

تحلیل زمانی و مکانی وقوع گرد و غبار در استان لرستان

رضا چمن پیرا^۱

ابراهیم کریمی سنگچینی^{۲*}

e.karimi64@gmail.com

علی اکبر نوری^۳

تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/۱

تاریخ دریافت: ۹۹/۳/۱۶

چکیده

زمینه و هدف: در حال حاضر مدیریت خطر گردوغبار در مقیاس جهانی و به ویژه در منطقه خاورمیانه به یک چالش جدی تبدیل شده است. این تحقیق در استان لرستان با هدف تحلیل زمانی و مکانی وقوع گرد و غبار جهت تسکین و کنترل ریسک در راستای آمایش و توسعه پایدار انجام شده است.

روش بررسی: تغییرات طوفان گردوغبار برای ۸ ایستگاه سینوپتیک استان در یک دوره زمانی ۱۷ ساله (۲۰۱۶-۲۰۰۰) مورد آنالیز قرار گرفت. برای تغییرات مکانی مدل‌های مختلف درون‌یابی برازش داده شد و مدل با کمترین MAE و RMSE از انتخاب شده است. سپس به کمک مدل درون‌یابی کوکریجینگ درون‌یابی با همسایگی‌های مختلف انجام شده است که حاصل آن تعداد زیادی نقشه است. این نقشه‌ها به شبکه سلولی در محیط GIS تبدیل گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از بررسی سالیانه پدیده طوفان گردوغبار نشان داد که ایستگاه خرم‌آباد با میانگین فراوانی ۴۵ روز سال، بیشترین تعداد روزها را در کل استان مورد مطالعه دارد. بیشترین فراوانی طوفان گردوغبار در ماه‌های ژوئن و ژوئیه و کمترین فراوانی در ماه نوامبر و دسامبر می‌باشد. استان لرستان از نظر تعداد روزهای زیر ۱۰ و یک کیلومتر، به ترتیب بیش از ۲۳ و ۷۱ درصد احتمال خطر بالای طوفان گردوغبار را دارد.

بحث و نتیجه گیری: با توجه به خطر بالای گرد و غبار، برنامه‌های پیش‌گیری و کنترل و نیز برنامه‌های سازگاری توسعه‌ای استان پیشنهاد می‌شود که بتوان به اهداف آمایش و حفاظت جهت جلوگیری از توسعه بیابان‌زایی دست یافت. این مطالعه به عنوان یک پژوهش کاربردی می‌تواند نسخه خوبی برای مسئولان، مدیران و دست‌اندرکاران بلایای طبیعی و توسعه استان لرستان محسوب شود.

واژه‌های کلیدی: گرد و غبار، تحلیل آماری، تغییرات زمانی و مکانی، استان لرستان.

۱- استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آب‌خیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران

۲- استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آب‌خیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران* (مسوول مکاتبات)

۳- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

Temporal and Spatial Analysis of Dust Occurrence in Lorestan Province

Reza Chamanpira¹

Ebrahim Karimi Sangchini^{2*}

e.karimi64@gmail.com

Ali Akbar Norouzi³

Admission Date: July 22, 2020

Date Received: June 5, 2020

Abstract

Background and Objective: Today, dust risk management is critical global challenge, especially in the Middle East. The aim of this study is to analysis temporal and spatial changes of dust occurrence in Lorestan province. This analysis used for risk control and adaptation to achieve sustainable development areas.

Material and Methodology: Changes in dusts were analyzed during a 17-year period (2000-2016) for 8 synoptic stations. Best model, with lowest MAE and RMSE, was selected for analyzing spatial variations. The CoKriging model interpolation was used to provide dust risk map. Then, this map converted in to a pixel grid in ArcGIS software.

Findings: The results of annual dust survey show that Khorramabad station had the highest number of days with the average frequency of 16 days in year. The highest frequency of dust storms was in June and July whiles the lowest was in November and December. The results of risk zonation mapping that about 21 And 71 percent of the region has a high risk of the dust storm in term of below 10 and one kilometer of horizontal visibility, respectively.

Discussion and Conclusion: Due to the high risk of dust, it is possible to provide prevention and control programs and also compatibility of the regional development goals with Iran land use planning and conservation and restoration of soil and water resources in order to achieve the preventing desertification and climate change. This research with a promising and pragmatic approach has provided a remarkable description to policy makers, managers, and other natural disaster stakeholders in the of Lorestan province development.

Keywords: Dust, Statistical Analysis, Temporal and Spatial Changes, Lorestan Province.

1- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran

2- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran
*(Corresponding Author)

3-Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Tehran, Iran

مقدمه

طوفان‌های گردوغبار یکی از مخاطرات طبیعی هستند که اخیراً در ایران و به‌ویژه در نواحی جنوب و غرب آن به فراوانی رخ می‌دهند و خسارت زیادی به بار می‌آورند. طوفان‌های گردوغبار در اکثر اوقات نتیجه بادهای متلاطم می‌باشند که مقدار زیادی از گردوغبار را از سطوح بیابان بالا می‌برند و قابلیت دید را به کمتر از یک کیلومتر کاهش می‌دهند (۱-۳). خشکسالی‌های اخیر، کاهش بارش‌های سالانه و تغییرات اقلیمی، مهم‌ترین عوامل طبیعی این پدیده محسوب می‌شود (۴ و ۵) و عواملی مانند خشکاندن تالاب‌های منطقه، درصد پایین پوشش گیاهی در برخی مناطق مستعد گرد و غبار، ساخت سدهای بزرگ، توسعه‌ی ناپایدار ناشی از جنگ در منطقه‌ی خاورمیانه بر شدت و وسعت آن افزوده و به گسترش گرد و غبار در اکثر مناطق ایران منجر شده است (۶-۸). بادهای شدید گردوغبار مقدار زیادی خاک و ماسه را از زمین‌های خشک با خود بلند نموده و به حالت معلق درآمده و هوا را تیره و تاریک می‌نمایند. این هوای اشباع شده از مواد خاکی، ابری را تشکیل می‌دهد که خورشید را پوشانده و یا به صورت قرص گداخته و کم‌رنگ می‌نمایند (۹). در سال‌های اخیر شناسایی مناطق منبع و ارزیابی خطر وقوع گرد و غبار در تحقیقات بی‌شماری مورد توجه محققان داخلی و خارجی قرار گرفته است که از جمله می‌توان به اختصاصی و همکاران در دشت یزد-اردکان (۱۰)، شمشیری و همکاران در استان کرمانشاه (۱۱)، غفاری و مصطفی‌زاده در ایران (۱۲)، عالی محمودی و همکاران در شهرستان اهواز (۱۳)، **Baddock** و همکاران در دریاچه ایری استرالیا (۱۴)، **Maghrabi** و همکاران در عربستان سعودی (۱۵)، **Gao** و همکاران در هانشداک چین (۱۶)، **Rashki** و همکاران در حوزه آبریز هامون (۱۷) و **Chen** و همکاران (۱۸)، در شرق آسیا اشاره نمود. جوهری و همکاران (۱۹) تغییرات زمانی و مکانی گردوغبار منطقه جنوب غرب ایران را با روش‌های زمین آمار مدل‌سازی کردند. در این تحقیق تغییرات گردوغبار را برای ۱۵ ایستگاه سینوپتیک استان‌های خوزستان و ایلام مورد آنالیز قرار داد. نتایج نشان داد که مدل تابع انتقال

برازش مناسب و موفقیت آمیزی در پیش‌بینی حداقل مطلق دید افقی داشته است. اکبری و فرح‌بخشی (۲۰) به بررسی عوامل ایجاد بروز گردوغبار در استان کرمانشاه پرداختند. نتایج نشان داد که به‌طور کلی وجود سیستم‌های کم‌فشار در مناطق مرکزی و جنوبی ایران می‌توانند منجر به همگرایی و مکش هوا در نزدیکی سطح زمین و حرکت گردابی مثبت قوی شوند که در کرمانشاه حرکت‌های سیکلونی ایجاد می‌شود. **Madhavan** و همکاران (۲۱) به شناسایی گردوغبار در صحرای آفریقا با استفاده از تصاویر سنجنده‌های ترا و آکوا ماهواره مادیس پرداختند. نتایج نشان داد که شناسایی گردوغبار با به کارگیری کانال‌های اضافی مادون قرمز بهبود یافت. **Chen** و همکاران (۱۸)، گردوغبار در شرق آسیا را با مدل **WRF-Chem**^۱ و آنالیز داده‌های ماهواره‌ای مدل‌سازی کردند. نتایج نشان داد که این مدل در تابستان، توزیع فضایی و زمانی فاکتورهای هواشناسی و گردوغبار آئروسول را به خوبی نشان می‌دهد. بررسی پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که در حال حاضر مدیریت خطر گردوغبارها در مقیاس جهانی و به ویژه در منطقه خاورمیانه و ایران به یک چالش جدی تبدیل و ذرات معلق در هوا به یکی از مهمترین آلاینده‌های تهدید سلامت انسان و تخریب محیط زیست شناخته شده است (۲۲). تحقیقات گذشته به ردیابی، تغییرات زمانی و مکانی و ارزیابی شدت خطر توجه کردند. استان لرستان همانند استان‌های غربی ایران متأسفانه در چند سال اخیر متأثر از خطر وقوع گرد و غبار بوده است، براین اساس در این تحقیق سعی شده که به تحلیل زمانی و مکانی وقوع گرد و غبار در این استان به عنوان یکی از استان‌های غربی کشور و متأثر از این خطر پرداخته شود.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با مساحت ۲۸۵۵۹ کیلومترمربع در غرب ایران،

1- Weather Research and Forecasting model coupled with Chemistry

مبنای تحلی مکانی استفاده شدند. در نهایت با استفاده از آمار و با روش کوکریجینگ، نقشه مکانی وقوع گرد و غبار استان لرستان در نرم افزار Arc GIS ۱۰/۵ تهیه و براساس نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی پیکسل‌ها، در ۳ کلاس طبقه‌بندی گردید.

بحث و بررسی یافته‌ها

بررسی کلی داده‌های گرد و غبار استان لرستان داده‌های رخداد گرد و غبار ثبت شده در ایستگاه‌های استان لرستان از نظر پارامترهای تعداد روزهای زیر ۱۰ کیلومتر و زیر ۱۰۰۰ متر در سال و در ماه، و حداقل دید افقی در سال بررسی گردید و نتایج آن در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده است.

نتیجه گیری می‌شود که در ایستگاه‌های بیشتر تعداد روزهای ثبت شده با دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر در این ایستگاه مربوط به سال ۲۰۰۸ (۸۸ روز) است. بیشترین تعداد روز دارای گرد و غبار مربوط به ماه ژوئن (۱۳۴ روز) می‌باشد. در ایستگاه الیگودرز، بیشترین تعداد روزهای ثبت شده با دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر در این ایستگاه مربوط به سال ۲۰۱۵ (۸۹ روز) است. بیشترین تعداد روز دارای گرد و غبار مربوط به ماه می (۱۱۷ روز) می‌باشد. در ایستگاه بروجرد، بیشترین تعداد روزهای ثبت شده با دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر در این ایستگاه مربوط به سال ۲۰۱۲ (۷۷ روز) می‌باشد. بیشترین تعداد روز دارای گرد و غبار مربوط به ماه می (۱۱۰ روز) است. در ایستگاه دورود، بیشترین تعداد روزهای ثبت شده با دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر در این ایستگاه مربوط به سال ۲۰۰۹ (۱۲۴ روز) است. بیشترین تعداد روز دارای گرد و غبار مربوط به ماه ژوئن (۱۵۶ روز) می‌باشد. در ایستگاه خرم‌آباد، بیشترین تعداد روزهای ثبت شده با دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر در این ایستگاه مربوط به سال ۲۰۰۹ (۱۰۶ روز) است. بیشترین تعداد روز دارای گرد و غبار مربوط به ماه جولای (۱۷۱ روز) می‌باشد. در ایستگاه کوه‌دشت، بیشترین تعداد روزهای ثبت شده با دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر در این ایستگاه مربوط به سال ۲۰۰۸ (۶۷ روز) است. بیشترین تعداد روز دارای گرد و غبار مربوط به

$$\mathbf{Z}(\mathbf{X}_i) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \frac{1}{d_i^a} z(x_i)}{\sum_{i=1}^n x_i \frac{1}{d_i^a} z} \quad (1)$$

$$\mathbf{Z}(\mathbf{s}) = \alpha(\mathbf{s}) + \epsilon(\mathbf{s}) \quad (2)$$

در رابطه ۱، d_i ، فاصله بین نقطه تخمین تا هر یک از نمونه‌های واقع در همسایگی آن، $\mathbf{z}(\mathbf{x}_i)$ ، مقدار تخمین خاصیت مورد نظر در نقطه \mathbf{x}_i ، مقدار مشاهده شده خاصیت مورد نظر در نقطه \mathbf{x}_i و \mathbf{a} عبارتست از توان عکس فاصله هستند. بیان ریاضی روش‌های کریجینگ (\mathbf{K}) و کوکریجینگ (\mathbf{COK}) در رابطه ۲ آمده است. در این رابطه $\mathbf{Z}(\mathbf{s})$ مقدار متغیر ناحیه‌ای، $\alpha(\mathbf{s})$ روند قطعی و مولفه ساختار، $\epsilon(\mathbf{s})$ خطای نمونه نسبت به $\alpha(\mathbf{s})$ یا مولفه تصادفی است. در روش کوکریجینگ یک اندیس به فرمول اضافه می‌شود و برای هر متغیر یک فرمول تعریف می‌شود (۲۸). روش تابع شعاعی (\mathbf{RBF})، وابسته به فاصله بین نقاط درونیابی شده و نمونه برداری شده است (رابطه ۳) (۲۹).

$$\mathbf{Z}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m a_i F_i(\mathbf{x}) + \sum_{j=1}^n b_j \psi(d_j) \quad (3)$$

در این رابطه $\psi(d_j)$ تابع پایه شعاعی، d_j فاصله بین نقاط نمونه‌برداری شده و پیش بینی شده نقطه \mathbf{x} را نشان می‌دهد. \mathbf{F} (\mathbf{x}) روند تابع و عضو اساسی برای چند جمله‌ای با درجه کمتر از m است از بین روش‌های زیرمجموعه تابع شعاعی در این تحقیق از دو روش اسپیلاین کششی (\mathbf{ST}) و اسپیلاین چند ربعی معکوس (\mathbf{IMQ}) استفاده شده است که به ترتیب در معادلات ۴ و ۵ رابطه ریاضی آن‌ها ذکر شده است (۲۶).

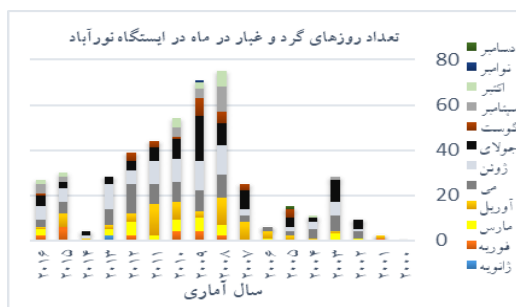
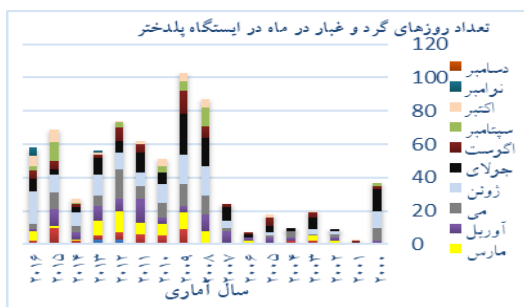
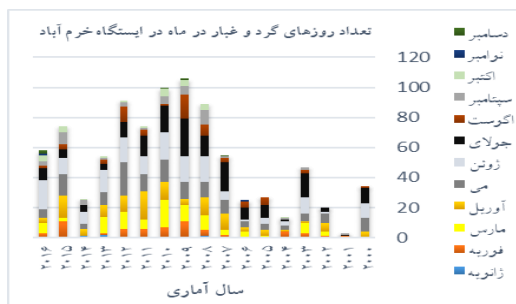
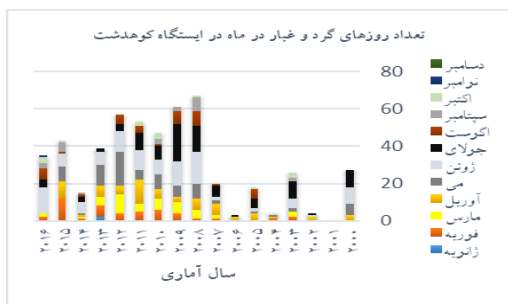
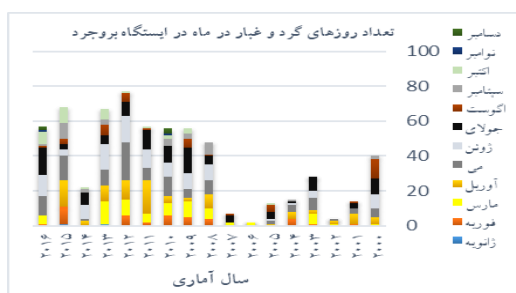
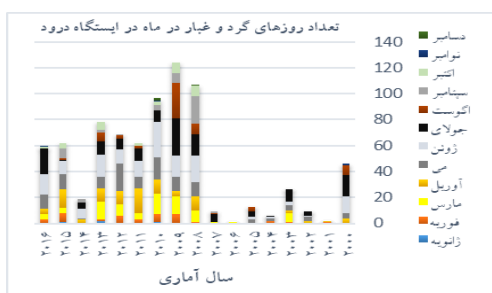
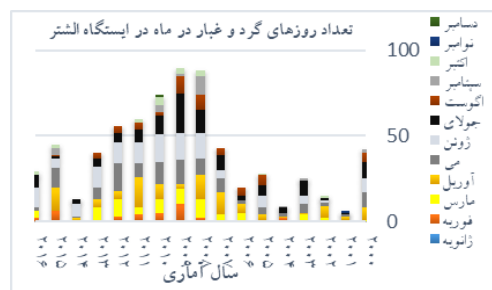
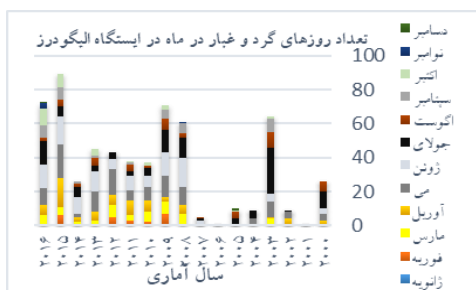
$$\mathbf{ST}: \psi(d_j) = \ln\left(\frac{cd}{2}\right) + I_0(cd) + r \quad (4)$$

$$\mathbf{IMQ}: \psi(d_j) = (\sqrt{d^2 + c^2})^{-1} \quad (5)$$

در این معادلات d ، فاصله بین نقاط نمونه‌برداری و پیش بینی شده، c : فاکتور ملایم کردن انحنای سطح زمین، I_0 : تابع بسل اصلاح شده و r : ثابت اویلر است. روش‌های مختلف درونیابی با استفاده از شاخص‌های \mathbf{RMSE} ، \mathbf{R}^2 ، و \mathbf{MAE} مورد آزمون قرار گرفتند (۳۰). تعداد روزهای دارای گرد و غبار با حداقل دید افقی زیر ۱۰ کیلومتر و زیر ۱۰۰۰ متر به عنوان

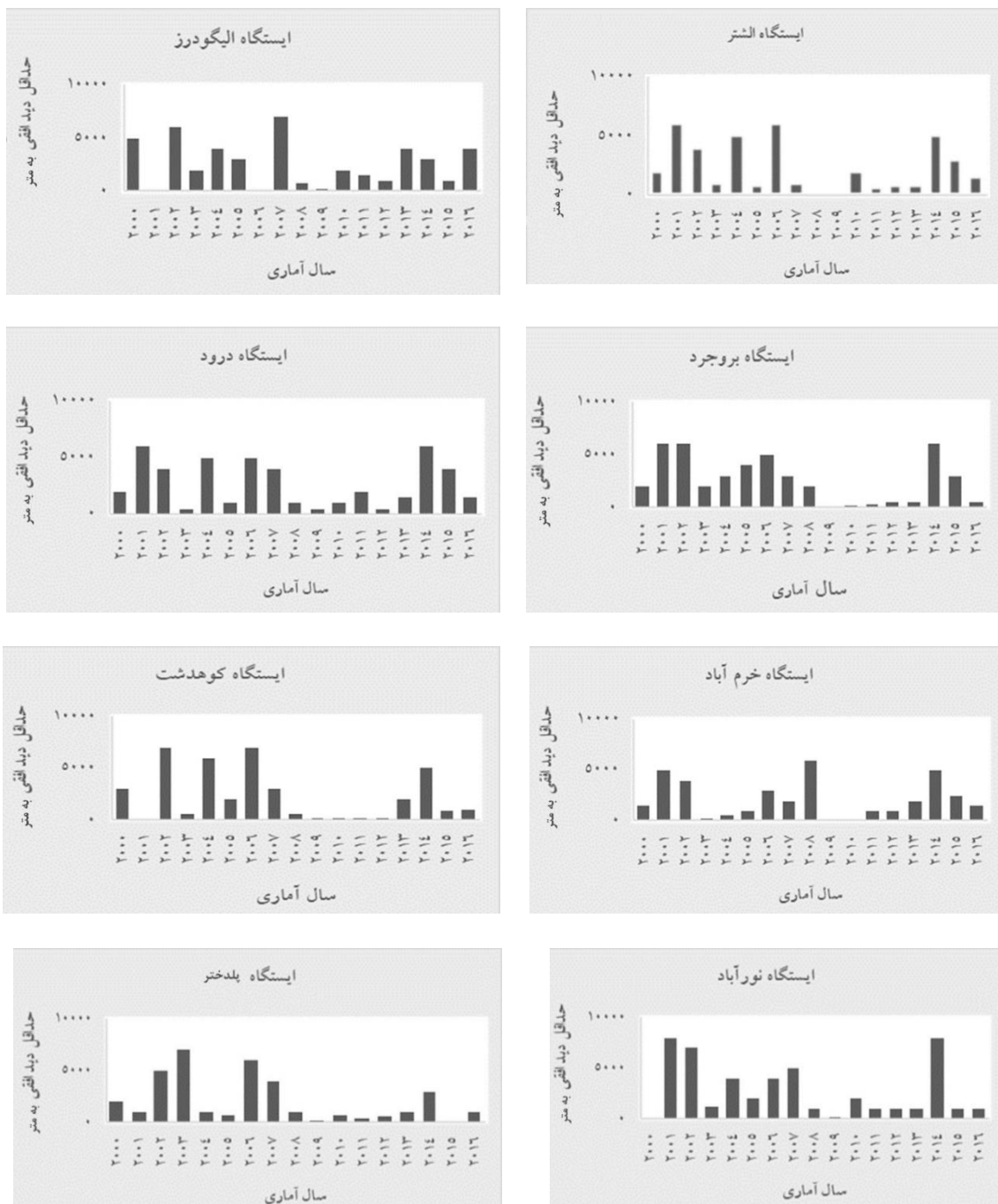
ایستگاه پل دختر، بیشترین تعداد روزهای ثبت شده با دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر در این ایستگاه مربوط به سال ۲۰۰۹ (۱۰۳ روز) می باشد. بیشترین تعداد روز دارای گرد و غبار مربوط به ماه ژوئن (۱۳۸ روز) است.

ماه ژوئن (۱۱۴ روز) می باشد. در ایستگاه نورآباد، بیشترین تعداد روزهای ثبت شده با دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر در این ایستگاه مربوط به سال ۲۰۰۸ (۷۵ روز) است. بیشترین تعداد روز دارای گرد و غبار مربوط به ماه ژوئن (۹۱ روز) می باشد. در



شکل ۲- نمودار تعداد روزهای گرد و غبار در ماه ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی استان لرستان (۲۰۰۰-۲۰۱۶)

Figure 2. Chart of dust days frequency per month recorded in Lorestan meteorological stations (2016-2000)



شکل ۳- نمودار حداقل دیدافقی ثبت شده در ایستگاه‌های استان لرستان (۲۰۰۰-۲۰۱۶)

Figure 3. Chart of minimum horizontal visibility recorded in the stations of Lorestan province (2016-2000)

بررسی سالانه گرد و غبار استان لرستان

در ادامه جدول ۱ فراوانی سالانه رخداد گرد و غبار برای ایستگاه‌های استان لرستان را به تفکیک ایستگاهی نشان می‌دهد.

جدول ۱- فراوانی سالانه روزهای همراه با گرد و غبار استان لرستان (۲۰۰۰-۲۰۱۶)

Table 1. Annual frequency of days with dust in Lorestan province (2016-2000)

الشترا	بروجرد	درود	الیگودرز	خرم آباد	کوهدهشت	نورآباد	پل دختر	ایستگاه	سال
۴۲	۴۰	۴۶	۲۶	۳۴	۲۷	۲۲	۳۷		۲۰۰۰
۶	۱۴	۲	۰	۳	۰	۲	۳		۲۰۰۱
۱۵	۴	۹	۹	۲۰	۴	۹	۹		۲۰۰۲
۲۵	۲۸	۲۶	۶۴	۴۷	۲۶	۲۸	۲۰		۲۰۰۳
۹	۱۴	۶	۹	۱۴	۴	۱۱	۱۰		۲۰۰۴
۲۸	۱۳	۱۳	۱۰	۲۷	۱۸	۱۵	۱۸		۲۰۰۵
۲۰	۲	۱	۰	۲۵	۳	۶	۷		۲۰۰۶
۴۳	۷	۹	۵	۵۵	۲۰	۲۵	۲۴		۲۰۰۷
۸۸	۴۸	۱۰۷	۶۱	۸۹	۶۷	۷۵	۸۶		۲۰۰۸
۹۰	۵۶	۱۲۴	۷۱	۱۰۶	۶۱	۷۱	۱۰۳		۲۰۰۹
۷۴	۵۶	۹۷	۳۷	۱۰۰	۴۷	۵۴	۵۱		۲۰۱۰
۶۰	۵۷	۶۲	۳۸	۷۴	۵۳	۴۴	۶۴		۲۰۱۱
۵۶	۷۷	۶۹	۴۳	۹۱	۵۷	۳۹	۷۴		۲۰۱۲
۴۰	۶۷	۷۸	۴۵	۵۴	۳۹	۲۸	۵۶		۲۰۱۳
۱۳	۲۲	۱۹	۲۶	۲۶	۱۵	۴	۲۷		۲۰۱۴
۴۵	۶۸	۶۲	۸۹	۷۴	۴۶	۳۰	۶۹		۲۰۱۵
۲۹	۵۷	۶۰	۷۳	۵۸	۳۵	۲۷	۵۸		۲۰۱۶
۶۰۹	۵۰۵	۶۶۸	۴۴۴	۷۶۵	۴۴۱	۴۳۳	۵۸۸		مجموع

بررسی ماهانه گرد و غبار استان لرستان

فراوانی رخداد گرد و غبار برای ماه ژوئیه و ژوئن ثبت شده است (جدول ۲).

براساس نتایج حاصل از بررسی فراوانی رخداد ماهانه گرد و غبار در مقیاس ماهانه مشخص گردید که در استان لرستان، بیشینه

جدول ۲- فراوانی ماهانه روزهای همراه با گرد و غبار استان لرستان (۲۰۱۶-۲۰۰۰)

Table 2. Monthly frequency of days with dust in Lorestan province (2016-2000)

ماه	ایستگاه	پل دختر	نورآباد	کوهدهشت	خرم آباد	الیگودرز	درود	بروجرد	الشتر	میانگین
ژانویه	۹	۲	۲	۲	۴	۱	۴	۲	۲	۳/۲۵
فوریه	۴۵	۲۱	۲۱	۴۵	۶۰	۲۴	۳۸	۴۰	۳۵	۳۸/۵
مارس	۶۸	۳۵	۳۵	۴۴	۹۴	۴۸	۸۴	۶۶	۶۹	۶۳/۵
آوریل	۸۱	۶۷	۶۷	۶۶	۱۱۹	۷۱	۹۵	۹۰	۱۰۹	۸۷/۲۵
می	۱۰۰	۸۶	۸۶	۷۷	۱۴۰	۱۱۷	۱۱۸	۱۱۰	۱۱۵	۱۰۷/۸۷
ژوئن	۱۳۸	۹۱	۹۱	۱۱۴	۱۷۰	۱۱۳	۱۵۶	۱۰۵	۱۳۴	۱۲۷/۶۲
ژوئیه	۱۲۷	۹۰	۹۰	۹۴	۱۷۱	۱۱۳	۱۴۸	۱۰۹	۱۲۰	۱۲۱/۵
اوت	۶۲	۲۹	۲۹	۳۹	۶۱	۴۷	۶۱	۳۹	۵۳	۶۲/۳۷
سپتامبر	۴۱	۲۶	۲۶	۲۳	۴۵	۳۶	۴۸	۳۲	۲۴	۳۴/۳۷
اکتبر	۳۸	۱۹	۱۹	۱۴	۲۶	۳۰	۳۲	۳۱	۲۰	۲۶/۲۵
نوامبر	۶	۱	۱	۰	۲	۴	۳	۲	۱	۲/۳۷
دسامبر	۰	۱	۱	۰	۵	۲	۳	۵	۱	۲/۱۲

تحلیل مکانی وقوع گرد و غبار

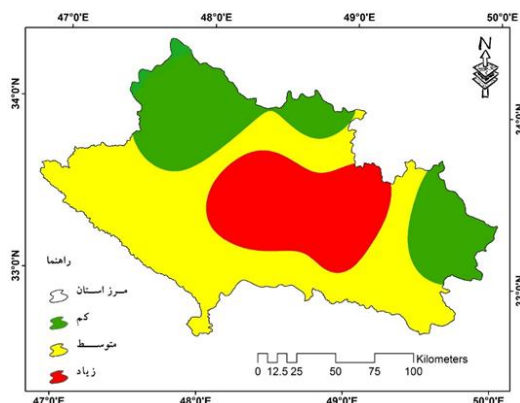
ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی در جدول ۳ ارائه شده است. روش‌های استفاده شده در این تحقیق بر اساس معیارهای MAE و RMSE در ستون آخر رتبه‌بندی شده‌اند. بر این اساس روش‌های COK، K، IMQ و IDW به ترتیب در رتبه‌های اول تا چهارم قرار دارند و روش ST رتبه آخر را به خود اختصاص داده است. لذا از روش کوکریجینگ COK روش فوق برای تهیه نقشه خطر وقوع گرد و غبار استفاده شده است (شکل‌های ۴ و ۵). نتایج پهنه‌بندی با دو معیار دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر و یک کیلومتر در جدول ۴ آورده شده است.

ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی در جدول ۳ ارائه شده است. روش‌های استفاده شده در این تحقیق بر اساس معیارهای MAE و RMSE در ستون آخر رتبه‌بندی شده‌اند. بر این اساس روش‌های COK، K، IMQ و IDW به ترتیب در رتبه‌های اول تا چهارم قرار دارند و روش ST رتبه آخر را به خود اختصاص داده است. لذا از روش کوکریجینگ COK روش فوق برای تهیه نقشه خطر وقوع گرد و غبار استفاده شده است (شکل‌های ۴ و ۵). نتایج پهنه‌بندی با دو معیار دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر و یک کیلومتر در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۳- نتایج ارزیابی روش‌های میان‌یابی

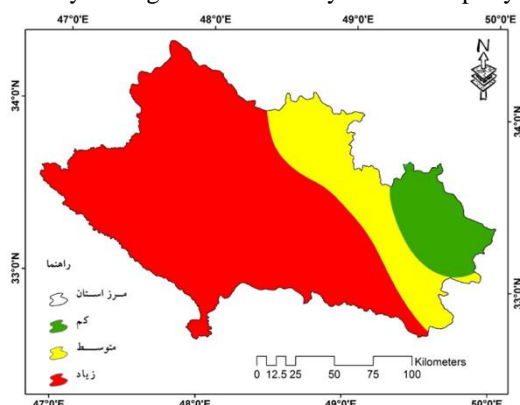
Table 3. Evaluation results of mediation methods

رتبه	MAE	RMSE	R ²	معیار خطا روش درونیابی
۵	۱۵۳/۷۵	۲۳۳/۱۸	۰/۶۹	ST
۳	۱۵۱/۵۲	۲۲۴/۴۹	۰/۷۱	IMQ
۴	۱۵۸/۰۱	۲۲۶/۹۷	۰/۷۰	IDW
۱	۷۲/۷۶	۱۰۷/۴۱	۰/۹۴	COK
۲	۹۲/۳۲	۱۲۶/۲۱	۰/۹۲	K



شکل ۴- نقشه مکانی وقوع گرد و غبار با شاخص متوسط سالیانه تعداد روزهای دارای گرد و غبار استان لرستان

Figure 4. Spatial mapping of dust by average Number of days with dust per year index in Lorestan province



شکل ۵- نقشه مکانی وقوع گرد و غبار با شاخص وقوع گرد و غبار با دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر استان لرستان

Figure 5. Spatial mapping of dust by dust occurrence with horizontal view less than 1000 meters index in Lorestan province

جدول ۴- توزیع فراوانی کلاس‌های مدت وقوع گرد و غبار در استان لرستان

Table 4. Frequency distribution of dust duration classes in Lorestan province

وقوع گرد و غبار با دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر			متوسط سالیانه تعداد روزهای دارای گرد و غبار			طبقات کیفی	کلاس خطر
درصد مساحت	مساحت (ha)	طبقات (روز)	درصد مساحت	مساحت (ha)	طبقات (روز)		
۱۰/۲	۲۸۷۴۲۷/۸۸	۳۳-۳۷	۲۷/۳	۷۷۰۸۱۰/۱۱	۱۶-۱۹	کم	۱
۱۸/۴	۵۱۷۷۶۳/۷۸	۳۷-۴۱	۴۹/۶	۱۳۹۶۴۸۸/۹۸	۱۹-۲۲	متوسط	۲
۷۱/۴	۲۰۱۴۷۱۶/۶۵	۴۱-۴۵	۲۳/۱	۶۵۲۶۰۹/۲۲	۲۲-۲۵	زیاد	۳
۱۰۰	۲۸۱۹۹۰۸/۳۱		۱۰۰	۲۸۱۹۹۰۸/۳۱		مجموع	

اولیه اکثریت پدیده‌های طوفان گردوغباری استان لرستان، منشأ بیرونی دارند (۲۳)، هر چه از غرب منطقه به سمت شرق و از شمال به جنوب منطقه حرکت شود بر تعداد روزهای همراه با موج طوفان گردوغبار کاسته می‌شود، به دلیل آن‌که این مناطق از کانون گرد و غبار با منشأ بیرونی و کشورهای عربی

با توجه به نقشه‌های تهیه شده استنباط می‌شود، هرچه از غرب استان لرستان به سمت شرق آن حرکت شود از تعداد روزها و شدت خطر طوفان گردوغبار کاسته می‌شود. اساساً با فاصله گرفتن یک موج طوفان گردوغبار از منشأ و یا کانون اولیه خود، از شدت و تداوم آن کاسته می‌شود (۳۰). بنابراین چون منبع

در طبقات خطر زیاد طبقه بندی شدند. و از نظر شاخص وقوع گرد و غبار با دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر، حدود ۷۱ درصد از استان لرستان (بیشتر در قسمت های مرکزی و غربی استان شامل شهرهای خرم آباد، کوهدشت، نورآباد، درود و الشتر) در طبقات خطر زیاد طبقه بندی شدند. این نشان می دهد که در مدیریت خطر وقوع این پدیده به قسمت های مرکزی و غرب این استان توجه ویژه کرد و هم چنین می توان نتیجه گیری کرد که وقوع این پدیده به ویژه با شدت وقوع کمتر از ۱۰۰۰ متر در استان لرستان بیشتر منشأ بیرونی دارد. از نتایج نتیجه گیری می شود که به خطر گرد و غبار باید به دید ملی نگریسته شود و منشأ آن شناسایی، ردیابی و تثبیت شود. پیشنهاد می شود در مطالعات آتی به اثرات گرد و غبار بر سلامتی انسان ها، آسیب به مراتع و کشاورزی، و خشکیدگی بلوط در این استان پرداخته شود.

قدردانی

این مقاله در قالب طرح پژوهشی، با همکاری و هزینه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان انجام شده است. مولفان بر خود لازم می دانند تا از همکاری های این مراکز در کلیه مراحل اجرای طرح صمیمانه سپاسگزاری نمایند.

Reference

- Goudie, A. S. 2009. Dust storms: Resent Developments. Journal of Environmental Management, Vol. 90, Issue. 1, pp 89–94.
- Indoitu, R., Orlovsky, L., Orlovsky, N. 2012. Dust storms in Central Asia: Spatial and temporal variations. Journal of Arid Environments, Vol. 85, pp. 62–70.
- Díaz, J., Cristina, L., Carmona, R., Russo, A., Ortiz, C., Salvador, P., Machado, R. T. 2017. Saharan dust intrusions in Spain: Health impacts and associated synoptic conditions.

هستند که با نتایج مهرابی و همکاران (۲۲) در استان خوزستان مطابقت دارد. با توجه به نتایج به دست آمده، بیشترین طوفان گردوغبار در ۳ ماه (مه، ژوئن و ژوئیه) و کمترین فراوانی در ماه دسامبر می باشد که با نتایج امیدوار (۲۵) در دشت یزد-اردکان مبنی بر فراوانی بیشتر طوفان گردوغبار در ماه مه و ذوالفقاری و همکاران (۲۴) در نواحی غربی ایران مبنی بر بیشترین فراوانی طوفان گردوغبار در ماه های گرم و خشک (ژوئن و ژوئیه) و عطایی و همکاران (۴) در استان خوزستان مبنی بر بیشترین میزان طوفان گردوغبار در ماه ژوئیه و کمترین میزان این پدیده مربوط به ماه دسامبر و ژانویه است که با نتایج آرامی و همکاران (۳۰) در نواحی غربی ایران و Indoitu و همکاران (۲) در مرکز آسیا که زمان آغاز این طوفان ها را ماه های آوریل و مه و بیشینه میزان وقوع را ماه های ژوئن و ژوئیه دانسته اند، مطابقت دارد. با توجه به نتایج این تحقیق و نتایج تحقیقات ندیری و همکاران (۲۶) در در دشت بیلوردی، آذربایجان شرقی، آرامی و همکاران (۳۰) در نواحی غربی ایران، Aguilar و همکاران (۲۸) در جنوب اسپانیا و Xie و همکاران (۲۹) در استان بجینگ چین می توان نتیجه گیری کرد که انتخاب بهترین روش درون یابی وابسته به ویژگی های محل پروژه و مقادیر مشاهداتی است. روش های درون یابی با توجه به ویژگی های مکان پژوهش، پراکنش و تعداد نقاط نمونه، نوع متعیر و .. از محلی به محل دیگر و حتی در یک مکان ولی با متغیر دیگری می تواند متفاوت باشد.

جمع بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق، روش کوکریجینگ به عنوان بهترین روش درون یابی داده های گرد و غبار انتخاب گردید به دلیل کمترین RMSE و MAE و بیشترین R^2 را داشته است. در مرحله بعد با استفاده از این روش به تحلیل مکانی و زمانی وقوع گرد و غبار در سطح استان لرستان اقدام شد. پس از تحلیل مکانی به وسیله معیار متوسط سالیانه تعداد روزهای دارای گرد و غبار، حدود ۲۳ درصد از استان لرستان (بیشتر در قسمت های مرکزی و غربی استان شامل شهرهای خرم آباد، درود و الشتر)

10. Ekhtesasi, M.R., Ahmadi, H., Khalili, A., Saremi Naeini, M.A., Rajabi, M.R. 2006. An application of wind rose, storm rose and sand rose in the analysis of wind erosion and determining the direction of moving sands. (Case study area: Yazd-Ardekan Basin). *Journal of the Iranian Natural Resources*, Vol. 59, No. 3, pp. 533-541. (In Persian)
11. Shamshiri, S., Jafari, R., Soltani, S., Ramezani, N. 2014. Dust Detection and Mapping in Kermanshah Province Using MODIS Satellite Imagery. *Iranian Journal of Applied Ecology*, Vol. 3, No. 8, pp. 29-42. (In Persian)
12. Ghaffari, D., Mostafazadeh, R. 2016. An investigation on sources, consequences and solutions of dust storm phenomenon in Iran. *Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources*, Vol. 4, pp. 107-125. (In Persian)
13. Alimahmoodi Sarab, S., Shataee Jouybari, S., Rashki, A., Moayeri, M.H. 2018. The Estimate of Dust Concentration Using of Weather Variable (A Case study: Ahvaz City). *Journal of Natural Environment*, Vol.71, Issue. 3, pp. 385 – 397. (In Persian)
14. Xuan, J., Sokolik, I., Hao, J., Guo, F., Mao, H., Yang G. 2004. Identification and characterization of sources of atmospheric mineral dust in East Asia. *Atmospheric Environment*, Vol. 38, Issue. 36, pp. 6239-6252.
15. Wang, X., Dong, Z., Zhang, C., Qian, G., Luo W. 2009. Characterization of the composition of dust fallout and identification of dust sources in arid and semiarid North China. *Geomorphology*, Vol. 112, pp. 144–157.
- Environmental Research, Vol. 156, pp 455-467.
4. Ataie, H., Ahmadi, F. 2010. Dust as one of the environmental problems of the Islamic world (Case study: Khuzestan province). Fourth International Congress of Geographers of the Islamic World, pp 4-19. (In Persian)
5. Liu, M., Westphal, D., Wang, S., Shimizu, A., Sugimoto, N., Zhou, J., Chen, Y. 2003. A high-resolution numerical study of the Asian dust storms of April 2001. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108. 10.1029/2002JD003178.
6. Mohammadi, F., Kamali, S., Eskandary, M. 2014. Tracing dust sources in different atmosphere levels of tehran using hybrid single-particle lagrangian integrated trajectory (Hysplit) model. *Scientific Journal of Pure and Applied Sciences*, Vol. 3, Issue. 7, pp 559-571.
7. Sivakumar, M. 2005. An impact of sand storms/dust storms on Agriculture. *Natural Disasters and Extreme Events in Agriculture*, Vol. 7, pp 159-177.
8. Conrad, A., Mcpherson, B., Lopez-Nicora, H., D'Amico, K., Wood, D., Bonello, P. 2019. Disease incidence and spatial distribution of host resistance in a coast live oak/sudden oak death pathosystem. *Forest Ecology and Management*, Vol.e 433, pp 618-624.
9. Hemmati, N.A. 2005. Investigating the frequency of soil storms in the central and southwestern regions of the Iran. M.Sc. Thesis in Synoptic Orientation, Faculty of Geophysics, University of Tehran. (In Persian)

- Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Science, Vol. 65, Issue. 71, pp. 68-80. (In Persian)
23. Ghadirian, O., Hemami, M., Soffianian, A., Purmanafi, S., Malekian, M. 2018. The zoning of Lorestan Province's forests decline risk using logistic regression model. *Journal of Animal Environment*, Vol. 10, Issue. 3, pp. 495-502. (In Persian)
 24. Zolfaghari, H., Masoumpuor Samakosh, J., Shaygan Mehr, Sh., Ahmadi, M. 2011. A Synoptic investigation of dust storms in western regions of Iran during 2005-2010 (a case study of widespread wave in July 2009). *Geography and Environmental Planning*, Vol. 22, Issue. 3(43), pp. 17-34. (In Persian)
 25. Omidvar, K. 2012. Synoptic survey and analysis of sand storm in Yazd-Ardakan plain, *Word Applied Sciences Journal*, Vol. 19, Issue. 2, pp. 198-204.
 26. Nadiri, A.A., Gharekhani, M., Khatibi, R., Asghari Moghaddam, A. 2017. Assessment of groundwater vulnerability using supervised committee to combine fuzzy logic models. *Environ Science Pollution Resources*, Vol. 24, Issue. 9, pp. 8562-8577.
 27. Isaaks, E.H., Srivastava, R.M. 1989. *An Introduction to Applied Geostatistic*. Oxford University Press New York, P.561.
 28. Aguilar, F., Agüera, F., Carvajal, F. 2005. Effects of Terrain Morphology, Sampling Density, and Interpolation Methods on Grid DEM Accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 71, pp 805-816.
 16. Baddock, M., Bullard, J., Bryant R. 2009. Dust source identification using MODIS: A comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin, Australia. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 113, pp. 1511-1523.
 17. Maghrabi, A., Alharbi, B., Tapper, N. 2011. Impact of the March 2009 dust event in Saudi Arabia on aerosol optical properties, meteorological parameters, sky temperature and emissivity. *Atmospheric Environment*, Vol. 45, pp. 2164-2173.
 18. Chen, S., Yuan, T., Zhang, X., Zhang, G., Feng, T., Zhao, D., Zang, Z., Shujie, L., Ma, X., Jiang, N., Zhang, J., Yang, F., Lu H. 2018. Dust modeling over East Asia during the summer of 2010 using the WRF-Chem model. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, Vol. 213, pp. 1-12.
 19. Jouhari, F., Ownegh, M., Hoseinalizadeh, M. 2015. Adaptation of satellite images with meteorological statistics in the study of three dust waves (Case study: Khuzestan and Ilam provinces). *First International Dust Conference*, 6p.
 20. Akbary, M., Farahbakhshy M. 2015. Analyzing and Tracing of Dust Hazard in Recent Years in Kermanshah Province. *International Journal of Environmental Research*, Vol. 9, Issue. 2, pp. 673-682.
 21. Madhavan, S., Qu, J. Hao, X. 2017. Saharan dust detection using multi-sensor satellite measurements. *Heliyon*, Vol. 3, Issue. 2, pp. 1-13.
 22. Mehrabi, Sh., Soltani, S., Jafari, R. 2015. Relationship between climatic parameters and the occurrence of dust: A Case Study of Khuzestan province.

- M., Zarasvandi, A. 2018. The analysis of dust hazard studies in southwest region of Iran in 22 years (1996-2017). *Journal of Spatial Analysis Environmental hazarts*, Vol. 5, Issue. 1, pp. 39-66. (In Persian)
29. Xie, Y., Chena, T., Mei, J., Leia, Q., Yanga, B., Guoa, S., Zhou, X. 2011. Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: Accuracy and uncertainty analysis, *Chemosphere*, Vol. 82, Issue. 3, pp. 468-476.
30. Arami, S.A., Ownegh, M., Mohammadian Behbahani, A., Akbari,