

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۰۵

تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۲۲

صفحات: ۱۹۸ - ۱۷۹

واکاوی و پیش‌بینی پدیده گرد و غبار در جنوب غرب ایران

بهروز سبحانی^{*}، وحید صفریان زنگیر^۲

چکیده

گرد و غبار پدیده‌ای است که آثار زیست محیطی مخرب زیادی را در بخش‌های مختلف زندگی انسان‌ها از جمله: کشاورزی، اقتصاد، بهداشت و غیره دارد. کشور ایران، به ویژه منطقه غرب و جنوب غرب آن، به دلیل قرار گرفتن در منطقه درگیر با پدیده گرد و غبار هر ساله خسارات زیادی را از این پدیده می‌بینند بنابراین توجه به این مساله و کاهش خسارات‌های حاصل از آن، در اولویت می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی و پیش‌بینی پدیده گرد و غبار در جنوب غرب ایران می‌باشد. برای انجام این پژوهش از داده ۲۷ ساله گرد و غبار در ۱۴ ایستگاه سینوپتیک در جنوب غرب ایران در بازه زمانی (۲۰۱۷-۱۹۹۰) استفاده شد. در این پژوهش، ابتدا داده‌های گرد و غبار در ۱۴ ایستگاه مورد مطالعه نرمال‌سازی شد و سپس با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی هیبرید-پانل دیتا، شبکه عصبی تطبیقی ANFIS در نرم‌افزار MATLAB خطایابی و پیش‌بینی شدند و در نهایت برای اولویت‌سنجی ایستگاه‌های بیش‌تر، در معرض گرد و غبار از مدل‌های تصمیم‌گیری چند متغیره TOPSIS و SAW استفاده شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که میزان اطمینان حاصل از مدل‌های خطاسنجی (شبکه عصبی هیبرید-پانل نسبت به شبکه عصبی تطبیقی ANFIS) بیش‌تر می‌باشد. براساس مدل‌های پیش‌بینی بیش‌ترین احتمال رخداد، حداکثر گرد و غبار در ۲۳ سال آینده پیش‌بینی شده در منطقه مورد مطالعه در دو ایستگاه سرپل‌ذهاب و آبادان به ترتیب با درصد (۱۲۸/۹۱۷، ۱۲۰/۷۰۹) می‌باشد. براساس مدل SAW بیش‌تر مقدار احتمال رخداد گرد و غبار، در ۲۳ سال آینده پیش‌بینی شده در ایستگاه آبادان با ۰/۹۹ درصد و براساس مدل TOPSIS ایستگاه اسلام‌آباد غرب با مقدار درصد ۰/۹۷ به خود اختصاص داد. برای کاهش خسارات‌های حاصل از پدیده گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه علاوه بر اقدامات داخل کشور مثل همکاری‌های بین‌سازمانی باید با انعقاد تفاهم‌نامه بین‌المللی با کشورهای همسایه بر آن فایز آمد.

واژگان کلیدی: مخاطره اقلیمی، بررسی آماری، شبکه عصبی - مصنوعی، مدل تصمیم‌گیری چند متغیره.

مقدمه

پدیده گرد و غبار یکی از زیان‌بارترین بلایای طبیعی در مناطق کم باران جهان، به ویژه در ایران می‌باشد که مشکلات محیطی زیادی را در این نواحی به ارمغان می‌آورد (خوش‌کیش و همکاران، ۱۳۹۰)؛ و همچنین یکی از پدیده‌های خطرناک اقلیمی است که سالانه خسارات فراوانی را به محیط زیست، جاده‌ها و ساختمان‌ها و هوای شهری وارد می‌کند، گرد و غبار به عنوان یک ماده آلاینده هوا، همراه با دیگر آلاینده‌های جوی مورد سنجش قرار می‌گیرد (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۰). طوفان‌های گرد و غبار علاوه بر این که عامل مهمی در هدر رفت خاک، خسارات اقتصادی به بخش‌های صنعتی، کشاورزی و شریان‌های ارتباطی در اکثر مناطق ایران خصوصاً غرب و جنوب غرب محسوب می‌گردد می‌تواند باعث تهدید حیات انسان هم از نظر سلامتی و هم تولید مواد غذایی باشد (دستجردی و همکاران، ۱۳۹۰). پدیده گرد و غبار، از شایع‌ترین پدیده‌های اقلیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و به عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی در این مناطق به شمار می‌رود و پیامد آن بروز مشکلات اجتماعی، اقتصادی، اختلال در سامانه‌های ترابری و در مجموع سبب پیدایش بحران‌های زیست محیطی می‌شود (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰)؛ و همچنین یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست محیطی به وجود آمده در منطقه خاورمیانه و ایران در سال‌های اخیر است، این پدیده امروزه به یکی از مشکلات اساسی در مناطق خشک و نیمه خشک تبدیل شده است که اثرات نامطلوب اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی دارد (فلاح و همکاران، ۱۳۹۳)؛ و می‌توان به طور یقین بیان کرد که یکی از مخاطرات محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا طوفان‌های گرد و غباری می‌باشد، این رخداد محیطی از مخاطرات اقلیمی به شمار می‌رود و موجب بروز یا تشدید بیماری‌های قلبی - عروقی، بیماری‌های تنفسی و آلرژی‌های فراوان در بدن انسان می‌شود (ناصرپور و همکاران، ۱۳۹۴). پدیده گرد و غبار 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 نیمه خشک را در برمی‌گیرد (عطایی و همکاران، ۱۳۹۴). طوفان‌های گرد و غبار از پدیده‌های مهم جوی هستند که به دلیل ورود ذرات معلق خاک و غبار به درون جو آثار بسیار مهمی را در زمینه‌های زیست محیطی، بهداشتی و فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی دارند (بابایی و همکاران، ۱۳۹۵)؛ و شایان ذکر است همواره به عنوان یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیطی مطرح بوده و پیامدهای زیست محیطی 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 می‌باشد (گندمکار و همکاران، ۱۳۹۶). محققان دیگری در زمینه گرد و غبار اقدام به پژوهش کردند از جمله: کریمی و شکوهی ۱۳۹۰، شمسی‌پور و صفرراد ۱۳۹۱، خوش اخلاق و همکاران ۱۳۹۱، خوش اخلاق و همکاران ۱۳۹۲، طهوریان و جهانگیری ۱۳۹۳، عطایی و همکاران ۱۳۹۴، صفریان زنگیر و همکاران ۱۳۹۷، زلسنا^۱ و همکاران ۲۰۱۷، ویلام^۲ و همکاران ۲۰۱۷، کیووس^۳ و همکاران ۲۰۱۷. ناصرپور و همکاران (۱۳۹۴) به پژوهش منشایی طوفان‌های گرد و غبار در جنوب غرب ایران با استفاده از

1 Zalesna
2 Willame
3 Cuevas

تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های هوا پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که کم‌فشار سودان بادهای گرم و خشک و آلوده به ذرات گرد و غبار عربستان را به منطقه ما وارد می‌کند و پردازش تصاویر ماهواره‌ای نیز این نتایج را تأیید کرد. هژبرپور و همکاران (۱۳۹۴) به مطالعه سینوپتیکی و آماری پدیده گرد و غبار شهر اردبیل پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که پدیده گرد و غبار از روند صعودی دارد و بیش‌ترین رخداد آن غالباً در ساعت‌های بعد از ظهر رخ داده است. برومندی (۱۳۹۵) به تحقیق منشایابی ذرات گرد و غبار با بررسی و مدل‌سازی عددی در شهرستان مسجدسلیمان پرداخته و به این نتیجه دست‌یافته که منشأ اصلی طوفان‌های گرد و غبار در شهرستان مسجدسلیمان است. بابایی و همکاران (۱۳۹۵) به پژوهش در مورد تحلیل و شناسایی الگوهای هم‌دیدگی طوفان‌های گردوغبار پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که سازوکارهای ایجادکننده گرد و غبار در فصل سرد با توجه به تنوع بیشتر الگوهای گردش جو و سامانه‌هایی که خاورمیانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. باقری و حسینی‌صدیق (۱۳۹۵) به تحقیق تحلیل سینوپتیکی گرد و غبار در گسترده ۵۲ شهر جنوبی ایران اقدام نمودند و به این نتیجه دست یافتند که تشکیل یک سامانه کم ارتفاع تراز میانی جو بر روی کشور عربستان و عراق عامل اصلی شکل‌گیری توده گرد و غبار بوده است. عمارلو و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی ذرات گرد و غبار و تأثیر آن بر کیفیت هوا اقدام نمودند و به این نتیجه رسیدند که طی یک سال درصد فراوانی آلاینده 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. صحرایی و همکاران (۱۳۹۶) به ردیابی طوفان‌های گرد و غبار اقدام نمودند و به این یافته رسیدند که منشأ این طوفان‌ها مناطق مرکزی و شمال عراق و سوریه است. گندمکار و همکاران (۱۳۹۶) به تحقیق و ارتباط سنجی روند سری‌های دمایی و روزهای همراه با گرد و غبار استان همدان اقدام نمودند و به این یافته رسیدند که سری‌های دمایی در ماهی که روند دار بوده‌اند از روند افزایشی برخوردار بوده‌اند. ارناس^۱ و همکاران (۲۰۱۷) به پژوهش خصوصیات و منشأ ذرات گرد و غبار بزرگ تولید شده اقدام کردند و به این یافته رسیدند که ذرات گرد و غبار مانند کره‌ها و فشرده‌ها، کلاس اول را تشکیل می‌دهند ذرات گرد و غبار مانند ذرات که عمدتاً به علت پوشش مواد هستند، کلاس دوم ذرات گرد و غبار را تشکیل می‌دهند. دنسیس^۲ و همکاران (۲۰۱۷) به اندازه‌گیری ویژگی‌های گردوغبار باد و قابلیت بررسی اقیانوس‌ها پرداخته‌اند آن‌ها به این یافته رسیدند که گرد و غبار دارای مقادیر قابل ملاحظه‌ای از مواد قابل حمل نسبت به هر یک از گرد و غبار خلیج اصلی دریاچه خشک جنوب آفریقا می‌باشد. ساهو^۳ و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی جذب فنل از محصول آبی مصنوعی با گرد و غبار ذرات فعال اقدام کردند و به این نتیجه رسیدند که آلاینده‌های آلی تأثیر منفی بر محیط همسایه دارند. جیشیا^۴ و همکاران (۲۰۱۷) به پژوهش پیوند بین مهندسی زیست‌شناسی و جنگل‌داری و هوای گرد و غبار در مغولستان داخلی اقدام نمودند و به این نتیجه رسیدند که باد یک اثر تبلیغاتی قوی بر هوای گرد و غبار دارد

1 Arnas

2 Dansies

3 Sahu

4 Jixia

درحالی که مهندسی بوم‌شناسی جنگلداری و بارندگی دارای اثر مهاری هستند. زیل هوفر^۱ و همکاران (۲۰۱۷) به تحقیق نوسانات سالانه هزاران ساله در تهیه گرد و غبار سوریه در اثر کاهش دوره خشک‌سالی افریقا پرداخته‌اند و به این یافته رسیدند که افزایش غنی‌سازی گرد و غبار در شمال صحرای سواحل غربی منطقه دریای خزر در مناطق شمال غربی افریقای مدیترانه را نشان می‌دهد. شوچی^۲ و همکاران (۲۰۱۷) به پژوهش شبیه‌سازی حمل و نقل ناخالصی در پلاسمای محیطی به علت انتشار گرد و غبار در تخلیه پالس طولانی در دستگاه بزرگ سلندر پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که پلاسمای بیشتر بر روی انتشار آهن از کویل هلی کوکس تأثیر می‌گذارند و می‌تواند گرد و غبار کربن را از منطقه دیتورتور ایجاد کند. لیو^۳ و همکاران (۲۰۱۷) به مطالعه شیب‌سازی شارژ گرد و غبار در شرایط پلاک توکاماک پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه رسیدند که پانه‌های گرد و غبار برای دمای نسبتاً کم پلاسمای کم‌تر از EV10 و تراکم پلاسمای کمتر از ۱۰۱۹ متر ۳ بار منفی دارند. ونگ^۴ و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی اثرات قابل توجهی از واکنش‌های ناهمگونی بر ترکیب شیمیایی و حالت مخلوط شدن ذرات گرد و غبار پرداخته‌اند و به این نتیجه دست یافتند که واکنش‌های ناهمگونی مکانیسم اصلی تولید نیترات و سولفات در ذرات گرد و غبار بود. با توجه به جذب گاز اسید توسط ذرات گرد و غبار نیترات آروماتیک و سولفات آمونیوم کاهش می‌یابد. نبوی و همکاران (۲۰۱۷) به پژوهش حساسیت پیش‌بینی‌های آب و هوا همراه با شیمی (WRF-CHEM) به مشخصات عملکرد تابع منبع گرد و غبار در غرب آسیا اقدام نمودند و به این یافته رسیدند که افزایش میانگین همبستگی اسپرمن بین مشاهدات و پیش‌بینی ضریب نوری آئروسول را با ۱۲ تا ۱۶ درصد نسبت به اجرای کنترل با استفاده از توابع منبع استاندارد پیش‌بینی می‌کند آن‌ها حتی شبیه‌سازی گرد و غبار MACC و DREAM بیش از بسیاری از مناطق گرد و غبار بهتر انجام می‌دهد. با توجه به مطالعات انجام شده مذکور برای اجرای این پژوهش اطلاعات کافی در تدوین این پژوهش در حاصل شد، پدیده گرد و غبار به ویژه در غرب و جنوب غربی ایران همواره با مشکلاتی فراوانی برای ساکنان این مناطق همراه بوده است. این پدیده متأثر از شرایط جوی خاصی است که همه ساله خسارات جبران ناپذیری را وارد نموده و باعث بروز مشکلات تنفسی می‌شود این پدیده کیفیت هوا را کاهش می‌دهد؛ بنابراین به این موضوع گرد و غبار باید توجه اساسی داشته باشیم. هدف از این پژوهش ارزیابی و پیش‌بینی پدیده گرد و غبار با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ANFIS توسعه یافته براساس مدل‌های تصمیم‌گیری چند متغیره^۵ TOPSIS و SAW^۶ می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

1 Zielhofer

2 Shoji

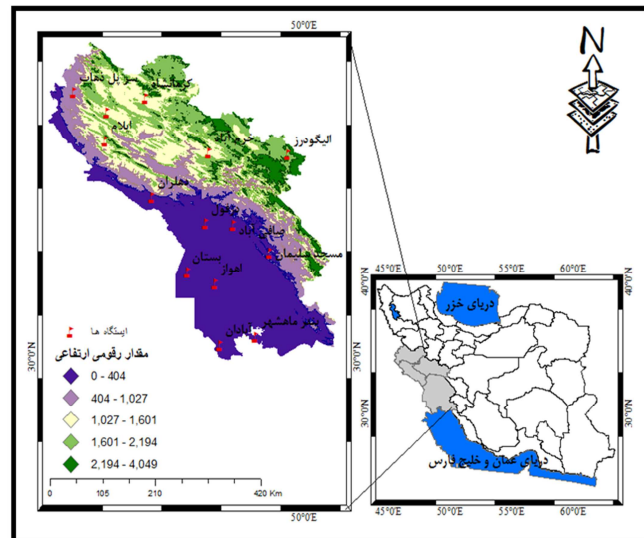
3 Liu

4 Wang

5 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

6 Simple Additive Weighting

منطقه جنوب غربی ایران که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت شامل ۴ استان: ایلام، کرمانشاه، خوزستان و لرستان می‌باشد از لحاظ جغرافیای جنوب غربی ایران مناطق با آب و هوای خاص خود را شامل می‌شود که هرساله خسارت مخاطره‌ای طبیعی زیادی را به خود می‌بیند. در شکل (۱) منطقه مورد مطالعه و در جدول (۱) مشخصات جغرافیای ۱۴ ایستگاه مورد مطالعه ارائه شدند.



شکل ۱: موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح کشور

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌ها و طول دوره آماری داده‌ها

ردیف	نام ایستگاه‌ها	طول جغرافیایی (شرقی)	عرض جغرافیایی (شمالی)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول دوره آماری
۱	بستان	۴۸° ۰۰'	۳۱° ۴۳'	۷/۸	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۲	صافی آباد	۴۸° ۲۵'	۳۲° ۱۶'	۸۲/۹	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۳	آبادان	۴۸° ۱۵'	۳۰° ۲۲'	۶/۶	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۴	دزفول	۴۸° ۲۳'	۳۲° ۲۴'	۱۴۳	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۵	مسجد سلیمان	۴۹° ۱۷'	۳۱° ۵۶'	۳۲۰/۵	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۶	بندر ماهشهر	۴۹° ۰۹'	۳۰° ۳۳'	۶/۲	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۷	اهواز	۴۸° ۴۰'	۳۱° ۲۰'	۲۲/۵	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۸	کرمانشاه	۴۷° ۹'	۳۴° ۲۱'	۱۳۱۸/۶	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۹	اسلام آباد غرب	۴۶° ۲۸'	۳۴° ۷'	۱۳۴۸/۸	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۱۰	سر پل ذهاب	۴۵° ۵۲'	۳۴° ۲۷'	۵۴۵	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۱۱	ایلام	۴۶° ۲۶'	۳۳° ۳۸'	۱۳۳۷	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۱۲	دهلران	۴۷° ۱۶'	۳۲° ۴۱'	۲۳۲	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۱۳	خرم آباد	۴۸° ۱۷'	۳۳° ۲۶'	۱۱۴۷/۸	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۱۴	الیگودرز	۴۹° ۴۲'	۳۳° ۲۴'	۲۰۲۲	۱۹۹۰-۲۰۱۷

روش تحقیق

در این پژوهش برای ارزیابی و پیش‌بینی گرد و غبار در جنوب غرب ایران از داده‌های ۲۷ ساله گرد و غبار بین سال‌های (۲۰۱۷-۱۹۹۰) استفاده شد برای محقق شدن این هدف از روش‌های شبکه عصبی هیبرید-پانل دیتا و شبکه عصبی تطبیقی^۱ ANFIS برای خطایابی و پیش‌بینی استفاده شد و سپس برای مشخص کردن نواحی و ایستگاه‌های درگیر با گرد و غبار، در ۲۳ سال آینده براساس داده‌های تولید شده از پیش‌بینی، از مدل‌های نوین تصمیم‌گیری چند متغیره TOPSIS و SAW بهره گرفته شد و در نهایت مناطق درگیر با گرد و غبار در سال‌های آتی در نرم‌افزار ArcGIS پهنه‌بندی شدند.

الگوی تجربی

در این مطالعه با توجه به چارچوب داده‌های پانل، از مدل جزء خطای دو طرفه استفاده می‌شود رابطه (۱).

$$L_n P_{it} = \mu_i + \lambda_t + \beta_i L_n ER_{it} + v_{it} \quad (1)$$

که $L_n P_{it}$ لگاریتم ارزش هر واحد مقدار گرد و غبار (۱۴ ایستگاه مورد مطالعه) می‌باشد. در مدل رگرسیونی (۱)، اثرات غیر قابل مشاهده به دو دسته اثرات مقدار فراوانی گرد و غبار و اثرات زمانی تقسیم می‌شوند (گجراتی، ۲۰۰۳؛ وولدریج، ۲۰۰۶).

پیش‌بینی با مدل داده‌های پانل

در ابتدا پیش‌بینی بر اساس مدل جز خطای یک طرفه شرح داده می‌شود، برای پیش‌بینی S دوره بعد برای It امین مقطع، بهترین پیش‌بینی کننده خطی بدون تورش برای $y_{i, T+S}$ به صورت زیر است رابطه ۲، (بالتاجی، ۲۰۰۵).

$$\hat{y}_{i, T+S} = Z'_{i, T+S} \delta_{GLS} + w' \Omega^{-1} \hat{u}_{GLS} \quad \text{برای } s \geq 1 \quad (2)$$

که Y بردار با ابعاد بردار با ابعاد $X, Z = [i_{NT}, X], NT \times 1$ بردار با ابعاد $i_{NT}, NT \times K$ بردار یک‌به‌یک با بعد $\Omega, \delta = (\alpha, \beta), NT$ ماتریس وارینانس-کوارینانس، $\hat{u}_{GLS} = y - Z\delta_{GLS}$ و $w = E(u_{i, T+S}u)$ است. برای دوره‌ی $T + S$ با فرمول ۳ خواهیم داشت:

$$u_{i, T+S} = \mu + v_{i, T+S} \quad (3)$$

و $w = \sigma_\mu^2 (l_i \otimes i_T)$ است که l_i ستون i_T ام از ماتریس یک‌به‌یک می‌باشد. In می‌باشد. برای مثال، l_i با برداری است که دارای عدد یک برای i_T امین مشاهده و دارای عدد صفر برای سایر مشاهدات است. در این حالت رابطه (۴) خواهیم داشت:

$$w' \Omega^{-1} = \sigma_\mu^2 (l'_i \otimes i'_T) \left[\frac{1}{\sigma_1^2} P + \frac{1}{\sigma_2^2} Q \right] = \frac{\sigma_\mu^2}{\sigma_1^2} (l'_i \otimes i'_T) \quad (4)$$

زیرا $l'_i \otimes i'_T P = (l'_i \otimes i'_T) Q = 0$ می‌باشد با استفاده از رابطه (۴) جز $w' \Omega^{-1} \hat{u}_{GLS}$ تبدیل به $\left((T \sigma_\mu^2 / \sigma_1^2) \bar{u}_{i, GLS} \right)$ می‌شود که $\bar{u}_{i, GLS} = \sum_{t=1}^T \hat{u}_{it, GLS} / T$ می‌باشد. بنابراین در رابطه (۴)، بهترین تخمین؛

¹ Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems

نده بدون تورش خطی برای $T + S$ ، yi توسط نسبتی از میانگین باقی مانده‌ها موجب تصحیح پیش‌بینی می‌شود. در مدل جزء خطای دو طرفه برای هر دوره‌ی $T + S$ خواهیم داشت رابطه (۵) و (۶).

$$u_{i, T+S} = \mu_i + \lambda_{T+S} + v_{i, T+S} \quad (۵)$$

$$i = j \text{ برای } E(u_{i, T+S} u_{jt}) = \sigma_\mu^2 \quad (۶)$$

$$i \neq j \text{ برای } E(u_{i, T+S} u_{jt}) = 0$$

بنابراین، برای بهترین تخمین زنده بدون تورش خطی ارائه شده در رابطه (۴)، $w = E(u_{i, T+S} u) = \sigma_u^2 (l_i i_T)$ ، ثابت باقی می‌ماند و I_i ستون i_T ام از ماتریس $N \times N$ است. در این حالت رابطه γ ، خواهیم داشت:

$$w' \Omega^{-1} = \sigma_\mu^2 (l_i' \otimes i_T') \left[\sum_{i=1}^4 \frac{1}{\lambda_i} Q_i \right] \quad (۷)$$

با توجه به این که رابطه (۸)،

$$(l_i' \otimes i_T') Q_1 = 0 \quad (l_i' \otimes i_T') Q_2 = (l_i' \otimes i_T') - i_{NT}' / N \quad (۸)$$

$$(l_i' \otimes i_T') Q_3 = 0 \quad (l_i' \otimes i_T') Q_4 = i_{NT}' / N$$

فرمول (۹) حاصل می‌شود:

$$w' \Omega^{-1} = \frac{\sigma_\mu^2}{\lambda_2} [(l_i' \otimes i_T') - i_{NT}' / N] + \frac{\sigma_\mu^2}{\lambda_4} (i_{NT}' / N) \quad (۹)$$

بنابراین، جزء معمول $w' \Omega^{-1} \hat{u}_{GLS}$ (که $\hat{u}_{GLS} = y - Z \delta_{GLS}$) به صورت فرمول ۱۰ می‌باشد.

$$\frac{T \sigma_\mu^2}{(T \sigma_\mu^2 + \sigma_v^2)} (\bar{\hat{u}}_{i0, GLS} - \bar{\hat{u}}_{00, GLS}) + \frac{T \sigma_\mu^2}{(T \sigma_\mu^2 + N \sigma_\lambda^2 + \sigma_v^2)} \bar{\hat{u}}_{00, GLS} \quad (۱۰)$$

که $\bar{\hat{u}}_{i, GLS} = \sum_{t=1}^T \bar{\hat{u}}_{it, GLS} / T$ و $\bar{\hat{u}}_{i0, GLS} = \sum_i \sum_t \bar{\hat{u}}_{it, GLS} / NT$ است. بنابراین برای مدل جزء خطای؛ طرفه بهترین برآوردکننده بون تورش خطی برای $T+S$ ، yi ، با استفاده از بخشی از میانگین باقی مانده‌ها موجب تصحیح می‌شود (فرمول ۱۱).

$$\hat{y}_{i, T+S} = Z'_{i, T+S} \delta_{GLS} + \left(\frac{T \sigma_\mu^2}{T \sigma_\mu^2 + \sigma_v^2} \right) \bar{\hat{u}}_{i, GLS} \quad (۱۱)$$

پیش‌بینی با مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا

شبکه عصبی مصنوعی یک مدل پردازش توزیع شده موازی است که از چندین تابع یا واحدهای پردازش اصلی تشکیل شده است. توابع فعال‌ساز مورد استفاده در شبکه عصبی اغلب از نوع خطی، سیگموئید و هایپربولیک می‌باشند. تصریح مدل شبکه عصبی مصنوعی بر اساس مشاهدات صورت می‌پذیرد و با توجه به متناهی بودن تعداد نقاط، توابع بسیاری را می‌توان یافت که به خوبی برازش را انجام دهند (کنتارلار و لوکا، ۲۰۰۵؛ کو و بوسرونگسه، ۲۰۰۷).

معرفی معیارهای مقایسه و ارزیابی دقت در روش‌های پیش‌بینی

به منظور مقایسه و ارزیابی روش‌های مختلف، پیش‌بینی از معیارهای نظیر میانگین مجذور خطا^۱، مربع مجذور میانگین خطا^۲، میانگین قدر مطلق خطا^۳ و میانگین درصد قدر مطلق خطا^۴ استفاده می‌شود که در جدول (۲) اطلاعات مربوط به این معیارها ارائه شده است، مقادیر y_i ، \hat{y}_i و n به ترتیب نشان دهنده مقادیر پیش‌بینی شده، مقادیر واقعی و تعداد داده‌ها می‌باشند (توحید و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۷).

جدول ۲: معیارهای مقایسه و ارزیابی دقت در پیش‌بینی، منبع: (توحید و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۸).

رابطه‌ها	معیار
$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$	میانگین مربعات خطا
$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$	مجذور میانگین مربعات خطا
$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i - \hat{y}_i $	میانگین قدر مطلق خطا
$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right \times 100$	میانگین درصد قدر مطلق خطا

سیستم‌های استنتاج عصبی - فازی تطبیقی^۵ 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. 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_1^1 باشد، (i و i امین گره از لایه j)، ساختار ANFIS از پنج لایه تشکیل می‌شود (احمدزاده 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

1 Mean Squared Error (MSE)

2 Root Mean Square Error (RMSE)

3 Mean Absolute Error (MAE)

4 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

5- Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

۰ و ۱) قرار گیرد. این کار مانع از کوچک شدن بیش‌از حد وزن‌ها شده و از اشباع زود هنگام نرون‌ها جلوگیری می‌کند (کنارکوهی، ۱۳۸۹).

روش نزدیکی به حالت ایده‌آل (TOPSIS)

هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ روش TOPSIS را پیشنهاد کردند. در این روش m گزینه (A_1, A_2, \dots, A_m) با n شاخص (C_1, C_2, \dots, C_n) ارزیابی شدند (مومنی، ۱۳۸۷). حل این مساله با این روش، مستلزم طی گام‌های زیر است (مکوندی و همکاران، ۱۳۹۱؛ نظم‌فر و علی‌بخشی، ۱۳۹۳):

۱- بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم با استفاده از بی‌مقیاس‌سازی نورم، رابطه ۱۲:

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^J f_{ij}^2}} \quad j = 1, \dots, J \quad i = 1, \dots, n \quad (12)$$

۲- تشکیل ماتریس بی‌مقیاس موزون (V_{ij}) با ضرب ماتریس بی‌مقیاس شده (r_{ij}) در ماتریس قطری وزن‌ها (W_i) رابطه ۱۳:

$$v_{ij} = w_i \times r_{ij} \quad j = 1, \dots, J \quad i = 1, \dots, n \quad (13)$$

W_i وزن شاخص i ام است، جمع اوزان شاخص‌ها برابر ۱ است.

۳- تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت (A^*) و منفی (A^-) به صورت روابط ۱۴ و ۱۵.

$$A^* = \{v_1^*, \dots, v_n^*\} \quad (14)$$

$$= \{(max_j v_{ij} | i \in I'), (min_j v_{ij} | i \in I'')\}$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} \quad (15)$$

$$= \{(min_j v_{ij} | i \in I'), (max_j v_{ij} | i \in I'')\}$$

۴- میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی تعیین می‌شود.

فاصله هر گزینه تا ایده‌آل مثبت (D_j^*) به صورت رابطه ۱۶:

$$D_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad , \quad j = 1, \dots, J \quad (16)$$

فاصله هر گزینه تا ایده‌آل منفی (D_j^-) به صورت رابطه ۱۷:

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad , \quad j = 1, \dots, J \quad (17)$$

۵- تعیین نزدیکی نسبی (C_i^*) یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل رابطه ۱۸:

$$C_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-} \quad , \quad j = 1, \dots, J \quad (18)$$

۶- رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس نزدیکی نسبی (C_j^*) ، گزینه‌ای که (C_j^-) آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است.

روش وزن دهی ساده (SAW)

۱- اگر در یک مساله تصمیم گیری چند معیاره n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش وزن دهی ساده می باشد.

۲- تشکیل ماتریس تصمیم: ماتریس تصمیم این روش شامل جدول است که ستون های آن را معیارها یا زیرمعیارها و سطرهای آن را گزینه ها (ایستگاهها) تشکیل می دهند.

۳- بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم: برای بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم در روشساوبه طریق زیر عمل می کنیم. اگر معیار مثبت باشد: طبق معادله ۱۹، تک تک اعداد آن ستون را بر بزرگترین عدد تقسیم می کنیم و اگر معیار منفی باشد طبق معادله ۲۰، مینیمم آن ستون تقسیم بر تک تک اعداد می شود.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{jmax}} \quad (19)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{jmin}}{x_{ij}} \quad (20)$$

۴- تشکیل ماتریس وزن دار: در این گام با توجه به وزن های محاسبه شده از روشهای دیگر ماتریس وزن دار را براساس معادله ۲۱ به دست می آوریم.

$$W_i = \sum_{j=1}^n w_j \times r_{ij} \quad (21)$$

۵- انتخاب گزینه برتر: با جمع سطری ماتریس وزن ها امتیاز هر گزینه محاسبه می شود؛ و بر اساس معادله ۲۲ رتبه بندی می شوند.

$$A^* = \left\{ A_i \mid \max \frac{\sum_{j=1}^n w_j r_{ij}}{\sum w_j} \right\} \quad (22)$$

نتایج و بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی و پیش بینی گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران بود که برای این کار از مدل جدید در اقلیم شناسی یعنی استفاده از مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا، شبکه عصبی تطبیقی ANFIS و برای اولویت سنجی مناطق و ایستگاههای درگیر با گرد و غبار از دو مدل جدید و توسعه یافته تصمیم گیری چند متغیره TOPSIS و SAW استفاده شد.

صحت سنجی و اعتبار سنجی اولیه برای پیش بینی

با توجه مدل سازی صورت گرفته براساس مدل شبکه عصبی تطبیقی ANFIS، برای پیش بینی گرد و غبار ایستگاهها، در منطقه مورد مطالعه، در مدل سازی خطاها برای پیش بینی از دو میانگین خطای آموزشی و میانگین خطای

¹Simple Additive Weighting

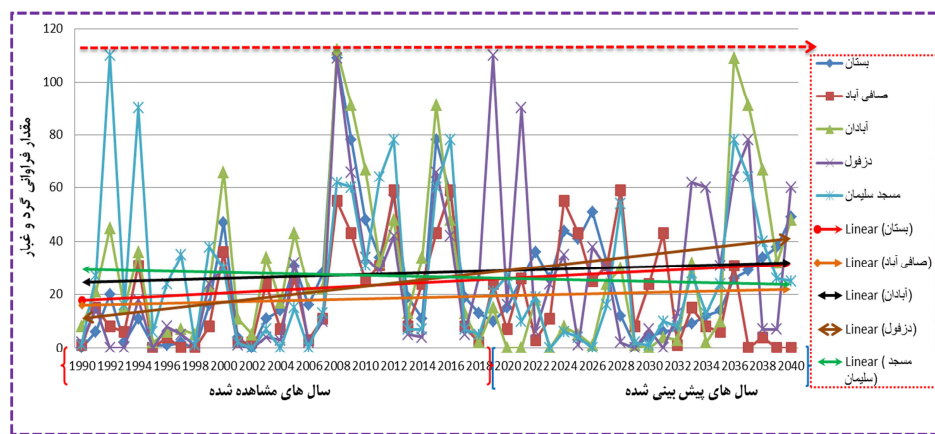
اعتبارسنجی استفاده شد. کم‌ترین میانگین خطای آموزشی و میانگین خطای اعتبارسنجی به ترتیب با مقدار ۰/۰۱ برای ایستگاه صافی‌آباد و ۱/۱۱ درصد برای ایستگاه سرپل ذهاب به دست آمد و در حداکثر میانگین خطای آموزشی و میانگین خطای اعتبارسنجی به ترتیب با مقدار ۱۹/۰۲ برای ایستگاه الیگودرز و ۱۵/۴۳ درصد برای ایستگاه بستان را شامل شد لذا براساس داده‌های به دست آمده از خطایابی‌ها، داده‌های اکثر ایستگاه‌ها براساس مدل ANFIS برای پیش‌بینی قابل قبول می‌باشد. خطاهای آموزشی و اعتبارسنجی سایر ایستگاه‌ها در جدول ۳ ارائه شد.

جدول ۳: میانگین خطای آموزش و میانگین خطای اعتبارسنجی مدل‌سازی به درصد ایستگاه‌ها، در جنوب غرب ایران

نام ایستگاه‌ها	میانگین خطای اعتبارسنجی، داده واریسی	میانگین خطای آموزشی
بستان	۱۵/۴۳	۱/۰۱۹
صافی‌آباد	۵/۱۲	۰/۰۱
آبادان	۱/۱۲	۳/۰۰
دزفول	۶/۱	۶/۰۷
مسجد سلیمان	۲	۰/۰۹
بندر ماهشهر	۱/۳۳	۹/۰۱۰
اهواز	۹/۶۶	۸/۰۱۴
کرمانشاه	۱۰/۷۸	۶/۰۷
اسلام‌آباد غرب	۱۲/۹۸	۱/۰۱۹
سرپل ذهاب	۱/۱۱	۲/۰۸
ایلام	۸/۶۳	۱۱/۰۱۶
دهلران	۱۳/۹	۱۴/۰۱۰
خرم‌آباد	۱/۲۵	۴/۰۱۴
الیگودرز	۴/۶۹	۱۹/۰۲

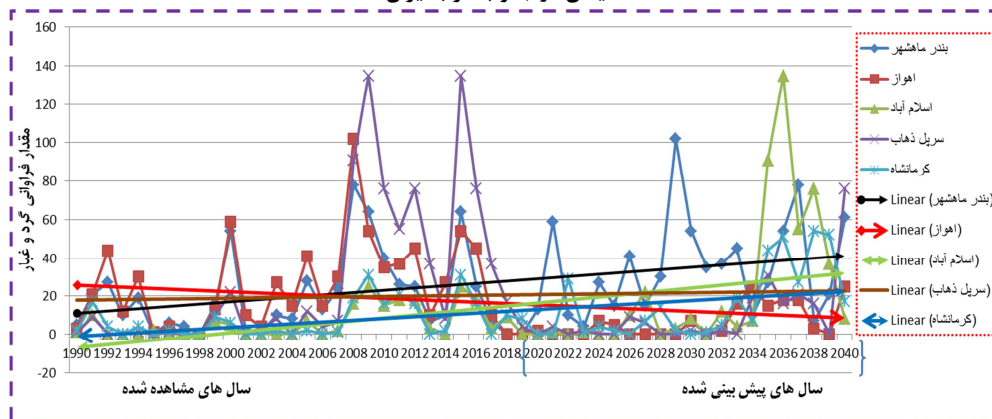
پیش‌بینی فراوانی گرد و غبار برای سال‌های آینده

با توجه به خطاسنجی و اعتبارسنجی صورت گرفته و داده‌های حاصل از آن، با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی - تطبیقی ANFIS و پانل دیتا با اطمینان بیش‌تر می‌تواند داده‌های گرد و غبار را برای ۲۲ سال آینده پیش‌بینی کرد. براساس داده‌های به دست آمده از پیش‌بینی در بعضی ایستگاه‌ها روند افزایشی را نشان داد، ایستگاه دزفول با درصد ۱۱۰/۱۱ در سال ۲۰۱۹ فراوانی گرد و غبار، آبادان در سال ۲۰۳۶ با مقدار درصد ۱۰۹/۱۲ فراوانی، ایستگاه بندرماهشهر ۱۰۲/۰۴ درصد فراوانی در سال ۲۰۲۹ در (شکل ۲)، ایستگاه اسلام‌آباد غرب با ۱۳۵/۱۹ درصد فراوانی (شکل ۳) و خرم‌آباد با مقدار ۵۴/۸۷ درصد فراوانی (شکل ۴)، سیر صعودی خود را در ایستگاه‌ها برای سال‌های آینده نشان دادند.



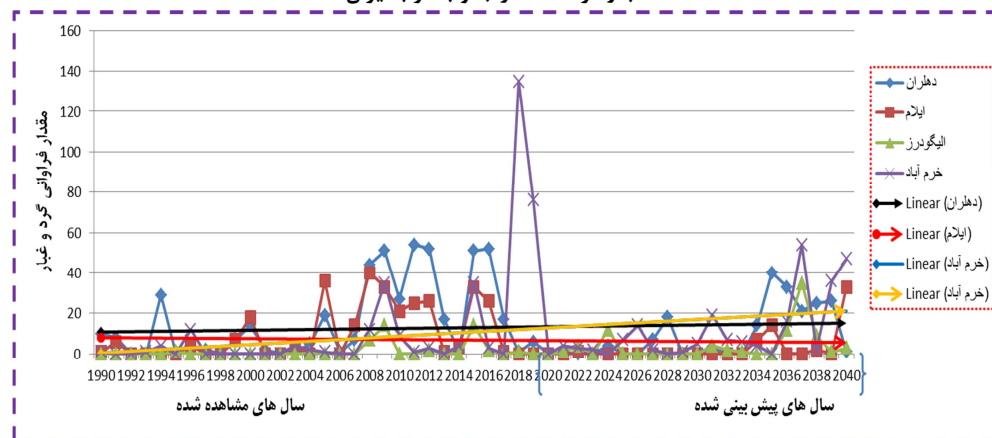
شکل ۲: روند و سری زمانی سال‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده گرد و غبار در ۵ ایستگاه بستان، صافی‌آباد، آبادان، دزفول و مسجد

سلیمان در جنوب غرب ایران



شکل ۳: روند و سری زمانی سال‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده گرد و غبار در ۵ ایستگاه بندر ماهشهر، اهواز، اسلام‌آباد، سریل

ذهاب و کرمانشاه در جنوب غرب ایران



شکل ۴: روند و سری زمانی سال‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده گرد و غبار در ۴ ایستگاه دهلران، ایلام، الیگودرز و خرم‌آباد در

جنوب غرب ایران

ارزیابی و بررسی عملکرد مدل‌های پیش‌بینی بعد از پیش‌یابی

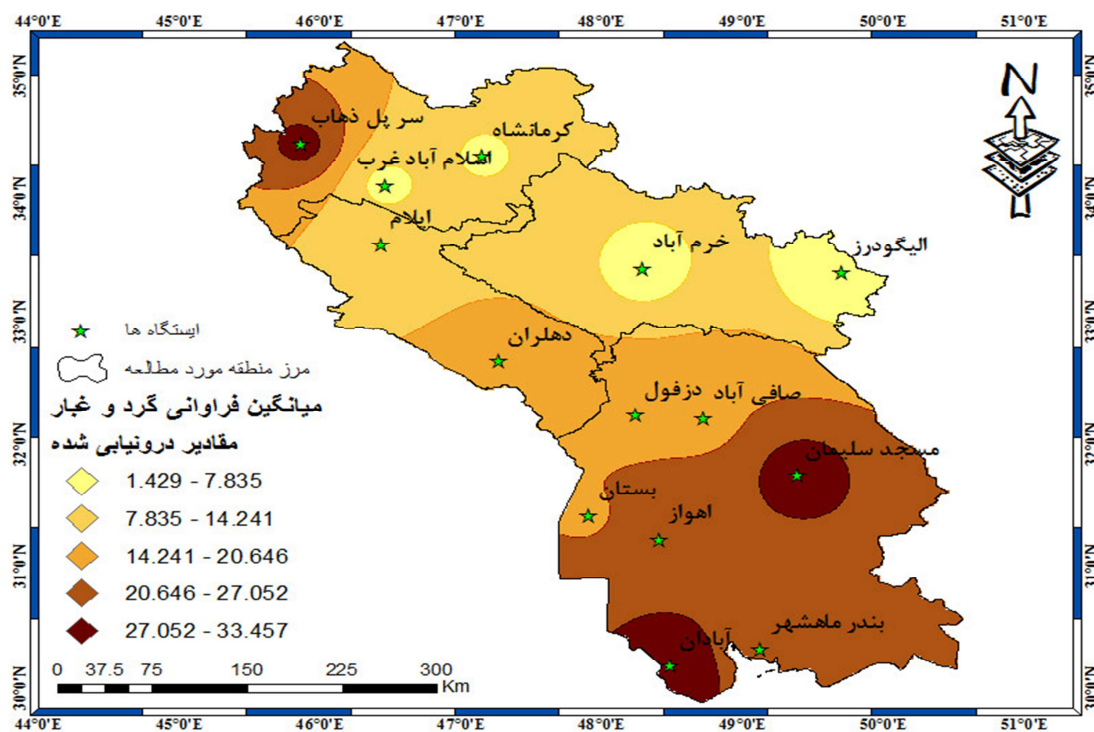
بعد از انجام پیش‌یابی‌های صورت گرفته و داده‌های به دست آمده از آن برای ایستگاه‌ها، مربوط به مدل رگرسیونی جز خطای دو طرفه و مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا، عملکرد پیش‌بینی این دو مدل براساس معیارهای دقیق، مورد ارزیابی قرار گرفته شدند که نتایج به دست آمده از ارزیابی‌های مدل‌ها به تفکیک ایستگاه‌ها برای سال‌های آتی، در جدول ۴ ارائه شدند.

جدول ۴: مقایسه و ارزیابی دقت پیش‌بینی برای هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه جنوب غرب ایران

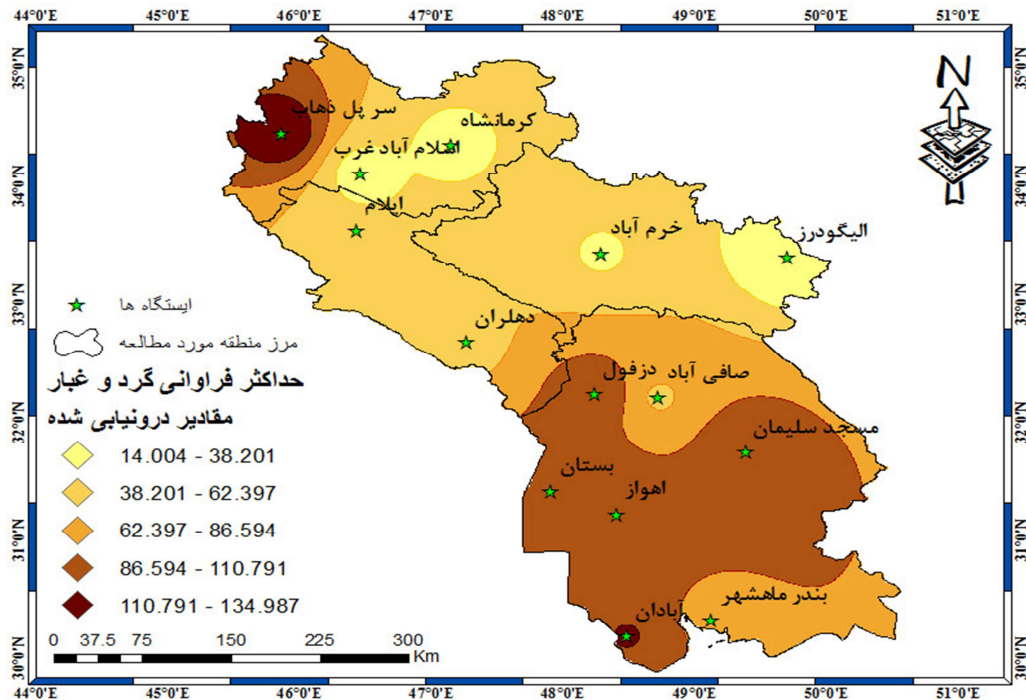
معیارهای ارزیابی دقت				روش پیش‌بینی	نام ایستگاه‌ها
MAPE	MAE	RMSE	MSE		
۰/۴۱۵۹	۰/۰۵۱۶	۰/۰۶۳۲	۰/۰۰۷۱	مدل پانل دیتا	بستان
۰/۲۱۱۳	۰/۰۲۱۵	۰/۰۱۳۵	۰/۰۰۰۳	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۰۰۹	۰/۰۹۵۱	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۵۱	مدل پانل دیتا	صافی آباد
۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۲	۰/۰۲۱۴	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۰۸۵	۰/۰۸۵۲	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۶۵	مدل پانل دیتا	آبادان
۰/۰۰۲۵	۰/۰۴۵۶	۰/۰۵۸۷	۰/۰۶۱۵	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۰۰۹	۰/۰۳۲۱	۰/۰۰۳۱	۰/۰۳۶۱	مدل پانل دیتا	دزفول
۰/۰۰۰۶	۰/۰۹۵۱	۰/۰۱۴۹	۰/۰۰۶۹	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۱۵۴	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱۱	۰/۰۴۷۸	مدل پانل دیتا	مسجد سلیمان
۰/۰۸۵۲	۰/۰۱۴۷	۰/۰۱۹۸	۰/۰۶۹۸	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۸۴۵	۰/۰۷۵۲	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۱۴	مدل پانل دیتا	بندر ماهشهر
۰/۰۶۹۸	۰/۰۱۵۹	۰/۰۰۹۸	۰/۰۰۱۹	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۲۵۷	۰/۰۴۵۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۴	مدل پانل دیتا	اهواز
۰/۰۶۳۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۹	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۳۶۲	۰/۰۱۴۷	مدل پانل دیتا	کرمانشاه
۰/۰۱۲۴	۰/۰۷۴۱	۰/۰۹۸۷	۰/۰۳۸۵	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۳۹۷	۰/۰۱۴۵	۰/۰۶۵۴	۰/۰۴۱۵	مدل پانل دیتا	اسلام آباد غرب
۰/۰۱۲۵	۰/۰۳۲۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۶۳	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۱۲۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۲۲۲	۰/۰۷۸۵	مدل پانل دیتا	سر پل ذهاب
۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۳۲	۰/۰۱۱۱	۰/۰۹۶۵	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۳۱۷	۰/۰۰۲۱	۰/۰۵۶۹	۰/۰۰۰۴	مدل پانل دیتا	ایلام
۰/۰۱۲۳	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۹۸	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۱۴	۰/۰۲۵۸	۰/۰۰۲۱	مدل پانل دیتا	دهلران
۰/۰۱۹۸	۰/۰۰۲۹	۰/۰۹۸۷	۰/۰۳۶۹	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۸	۰/۰۷۴۱	۰/۰۰۱۱	مدل پانل دیتا	خرم آباد
۰/۰۸۴۳	۰/۰۰۸۷	۰/۰۹۶۳	۰/۰۰۱۵	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	
۰/۰۰۶۹	۰/۰۸۵۲	۰/۰۳۵۷	۰/۰۱۷۷	مدل پانل دیتا	الیگودرز
۰/۰۸۵۲	۰/۰۱۲۵	۰/۰۷۵۳	۰/۰۳۳۳	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	

پهنه‌بندی فراوانی گرد و غبار

براساس داده‌های به دست آمده از پیش‌یابی‌ها صورت گرفته، میانگین فراوانی، گرد و غبار در ۱۴ ایستگاه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، پهنه‌بندی انجام شد که براساس میانگین فراوانی گرد و غبار سه ایستگاه سرپل ذهاب، مسجد سلیمان و آبادان بیش‌ترین فراوانی گرد و غبار را به ترتیب با درصد (۲۹/۲۱، ۳۱/۴۴۷ و ۳۳/۴۶) نشان داد و کم‌ترین مقدار فراوانی گرد و غبار را در دو ایستگاه الیگودرز و خرم آباد به ترتیب با درصد فراوانی (۱/۴۲۸ و ۲/۴۲۸) به دست آمد (شکل ۵)؛ اما با توجه به حداکثر فراوانی گرد و غبار به دست آمده بیش‌ترین گرد و غبار در دو ایستگاه سرپل‌ذهاب و آبادان به ترتیب با درصد (۱۲۸/۹۱۷، ۱۲۰/۷۰۹) و کم‌ترین درصد فراوانی گرد و غبار ایستگاه‌ها الیگودرز، اسلام آباد غرب و خرم آباد با درصد به ترتیب (۱۴/۰۵، ۲۰/۰۲۳ و ۲۸/۲۹۰) را نشان داد (شکل ۶).



شکل ۵: پهنه‌بندی میانگین فراوانی گرد و غبار، به دست آمده از داده‌های پیش‌بینی شده در جنوب غرب ایران

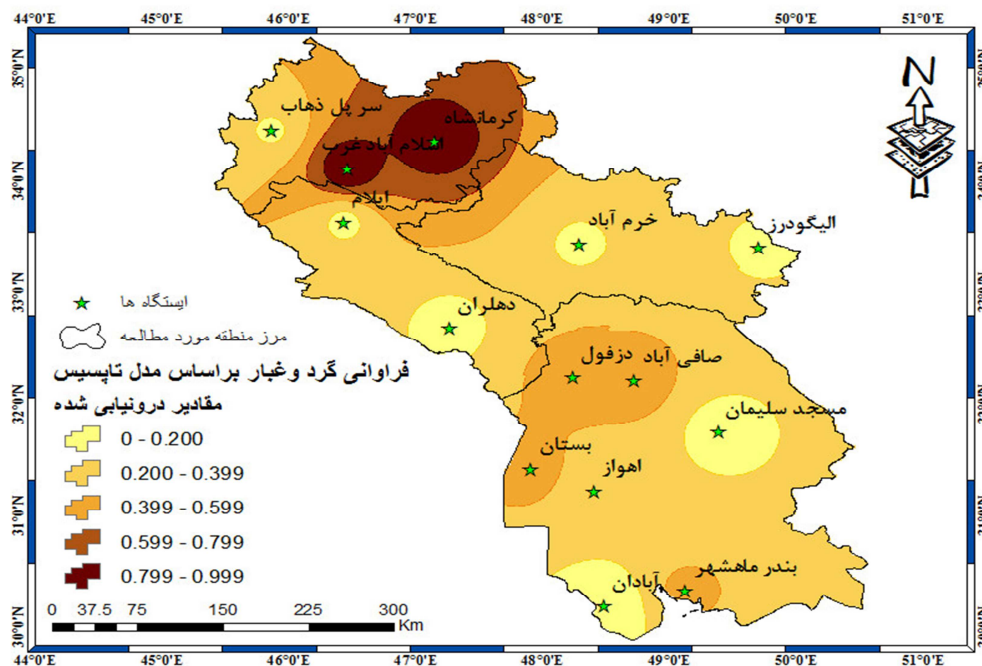


شکل ۶: پهنه‌بندی حداکثر فراوانی گرد و غبار، به دست آمده از داده‌های پیش‌بینی شده در جنوب غرب ایران

اولویت‌سنجی ایستگاه‌های درگیر با گرد و غبار بر اساس دو مدل SAW و TOPSIS در جنوب غرب ایران بعد از اعتبارسنجی و خطایابی و پیش‌بینی فراوانی گرد و غبار در ایستگاه‌ها منطقه مورد مطالعه، براساس دو مدل SAW و TOPSIS فراوانی گرد و غبار اولویت‌سنجی و سپس براساس دو مدل مذکور پهنه‌بندی شدند. براساس روش TOPSIS که یکی از روش‌های جدید برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است که هدف آن انتخاب بهترین گزینه بر اساس نزدیک‌ترین جواب ممکن به جواب ایده‌آل است؛ بنابراین، با بررسی و انتخاب شاخص‌های مناسب در خطایابی (ANFIS, Hybrid - Data panel)، روش‌های آماری و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و با استفاده از مدل تاپسیس به رتبه‌بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه، از نظر فراوانی گرد و غبار جهت انتخاب مکان‌های مستعد بیش‌تر گرد و غبار برای سال‌های آتی در ۲۳ سال آینده پرداخته شد که دو ایستگاه اسلام‌آباد غرب و کرمانشاه به ترتیب با درصد ۰/۹۹۷ و ۰/۹۶۵۹ در اولویت بیش‌تر در معرض گرد و غبار قرار خواهند داشت و دو ایستگاه دهلران و ایلام به ترتیب با درصد ۰/۱۱ و ۰/۱۴۰۷ کم‌ترین فراوانی گرد و غبار را در پی خواهد داشت (جدول ۵) و (شکل ۷). براساس مدل SAW بیش‌ترین ایستگاه‌ها که در آینده در معرض گرد و غبار می‌تواند قرار بگیرند آبادان و مسجد سلیمان به ترتیب با درصد ۰/۹۹۸ و ۰/۹۲ را نشان دادند و کم‌ترین احتمال درگیر ایستگاه‌ها با گرد و غبار براساس مدل SAW دو ایستگاه الیگودرز و خرم‌آباد با ترتیب درصد فراوانی گرد و غبار ۰/۱۲۳ و ۰/۱۱۴ به دست آمدند (جدول ۵) و (شکل ۸).

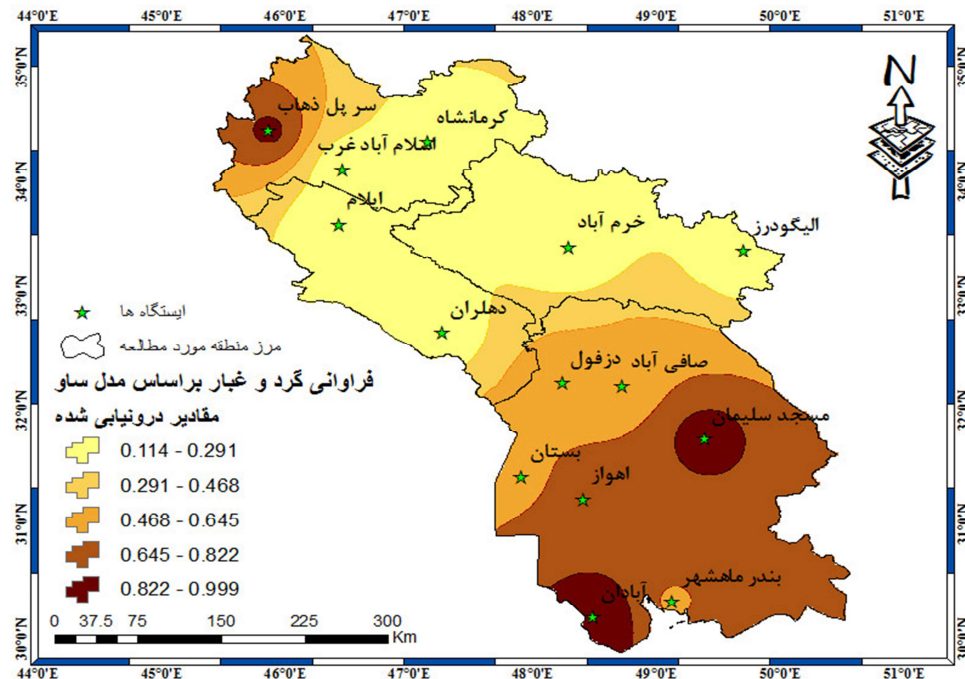
جدول ۵: اولویت‌بندی ایستگاه‌ها مستعد بیش‌تر گرد و غبار براساس دو مدل SAW و TOPSIS در جنوب غرب ایران

ردیف	ایستگاه‌ها	مدل تاپسیس		مدل ساو	
		رتبه	امتیاز	رتبه	امتیاز
۱	بستان	۴	۰/۴۹۸۷	۶	۰/۵۹۴۴
۲	صافی آباد	۳	۰/۵۲۲۲	۸	۰/۵۷۵۳
۳	آبادان	۱۰	۰/۱۷۲۱	۱	۱
۴	دزفول	۵	۰/۴۹۸۶	۷	۰/۵۹۴۴
۵	مسجد سلیمان	۹	۰/۰۸۹۳	۲	۰/۹۲۷۳
۶	بندر ماهشهر	۶	۰/۴۵۰۲	۵	۰/۶۳۸۳
۷	اهواز	۷	۰/۲۴۸۱	۴	۰/۷۹۸۲
۸	اسلام آباد	۱	۱	۱۰	۰/۱۸۶۷
۹	سرپل ذهاب	۸	۰/۱۷۴۶	۳	۰/۸۵۸
۱۰	کرمانشاه	۲	۰/۹۶۵۹	۹	۰/۲۱۴۲
۱۱	دهلران	۱۴	۰/۱۱	۱۱	۰/۱۶۳۲
۱۲	ایلام	۱۳	۰/۱۴۰۷	۱۲	۰/۱۲۳۴
۱۳	الیگودرز	۱۱	۰/۱۷۳۲	۱۴	۰/۱۲
۱۴	خرم آباد	۱۲	۰/۱۶۲۳	۱۳	۰/۱۱



شکل ۷: نقشه نهائی پهنه‌بندی مناطق درگیر با فراوانی گرد و غبار، به دست آمده از داده‌های پیش‌بینی شده در جنوب غرب ایران بر

اساس مدل TOPSIS



شکل ۸: نقشه نهائی پهنه‌بندی مناطق درگیر با فراوانی گرد و غبار، به دست آمده از داده‌های پیش‌بینی شده در جنوب غرب ایران بر اساس مدل SAW

نتیجه‌گیری

پدیده گرد و غبار هر ساله خسارات جبران‌ناپذیر زیادی در بخش‌های مختلف زندگی موجودات زنده و محیطی به بار می‌آورد با توجه به اهمیت این مساله محققان این پژوهش را بر آن داشت تا این موضوع را در منطقه وسیع از ایران با تعداد ایستگاه‌های زیاد مورد بررسی قرار بگیرد. در پژوهش حاضر واکاوی و پیش‌بینی پدیده مخاطره‌ای گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران در استان‌های خوزستان، ایلام، لرستان و کرمانشاه با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی هیبریدی و پائل انجام شد. نتیجه به دست آمده حاکی از آن است که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه پدیده گرد و غبار در حال صعودی می‌باشد. برای خطا و اعتبار سنجی، داده‌های گرد و غبار برای پیش‌یابی از دو مدل شبکه عصبی تطبیقی ANFIS و شبکه عصبی هیبریدی استفاده شد که قدرت شبکه عصبی هیبریدی نسبت به شبکه عصبی تطبیقی ANFIS بیش‌تر بود. با توجه به مقایسه و ارزیابی صورت گرفته برای پیش‌بینی صورت گرفته میانگین فراوانی گرد و غبار بیش‌ترین مقدار آن در سه ایستگاه صورت سرپل ذهاب، مسجد سلیمان و آبادان به ترتیب با درصد (۲۹/۲۱، ۳۱/۴۴۷ و ۳۳/۴۶) نشان داد، با توجه به این که این سه ایستگاه در منطقه مرزی کشور ایران قرار دارد برای کاهش خسارت‌های گرد و غبار علاوه بر همکاری و برنامه‌ریزی سازمان‌های ذی‌ربط داخلی باید با انعقاد تفاهم‌نامه بین‌المللی با کشورهای همسایه موثر در ایجاد گرد و غبارهای داخلی هستند اقدام شود. ایستگاه‌های که در منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل بالا درگیری با پدیده گرد و غبار را، در سال‌های آتی دارند مسئولین مربوطه باید

در زمینه‌های مختلف مانند بهداشت، کشاورزی، بخش‌های مختلف دیگر که عوارض زیادی را در صورت مواجهه با گرد و غبار را دارند با همکاری دقیق بین سازمانی و پیشگیری‌ها لازم را باید انجام داد تا در هنگام بروز پدیده گرد و غبار خساراتی به وجود نیاید یا در صورت بروز خسارت، زیاد یا قابل توجه نباشد. براساس دو مدل جدید تصمیم‌گیری چند متغیره TOPSIS و SAW؛ براساس مدل تاپسیس ایستگاه‌های که احتمال رخداد گرد و غبار در آینده در آن بیش‌تر است عبارتند از دو ایستگاه اسلام آباد غرب و کرمانشاه به ترتیب با درصد ۰/۹۹۷ و ۰/۹۶۵۹ می‌باشند و براساس مدل ساو دو ایستگاه آبادان و مسجد سلیمان به ترتیب با درصد (۰/۹۹۸ و ۰/۹۲) بیش‌ترین احتمال رخداد گرد و غبار را در پی خواهد داشت. با توجه با نتایج حاصل برای کاهش اثرات مخاطره‌ای گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه سازمان‌های مربوطه با موضوع فوق تصمیمات جدی برای این کار اتخاذ کنند. واکاوی و پیش‌بینی پدیده گرد و غبار در جنوب غرب ایران در این پژوهش انجام شد، روش مورد استفاده در پژوهش حاضر در اکثر مطالعات که صورت گرفته، روش مناسبی در امر پایش، آنالیز و مقایسه عنوان شده است. از جمله: عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰: ردیابی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران؛ ناصریور و همکاران، ۱۳۹۴: منشایابی توفان‌های گرد و غبار در جنوب غرب ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های هوا کارایی قابل قبولی داشت؛ برومندی و همکاران، ۱۳۹۵: منشایابی ذرات گرد و غبار با بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها و مدل‌سازی عددی در شهرستان مسجد سلیمان؛ صحرائی و همکاران، ۱۳۹۶: ردیابی طوفان گرد و غبار (مطالعه موردی خوزستان) و صفریان زنگیر و همکاران، ۱۳۹۷: بررسی گرد و غبار و ارزیابی امکان پیش‌بینی آن در استان اردبیل با استفاده از مدل ANFIS. دقت قابل قبول مدل را تایید نمودند. با این حال با همه مقایسه صورت گرفته با مدل‌ها و شاخص‌های مختلف در تحقیق‌های مذکور، مدل‌های استفاده شده در پژوهش حاضر در واکاوی و پیش‌بینی پدیده گرد و غبار در جنوب غرب ایران کارایی قابل قبولی دارد.

منابع

- احمدزاده قره‌گوزک‌کاه؛ میرلطفی مجید؛ محمدی کورش (۱۳۸۹). مقایسه سیستم‌های هوش مصنوعی در (ANN و ANFIS) در تخمین میزان تبخیر تعرق گیاه مرجع در مناطق بسیار خشک ایران، نشریه آب و خاک. دوره ۴، شماره ۵، صص ۶۸۹-۶۷۹.
- بابایی‌فینی ام‌السمه؛ صفرراد طاهر؛ کریمی مصطفی (۱۳۹۵). تحلیل و شناسایی الگوهای همدیدی توفان‌های گرد و غبار غرب ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۵، شماره ۱۷، صص ۱۱۹-۱۰۵.
- باقری زهرا؛ محمود حسینی صدیق (۱۳۹۵). تحلیل سینوپتیکی گرد و غبار در گسترده ۵۲ شهر جنوبی ایران، اولین کنفرانس بین‌المللی مخاطرات طبیعی و بحران‌های زیست محیطی ایران، راهکارها چالش‌ها، صص ۲۹-۲۶.
- برومندی پریا (۱۳۹۵). منشایابی ذرات گرد و غبار با بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها و مدل‌سازی عددی در شهرستان مسجد سلیمان، سلامت و محیط زیست، دوره ۹، شماره ۴، صص ۵۱۷-۵۲۶.
- توحیدی امیرحسین؛ زارع‌مهرجردی محمدرضا؛ مهرابی حسین؛ نظام‌آبادی‌پور حسین (۱۳۹۴). ارزیابی مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا در پیش‌بینی قیمت صادرات خشک‌بار ایران، فصل‌نامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)، دوره ۱۲، شماره ۳، صص ۹۵-۱۱۶.
- خوش‌اخلاق فرامرز؛ نجفی محمدسعید؛ محمد زمان‌زاده؛ شیرازی محمدحسن؛ صمدی مهدی (۱۳۹۲). بررسی ترکیبات بار گرد و غبار در غرب و جنوب غربی ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۲، شماره ۶، صص ۱۷-۳۶.

- خوش‌اخلاق فرامرزی؛ نجفی محمدسعید؛ صمدی مهدی (۱۳۹۱). واکاوی همدید رخداد گرد و غبار بهاره در غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۴، شماره ۲، صص ۹۹-۱۲۴.
- خوش‌کیش اسدالله؛ علیجانی بهلول؛ حجازی‌زاده، زهرا (۱۳۹۰). تحلیل سینوپتیکی سامانه‌های گرد و غبار در استان لرستان، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۸، شماره ۲۱، صص ۹۱-۱۱۰.
- دستجردی جواد؛ موسوی حجت؛ کاشکی عبدالرضا (۱۳۹۰). تحلیل همدید طوفان‌های گرد و غبار ایلام، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۳، پیاپی ۴۶، شماره ۲، صص ۱۵-۳۴.
- ذوالفقاری حسن؛ معصوم‌پور جعفر؛ شایگان‌مهر شاپور؛ احمدی محمد (۱۳۹۰). بررسی همدید توفان‌های گرد و غبار ایران طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۸۸، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۲، شماره ۳، صص ۱۷-۳۴.
- شمسی‌پور علی اکبر؛ طاهر صفرراد (۱۳۹۱). تحلیل ماهواره‌ای همدیدی پدیده گرد و غبار، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۴، شماره ۷۹، صص ۱۱۱-۱۲۶.
- صحرائی جلیل؛ بهرامی مژگان؛ محمدی ناهید (۱۳۹۶). ردیابی طوفان گرد و غبار (مطالعه موردی خوزستان)، اولین همایش اندیشه‌ها و فناوری‌های نوین در علوم جغرافیا، صص ۱۱-۱۶.
- صفریان‌زنگیر وحید؛ زینالی بتول؛ جعفری یوسف؛ جعفرزاده لیلا (۱۳۹۷). بررسی گرد و غبار و ارزیابی امکان پیش‌بینی آن در استان اردبیل با استفاده از مدل ANFIS، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ۵، شماره ۲، صص ۱۴۲-۱۲۵.
- ظهوریان منیژه؛ جهانگیری لیلا (۱۳۹۳). تحلیل سینوپتیکی و آماری رخداد گرد و غبار در شهر اهواز، اولین کنفرانس ملی آسیب شناسی محیط زیست و آلودگی‌های شهری، صص ۶۹-۶۷.
- عزیزی قاسم؛ میری مرتضی؛ نبوی امید (۱۳۹۰). ردیابی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال ۲، شماره ۷، صص ۶۳-۸۱.
- عطایی شیمیا؛ محمدزاده علی؛ آبکار علی‌اکبر (۱۳۹۴). شناسایی گرد و غبار با استفاده از روش درخت تصمیم‌گیری از تصاویر سنجده مادیس، علوم و فنون نقشه برداری، دوره ۴، شماره ۴، صص ۱۵۱-۱۶۱.
- عمارلو جواد؛ جاوید حمیدرضا؛ شکاریان رضا؛ رضایی فاطمه؛ وحدانی احمد (۱۳۹۶). ذرات گرد و غبار و تاثیر آن بر کیفیت هوا، چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، صص ۳۶-۴۱.
- فلاح محمد؛ وفایی‌نژاد، علیرضا؛ خیرخواه مسعود؛ احمدی فریبرز (۱۳۹۳). پایش و تحلیل سینوپتیکی پدیده گرد و غبار، اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۳، شماره ۹۱، صص ۶۹-۸۰.
- کریمی مصطفی؛ شکوهی کامیار (۱۳۹۰). اندرکنش گردش جو و پوشش سطح زمین در سازوکار تشکیل و گسترش توفان‌های گرد و غبار تابستانه خاورمیانه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۳، شماره ۷۸، صص ۱۱۳-۱۳۰.
- کنارکوهی عذرا؛ سلیمان‌جاهی حوریه؛ فلاحی شهاب؛ ریاحی‌مدوار حسین؛ مشکات زهرا (۱۳۸۹). استفاده از سیستم جدید هوشمند استنتاج فازی-عصبی تطابقی (ANFIS) برای پیش‌بینی قدرت سرطان‌زایی ویروس پاپیلوماهای انسانی. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک، دوره ۴، شماره ۲، صص ۹۵-۱۰۵.
- گندمکار امیر؛ فنایی راضیه؛ دانشور فاطمه؛ کاردان حسین؛ احدی‌نژاد مریم؛ رضایی نجمه (۱۳۹۶). بررسی و ارتباط سنجی روند سری‌های دمایی و روزهای همراه با گرد و غبار استان همدان، جغرافیا، دوره ۱۵، شماره ۵۳، صص ۲۹۳-۲۷۷.
- مکوندی رقیه؛ مقصودلوکمالی، بیژن؛ محمدفام، ایرج (۱۳۹۱). بهره‌مندی از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS در ارزیابی پیامدهای محیط زیستی پالایشگاه‌های نفت (مطالعه موردی: پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان)، پژوهش‌های محیط زیست، دوره ۳، شماره ۵، صص ۷۷-۸۶.
- ناصرپور سمیه؛ علیجانی بهلول؛ ضیایان پرویز (۱۳۹۴). منشا یابی توفان‌های گرد و غبار در جنوب غرب ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های هوا، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۱، صص ۲۱-۳۶.

نظم‌فر حسین؛ علی‌بخشی آمنه (۱۳۹۳). سنجش نابرابری فضایی در برخورداری از شاخص‌های آموزشی با استفاده از روش تاپسیس (مطالعه موردی: استان خورستان)، دو فصل‌نامه مطالعات برنامه‌ریزی آموزشی، دوره ۳، شماره ۶، صص ۱۳۴-۱۱۵.
هژبرپور قاسم؛ محمدی سیاوش؛ اکبرنیا علی؛ احدی مهیا (۱۳۹۴). تحلیل سینوپتیکی و آماری پدیده گرد و غبار شهر اردبیل، پنجمین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، صص ۱۷-۱۳.

Arnas, C; Irby, J; Celli, S; detemmerman, G; Addab, Y; couedel, L; grisolia, C; lin, Y; martin, C; pardanaud, C; pierson, S.,(2017), Characterization and origin of large size dust particles produced in the alcator _C mod tokamak, Nuclear materials and energy, 11,(12-19).

Baltagi, B.H.,(2005), Econometric Analysis of Panel Data. 3rd Edition, New York: John Wiley and Sons.

Cantarella, G.E., & Luca, S.D.E.,(2005), Multilayer Feedforward Networks for Transportation Mode Choice Analysis: An Analysis and a Comparison with Random Utility Models. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 13,(121-155).

Co, H.C., & Boosarawongse, R.,(2007), Forecasting Thailand's Rice Export: Statistical Techniques Vs. Artificial Neural Networks. Computers & industrial engineering, 4,(610-627).

Cuevas, E., Gomezplelaz, A.G., rodriguez, S., terradellas, E., basart, S., Garcia, R.D; Garcia, O.E., Alonso, S.,(2017), The pulsating nature of large scale Saharan dust transport, atmospheric environment, 167,(586-602).

Dansie, A. p., wigs, G.F.S., Thomas, D.S.G., Washington, R.,(2017), Measurements of windblown dust characteristics and ocean fertilization potential, Aeolian research, 29,(30-41).

Gujarati, D.N., (2003). Basic econometrics. 4th edition, New York: McGraw-Hill.

Jixia, H., qibin, Z., jing, T., depeng, Y., quansheng, G.,(2017), Association between forestry ecological engineering and dust weather in Inner Mongolia, physics and chemistry of the earth, parts A/B/C, 104,(76-83).

Kisi, O., Ozturk O.,(2007), Adaptive neurofuzzy computing technique for evapotranspiration estimation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. ASCE, 4,(368-379).

Liu, Z; wang, D; miloshevsky, G.,(2017), Simulation of dust grain charging under tokamak plasma conditions, nuclear materials and energy, 12,(530-535).

Nabavi, O., haimberger, L., samimi, C.,(2017), Sensitivity of WRF_ chem predictions to dust source function specification in west asia, Aeolian research, 24,(115-131).

Sahu, O., rao, D., gabbiye, N., engidayehu, A., teshale, F.,(2017), Sorption of phenol fram synthetic aqueous solution by activated saw dust, biochemistry and biophysics reports, 12,(46-53).

Shoji, M., kawamura, G., smirnov, R., pigarov, A., tanaka, Y., masuzaki, S., uesugi, y.,(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,(779-785).

Wang, Z., Pan, X., Uno, I., li, J., Wang, Z., Chen, X., Fu, P., Yang, T., Kobayashi, H., Shimizu, A., Sugimoto, N., Yamamotom, S.,(2017), Significant impacts of heterogeneous reactions on the chemical composition and mixing state of dust particles, atmospheric environment, 159,(83-91).

Willame, Y., Vandaele, A.C., depiesse, C., lefevre, F., letocart, V., Gillotay, D., montmessin, F.,(2017), Retrieving cloud dust and ozone abundances in the martion atmosphere SPICAM/UV nadir spectra, planetary and space science, 142,(9-25).

Wooldridge, J.M.,(2006), Introductory Econometrics: A Modern Approach. 3rd Edition, New York: South-Western.

Zalesna, E., grzonka, J., rubel, M., carrasco, A., widdowson, A., baron, A., ciupinski, L., contributors, J.,(2017), Studies of dust from JET with the ITER like wall: composition and internal structure, nuclear materials and energy, 12,(582-587).

Zielhofer, C., suchodoletz, H., fletcher, W., Schneider, B., dietze, E., schleget, M., schepanski, K., weninger, B., mischke, S., mikdad, A.,(2017), millennial scale fluctuations in Saharan dust supply across the decline of the African humid period, quaternary science reviews, 171,(119-135).

Research Article

Analysis and prediction of Dust phenomenon in the southwest of Iran

Behroz Sobhani*¹, Vahid Safarian Zengir²

Received: 26-12-2018

Revised: 26-02-2019

Accepted: 12-05-2019

Abstract

Dust is a phenomenon that has many destructive environmental effects in different parts of human life, including: agriculture, economics, health and etc. The country of Iran, especially its western and southwestern regions, is suffering a lot of damage due to its presence in the area affected by the dust phenomenon every year. So paying attention to this issue and reducing the resulting damage is a priority. The purpose of this Research is to investigate and predict the dust phenomenon in southwest of Iran. For this Research, 27 year old Dust Data were used at 14 synoptic Stations in Southwest of Iran during the period (1990-2017). In this Research, dust data was first normalized in 14 stations then, by using the hybrid-panel data model, the ANFIS Compatible Neural Network in Matlab Software was falsified and predicted and finally, to prioritize more stations, dust was exposed to TOPSIS and SAW multivariate decision making models. The findings of the Research showed that the reliability of the linear models (neural network of the hybrid panel compared to the ANFIS Comparative neural network) was higher. Based on prediction models, the maximum probability of occurrence, the maximum dust in the next 23 years in the studied area at two stations, Sarpol Zahab and Abadan are respectively (120.709, 128.917). According to the SAW model, the probability of occurrence of dust in the next 23 years is estimated at Abadan station with 0.99% and Based on the TOPSIS model, Islamabad e Gharb station with a value of 97%. In order to reduce the damage caused by the dust phenomenon in the study area, in addition to domestic measures, such as inter-organizational cooperation, it should be addressed by concluding an international agreement with the neighboring countries.

Keywords: Climate Hazard, Statistical survey, Artificial Neural Network, Multivariate decision making model.

¹*- Professor, Dept. of physical Geography, Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Email:sobhani@uma.ac.ir

²- Ph.D. student, Dept. of physical geography, Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

References

References (in Persian)

- Ahmadzadeh, G; Majid, M and Kourosh, M., (2010), Comparison of Artificial Intelligence Systems (ANN and ANFIS) in Estimating the Rate of Evapotranspiration of Reference Plants in Iran's High Drylands. *Journal of Soil and Water*, 4(5), pp.679-689. [In Persian]
- Ammarloo, J., Javid, H., Shagarian, R., Rezaei, F., Vahdani, A., (2017), Dust particles and their impact on air quality, Fourth International Conference on Environmental Planning and Management, pp. 36-41. [In Persian]
- Ataee, S., Mohammadzadeh, A., Abkar, A., (2015), Dust Detection Using the Decision Tree Method from the Images of the Judge, *Science and Mapping Techniques*, 4(4), pp.151-161. [In Persian]
- Babae, P., Safarrud, T., Karimi, M., (2016), Analysis and Identification of Patterns of Blight Dust in the West of Iran, *Geography and Environmental Hazards*, 5(17), pp.105-119. [In Persian]
- Bagheri, Z., Mahmoud, H., (2016), Synoptic Analysis of Dust in Extensive 52 South Iran, First International Conference on Natural Hazards and Environmental Crises in Iran, Solutions to Challenges, pp. 26-29. [In Persian]
- Boroumand, P., (2016), Determination of dust particles by studying their physical and chemical properties and numerical modeling in Masjed Soleiman city, *Health and Environment*, 9(4), pp.517-526. [In Persian]
- Dastjerdi, J., Mousavi, H., Kashki, A., (2011). An Analysis of Ilam Dust Storm, *Geography and Environmental Planning*, Year 23, 46(2), pp.15-34. [In Persian]
- Fallah, M., Vafai Nejad, A., Khairkh, M., Ahmadi, F., (2014), Monitoring and Synoptic Analysis of Dust, *Geographic Information*, 23(91), pp.69-80. [In Persian]
- Field, G., Bahrami, M., Mohammadi, N., (2017), Dust storm tracking (Case study of Khuzestan), The first conference of ideas and technologies in geography, pp. 11-16. [In Persian]
- Hajibarpour, Q., Mohammadi, S., Akbarnia, A., Ahadi, M., (2015), Synoptic and Statistical Analysis of Dust Dust in Ardabil, 5th Regional Climate Change Conference, pp. 13-17. [In Persian]
- kanarkohi, H., Riahi, M., and Zahra, M., (2010). Using the Intelligent Neuro-Fuzzy Inference Inventory (ANFIS) system to predict the human papillomavirus's cancer-causing potential. *Journal of Arak University of Medical Sciences*, 4(2), pp.95-105. [In Persian]
- kandoomkar, A., Fanieh, R., Daneshvar, F., Kardan, H., Ahdynejad, M., Rezaei, N., (2017), Investigation and correlation of temperature series trends and dust days in Hamedan province, *Geography*, 15(53), pp.277-293. [In Persian]
- Karimi, M., Kamyar, N., (2011). Interaction between the flow of the atmosphere and the surface of the earth in the mechanism of the formation and expansion of Middle Eastern dust storms, *Natural Geography Research*, 43(78), pp.113-130. [In Persian]
- Khoshtkiyeh, A., Alijani, B., Hejazizadeh, Z., (2011). Synoptic Analysis of Dust Systems in Lorestan Province, *Applied Geosciences Research*, 18(21), pp.91-110. [In Persian]
- koshaklaq, F., Najafi, M., Mohammad, Z., Shirazi, M., Samadi, M., (2013), Investigating the Dust Composition Composition in the West and Southwest of Iran, *Geography and Environmental Hazards*, 2(6), pp.17-63. [In Persian]
- koshaklaq, F., Najafi, M., Samadi, M., (2012), Survey on the occurrence of spring dust in western Iran, *Natural Geography Research*, 44(2), pp.99-124. [In Persian]
- Makvandi, R., Bijan, M., Mohammadfam, I., (2012). Utilization of TOPSIS Multivariate Decision Making Model in Environmental Impact Assessment of Oil Refineries (Case Study: Khuzestan Super Heavy Oil Refinery), *Environmental Researches*, 3(5), pp.77-86. [In Persian]
- Miri, M., Azizi, G., Nabavi, O., (2011). Detection of Dust in the Midwest of Iran, *Geographical Studies in Arid Regions*, 2(7), pp.63-83. [In Persian]
- Naserpour, S., Alijani, B., Rezaiyan, P., (2015), The Effect of Dust Storms in Southwest of Iran Using Satellite Images and Air Maps, *Natural Geography Research*, 47(1), pp.21-36. [In Persian]
- Nazmfar, H., Ali Bakhshai, A., (2014), Measurement of Spatial Inequality in Using Educational Indices Using Topsis Method (Case Study: Khorestan Province), *Two Chapters of Educational Planning Studies*, 3(6), pp.115-134. [In Persian]
- Safarian zengir, V., Zainali, B., Jafari, Y., Jafarzadeh, L., (2018), Dust and Dust Estimation in Ardabil Province Using ANFIS Model, *Environmental Impact Analysis Spatial Analysis Journal*, 5(2), pp.125-142. [In Persian]
- Shamsipour, A., Taher, S., (2012), Satellite analysis of dust phenomena, *Natural Geography Research*, 44(79), pp.111-126. [In Persian]

- Tohidi, A., Zareemhajerdi, M., Mehrabi, H., NasibAbdipour, H., (2015), Estimation of Hybrid Model of Artificial Neural Network-Data Panel in Determining Dry Dry Export Prices of Iran, *Journal of Quantitative Economics (ex-economic studies)*, 12(3), pp.95-116. [In Persian]
- Zohourian, M., Jahangiri, L., (2014), Synoptic and Statistical Analysis of Dust Events in Ahwaz, First National Conference on Environmental Pathology and Urban Pollution, pp. 69-67. [In Persian]
- Zolfaghari, H., Masoompour, J., ShayeganMehr, S., Ahmadi, M., (2011). Survey of Dust Dust Storms in Iran during 2005-2007, *Geography and Environmental Planning*, 22(3), pp.17-34. [In Persian]

References (in English)

- Arnas, C; Irby, J; Celli, S; detemmerman, G; Addab, Y; couedel, L; grisolia, C; lin, Y; martin, C; pardanaud, C; pierson, S., (2017), Characterization and origin of large size dust particles produced in the alcator _C mod tokamak, *Nuclear materials and energy*, 11, (12-19).
- Baltagi, B.H., (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*. 3rd Edition, New York: John Wiley and Sons.
- Cantarella, G.E., & Luca, S.D.E., (2005), *Multilayer Feedforward Networks for Transportation Mode Choice Analysis: An Analysis and a Comparison with Random Utility Models*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 13, (121-155).
- Co, H.C., & Boosarawongse, R., (2007), Forecasting Thailand's Rice Export: Statistical Techniques Vs. Artificial Neural Networks. *Computers & industrial engineering*, 4, (610-627).
- Cuevas, E., Gomezplelaz, A.G., rodriguez, S., terradellas, E., basart, S., Garcia, R.D; Garcia, O.E., Alonso, S., (2017), The pulsating nature of large scale Saharan dust transport, *atmospheric environment*, 167, (586-602).
- Dansie, A. p., wigs, G.F.S., Thomas, D.S.G., Washington, R., (2017), Measurements of windblown dust characteristics and ocean fertilization potential, *Aeolian research*, 29, (30-41).
- Gujarati, D.N., (2003). *Basic econometrics*. 4th edition, New York: McGraw-Hill.
- Jixia, H., qibin, Z., jing, T., depeng, Y., quansheng, G., (2017), Association between forestry ecological engineering and dust weather in Inner Mongolia, *physics and chemistry of the earth, parts A/B/C*, 104, (76-83).
- Kisi, O., Ozturk O., (2007), Adaptive neurofuzzy computing technique for evapotranspiration estimation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. ASCE, 4, (368-379).
- Liu, Z; wang, D; miloshevsky, G., (2017), Simulation of dust grain charging under tokamak plasma conditions, *nuclear materials and energy*, 12, (530-535).
- Nabavi, O., haimberger, L., samimi, C., (2017), Sensitivity of WRF_ chem predictions to dust source function specification in west asia, *Aeolian research*, 24, (115-131).
- Sahu, O., rao, D., gabbiye, N., engidayehu, A., teshale, F., (2017), Sorption of phenol fram synthetic aqueous solution by activated saw dust, *biochemistry and biophysics reports*, 12, (46-53).
- Shoji, M., kawamura, G., smirnov, R., pigarov, A., tanaka, Y., masuzaki, S., uesugi, y., (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, (779-785).
- Wang, Z., Pan, X., Uno, I., li, J., Wang, Z., Chen, X., Fu, P., Yang, T., Kobayashi, H., Shimizu, A., Sugimoto, N., Yamamotom, S., (2017), Significant impacts of heterogeneous reactions on the chemical composition and mixing state of dust particles, *atmospheric environment*, 159, (83-91).
- Willame, Y., Vandaele, A.C., depiesse, C., lefevre, F., letocart, V., Gillotay, D., montmessin, F., (2017), Retrieving cloud dust and ozone abundances in the martion atmosphere SPICAM/UV nadir spectra, *planetary and space science*, 142, (9-25).
- Wooldridge, J.M., (2006), *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. 3rd Edition, New York: South-Western.
- Zalesna, E., grzonka, J., rubel, M., carrasco, A., widdowson, A., baron, A., ciupinski, L., contributors, J., (2017), Studies of dust from JET with the ITER like wall: composition and internal structure, *nuclear materials and energy*, 12, (582-587).
- Zielhofer, C., suchodoletz, H., fletcher, W., Schneider, B., dietze, E., schleget, M., schepanski, K., weninger, B., mischke, S., mikdad, A., (2017), millennial scale fluctuations in Saharan dust supply across the decline of the African humid period, *quaternary science reviews*, 171, (119-135).