹۶. **بررسی و ارتباط سنجی روند سری‌های دمایی و روزهای همرا با گرد و غبار استان همدان**. *فصل‌نامه علمی پژوهشی جغرافیا*، **۵۳**: ۲۷۷-۲۹۳.

مالچسفکی. یاچک. ۱۳۸۵. ***سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری***، اکبر پرهیزگار و عطا غفاری‌گیلانده. چاپ چهارم. انتشارات سمت، تهران.

محمدخانی، شیرین. ۱۳۹۶. **بررسی وضعیت و روند تغییرات طوفان‌های گرد و غباری در ایران**. *مرتع و آبخیزداری(منابع طبیعی ایران)*، **۲**: ۴۹۵ـ۵۱۴.

محمدی، جمیله و رضا حسین‌زاده. ۱۳۹۴. **پایش ماهواره‌ای و تحلیل همدید پدیده گرد و غبار در کلان شهر مشهد**. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، **۴**: ۳۵ـ۵۷.

محمدی، سعیده؛ محمد جواد زارع، ابوالفضل برخورداری،مهرداد مستغاثی، فریبا زارع، رضا قربانی و رضیه سلطانی. ۱۳۹۵. **کاربرد GIS و نقشه‌های هم تراز آلودگی ناشی از گرد و غبار**. *فصل‌نامه طب‌کار مرکز تحقیقات بیماری‌های ناشی از صنعت*، **۱**: ۳۴ـ۴۲.

میری، مرتضی؛ قاسم عزیزی و امید نبوی. ۱۳۹۰. **ردیابی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران**. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، **۷**: ۶۳-۸۳.

ناصرپور، سمیه؛ بهلول علیجانی و پرویز رضائیان. ۱۳۹۴. **منشا یابی توفان های گرد و غبار در جنوب غرب ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ونقشه های هوا**. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۱**: ۲۱-۳۶.

ناصرزاده، محمدحسین و حجت اله فتحی. ۱۳۹۵. **شناسایی عوامل سینوپتیکی و محلی مقیاس در رویدادهای گرد و غباری استان ایلام**. *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، **۲۱**: ۵۷-۷۴.

هژبرپور، قاسم؛ سیاوش محمدی، علی اکبرنیا و مهیا احدی. ۱۳۹۴. **تحلیل سینوپتیکی و آماری پدیده گرد و غبار شهر اردبیل**. *پنجمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم*، ۱۳-۱۷.

Arnas, c; j, lrby; s, celli;g, de temmerman; y, Addab; couedel, L; c, grisolia;y, lin, ; c, martin; c, pardanaud, ;s, pierson, .2017. **Characterization and origin of large size dust particles produced in the alcator C_ mod tokamak,** Nuchear materials and energy, **11**: 12_19 **DOI**: 10.1016.jea.2016.12.118.

Cuevas, e; a, Gomez_plelaz ; s, rodriguez,; e, terradellas; s, basart, ; r, Garcia; o, Garcia; and s, Alonso.2017. **The pulsating nature of large scale Saharan dust transport**, atmospheric environment, **167**: 586_602. **DOI**: 10.1016/gea.2017.10.006.

Dansie, A; G.F.S, wigs; D.S.G, thomas; and R, washington .2017. **Measurements of windblown dust characteristics and ocean fertilization potential,** Aeolian research, **29**: 30-41. **DOI**: 10/1016/jea.2017.08.002.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]

Jixia, h; z qibin; t, jing; y, depeng; and g, quansheng. 2017. **Association between forestry ecological engineering and dust weather in lnner Mongolia**, physics and chemistry of the earth, parts A/B/C, in press, corrected proof, available online 2. **DOI**: 10/1016/jpce.2017.10.003

Liu, z; d, wang; g, miloshevsky. 2017. **Simulation of dust grain charging under tokamak plasma conditions**, nuclear materials and energy, **12**: 582_587. **DOI** 10/1016/jea.2017.030.

Nabavi, o; l, haimberger; c ,samimi, .2017. **Sensitivity of WRF_ chem predictions to dust source function specification in west asia,** Aeolian research, **24**: 115_131. **DOI** 10.1016.jea.2016.12.005.

Sahu, o; d, rao; n, gabbiye; a, engidayehu; and f, teshale. 2017. **Sorption of phenol fram synthetic aqueous solution by activated saw dust,** biochemistry and biophysics reports, **12**:46-53. **DOI**: 10/1016/jbb.2017.08.007.

Shoji, M; G, kawamura; r, smirnov; a, pigarov; y, tanaka; s, masuzaki; y, uesugi. 2017. **Simulation of impurity transport in the peripheral plasma due to the emission of dust in long pulse discharges on the large helical device**, nuclear materials and energy, **12**: 530_535. **DOI** 10/1016/jea/2017.07.010.

Wang, z; x, pan; I, uno, ;j, li,; z, wang; chen, xueshun; p, fu,; t, yang,; h, kobayashi; a, shimizu; n, sugimoto; sh, yamamotom, . 2017. **Significant impacts of heterogeneous reactions on the chemical composition and mixing state of dust particles**, atmospheric environment, **159**: 83_91. **DOI**: 10. 1016, jea.2017.08.32.

Willame, Y;a, Vandaele;c, depiesse; f, lefevre,;v, letocart; d,Gillotay;f, montmessin .2017. **Retrieving cloud dust and ozone abundances in the martion atmosphere SPICAM/UV nadir spectra**, planetary and space science, **142**: 9-25. **DOI**: 10/1016/jea2016.11/022.

Zalesna, E; J, grzonka; m rubel; a, carrasco; a, widdowson; a baron; l, ciupinski; j, contributors.2017. **Studies of dust from JET with the ITER like wall: composition and internal structure,** nuclear materials and energy, **12**: 582-587. **DOI**: 10/1016/jea2016.11.027.

Zielhofer, c; h, suchodoletz; w, fletcher; b, Schneider;e,e, dietze; m,schleget; k, schepanski;b, weninger; and m, steffen;. 2017. **Millennial scale fluctuations in Saharan dust supply across the decline of the African humid period**, quatemary science reviews, **171**: 119-135. **DOI** 10/1016 jea.2017.07.010.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.2.107]