Preparing a map of the sensitivity of the lands of Ilam province to dust production using data mining models

Sima Pourhashemi [a,*]
[a] *Assistant Professor, Reearch Center for Geosciences and Social Studies, Hakim Sabzevari University, Sabzevar*

Research Full Paper
Article History (Received: 2024/05/11 Accepted: 2024/07/19)

Extended abstract

1- Introduction

The phenomenon of dust is one of the most important environmental crises in arid and semi-arid regions of the world, which has harmful effects on human health and the environment. Dust or fine dust refers to very small and light particles of silt, clay or sand, which are moved and transported for a long distance in the earth's atmosphere as a result of wind erosion and desertification by the wind, and the horizontal visibility is between It is limited to 1 to 2 km or less. Due to being located in the dry and semi-arid belt of the world, Iran is exposed to numerous local and extra-regional dust systems. The dust storm in our country during the last few years has involved the provinces of the country as a serious crisis and has brought dangerous consequences for the residents of these areas in terms of environment, health and economy. Identifying the dust source area using remote sensing techniques is one of the most important methods in the world. The purpose of this research is to identify the centers of dust harvesting and its risk zoning using RF and MARS models. It is in Ilam province. 38 dust harvesting centers were identified in the study area. 70% of the identified foci were used for modeling and 30% for evaluation. Then 7 factors including soil, lithology, slope, vegetation cover index (NDVI), distance from the river, climatic units and land use were prepared as independent and effective variables on the center of dust collection. Then, using RF and MARS models, dust risk zoning maps were prepared.

3- Results

The results of the identification of dust source area indicate that a total of 38 dust source area were identified in the entire region. The rule for detecting dust source in this research was based on the Gaussian plume diffusion model. In this way, when a dust emission cone is observed in a satellite image, the top of the cone represents the dust point. The results of the random forest model indicate that land use and soil science factors had the greatest role in the occurrence of dust. Using this model, the areas of sensitivity to dust extraction centers showed that about 18.1% of the studied area is in the category of very high sensitivity, and 63.2% of all dust source area are also in this range. Has taken. According to the results of MARS model, respectively, land use factors and climatic classes had the greatest effect on the creation of dust collection centers, and soil science had the least role. Examining the floor area of the dust sensitivity map using the MARS model showed that the area with high sensitivity has the lowest area (6.7) and the area of high, medium and low floors is 19, 42.8 and 31.5 respectively. It has been estimated. About 44.7% of collection centers are located in the area with very high sensitivity and there are 2.6% dust collection centers in the area with low sensitivity. The results of the random forest model showed that 16.6% of the area of Ilam province is in the area with low sensitivity, 42.3% in the area with medium sensitivity, 23% in the area with high sensitivity and 18.1% in the area with high sensitivity. It is located a lot. The results indicate that the highest concentration of dust collection (63.2%) is located in the area with high sensitivity. The results show that about 81.6% of the dust harvesting centers are located in the area with high and very high sensitivity. In both models, the highest percentage of dust collection centers is in the very high sensitivity class, which includes a small area of the region, especially in the MARS model.

* **Corresponding Author: s.pourhashemi@hsu.ac.ir**

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

4- Discussion & Conclusions

The results of both models indicate that land use had the greatest impact on the creation of dust source area. Evaluation of the models using the ROC curve showed that in relation to the success rate, the RF and MARS models have accuracy of 0.91 and 0.86, respectively. Both models show a high correlation between sensitivity maps and distribution of dust centers. The results showed that the RF model has a higher accuracy in determining the areas sensitive to dust collection centers in the study area.

Key Words: Dust source area, random forest model (RF), multivariate spline adaptive regression model (MARS), Ilam province.

Cite this article: Pourhashemi , S. (2024). Preparing a map of the sensitivity of the lands of Ilam province to dust production using data mining models. *Journal of* Environmental *Erosion Research. 2024; 14 (3) :83-101*. http//doi.org/

© The Author(s).

Published by Hormozgan University Press.

DOI: http//doi.org/

URL: http://magazine.hormozgan.ac.ir

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

تهیه نقشه حساسیت اراضی استان ایلام به تولید گرد و غبار با استفاده از مدل‌های داده‌کاوی

سیما پورهاشمی: *استادیار مرکز پژوهشی علوم جغرافیا و مطالعات اجتماعی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار*

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخچهٔ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۲۹)
DOI: http//doi.org/

چکیده

پدیده گرد و غبار یکی از مهمترین معضلات زیست محیطی در نواحی خشک و نیمه خشک جهان است که آثار زیان‌باری بر سلامت انسان و محیط زیست دارد. هدف از پژوهش حاضر شناسایی کانونهای برداشت گرد و غبار و پهنه بندی خطر آن با استفاده از مدلهای جنگل تصادفی (RF)و رگرسیون تطبیقی چندمتغیره اسپیلاین (MARS) در استان ایلام می باشد. بدین منظور ۳۸ کانون برداشت گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه با استفاده از شاخص های سنجش از دوری شناسایی شد. از مجموع کانون‌های شناسایی شده، ۷۰ درصد (۲۷ کانون برداشت گرد غبار) جهت مدل‌سازی و ۳۰ درصد (۱۱ کانون برداشت گرد و غبار) جهت ارزیابی استفاده شد. سپس ۷ عامل شامل خاک، لیتولوژی، شیب، شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) ، فاصله از رودخانه، واحدهای اقلیمی و کاربری اراضی به عنوان متغیر مستقل و مؤثر بر کانون برداشت گرد و غبار تهیه شد. سپس با استفاده از مدل‌های RF و MARS نقشه‌های پهنه بندی خطر گرد و غبار تهیه گردید. نتایج هر دو مدل حاکی از آن است که کاربری اراضی بیشترین تأثیر را در ایجاد کانون‌های برداشت گرد و غبار داشته‌اند. همچنین نتایج نشان داد که کاربری مراتع فقیر بیشترین کانون برداشت گرد و غبار را دارا می باشد. نتایج بیان کننده آن است ۱۶/۶ درصد از مساحت استان ایلام در منطقه با حساسیت کم، ۴۲/۳ درصد در منطقه با حساسیت متوسط، ۲۳ درصد در منطقه با حساسیت زیاد و ۱۸/۱ درصد در منطقه با حساسیت خیلی زیاد قرار دارد. ارزیابی مدل‌ها با استفاده از منحنی ROC نشان داد که در رابطه با میزان نرخ موفقیت، مدل‌های RF و MARS به ترتیب دارای دقت ۰/۹۱ و ۰/۸۶ می‌باشند. هر ۲ مدل همبستگی بالایی بین نقشه‌های حساسیت و پراکنش کانون‌های گرد و غبار را نشان می‌دهند. اما بطور کلی مدل RF دقت بالاتری نسبت به مدل MARS دارد.

واژگان کلیدی: کانون‌های برداشت گرد و غبار، مدل جنگل تصادفی (**RF**)، مدل رگرسیون تطبیقی چند متغیره اسپیلاین (**MARS**)، استان ایلام.

* **نویسندهٔ مسئول:** **s.pourhashemi@hsu.ac.ir**

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

۱ـ مقدمه

توفان‌های گردوغبار پدیـــد های هستند کـــه بـــه مرزهـــای سیاســـی و طبیعی محدود نمی‌شود و منطقـــهٔ وســـیعی را تحـــت تـــأثیر قـــرار می‌دهد. این مسئله باعث بروز بیمـــاری هـــای تنفســـی، تخریـــب زمین‌های کشاورزی و ایجاد آسیب جدی در زیرســـاختهـــای منـــاطق تحـــت تـــأثیر ایـــن طوفـــان‌هـــا می‌شود کـــه عـــلاوه بـــر خســـارت هـــا ی مـــالی باعـــث بـــروز خســـارات جـــانی نیز مـــی‌گردد(Middleton, 2019). گرد و غبار یا ریزگرد، به ذرات بسیار ریز و سبک سیلتی، رسی یا ماسه‌ای گفته می‌شود که در اثر فرسایش بادی و بیابان‌زایی توسط باد تا مسافت بسیار طولانی در اتمسفر زمین جابجا و منتقل شده و دید افقی را بین ۱ تا ۲ کیلومتر یا کمتر محدود می‌نماید (Mei, 2008). در سال‌های اخیر آلودگی ناشـی از توفان‌های گرد و غبار به یکی از مشـکلات زیسـت محیطی به خصـوص در کشـورهای در حال توسـعه تبدیل شـده اسـت (Broumand and Bakhtiarpour, 2016). خاورمیانه با شـرایط خاص اقلیمی و منطقه ای، در معرض تهدیدات بزرگی قرار دارد. از طرفی در مناطق خاورمیانه، مناطق خشک و نیمه خشک بیش‌ترین وسعت را دارا می‌باشند که خشک‌سالی، بیابان‌زایی و فقدان منابع آب دائمی از ویژگی‌های اکثر کشورهای منطقه است (Khosravi et al, 2010). خاورمیانه دارای چالش‌های شدید زیست محیطی است که بیشتر آسیب‌پذیری، به علت اقلیم و تغییرات محیطی ناشی از فعالیت‌های انسان است (Karimi et al, 2011). مشاهدات نشان داده است که نه تنها تعداد توفان گرد و غبار، بلکه مقدار گرد و غبار نیز در این منطقه افزایش پیدا کرده اســـت. دلیل اصـــلی افزایش گرد و غبار در منطقه، تخریب شدید منابع طبیعی، به علت بهره‌برداری فراوان و وجود تداوم خشکسالی در دهه‌ی اخیر می‌باشد. عدم مدیریت زمین و منابع آب همراه با درگیری سیاسی موجب تشدید مشکل شده است. این مسائل سبب بیابانی شدن شدید در سرتاسر منطقه شده است (Pourhashemi et al, 2023). ایران به علت قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان، در معرض سیستمهای متعدد گرد و غبار محلی و فرامنطقه‌ای می‌باشد (Boroughani et al, 2020). توفان گرد و غبار در کشـور ما نیزطی چند سـال اخیر به صـورت بحران جدی، اسـتان‌های کشـور را درگیر نموده اسـت و پیامدهای خطرناکی را در زمینه‌های زیسـت محیطی، بهداشـتی و اقتصـادی برای سـاکنین این مناطق به بار آورده اسـت. شـناسـایی کانون‌های برداشـت گرد و غبار با اسـتفاده از تکنیک‌های سـنجش از دوری یکی از روش‌های مهم در جهان می‌باشـد (Jiao et al, 2021). مطالعات زیادی بر روی تعیین کانون‌های برداشت گرد و غبار با استفاده از داده‌های سنجش از دور متمرکز گردیده است. در بیش‌تر این مطالعات، از تصاویر MODIS و شاخص‌های بارزسازی گرد و غبار (BTD2931 ، BTD3132، NDDI و پارامترهای D) برای شناسایی کانون‌های برداشت گرد و غبار در مناطق مختلف جهان استفاده شده است (Gholami et al, 2020 & Feuerstein and Schepanski, 2018 & Rahmati et al, 2020 & Boroughani et al, 2019, 2020 & Soni et al, 2018 & Miller, 2003 & Lee et al, 2012 &). داده کاوی به عنوان یک روش مهم برای نقشـه برداری از خطرات زیسـت محیطی و طبیعی، راهی برای کشـف اطلاعات جدید و بالقوه مفید، از مقدار زیادی داده اسـت. داده کاوی نسـبت به روشـهای دیگر نتایج بهتر و دقت بالاتری دارد (Gholami et al, 2021). در مطالعات زیادی، از رویکرد داده‌کاوی با استفاده از الگوریتم‌ها و مدل‌های مختلف، برای شناسایی و تولید نقشه حساسیت کانون‌های برداشـت گرد و غبار، زمین لغزش، آب زیرزمینی، آتش‌سـوزی، سـیل و فرسـایش گالی اسـتفاده شـده اسـت (2023 & Lee et al, 2021 2020, 2021, Hong et al, 2016 & Gholami et al, 2019 & Boroughani et al,). هدف

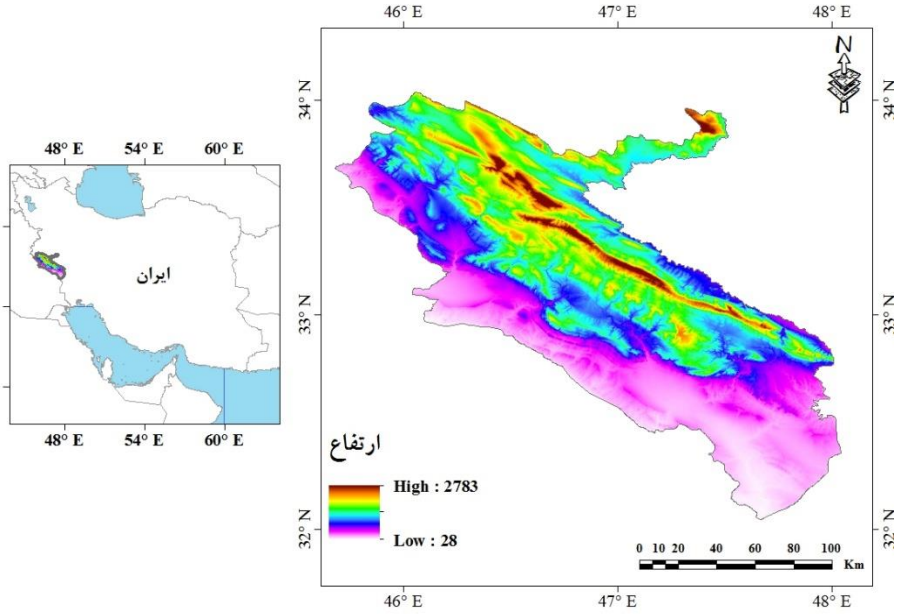
* نویسندهٔ مسئول: s.pourhashemi@hsu.ac.ir

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

از پژوهش حاضر شناسایی کانون‌های برداشت گرد و غبار و پهنه‌بندی خطر آن با استفاده از روش‌های داده کاوی در استان ایلام می باشد. با توجه به اهمیت استان ایلام و موقعیت اجتماعی و سیاسی استان و همچنین افزایش فراوانی گرد و غبار در این منطقه مورد مطالعه‌به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. مطالعات زیادی در زمینه گرد و غبار در استان ایلام انجام شده است اما نوآوری این پژوهش استفاده از سنجش از دور در شناسایی کانونهای برداشت گرد و غبار و مدلسازی حساسیت گرد و غبار در استان ایلام می باشد.

۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه

استان ایلام با مساحت ۲۰٬۱۳۳ کیلومتر مربع بین ´۳۱ °۵۸ تا ´۳۴ °۱۵ عرض شمالی و ´۴۵ °۴۴ تا ´۴۸ °۱۰ طول شرقی قرار گرفته است(شکل ۱). بر طبق دوره آماری ۴۰ ساله (۱۳۹۱-۱۳۵۰) میزان بارش متوسط سالیانه استان برابر ۴۱۱ میلیمتر با رژیم زمستانه که بیشترین بارش در ماه بهمن اتفاق میافتد. از نظر زمین‌شناسی، استان ایلام در زون زاگرس چین‌خورده واقع شده است که بیشتر سازندهای گروه بنگستان، گچساران و آغاجاری و نهشته‌های کواترنری را شامل می‌شود. عمده کاربری اراضی استان نیز شامل جنگل و مرتع می‌باشد (Yasrebi et al, 2019) .استان ایلام از غرب با کشور عراق از جنوب با استان خوزستان، از شرق با استان لرستان و از شمال با استان کرمانشاه همسایه است و دارای ۴۲۵ کیلومتر مرز مشترک با کشور عراق است. استان ایلام به همراه استان خوزستان دارای طولانی‌ترین مرز بین‌المللی با کشور عراق است.



شکل ۱: نقشه طبقات ارتفاعی (DEM) برای منطقه مورد مطالعه

۳ـ مواد و روش

۱-۳- شناسایی کانونهای برداشت گرد و غبار

در این تحقیق از تصاویر سنجنده MODIS از ماهواره های ترا (صبح) و آکوا (بعد از ظهر)، برای شناسایی کانون‌های برداشت گرد و غبار استفاده شد. این تصاویر دارای ۳۶ باند با طول موج‌های ۰/۴۱ تا ۴۱۴ میکرومتر بوده که تفکیک مکانی آن‌ها متفاوت و ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر می‌باشد (Boroughani et al, 2019). در ابتدا روزهای وقوع گرد و غبار در سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۳ با استفاده از داده‌های هواشناسی مانند قابلیت دید (کمتر از ۲۰۰۰ متر)، سرعت (بالاتر از ۶

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

متر بر ثانیه) و جهت باد و وضعیت ابرناکی تعیین گردید. سپس روزهایی که وقوع گرد و غبار همزمان با تصویربرداری بوده تعیین شد و در نهایت ۱۸ تصویر ماهواره‌ای MODIS از ماهواره ترا و آکوا مربوط به روزهای گرد و غباری انتخابی از سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۳ استفاده گردید. این تصاویر برای تهیه شاخص‌های تعیین مناطق برداشت گرد و غبار تصحیح هندسی و تصحیحات اولیه بر روی آن انجام شد. خصوصیات زمانی این تصاویر در جدول (۱) ارائه شده است. شاخص‌های مورد استفاده برای بارزسازی و تشخیص مناطق برداشت گرد و غبار شامل، BTD2931، D، NDDI و BTD3132 می‌باشند که برای تمام تصاویر ماهوراه‌ای این شاخص‌ها محاسبه شد. سپس از چهار روش ترکیب رنگی کاذب که شامل ۱- R: NDDI, G: B4, B: B3، ۲- R: D, G: BTD2931, B: NDDI، ۳- R: D, G: BTD3132, B: NDDI و ۴- R: BTD2931, G: B4, B: B3 می‌باشند، جهت تعیین بهترین روش، برای شناسایی کانون‌های برداشت گرد و غبار استفاده شد (Boroughani et al, 2020, 2023 & Pourhashemi et al, 2023 & Qu et al, 2006 & Ackerman, 1997).

جدول ۱: مشخصات زمانی تصاویر سنجنده MODIS

ردیف	ماهواره	تاریخ	ردیف	ماهواره	تاریخ
۱	Terra	۲۳ may ۲۰۱۲	۱۳	Terra	۱۲ August ۲۰۲۱
۲	Terra	۲۰ April ۲۰۱۲	۱۴	Terra	۰۲ May ۲۰۲۲
۳	Terra	۰۳ June ۲۰۱۳	۱۵	Terra	۰۴ May ۲۰۲۲
۴	Terra	۱۰ June ۲۰۱۳	۱۶	Terra	۰۶ May ۲۰۲۲
۵	terra	۲۲ April ۲۰۱۵	۱۷	Terra	۱۹ June ۲۰۲۳
۶	Terra	۲۵ June ۲۰۱۵	۱۸	Terra	۱۸ August ۲۰۲۳
۷	Terra	۲۰ July ۲۰۱۵			
۸	Terra	۳۰ August ۲۰۱۶			
۹	Terra	۰۲ June ۲۰۱۶			
۱۰	Terra	۱۶ July ۲۰۱۷			
۱۱	Terra	۱۰ May ۲۰۱۹			
۱۲	Terra	۱۰ May ۲۰۲۰			

شناخت و جمع آوری اطلاعات مربوط به عوامل تأثیرگزار بر کانون‌های برداشت گرد و غبار، اولین مرحله مطالعه پهنه‌بندی است و انتخاب عوامل مهم، نقش زیادی در صحت این نقشه‌ها دارند. در این مطالعه، پس از بررسی‌های انجام شده در منطقه مورد مطالعه، ۷ عامل خاک‌شناسی، لیتولوژی، شیب، شاخص پوشش گیاهی، فاصله از رودخانه، طبقات اقلیمی و کاربری اراضی عنوان عوامل مؤثر در ایجاد کانون‌های برداشت گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه تشخیص داده شد. برای تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه از شاخص تفاضلی پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) استفاده گردید. بدین منظور از تصویر MODIS (برای سال ۲۰۱۸) استفاده شد. نقشه کاربری اراضی از اداره منابع طبیعی استان تهیه و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست اصلاح شد. نقشه زمین شناسی استان با استفاده از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه و نقشه خاک شناسی استان با استفاده از نقشه خاک شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه تهیه گردید. لایه فاصله از رودخانه با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه ایجاد شد. نقشه شیب از DEM منطقه مورد مطالعه با قدرت تفکیک ۳۰ متر استخراج

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

گردید. نقشه طبقات اقلیمی این منطقه توسط سازمان هواشناسی ایران (www.irimo.ir) تهیه شد. نقشه‌های عوامل مذکور تهیه و با نقشه پراکنش کانون‌های گرد و غبار تلفیق می‌گردد. از تلفیق نقشه پراکنش گرد و غبار با نقشه عوامل مؤثر، تعداد پیکسل‌های وقوع گرد و غبار در هر طبقه از لایه‌های مطالعاتی به دست می‌آید که برای نقشه برداری حساسیت به گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش مدل رگرسیون تطبیقی چندمتغیره اسپیلاین۱(MARS) و مدل جنگل تصادفی۲ (RF) در محیط نرم افزار آماری R مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. در نهایت، نقشه پهنه بندی شده با نقشه پراکندگی کانون‌های گرد و غبارهای موجود مقایسه و مورد اعتبارسنجی قرارمی‌گیرند.

۲-۳- الگوریتم‌های یادگیری ماشین

اولین گام در روش مدل سازی آماده سازی مجموعه داده های آموزشی و اعتبارسنجی است. برای انجام مدل سازی، در ابتدا با استفاده از روش نمونه برداری تصادفی طبقه بندی شده۳ (De Vries,1986) نقاط برداشت به دو گروه ۷۰ درصد برای مدل‌سازی و ۳۰ درصد برای ارزیابی(اعتبارسنجی) مدل تقسیم شد. برای پهنه‌بندی خطر گرد و غبار در استان ایلام، مدلسازی لازم با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین انجام شد. در این مطالعه، الگوریتم‌های زیر مورد استفاده قرار گرفت:

۳-۳- مدل رگرسیون تطبیقی چندمتغیره اسپیلاین(MARS)

این مدل، یکی از بهترین مدل‌های مبتنی بر رگرسیون می‌باشد که می‌تواند پیش‌بینی را بر اساس روابط خطی و غیرخطی بین متغیرهای وابسته و مستقل انجام دهد. این مدل دارای انعطاف مناسبی برای پیش‌بینی و پهنه‌بندی مخاطرات و رویدادها بر اساس متغیر وابسته به متغیرهای مستقل ورودی است (Adnan et al, 2019). یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های این مدل آن است که روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته را با استفاده از مجموعه‌ای از ضرایب تعریف می‌کند به طوری که اثر هر یک از آن‌ها را به‌طور جداگانه محاسبه می‌کند. بر این اساس، این مدل رگرسیونی به عنوان روشی مطرح می‌باشد که توابع اصلی را با فواصل مختلف از متغیرهای مستقل تعریف می‌کند (Lazarus and Constantine, 2013).

۴-۳- مدل جنگل تصادفی (RF)

این الگوریتم را نخستین بار لئوبرایمن۴ و آدل کاتلر۵ ایجاد کرده و توسعه دادند (Sadeh and Farshad, 2014). الگوریتم جنگل تصادفی، روش یادگیری مبتنی بر دسته‌ای از درخت‌های تصمیم است. در روش جنگل تصادفی به جای رشد یک درخت، صدها یا هزاران درخت طبقه‌بندی تولید می‌شود (Akbari et al, 2018). در حال حاضر این الگوریتم از بهترین الگوریتم‌های یادگیری است و برای بسیاری از مجموعه داده‌ها، طبقه‌بندی با صحت بالایی را انجام می‌دهد. مهمترین ویژگی جنگل های تصادفی عملکرد بالای آنها در اندازه گیری اهمیت متغیرها برای مشخص کردن اینکه هر متغیر چه نقشی در پیش‌بینی پاسخ دارد (Catani et al, 2013). روش جنگل تصادفی دارای پارامترهای mtry و ntree است که به ترتیب تعداد متغیرهای مورد استفاده در ساخت هر درخت که قدرت هر درخت مستقل را بیان می‌کند و تعداد

[1] Multivariate Adaptive Regression Spline
[2] Random Forest
Stratified random sampling۳
4 Leo Breiman
5 Adele Cutler

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

درخت می‌باشد که قابل تغییر بوده و توسط کاربر تعیین می‌شود. کلاسه بندی جنگل تصادفی ابتدا بر روی داده آموزشی و سپس روی داده‌های اعتبارسنجی اجرا می‌گرددر این مدل از دو عامل میانگین کاهشی دقت۱ و میانگین کاهشی جینی۲ برای تعیین اولویت تأثیر هریک ازعوامل مؤثر استفاده می‌شود. میانگین کاهشی دقت در مقایسه با شاخص اهمیت جینی در تعیین اولویت عاملهای موثر، بهتر و پایدارتر است، بهویژه در شرایطی که بین عاملهای محیطی ارتباط هست(Nicodemus, 2011).

۵-۳- ارزیابی مدل‌های تهیه نقشه آسیب‌پذیری

به‌منظور ارزیابی مدل‌ها از منحنی تشخیص عملکرد نسبی (ROC) استفاده شد. این منحنی یک نمایش گرافیکی از موازنه بین نرخ خطای منفی و مثبت برای هر مقدار احتمالی از برش‌ها است. سطح زیر منحنی (AUC)، بیانگر مقدار پیش‌بینی سیستم از طریق توصیف توانایی آن در تخمین درست وقایع رخ داده و عدم وقوع رخداد آن است. ایده‌آل‌ترین مدل، بیش‌ترین سطح زیر منحنی را دارد و از ۰/۵ تا ۱ متغیر می‌باشد. در این طبقه بندی کمتر از ۰/۷ ضعیف، ۰/۷ تا ۰/۸ متوسط، ۰/۸ تا ۰/۹ خوب و ۰/۹ تا ۱ عالی می باشد (Mirchooli et al, 2023)

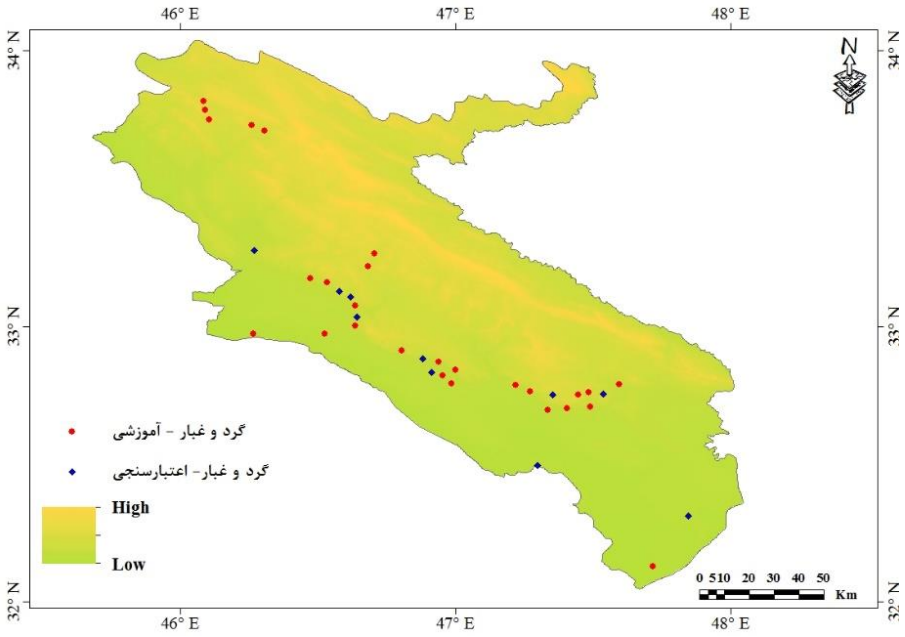
۴- یافته‌ها

۴-۱- تهیه نقشه های مکانی عوامل کنترل کننده گرد و غبار

شناسایی کانون‌های برداشت گرد وغبار با استفاده از چهار پارامتر BTD3132، BTD2931، NDDIو D بر روی تصاویر، انجام گرفت. با استفاده از چهار پارامتر و روش ترکیب رنگی کاذب و اعمال آن بر روی تصویر MODIS، توده گرد و غباری بر روی تصاویر آشکارسازی شد و سپس با تفسیر چشمی آنها، نقطه شروع گرد و غبار مشخص شد. در مجموع۳۸ کانون برداشت گرد و غبار در کل منطقه شناسایی شد. قاعده تشخیص کانون‌های گرد و غبار در این تحقیق، بر اساس مدل انتشار گوسی پلوم بوده است. به این صورت که وقتی یک مخروط انتشار گرد و غبار در تصویر ماهوارهای مشاهده می‌شود، رأس مخروط نشان‌دهنده‌ی نقطه گرد و غبار می‌باشد. این تحقیق با نتایج تحقیقات Lee و همکاران (2009)، Miller و همکاران (2014)، Walker و همکاران (2009)، Boroughani و همکاران (2020)، Pourhashemi و همکاران (2023) که به شناسایی کانون های گرد و غبار در بخش‌های مختلف پرداختند، هم‌خوانی دارد. کانون های برداشت شناسایی شده به دو گروه ۷۰ درصد (۲۷ نقطه برداشت) برای مدل‌سازی(آموزشی) و ۳۰ درصد (۱۱ نقطه برداشت) برای ارزیابی(اعتبارسنجی) مدل تقسیم شد. شکل (۲) پراکنش نقاط برداشت گرد و غبار را در استان ایلام را نشان می‌دهد.

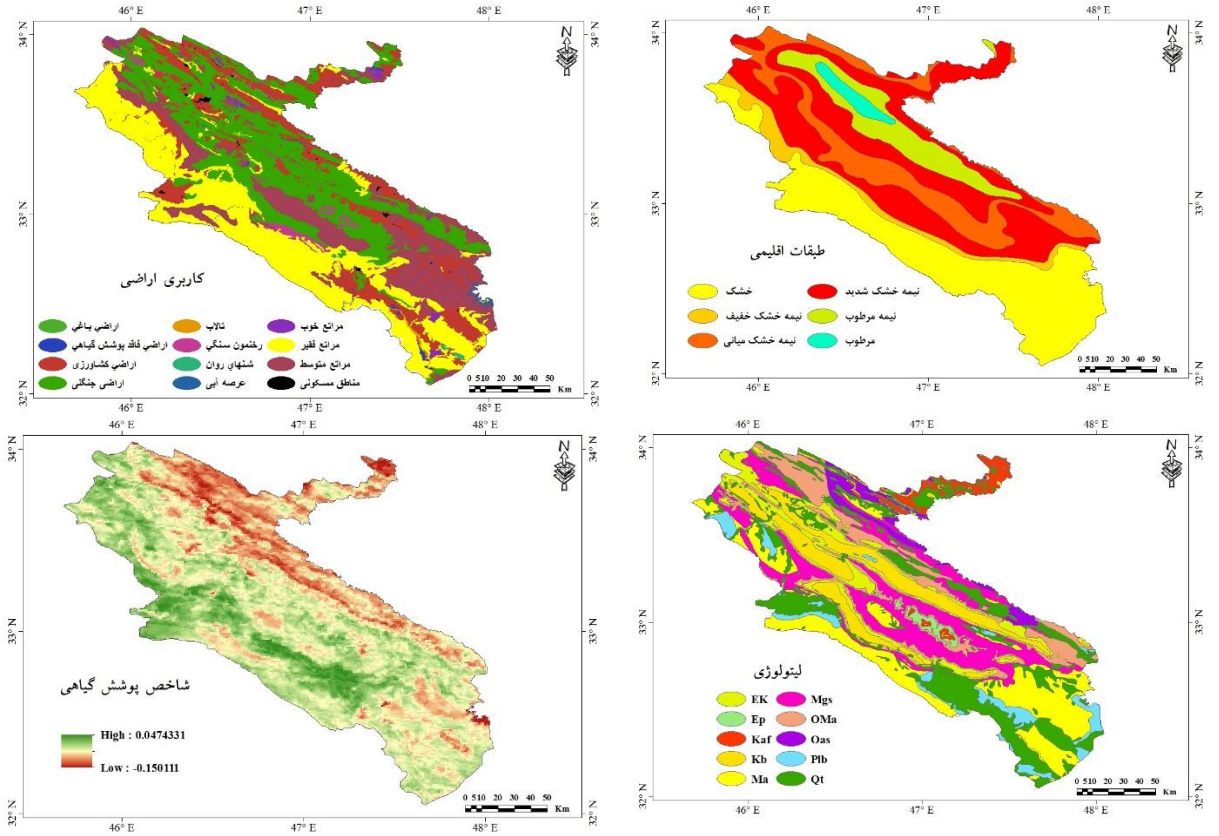
1 mean decrease accuracy
2 mean decrease Gini

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

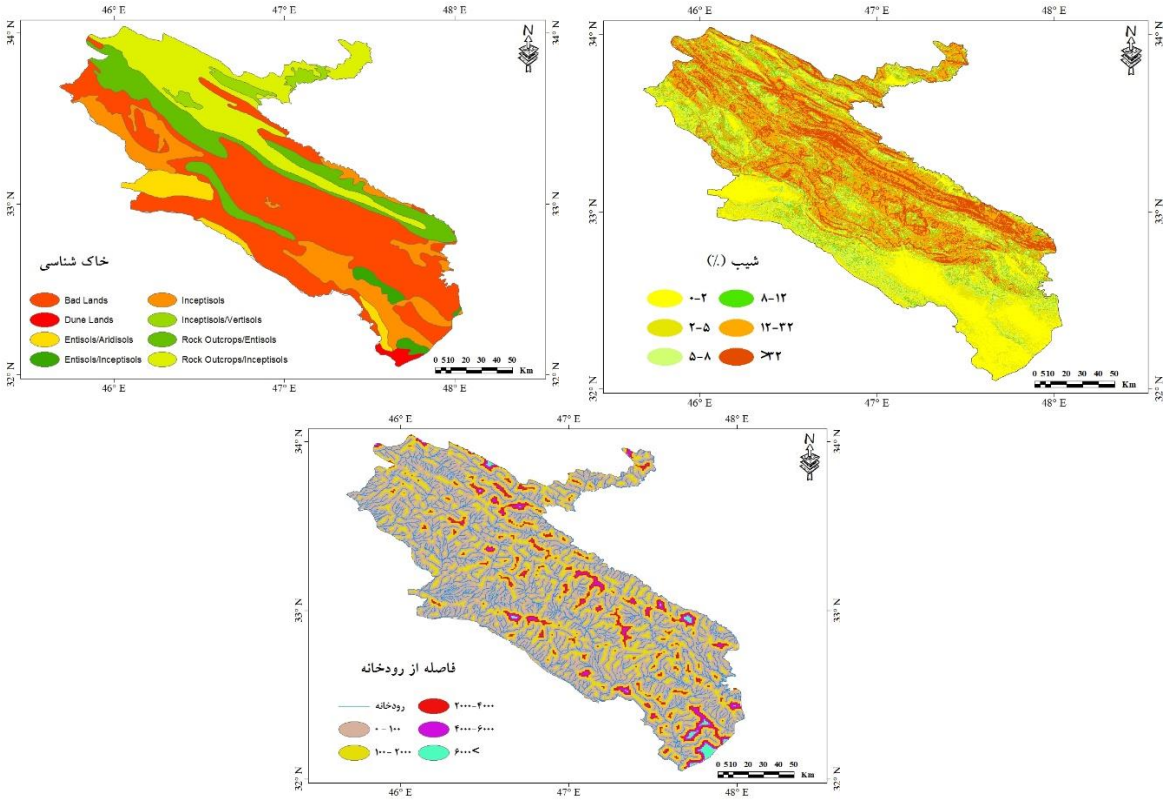


شکل۲: نقشه پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار در استان ایلام

لایه‌های خاک‌شناسی، لیتولوژی، شیب، شاخص پوشش گیاهی، فاصله از رودخانه، طبقات اقلیمی و کاربری اراضی که به عنوان عوامل مؤثر در ایجاد کانون‌های برداشت گرد و غبار معرفی شده بودند تهیه و در شکل ۳ ارائه شده است.



[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]



شکل ۳: نقشه عوامل موثر بر کانون‌های برداشت گرد و غبار

نتایج حاصل از ارتباط بین هریک از عوامل مؤثر با کانون‌های براشت گرد و غبار در جدول (۲) آورده شده است. نتایج پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار در کاربری اراضی حاکی از آن است که مراتع فقیر بیشترین درصد کانون برداشت گرد و غبار را در خود جای داده است. همچنین اراضی باغی، اراضی فاقد پوشش گیاهی، مراتع خوب، شن‌های روان، سطوح آبی و تالابها فاقد کانون برداشت گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه می باشند. محققانی همچون Lee et al., 2012، Crouvi et al., 2012 & Zobeck et al., 2013 & Miller et al., 2012 و Boroughani و همکاران (2019) به بررسی خصوصیات کانون‌های گرد و غبار و تعیین کاربری‌های کانون‌های گرد و غبار پرداختند. نتایج تحقیق این محققان حاکی از آن است که بیشتر کانون‌های گرد و غبار در مراتع قرار دارد، که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارند. عامل لیتولوژی به عنوان یک متغیر مهم در تجزیه و تحلیل مخاطرات محیطی شناخته می‌شود کرلی و پورقاسمی (Pourghasemi and Kerle, 2016). در کاربری لیتولوژی کلاس سازند گچساران (Mgs) و کژدومی (Ek) با درصد ۳۶/۵۹ و ۲۱/۹۵ بیشترین کانون برداشت گرد و غبار را دارا می باشند و در کلاسهای سازند رسوبی ناپیوسته (Oas) و سازند پابده (Ep) هیچ کانون برداشت گرد و غباری وجود نداشت. نتایج پراکنش کانون برداشت گرد و غبار در شیب‌های مختلف بیان کننده آن است که به ترتیب شیب ۱۲ تا ۳۲ درصد و بیشتر از ۳۲ درصد بیشترین و کمترین درصد کانون برداشت گرد و غبار را دارا بودند. پراکنش کانونهای برداشت گرد و غبار در خاک با کلاس Dune Lands، ۴۸/۷۸ درصد بیش‌ترین کانون برداشت گرد و غبار را دارا می‌باشد. همچنین کلاس‌های Entisols/Aridisols، Inceptisols/vertisols و Rock Outcrops/Entisols بدون کانون برداشت گرد و غبار می‌باشد. این نتایج با نتایج محققانی همچون Bullard et al, 2010 و همکاران (2010)و Jewell and Nicoll (2011) که نشان داد، بیشتر نقاط برداشت گرد و غبار در خاک‌های حساس به فرسایش قرار دارد، هم‌خوانی دارد. نتایج پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار در طبقات اقلیمی منطقه

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

مورد مطالعه حاکی از آن است که بیش‌ترین کانون برداشت گرد و غبار در طبقه اقلیمی نیمه خشک شدید با درصد ۵۱/۲۲ و در طبقه اقلیمی نیمه مرطوب و مرطوب هیچ کانون برداشت گرد و غباری وجود ندارد. نتایج پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار در لایه شاخص پوشش گیاهی بیان کننده آن است که در کلاس ۰ تا ۰/۰۲ درصد و بیشتر از ۰/۰۲ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد کانون برداشت گرد و غبار را دارا می باشد. فاصله از رودخانه ۰ نا ۱۰۰ با ۷۸/۰۵ درصد و فاصله بیشتر از ۶۰۰ با ۰ درصد به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین کانون برداشت گرد و غبار را دارا می باشد.

جدول ۲: پراکنش کانونهای برداشت گرد و غبار در بین هریک از عوامل مؤثر

پارامترها	کلاس	مساحت (٪)	گرد و غبار (٪)	نرخ انتشار
کاربری اراضی	اراضی جنگلی	۳۱/۵۳	۱۷/۰۷	۰/۵۴
	اراضی کشاورزی	۱۷/۲۰	۷/۳۲	۰/۴۳
	مناطق مسکونی	۰/۳۰	۲/۴۴	۸/۱۱
	اراضی باغی	۰/۱۷	۰	۰
	اراضی فاقد پوشش گیاهی	۰/۳۶	۰	۰
	مراتع خوب	۰/۷۱	۰	۰
	مراتع متوسط	۱۹/۲۲	۱۲/۲۰	۰/۶۳
	مراتع فقیر	۲۸/۵۳	۵۳/۶۶	۱/۸۸
	شن های روان	۰/۱۳	۰	۰
	رخنمون سنگی	۱/۳۴	۷/۳۲	۵/۴۶
	سطوح آبی	۰/۲۷	۰	۰
	تالاب	۰/۲۵	۰	۰
لیتولوژی	Mgs	۱۸/۰۴	۳۶/۵۹	۲/۰۳
	Ma	۱۵/۲۰	۷/۳۲	۰/۴۸
	Plb	۴/۵۵	۲/۴۴	۰/۵۴
	Kb	۹/۵۹	۱۴/۶۳	۱/۵۳
	Kaf	۲/۹۰	۲/۴۴	۰/۸۴
	Oas	۳/۲۸	۰	۰
	Ep	۰/۸۵	۰	۰
	Ek	۱۴/۹۷	۲۱/۹۵	۱/۴۷
	Oma	۱۰/۹۶	۴/۸۸	۰/۴۴
	Qt	۱۹/۶۶	۹/۷۶	۰/۵۰
شیب	۲-۰	۱۷/۱۷	۱/۴۲	۰/۰۸
	۵-۲	۱۴/۰۴	۱/۹۰	۰/۱۴
	۸-۵	۱۲/۳۵	۲/۳۷	۰/۱۹
	۱۲-۸	۸/۵۵	۲/۳۷	۰/۲۸
	۳۲-۱۲	۳۲/۲۲	۹/۹۵	۰/۳۱
	< ۳۲	۱۵/۶۸	۱/۴۲	۰/۰۹

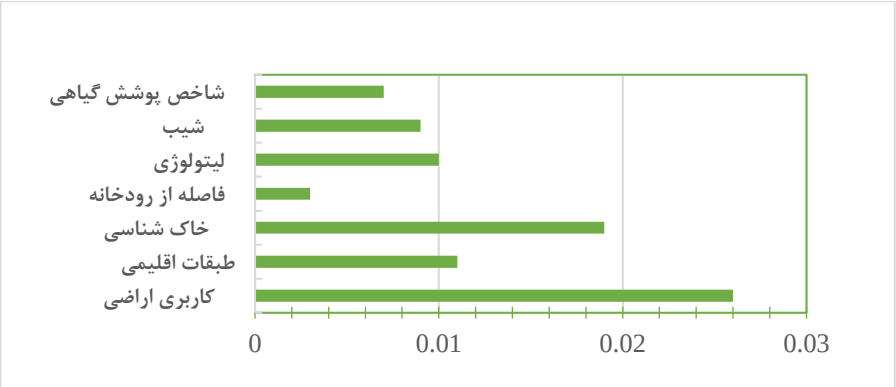
[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

خاک	Bad Lands	۴۲/۹۵	۱۲/۲۰	۰/۲۸
	Dune Lands	۰/۷۶	۴۸/۷۸	۶۳/۸۴
	Entisols/Aridisols	۴/۵۰	۰	۰
	Entisols/Inceptisols	۱/۶۶	۲۹/۲۷	۱۷/۶۳
	Inceptisols	۱۴/۴۲	۷/۳۲	۰/۵۱
	Inceptisols/Vertisols	۲/۴۶	۰	۰
	Rock Outcrops/Entisols	۱۴/۰۱	۰	۰
	Rock Outcrops/Inceptisols	۱۹/۲۴	۲/۴۴	۰/۱۳
طبقات اقلیمی	نیمه خشک شدید-H.S.A	۳۵/۰۲	۵۱/۲۲	۱/۴۶
	نیمه خشک خفیف S.S.A	۵/۳۵	۱۴/۶۳	۲/۷۳
	خشک -A	۳۱/۸۳	۱۹/۵۱	۰/۶۱
	نیمه خشک میانی M.S.A	۱۶/۱۹	۱۴/۶۳	۰/۹۰
	نیمه مرطوب -S.W	۹/۶۴	۰	۰
	مرطوب -W	۱/۹۷	۰	۰
شاخص پوشش گیاهی (**NDVI**)	-۰/۰-۱۵	۷۰/۴۱	۲۹/۲۷	۰/۴۲
	۰ – ۰/۰۲	۲۶/۱۷	۶۰/۹۸	۲/۳۳
	۰/۰۲<	۳/۴۲	۹/۷۶	۲/۸۵
فاصله از رودخانه	۱۰۰-۰	۷۱/۳۰	۷۸/۰۵	۱/۰۹
	۲۰۰۰-۱۰۰	۲۱/۹۴	۱۴/۶۳	۰/۶۷
	۴۰۰۰-۲۰۰۰	۴/۲۵	۴/۸۸	۱/۱۵
	۶۰۰۰-۴۰۰۰	۱/۹۶	۲/۴۴	۱/۲۵
	۶۰۰۰ <	۰/۵۵	۰	۰

۲-۴- مدلسازی حساسیت کانون‌های گرد و غبار

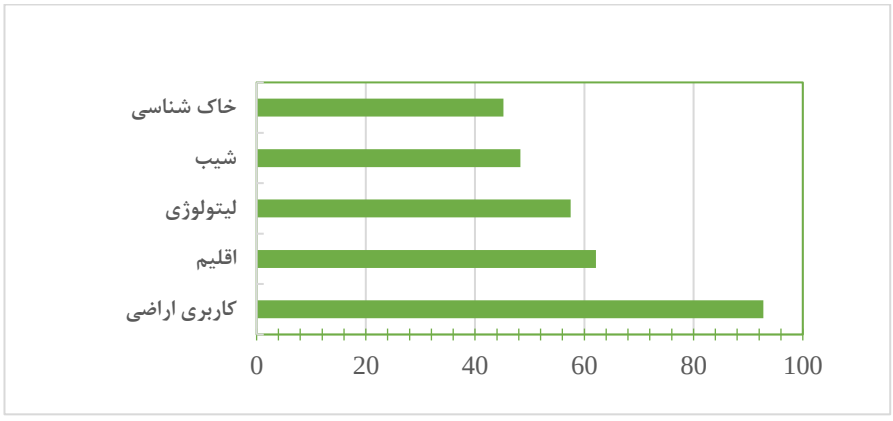
به منظور اجرای مدل جنگل تصادفی از نرم‌افزارR و تابع randomForestاستفاده شد. همانطور که قبلا ذکر شد به دلیل دقت بالای شاخص میانگین کاهشی دقت، از این شاخص برای تعیین اولویت هریک از عوامل موثر در ایجاد کانونهای برداشت گرد و غبار استفاده شد. شکل ۴ نتایج اولویت بندی متغیرهای مؤثر برای مدل RF با استفاده از معیار میانگین کاهشی دقت را نشان می‌دهتد. نتایج حاصل از رابطه بین کانون‌های برداشت گرد و غبار و عوامل موثر با استفاده از مدل RF نشان داد که دو عامل کاربری اراضی و خاک‌شناسی بیشترین تاثیر را در ایجاد کانونهای برداشت گرد و غبار دارند. درتعدادی از تحقیقات انجام شده در اکثر نقاط دنیا نیز این دو عامل به عنوان موثرترین عوامل در ایجاد کانونهای برداشت شناسای ی شده‌اند(Lee et al, 2012 & Lee et al., 2009 & Wang et al, 2008 & Lim and Chun, 2006).

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]



شکل ۴ : نتایج اولویت بندی متغیرهای مؤثر با استفاده از معیار میانگین کاهشی دقت (مدل RF)

نتایج مدل مارس با استفاده از تابع earth در نرم‌افزار R محاسبه گردید. مدل مارس فقط متغیرهای مستقل تأثیرگذار را استفاده می‌کند و سایر متغیرها را حذف می‌کند. در مدل مارس توانایی تحلیل حساسیت وجود دارد که متغیرهای با تأثیرات بیشتر را از متغیرهای با تأثیرات کمتر به واسطه GCV (ا عتبارسنجی تقاطعی تعمیم یافته[1]، تعیین و درجه اهمیت هر یک از آنها را مشخص می‌کند. این پارامتر جهت قضاوت میان میزان مشارکت این تابع در ساخت مدل و میزان کمک آن برای بهبود GCV کل مدل، میتواند مورد استفاده قرار گیرد. از بین۷ متغیر مستقل، ۵ متغیر در مدلسازی استفاده و ۲ متغیر NDVI و فاصله از رودخانه بطور کلی در همان ابتدا حذف گردید. متغیر کاربری اراضی با ۹۲/۸ درصد میزان مشارکت نسبی و متغیر خاک‌شناسی با ۴۵/۲ درصد میزان مشارکت نسبی به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مشارکت در ساخت مدل نهایی هستند. کاربری اراضی نقش عمده و مؤثرتری نسبت به سایر متغیرها در ایجاد کانونهای برداشت گرد و غبار دارد. سایر متغیرها به ترتیب در رده های بعدی از نظر اهمیت مشارکت و تأثیر قرار گرفته‌اند. در شکل (۵) درصد میزان مشارکت نسبی هریک از پارامترهای ورودی مدل بر حسب GCV نشان داده شده است.



شکل ۵: نتایج تعیین درجه اهمیت متغیرهای مؤثر در مدل مارس

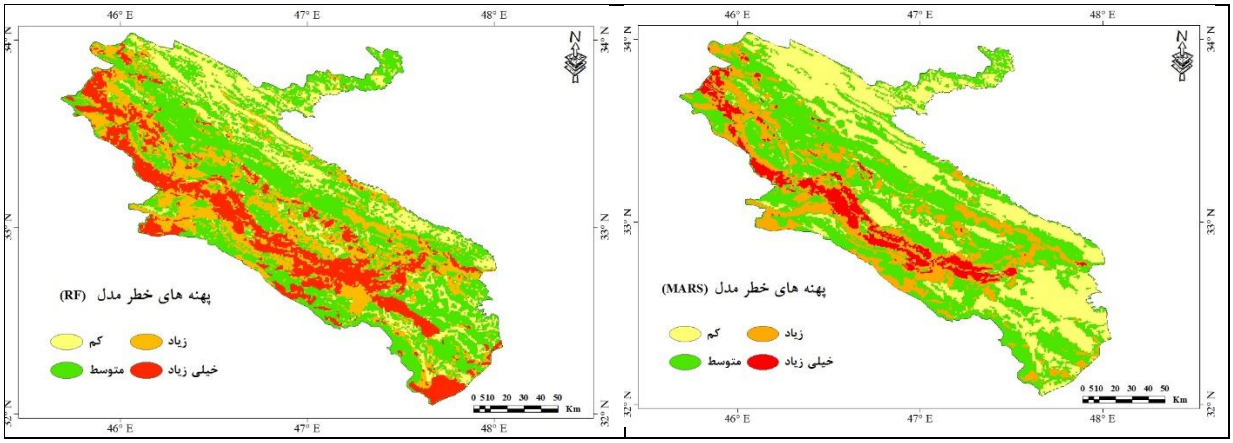
۳-۴- نقشه پهنه‌بندی کانون‌های برداشت گرد و غبار

نتایج حاصل از مدل جنگل تصادفی نشان داد که ۱۶/۶ درصد از مساحت استان ایلام در منطقه با حساسیت کم، ۴۲/۳ درصد در منطقه با حساسیت متوسط، ۲۳ درصد در منطقه با حساسیت زیاد و ۱۸/۱ درصد در منطقه با حساسیت خیلی

[1] Generalized cross validation

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

زیاد قرار دارد. نتایج حاکی از آن است که بیشترین کانون برداشت گرد و غبار (۶۳/۲ درصد) در منطقه با حساسیت زیاد قرار دارد. نتایج بیان کننده آن است که حدود ۸۱/۶ درصد کانون برداشت گرد و غبار در منطقه با حساسیت زیاد و خیلی زیاد واقع شده‌اند. بررسی مساحت طبقات نقشه حساسیت گرد و غبار با استفاده از مدل MARS نشان داد که منطقه با حساسیت زیاد کمترین مساحت (۶/۷) را در برگرفته است و مساحت طبقات زیاد، متوسط و کم به ترتیب ۱۹، ۴۲/۸ و ۳۱/۵ برآورد گردیده است. حدود ۴۴/۷ درصد کانون‌های برداشت در منطقه با حساسیت خیلی زیاد واقع شده و در منطقه با حساسیت کم ۲/۶ کانون برداشت گرد و غبار وجود دارد.

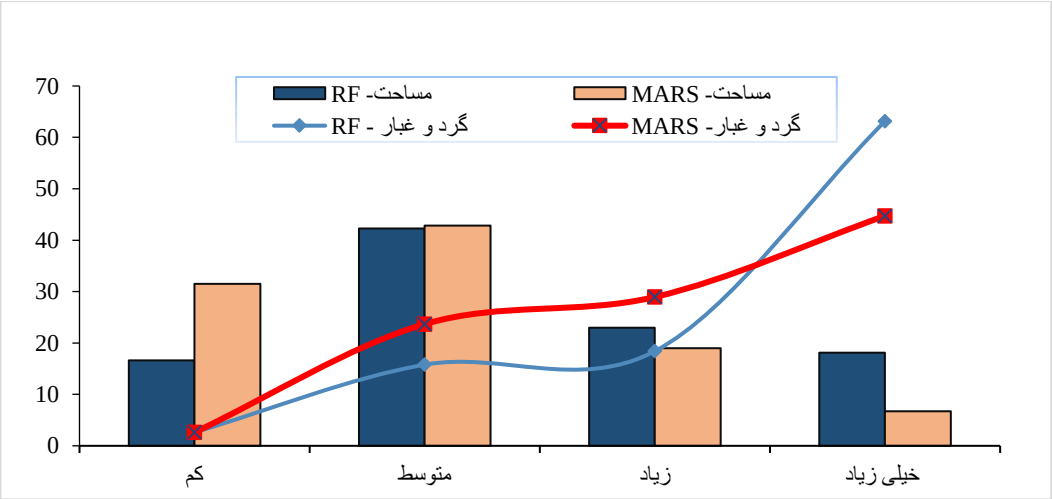


شکل ۶: نقشه پهنه بندی حساسیت به گرد و غبار با استفاده از مدلهای MARS و RF

۴-۴- ارزیابی صحت مدل جنگل تصادفی و MARS

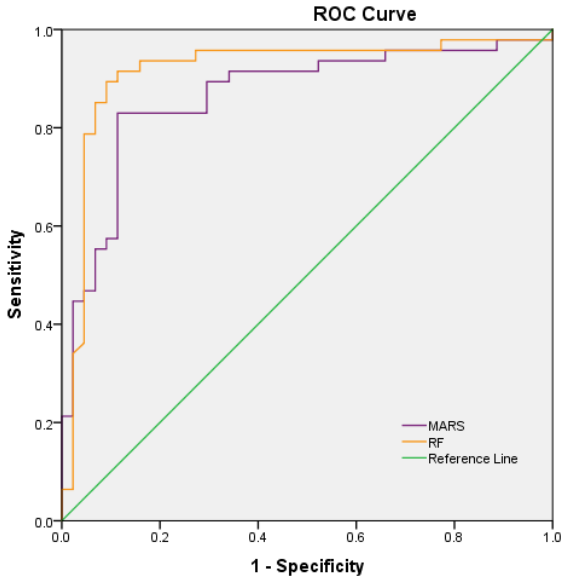
در رابطه با اعتبارسنجی نقشه‌های حساسیت دو نکته وجود دارد که عبارت اند از ۱- کلاس‌های حساسیت زیاد و خیلی زیاد باید مساحت کمتری نسبت به سایر کلاس‌های حساسیت پوشش دهند. ۲- درصد بالایی از داده‌های اعتبارسنجی باید در کلاس‌های زیاد و خیلی زیاد واقع شوند (Can et al, 2005 & Bai et al, 2010). همانطور که ملاحظه می‌شود طبقات با حساسیت خیلی زیاد به طور کلی درصد کمی از مساحت منطقه مورد مطالعه را در برگرفته است در حالیکه بیشترین درصد نقاط برداشت گرد و غبار در این طبقه حساسیت قرار گرفته است این نشان از دقت بالای مدل‌ها است. این نتایج نشان از صحت اجرای هر دو مدل آماری است. شکل(۷) مساحت هر کلاس حساسیت و درصد تعداد گرد و غبارهای اعتبارسنجی در نقشه حساسیت به وقوع گرد و غبار را نشان می‌دهد.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]



شکل ۷: نمودار مساحت طبقات حساس به گرد و غبار و تعداد گرد و غبارهای اعتبارسنجی در نقشه حساسیت به گرد و غبار به درصد

به منظور اعتبارسنجی مدل‌های مورد استفاده، از منحنی ROC و مساحت زیر منحنی AUC جهت ارزیابی استفاده شد. نتایج اعتبارسنجی مدل های استفاده شده نشان داد که مدل RFو MARS به ترتیب دارای سطح زیر ممنحنی ۰.۹۱ و ۰.۸۶ می باشند. نتایج نشان داد که مدل RF دارای دقت بالاتری در تعیین مناطق حساس به کانونهای برداشت گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه می باشد که این نتایج با یافته های Boroughani و همکاران (2019) مطابقت دارد. شکل (۸) نتایج ارزیابی مدل‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۸: منحنی ROC و سطح زیر منحنی مربوط به نقشه حساسیت گرد وغبار با استفاده از مدل‌های RF و MARS

۵ـ بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق به اولویت‌بندی عوامل مؤثر و پهنه‌بندی خطر کانونهای برداشت گرد و غبار با استفاده از مدل‌های MARS و جنگل تصادفی در محیط نرم افزار R و تعیین اهمیت هریک از عوامل محیطی مؤثر بر آن در استان ایلام پرداخته شد. بدین منظوراز ۷ متغیر شامل اقلیم، خاک، لیتولوژی، شیب، شاخص پوشش گیاهی، فاصله از رودخانه، و کاربری اراضی به عنوان عوامل مؤثر بر ایجاد کانون‌های برداشت گرد و غبار استفاده شد.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

نتایج حاصل از مدل جنگل تصادفی حاکی از آن است که به ترتیب عوامل کاربری و خاک‌شناسی بیشترین نقش را در وقوع گرد و غبار داشته‌اند. پهنه‌های حساسیت به کانونهای برداشت گرد و غبار با استفاده از این مدل نشان داد که حدود ۱۸/۱ درصد منطقه مورد مطالعه در رده حساسیت خیلی زیاد قرار گرفته که ۶۳/۲ درصد از کل کانونهای برداشت گرد و غبار نیز در این محدوده قرار گرفته است. طبق نتایج حاصل از مدل MARS نیز به ترتیب عوامل کاربری اراضی و طبقات اقلیمی بیشترین تأثیر را در ایجاد کانونهای برداشت گرد و غبار داشته و خاک‌شناسی نیز کم‌ترین نقش را داشته است. در رابطه با رده‌های خطر در این مدل نیز ۶/۷ درصد محدوده در منطقه خطر خیلی زیاد قرار دارد که ۴۴/۷ درصد از کل کانونهای برداشت گرد و غبار در این طبقه قرار دارند. در هر دو مدل، بیشترین درصد کانونهای برداشت گرد و غبار در طبقه حساسیت خیلی زیاد قرار گرفته است که مساحت کمی از منطقه را در بخصوص در مدل MARS را شامل می‌شود. نتایج ارزیابی هر دو مدل با استفاده از ROC نشان از کارایی بالای هر دو مدل است اما روش جنگل تصادفی با سطح زیر منحنی برابر ۰/۹۱ در مقایسه با روش مارس با سطح زیر منحنی برابر ۰/۸۶، دارای کارایی بالاتری جهت ارزیابی می‌باشد. پیشنهاد می‌شود تحقیقات بیشتری با استفاده از مدل‌های مختلف داده کاوی و در منطقه وسیعتری در کشور انجام شود.

منابع

1. Ackerman, S.A. (1997). Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. Journal of Geophysical Research, 102, 17069–17080. https://doi.org/10.1029/96JD03066
2. Adnan, R.M., Liang, Z., & Heddam, S. (2019). Least square support vector machine and multivariate adaptive regression splines for streamflow prediction in mountainous basin using hydro-meteorological data as inputs. *Journal of Hydrology*, (586), 124371. https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2019.124371.
3. Akbari, M., Bashiri, M., & Rangavar, A.S. (2018). Application of data mining algorithms in sensitivity analysis and zoning of susceptible areas to gully erosion in Khorasan Razavi province basins. *Journal of Environmental Erosion Research*, 7(26), 16-42.
4. Bai, S.B., Wang, J., Lu, G.N., Zhou, P.G., Hou, S.S., & Xu, S.N. (2010). GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping of the Zhongxian segment in the Three Gorges area, China, *Geomorphology*, 115: 23-31. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.09.025
5. Boroughani, M., Hashemi, H., Hosseini, S. H., Pourhashemi, S., & Berndtsson, R. (2019). Desiccating Lake Urmia: a new dust source of regional importance. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 17(9), 1483-1487. 10.1109/LGRS.2019.2949132
6. Boroughani, M., Mirchooli, F., Hadavifar, M., & Fiedler, S. (2023). Mapping land degradation risk due to land susceptibility to dust emission and water erosion. *Soil*, 9(2), 411-423. https://doi.org/10.5194/soil-9-411-2023
7. Boroughani, M., Pourhashemi, S., Gholami, H., & Kaskaoutis, D. G. (2021). Predicting of dust storm source by combining remote sensing, statistic-based predictive models and game theory in the Sistan watershed, southwestern Asia. *Journal of Arid Land*, 13(11), 1103-1121. https://doi.org/10.1007/s40333-022-0008-x
8. Boroughani, M., Pourhashemi, S., Hashemi, H., Salehi, M., Amirahmadi, A., Asadi, M. A. Z., & Berndtsson, R. (2020). Application of remote sensing techniques and machine learning algorithms in dust source detection and dust source susceptibility

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

mapping. *Ecological Informatics*, 56, 101059. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2020.101059
9. Boroughani, M., Pourhashemi, S., & Zarei, M. (2019). Identification of dust harvesting areas and determination of its characteristics in eastern Iran. *Scientific Research Journal of Desert Ecosystem Engineering*, 25(4): 39-52.
10. Broumand., P., & Bakhtiarpour., A. (2016). Finding the origin of dust particles by examining their physical and chemical properties and numerical modeling in Masjid Sulaiman city. Journal of Health and Environment. *Scientific Research Quarterly of Iranian Health Science Association*, 9(4), 517-526.
11. Bullard J.E. (2010). Bridging the gap between field data and global models: current strategies in aeolian research. Earth Surface Process Landforms, 35: 496–499. https://doi.org/10.1002/esp.1958
12. Can, T., Nefeslioglu, H.A., Gokceoglu, C., Sonmez, H., & Duman, T.Y. (2005). Susceptibility assessments of shallow earthflows triggered by heavy rainfall at three catchments by logistic regression analyses. *Geomorphology*, 72: 250–271. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.05.011
13. Catani, F., Lagomarsino, D., Segoni, S., & Tofani, V. (2013), Landslide susceptibility estimation by random forests technique: sensitivity and scaling issues, Natural Hazard Earth System Science, 13: 2815-2831. https://doi.org/10.5194/nhess-13-2815-2013
14. Crouvi O., Schepanski K., Amit R., Gillespie A.R., & Enzel Y. (2012). Multiple dust sources in the Sahara Desert: the importance of sand dunes. *Geophysical Research Letters*, 39: L13401. http://dx.doi.org/10.1029/2012GL052145.
15. De Vries, G. J., Duetz, W., Buijs, R. M., van Heerikhuize, J., & Vreeburg, J. T. (1986). Effects of androgens and estrogens on the vasopressin and oxytocin innervation of the adult rat brain. *Brain research*, 399(2), 296-302. https://doi.org/10.1016/0006-8993(86)91519-2
16. Farshad, M., & Sadeh, J. (2014). Short-circuit fault location in high voltage direct current transmission lines using neural networks, generalized regression and Random Forest algorithm. *Intelligent Systems in Electrical Engineering*, 4(2): 1-14.
17. Feuerstein, S., & Schepanski, K. (2018). Identification of dust sources in a Saharan dust hot-spot and their implementation in a dust-emission model. *Remote Sensing*, 11(1), 4. https://doi.org/10.3390/rs11010004
18. Gholami, H., Mohamadifar, A., Rahimi, S., Kaskaoutis, D. G., & Collins, A. L. (2021). Predicting land susceptibility to atmospheric dust emissions in central Iran by combining integrated data mining and a regional climate model. *Atmospheric Pollution Research*, 12(4), 172-187. https://doi.org/10.1016/j.apr.2021.03.005
19. Gholami, H., Mohamadifar, A., Sorooshian, A., & Jansen, J. D. (2020). Machine-learning algorithms for predicting land susceptibility to dust emissions: The case of the Jazmurian Basin, Iran. *Atmospheric Pollution Research*, 11(8), 1303-1315. https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.05.009
20. Gholami, P., Dinpazhoh, L., Khataee, A., & Orooji, Y. (2019). Sonocatalytic activity of biochar-supported ZnO nanorods in degradation of gemifloxacin: synergy study, effect of parameters and phytotoxicity evaluation. *Ultrasonics sonochemistry*, 55, 44-56. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.03.001
21. Hong, H., Naghibi, S.A., Pourghasemi, H.R., & Pradhan, B. (2016). GIS-based landslide spatial modeling in Ganzhou City, China. *Arabian Journal of Geoscience*, 9, 112. http://dx.doi.org/ 10.1007/s12517-015-2094-y.
22. Jewell P.W., & Nicoll K. (2011). Wind regimes and aeolian transport in the Great Basin, U.S.A. *Geomorphology*, 129: 1–13. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.01.005

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

23. Jiao, K., Xuan, J., Du, Q., Bao, Z., Xie, B., Wang, B. & Guiver, M. D. (2021). Designing the next generation of proton-exchange membrane fuel cells. Nature, 595(7867), 361-369. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03482-7
24. Karimi, Kh., Taheri Shahraiyni, H., Habibi Nokhandan, M., & Hafezi Moghaddas, N. (2011). Identification of the point sources of dust storms in the Middle East using remote sensing. J*ournal of Climate Research*, 2(7): 122-132.
25. Khosravi, M., Ismailnejad, M., & Nazaripour, H. (2010). Climate change and its impact on water resources in the Middle East. The fourth international congress of geographers of the Islamic world.
26. Lazarus, E.D., & Constantine, J.A. (2013). Generic theory for channel sinuosity.*Proc Natl Acad Sci U S A*, 110:8447–8452. https://doi.org/10.1073/pnas.1214074110
27. Lee J., Baddock M., Mbuh M., & Gill T. (2012). Geomorphic and land cover characteristics of aeolian dust sources in West Texas and eastern New Mexico, USA. *Aeolian Research*, 3(4): 459-466. https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2011.08.001
28. Lee, J., Gill, T., Mulligan, K., Acosta, M.D., & Perez, A. (2009). Land use/land cover and point sources of the 15 December 2003 dust storm in southwestern North America. *Geomorphology*, 105(2), 18-27. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.12.016
29. Lee, J., Shi, Y. R., Cai, C., Ciren, P., Wang, J., Gangopadhyay, A., & Zhang, Z. (2021). Machine learning based algorithms for global dust aerosol detection from satellite images: inter-comparisons and evaluation. *Remote Sensing*, 13(3), 456. https://doi.org/10.3390/rs13030456
30. Mei, D., Xiushan, L., Lin, S., & Ping, W. A. N. G. (2008). A dust-storm process dynamic monitoring with multi-temporal MODIS data. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 965-970
31. Middleton, N. (2019). Variability and trends in dust storm frequency on decadal timescales: Climatic drivers and human impacts. *Geosciences*, 9(6), p.261. https://doi.org/10.3390/geosciences9060261
32. Miller M.E., Bowker M.A., Reynolds R.L., & Goldstein H.L. (2012). Post-fire land treatments and wind erosion lessons from the Milford Flat Fire, UT, USA. *Aeolian Research*, 7(4): 29–44. https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2012.04.001
33. Miller, D. (2003). An asymmetry-based view of advantage: towards an attainable sustainability. Strategic management journal, 24(10), 961-976. https://doi.org/10.1002/smj.316
34. Miller, R. L., Knippertz, P., Pérez García-Pando, C., Perlwitz, J. P., & Tegen, I. (2014). Impact of dust radiative forcing upon climate. Mineral dust: A key player in the Earth system, 327-357. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8978-3_13
35. Mirchooli, F., Gholami, A., Boroughani, M. (2023). Flood susceptibility zoning in Famnat watershed, Gilan province. *Journal of Water and Soil*, 37(6), 841-853 10.22067/JSW.2023.84146.1328.
36. Nicodemus KK. 2011. Letter to the Editor: On the stability and ranking of predictors from random forest variable importance measures. *Briefings in Bioinformatics*, 12: 369-373.
37. Pourghasemi H.R., & Kerle N. (2016). Random forests and evidential belief function-based landslide susceptibility assessment in Western Mazandaran Province, Iran. *Environmental earth sciences*, 75(3): 185. Link: https:// doi: 10.1007/s12665-015-4950-1
38. Pourhashemi, S., Asadi, M. A. Z., Boroughani, M., & Azadi, H. (2023). Mapping of dust source susceptibility by remote sensing and machine learning techniques (case study: Iran-Iraq border). *Environmental Science and Pollution Research*, 30(10), 27965-27979. https://doi.org/10.1007/s11356-022-23982-x

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]

39. Qu, J., Hao, X., Kafatos, M., & Wang, L. (2006). Asian Dust Storm Monitoring Combining Terra and Aqua MODIS SRB Measurements. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3(4), 484-486. 10.1109/LGRS.2006.877752
40. Rahmati, O., Mohammadi, F., Ghiasi, S. S., Tiefenbacher, J., Moghaddam, D. D., Coulon, F., & Bui, D. T. (2020). Identifying sources of dust aerosol using a new framework based on remote sensing and modelling. *Science of the Total Environment*, 737, 139508. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139508
41. Soni, M. H., Shah, N., & Patil, H. A. (2018). Time-frequency masking-based speech enhancement using generative adversarial network. In 2018 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP) (pp. 5039-5043). IEEE.
42. Walker, A.L., Liu, M., Miller, S.D., Richardson, K.A., & Westphal, D.L. (2009). Development of a dust source database for mesoscale forecasting in Southwest Asia. Journal of Geophysical Research, 114(18), 1-24. https://doi.org/10.1029/2008JD011541
43. Yasrebi, B, Sufi, M, Mirnia, K, & Mohammadi, J. (2019). Morphometric relationships of water bodies in Ilam province. *Watershed Engineering and Management*, 12(1), 244-258.
44. Zobeck T., Baddock M., Pelt R., Tatarko J., and Acosts-Martinez V. 2013. Soil property effects on wind erosion of organic soils. *Aeolian Research*, 10: 43-51. https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2012.10.005

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-16]