Archive of SID.ir

پژوهش های آبخیزداری
شاپا: ۲۰۳۸-۲۹۸۱
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

مدل‌سازی ترکیبی فرسایش آبی و بادی با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین

مهدی جلالی[۱]، حمید غلامی[۲*]، مرضیه رضایی[۳]، ابراهیم امیدوار[۴]

۱ –دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مهندسی منابع‌طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندر عباس، ایران

۲ –دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی ومنابع‌طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندر عباس، ایران

۳ –استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی ومنابع‌طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندر عباس، ایران

۴ –استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی ومنابع‌طبیعی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

چکیده‌ی مبسوط

مقدمه و هدف

فرسایش خاک به‌وسیله‌ی آب و باد یکی از بزرگ‌ترین تهدیدهای زیست‌محیطی در سراسر جهان است که پیامدهای منفی پرشماری مانند نابودی خاک، کاهش حاصلخیزی خاک، تخلیه‌ی مواد مغذی و ریزمغذی‌ها، نابودی ساختمان خاک، طوفان‌های گرد و غبار، آلودگی هوا، سیلتی شدن آبگیرهای سدها، و ... روی بوم‌سازگان انسانی و طبیعی دارد. بنابراین داشتن اطلاعات دقیق از حساسیت زمین‌ها به فرسایش آبی و بادی و تهیه نقشه‌های مکانی از فرسایش به‌منظور کاهش پیامدهای منفی آن لازم است. بنابراین، هدف از این پژوهش استفاده از دو مدل یادگیری ماشین به منظور مدل‌سازی مکانی هم‌زمان فرسایش آبی و بادی در آبخیز بختگان استان فارس است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تهیه‌ی نقشه‌ی مکانی خطر فرسایش آبی و بادی خاک، به‌ترتیب ۲۰ و ۱۶ عامل تأثیرگذار بر فرسایش آبی و بادی انتخاب شد. در مرحله قبل از مدل‌سازی از روش انتخاب ویژگی وایازی چندمتغیره اسپیلاین تطبیقی و تست هم‌خطی به‌منظور شناسایی مهمترین عامل‌های مهارکننده خطر فرسایش آبی و بادی استفاده شد. در مرحله‌ی بعد

نوع مقاله: پژوهشی

***مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی:** hgholami@hormozgan.ac.ir

استناد: جلالی، م.، غلامی، ح.، رضایی، م .، امیدوار، ا. ۱۴۰۲. مدل‌سازی ترکیبی فرسایش آبی و بادی با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین. پژوهش‌های آبخیزداری، ۳۶ (۳): ۱۴۵-۱۲۸.

شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/WMRJ.2022.358127.1458

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۲، **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۱/۰۵/۲۵، **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۶/۳۰، **تاریخ انتشار:** ۱۴۰۲/۰۷/۰۱

پژوهش‌های آبخیزداری، سال ۱۴۰۲، دوره‌ی۳۶، شماره‌ی ۳، شماره‌ی پیاپی ۱۴۰، پاییز ۱۴۰۲، صفحه‌های۱۲۸ تا ۱۴۵.

ناشر: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

© نویسندگان

CC BY

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

از دو روش یادگیری ماشین جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان برای مدل‌سازی فرسایش استفاده شد. عملکرد مدل‌ها با استفاده از منحنی مشخصه‌ی عملکرد ارزیابی شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج، متغیرهای کاربری زمین‌ها، شیب، سنگ‌شناسی، زبری سطح خاک، بخش درشت دانه‌ی خاک، درصد رس، پوشش گیاهی، جهت شیب، وزن مخصوص خاک و شاخص رطوبت پستی‌بلندی به‌عنوان مهمترین عامل‌های مهارکننده‌ی فرسایش آبی شناسایی شدند. هم‌چنین مهمترین عامل‌های مهارکننده‌ی فرسایش بادی عبارت بودند از: بلندی، کاربری زمین‌ها، سرعت باد، شیب، پوشش گیاهی، نیتروژن خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی، سنگ‌شناسی، جهت شیب، درصد رس و وزن مخصوص خاک. اندازه‌های سطح زیر منحنی مشخصه‌ی عملکرد برای نقشه‌ی فرسایش بادی تهیه شده به‌وسیله‌ی مدل جنگل تصادفی ۹۹٪ و برای نقشه‌ی فرسایش آبی تهیه شده به‌وسیله‌ی مدل ماشین بردار پشتیبان ۹۶٪ بود. درنهایت دو نقشه‌ی فرسایش بادی و آبی تلفیق شد و نتایج نشان داد که بیش‌ترین درصد مساحت مربوط به حساسیت کم در فرسایش آبی و حساسیت خیلی‌زیاد در فرسایش بادی است که ۱۸٪ از منطقه را دربر می‌گرفت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

منطقه‌ی مطالعه شده به‌دلیل وجود چندین دریاچه شامل بختگان، مهارلو و تشک و همچنین چندین سد، از نظر تأمین منابع آب شرب، کشاورزی، صنعت و محیط‌زیست اهمیت زیادی دارد. در صورت توجه نداشتن به مشکل فرسایش به‌ویژه فرسایش بادی در منطقه‌ی مطالعه شده، این منطقه می‌تواند به‌ویژه در بستر دریاچه‌های خشکیده منبع تولید گرد و غبار باشد. بنابراین یافته‌های این پژوهش می‌تواند در راستای کاهش اثرات منفی این پدیده در منطقه‌ی مطالعه شده به‌وسیله‌ی مدیران اجرایی استان بهره برداری شود.

واژگان کلیدی: آبخیز بختگان، جنگل تصادفی، مدل ماشین بردار پشتیبان، مساحت زیر منحنی، وایازی چندمتغیره اسپیلاین تطبیقی

مقدمه

در حال حاضر نابودی و ازبین رفتن خاک بر اثر بارش و عمل آب‌های روان و باد یکی از جدی‌ترین مشکلات زیست‌محیطی است (تالوکدار و همکاران ۲۰۲۲). اثرات فرسایش خاک و ته‌نشست رسوب‌ها هم درون منطقه‌ای و هم برون منطقه‌ای است (رحمتی و همکاران ۲۰۱۳). در مناطق خشک و نیمه‌خشک با بارندگی‌های کم یا متغیر (مستعد خشکی) که با بادهای شدید دوره‌ای و تبخیر زیاد از سطح خاک می‌باشد، فرسایش خاک می‌تواند به‌عنوان یک مشکل بزرگ مطرح باشد (مینا و همکاران ۲۰۲۲). بیش از یک‌سوم زمین‌های کره‌ی زمین اقلیم خشک و نیمه‌خشک دارند و در دهه‌های اخیر پدیده‌ی بیابان‌زایی در این مناطق شدت یافته است (سناناياک و همکاران ۲۰۲۲). بخش بزرگی از کشور ایران را نیز بیابان‌ها تشکیل می‌دهند که معمولاً خاک آن‌ها شور است و بدون پوشش گیاهی یا پوشش گیاهی خیلی کمی دارند (بردبار و همکاران ۲۰۲۲) همان طوری که در مناطق پرباران فرسایش آبی اهمیت دارد در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور نیز فرسایش بادی عامل اصلی فرسایش است و آثار نامطلوب آن را می‌توان به‌صورت شن‌زارها و زمین‌های بیابانی مشاهده کرد. فرسایش بادی در تمام نقاط دنیا رخ می‌دهد و سبب خسارت می‌شود. در مقیاس جهانی اهمیت و خطر فرسایش بادی کمتر از فرسایش آبی است. ولی گاهی ابعاد و بزرگی آن از فرسایش آبی بیشتر است. افزایش ۴۵۰ ٪ اندازه‌ی فرسایش خاک در کشور در طی سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۷۸ نشانگر بحرانی بودن فرسایش و لزوم مهارکردن آن در ایران است. اما مهارکردن یا مبارزه با فرسایش آبی مستلزم شناخت مناطق بحرانی و سهم مشارکت هر یک از انواع فرسایش‌های آبی و بادی در نابودی زمین‌ها و تولید رسوب است. از این رو، بررسی این موضوع نیازمند انجام پژوهش‌های علمی گسترده‌ای در کشور است. پیش‌بینی و مدل‌سازی خطر فرسایش‌های آبی و بادی در آبخیزها کمک فراوانی برای مبارزه و پیشگیری از این پدیده خواهد بود. روش‌های تهیه‌ی نقشه‌های حساسیت به فرسایش را می‌توان به دو دسته اصلی تقسیم کرد: الف- نقشه‌برداری مستقیم، ب- روش‌های نقشه‌برداری غیرمستقیم (لوکا و همکاران ۲۰۱۱).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

روش‌های مستقیم به دانش فرد در پدیده‌ی بررسی شده و شناخت او از منطقه‌ی مطالعه شده بستگی دارد. اما روش‌های غیرمستقیم شامل روش های تعیینی و آماری هستند که براساس ارتباط بین عامل‌های محیطی و توزیع فرآیند بررسی شده می‌باشند (ون وستن و همکاران ۲۰۰۶). متداول‌ترین روش‌های استفاده شده برای تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی را می‌توان به پنج دسته تقسیم‌بندی کرد (کارارا و همکاران ۱۹۹۵، هاتچینسون ۱۹۹۵، وان وستن و همکاران ۲۰۰۶، گازتی و همکاران ۱۹۹۹، کاننگو و همکاران ۲۰۰۹ ، صفایی و همکاران ۲۰۱۰): ۱- نقشه‌برداری مستقیم زمین‌ریخت‌شناسی[1]، ۲- تحلیل نقشه‌های پایش[2] ، ۳- روش‌های ابتکاری[3] ، ۴- روش‌های آماری[4]، ۵- روش‌های مبتنی بر فرآیند مدل سازی مفهومی[5].

در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های یادگیری ماشین برای پهنه‌بندی فرسایش آبی و بادی و سایر مخاطره‌های محیطی متداول شده است (غلامی و همکاران، ۲۰۲۳؛ یروغنی وهمکاران، ۲۰۲۱؛ غلامی و محمدی فر، ۲۰۲۲؛ رضایی و همکاران، ۲۰۲۳؛ محمدی‌فر و همکاران ۲۰۲۱؛ غلامی و همکاران ۲۰۲۱). پورنادر و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی عملکرد روش حداکثر آنتروپی (ME) در پیش‌بینی حساسیت به فرسایش در آبخیز در ایلام را بررسی کردند. آنها برای این منظور، ده عامل مؤثر بر فرسایش را در فرآیند مدل‌سازی به‌کار گرفتند. از نمودار ROC برای ارزیابی عملکرد مدل ME استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که روش حداکثر آنتروپی ابزاری مناسب برای تولید نقشه‌های حساسیت فرسایش است. غلامی و همکاران (۲۰۲۰) در استان خوزستان پهنه‌بندی مکانی منشأ ریزگردها را با استفاده از روش‌های مختلف یادگیری ماشین انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده‌ی قابلیت زیاد روش استفاده شده بود. در پژوهشی محمدی‌فر و همکاران (۲۰۲۱) در آبخیز کهورستان استان هرمزگان پهنه‌بندی خطر فرسایش آبی را با استفاده از روش‌های مختلف یادگیری ماشین انجام دادند. معیارهای ورودی آن‌ها ۱۸ عامل مؤثر بر فرسایش آبی بودند. برای انتخاب بهترین مدل از معیارهای MBE ، RMSE و MAE استفاده کردند. درنهایت از نظریه‌ی بازی‌ها برای رتبه‌بندی عامل‌های مؤثر بر فرسایش بهره گرفتند.

آبخیز بختگان از مهم‌ترین آبخیزهای کشور و استان فارس است، که به‌دلیل دخالت‌های زیاد انسانی و خشک شدن دریاچه‌ی بختگان، تحت تأثیر فرسایش آبی و بادی است. اهمیت فرسایش در آبخیز بختگان به‌دلیل شرایط راهبردی منطقه، وسعت زمین‌های کشاورزی و وجود دریاچه‌های بختگان و طشک بارزتر می باشد (ده‌بزرگی و همکاران ۲۰۲۰). در منطقه‌ی مطالعه شده، به‌رغم گسترش زیاد فرسایش و حساسیت منطقه نسبت به حضور چنین مشکلی، و هم‌چنین تغییراتی که در بخش‌های مختلف این منطقه پدید آمده است، تاکنون پژوهش کاملی برای ارزیابی ترکیبی فرسایش آبی و بادی و عامل‌هایی که موجب توسعه‌ی فرسایش آبی و بادی می‌شود، انجام نشده است. از این رو در این پژوهش، پهنه‌بندی هم‌زمان خطر فرسایش آبی و بادی در آبخیز بختگان با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین انجام شد. هم‌چنین در این پژوهش یک چارچوب عملی به منظور بررسی ظرفیت فرسایشی در منطقه‌ی مطالعه شده، با در نظر گرفتن تمام عامل‌های مؤثر بر فرسایش، ارائه شد.

مواد و روش‌ها

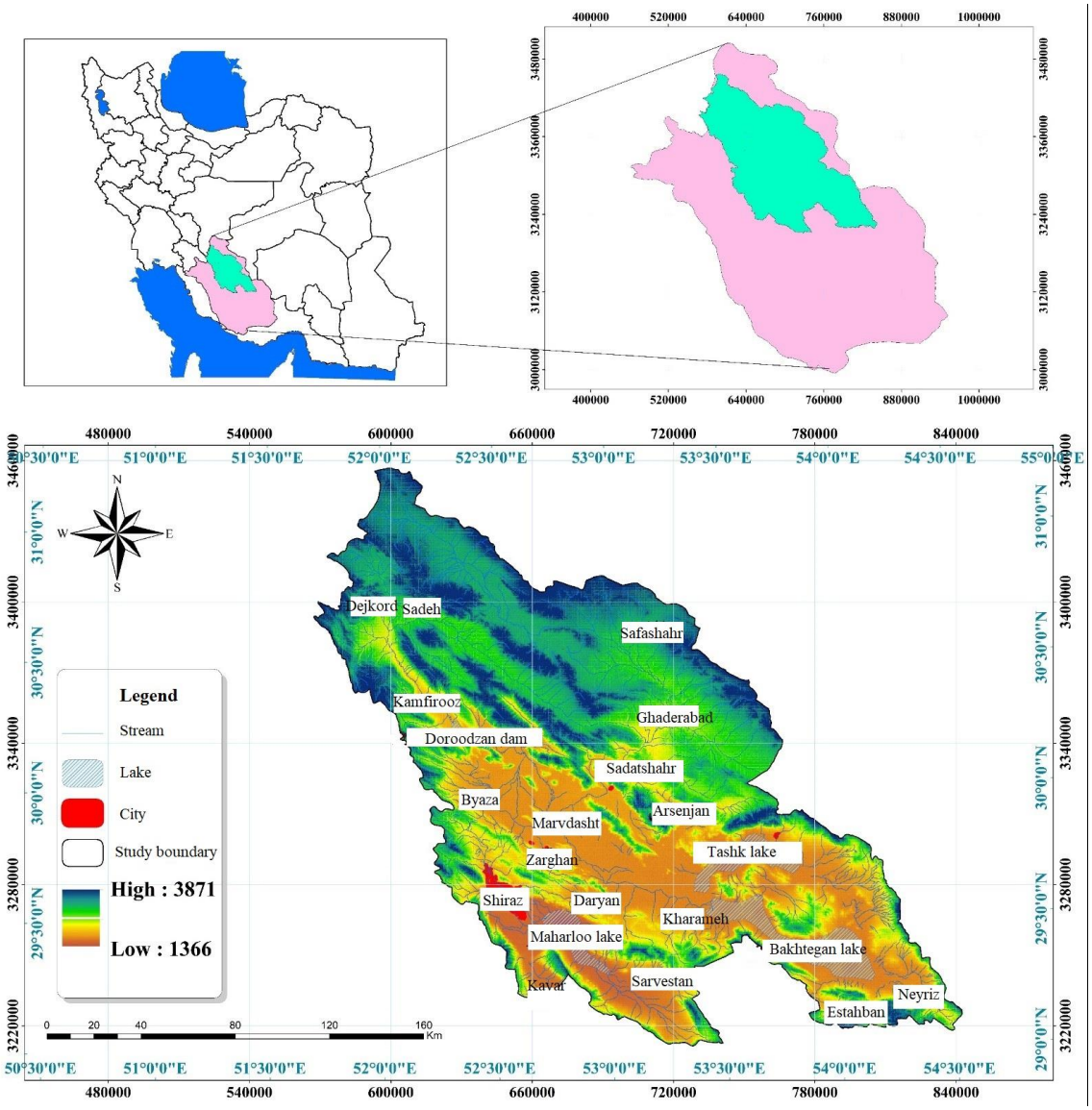
منطقه‌ی مطالعه شده

آبخیز بختگان با مساحت ۳۱۴۹۰ کیلومترمربع در استان فارس میان ′۴۲ °۵۱ تا ′۳۱ °۵۴ طول شرقی و ′۱۴ °۲۹ تا ′۳۱ °۳۱ عرض شمالی است. آبخیز بختگان، به‌عنوان یکی از آبخیزهای مطالعاتی کشور، بخش وسیعی از مناطق شرقی، مرکزی، شمالی و شمال‌غربی استان فارس را تشکیل داده است. این آبخیز در راستای شمال غربی– جنوب‌شرقی و به موازات رشته کوه زاگرس گسترش یافته است. در شکل شماره‌ی ۱ موقعیت منطقه‌ی مطالعه شده در کشور و استان فارس نشان داده شده است.

1 - Geomorphological mapping
2 - Heuristic (index-based)
3 - Analysis of inventories
4 - Statistical modeling
5 - Process based

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعه شده.

Figure 1- Location of study area.

شیب نسبی آبخیز از شمال‌غرب به جنوب‌شرق است. رودها و آبراهه‌های آن به دو چاله‌ی اصلی منتهی می‌شوند. چاله‌ی اول، دریاچه‌های کم‌عمق بختگان و طشک در شرق آبخیز هستند که به‌وسیله‌ی تنگه‌ای با هم ارتباط دارند. مهم‌ترین منبع این دو دریاچه، رود کر است. چاله‌ی دوم، دریاچه‌ی مهارلو است که در جنوب آبخیز و در نزدیکی شیراز است و محل تخلیه‌ی آب‌های سطحی و زیرزمینی زیرآبخیز خود است. میانگین بلندی این آبخیز ۲۰۳۱ متر و میانگین بارش سالانه در این آبخیز حدود ۳۶۵ میلی‌متر می‌باشد. در منطقه‌ی کوهستانی بیشینه‌ی مطلق دما ^{0}c ۳۹/۵ و کمینه‌ی مطلق آن ^{0}c ۲۲ - و متوسط سالانه‌ی دما ^{0}c ۱۴ است. در محدوده‌ی پایین دست، بیشینه‌ی مطلق دما ^{0}c ۳۸/۶ و کمینه‌ی آن ^{0}c ۴/۷- با متوسط سالانه‌ی دما ^{0}c ۱۷ است. اندازه‌ی تبخیر در سراسر آبخیز ۱۳۰۰ تا ۳۵۰۰ میلی‌متر در سال است (نصرنیا ۲۰۱۷). مهم‌ترین رود این آبخیز، رود کر می‌باشد. رود کر دائمی است و از شمال‌غربی استان فارس و بلندی‌های سلسله جبال زاگرس منشعب می‌شود و تا جنوب-شرقی ادامه دارد. طول آن ۲۸۰ کیلومتر است و به دریاچه بختگان می‌ریزد (وفاخواه ۲۰۰۵). پوشش گیاهی در آبخیز بختگان در ۴ رویشگاه مهم شامل کوهستانی، تپه ماهوری، دشتی- دامنه‌ای، دشتی- شوره‌زار- تالابی مشاهده می‌شود.

تعیین عامل‌های مؤثر بر فرسایش آبی و بادی

عامل‌های اقلیمی، خاکشناسی، پستی‌بلندی، پوشش گیاهی و ... از مجموعه عامل‌های مؤثر بر فرسایش آبی و بادی هستند (فرارسی ۱۹۹۰). برای مدل‌سازی مکانی فرسایش با مدل‌های یادگیری ماشین اولین گام تعیین و انتخاب عامل‌های مؤثر بر فرسایش است (محمدی‌فر و

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

همکاران ۲۰۲۱). بنابراین در این پژوهش ابتدا با بررسی منابع، عامل‌های تأثیرگذار بر فرسایش تعیین شد. نتایج این بررسی‌ها همراه با منبع استفاده شده در جدول ۱ آورده شده است.

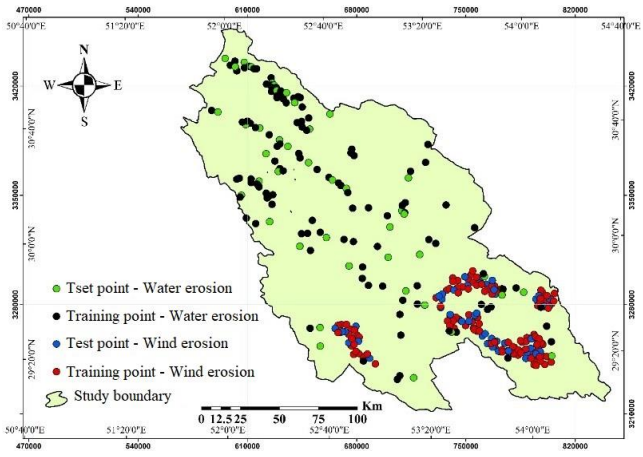
جدول ۱- عامل‌های تأثیرگذار در فرسایش آبی و بادی.

Table 1- Factors influencing on soil erosion by water and wind

Water erosion	Wind erosion	Data source and software
DEM, Elevation, Slope, Profile	Dem, Elevation, Slope, Aspect	https://earthexplorer.usgs.gov/ ArcGIS
Stream power index, Topographic wetness index, Roughness coefficient	Roughness coefficient	SAGA GIS
Clay, Silt, Sand, Bulk density, Coarse fragment, Organic carbon	Clay, Silt, Sand, Bulk density, Coarse fragment, Organic carbon, Cation exchange capacity, Nitrogen	https://soilgrids.org/
Soil moisture	Wind speed	https://cds.climate.copernicus.eu/ and https://earthexplorer.usgs.gov/
NDVI	NDVI	
Lithology, Land use, Distance from river	Lithology, land use	Iran Watershed Management and Natural Resource Organization
Precipitation		https:// worldclim.org/

تعیین نقاط فرسایشی

دومین ورودی به مدل‌های یادگیری ماشین در مدل‌سازی مکانی، نقاط فرسایشی است. در این پژوهش نقاط فرسایش بادی، با استفاده از نقشه‌ی کانون‌های ریزگرد مربوط به سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری و انجام بازدیدهای میدانی تعیین شد. نقاط فرسایش آبی با انجام بازدیدهای میدانی و مطالعه‌های پایه‌ی آبخیز بختگان (مطالعه‌های انجام‌شده در دوره‌های مختلف به‌وسیله‌ی اداره‌ی منابع‌طبیعی استان فارس) تعیین شد. تعداد نقاط فرسایش بادی ۱۶۲ نقطه و تعداد نقاط فرسایش آبی ۱۵۵ نقطه تعیین شد. سپس به‌شکل تصادفی ۳۰٪ نقاط برای ارزیابی و ۷۰٪ نقاط برای آموزش مدل‌ها، انتخاب شد (رحمتی و همکاران ۲۰۱۶). در شکل ۲ نقاط فرسایشی نشان داده شده است.



شکل ۲- نقشه‌ی نقاط فرسایش بادی و آبی.

Figure 2- Map of water and wind erosion points.

انتخاب ویژگی

در مبحث یادگیری ماشین و همچنین شناسائی آماری الگو، انتخاب ویژگی، یکی از مسائل مطرح است. ویژگی‌ها تأثیر زیادی بر عملکرد، دقت و کارایی سامانه دارند. عملیات انتخاب ویژگی مهم‌ترین بخش عملیات داده‌کاوی و مدل‌سازی هوشمند است (کورسا و رودنیکی ۲۰۱۰). چون، ویژگی‌های نامرتبط یا تا حدودی مرتبط می‌توانند تأثیر منفی بر عملکرد سامانه داشته باشند. پیاده‌سازی روش‌های انتخاب ویژگی اولین و مهم ترین مرحله در طراحی سامانه‌های هوشمند یادگیری هستند

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

(بریمن ۲۰۰۱). همچنین، وقتی که ابعاد فضای ویژگی داده‌ها بسیار زیاد است و معضل بعد وجود دارد، استفاده از مجموعه ویژگی‌های مناسب، هزینه‌های محاسبه‌ای لازم برای آموزش بهینه‌ی سامانه را بسیار کاهش می‌دهد (چتام‌ولی ۲۰۱۱). در این پژوهش از روش وایازی چند متغیره سازوار اسپلاین[6] MARS برای انتخاب ویژگی استفاده شد. این روش ترکیبی از وایازی اسپلاین[7]، برازش مدل با روش گام به گام[8] و افراز بازگشتی[9] است (اندرسون ۱۹۸۴). این روش، هم در مسائل وایازی و هم در مسائل رده بندی به‌کار گرفته می‌شود؛ یعنی اگر متغیر پاسخ از نوع کمی باشد، مسئله‌ی وایازی و اگر از نوع کیفی باشد، مسئله‌ی رده‌بندی است. این روش هنگامی که تعداد متغیرهای توضیحی زیاد است، عملکرد خوبی دارد و در شناسایی اثرات متقابل به‌طور مؤثر عمل می‌کند (چو و همکاران ۲۰۰۴). روش MARS، به جای استفاده مستقیم از متغیرها، توابعی از آن‌ها را به‌منظور مدل‌سازی به‌کار می‌برد؛ این توابع را توابع پایه‌ای[10] می گویند. در این پژوهش این روش با پکیج Earth در نرم‌افزار R انجام شد. به این منظور در نقاط فرسایشی اندازه‌ی متغیرهای ورودی استخراج شد. در این روش برای انتخاب متغیرهای اصلی از سه معیار nsubsets (تعداد زیرمجموعه مدل)، GCV[11] و RSS[12] استفاده شد. بنابراین عامل‌هایی که در تعداد زیاد زیرمجموعه‌ها باشد به‌عنوان متغیر مهم انتخاب می‌شوند. معیار RSS برآورد کاهش مجموع مربعات باقی‌مانده برای هر زیر مجموعه در مقایسه با زیر مجموعه‌ی قبلی است. معیار GCV نیز مشابه‌ی مفهوم RSS است با این تفاوت که از اعتبارسنجی متقاطع تعمیم‌یافته استفاده می‌شود (محمدی‌فر و همکاران ۲۰۲۱).

تست هم‌خطی

در این پژوهش برای تعیین هم‌خطی از سنجه‌های ضریب تحمل[13] و عامل تورم واریانس[14] استفاده شده است. اگر اندازه‌ی ضریب تحمل کمتر از ۰/۱ باشد و اندازه‌ی عامل تورم واریانس بزرگ‌تر از ۱۰ باشد، رابطه‌ی بین سنجه‌ها هم‌خطی است (چن و همکاران ۲۰۱۷). در این پژوهش اندازه های عددی هر یک از سنجه‌ها در مناطق فرسایشی استخراج شد و سپس در محیط SPSS تست هم‌خطی محاسبه شد.

مدل‌سازی با روش‌های یادگیری ماشین

در این پژوهش مدل‌سازی با دو روش جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان انجام شد.

روش جنگل تصادفی[15] (RF)

این دستورالعمل را نخستین بار لئو برایمن و آدل‌کاتلر ارائه و توسعه دادند. دستورالعمل جنگل تصادفی مبتنی بر دسته‌ای از درخت‌های تصمیم است و هم اکنون یکی از بهترین دستورالعمل‌های یادگیری است. اساس مدل پیش‌بینی‌کننده‌ی RF بر پایه‌ی میانگین‌گیری از نتایج به‌دست آمده از تمامی درخت‌های تصمیم مربوط استوار است و طبقه‌بندی بسیاری از مجموعه داده‌ها با آن صحت زیادی دارد. درختان تصادفی با در نظر گرفتن بردار ورودی، آن را با هر درخت در جنگل طبقه‌بندی کرده و خروجی آن، برچسب‌های طبقه‌ای هستند که اکثریت امتیاز را کسب کرده‌اند. در این مدل از دو عامل میانگین کاهشی دقت و میانگین کاهشی جینی برای تعیین اولویت تأثیر هر یک از عامل‌های مؤثر استفاده می‌شود (نیکودموس ۲۰۱۱).

روش ماشین بردار پشتیبان[16] (SVM)

دستورالعمل SVM یا روش ماشین پشتیبان بردار به‌وسیله‌ی وپینک بر پایه‌ی نظریه‌ی یادگیری آماری است که از حداقل ریسک ساختاری تبعیت می‌کند و برای ارزیابی و آزمون مجموعه‌ای از داده‌ها استفاده می‌شود (یاو و همکاران ۲۰۰۸). براساس نظریه‌ی یادگیری آماری، می‌توان سرعت خطای ماشین یادگیری را برای داده‌های طبقه‌بندی نشده، به‌عنوان رشد سرعت خطای تعمیم‌یافته، در نظر گرفت. در سال‌های اخیر به‌دلیل عملکرد خوب طبقه‌بندی و قابلیت تعمیم مناسب این دستورالعمل، توجه زیادی به آن شده است.

6 - Multivariate Adaptive Regression Spline
7 - Spline regression
8 - Stepwise model fitting
9 - Recursive partitioning
10 - Basis functions
11 - Generalized Cross Validation
12 - Residual Sum of Squares
13 - Tolerance
14- Variance inflation factor
15 - Random forest
16 - Support vector machines

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بعد از آماده‌سازی لایه‌ها و اطلاعات اولیه از ۷۰٪ نقاط برای آموزش مدل‌ها استفاده شد و نقشه‌های حساسیت فرسایش آبی و بادی با روش جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان تهیه شد. شایان ذکر است که تمام مراحل مدل‌سازی در نرم‌افزار R و با استفاده از بسته‌ی Caret انجام شد. پس از مدل‌سازی نقشه‌های رستری تولید شده وارد نرم‌افزار ArcMap شده و با استفاده از دستور Jenks (Natural Breaks) یا شکست‌های طبیعی به ۴ طبقه‌ی خطر کم (۰/۲۵- ۰)، حساسیت متوسط (۰/۵ – ۰/۲۵)، حساسیت زیاد (۰/۷۵ – ۰/۵) و حساسیت خیلی زیاد (۱- ۰/۷۵) تقسیم‌بندی شد.

اعتبارسنجی شبیه‌سازی

به‌منظور ارزیابی مدل از مساحت زیرمنحنی (AUC) استفاده شد. در منحنی ویژگی عمل‌گر نسبی (ROC) قدرت پیش‌بینی مدل با استفاده از شاخص سطح سلول هسته[17] (SCAI) دقت تفکیک طبقه‌ها بررسی و تأیید شد. مساحت زیر منحنی، درصد نقاط فرسایشی که به‌درستی به‌وسیله ی مدل پیش‌بینی شده است در مقابل درصد نقاطی که به‌درستی پیش‌بینی نشده است رسم شد. رابطه‌ی کمی- کیفی بین AUC و دقت پیش بینی که دامنه‌ی ۰/۵ تا ۱ را شامل می‌شود عبارت است از: ۱-۰/۹ دقت عالی، ۰/۹ – ۰/۸ دقت خیلی خوب، ۰/۸-۰/۷ دقت خوب، ۰/۷- ۰/۶ دقت متوسط و ۰/۶ – ۰/۵ دقت ضعیف (یسیل‌نکار ۲۰۰۵).

با توجه به این‌که برای ارزیابی مدل نمی‌توان از موقعیت نقاط فرسایشی استفاده کرد، از میان موقعیت نقاط فرسایشی، ۷۰٪برای اجرای مدل و۳۰٪ برای ارزیابی مدل استفاده شد (کنستانتین و همکاران ۲۰۱۱).

نتایج

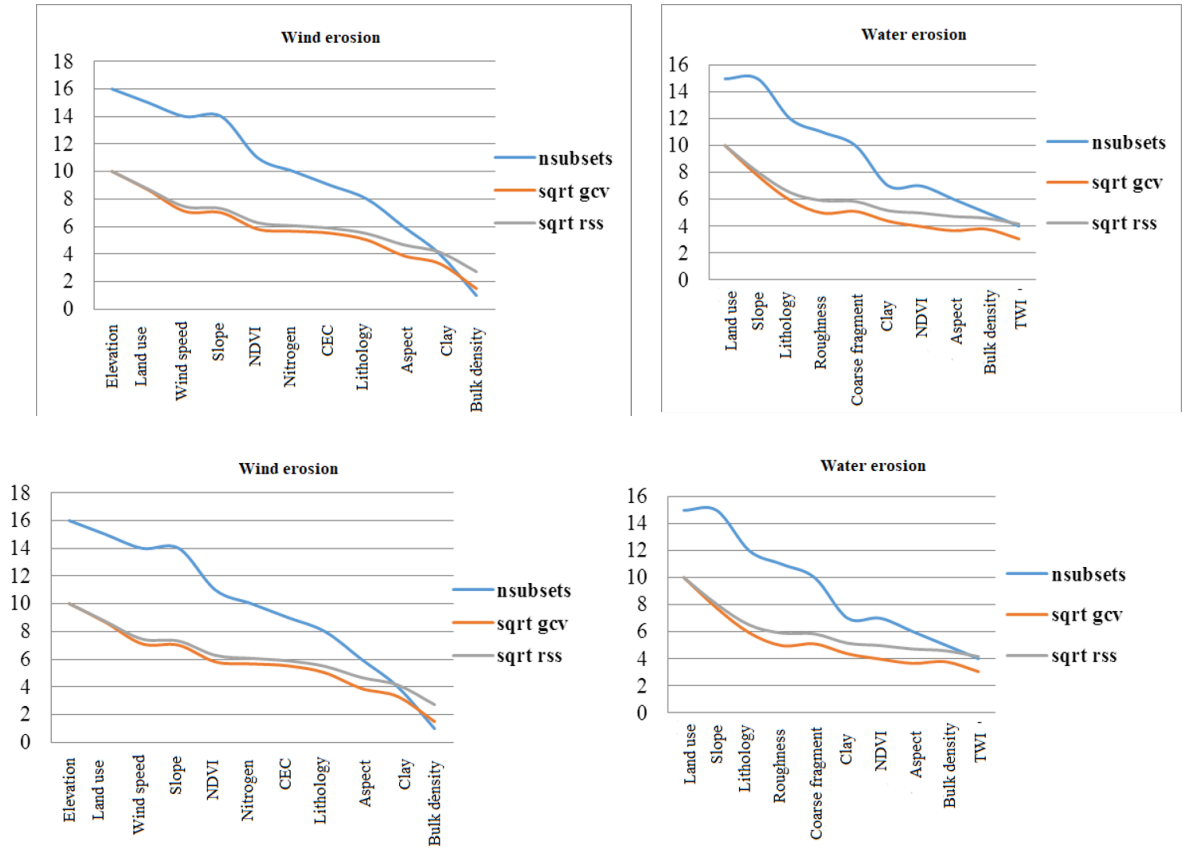
انتخاب ویژگی

متغیرهای انتخاب شده به‌وسیله‌ی MARS در شکل ۳ نشان داده شده است. در نمودار برای نمایش بهتر از معیار GCV و RSS جذر گرفته شده است. براساس نتایج، متغیرهای کاربری زمین‌ها، شیب، سنگ‌شناسی، زبری سطح خاک، بخش درشت دانه خاک، درصد رس، پوشش گیاهی، جهت شیب، وزن مخصوص خاک و شاخص رطوبت پستی‌بلندی به‌عنوان مهمترین عامل‌های مهارکننده‌ی فرسایش آبی شناسایی شدند. هم‌چنین مهمترین عامل‌های مهارکننده‌ی فرسایش بادی عبارت بودند از: بلندی، کاربری زمین‌ها، سرعت باد، شیب، پوشش گیاهی، نیتروژن خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی، سنگ‌شناسی، جهت شیب، درصد رس و وزن مخصوص خاک.

17 - Seed Cell Area Index

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



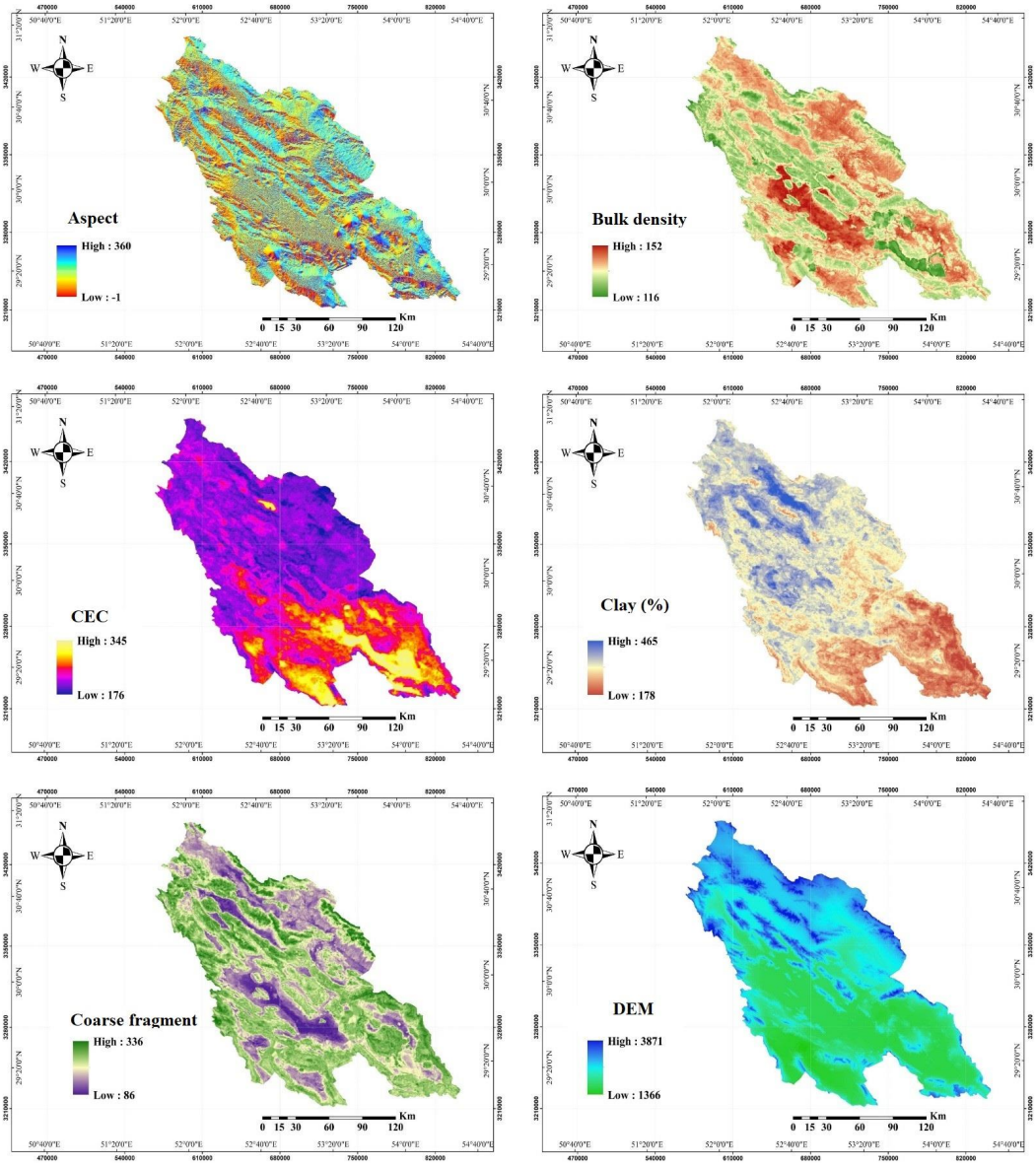
شکل ۳- متغیرهای انتخاب شده در فرسایش آبی و بادی.

Figure 3- Feature selected for water and wind erosion.

در این پژوهش برای فرسایش آبی ۱۰ متغیر و برای فرسایش بادی ۱۱ متغیر برای مدل‌سازی انتخاب شد (شکل ۳). نقشه‌های مربوط به این متغیرها در شکل ۴ نشان داده شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

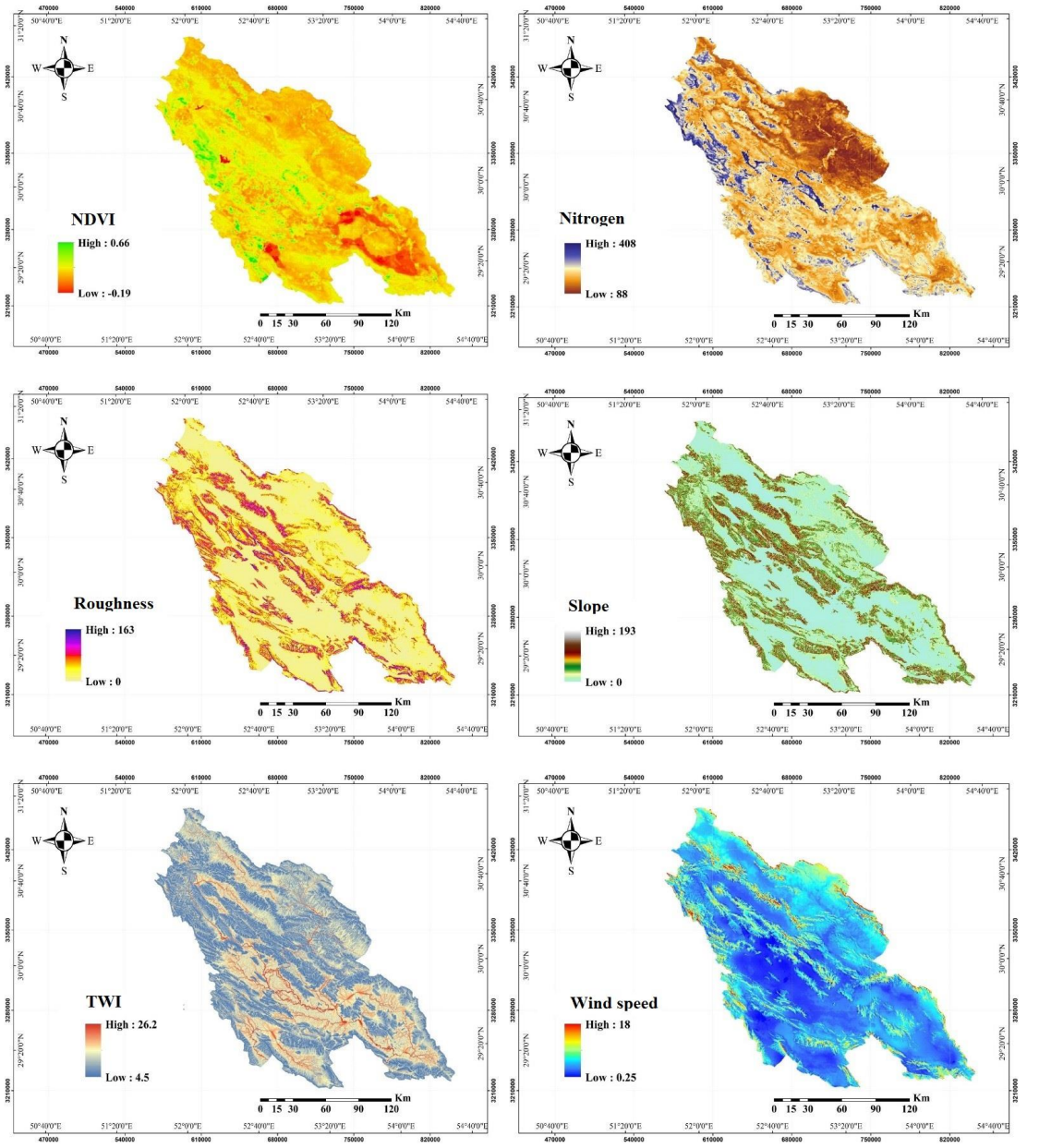


شکل ۴ (الف) - متغیرهای انتخاب شده در مدل‌سازی برای فرسایش آبی و بادی.

Figure 4 (a)- Features selected for modelling of water and wind erosion.

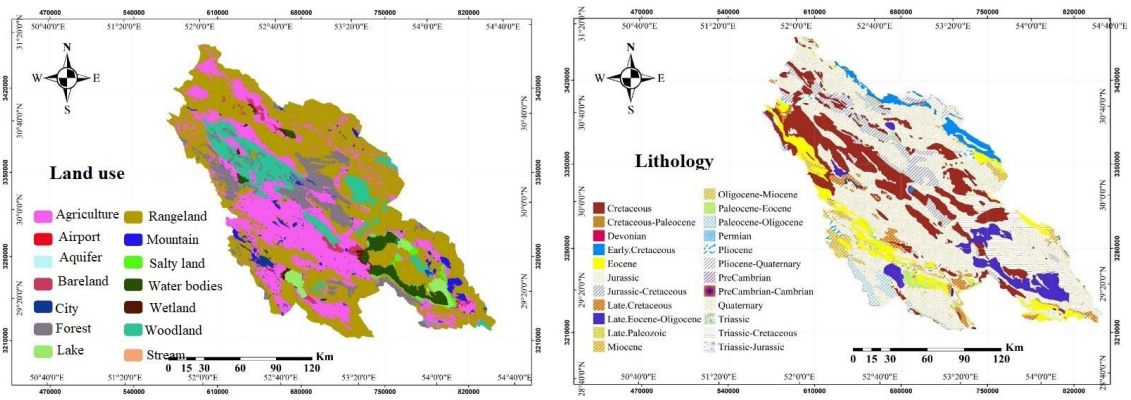
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۵ (ب) - متغیرهای انتخاب شده در مدل‌سازی برای فرسایش آبی و بادی.

Figure 4 (b)- Features selected for modelling of water and wind erosion.



شکل ۶ (ج)-متغیرهای انتخاب شده در مدل‌سازی برای فرسایش آبی و بادی.

Figure 4 (c)- Features selected for modelling of water and wind erosion.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

تست هم‌خطی

براســـاس نتایج این پژوهش، میان هیچ‌کـــدام از متغیرها رابطه‌ی هم‌خطی نبود. نتایج تست هم‌خطی در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج تست هم‌خطی در فرسایش آبی.

Table 2- The results of multicollinearity test for water erosion.

Feature	Multicollinearity test	
	TC	VIF
TWI	0.371	2.689
Roughness	0.125	8.542
Slope	0.146	8.082
Clay	0.473	2.115
Coarse fragment	0.115	8.684
Aspect	0.983	1.017
Aspect	0.273	3.663
Land use	0.304	3.287
Lithology	0.566	1.767
NDVI	0.67	1.493

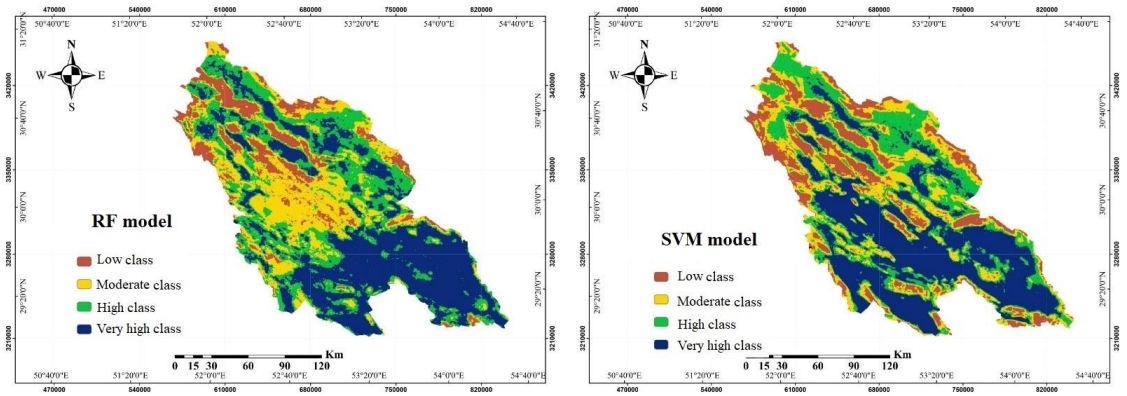
جدول ۳- نتایج تست هم‌خطی در فرسایش بادی.

Table 3- The results of multicollinearity test for wind erosion.

Feature	**Multocollinearity**	
	TC	**VIF**
Aspect	0.937	1.068
Bulk density	0.546	1.83
CEC	0.416	2.405
DEM	0.182	5.504
Land use	0.626	1.597
Lithology	0.678	1.475
NDVI	0.459	2.177
Slope	0.528	1.895
Clay	0.721	1.388
Nitrogen	0.649	1.541
Wind wpeed	0.226	4.428

نقشه‌های فرسایش آبی و بادی

نقشـــه‌های فرســـایش آبی و بادی تهیه شـــده به‌وسیله‌ی مدل‌های یادگیری در شـــکل‌های ۵ و ۶ نشـــان داده شده است.

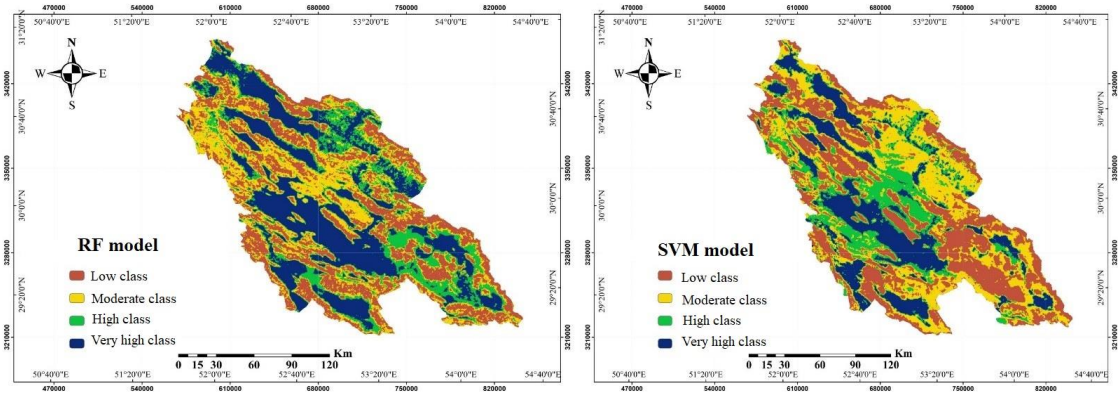


شکل ۷- نقشه‌های حساسیت زمین‌ها به فرسایش بادی با مدل جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان.

Figure 5- Maps of land susceptibility to wind erosion by RF and SVM models.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۸- نقشه‌های حساسیت زمین‌ها فرسایش آبی با مدل جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان.
Figure 6: Maps of land susceptibility to water erosion by RF and SVM models.

مساحت و درصد مساحت طبقه های حساسیت به فرسایش در مدلهای RF و SVM در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است.

جدول ۴-مساحت و درصد مساحت طبقه‌های حساسیت به فرسایش بادی.
Table 4- Area and percent of land susceptibility classes to water erosion.

Susceptibility class	RF model		SVM model	
	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)
Low	292354.4	9.3	180233	5.729
Moderate	766298	24.6	592503.2	18.833
High	900721.6	28.6	903167.6	28.708
Very high	1186699	37.7	1470192.6	46.731

جدول ۵- مساحت و درصد مساحت طبقه های حساسیت به فرسایش بادی.
Table 5: Area and percent of land susceptibility classes to wind erosion.

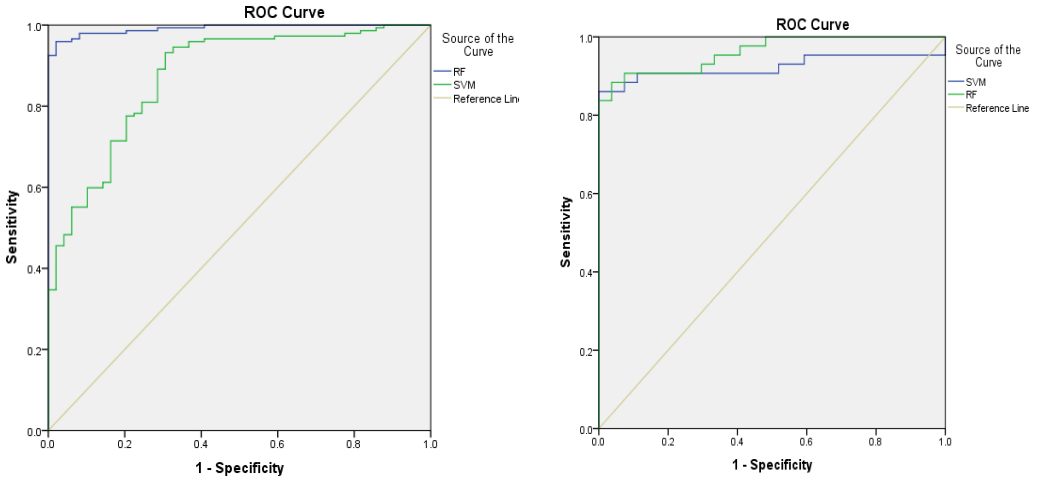
Susceptibility class	RF model		SVM model	
	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)
Low	424463.5	13.5	1537995.3	48.9
Moderate	1240209.7	39.4	703912.4	22.4
High	571396	18.2	361622	11.5
Very high	910113	28.9	542859	17.25

ارزیابی مدل‌های استفاده شده

پس از تهیه‌ی لایه‌های حساسیت با مدل‌های استفاده شده از ۳۰٪ نقاط برای اعتبارسنجی و ارزیابی استفاده شد. به این منظور نقاط اعتبارسنجی روی لایه‌های حساسیت فرسایش گذاشته شد و اندازه‌های ارزش هر لایه استخراج شد و برای تهیه‌ی منحنی ROC به نرم‌افزار SPSS منتقل شدند. منحنی‌های ROC در شکل ۷ نشان داده شده است. هم‌چنین مساحت زیرمنحنی (AUC) و سایر اطلاعات منحنی‌های ROC در جدول ۶ نشان داده شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۹- منحنی ROC در فرسایش بادی و آبی.

Figure 7- ROC for wind and water erosion.

جدول ۶- اندازه‌های AUC مدل‌های استفاده شده برای به نقشه در آوردن فرسایش خاک.

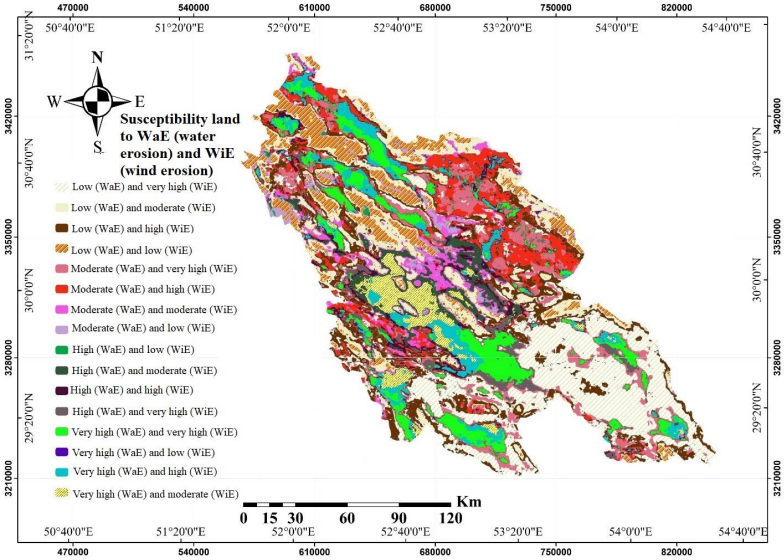
Table 6: AUC values for models used to map soil erosion.

Model		AUC	SD	Sig level	Confidence level	
					Low level	Upper level
Wind erosion	RF model	0.992	0.004	0.000	0.983	1
	SVM model	0.874	0.028	0.000	0.818	0.929
Water erosion	RF model	0.923	0.037	0.000	0.852	0.995
	SVM model	0.961	0.02	0.000	0.922	1

براساس نتایج این پژوهش هر دو مدل استفاده شده عملکرد خوبی در مدل‌سازی مکانی فرسایش آبی و بادی داشتند و انتخاب مدل بهتر مشکل بود (جدول ۶). با این حال مدل جنگل تصادفی در فرسایش بادی و مدل ماشین بردار پشتیبان در فرسایش آبی با بیشترین AUC و کم‌ترین اندازه‌ی انحراف معیار بهترین عملکرد را داشتند.

تلفیق فرسایش بادی و آبی

بعد از مدل‌سازی و ارزیابی مدل‌های استفاده شده، درنهایت برای تهیه‌ی یک نقشه‌ی نهایی از ترکیب فرسایش آبی و بادی، نقشه‌ی مربوط به جنگل تصادفی در فرسایش بادی و نقشه‌ی مربوط به ماشین بردار پشتیبان در فرسایش آبی، با توجه به عملکرد بهتر با یکدیگر ترکیب شدند. نتایج نقشه‌ی نهایی در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۱۰-نقشه‌ی ترکیبی فرسایش آبی و بادی.

Figure 8- Integrated map of soil erosion by water and wind.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مساحت طبقه های مربوط به نقشه‌ی ترکیبی در جدول ۷ نشان داده شده است. بیش‌ترین درصد مساحت مربوط به حساسیت کم در فرسایش آبی و حساسیت خیلی زیاد در فرسایش بادی بود که ۱۸٪ از مساحت کل منطقه بود.

جدول ۷-مساحت مربوط به طبقه های نقشه ترکیبی.

Table 7- Area of classes for integrated map of soil erosion.

Water erosion	Wind erosion	Area (ha)	Area (%)
low susceptibility	Low susceptibility	239619.3	7.62
low susceptibility	Moderate susceptibility	387525.3	12.32
low susceptibility	High susceptibility	343184.5	10.9
low susceptibility	Very high susceptibility	566112.3	18
Moderate susceptibility	Low susceptibility	45254	1.44
Moderate susceptibility	Moderate susceptibility	131702	4.2
Moderate susceptibility	High susceptibility	272468.1	8.67
Moderate susceptibility	Very high susceptibility	254240.1	8.1
High susceptibility	Low susceptibility	7107.5	0.23
High susceptibility	Moderate susceptibility	125403	4
High susceptibility	High susceptibility	105578.6	3.4
High susceptibility	Very high susceptibility	123483.6	3.9
Very high susceptibility	Low susceptibility	57	0.002
Very high susceptibility	Moderate susceptibility	121190.2	3.85
Very high susceptibility	High susceptibility	178956.2	5.7
Very high susceptibility	Very high susceptibility	242632.8	7.7

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش در آبخیز بختگان استان فارس ارزیابی کارایی دو روش جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان در تهیه‌ی نقشه‌ی حساسیت زمین‌ها نسبت به فرسایش آبی و بادی انجام شد. براساس نتایج ۷/۶، ۴/۲، ۳/۳ و ۷/۷ ٪ از کل آبخیز مطالعه شده، به‌ترتیب در طبقه‌های حساسیت کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد به خطر همزمان فرسایش آبی و بادی قرار گرفتند و بقیه‌ی آبخیز بختگان در سایر طبقه‌های خطر بودند. آبخیز بختگان به‌عنوان مهم‌ترین آبخیز استان فارس، در اثر تغییرات کاربری، تغییر اقلیم و فشار فزآینده انسان در معرض نابودی است و از نظر فرسایش بادی و فرسایش آبی شرایط حساسی دارد. در این پژوهش براساس نتایج انتخاب ویژگی MARS، سنگ‌شناسی به‌عنوان یکی از مهمترین عامل‌های مهارکننده‌ی فرسایش انتخاب شد و وجود سازندهای گروه فارس مانند گچساران، میشان و آغاجاری در این آبخیز همراه با دلیل‌های مزبور از علت‌های تشدید فرسایش آبی و بادی در این آبخیز بودند. با توجه به وسعت زیاد آبخیز و نبودن امکان اندازه‌گیری فرسایش به‌صورت مستقیم در سراسر آبخیز، استفاده از مدل‌سازی و به‌خصوص مدل‌های هوش مصنوعی به‌دلیل دقت، سادگی و نیاز کم به داده در اولویت می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که هر دو روش استفاده شده به‌همراه روش‌های سنجش از دور و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی ابزار قوی به‌منظور ارزیابی حساسیت زمین‌ها نسبت به فرسایش می‌باشند. از نظر روش‌شناختی، علم داده (DS) یک زمینه‌ی پژوهشی در حال گسترش است. این ظرفیت برای درک بهتر فرآیندهای پیچیده محیطی بسیار پراهمیت است.

براساس نتایج این پژوهش مدل‌های یادگیری ماشین توانایی زیادی در مدل‌سازی فرسایش آبی و بادی داشتند که با نتایج بردبار و همکاران (۲۰۲۲)، سنانایاک و همکاران (۲۰۲۲) و محمدی‌فر و همکاران (۲۰۲۱) هم‌خوانی داشت. هم‌چنین مدل جنگل تصادفی کارایی بسیار زیادی در مدل‌سازی مکانی داشت که با نتایج محمدی‌فر و همکاران (۲۰۲۱) هم‌راستا است. افزون بر این نتایج این پژوهش نشان داد که تلفیق خطر فرسایش بادی و آبی به‌وسیله‌ی مدل‌های یادگیری ماشین کمک زیادی به شناخت ظرفیت فرسایشی منطقه است که با نتایج بردبار و همکاران (۲۰۲۲) هم‌راستا است. نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان اطلاعات پایه به‌وسیله‌ی برنامه‌ریزان و مسئولان محلی به‌منظور ارزیابی، برنامه‌ریزی، مدیریت پایدار و حفاظت از منابع خاکی آبخیز بختگان در آینده استفاده شود. با توجه به هزینه‌بر بودن و زمان‌بر بودن آزمایش‌های خاک و نیز بازدیدهای میدانی، تهیه‌ی نقشه‌ی ظرفیت فرسایشی با استفاده از روش به‌کار گرفته شده در این پژوهش، در مناطق دیگر پیشنهاد می‌شود.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

فهرست منابع

Anderson TW, Anderson TW, Anderson TW, Anderson TW. 1958.¬An introduction to multivariate statistical analysis.¬New York: Wiley. pp. 1468-1482.

Bordbar M, Aghamohammadi H, Pourghasemi HR, Azizi Z. 2022. Multi-hazard spatial modeling via ensembles of machine learning and meta-heuristic techniques.¬Scientific Reports.¬12(1): 1451.

Breiman L. 2001. Random forests.¬Machine learning.¬45: 5-32.

Boroughani M, Pourhashemi S, Gholami H, Kaskaoutis DG. 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.

Carrara A, Cardinali M, Guzzetti F, Reichenbach P. 1995. GIS technology in mapping landslide hazard. In¬geographical information systems in assessing natural hazards,¬Dordrecht: Springer Netherlands. pp. 135-175.

Mirhashemi SH, Haghighat Jou P, Mirzaei F, Panahi M. 2020. The study of environmental and human factors affecting aquifer depth changes using tree algorithm.¬International Journal of Environmental Science and Technology.¬17: 1825-1834.

Chen W, Pourghasemi HR, Naghibi SA. 2018. Prioritization of landslide conditioning factors and its spatial modeling in Shangnan County, China using GIS-based data mining algorithms.¬Bulletin of Engineering Geology and the Environment.¬77: 611-629.

Chou SM, Lee TS, Shao YE, Chen IF. 2004. Mining the breast cancer pattern using artificial neural networks and multivariate adaptive regression splines.¬Expert Systems With Applications.¬27(1): 133-142.

Constantin M, Bednarik M, Jurchescu MC, Vlaicu M. 2011. Landslide susceptibility assessment using the bivariate statistical analysis and the index of entropy in the Sibiciu Basin (Romania).¬Environmental Earth Sciences.¬63: 397-406.

Dehbozorgi M, Jafari M, Malekian A, Zehtabian G, Fallah Shamsi SR. 2020. Assessment the instability and land degradation using fuzzy methods, hierarchical analysis and weighted linear combination (Case study: Bakhtegan Watershed, Fars).¬Journal of Range and Watershed Management.¬73(2): 321-335.

Ferraresi M. 1989. The regionalization of fluvial sediment yield in Emilia-Romagna (northern Italy).¬IAHS-AISH publication.¬191: 253-260.

Gholami H, Mohamadifar A, Collins AL. (2020). Spatial mapping of the provenance of storm dust: Application of data mining and ensemble modelling.¬Atmospheric Research.¬233: 104716.

Gholami H, Mohammadifar A, Golzari S, Kaskaoutis DG, Collins AL. 2021. Using the Boruta algorithm and deep learning models for mapping land susceptibility to atmospheric dust emissions in Iran.¬Aeolian Research.¬50: 100682.

Gholami H, Mohammadifar A, Fitzsimmons KE, Li Y, Kaskaoutis DG. 2023. Modeling land susceptibility to wind erosion hazards using LASSO regression and graph convolutional networks.¬Frontiers in Environmental Science.¬11: 1187658.

Gholami H, Mohammadifar A. 2022. Novel deep learning hybrid models (CNN-GRU and DLDL-RF) for the susceptibility classification of dust sources in the Middle East: A global source.¬Scientific Reports.¬12(1): 19342.

Guzzetti F, Carrara A, Cardinali M, Reichenbach P. 1999. Landslide hazard evaluation:

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

A review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy.¬Geomorphology.¬31(1-4): 181-216.

Kanungo DP, Arora MK, Sarkar S, Gupta RP. 2012. Landslide susceptibility zonation (LSZ) mapping–a review.

Kursa MB, Rudnicki WR. 2010. Feature selection with the Boruta package.¬Journal of Statistical Software.¬36: 1-13.

Lucà F, Conforti M, Robustelli G. 2011. Comparison of GIS-based gullying susceptibility mapping using bivariate and multivariate statistics: Northern Calabria, South Italy.¬Geomorphology.¬134(3-4): 297-308.

Mina M, Rezaei M, Sameni A, Ostovari Y, Ritsema C. 2022. Predicting wind erosion rate using portable wind tunnel combined with machine learning algorithms in calcareous soils, southern Iran.¬Journal of Environmental Management.¬304: 114171.

Mohammadifar A, Gholami H, Comino JR, Collins AL. 2021. Assessment of the interpretability of data mining for the spatial modelling of water erosion using game theory.¬Catena.¬200: 105178.

Nasrnia F, Zibaei M. 2017. Determination farmers' vulnerability patterns to drought in Iran: case study of Bakhtegan Basin.¬Agricultural Economics Research.¬9(34): 1-37.

Nicodemus KK. 2011. On the stability and ranking of predictors from random forest variable importance measures.-Briefings in Bioinformatics.¬12(4): 369-373.

Pournader M, Ahmadi H, Feiznia S, Karimi H, Peirovan HR. 2018. Spatial prediction of soil erosion susceptibility: an evaluation of the maximum entropy model.¬Earth Science Informatics.¬11: 389-401.

Rahmati O, Pourghasemi HR, Melesse AM. 2016. Application of GIS-based data driven random forest and maximum entropy models for groundwater potential mapping: a case study at Mehran Region, Iran.¬Catena.¬137: 360-372.

Rezaei M, Mohammadifar A, Gholami H, Mina M, Riksen MJ, Ritsema C. 2023. Mapping of the wind erodible fraction of soil by bidirectional gated recurrent unit (BiGRU) and bidirectional recurrent neural network (BiRNN) deep learning models.¬Catena.¬223: 106953.

Safaei M, Omar H, Yousof ZB, Ghiasi V. 2010. Applying geospatial technology to landslide susceptibility assessment.-Electronic Journal of Geotechnical Engineering.¬15(G): 677-696.

Senanayake S, Pradhan B. 2022. Predicting soil erosion susceptibility associated with climate change scenarios in the Central Highlands of Sri Lanka.¬Journal of Environmental Management.¬308: 114589.

Talukdar S, Naikoo MW, Mallick J, Praveen B, Sharma P, Islam AR. MT., ... Rahman A. 2022. Coupling geographic information system integrated fuzzy logic-analytical hierarchy process with global and machine learning based sensitivity analysis for agricultural suitability mapping.¬Agricultural Systems.¬196: 103343.

Vafakhah M, Rajabi M. 2005. Efficiency of meteorological drought Indices for monitoring and assessment of drought in Bakhtegan, Tashk, and Maharlo Lakes Watershed.

Van Westen CJ, Van Asch TW, Soeters R. 2006. Landslide hazard and risk zonation—why is it still so difficult?.¬Bulletin of Engineering Geology and the Environment.¬65: 167-184.

Yao X, Tham LG, Dai FC. 2008. Landslide susceptibility mapping based on support vector machine: A case study on natural slopes of Hong Kong, China.¬Geomorphology.¬101(4): 572-582.

Yesilnacar EK. 2005)¬The application of computational intelligence to landslide susceptibility mapping in Turkey. University of Melbourne, Department. 200 p.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

Watershed Management Research

ISSN: 2981-2038

Agricultural Research, Education and Extension Organization

Integrated Modeling of Soil Erosion by Water and Wind Using Machine Learning Methods

Mehdi Jalali[1], Hamid Gholami[*2], Marzieh Rezaie[3], Ebrahim Omidvar[4]

1-Ph.D. Student, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resource Engineering, University of Hormozgan, Bandar-Abbas, Iran

2- Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resource Engineering, University of Hormozgan, Bandar-Abbas, Iran

3- Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resource Engineering, University of Hormozgan, Bandar-Abbas, Iran

4- Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran

Extended Abstract

Introduction and objective

Soil erosion by water and wind is one of the biggest environmental threats worldwide which it has various negative consequences such as soil degradation, mitigation of soil fertility, depletion of nutrients and micro-elements, degradation of soil structure, dust storms, reservoir siltation, and etc. on the natural and anthropogenic ecosystems. Therefore, accurate information of land susceptibility to soil erosion hazard by water and wind, and production of spatial maps of these hazards are necessary for mitigation of their consequences. Therefore, the goal of this research is application of two machine learning models for the spatial modelling of water and wind erosion in the Bakhtegan basin, Fars province.

Materials and methods

In order to generate the spatial maps of soil erosion by water and wind, we have used 20 and 16

Article Type: Research Article

***Corresponding Author E-mail:** hgholami@hormozgan.ac.ir

Citation: Jalali, M., Gholami, H., Rezaie, M., Omidvar, E. 2023. Integrated modeling of erosion by water and wind using machine learning methods. Watershed Management Research. 36(3): 128-145.

DOI:10.22092/WMRJ.2022.358127.1458

Received: 11 April 2022, **Received in revised form:** 16 August 2022, **Accepted:** 21 September 2022, **Published online:** 23 September 2023

Watershed Management Research, VOL. 36, No.3, Ser. No: 140, Autumn 2023, pp.128-145.

Publisher: Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

©Author(s)

CC BY

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

effective factors on water and wind erosion, respectively. Before the modelling stage, the multivariate adaptive regression spline (MARS) feature selection algorithm and multicollinearity test were used to identify the most important factors controlling water and wind erosion. In next stage, two random forest and support vector learning machine techniques were applied to model soil erosion. Area under curve (AUC) was applied to assess the model performance.

Result and discussion

According to results, land use, slope, lithology, roughness, coarse fragment, clay, vegetation cover, aspect, soil bulk density and topographic wetness index were identified as the most important factors controlling water erosion. The most important factors controlling wind erosion are including elevation, land use, wind speed, slope, vegetation cover, soil nitrogen, cation exchange capacity, lithology, aspect, clay and bulk density. The AUC value for wind erosion map generated by random forest model was 99, and for water erosion map produced by support vector machine is 96. Finally, we integrated two maps and results indicate an area of study area about 18% has very high susceptibility to wind erosion and low susceptibility to water erosion.

Conclusion and suggestions

Due to study area has several lakes consisting of Bakhtegan, Maharlo and Tashk, and also several dams, it is so important to supply water for different purposes such as drinking, agricultural, industry and environment. In case of not paying attention to this challenge especially wind erosion in the study area, this case study especially dried beds for lakes can play as sources for generating dust particles. Therefore, the findings of this research can use by managers to mitigate negative effects of this phenomena.

Key Words: Area under curve (AUC), Bakhtegan basin, multivariate adaptive regression spline (MARS), random forest (RF), support vector machine (SVM) model

Archive of SID.ir