



## بررسی کارایی مدل دمپستر- شافر در پتانسیل یابی مناطق مستعد فرسایش خاک حوزه آبخیز کاکارضا در استان لرستان

سمیرا قربانی نژاد<sup>۱</sup>، حسین زینی وند<sup>۲\*</sup>، علی حقی زاده<sup>۳</sup>، ناصر طهماسبی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

۲. دانشیار گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

۳. استادیار گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

### مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۵ اسفند ۱۳۹۵

پذیرش: ۱۳ تیر ۱۳۹۷

دسترسی اینترنتی: ۳۰ آبان ۱۳۹۷

واژه‌های کلیدی:

حفاظت خاک

نقاط فرسایشی

منحنی مشخصه عملکرد نسبی (ROC)

حوزه آبخیز کاکارضا

### چکیده

شناسایی مناطق مستعد فرسایش می‌تواند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پیش‌زمینه‌های ضروری برای اجرای اقدامات حفاظت خاک در نظر گرفته شود. در این تحقیق کارایی مدل دمپستر-شافر در پتانسیل یابی مناطق مستعد فرسایش حوزه آبخیز کاکارضا در استان لرستان مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا لایه‌های رقومی متغیرهای مؤثر در فرسایش شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، انحنا سطح زمین، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه، خاک و شاخص رطوبت توپوگرافی تهیه گردید. همچنین ۲۹ موقعیت فرسایش یافته از نقاط فرسایشی موجود منطقه در بازدید میدانی که موقعیت آن‌ها در تاریخ ۲۰ تیرماه ۱۳۹۵ با GPS و از طریق گوگل ارث به‌دست آمده بود به‌صورت لایه موقعیت رقومی درآمده و به‌صورت تصادفی به گروه‌های آموزش (۷۰٪) و اعتبارسنجی (۳۰٪) تقسیم گردید. لایه‌های مربوط به متغیرهای محیطی نظیر کاربری اراضی ابتدا بر اساس بازدیدهای میدانی اصلاح و طبقه‌بندی شد و بر اساس تراکم نقاط فرسایشی در منطقه موردنظر و تجزیه و تحلیل مدل دمپستر-شافر، وزن هریک از کلاس‌ها تعیین و نقشه پتانسیل مناطق حساس به فرسایش بر اساس مدل دمپستر-شافر تهیه شد. اعتبارسنجی نقشه نهایی بر اساس داده‌های گروه اعتبارسنجی و روش منحنی مشخصه عملکرد نسبی (ROC) انجام شد. نتایج نشان داد که نقشه دارای میزان اعتبار ۲۱٪ بوده که بیانگر قابلیت ضعیف این مدل در پتانسیل یابی مناطق حساس به فرسایش خاک هست. بنابراین می‌توان بیان داشت این مدل برخلاف توانایی خوبی که در تعیین مناطق مستعد و حساس به سایر پدیده‌هایی نظیر سیل، فرسایش خندقی و غیره دارد، قابلیت پتانسیل یابی فرسایش سطحی را ندارد.

\*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: [zeinivand.h@lu.ac.ir](mailto:zeinivand.h@lu.ac.ir)

## مقدمه

زمین از بدو پیدایش، در اثر نیروهای درونی و بیرونی دائماً در حال تحول و دگرگونی بوده است (۱). یکی از این عوامل که موجب تغییر و تحول در نقاط مختلف زمین می‌شود پدیده فرسایش است. فرآیند فرسایش و انتقال رسوب پیچیده بوده و تحت تأثیر بافت خاک، توپوگرافی منطقه، اقلیم، کاربری اراضی، فعالیت‌های انسانی نظیر سیستم‌های کشت و اقدامات حفاظتی خاک است (۱۹). فرسایش و پیامدهای ناشی از آن، با تشدید بهره‌برداری انسان از طبیعت از اوایل قرن بیستم، اثرات منفی خود را بر اکوسیستم حیاتی وارد ساخته است (۱۷). لای و همکاران (۲۴) بیان داشتند که اثرات منفی ناشی از دخالت بشر یا فرسایش تشدید می‌شود، نه تنها در محل وقوع خود، در حوزه‌ها و اراضی زراعی به صورت کاهش توان تولیدی و تخریب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بروز می‌کند، بلکه در محل خارج از وقوع آن به صورت انباشت بر روی اراضی مرغوب کشاورزی، مراتع، منابع ذخیره آب و کانال‌های آبیاری و همچنین ایجاد آلودگی توسط رسوبات و فلزات سنگین و مواد شیمیایی همراه آن، امروزه بیش از هر زمان دیگری مشهود است. مدل کردن فرآیندهای فیزیکی و پویا مانند فرسایش خاک با مشکلات و خطاهایی همراه است. دابرال (۱۳)، نیگل و روگوپوت (۲۷) و تنگستانی (۳۵) در دسترس نبودن منابع داده‌های صحیح، کیفیت داده‌های مورد استفاده، مسئله مقیاس در مدل‌سازی، خطاهای اندازه‌گیری و پیچیدگی خود مدل از جمله مشکلاتی است که در مطالعات فرسایش خاک در مطالعات متعدد به آن اشاره شده است. زینی وند (۳۹) و چملووا و ساراپاتکا (۱۱) گزارش کردند که مدل‌های فرسایش در برنامه‌ریزی حفاظت و فرسایش خاک و طراحی پروژه، ابزار پیش‌بینی قلمداد شده و فرآیندهای فرسایش، زمان و میزان فرسایش محتمل در نواحی مستعد را برآورد می‌کنند. مدل‌های توزیعی مکانی بر مبنای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و استفاده از برخی اطلاعات سنجش از دور (RS)، و تأثیرات آن بر روی شبیه‌سازی روز به روز در حال توسعه است. از سیستم اطلاعات جغرافیایی

و برخی اطلاعات سنجش از دور در بررسی و پهنه‌بندی پدیده‌های مختلفی نظیر تهیه نقشه زون‌های لرزه‌ای (۲)، پیش‌بینی روند بیابان‌زایی (۱۰)، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی (۸)، پهنه‌بندی پتانسیل آب زیرزمینی (۳۸)، تعیین مکان مناسب برای تغذیه مصنوعی (۵)، انتخاب مناطق مستعد طبیعت‌گردی (۴) کاربرد گسترده‌ای دارد. روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی به منظور ارزیابی پتانسیل فرسایش خاک و تعیین کمیت هدر رفت خاک در مطالعات محققانی لالی (۲۳)، دابرال و همکاران (۱۲)، زنگ و همکاران (۴۰)، کیم (۲۲)، خسروخانی و همکاران (۲۱)، ناکوی و همکاران (۲۶) و روزوس و همکاران (۳۲) به کار برده شده است. دوب و همکاران (۱۵) به پهنه‌بندی فرسایش خندقی با روش وزن شواهد (WOE) در نیوزلند پرداخته و نشان دادند که نوع خاک، فاصله از آبراهه و کاربری اراضی از عوامل اصلی و اثرگذار در وقوع فرسایش خندقی است. رحمتی و همکاران (۳۱) به پهنه‌بندی مناطق مستعد فرسایش خندقی با استفاده از مدل‌های نسبت فراوانی و وزن شواهد پرداختند. نتایج آن‌ها بیانگر توانایی بالای هر دو مدل در تعیین پتانسیل فرسایش خندقی بود. علاوه بر آن در تحقیق مذکور با استفاده از مدل آموزش بردار کمی، میزان اثر هر پارامتر محیطی در ایجاد فرسایش خندقی نیز مشخص گردید. نتایج آن‌ها نشان داد که تراکم زهکشی، فاصله از رودخانه و کاربری اراضی مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در ایجاد فرسایش خندقی می‌باشند. تنگستانی (۳۵) به مطالعه مقایسه مدل‌های فازی و دمپستر-شافر (Dempster-Shafer; DS) در پهنه‌بندی زمین‌لغزش با استفاده از GIS پرداخته و نشان داد که مدل DS در مقایسه با مدل فازی، نتایج با اعتماد کمتری در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش ارائه می‌دهد. گاین و سها (۱۸) در مطالعه خود به بررسی کارایی مدل Woe و EBF در پهنه‌بندی مناطق فرسایش خاک در حوزه رودخانه پاترو در هند پرداختند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده میزان اعتبار ۸۹/۸ درصد در مدل Woe و نیز ۹۱/۸ درصد در مدل EBF بود که بیانگر توانایی بالای هر دو مدل مذکور در پهنه‌بندی مناطق فرسایشی است. شفاپور تهرانی و همکاران (۳۳) در تهیه نقشه پتانسیل‌یابی فرسایش در بخش

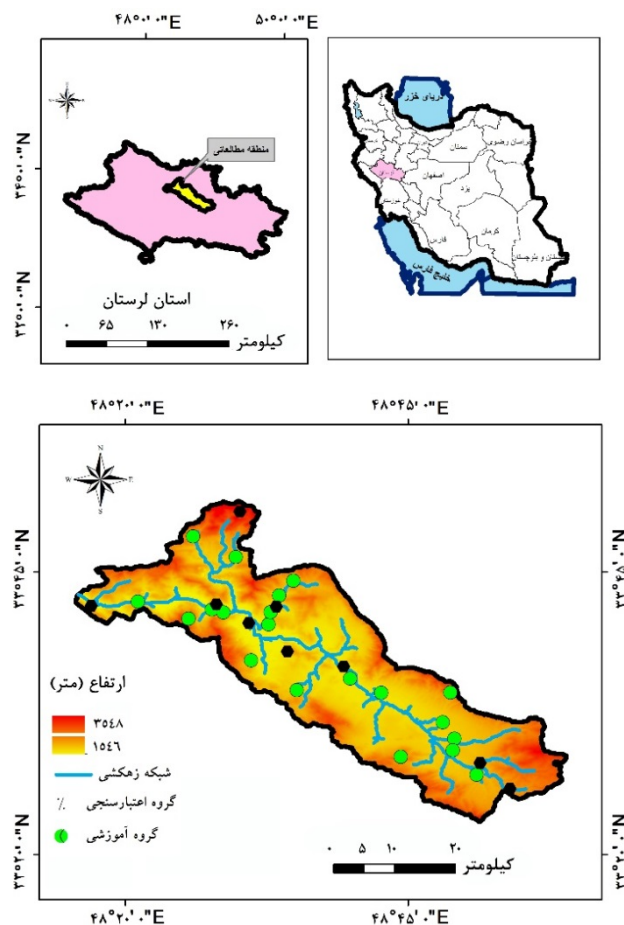
مدنظر است تا به وسیله آن مناطق با پتانسیل بالای فرسایش جهت اجرای اقدامات حفاظتی و مدیریتی تعیین شود. هدف از مطالعه کنونی تعیین مناطق مستعد فرسایش سطحی حوزه آبخیز کاکارضا با استفاده از مدل دمپستر-شافر است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کاکارضا یکی از زیر حوزه‌های کرخه واقع در استان لرستان بوده که در مختصات جغرافیایی  $15^{\circ} 48'$  تا  $58^{\circ} 48'$  طول شرقی، و  $22^{\circ} 22'$  تا  $33^{\circ} 51'$  عرض شمالی قرار گرفته است. حوزه کاکارضا با مساحتی بالغ بر ۱۱۳۳ کیلومترمربع دارای متوسط بارش ۵۳۰ میلی‌متر است (شکل ۱).

جنوبی فیلیپین از دو روش FR و EBF استفاده نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها بیانگر توانایی بالای هر دو مدل در تهیه نقشه پتانسیل فرسایش بود. علاوه بر آن بیان داشتند که روند فرسایش به دلیل تغییر در الگوی بارش تا سال ۲۱۰۰ روند افزایشی خواهد داشت. اه و لی (۲۸) از مدل‌های LR، ANN و WoE و لایه‌های شیب، عمق فرسایش توده‌ای، فاصله از فرسایش توده‌ای، سطح آب زیرزمینی، نفوذپذیری، زمین‌شناسی و کاربری اراضی به منظور تهیه نقشه فرسایش استفاده نمودند. همه مدل‌ها توانایی بالایی در تهیه نقشه فرسایش منطقه داشتند. در این تحقیق با توجه به موقعیت استراتژیک حوزه آبخیز کاکارضا از لحاظ قرارگیری در قسمتی از سرشاخه‌های رودخانه کرخه در زاگرس و نیز در جریان بودن پروژه انتقال آب از کاکارضا به شهرستان خرم‌آباد بررسی وضعیت فرسایش منطقه موردنظر و تعیین عوامل مؤثر بر آن



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز کاکارضا

## ثبت موقعیت مکانی نقاط فرسایشی

با توجه به بازدید میدانی و نیز از طریق Google earth در منطقه مطالعه موقعیت مکانی ۲۹ نقطه که در آن آثار و شواهد فرسایش‌هایی نظیر فرسایش خطی، ورقه‌ای و آبراه‌ای وجود داشت ثبت گردید. این نقاط در محیط نرم‌افزار ArcGIS به‌عنوان نقاط فرسایشی به‌صورت لایه رقومی نقاط فرسایشی درآمدند. از میان نقاط ثبت‌شده ۲۰ نقطه به‌عنوان نقاط فرسایشی گروه آموزش به‌طور تصادفی انتخاب‌شده و ۹ نقطه فرسایشی باقی‌مانده به‌عنوان گروه اعتبارسنجی انتخاب گردید (شکل ۱).

## تهیه نقشه اطلاعات مکانی

نقشه عوامل ورودی مدل دمپستر-شافر، لایه‌های ارتفاع، شیب، جهت شیب، انحنای سطح زمین، فاصله از رودخانه، تراکم زهکشی، شاخص رطوبت توپوگرافی، کاربری اراضی، خاک و سنگ‌شناسی تهیه گردید. نقشه طبقات ارتفاعی از مدل رقومی ارتفاعی منطقه (DEM) بر اساس روش چندک در پنج کلاس، ۱۵۴۶-۱۷۶۴، ۱۷۶۴-۱۸۸۰، ۱۸۸۰-۲۰۳۶، ۲۰۳۶-۲۲۷۸ و ۲۲۷۸-۳۵۴۹ طبقه‌بندی گردید (شکل ۲-الف).

نقشه شیب از مدل رقومی ارتفاعی (با قدرت تفکیک ۳۰ متر) و در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید. نقشه به‌دست‌آمده به پنج کلاس (۰-۲، ۲-۵، ۵-۱۵، ۱۵-۲۰) و بیش از ۲۰ درجه) طبقه‌بندی گردید (شکل ۲-ب). نقشه جهت شیب منطقه بر پایه نقشه ارتفاع و در ۹ طبقه تهیه گردید. از این نقشه برای تعیین توان جهات مختلف در ایجاد فرسایش سطحی استفاده گردید (شکل ۲-ج). نقشه انحنای سطح زمین بر اساس مدل رقومی ارتفاعی در سه طبقه مقعر، محدب و مسطح تهیه شد (شکل ۲-د).

لایه فاصله از آبراه‌ها پس از تهیه نقشه آبراه‌ها و انجام تصحیحات بر روی این لایه، بر اساس فاصله اقلیدسی، فاصله از آبراه‌ها در چهار کلاس (۰-۵۹۴، ۵۹۴-۱۳۴۳، ۱۳۴۳-۲۳۵۱ و ۲۳۵۱-۶۵۸۷) طبقه‌بندی شد. نقشه فاصله از آبراهه نیز برای بررسی ارتباط میان فاصله از آبراه‌ها و اثر آن بر ایجاد

فرسایش به کار گرفته شد (شکل ۲-ه).

تراکم زهکشی رابطه معکوسی با میزان نفوذپذیری دارد. تراکم بالای شبکه زهکشی بیانگر تمرکز آب به‌صورت رواناب و کاهش نفوذ است. از طرفی می‌توان گفت که وجود تراکم بالای شبکه زهکشی می‌تواند نشان‌دهنده سازندهایی بااستعداد ایجاد جریان‌های متعدد باشد البته رسوبات کواترنری از این قانون مستثناست (۱۶). ماه گلی و همکاران (۷) بیان داشتند که واحدهای زمین‌شناسی، توپوگرافی و ساختارهای تکتونیکی و زمین‌شناسی نوع شبکه زهکشی هر منطقه را معین می‌کنند. برای استخراج نقشه تراکم زهکشی منطقه، ابتدا نقشه‌های شبکه زهکشی و شبکه‌بندی منطقه روی هم‌اندازی گردید (۶). ضریب تراکم زهکشی برای هر سلول شبکه‌بندی در محیط ArcGIS محاسبه گردید. مقدار ضریب زهکشی برای هر سلول مطابق با رابطه ۱ عبارت است از نسبت مجموع طول جریان‌های موجود در هر سلول به سطح منطقه پوشش داده‌شده توسط آن سلول.

$$Dd = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{A} \quad [1]$$

در این رابطه؛  $Dd$  ضریب تراکم زهکشی ( $\text{km}/\text{km}^2$ )،  $\sum D_i$  مجموع طول جریان‌های موجود در سلول  $A$  ( $\text{km}$ ) و  $A_i$  مساحت منطقه پوشش داده‌شده در سلول  $A$  ( $\text{km}^2$ ). نقشه شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) از طریق رابطه ۲ تهیه گردید (۴).

$$TWI = \ln\left(\frac{As}{S}\right) \quad [2]$$

در این رابطه؛  $As$  و  $S$  به ترتیب بیانگر سطح ویژه حوزه و درصد شیب زمین است. پس از تهیه نقشه شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)، این نقشه در سه کلاس (۵/۴-۲/۵، ۲/۵-۶/۶، ۶/۶-۱۷/۹) طبقه‌بندی گردید (شکل ۲-ک).

## کاربری اراضی

کاربری اراضی یکی از نقشه‌های مهم در تعیین مناطق مستعد ایجاد فرسایش است که نقشه کاربری اراضی از نقشه

بافت خاک در چهار کلاس (شنی-رسی، شنی-رسی-لومی، رسی-لومی و رسی) طبقه‌بندی گردید (شکل ۲-ح).

### نقشه سنگ‌شناسی

که برای بررسی اثرگذاری جنس سنگ‌های موجود در ایجاد فرسایش مورد بررسی قرار می‌گیرد که از نقشه‌های سازمان زمین‌شناسی کشور مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج گردید. نقشه سنگ‌شناسی نشان داد که در منطقه مطالعاتی ۹ نوع وضعیت سنگ‌شناسی مختلف وجود دارد که بیشترین سطح منطقه با آهک خاکستری ضخیم (Klsol) پوشیده شده است (شکل ۲-ط، جدول ۲).

کاربری موجود در اداره کل منابع طبیعی در مقیاس سلولی ۳۰ متر استخراج گردید و نقشه کاربری اراضی در ۸ کلاس کاربری (کشاورزی، جنگل مخلوط، مرتع، بوته‌زار محصور و باز، مرتع مشجر، زراعت، پوشش طبیعی گیاهان بی‌ثمر و مناطق شهری) طبقه‌بندی گردید. برای نقاطی که در آن وقوع فرسایش ثبت شده بود ابتدا کاربری مشاهداتی با کاربری موجود در نقشه مورد مقایسه قرار گرفته و در صورت عدم تطابق کاربری مذکور اصلاح گردید (شکل ۲-ی).

### نقشه بافت خاک

بافت خاک یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تشکیل رواناب سطحی و غیر سطحی و فرآیند نفوذ است (۱۳). نقشه

جدول ۱. خصوصیات سنگ‌شناسی حوزه آبخیز کاکارضا

سنگ‌شناسی	علامت اختصاری	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)
تراس‌های آبرفتی	Qft2	۴۲۱/۰۸	۳۷/۱۵
آهک خاکستری ضخیم	JKbl	۲۹/۵۷	۲/۶۰
رادبولاریت‌های نیزار و کرمان	TRKurl	۱۴/۷۲	۱/۲۹
سازند گچساران میشان آغاچاری	MPIfgp	۶/۹۵	۰/۶۱
آهک خاکستری ضخیم	Klsol	۴۵۰/۲۱	۳۹/۷۲
سازند امیران- سیلستون کمی هوازده زیتونی تیره با توسعه کنگلومرای چرتی و آهک	Kpeam	۰/۱۰	۰/۰۰۹
سازند بختیاری- کنگلومرای توده سیمانی و ماسه سنگ کمی هوازده	Plbk	۱۴۷/۲۱	۱۲/۹۹
توف‌های آتشفشانی آندزیتی	Javt	۵۲/۱۱	۴/۵۹
سازند گورپی- آهک مارنی با ساختمان مدادی	Kgu	۱۱/۳۱	۰/۹۹

$$\sum_{x=0} m(X) = 1 \quad [۳]$$

از طریق تابع انتساب احتمال اساسی، مرزهای بالا و پایین‌تر از یک بازه زمانی را می‌توان تعریف کرد. بازه شامل احتمال مشخصی از مجموعه حالات مطلوب (در معنای کلاسیک) است و توسط مقادیر پیوسته غیر تجمعی معقول و قطعی محدود می‌شود. پایین‌ترین کران برای مجموعه A، مجموع تمام احتمالات اساسی متناسب زیرمجموعه (B) از مجموع حالات مطلوب (A) تعریف می‌شود (B ⊆ A) (A).

### مدل دمپستر-شافر (DS)

نظریه شواهد دمپستر-شافر در اصل توسط دمپستر (۱۴) پیشنهاد شد و پس از آن توسط شافر (۳۴) گسترش یافت. سه تابع مهم در نظریه دمپستر-شافر شامل انتساب احتمال عمومی و یا تابع جرم (bpa یا m)، تابع اعتقاد و عملکرد سیگنال غیرمنطقی (b) و نیز قواعد ترکیبی است. DS دامنه مسئله را با مجموعه‌ای از  $\theta$  به صورت متقابل از فرضیه اختصاصی و کلی، به نام چارچوب تشخیص ارائه می‌دهد. تابع  $m: 2^{\theta} \rightarrow [0,1]$  انتساب احتمال اساسی و یا تابع جرم (bpa یا m) است.

برای هر لایه از پارامترها و یا دامنه است. حروف A, B, ... بیانگر انواع پارامترها است. منجر برای همه سه معادله  $\beta$  است که عبارت است از:  $1 - Bel_A Dis_B - Dis_A Bel_B$  منجر، با  $\beta$  مشخص شده است، عامل نرمال کننده به نام درجه اختلاف است که از اختلاف میان مختلف عوامل موجود تعیین می شود (۱۰).

#### اعتبارسنجی نقشه‌ها

جهت اعتبارسنجی نقشه نهایی پتانسیل‌یابی فرسایش سطحی، از مجموعه‌ای از نقاط فرسایشی که در مدل بکار گرفته نمی‌شود، استفاده گردید. در این بخش، نقاط فرسایشی که در پتانسیل‌یابی استفاده نشده‌اند، با نقشه پتانسیل‌یابی فرسایش سطحی در حوزه آبخیز کاکارضا روی هم گذاری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس برای اعتبارسنجی دقت نقشه نهایی، از روش منحنی راک (Receiver operating characteristic; ROC) در محیط نرم‌افزار SPSS استفاده شد. منحنی راک مربوط به نقشه پتانسیل‌یابی فرسایش سطحی در حوزه آبخیز کاکارضا تهیه می‌گردد. مساحت زیر این منحنی (AUC)، بیانگر میزان دقت نقشه نهایی به صورت کمی است. سطح زیرپوشش هر نمودار بیانگر توانایی مدل در پیش‌بینی درست است. در بهترین شرایط و یک حالت ایده آل مقدار زیر نمودار برابر یک خواهد بود. این شاخص یک شاخص مناسب برای ارزیابی صحت مدل است (۹).

#### نتایج و بحث

نقشه عوامل ورودی مدل شاخص آماری (لایه‌های ارتفاع، شیب، جهت شیب، انحنای سطح، لیتولوژی، خاک، کاربری اراضی، تراکم شبکه آبراهه، فاصله از شبکه آبراهه، تراکم گسل، فاصله از گسل و شاخص رطوبت توپوگرافی) در شکل ۳ ارائه شده است.

به عبارت دیگر، مثلاً برای یک مجموعه نظیر A که مجموعه کل عناصر هستند و  $A \in 2^0$ .

$$Bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B) \quad [4]$$

به طور مشابه، برای تابع  $Pls(A): 2^0 \rightarrow [0,1]$  تابع عملکرد مطلوب معقول نامیده می‌شود.

$$Pls(A) = \sum_{B \cap A \neq \emptyset} m(B) \quad [5]$$

بالترین کران برای مجموعه A، مجموع تمام احتمالات اساسی متناسب مجموعه (B) مشترک با حالات مطلوب (A) تعریف می‌شود. به عبارت دیگر، برای یک مجموعه نظیر A که مجموعه کل عناصر هستند و  $A \in 2^0$ . P احتمال دقیق از یک رویداد (در مفهوم کلاسیک) است که بین کران بالا و پایین قرار دارد.

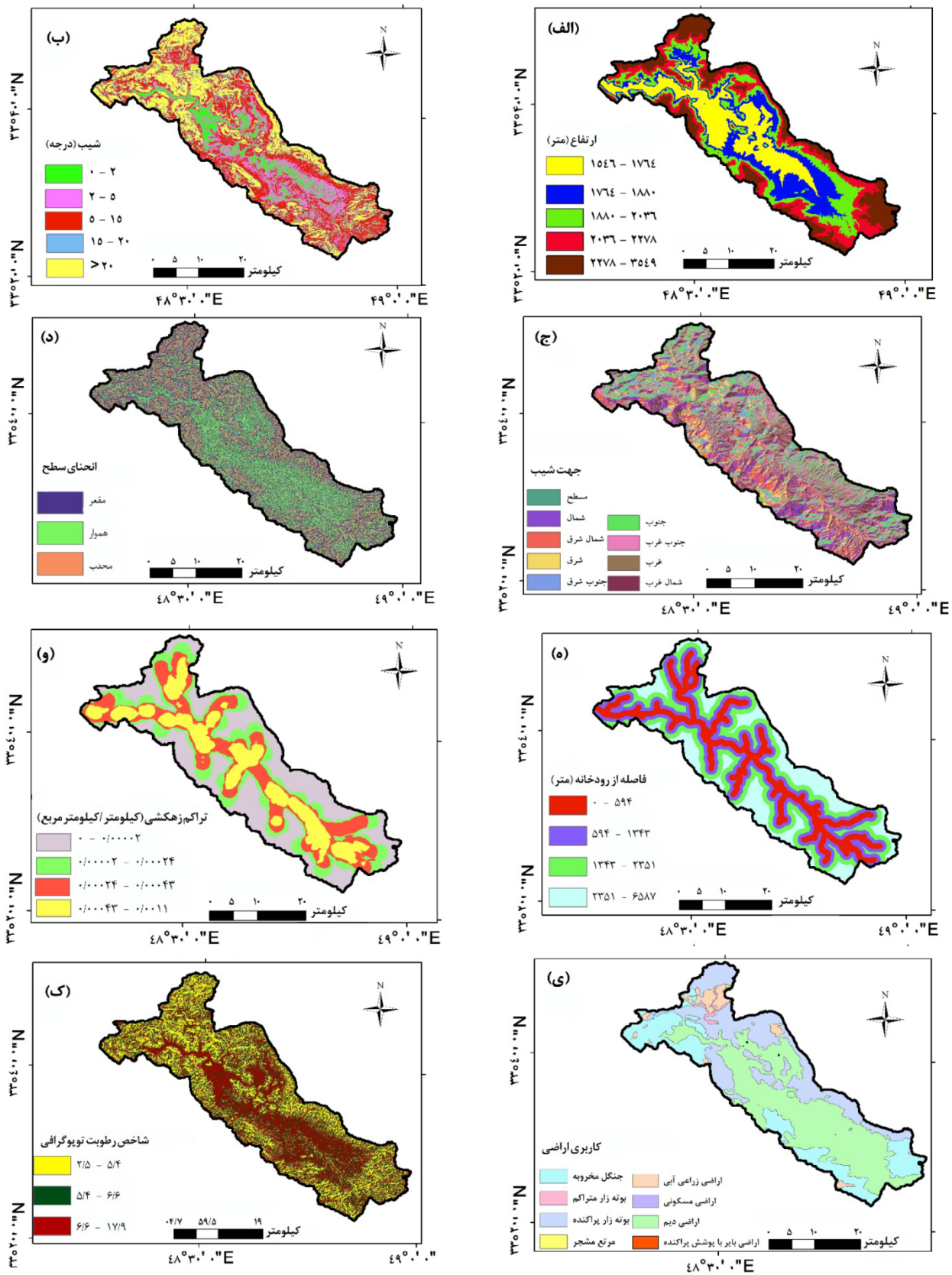
$$Bel(A) \leq P(A) \leq Pls(A) \quad [6]$$

در تئوری DS شواهد، تخصیص تابع جرم یا توابع باور بسیار مهم است. دو شکل این تخصیص ارزش توابع جمعی به لایه‌های ورودی، روش‌های آماری و روش مبتنی بر دانش متخصص است (۲۰ و ۲۵). قوانین ترکیب دمپستر توسط رایت (۳۶) پیشنهاد شده و در مطالعات هی و همکاران (۲۰) به آن اشاره شده است. این قواعد ترکیب هر دو خواص جابجایی و جایگزینی را دارد که انجام گروه‌بندی‌ها و یا ترتیب ترکیب شواهد مختلف بر نتایج نهایی تأثیر نمی‌گذارد. ترکیب قوانین استفاده شده در این گروه به شرح زیر است.

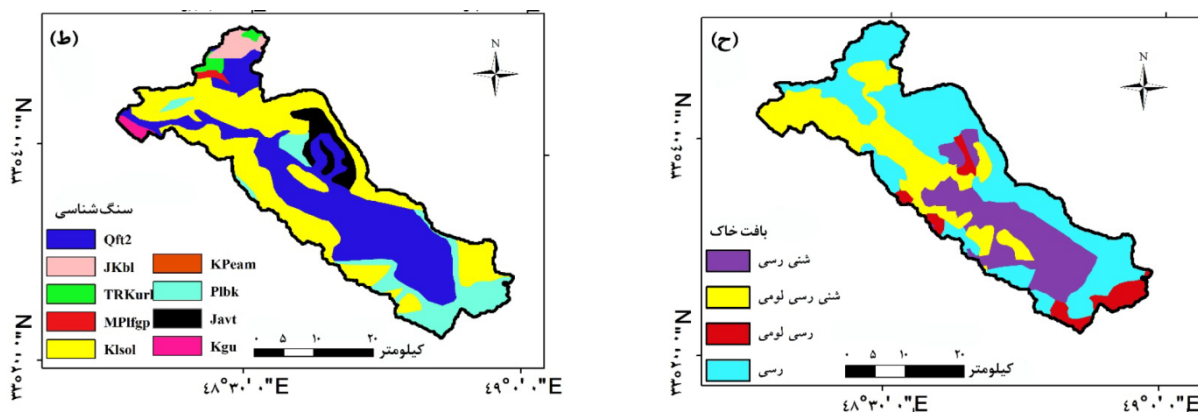
$$Bel_X = \frac{Bel_A Bel_B + Bel_A Unc_B + Bel_B Unc_A}{\beta} \quad [7]$$

$$Dis_X = \frac{Dis_A Dis_B + Dis_A Unc_B + Dis_B Unc_A}{\beta} \quad [8]$$

در این رابطه‌ها؛  $Bel_X$  پایین‌ترین درجه اطمینان برای هر لایه از پارامترها و یا دامنه و  $Dis_X$  درجه عدم اطمینان برای هر لایه از پارامترها و یا دامنه است.  $Unc_X$  درجه عدم قطعیت



شکل ۲. نقشه ارتفاع (الف)، شیب (ب)، جهت شیب (ج)، انحناى سطح (د)، فاصله از رودخانه (ه)، تراکم زهکشی (و)، کاربری اراضی (ز)، شاخص رطوبت توپوگرافی (ح)



ادامه شکل ۲. نقشه ارتفاع بافت خاک (ح)، سنگ‌شناسی (ط) حوزه آبخیز کاکارضا

نتایج حاصل از ارتباط بین پتانسیل فرسایش سطحی، دمپستر-شافر در جدول ۱ ارائه گردیده است. عوامل مؤثر و حد اثر هرکدام از آنها با استفاده از مدل

جدول ۲. رابطه مکانی عوامل مؤثر بر وقوع فرسایش سطحی و موقعیت فرسایش‌های

گروه آموزش با استفاده از روش دمپستر شافر

عامل	طبقه	تعداد پیکسل	تعداد نقاط فرسایشی	Bel	Dis	Unc	Plaus
ارتفاع	۱۵۴۶-۱۷۶۴	۲۵۳۹۸۳	۶	۰/۳۷	۰/۱۷۵	۰/۴۵	۰/۸۲
	۱۷۶۴-۱۸۸۰	۲۵۲۷۳۵	۷	۰/۴۳	۰/۱۶۲	۰/۳۹	۰/۸۳
	۱۸۸۰-۲۰۳۶	۲۵۱۸۹۴	۴	۰	۰/۲۰	۰/۷۹	۰/۷۹
	۲۰۳۶-۲۲۷۸	۲۵۰۹۹۵	۱	۰/۰۶	۰/۲۳	۰/۶۹	۰/۷۶
	۲۲۷۸-۳۵۴۹	۲۴۹۶۲۲	۲	۰/۱۲	۰/۲۲	۰/۶۴	۰/۷۷
	مسطح	۴۸۱۱	۰	۰	۰/۱۱	۰/۸۸	۰/۸۸
	شمال	۱۶۰۶۱۰	۱	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۷۸	۰/۸۷
	شمال شرق	۱۲۷۵۳۷	۱	۰	۰/۱۲	۰/۸۷	۰/۸۷
	شرق	۱۲۷۵۳۷	۳	۰/۳۵	۰/۱۰	۰/۵۳	۰/۸۹
	جنوب	۱۳۸۳۱۸	۵	۰/۵۴	۰/۰۹	۰/۳۵	۰/۹۰
جهت شیب	جنوب شرق	۱۸۹۹۷۳	۵	۰/۴۷	۰/۰۹	۰/۴۲	۰/۹۰
	جنوب غرب	۱۹۰۱۲۴	۴	۰/۳۸	۰/۱۰	۰/۵۱	۰/۸۹
	غرب	۱۵۴۹۲۳	۰	۰	۰/۱۲	۰/۸۷	۰/۸۷
	شمال غرب	۱۳۲۲۸۲	۱	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۷۴	۰/۸۸
درجه شیب	۰-۲	۱۱۱۴۶۵	۲	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۵۶	۰/۸۰
	۲-۵	۲۱۴۷۴۰	۵	۰/۳۱	۰/۱۷	۰/۵۰	۰/۸۲
	۵-۱۵	۴۳۸۱۳۸	۳	۰	۰/۲۵	۰/۷۴	۰/۷۴
	۱۵-۲۰	۱۷۰۵۷۴	۱	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۷۰	۰/۷۸
	>۲۰	۳۲۴۳۱۲	۹	۰/۳۷	۰/۱۴	۰/۴۸	۰/۸۵
انحنای سطح زمین	مقعر	۵۵۱۵۲۶	۸	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۲۶	۰/۶۳
	مسطح	۴۵۷۰۶۱	۱۱	۰/۶۲	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۷۶
	محدب	۲۵۰۶۴۲	۱	۰	۰/۴۰	۰/۵۹	۰/۵۹

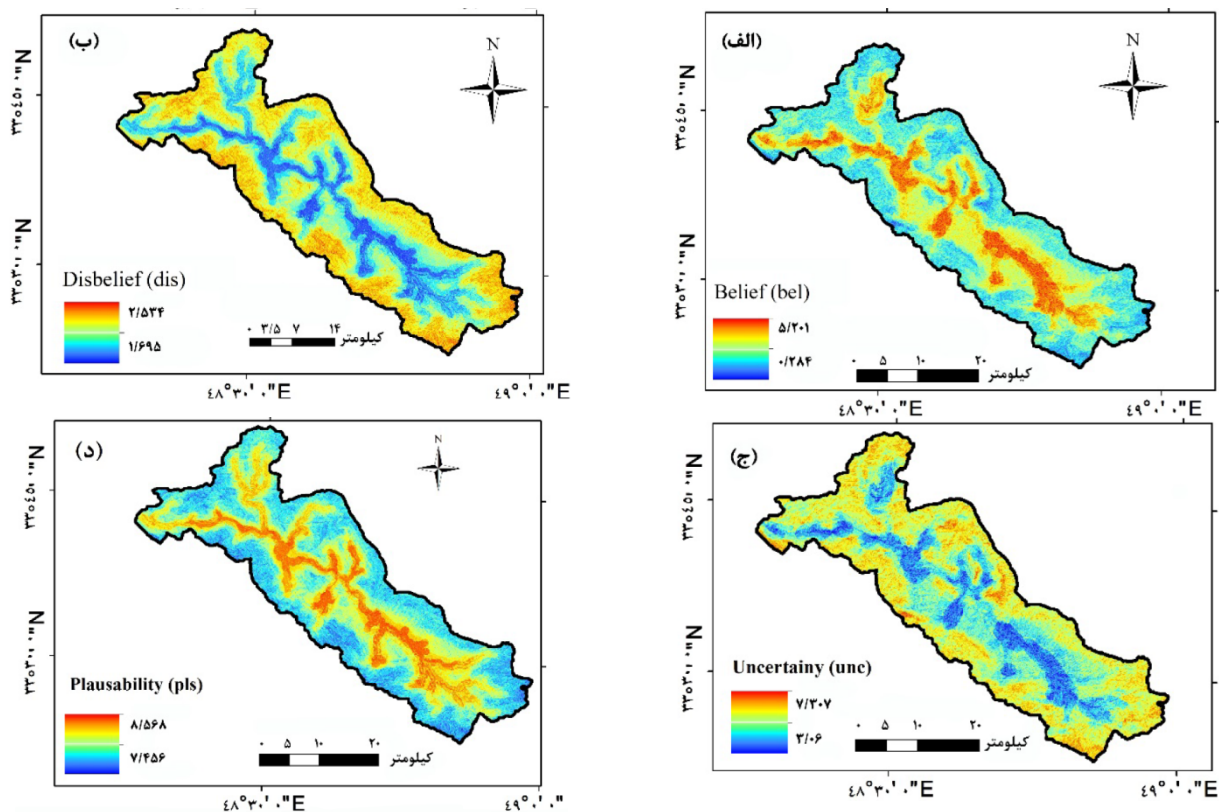


ادامه جدول ۲. رابطه مکانی عوامل موثر بر وقوع فرسایش سطحی و موقعیت فرسایش‌های گروه آموزش با استفاده از روش دمپستر شافر

عامل	طبقه	تعداد پیکسل	تعداد نقاط فرسایشی	Bel	Dis	Unc	Plaus
	۰-۵۹۴	۳۰۸۲۳۷	۱۱	۰/۶۵	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۸۵
فاصله از رودخانه (متر)	۵۹۴-۱۳۴۳	۳۲۳۷۴۴	۵	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۴۶	۰/۷۴
	۱۳۴۳-۲۳۵۱	۳۱۷۴۶۳	۳	۰	۰/۲۸	۰/۷۱	۰/۷۱
	۲۳۵۱-۶۵۸۷	۳۰۹۷۸۵	۱	۰/۰۵	۰/۳۱	۰/۶۲	۰/۶۸
	۰-۰/۰۰۰۰۲	۳۰۸۲۳۷	۲	۰/۱۴	۰/۲۹	۰/۵۵	۰/۷۰
تراکم زهکشی	۰/۰۰۰۰۲-۰/۰۰۰۲۴	۳۲۳۷۴۴	۳	۰/۲۰	۰/۲۸	۰/۵۰	۰/۷۱
	۰/۰۰۰۲۴-۰/۰۰۰۴۳	۳۱۷۴۶۳	۶	۰	۰/۲۳	۰/۷۶	۰/۷۶
	۰/۰۰۰۴۳-۰/۰۰۱۱	۳۰۹۷۸۵	۹	۰/۶۴	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۸۱
شاخص رطوبت	۲/۵-۵/۴	۴۰۱۹۶۷	۷	۰/۵۵	۰/۳۱	۰/۱۲	۰/۶۸
	۵/۴-۶/۶	۴۳۷۶۰۷	۶	۰/۴۴	۰/۳۵	۰/۲۰	۰/۶۴
	۶/۶-۱۷/۹	۴۱۹۶۵۵	۸	۰	۰/۳۲	۰/۶۷	۰/۶۷
بافت خاک	شنی - رسی	۲۷۱۳۹۳	۶	۰/۴۲	۰/۲۲	۰/۳۴	۰/۷۷
	شنی - رسی - لومی	۳۲۲۸۲۹	۴	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۴۹	۰/۷۲
	رسی - لومی	۷۹۸۷۶	۰	۰	۰/۲۶	۰/۷۳	۰/۷۳
	رسی	۵۷۵۱۳۱	۱۰	۰/۳۳	۰/۲۳	۰/۴۳	۰/۷۶
	Qft2	۴۶۷۸۷۰	۱۱	۰/۵۳	۰/۰۸	۰/۳۸	۰/۹۱
	Jkbl	۳۲۸۵۹	۰	۰	۰/۱۱	۰/۸۸	۰/۸۸
	TRKurl	۱۶۳۶۵	۱	۰	۰/۱۰	۰/۸۹	۰/۸۹
	MPIfgp	۷۷۲۸	۰	۰	۰/۱۱	۰/۸۸	۰/۸۸
سنگ شناسی	Klsol	۵۰۰۲۴۲	۷	۰/۳۲	۰/۱۲	۰/۵۵	۰/۸۷
	Kpeam	۱۱۵	۰	۰	۰/۱۱	۰/۸۸	۰/۸۸
	Plbk	۱۶۳۵۷۴	۱	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۷۳	۰/۸۷
	Javt	۵۷۹۰۶	۰	۰	۰/۱۱	۰/۸۸	۰/۸۸
	Kgu	۱۲۵۷۰	۰	۰	۰/۱۱	۰/۸۸	۰/۸۸
	جنگل مخروطی	۲۸۵۱۳۱	۱	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۷۶	۰/۸۴
	بوته زار متراکم	۱۰۵۱۹	۰	۰	۰/۱۲	۰/۸۷	۰/۸۷
	بوته زار پراکنده	۳۶۸۵۵۵	۶	۰	۰/۱۲	۰/۸۷	۰/۸۷
	مراتع مشجر	۱۶۵۴	۰	۰	۰/۱۲	۰/۸۷	۰/۸۷
کاربری اراضی	اراضی زراعی آبی	۴۷۷۱۴	۱	۰/۴۶	۰/۱۲	۰/۴۰	۰/۸۷
	مناطق مسکونی	۲۷۹	۰	۰	۰/۱۲	۰/۸۷	۰/۸۷
	اراضی دیم	۵۴۵۲۰۷	۱۱	۰/۴۵	۰/۰۹	۰/۴۴	۰/۹۰
	اراضی بایر با پوشش	۱۷۰	۱	۰	۰/۱۱	۰/۸۸	۰/۸۸

پس از آن با ترکیب لایه‌ها، نقشه چهارگانه ارزیابی مکانی قطعیت مدل تهیه شده و در شکل ۳ ارائه گردیده است.

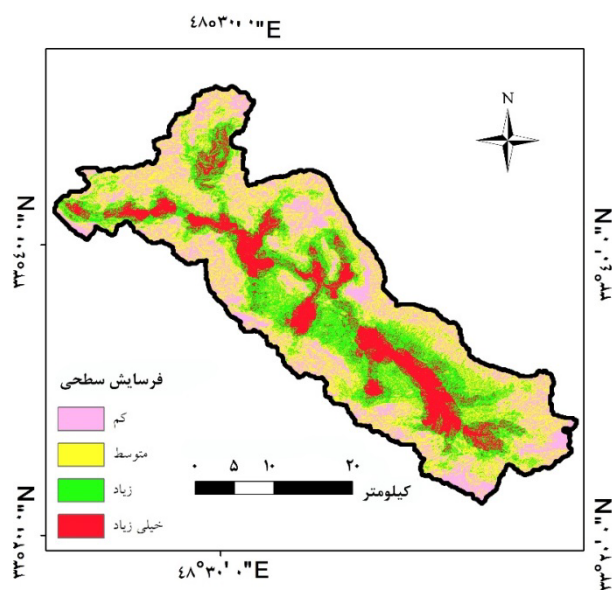
نقشه نهایی پتانسیل فرسایش سطحی حوزه آبخیز کاکارضا برای هر کلاس از عوامل اثرگذار بر اساس وزن محاسبه شده با مدل دمپستر-شافر، عوامل وزن‌دهی شدند و



شکل ۳. نقشه چهار گانه ارزیابی مکانی قطعیت مدل دمپستر-شافر (DS)

زیاد و خیلی زیاد کلاس بندی شده و در شکل ۴ ارائه گردیده است.

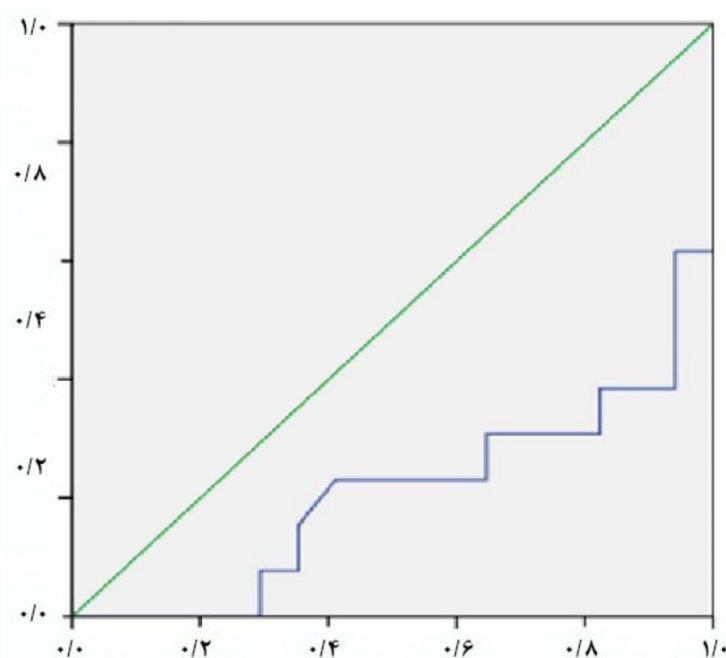
پس از آن نقشه پتانسیل یابی فرسایش سطحی به دست آمده و نهایتاً نقشه مذکور با استفاده از روش چندک در نرم افزار ArcGIS به چهار کلاس با پتانسیل وقوع کم، متوسط،



شکل ۴. نقشه پتانسیل فرسایش سطحی با روش دمپستر-شافر در حوزه آبخیز کاکارضا

اعتبارسنجی نقشه نهایی بر اساس داده‌های گروه اعتبارسنجی و روش منحنی راک انجام شد. نتیجه ارزیابی مدل با استفاده از منحنی تشخیص عملکرد نسبی در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که نقشه دارای میزان اعتبار ۲۱ درصد بوده که بیانگر قابلیت ضعیف این مدل در پتانسیل یابی مناطق حساس به فرسایش سطحی است. بنابراین می‌توان بیان داشت این مدل با وجود آنکه توانایی بالایی در تعیین مناطق مستعد و حساس به پدیده‌های مختلف دارد در پهنه‌بندی فرسایش سطحی را در این منطقه ضعیف است.

از مجموع نقاط فرسایشی موجود ۲۹ موقعیت فرسایش یافته در منطقه که موقعیت آن‌ها با GPS در بازدید میدانی و از طریق گوگل ارث به دست آمده بود به صورت لایه موقعیت رقومی درآمده و آن‌ها به صورت تصادفی به گروه‌های آموزش (۷۰ درصد) و اعتبارسنجی (۳۰ درصد) تقسیم گردید. سپس لایه‌های مربوط به متغیرهای محیطی بر اساس منابع طبقه‌بندی شده و بر اساس تراکم نقاط فرسایشی در منطقه مورد نظر و تجزیه و تحلیل مدل دمپستر-شافر، وزن هریک از کلاس‌ها تعیین گردید. در نهایت نقشه پتانسیل مناطق حساس به فرسایش بر اساس مدل دمپستر-شافر تهیه شد. همچنین



شکل ۵. منحنی راک نقشه پیش‌بینی پتانسیل فرسایش سطحی بر اساس مدل دمپستر-شافر

نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان داشت که از لحاظ ساختار سنگ‌شناسی تراس‌های آبرفتی دارای بالاترین پتانسیل فرسایش است. همچنین در ارتفاعات کم، پتانسیل بالا بوده و با افزایش ارتفاع پتانسیل فرسایش خاک کاهش می‌یابد که می‌توان دلیل این امر را ناشی از کمبود حضور خاک در ارتفاعات بالا دانست در مورد فاصله از رودخانه نیز با افزایش فاصله از رودخانه میزان پتانسیل

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق کارایی مدل دمپستر-شافر در پتانسیل یابی مناطق مستعد فرسایش حوزه آبخیز کاکارضا در استان لرستان مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا لایه‌های رقومی متغیرهای مؤثر در فرسایش شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، انحنای سطح زمین، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه، خاک‌شناسی و شاخص رطوبت توپوگرافی در محیط

- فرسایش سطحی کاهش می‌یابد که با نتایج گایا و ساها (۱۸) مطابقت دارد. شیب، جهت، انحنای زمین و بافت خاک منعکس‌کننده ویژگی‌های فیزیکی زمین می‌باشند (۳۲). بیشترین فرسایش در شیب‌های ۲-۵ درجه و بیش از ۲۰ درجه اتفاق می‌افتد. شرایط و ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی بیشترین ارتباط را با عامل جهت شیب دارد که نهایتاً بر میزان پتانسیل فرسایش خاک در زمین دارد (۲۹). بیشترین میزان فرسایش خاک در جهت جنوبی حوزه آبخیز مشاهده شد که می‌توان این موضوع را بر اساس تحقیقات یتمن و همکاران (۳۷) که رابطه جهت و پوشش گیاهی را در جهات مختلف بررسی کردند و بیان داشتند که دامنه‌های جنوبی در نیمکره شمالی به علت بالا بودن میزان تابش در این دامنه خاک خشک‌تر و کم ضخامت در نتیجه پوشش گیاهی کمتر و به دنبال آن میزان فرسایش خاک بالا می‌رود قابل توجیه دانست. از میان کاربری‌های مختلف بیشترین پتانسیل فرسایش مربوط به اراضی دیم و اراضی زراعی آبی است. در میان چهار بافت خاک، بافت خاک‌های شنی رسی و رسی دارای پتانسیل بسیار بالا در منطقه است که می‌توان آن را ناشی از سنگین بودن بافت ریزدانه دانست که با نتایج مطالعات قدوسی و داوری (۵) و طهماسبی پور و همکاران (۳) مطابقت دارد با توجه به وزن‌های به‌دست‌آمده نوع خاک، فاصله از آبراهه و کاربری اراضی بیشترین تأثیر را در ایجاد فرسایش سطحی دارد که با نتایج فام (۳۰) و دوب و همکاران (۱۵) مطابقت دارد.
۴. رفیعیان، ا.، س.ع. ا. میر راضی، ع. ا. پورنجبیه و ا. گلابی. ۱۳۹۳. انتخاب مناطق مستعد طبیعت گردی پناهگاه حیات وحش کیامکی به روش تصمیم‌گیری چندمعیاره. سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۵(۴): ۹۵-۱۰۸.
۵. ج. و م. داوری. ۱۳۸۴. تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در رخداد فرسایش خندقی و مرفولوژی خندق‌ها. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، ۶ الی ۹ شهریور، ۳۸۲ - ۳۸۹.
۶. گودرزی، ل.، ع. م. آخوندعلی و ح. زارعی. ۱۳۹۲. تعیین مکان مناسب برای تغذیه مصنوعی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: دشت اشترینان). سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۴(۲): ۵۳-۶۷.
۷. ماه گلی، آ.، م. چیت‌سازان و ی. میرزایی. ۱۳۹۰. پتانسیل یابی آب زیرزمینی در سازندهای سخت با استفاده از GIS و سنجش‌ازدور (مطالعه موردی: شمال حسینیه). همایش ژئوماتیک، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور، ۲۵ الی ۲۹ اردیبهشت، ۱۵۵۹ صفحه.
۸. نسرین نژاد، ن.، ک. رنگزن، ن. کلانتری و ع. صابری. ۱۳۹۳. پهنه بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP). سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۵(۴): ۱۵-۳۴.
۹. هاشمی، س. م.، ر. قربانی و ب. کساوه‌ای. ۱۳۸۳. تحلیل منحنی‌های ROC برای مقایسه تست‌های تشخیص پزشکی. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی سمنان، ۲(۲): ۱۴۵-۱۵۰.
۱۰. یعقوبی، ث.، م. فرامرزی، ح. کریمی، ح و ج. سروریان. ۱۳۹۵. ارزیابی کارایی شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی روند بیابان‌زایی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS (مطالعه موردی: دشت دهلران، ایلام). سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷(۳): ۶۱-۷۷.
11. Chmelová R, Sarapatka B. 2002. Soil erosion by water: contemporary research methods and their use. *Geographica*, 37: 23-30.
12. Dabral P, Baithuri N, Pandey A. 2008. Soil erosion assessment in a hilly catchment of north eastern India using USLE, GIS and remote sensing. *Water Resources Management*, 22(12): 1783-1798.
۱. رجایی، ع. ا. ۱۳۷۳. ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی عمران ناحیه‌ای تهران، نشر قومس. چاپ اول، ۳۲۸ صفحه.
۲. رحیمی شهید، م.، ف. کارگران و ن. رحیمی. ۱۳۹۴. تهیه نقشه زون‌های لرزه‌ای گستره اصفهان با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۴): ۴۷-۵۹.
۳. طهماسبی پور، ن.، ا. رحمتی و س. قربانی نژاد. ۱۳۹۵. پیش‌بینی حساسیت به فرسایش آبکندی منطقه سیمره بر اساس مدل عامل

13. Dabral P, Pandey A. 2008. Morphometric analysis and prioritization of eastern Himalayan river basin using satellite data and GIS. *Asian Journal of Geoinformatics*, 7(3): 3-14.
14. Dempster AP. 2008. Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping. In: Yager RR, Liu L (eds) *Classic Works of the Dempster-Shafer Theory of Belief Functions*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 57-72.
15. Dube F, Nhapi I, Murwira A, Gumindoga W, Goldin J, Mashauri D. 2014. Potential of weight of evidence modelling for gully erosion hazard assessment in Mbire District-Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 67: 145-152.
16. Edet A, Okereke C, Teme S, Esu E. 1998. Application of remote-sensing data to groundwater exploration: a case study of the Cross River State, southeastern Nigeria. *Hydrogeology Journal*, 6(3): 394-404.
17. Galton F. 1889. *Narrative of an explorer in tropical South Africa: Being an account of a visit to Damaraland in 1851*, vol 2. Ward, Lock and Company, 320 pp.
18. Gayen A, Saha S. 2017. Application of weights-of-evidence (WoE) and evidential belief function (EBF) models for the delineation of soil erosion vulnerable zones: a study on Pathro river basin, Jharkhand, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3(3): 1123-1139.
19. George T, Pal NR. 1996. Quantification of conflict in Dempster-Shafer framework: a new approach. *International Journal Of General System*, 24(4): 407-423.
20. He B, Cui Y, Chen C, Chen J, Liu Y. 2011. Uncertainty mapping method for mineral resources prospectivity integrating multi-source geology spatial data sets and evidence reasoning model. In: *Geoinformatics, 2011 19th International Conference on*. IEEE, pp 1-5.
21. Khosrokhani M, Pradhan B. 2014. Spatio-temporal assessment of soil erosion at Kuala Lumpur metropolitan city using remote sensing data and GIS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 5(3): 252-270.
22. Kim S-M, Choi Y, Suh J, Oh S, Park H-D, Yoon S-H. 2012. Estimation of soil erosion and sediment yield from mine tailing dumps using GIS: a case study at the Samgwang mine, Korea. *Geosystem Engineering*, 15(1): 2-9.
23. Lal R. 1994. *Soil erosion research methods*. CRC Press, 352 pp.
24. Lal R, Blum WE, Valentin C, Stewart BA. 1997. *Methods for assessment of soil degradation*, vol 9. CRC press, 576 pp.
25. Mogaji K, Lim H, Abdullah K. 2015. Regional prediction of groundwater potential mapping in a multifaceted geology terrain using GIS-based Dempster-Shafer model. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(5): 3235-3258.
26. Naqvi HR, Mallick J, Devi LM, Siddiqui MA. 2013. Multi-temporal annual soil loss risk mapping employing revised universal soil loss equation (RUSLE) model in Nun Nadi Watershed, Uttarakhand (India). *Arabian journal of geosciences*, 6(10): 4045-4056.
27. Nigel R, Rughooputh S. 2010. Soil erosion risk mapping with new datasets: An improved identification and prioritisation of high erosion risk areas. *CATENA*, 82(3): 191-205.
28. Oh H-J, Lee S. 2011. Integration of ground subsidence hazard maps of abandoned coal mines in Samcheok, Korea. *International Journal of Coal Geology*, 86(1): 58-72.
29. Perreault LM, Yager EM, Aalto R. 2017. Effects of gradient, distance, curvature and aspect on steep burned and unburned hillslope soil erosion and deposition. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(7): 1033-1048.
30. Pham HT. 2009. *Soil erosion risk modeling within upland landscapes in Vietnam using remotely sensed data and the RUSLE model*. Dalhousie University, Canada, PhD. Thesis, 87 pp.,
31. Rahmati O, Haghizadeh A, Pourghasemi HR, Noormohamadi F. 2016. Gully erosion susceptibility mapping: the role of GIS-based bivariate statistical models and their comparison. *Natural Hazards*, 82(2): 1231-1258.
32. Rozos D, Skilodimou HD, Loupasakis C, Bathrellos GD. 2013. Application of the revised universal soil loss equation model on landslide prevention. An example from N. Euboea (Evia) Island, Greece. *Environmental Earth Sciences*, 70(7): 3255-3266.
33. ShafapourTehrany M, Shabani F, Javier DN, Kumar L. 2017. Soil erosion susceptibility mapping for current and 2100 climate conditions using evidential belief function and frequency ratio. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2): 1695-1714.
34. Shafer G. 1976. *A mathematical theory of evidence*, vol Volume 42 of Limited paperback editions. Princeton University Press, 297 pp.
35. Tangestani M. 2004. Landslide susceptibility mapping using the fuzzy gamma approach in a GIS, Kakan catchment area, southwest Iran. *Australian Journal of Earth Sciences*, 51(3): 439-450.
36. Wright D. 1996. VHMS favourability mapping with GIS-based integration models, Chisel Lake-Anderson Lake area. *Extech i: A multidisciplinary approach to massive sulphide research in the rusty lake-snow lake greenstone belts, manitoba*, 339: 387-401.
37. Yetemen O, Istanbuluoglu E, Duvall AR. 2015. Solar radiation as a global driver of hillslope asymmetry: Insights from an ecogeomorphic landscape evolution model. *Water Resources Research*, 51(12): 9843-9861.
38. Zeinivand H. 2009. Development of spatially

- distributed hydrological WetSpa modules for snowmelt, soil erosion, and sediment transport. Department of Hydrology and Hydraulic Engineering, Vrije Universiteit Brussel (VUB), Brussels, Belgium, PhD Thesis, 178 pp.,
39. Zeinivand H, Ghorbani Nejad S. 2018. Application of GIS-based data-driven models for groundwater potential mapping in Kuhdasht region of Iran. *Geocarto International*, 33(6): 651-666.
40. Zhang Y, Degroote J, Wolter C, Sugumaran R. 2009. Integration of modified universal soil loss equation (MUSLE) into a GIS framework to assess soil erosion risk. *Land Degradation & Development*, 20(1): 84-91.



## Performance evaluation of Dempster-Shafer model for erosion potential mapping in Kakareza watershed, Lorestan province

S. Ghorbani nejad <sup>1</sup>, H. Zeinivand <sup>2\*</sup>, A. Haghizadeh <sup>3</sup>, N. Tahmasebi <sup>3</sup>

1. MSc. Student of Watershed Management, Department of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University

2. Assoc. Prof. College of Watershed Management, Department of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University

3. Assist. Prof. College of Watershed Management, Department of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 23 February 2017

Accepted 4 July 2018

Available online 21 November 2018

#### Keywords:

Soil conservation

Erosional points

Receiver operating characteristic (ROC) curve

Kakareza watershed

### ABSTRACT

Identifying susceptible areas for erosion can be considered as one of the most important soil conservation measures. In this study, the capability of Dempster-Shafer (DS) model for mapping potential areas for erosion was investigated in Kakareza watershed in Lorestan province. First thematic layers of influential factors in soil erosion, including altitude, slope, slope, aspect, plan curvature, lithology, land use, distance from the river, soil and topographic wetness index were prepared. In addition, 29 eroded positions in the study area that their positions were obtained from GPS and Google earth on 10 July 2016 were mapped and then were divided into a training (70%) and testing (30%) points. The layers of environmental variables were classified into different classes according to and then based on the density of eroded points in the study area and DS analysis, the weight of each class was determined and the potential map of vulnerable areas to erosion was obtained according to the DS model. The accuracy of a generated map was also investigated using testing points and receiver operating characteristic (ROC) curve. The result showed that the produced map has the success rate of 21%, that means the poor capability of the DS model for mapping susceptible areas of erosion. In addition, according to the DS map, areas with the highest potential to surface erosion are located in the central and eastern part of the study area. Therefore, it can be indicated that this model has a poor ability in identifying potential and vulnerable areas to surface erosion compared to other phenomena such as flood and gully erosion.

\* Corresponding author e-mail address: [zeinivand.h@lu.ac.ir](mailto:zeinivand.h@lu.ac.ir)