

بررسی کاربری اراضی و خصوصیات شیمیایی-فیزیکی خاک بر سرعت آستانه فرسایش بادی با استفاده از داده کاوی

محمد رضا آزاد اسلامیه^۱، سعیده کلانتری^{۲*}، مصطفی شیرمردی^۳، مهدی تازه^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۱۲

چکیده

مقدار فرسایش بادی ارتباط مستقیمی با سرعت آستانه فرسایش بادی دارد. سرعت آستانه نیز تحت تأثیر عواملی چون ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و نوع کاربری اراضی است. بدین منظور، ابتدا نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه تهیه شد، سپس نمونه برداری تصادفی در رخساره‌ها صورت گرفت. با استفاده از دستگاه تونل باد قابل حمل در نقاط تعیین شده، سرعت آستانه فرسایش بادی اندازه‌گیری و نمونه خاک آن به آزمایشگاه منتقل شد. سپس نتایج، در نرم‌افزارهای آماری SPSS24 و WEKA با استفاده از الگوریتم‌های داده کاوی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج داده کاوی نشان داد تأثیر خصوصیات کاربری اراضی شامل تاغ کاری، زراعت فعال و سنگفرش سطحی، به ترتیب ۱۰۰، ۴۰ و ۵۰٪ است. بالاترین تأثیر خصوصیات فیزیکی، رطوبت و به میزان ۱۰۰٪ است. بالاترین درصد تأثیر خصوصیات شیمیایی مربوط به ماده آلی و کربن آلی به مقدار ۱۰۰٪ است. نتایج آماری نشان داد که افزایش پارامترهای درصد سنگریزه، سیلت و شن می‌تواند باعث افزایش سرعت آستانه فرسایش بادی شود. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین تأثیر بر سرعت آستانه مربوط به ماده آلی و کربن آلی است که این دو عامل در اثر وجود درختان و بوته‌ها به وجود می‌آید و می‌تواند تأثیر بسزایی در مقدار فرسایش خاک داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: دستگاه سنجش فرسایش بادی، ویژگی‌های خاک، الگوریتم درخت تصمیم، رخساره‌های ژئومورفولوژی.

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

۲. استادیار گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، نویسنده مسئول، skalantari@ardakan.ac.ir

۳. استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

۴. استادیار گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

* این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اردکان است.

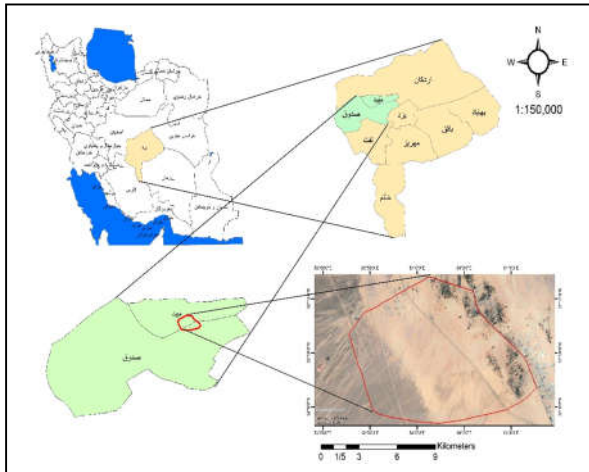
مقدمه

فرسایش بادی و عامل باد پدیده‌هایی هستند که در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک به شدت سبب دگرگونی محیط زیست، تغییر کیفیت آب‌وهوا، تهدید سلامت جامعه و سایر مسائل اقتصادی و اجتماعی می‌شوند. بررسی آنچه سبب بروز چنین مشکلاتی می‌شود به دلیل گستردگی و تنوع عوامل دخیل در آن، کار بسیار مشکلی است. عواملی همچون آب‌وهوا، کاربری و مدیریت اراضی، خصوصیات ذاتی خاک و زبری سطح آن و فیزیوگرافی منطقه، هرکدام به تنهایی و یا در کنار هم معضل فرسایش بادی را تشدید می‌کنند. بافت خاک سطحی در میزان فرسایش‌پذیری خاک بسیار مؤثر است، بنابراین پیدا کردن شاخص فرسایش‌پذیری خاک امری مهم و کارآمد به حساب می‌آید. خاک‌ها در یک منطقه با اجزایی که دارند و شرایط طبیعی آن منطقه نسبت به فرسایش هرکدام رفتار خاصی از خود نشان می‌دهند. بنابراین ضرورت و لزوم بررسی هریک از این عوامل و یا مجموعه آن‌ها موضوعات متنوعی است تا به سختی بتوان دریافت که هرکدام از آن‌ها چقدر در بروز پدیده مخرب فرسایش نقش دارند. در این تحقیق سعی خواهد شد خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و اثرات آن‌ها بر فرسایش‌پذیری بادی مطالعه شود. فرایندهای ژئومورفیک در زندگی و فعالیت‌های انسان، آثار قابل توجهی دارد (تازه، ۲۰۱۵). فرسایش بادی از مهم‌ترین فرایندهای شکل‌زا و تأثیرگذار بر محیط طبیعی و زندگی بشری در مناطق خشک به حساب می‌آید (توکلی‌فرد و همکاران، ۲۰۱۴). باد در محیط‌های بیابانی مؤثرتر عمل می‌کند (افراسیابی و همکاران، ۲۰۱۹). فرسایش بادی باعث هدررفت کربن آلی و ذرات ریز از سطح خاک شده و از این رو در بیشتر موارد، زوال کیفیت خاک را در پی دارد (محمودآبادی و رجب‌پور، ۲۰۱۷؛ دستورانی و همکاران، ۲۰۰۸). گردوغبار یکی از مخاطرات طبیعی است که عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان رخ می‌دهد و به همین دلیل یکی از معضلات اصلی کشور ایران نیز به شمار می‌رود (خسروی و همکاران، ۲۰۲۰). برای مدیریت صحیح برای جلوگیری از فرسایش و حفاظت خاک، بررسی شناخت

علل و عوامل ایجاد فرسایش کاملاً ضروری است (زهتاییان و همکاران، ۲۰۱۳). به علت کمبود مواد آلی آسیب‌پذیری خاک‌های مناطق خشک به عوامل فرسایش‌دگی زیاد است (نورزاده حداد، ۲۰۱۵). سرعتی که موجب حرکت و جابه‌جایی اولین ذرات خاک از سطح زمین می‌گردد، سرعت آستانه فرسایش نام دارد. مدیریت نادرست در عرصه‌های منابع طبیعی، در افزایش این پدیده تأثیر زیادی داشته است. بارندگی، درجه حرارت و باد از مهم‌ترین عوامل آب‌وهوایی است که در این پدیده تأثیر دارند (حنیفه‌پور و همکاران، ۲۰۱۳). از اهداف ژئومورفولوژیست‌ها به دست آوردن روابط بهتر درک واقعیت‌های فیزیکی محیط است (تازه، ۲۰۰۴). اندازه‌گیری عوامل مؤثر بر فرسایش بادی در شرایط طبیعی حوزه آبخیز، همواره مشکل و هزینه‌بر بوده است (خسروی و همکاران، ۲۰۲۰)؛ از این رو، استفاده از تونل باد به عنوان یکی از روش‌های جایگزین قابل اجرا مورد توجه محققان قرار گرفته است. تاکنون مطالعات زیادی برای شناسایی شاخص‌های مناسب تأثیرگذار بر فرسایش بادی صورت گرفته است (کارگران و همکاران، ۲۰۱۷). با استفاده از تونل باد می‌توان تأثیر سرعت باد و خصوصیات خاک و همچنین فرایندهای حمل ذرات را در شرایط کنترل‌شده مورد بررسی قرار داد. همچنین آگاهی از انواع پوشش سطح زمین، به عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (فتحی‌زاد و همکاران، ۲۰۱۶).

آگاهی از تغییرات مکانی سرعت آستانه فرسایش بادی با بهره‌گیری از روش‌های دقیق و کم‌هزینه اهمیت زیادی در فعالیت‌های بیابان‌زدایی دارد (ارباب و همکاران، ۲۰۱۸). امروزه به دلیل حجم بالای داده‌ها سعی بر آن شده است تا با صرف کمترین هزینه، بهترین بهره‌وری و استخراج اطلاعات از داده‌ها انجام پذیرد. نظر به گسترش سیستم پایگاه داده و ایجاد ابزارهای متعدد برای ذخیره حجم بالایی از اطلاعات، داده‌کاوی به عنوان یکی از شاخه‌های علوم بین‌رشته‌ای توسعه روزافزون یافته است. داده‌کاوی یکی از روش‌های مناسب برای این کار به شمار می‌رود. داده‌کاوی به معنای استخراج دانش از مقدار زیادی داده خام است که به عنوان یک مرحله

میلی متر و اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن فراخشک سرد است. از نظر زمین‌شناسی مواد تشکیل‌دهنده منطقه را عموماً رسوبات کواترنری متوسط تا ریزدانه تشکیل می‌دهند. از لحاظ ژئومورفولوژی منطقه مطالعاتی در دو تپ دشت سر پانداژ و پوشیده واقع شده است (شکل ۱).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
Figure (1): Geographical location of study area

با استفاده از تصاویر هوایی و همچنین بازدیدهای میدانی، مرز مطالعاتی برای منطقه در نظر گرفته شد. برای سهولت در انجام کار از نرم‌افزارهای Google Earth و GIS استفاده شد. نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی با استفاده از GIS تهیه شد. بر اساس وسعت منطقه و رخساره‌های موجود شبکه نمونه‌برداری به تعداد چهل نقطه به صورت تصادفی در منطقه مطالعاتی پیاده‌سازی شد و با استفاده از جی پی اس این نقاط در منطقه مشخص گردید (شکل ۲). با توجه به اینکه با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی نیاز به فصل بادهای فرساینده نیست، نمونه‌برداری در اواخر فصل پاییز و قبل بارندگی سال آبی جدید صورت گرفته است تا کمترین میزان رطوبت و تغییرات فیزیکی و شیمیایی در خاک منطقه وجود داشته باشد. در آزمایش سرعت آستانه ابتدا دستگاه سنجش فرسایش بادی بر روی نقطه مورد نظر قرار می‌گیرد و سپس سرعت باد ایجادشده توسط دستگاه به طور آهسته افزایش می‌یابد تا به سرعت آستانه فرسایشی برسد. سرعت آستانه فرسایش بادی در این منطقه ۵/۶ متر بر ثانیه است (اختصاصی و همکاران، ۲۰۱۶). این آزمایش در تمام چهل موقعیت مکانی انجام شد. سپس نمونه‌برداری از

از فرایند استخراج دانش شناخته می‌شود (مرتضوی‌فر و همکاران، ۲۰۱۴). داده‌کاوی به فرد این امکان را می‌دهد تا بتواند از اطلاعاتی که در انبوه داده‌ها مخفی یا پنهان شده است استفاده و آن‌ها را استخراج کند. داده‌کاوی یکی از پیشرفت‌های اخیر در راستای فناوری‌های مدیریت داده‌هاست. نرم‌افزارهای داده‌کاوی، داده‌ها را آنالیز و الگوهای داده‌ای را کشف می‌کنند که می‌توان از آن در کاربردهای مختلف استفاده کرد (طاهری و همکاران، ۲۰۱۰).

فرسایش بادی در مناطق خشک، خساراتی جبران‌ناپذیر دارد که برای تمام موجودات زنده خطرآفرین است. بنابراین به دست آوردن شاخص فرسایش‌پذیری خاک امری مهم و کارآمد به حساب می‌آید. مقدار سرعت آستانه فرسایش بادی تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و نوع کاربری اراضی است. در تحقیق حاضر برای دستیابی به تأثیر خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک منطقه کانال باد میبد شامل سدیم، کلسیم، منیزیم، کربن آلی، ماده آلی، شوری، نسبت جذب سدیم، وزن مخصوص، میزان شن و رس و سیلت، درصد سنگریزه خاک، رطوبت و بافت خاک و کاربری اراضی بر روی سرعت آستانه فرسایش بادی استفاده از هوش مصنوعی و داده‌کاوی اطلاعات حاصل در اولویت قرار گرفت و برای همین منظور از داده‌کاوی به وسیله الگوریتم درخت تصمیم استفاده شد. این الگوریتم برای مجموعه‌های داده عددی یا رده‌ای، درخت تصمیم‌گیری یک‌سطحی می‌سازد و با مقادیر از دست‌رفته، به صورت مقادیر مجزا برخورد کرده و شاخه‌ی سومی از درخت توسعه می‌دهد (فتحی‌زاد و همکاران، ۲۰۱۷).

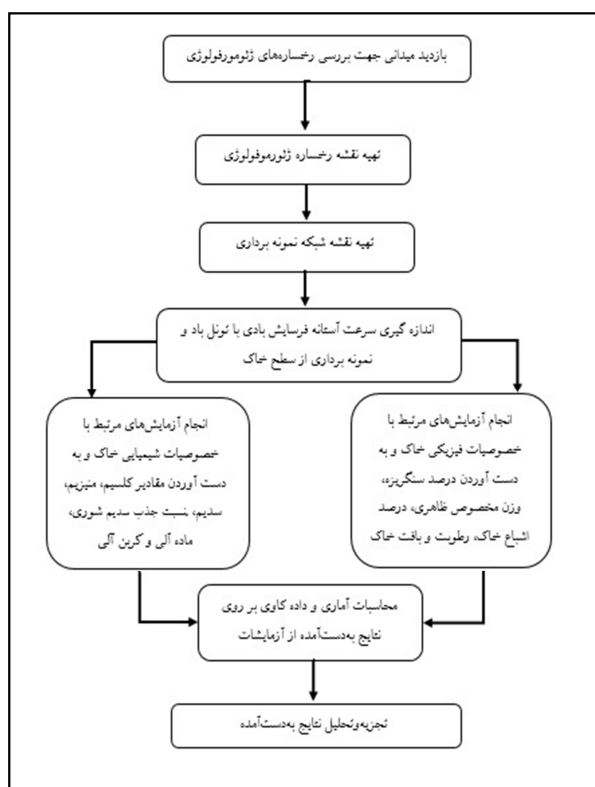
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

منطقه کانال باد میبد با در موقعیت جغرافیایی $32^{\circ} 07' 00''$ تا $32^{\circ} 11' 00''$ عرض شمالی و $53^{\circ} 56' 00''$ تا $54^{\circ} 06' 00''$ طول شرقی در شمال استان یزد واقع شده است. از نظر مطالعات فیزیوگرافی، منطقه دارای شیب حداکثر ۲٪ و شیب متوسط ۵/۵٪ می‌باشد. دامنه ارتفاعی آن بین ۱۱۱۶ تا ۱۱۷۹ متر متغیر است. متوسط بارندگی سالیانه آن در حدود ۶۰

متفرقه تقسیم شده‌اند. برای این پژوهش از الگوریتم trees استفاده شده است.

با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم، درصد تمام پارامترها در میزان سرعت آستانه تعیین شد. همچنین در نرم افزار SPSS24 نیز این پارامترها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نمودار رفتاری آن‌ها در مقابل یکدیگر و میزان همبستگی آن‌ها تعیین شد. طرح‌واره پژوهش در شکل (۴) آورده شده است.



شکل (۴): طرح‌واره پژوهش

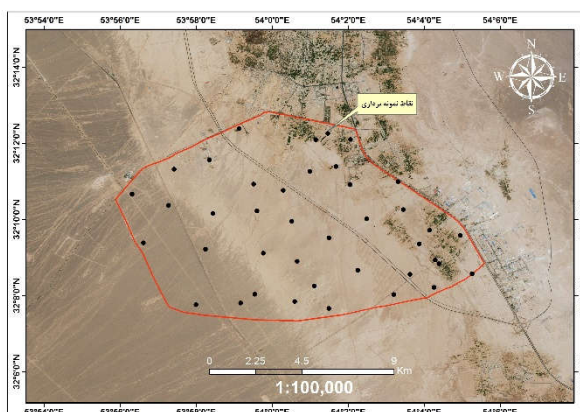
Figure (4): Research flowchart

نتایج

– کاربری اراضی

با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم رابطه بین خصوصیات کاربری اراضی تمام نقاط با سرعت آستانه بررسی و نتایج آن استخراج شد. همچنین مقدار تأثیر هر پارامتر بر مقدار سرعت آستانه فرسایشی به دست آمد. نتایج داده‌کاوی در جدول (۱) نشان می‌دهد که پارامترهای کاربری اراضی در کنار هم همبستگی بالایی برای تأثیرگذاری بر سرعت آستانه فرسایشی دارند و خصوصیات کاربری اراضی در سرعت آستانه ثانویه تأثیر بیشتری دارند.

خاک سطحی (۵-۰ سانتی متری سطح خاک) انجام گرفت (شکل ۳) و در آزمایشگاه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اعم از سدیم، کلسیم، منیزیم، کربن آلی، ماده آلی، شوری، نسبت جذب سدیم، وزن مخصوص، میزان شن، رس و سیلت، درصد سنگریزه خاک، رطوبت و بافت خاک اندازه‌گیری شد.



شکل (۲): پراکنش نقاط نمونه برداری

Figure (2): Distribution of sampling points



دستگاه سنجش فرسایش بادی

نمونه برداری از عمق (۰-۵ سانتی متری)

شکل (۳): آزمایش تونل باد و نمونه برداری سطحی

Figure (3): Wind tunnel testing and surface sampling

در گام بعد برای به دست آوردن نقش هر کدام از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی بر سرعت آستانه فرسایشی، از نرم افزار weka 3.8 استفاده شد. این نرم افزار مجموعه‌ای از الگوریتم‌های روز یادگیری ماشینی و ابزارهای پیش‌پردازش داده‌هاست. این محیط شامل روش‌هایی برای همه مسائل استاندارد داده‌کاوی مانند رگرسیون، رده‌بندی، خوشه‌بندی، کاوش قواعد انجمنی و انتخاب ویژگی است. نرم افزار مذکور الگوریتم‌های مختلفی دارد که به رده‌بندهای Bayesian, lazy, functions rules, trees و دسته‌نهایی شامل روش‌های

وجود یا عدم وجود سنگفرش در مقدار سرعت آستانه ثانویه تأثیر بالاتری دارد. شاید بتوان این امر را به علت وجود سله رسی در منطقه دانست که می‌تواند از باد بردگی خاک جلوگیری کند (تازه و همکاران، ۲۰۱۸)؛ اما موقعی که این سله رسی وجود نداشته باشد، سنگفرش سطحی تأثیر بالاتری دارد. در مورد سله رسی در سطح خاک در هر دو سرعت آستانه، تأثیر برابری وجود دارد و می‌توان عملکرد تاغ‌کاری‌ها و سنگفرشی سطحی را معادل عملکرد سله رسی دانست.

جدول (۲): میزان تأثیر خصوصیات کاربری اراضی در سرعت آستانه اولیه و ثانویه

پارامتر	سرعت آستانه اولیه	سرعت آستانه ثانویه
تاغ کاری	٪۱۰	٪۱۰۰
وضعیت تاغ	٪۱۰	٪۱۰
زراعت	٪۲۰	۰
وضعیت زراعت	٪۶۰	٪۴۰
پوشش گیاهی	۰	۰
سنگفرش	٪۱۰	٪۵۰
سله رسی	٪۱۰	٪۱۰

پارامترهای فیزیکی

در بخش تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم خصوصیات فیزیکی تمام نقاط با سرعت آستانه بررسی و نتایج آن استخراج و همچنین مقدار تأثیر هر پارامتر بر مقدار سرعت آستانه فرسایشی به دست آمد. نتایج داده‌کاوی در جدول (۳) نشان می‌دهد که پارامترهای فیزیکی در کنار هم همبستگی بالایی برای تأثیرگذاری بر سرعت آستانه دارند. طبق نتایج آماری به دست آمده از این جدول مشخص شد که خصوصیات فیزیکی در سرعت آستانه ثانویه بیشترین تأثیر را دارند؛ لذا برای بررسی همبستگی و روند تأثیرگذاری از سرعت آستانه ثانویه استفاده شده است.

جدول (۱): مقادیر خطا و دقت در روش درخت تصمیم بین خصوصیات کاربری اراضی با سرعت آستانه اولیه و ثانویه

Table (1): Error and accuracy values in the decision tree method between land use characteristics with primary and secondary threshold velocities

پارامترهای آماری کاربری اراضی	سرعت آستانه اولیه	سرعت آستانه ثانویه
Correlation coefficient	۰/۷۴	۰/۵۵
Kandall s tau	۰/۵۶	۰/۳۷
Mean absolute logarithmic error	۰/۰۵۷	۰/۰۵۰
Mean absolute percentage error	۰/۰۶۲	۰/۰۵۵
Root mean square logarithmic error	۰/۰۸۰	۰/۰۶۲
Root mean square percentage error	۰/۰۸۹	۰/۰۶۹
Spearman s rho	۰/۷۰	۰/۵۱
Mean absolute error	۰/۶۹	۰/۵۰
Root mean squared error	۰/۹۸	۰/۶۳
Relative absolute error (%)	۴۹/۵۷	۸۳/۵۵
Root relative squared error (%)	۶۷/۰۶	۸۳/۴۹

در جدول (۲)، درصد تأثیر تاغ‌هایی که به صورت دستی کاشته شده‌اند، در مقدار سرعت آستانه اولیه بسیار پایین و برابر ٪۱۰ است؛ اما وقتی سله رسی از بین می‌رود، این تاغ‌کاری‌ها درصد تأثیر بسیار بالایی در سرعت آستانه از خود نشان می‌دهند و این عامل تا ٪۱۰۰ افزایش می‌یابد. وضعیت سرسبزی تاغ‌کاری‌ها در هر دو سرعت آستانه به طور مساوی است و این نشان می‌دهد که وجود فقط یک مانع می‌تواند در سرعت آستانه تأثیر داشته باشد. درباره وضعیت وجود یا عدم وجود کشت و زراعت در منطقه، یک نتیجه قابل توجه به دست آمده و آن هم تأثیر ۶۰ درصدی این پارامتر در مقدار سرعت آستانه فرسایشی است. این بدان معناست که در مناطق کشاورزی شده می‌توان تا ٪۶۰ از سرعت باد را کاهش داد و به عکس در مناطق زراعی که کشت انجام نشده است سرعت آستانه کاهش می‌یابد. تراکم پوشش گیاهی بوته‌ای چندساله در منطقه بسیار پایین بوده و عملاً تأثیر قابل توجهی در مقادیر سرعت آستانه فرسایش بادی نداشته و هدف از بررسی پوشش گیاهی تأثیر کاربری اراضی بوده است. در مورد سنگفرش سطحی می‌توان اینطور برداشت کرد که

فرسایش پذیری کم شده که یک روند مورد اطمینان است؛ بر اساس این نتایج می توان تفسیر کرد که درصد رس می تواند بر شاخص فرسایش پذیری تأثیرگذار باشد و شاخص را کاهش دهد.

با افزایش درصد سنگریزه لایه محافظتی در خاک سطحی ایجاد شده و باعث افزایش سرعت آستانه فرسایشی شده است.

با توجه به وجود ارتباط بین دو پارامتر رطوبت و شاخص فرسایش پذیری، این نتیجه حاصل شد که رطوبت بر میزان شاخص فرسایش پذیری تأثیر داشته است.

جدول (۴): میزان تأثیر پارامترهای فیزیکی خاک در سرعت آستانه اولیه و ثانویه

Table (4): impact rate of soil physical properties on primary and secondary threshold velocities

سرعت آستانه ثانویه	سرعت آستانه اولیه	خصوصیات فیزیکی
٪۴۰	٪۲۰	sp
٪۲۰	٪۱۰	وزن مخصوص
٪۲۰	٪۸۰	شن
٪۱۰	٪۱۰	رس
٪۲۰	٪۸۰	سیلت
٪۳۰	٪۱۰۰	سنگریزه
٪۱۰۰	٪۱۰	رطوبت
٪۹۰	٪۱۰۰	بافت خاک

پس از استخراج اطلاعات از طریق الگوریتم درخت تصمیم، تأثیر تک تک پارامترهای به دست آمده در آزمایش فیزیکی بر روی سرعت آستانه و شاخص فرسایش پذیری در نرم افزار SPSS24 در قالب نمودار بیان شد (شکل ۵).

جدول (۳): مقادیر خطا و دقت در روش درخت تصمیم بین

خصوصیات فیزیکی با سرعت آستانه اولیه و ثانویه

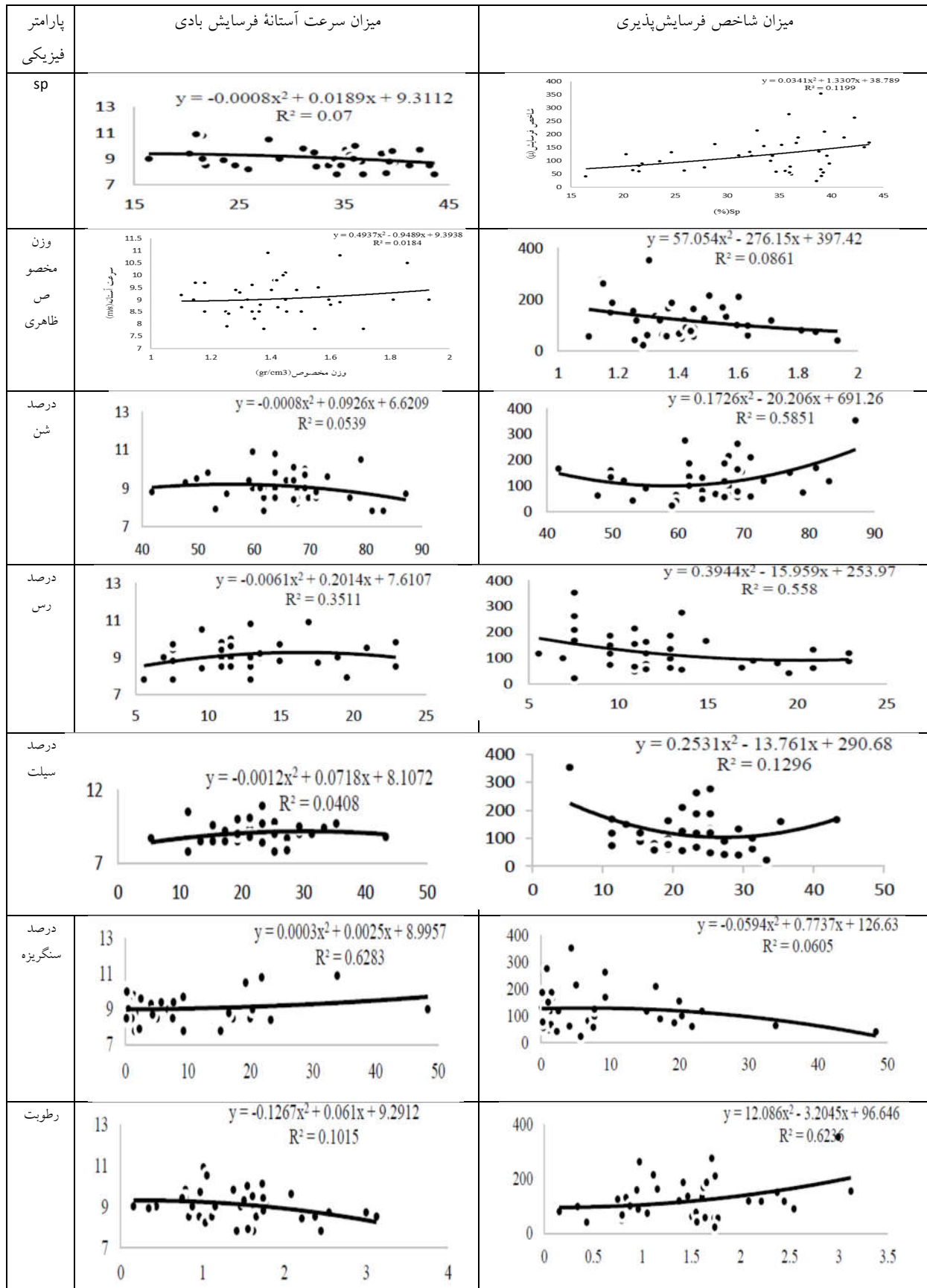
Table (3): Error and accuracy values in the decision tree method between physical properties with primary and secondary threshold velocities

پارامترهای آماری خصوصیات فیزیکی	سرعت آستانه اولیه	سرعت آستانه ثانویه
Correlation coefficient	۰/۹۷	۰/۹۶
Kandall s tau	۰/۷۵	۰/۸۵
Mean absolute logarithmic error	۰/۰۲	۰/۰۲
Mean absolute percentage error	۰/۰۳	۰/۰۲
Root mean square logarithmic error	۰/۰۳	۰/۰۳
Root mean square percentage error	۰/۰۴	۰/۰۳
Spearman rho	۰/۸۹	۰/۹۵
Mean absolute error	۰/۳۶	۰/۲۵
Root mean squared error	۰/۴۵	۰/۳۰
Relative absolute error (%)	۲۵/۸۹	۴۱/۷۰
Root relative squared error (%)	۳۱/۳۳	۴۰/۱۷

وزن مخصوصی ظاهری خاک و درصد اشباع خاک بر روی سرعت آستانه ثانویه نسبت به سرعت آستانه اولیه، اثر دوبرابری دارند. شن بر روی سرعت آستانه ثانویه تأثیر کمی دارد و می توان دلیل آن را هم تغییر سطح خاک به علت از بین بردن سله عنوان کرد. یکی از پارامترهایی که درصد تأثیر آن تغییر نکرده، مقدار رس موجود در خاک است. شاید بتوان دلیل آن را چسبندگی بالای رس در خاک و تأثیر پذیرفتن از وجود یا عدم وجود سله رسی در خاک دانست. از نکات جدول اول تأثیر ۱۰۰ درصدی سنگریزه بر روی سرعت آستانه اولیه است که می توان آن را مهم ترین عامل در نظر گرفت؛ زیرا در سرعت آستانه ثانویه به علت نبود سنگریزه و از بین رفتن سله رسی این تأثیر تا ۷۰٪ کاهش می یابد و به عدد ۳۰٪ می رسد.

در مورد رطوبت خاک نیز همین اتفاق افتاده اما به صورت برعکس؛ یعنی در سرعت آستانه اولیه رطوبت خاک تأثیر زیادی نداشته است، زیرا وجود سله رسی و سنگفرش سطحی تأثیر این پارامتر را کاهش می دهد، اما وقتی این عوامل از بین رفتند، رطوبت خاک تأثیر خود را بیشتر نشان می دهد و تا ۱۰۰٪ بالا می رود.

نتایج نشان داد که با افزایش درصد شن، شاخص



شکل (۵): تأثیر پارامترهای فیزیکی بر میزان سرعت آستانه فرسایش بادی و شاخص فرسایش پذیری
 Figure (5): The effect of physical parameters on wind erosion threshold velocity and erosion index

- پارامترهای شیمیایی

بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که ۹۵٪ خاک منطقه شور، ۳۵٪ شور سدیمی و ۵٪ غیر شور غیر سدیمی است و خاک سدیمی در منطقه وجود ندارد.

استفاده از الگوریتم درخت تصمیم خصوصیات شیمیایی تمام نقاط با سرعت آستانه بررسی و نتایج آن استخراج شد. همچنین مقدار تأثیر هر پارامتر بر مقدار سرعت آستانه فرسایشی به دست آمد.

جدول (۵): مقادیر خطا و دقت در روش درخت تصمیم بین خصوصیات شیمیایی با سرعت آستانه اولیه و ثانویه
Table (5): Error and accuracy values in the decision tree method between chemical properties with primary and secondary threshold velocities

پارامترهای آماری خصوصیات شیمیایی	سرعت آستانه اولیه	سرعت آستانه ثانویه
Correlation coefficient	۰/۹۶۰۵	۰/۹۵۸۵
Kandall s tau	۰/۷۶۲	۰/۸۳۷۹
Mean absolute logarithmic error	۰/۰۳۴۴	۰/۰۲۰۸
Mean absolute percentage error	۰/۰۳۷۶	۰/۰۲۳۲
Root mean square logarithmic error	۰/۴۳۱	۰/۰۲۶۱
Root mean square percentage error	۰/۰۴۷۴	۰/۰۲۸۹
Spearman s rho	۰/۸۹۷۲	۰/۹۴۴۹
Mean absolute error	۰/۴۲۳۷	۰/۲۱۱۵
Root mean squared error	۰/۵۲۹۹	۰/۲۶۹۲
Relative absolute error(%)	۳۰/۱۷۰۲	۳۴/۸۴۳۵
Root relative squared error(%)	۳۶/۱۰۹۴	۳۵/۳۴۶۲

نتایج داده‌کاوای در جدول (۵) نشان می‌دهد که پارامترهای شیمیایی در کنار هم همبستگی بالایی برای تأثیرگذاری بر سرعت آستانه دارند. طبق نتایج آماری به دست آمده از این جدول می‌توان دریافت که خصوصیات شیمیایی در سرعت آستانه ثانویه تأثیر بیشتری دارند؛ لذا برای بررسی همبستگی و روند تأثیرگذاری هر پارامتر در سرعت آستانه، از سرعت آستانه ثانویه استفاده شده است.

مطابق جدول (۶) می‌توان این‌گونه بیان کرد که بیشترین درصد تأثیر را کربن آلی و سپس ماده آلی خاک و مقدار

کلسیم موجود در خاک در سرعت آستانه اولیه دارند. نکته جالب توجه در این جدول عدم تأثیر مقدار سدیم، شوری خاک و نسبت جذب سدیم در سرعت آستانه اولیه است.

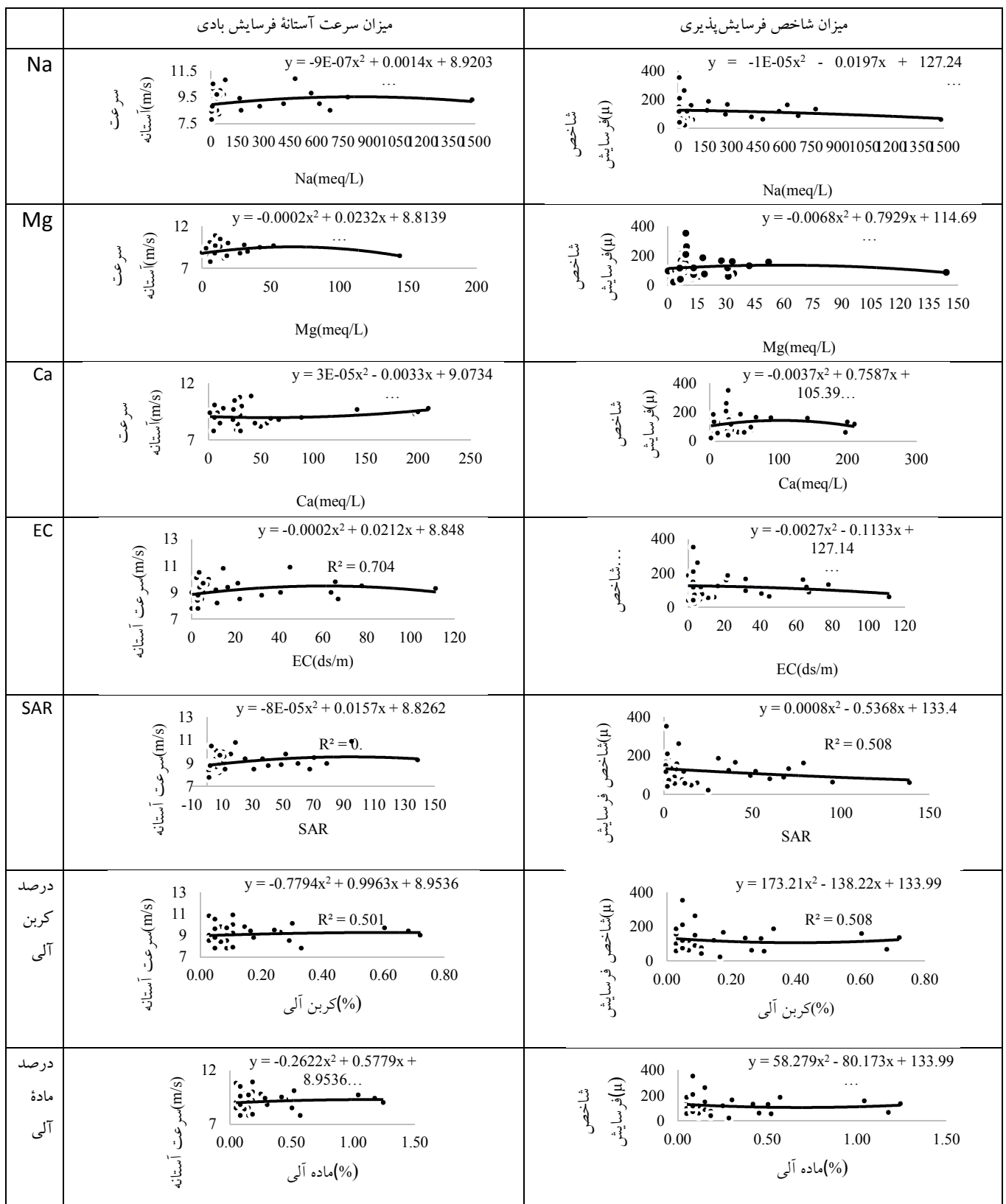
جدول (۶): میزان تأثیر پارامترهای شیمیایی خاک در سرعت آستانه اولیه و ثانویه

Table (6): impact rate of soil chemical properties on primary and secondary threshold velocities

سرعت آستانه ثانویه	سرعت آستانه اولیه	خصوصیات شیمیایی
۰	۰	سدیم
۱۰٪	۸۰٪	کلسیم
۱۰٪	۳۰٪	منیزیم
۱۰۰٪	۸۰٪	ماده آلی
۱۰۰٪	۹۰٪	کربن آلی
۰	۰	شوری
۹۰٪	۰	نسبت جذب سدیم

درباره سرعت آستانه ثانویه یک نتیجه قابل توجه به دست آمده و آن هم کاهش شدید درصد تأثیر کلسیم و افزایش درصد تأثیر نسبت جذب سدیم در مقدار سرعت آستانه شده است. از طرفی، درصد تأثیر کربن آلی و ماده آلی نه تنها کم نشده بلکه افزایش داشته است. می‌توان از نتایج این دو جدول این پیام را دریافت که بیشترین تأثیر در کاهش یا افزایش سرعت آستانه مربوط به عوامل ماده آلی و کربن آلی است که این دو عامل در اثر وجود درختان و بوته‌ها به وجود می‌آید و می‌تواند تأثیر بسزایی در مقدار فرسایش خاک داشته باشد.

مطابق شکل (۶) می‌توان چنین بیان کرد:



شکل (۶): تأثیر پارامترهای شیمیایی بر میزان سرعت آستانه فرسایش بادی و شاخص فرسایش پذیری

Figure (6): The effect of chemical parameters on wind erosion threshold velocity and erosion index

در مورد سدیم، با توجه به همبستگی پایین و نبود ارتباط معنی دار می توان گفت که این پارامتر در میزان سرعت آستانه

بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش تأثیر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کاربری اراضی خاک بر میزان سرعت آستانه فرسایشی با استفاده از داده کاوی با الگوریتم درخت تصمیم و همچنین تعیین میزان همبستگی و ارتباط بین این عوامل با سرعت آستانه فرسایشی در نرم افزار SPSS بررسی شد.

نتایج داده کاوی کاربری اراضی نشان داد که خصوصیات کاربری اراضی شامل سنگفرش سطحی، وضعیت کشت و زراعت و همچنین عملیات تاغ کاری، در میزان سرعت آستانه تأثیرگذار است؛ به این صورت که عملیات تاغ کاری در سرعت آستانه فرسایشی تأثیر ۱۰۰ درصدی دارد و همچنین وجود زراعت فعال در منطقه تأثیر ۴۰ درصدی و سنگفرش سطحی تأثیر ۵۰ درصدی بر میزان سرعت آستانه دارند. وضعیت سرسبزی تاغ کاری ها و وجود لایه رسی نیز تأثیری بسیار کم در حدود ۱۰ درصدی داشتند.

نتایج داده کاوی خصوصیات فیزیکی نشان داد که درصد اشباع خاک تا ۴۰٪، وزن مخصوص ظاهری و درصد شن و سیلت تا ۲۰٪، بافت خاک تا ۹۰٪، درصد سنگریزه سطحی تا ۳۰٪ و رطوبت تا ۱۰۰٪ در میزان سرعت آستانه تأثیرگذار هستند.

نتایج داده کاوی خصوصیات شیمیایی نشان داد که نسبت جذب سدیم می تواند تا ۹۰٪ در سرعت آستانه تأثیرگذار باشد. نکته قابل توجه تأثیرگذاری کربن آلی و ماده آلی به میزان ۱۰۰٪ در سرعت آستانه فرسایشی است؛ اما کلسیم و منیزیم به مقدار کم و در حدود ۱۰٪ بر سرعت آستانه فرسایشی تأثیر گذارند.

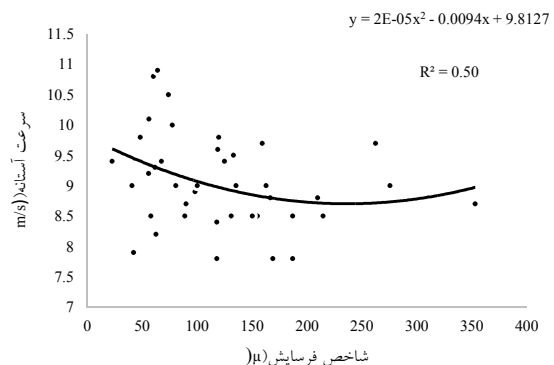
نتایج داده کاوی بیانگر تأثیرگذاری خصوصیات خاک بر سرعت آستانه فرسایشی است. با وجود این، نتایج این پژوهش با نتایج لی (۲۰۰۷)، لی و همکاران (۲۰۰۸)، محمودآبادی و رجبپور (۲۰۱۷)، عظیمزاده و همکاران (۲۰۰۲) و نورزاده حداد و بهرامی (۲۰۱۵) مطابقت دارد.

نتایج آماری در خصوص پارامترهای فیزیکی نشان داد پارامترهایی شامل درصد سنگریزه، سیلت و شن بیشترین تأثیر را بر میزان سرعت آستانه دارند و کمترین تأثیر مربوط

فرسایشی تأثیری ندارد. از دلایلی که می توان برای این نتایج بیان کرد، عدم وجود خاک های سدیمی در منطقه است.

نمودار میزان کلسیم نشان داد که روند نمودار روند مثبت است؛ به این صورت که با افزایش میزان کلسیم لایه محافظتی در خاک سطحی ایجاد شده و باعث افزایش سرعت آستانه فرسایشی شده است. با توجه به همبستگی نسبتاً خوب بین دو پارامتر میزان شوری و سرعت آستانه فرسایشی، روند نمودار نشان داد که میزان شوری باعث افزایش سرعت آستانه فرسایشی می شود؛ و با توجه به اینکه میزان شوری و افزایش نمک در افزایش پایداری خاک تأثیرگذار است (تقی زاده و همکاران، ۲۰۱۶). با توجه به اینکه میزان نسبت جذب سدیم باعث آشفته گی خاک می شود، نمودار نشان داد که با افزایش میزان نسبت جذب سدیم سرعت آستانه افزایش یافته است؛ همچنین با افزایش میزان نسبت جذب سدیم شاخص فرسایش پذیری کاهش یافته است؛ با توجه به روند نمودار ماده آلی این نتیجه به دست آمد که ماده آلی همواره در سرعت آستانه و شاخص فرسایش پذیری تأثیر مثبتی دارد.

با توجه به وجود همبستگی و ارتباط معنی دار بین دو پارامتر سرعت آستانه فرسایشی و شاخص فرسایش پذیری، مشخص شد که شاخص فرسایش پذیری در سرعت آستانه فرسایشی تأثیر دارد و هرچه سرعت آستانه کاهش یابد، فرسایش پذیری بالاتر می رود.



شکل (۷): نمودار تأثیر شاخص فرسایش پذیری بر سرعت آستانه فرسایش بادی

Figure (7): Diagram of the effect of erodibility index on wind erosion threshold velocity

کربن آلی و ماده آلی است؛ دلیل آن نیز چسبندگی بالای ذرات خاک در مجاورت با مواد آلی و کربن آلی است. نتایج حاصل نیز با نتایج اختصاصی و همکاران (۲۰۰۳)، عظیمزاده و همکاران (۲۰۰۴) و ظهراپی و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

به وزن مخصوص ظاهری و درصد رس می‌باشد. این نتایج با نتایج پژوهش‌های حضیرئی و زارع ارنانی (۲۰۱۴)، عظیمزاده و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد. همچنین نتایج آماری در خصوص پارامترهای شیمیایی خاک نشان‌داد کمترین تأثیر بر سرعت آستانه فرسایش بادی مربوط به سدیم و منیزیم و بالاترین تأثیر مربوط به درصد

منابع

1. Afrasiabi, S., Tazeh, M., Taghizadeh, R., Ghaneei, MJ. and Kalantari, S., 2019. Performance of two measurement methods of pin meter and laser disto meter in the measurement of microtopography Created by desert pavement. *Desert Ecosystem Engineering*, 8: 1-14.
2. Arbab, M., Pahlavanroei, A., Piri Saharagard, H. and Amiri, M., 2018. Accuracy evaluation of geostatistical methods and artificial neural network in estimating the erosion threshold velocity (Case study: Jazinak area, Sistan plain). *Environmental erosion research*, 3: 1-4.
3. Azimzadeh, HR., Ekhtasasi, MR., Hatami, M. and Akhavan Qalibaf, M., 2002. Study of the effect of soil physicochemical properties on soil wind erodibility index and presentation of a model to predict it in Yazd-Ardakan plain. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 9(1): 20-32.
4. Azimzadeh, HR. and Ekhtasasi, MR., 2004. Investigation of the effect of physical and chemical properties of soil on wind erosion threshold speed (Yazd-Ardakan plain). *Iranian Journal of Natural Resources*, 57(2): 15-26.
5. Dastorani, MT., Hakimzadeh, MA. and Kalantari, S., 2008. Evaluation of the effects of industrial wastewater on soil properties and land desertification. *Desert*, 13 (2): 203-210
6. Ekhtasasi, MR., Akhavan, M., Azimzadeh, HR. and Emyehani, MH., 2003. Study of changes in soil wind erosion potential against various solutes using wind erosion meter. *Iranian Journal of Natural Resources*, 56(1): 27-39.
7. Ekhtasasi M., Ahmadi H., Khalili AS, Saremi Naeini MA. and Rajabi M., 2016, Application of Golbad, Goltofan and Golmaseh in wind erosion analysis and determining the direction of movement of sanddune (Case study, Yazd-Ardakan plain), *Journal Natural Resources of Iran*, 59.1
8. Fathizad, H., Tazeh, M. and Kalantari, S., 2016. Assessment of pixel-based classification (Armap Fuzzy Neural Networks and Decision Tree) and object-oriented methods for land use mapping (Case Study: Meymeh, Ilam Province). *Arid Biome*, 5: 69-81.
9. Fathizad, H., Tazeh, M., Kalantari, S. and Shojaei, S., 2017. The investigation of spatiotemporal variations of land surface temperature based on land use changes using NDVI in southwest of Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 134:249-256
10. Hanife pour, M., Mashhadi, N. and khosravi, H., 2013. Effect of severity and duration of dryness on wind condition and wind erosion in agricultural lands. *Journal of Environmental Erosion Research*, 10(1): 77-65.
11. Hazirei, F. and Zare Arnani, M., 2013. Investigation of the effect of clay-calcareous mulch on the stabilization of sanddune. *Journal of Soil (Agricultural Sciences and Industries)*, 27(2): 380-373.
12. Kargaran, F., Kalantari, S., Ghaneei, MJ. and Tazeh, M., 2017. The Compare of grading criteria in Coarse Mark on the windward and leeward slopes (Case Study: Hassan Abad erg in Bafg). *Quantitative geomorphological research*, 4(1): 134-144.
13. Khosravi, F., Tazeh, M., Saremi naeini, Ma. and Kalantari, S., 2020. Evaluation and comparison of Image J and GIAS softwares with mechanical sieving in automatic particle-size distributions. *Arid Biome*, 9(2): 29-42.
14. Liu, S. and Wang, T., 2007. Aeolian desertification from the mid-1970 to 2005 in Otindag Sandy land, Northern China. *Environmental Geology*, 51: 1057-1064.
15. Li, Z., Wu, S., Dale, J., Ge, L., Hu, M., Wang, X., Jin, J., Liu, J., Li, W. and Ma, R., 2008. Wind tunnel experiments of air flow patterns over nebkhas modeled after those from the Hotan River basin, Xinjiang, china, *Earth Science in China*, 2: 340-345.
16. Mahmoud abadi, M. and Rajab pour, H., 2017. Investigation of the effect of soil primary moisture on wind erosion severity using laboratory wind tunnel. *Water Reservoir Research Journal*, 24: 167-183.
17. Mortazavi fard, L., Fotanat, H. and Zarshenas, N., 2014. Application of data mining techniques in agricultural engineering. *International Conference on New Research Findings in Electrical Engineering and Computer Science*. Tehran, Iran.
18. Nourzadeh Haddad, M. and Bahrami, H. 2015. Investigation of the relationship between fine dust concentration and surface moisture and soil particle size distribution using a mobile wind erosion simulator in the desert areas of western

- Khuzestan province. Geographical explorations of desert areas. 3(1): 60-72.
19. Taheri, H., Afghari, N., Safavi, H.R. and Soraiy, MH., 2010. Estimation of Meteorological Parameters Using Data Mining Techniques in Water Resources Databases. 5th National Congress on Civil Engineering. Mashhad Ferdowsi University.
 20. Taghizadeh, R., Ghazali, A., Kalantari, S. and Rahimian, MH., 2016. Spatial distribution of soil salinity using auxiliary variables and hypercube sampling method in Meybod. *Arid Biome*, 6: 69-79.
 21. Tavakoli fard, A., Nazari samani, AA., Mashhadi, N., Ghasemieh, H. and Hodaei Arani, M., 2014. Investigation of sediment sedimentation in relation to morphology of sand dunes. *Journal of Rangeland and Watershed Management. Iranian Journal of Natural Resources*, 67: 189-202.
 22. Tazeh, M., 2015. Investigation of Rangeland Changes Based on Landscape Metrics Analysis (Case Study: Kezab Rangelands, Yazd Province, Iran). *Journal of Rangeland Science*, 6 (2): 102-111.
 23. Tazeh, M., 2004. The Role of land use changes in the desertification area in Yazd, M.Sc. thesis, Tehran University. 158 pp.
 24. Tazeh, M., Asadi, M. Taghizadeh, R., Kalantari, S. and Sadeghinia. M., 2018. Evaluation of geomorphometry indices in semi-automatic separation of the geomorphological types in desert areas (case study: west north of Ardekan). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 25 (1):29-43.
 25. Zahrabi P., Khosravi H., Mesbahzadeh I., Jafari M. and Dastarani M., 2019. Investigation of wind erosion threshold speed and its impact on soil characteristics in dust production centers of Alborz province. *Geographical studies of arid regions*, 10(38): 1- 13.
 26. Zehtabian, GH., Azarnivand, H., Ahmadi, H. and Kalantari, S., 2013) Presentation of Suitable Model to Estimate Vegetation Fraction Using Satellite Images in Arid Region (Case Study: Sadough-Yazd, Iran). *Journal of Rangeland Science*, 3 (2): 108-117.

Investigating the Effect of Land Use and Soil's Physio-chemical properties on Wind Erosion Threshold Velocities via Data Mining

Mohammadreza Azad eslamiyeh¹, Saeideh Kalantari^{2*}, Mostafa Shirmardi³, Mahdi Tazeh⁴

Received: 14/01/2020

Accepted: 02/11/2020

Extended Abstract

Introduction: Wind erosion is a phenomenon that causes severe environmental changes in arid and semi-arid climates. As surface soil texture is very effective in soil erodibility, identifying soil erodibility index is important and efficient. Mismanagement greatly contributes to the development of wind erosion. The velocity that makes the first particles of soil move from the surface is called the erosion threshold speed. Measuring the factors involved in wind erosion has always been difficult and costly. Therefore, using wind tunnels is suggested as an alternative method. This study investigated the physical and chemical properties of soil and their effects on wind erosion.

Materials and Methods: The Meybod wind canal is located at 32° 07' 00"- 32° 11' 00" and 35° 56' 00"-54° 06' 00". Using satellite images derived from Google Earth and the GIS software and the data gathered via field visits, a study border was designated for the region. Based on the area's characteristics and the existing facies, a forty-points sampling network was randomly applied to the study area. As for the threshold speed test, first the wind erosion measuring device was placed on the desired point, and the wind speed was increased slowly to reach the erosion threshold speed; then the intended samples were collected from the surface soil (0-5 cm of soil surface). The soil's physical and chemical properties including sodium, calcium, magnesium, organic carbon, organic matter, salinity, sodium absorption ratio, sand, clay and silt, gravel percentage, as well as soil moisture and texture were measured in the laboratory. In the next step, the Weka 3.8 software was used to determine the role of each physical and chemical parameter on the erosion threshold speed.

Results:

- Land use

Using the decision tree algorithm, the relationship between land use characteristics of all points with threshold speed was investigated and the results were extracted. The effect of each parameter on the velocity of the erosion threshold was also obtained. Data mining results showed a high correlation between land use parameters and the erosion threshold speed. It was also found that the land use characteristics had a greater impact on the secondary threshold speed.

- Physical parameters

The results of data mining indicated a significant correlation between physical parameters and the threshold speed. According to the obtained statistical results, it was found that physical properties had the greatest effect on the secondary threshold speed. Therefore, the secondary threshold velocity had been used to examine the correlation and trend.

1. MSc graduated, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University

2. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University; skalantari@ardakan.ac.ir

3. Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University

4. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University
DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.1

- Chemical properties:

The results of data mining suggested a high correlation between chemical parameters and the threshold speed. According to the obtained statistical results, it could be found that chemical properties had a greater effect on the secondary threshold speed; Therefore, to investigate the correlation and the effect of each parameter on the threshold speed, the secondary threshold speed was used. Based on the significant correlation between threshold velocity and erodibility index, it was found that the erodibility index had an effect on the erosion threshold speed. It was also found that the threshold speed decreased with an increase in erodibility index.

Discussion and conclusion: This study investigated the effect of physical and chemical properties, and land use on erosion threshold speed using data mining with decision tree algorithm. Moreover, the SPSS software was used for discovering the correlation between those factors and erosion threshold. The results of land use data mining showed that land use characteristics, including surface pavement, cultivation status, and canopy status affected the threshold speed.

The results of physical properties' data mining indicated that soil saturation percentage, Special Weight and sand and silt percentage, soil texture, surface gravel percentage, and moisture were respectively effective up to 40%, 20%, 90%, 30%, and 100% on the threshold speed. On the other hand, the results of chemical properties' data mining suggested that the sodium adsorption ratio could be effective up to 90% on the threshold speed. It was also found that organic carbon and organic matter were 100% effective on the erosion threshold rate. However, calcium and magnesium were found to affect the erosion threshold only by 10%. This study's findings are consistent with those found by Lee (2007), Lee et al. (2008), Mahmoudabadi and Rajabpour (2017), Azimzadeh et al. (2002) and Nourozzadeh Haddad and Bahrami (2015).

Physical parameters' statistical results showed that parameters such as the percentage of gravel, silt, and sand had the greatest effect on the velocity threshold, and that the special weight and clay percentage were least effective in this regard. These findings are consistent with those found by Zare Arnani (2014), Azimzadeh et al. (2004). Furthermore, the statistical results of soil's chemical parameters suggested that sodium and magnesium had the least effect on wind erosion threshold speed, while the highest impact belonged to the percentage of organic carbon and organic matter, which could be attributed to the high adhesion of soil particles in the presence of organic matter and organic carbon. These findings are consistent with those found by Ekhtesasiet al. (2003), Azimzadeh et al. (2004) and Zahrabi et al. (2019).

Keywords: wind erosion meter, Soil properties, Decision Tree Algorithm, Geomorphological facies.