اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۳، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۵، ص ۹۳-۸۳

پیش‌بینی حساسیت به فرسایش آبکندی منطقهٔ سیمره براساس مدل عامل قطعیت و تعیین اهمیت عوامل مؤثر بر آن

ناصر طهماسبی‌پور[1*]، امید رحمتی[2]، سمیرا قربانی‌نژاد[3]

۱. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۲. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۳. دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

(تاریخ دریافت ۱۳۹٤/۱۱/۰۲؛ تاریخ تصویب ۱۳۹٤/۱۲/۲۷)

چکیده

فرسایش آبکندی با توجه به تخریب شدید اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، یک مشکل بزرگ در مدیریت منابع طبیعی و حفاظت خاک محسوب می‌شود. بنابراین، تعیین مناطق مستعد فرسایش آبکندی و شناسایی عوامل مؤثر بر آن می‌تواند به مدیران و تصمیم‌گیران کمک کند تا خطر وقوع این فرسایش را کاهش دهند. هدف تحقیق حاضر پیش‌بینی وقوع فرسایش‌های آبکندی منطقهٔ سیمرهٔ استان لرستان براساس مدل عامل قطعیت و تعیین اهمیت هریک از عوامل محیطی مؤثر بر آن است. در ابتدا نقشهٔ رستری متغیرهای مؤثر بر فرسایش آبکندی (ارتفاع، درجهٔ شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص توان جریان، کاربری اراضی، خاک‌شناسی و سنگ‌شناسی) در قالب پایگاه داده و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی ساخته شد. براساس مطالعات میدانی، ۱۰۰ موقعیت فرسایش آبکندی ثبت و به‌صورت تصادفی دو گروه آموزش مدل (۷۰ درصد آبکندها) و اعتبارسنجی مدل (۳۰ درصد آبکندها) تقسیم شد. پس از محاسبهٔ شاخص‌های CF و Z مدل عامل قطعیت و واسنجی مدل، نقشهٔ پیش‌بینی مناطق مستعد فرسایش آبکندی با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS10.2 تهیه شد. نقشهٔ نهایی براساس روش منحنی مشخصهٔ عامل گیرنده (ROC) و داده‌های آبکندی گروه اعتبارسنجی، ارزیابی و اعتبارسنجی شد. نتایج اعتبارسنجی نقشهٔ پیش‌بینی مناطق مستعد فرسایش آبکندی نشان داد که دقت مدل عامل قطعیت۸۵/٦ درصد است. بنابراین، کارایی مدل عامل قطعیت برای پیش‌بینی مناطق مستعد وقوع فرسایش آبکندی تأیید شد. علاوه بر آن، نتایج آنالیز حساسیت مدل نشان داد که متغیرهای خاک‌شناسی، سنگ‌شناسی و شیب زمین بیشترین تأثیر را بر دقت پیش‌بینی وقوع فرسایش آبکندی دارند.

کلیدواژگان: آنالیز حساسیت، احتمال وقوع آبکند، احتمال شرطی، پیش‌بینی مکانی، منطقهٔ سیمرهٔ لرستان.

* نویسندهٔ مسئول

Email: Tahmasebi.n@lu.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

فرسایش آبکندی از دو بعد بر محیط زیست اثرگذار است، نخست اینکه با تخریب افق‌های سطحی و زیرین خاک، سبب تولید رسوب زیاد و تخریب بستر تولید می‌شود؛ و دوم اینکه موجب تشدید تخلیهٔ رواناب‌های سطحی و کاهش تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی می‌شود [۱]. بنابراین، فرسایش آبکندی با تغییر ناهمواری سطح زمین، از بین بردن خاک سطحی و کاهش نفوذپذیری زمین، ضریب رواناب را افزایش می‌دهد و می‌تواند از این طریق بر خصوصیات هیدرولوژی یک منطقه اثر داشته باشد. همچنین تولید رسوب مناطق بالادست، شرایط جریان رودخانه‌ها، سازه‌های انتقال آب و ذخیرهٔ آب سطحی پایین‌دست را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۲]. پژوهش‌های صادقی و همکارانش [۳] در منطقهٔ دره‌شهر برای تعیین اثر عامل بارندگی در وقوع و گسترش آبکندها و تعیین حجم رسوب ناشی از آن نشان داد که وضعیت آبکندهای منطقه بحرانی است و به‌دلیل افزایش پتانسیل تولید رواناب، پس از یک رخداد بارندگی، حجم زیادی از رسوب از این آبکندها خارج می‌شود و میزان تخریب ایجادشده به مدت زمان بارندگی وابسته است.

فرسایش آبکندی پدیده‌ای با تأثیرات متقابل میان عوامل اثرگذار در آن شامل حجم و سرعت رواناب، نوع و حساسیت خاک به فرسایش، تغییرات ایجادشده در عوامل حفاظت‌کنندهٔ سطح خاک (شامل پوشش‌های گیاهی و یا پوشش‌های غیربیولوژیک)، کاربری اراضی و اقدامات و فعالیت‌های انسانی در مناطق مختلف است [۴]. این نوع فرسایش موجب بالابردن بار رسوبی رودخانه‌ها از یک سو و کاهش کیفیت آب‌های سطحی از سوی دیگر می‌شود که این امر با کشت غیراصولی در دهه‌های اخیر و تغییرات کاربری اراضی روند سریعی در پیش‌گرفته است [۵]. علاوه بر آن، تغییرات آب و هوایی و به دنبال آن، تغییرات در بیلان آب زمینه را برای زایش آبکند مساعد کرده است [۶، ۷، ۸]. عوامل اصلی مؤثر در فرسایش آبکندی در جنوب هند، زمین‌شناسی، کاربری اراضی و کمبود پوشش گیاهی و مکان به‌وجودآمدن برخی از انواع آبکندها به‌صورت متفاوت در بخش‌های دره‌ای و کوهپایه‌ای است. تنوع و تغییر تعداد و میزان تأثیر عوامل مختلف در مناطق گوناگون و نیز متفاوت‌بودن سهم اثرگذاری عوامل شناسایی‌شده، در ایجاد و گسترش آبکندها با توجه به شرایط زمینی محیطی ایجاب می‌کند که تحقیقات گسترده‌تری برای شناخت بیشتر عوامل تأثیرگذار در رخداد فرسایش آبکندی و میزان اثر آنها در ایجاد و گسترش این پدیده در نقاط مختلف و با شرایط محیطی متفاوت انجام شود [۹]. مقصودی و همکارانش [۱۰] با به‌کارگیری عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و عملیات میدانی به پهنه‌بندی حساسیت اراضی به فرسایش آبکندی پرداختند که نتایج نشان داد جنس زمین، شیب، منابع و قابلیت اراضی، جهت شیب و کاربری اراضی، عوامل اصلی مؤثر در وقوع فرسایش آبکندی هستند. در یک پژوهش، بتز و دروس [۱۱] با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و عکس‌های هوایی به بررسی و پایش فرسایش آبکندی در نیوزیلند پرداختند. آنها تغییرات رخداده را طی دو دورهٔ زمانی ۱۴ و ۳۳ سال مطالعه کردند و نشان دادند که وقوع و گسترش فرسایش‌های آبکندی تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله شیب، خاک‌شناسی، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی است که با یافتن مناطق دارای پتانسیل فرسایش آبکندی، با برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح می‌توان از وقوع این نوع فرسایش جلوگیری کرد. شادفر [۱۲] به‌منظور پهنه‌بندی احتمال وقوع فرسایش آبکندی حوضهٔ آبخیز طرود، از عملگرهای منطق فازی استفاده کرد. نتایج ایشان نشان داد که به‌کارگیری روش جمع جبری فازی دقت بیشتری نسبت به سایر عملگرهای فازی در پیش‌بینی خطر فرسایش آبکندی دارد.

انتظاری و همکارانش [۱۳] به‌منظور پهنه‌بندی فرسایش آبکندی حوضهٔ آبخیز دیره از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده کردند و نتایج نشان داد که ۳۶ درصد از حوضهٔ آبخیز دیره در پهنه‌های خطر زیاد و خیلی زیاد قرار دارد که کنترل فرسایش و تولید رسوب آن نیازمند مدیریت جامع است. دوب و همکارانش [۱۴] با استفاده از روش وزن شواهد[1] (WOE) پتانسیل وقوع فرسایش آبکندی یکی از مناطق حساس در نیوزیلند را پیش‌بینی کردند و نتایج به‌دست‌آمده براساس وقوع فرسایش‌های آبکندی گذشته اعتبارسنجی شد. یافته‌های آنها نشان داد که سه عامل نوع خاک، فاصله از آبراهه و کاربری اراضی از عوامل اصلی و اثرگذار در وقوع

1. Weight-Of-Evidence (WOE)

Archive of SID
www.SID.ir

فرسایش آبکندی است. همچنین، یمانی و همکارانش [۱۵] با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، عوامل مؤثر بر شکل‌گیری و توسعهٔ فرسایش آبکندی دشت کهور استان فارس را بررسی کردند. نتایج نشان داد که عامل‌های سنگ‌شناسی و کاربری اراضی مهم‌ترین عوامل در وقوع فرسایش‌های آبکندی منطقه است. فرجزاده و همکارانش [۱۶] میزان حساسیت به فرسایش آبکندی منطقهٔ کیاسر را براساس مدل رگرسیون چندمتغیره ارزیابی کردند و نتایج نشان داد که سنگ‌شناسی و خاک‌شناسی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر وقوع فرسایش آبکندی این منطقه هستند. زاکرنژاد و مارکر [۱۷] نیز کارایی مدل بیشترین بی‌نظمی و روش آنالیز زمینه را برای پیش‌بینی مناطق مستعد وقوع فرسایش آبکندی منطقهٔ مازیجان غرب ایران بررسی کردند. نتایج نشان داد که به‌کارگیری این روش‌ها دقت مناسبی در پیش‌بینی مکانی وقوع فرسایش آبکندی دارد. رحمتی و همکارانش [۱۸] با استفاده از روش‌های آماری نسبت فراوانی[1] (FR) و وزن شواهد (WOE) مناطق حساس به وقوع فرسایش آبکندی را در منطقهٔ چوار استان ایلام شناسایی کردند و پاسخ هریک از متغیرهای محیطی نسبت به احتمال وقوع فرسایش آبکندی را ارائه دادند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که به‌کارگیری این روش‌ها در مدل‌سازی مکانی وقوع فرسایش آبکندی مفید و قابل اعتماد است و به‌دلیل استفاده از وقایع فرسایش آبکندی گذشته منطقهٔ بررسی‌شده به‌عنوان متغیر وابسته، عدم قطعیت مدل‌سازی کاهش می‌یابد. هدف از انجام تحقیق کنونی پیش‌بینی مناطق حساس به وقوع فرسایش آبکندی با استفاده از عامل قطعیت[2] (CF) و تعیین اهمیت متغیرهای ژئومورفولوژیکی و فیزیوگرافی بر دقت آن است تا مدیریت مناطق حساس به این نوع فرسایش خطی و کنترل آن به‌طور علمی‌تر صورت پذیرد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقهٔ تحقیق

منطقهٔ سیمره در بخش جنوبی شهرستان پلدختر و بین طول‌های جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۴۶ دقیقهٔ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۳ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۱۳ دقیقهٔ شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). حوزهٔ سیمره مساحتی بالغ بر ۳۹۳ کیلومترمربع دارد. میانگین بارش حوزه ۳۵۷/۵ میلی‌متر، متوسط دمای حداقل سالانه ۱۶/۹ و دمای حداکثر سالانه ۱۷ درجهٔ سانتی‌گراد است. این منطقه به‌شدت تحت تأثیر چرای مفرط و شاهد فرسایش خاک شدید است.

روش تحقیق

انتخاب متغیرهای مؤثر در وقوع فرسایش آبکندی

با توجه به پژوهش‌های قبلی محققان مختلف [۶، ۱۴، ۱۸، ۱۷] در زمینهٔ شناسایی مناطق مستعد وقوع فرسایش آبکندی و تعیین عوامل مؤثر بر وقوع آن، متغیرهای ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص توان جریان، کاربری اراضی، خاک‌شناسی و سنگ‌شناسی به‌عنوان عوامل مؤثر در وقوع فرسایش آبکندی انتخاب شد. سنگ‌شناسی به‌دلیل تأثیر مستقیم بر خاک‌زایی و تشکیل رواناب سطحی، یکی از عوامل مهم در پدیدهٔ فرسایش آبکندی است. نقشهٔ سنگ‌شناسی منطقهٔ سیمره با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی تهیه و رقومی شد.

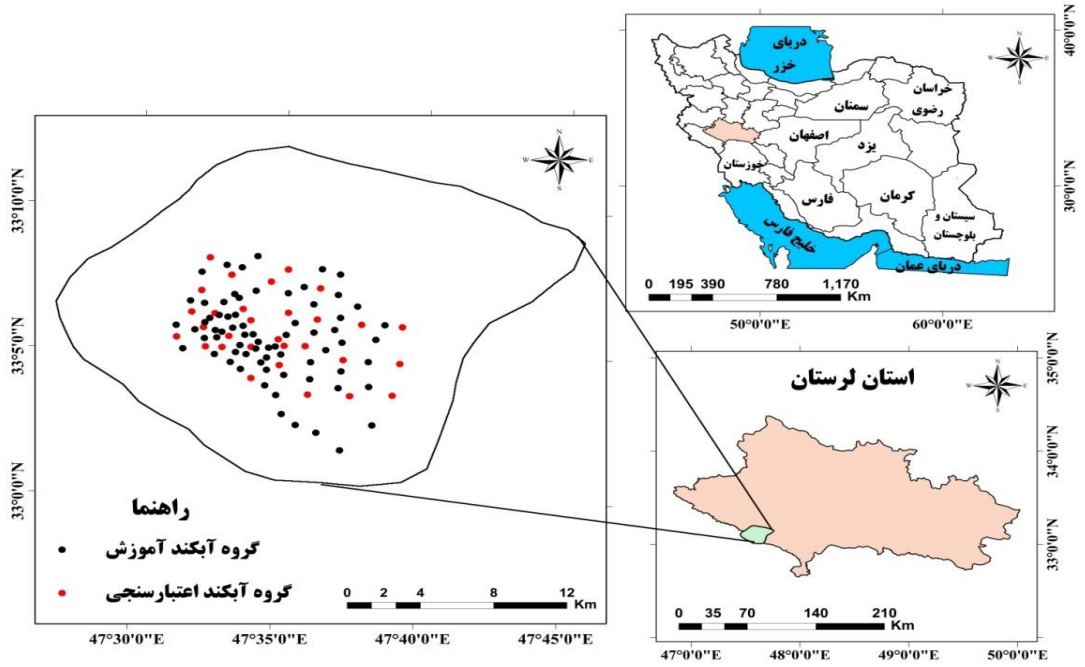
نقشهٔ خاک‌شناسی منطقهٔ مطالعه‌شده از ادارهٔ کل منابع طبیعی استان لرستان تهیه شد که سه ردهٔ مختلف خاک شامل آنتی‌سول، اینسپتی‌سول و خاک بدلندی دارد. همچنین نقشهٔ کاربری اراضی منطقهٔ مطالعه‌شده تهیه شد که براساس آن پنج کاربری مختلف قابل مشاهده است. همچنین، صحت نقشه‌های تهیه‌شده از ادارهٔ مزبور براساس مطالعات میدانی بررسی شد. لایه‌های درجهٔ شیب و جهت شیب زمین از لایهٔ مدل رقومی ارتفاع زمین (با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر) به دست آمد. علاوه بر آن، پس از تهیهٔ نقشهٔ شبکهٔ زهکشی آبراهه‌ها در نرم‌افزار ArcGIS10.2 و انجام اصلاحات لازم، لایهٔ فاصله از رودخانه با استفاده از تابع Euclidean distance تهیه شد. همچنین شاخص رطوبت توپوگرافی[3] (TWI) که یکی از نقشه‌های مهم در ژئومورفولوژی کمی و مرفومتری است، از رابطهٔ ۱ به‌دست آمد [۱۹]:

$$TWI = Ln\left(\frac{As}{S}\right) \qquad (۱)$$

1. Frequency Ratio (FR)
2. Certainty Factor (CF)
3. Topographic Wetness Index(TWI)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ سیمره و موقعیت‌گروه‌های آبکند آموزش و اعتبارسنجی

که در آن As و S به‌ترتیب بیانگر سطح ویژهٔ منطقه و درصد شیب زمین است. شاخص توان جریان[1] (SPI) نیز از شاخص‌های مهم مرفومتری است که نشان‌دهندهٔ انرژی نسبی و فرسایندگی جریان است [۵]. این شاخص اثر توپوگرافی و شبکهٔ زهکشی بر وقوع فرسایش آبکند را می‌تواند در تجزیه و تحلیل‌های مکانی نشان دهد. مقدار این شاخص از رابطهٔ ۲ به‌دست می‌آید [۱۹]:

$$SPI = As \times tan\beta \qquad (۲)$$

که در آن As سطح ویژهٔ منطقه و β شیب منطقه است.

بررسی و ثبت موقعیت آبکندهای منطقهٔ مطالعه‌شده

پس از بازدیدهای میدانی در منطقهٔ سیمره، موقعیت مکانی ۱۰۰ آبکند به‌وسیلهٔ دستگاه GPS ثبت و این نقاط به‌عنوان نقشهٔ موقعیت‌های نقاط آبکند در نرم‌افزار ArcGIS10.2 وارد شد. از میان نقاط ثبت‌شده ۷۰ درصد (۷۰ واقعهٔ آبکند) به‌عنوان آبکندهای گروه آموزش[2] و ۳۰ درصد (۳۰ واقعهٔ آبکند) باقی‌مانده به‌عنوان گروه اعتبارسنجی[3] به‌طور تصادفی انتخاب شد (شکل ۱).

اجرای مدل عامل قطعیت[4]

مدل عامل قطعیت به‌عنوان یکی از مدل‌های آماری دارای قابلیت پیش‌بینی مکانی در زمینه‌های مختلف علوم محیطی شناخته شده است [۲۰]. یکی از مزیت‌های استفاده از این مدل، بالابردن قطعیت پیش‌بینی است؛ زیرا فرایند مدل‌سازی براساس وقوع آبکندهای گذشته صورت می‌گیرد و این امر موجب کاهش عدم قطعیت مدل‌سازی می‌شود. به‌منظور به‌کارگیری این مدل در زمینهٔ وقوع فرسایش آبکندی، ابتدا باید متغیرهای مستقل و وابسته را تعیین کرد. بنابراین، در این تحقیق فرسایش‌های آبکندی به‌عنوان متغیر وابسته و عوامل ژئومرفومتری و فیزیوگرافی شامل ارتفاع، درجهٔ شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص توان جریان، کاربری اراضی، خاک‌شناسی و سنگ‌شناسی به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند.

پس از تجزیه و تحلیل‌های محیطی و تعیین تعداد وقایع آبکندی مربوط به هریک از طبقه‌های متغیرهای مستقل ژئومورفولوژیکی و فیزیوگرافیکی در نرم‌افزار ArcGIS10.2، براساس روابط زیر شاخص‌های عامل قطعیت محاسبه می‌شود [۷]:

1. Stream Power Index(SPI)
2. Training group
3. Validation group
4. Certainty Factor

Archive of SID

www.SID.ir

$$CF=\begin{cases}\dfrac{P_a-P_b}{P_a\left(1-P_b\right)}\ if\&P_a\geq P_b\\ \dfrac{P_a-P_b}{P_b\left(1-P_a\right)}\ if\&P_a<P_b\end{cases} \qquad (۳)$$

که در این رابطه CF، P_a و P_b به‌ترتیب شاخص عامل قطعیت، احتمال شرطی وقوع فرسایش آبکندی در طبقهٔ a و احتمال پیشین[1] مربوط به وقوع فرسایش آبکندی در تمام طبقه‌های متغیر مستقل بررسی‌شده است. سپس هریک از متغیرهای مستقل دوبه‌دو مطابق رابطهٔ ۳ تجزیه و تحلیل می‌شوند که در این مرحله سه حالت براساس مثبت و منفی بودن ارزش پیکسل در دو لایهٔ رستری متغیرهای مد نظر پیش می‌آید [۷].

$$Z=\begin{cases}X+Y-XY\ ,\ X,Y\geq 0\\ \dfrac{X+Y}{1-min\left(\left|X\right|,\left|Y\right|\right)},\ X,Y\ Opposite\ sign\\ X+Y+XY\ ,\ X,Y<0\end{cases} \qquad (۴)$$

که در این رابطه X و Y دو متغیر مستقل بررسی‌شده هستند که درنهایت لایهٔ رستری شاخص Z براساس تلاقی و محاسبات تمام پیکسل‌های آنها به‌دست می‌آید. با استفاده از ابزار Raster Calculator و تابع شرطی CON می‌توان این تجزیه و تحلیل را برای هریک از متغیرها دوبه‌دو انجام داد. این فرایند به‌گونه‌ای خواهد بود که ابتدا لایه‌های رستری دو متغیر مستقل ارزیابی می‌شود سپس لایهٔ به‌دست‌آمده از شاخص Z با لایهٔ رستری متغیر مستقل سوم تجزیه و تحلیل می‌شود. درحقیقت، محاسبات شرطی یادشده برای پیکسل‌های تمام لایه‌های رستری متغیرهای مستقل انجام می‌گیرد. برای واسنجی مدل عامل قطعیت به‌منظور مدل‌سازی مناطق مستعد فرسایش آبکندی در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.2، تنها از آبکندهای گروه آموزش که در مراحل قبلی تهیه شده است، انجام شد.

اعتبارسنجی نقشهٔ پتانسیل مناطق مستعد فرسایش آبکندی

به‌منظور اعتبارسنجی نقشهٔ نهایی مناطق مستعد فرسایش آبکندی منطقهٔ سیمره، از داده‌های موقعیت آبکندهای گروه آموزش استفاده شد. دقت پیش‌بینی نقشهٔ نهایی از روش منحنی مشخصهٔ عامل گیرنده[2] (ROC) که رایج‌ترین روش کمّی صحت‌سنجی در مدل‌سازی‌های مکانی و پیش‌بینی پدیده‌های طبیعی است [۱۴، ۲۰، ۱۸]، در نرم‌افزار SPSS21 تعیین شد. مساحت زیر این منحنی[3] (AUC)، بیانگر میزان دقت نقشهٔ نهایی در پیش‌بینی مناطق مستعد فرسایش آبکندی است. هرچه مساحت زیر منحنی ROC بیشتر باشد، کارایی مدل در پیش‌بینی مد نظر بیشتر است. به‌طور معمول، هرگاه مساحت زیرمنحنی ROC بیشتر از ۷۰ درصد باشد، دقت مدل قابل قبول خواهد بود [۲۱].

نتایج و بحث

عوامل ورودی مدل عامل قطعیت

نقشهٔ عوامل ورودی مؤثر بر فرسایش آبکندی مدل عامل قطعیت، شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، سنگ‌شناسی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی، شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) و شاخص توان جریان (SPI) در شکل ۲ ارائه شده است.

تهیهٔ نقشهٔ پیش‌بینی مناطق مستعد فرسایش آبکندی

پس از مدل‌سازی مکانی پیش‌بینی مناطق دارای پتانسیل فرسایش آبکندی، نتایج به‌دست‌آمده از مدل عامل قطعیت در نرم‌افزار ArcGIS10.2 طبقه‌بندی شد که در شکل ۳ نشان داده شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، بخش‌های غرب، جنوب غرب و شرق منطقهٔ سیمره پتانسیل زیادی در وقوع فرسایش آبکندی دارند. همان گونه که در نقشه‌های ورودی مدل مشاهده می‌شود، بخش‌های حساس به فرسایش آبکندی، سنگ‌شناسی حساس، خاک اینسپتی سول، کاربری کشاورزی یا مرتع، شیب کم، شاخص رطوبت جریان بالا و شاخص توان جریان زیادی دارند که شرایط وقوع فرسایش آبکندی را فراهم کرده‌اند. براساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش انتظاری و همکارانش [۱۳] در حوضهٔ آبخیز دیره، وقوع فرسایش آبکندی نیازمند وجود شرایط بحرانی هم‌زمان چندین متغیر محیطی ازجمله سنگ‌شناسی، کاربری

1. Prior probability

2. Receiver Operating Characteristic(ROC)
3. Area Under Curve(AUC)

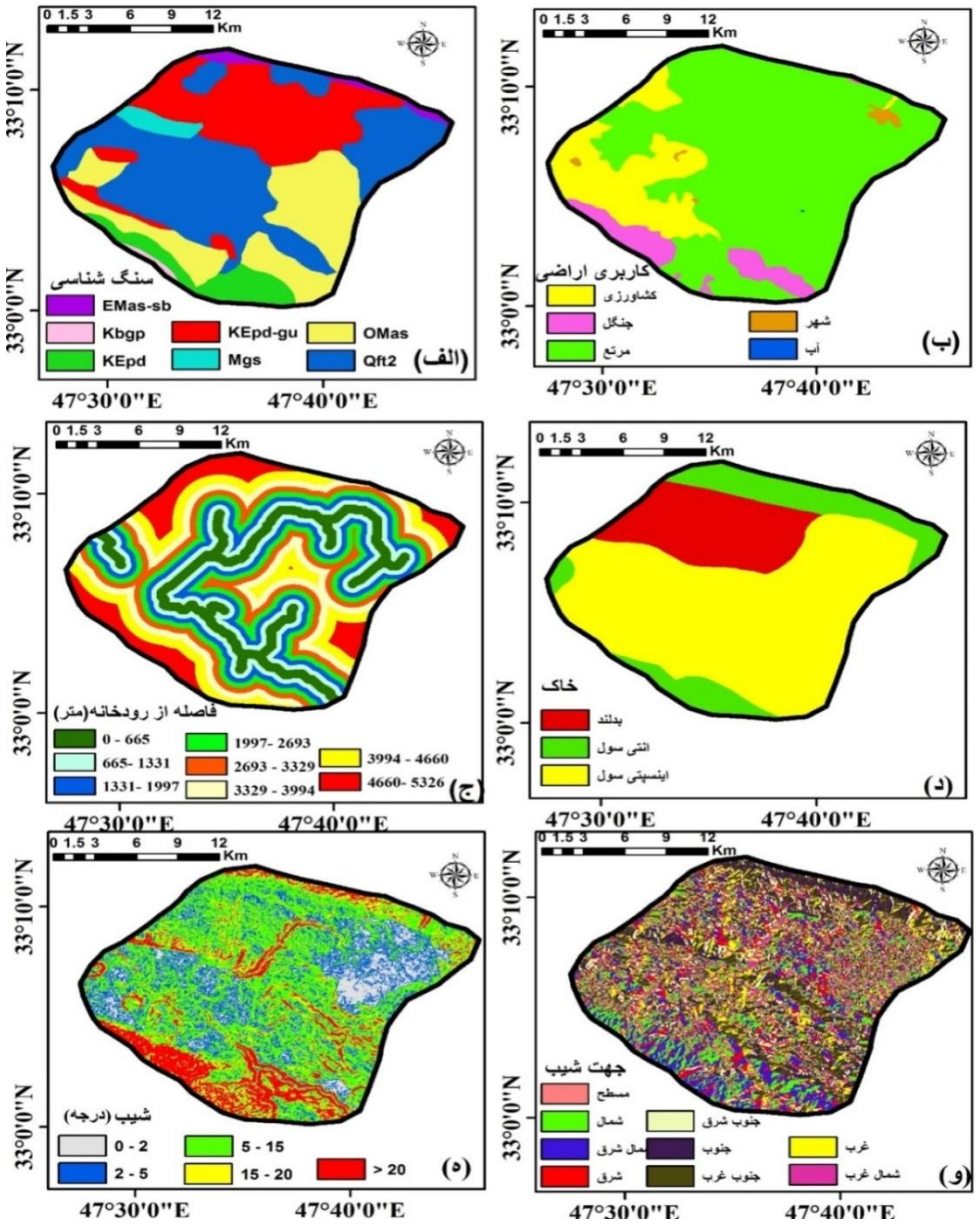
Archive of SID

www.SID.ir

اراضی، شیب و فاصله از آبراهه است. همچنین مطالعهٔ فیض‌نیا و همکارانش [۲۲] نشان داد که سازوکار فرسایش آبکندی از سایر اشکال فرسایشی جدا است و معمولاً در اراضی کم‌شیب مشاهده می‌شود. دلیل این امر را می‌توان چنین بیان کرد که در اراضی کم‌شیب فرصت نفوذ آب در داخل خاک بیشتر است و در صورت حساس‌بودن خاک منطقه (وجود املاح، سیلت و رس) احتمال ایجاد حفره افزایش می‌یابد که پس از فرسایش لانه روباهی و فرسایش آبکندی به‌ترتیب به وقوع می‌پیوندد [۲۳].

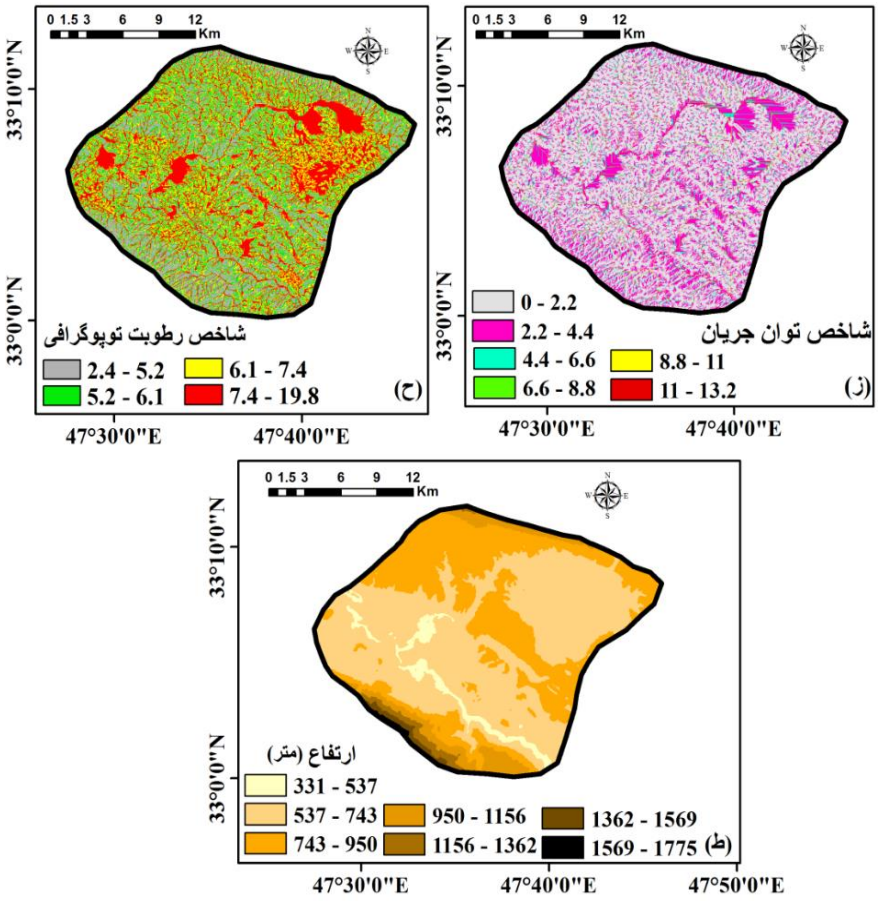
اعتبارسنجی نقشهٔ پیش‌بینی مناطق مستعد فرسایش آبکندی

پس از اعتبارسنجی نقشهٔ پیش‌بینی مناطق مستعد فرسایش آبکندی به‌دست‌آمده از مدل عامل قطعیت براساس منحنی ROC، مشخص شد که این مدل دقت ۸۵/۶ درصد دارد (شکل ۴). براساس منابع علمی در زمینهٔ تحلیل روش منحنی ROC و اعتبارسنجی مدل‌های پیش‌بینی مکانی می‌توان بیان کرد که چون مدل عامل قطعیت دقت بیش از ۷۰ درصد داشته است، کارایی خوبی در پیش‌بینی مناطق مستعد فرسایش آبکندی دارد.



شکل ۲. نقشهٔ متغیرهای ورودی مدل عامل قطعیت در منطقهٔ سیمره

www.SID.ir



ادامهٔ شکل ۲

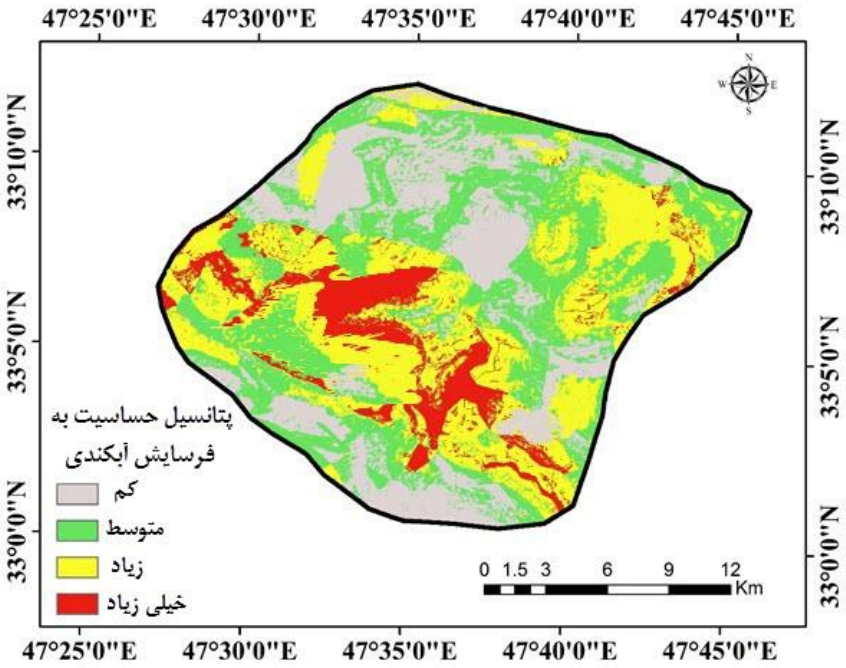
تعیین اهمیت متغیرهای مستقل در پیش‌بینی فرسایش آبکندی

براساس آنالیز حساسیت صورت‌گرفته در این تحقیق، میزان اهمیت متغیرهای مستقل ژئومورفولوژیکی و فیزیوگرافی (متغیرهای تأثیرگذار ورودی مدل) در پیش‌بینی صحیح مناطق مستعد فرسایش آبکندی مشخص شد که جزئیات آن در شکل ۵ نشان داده شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، متغیرهای خاک‌شناسی، سنگ‌شناسی، شیب و شاخص توان جریان به‌ترتیب نقش بسیار مؤثری در پیش‌بینی مکانی مناطق مستعد فرسایش آبکندی دارند که این مطلب با یافته‌های Zakernejad و Märker [۱۷] و بیاتی [۶] همخوانی دارد. از طرفی متغیرهای جهت شیب، فاصله از رودخانه و ارتفاع زمین در پیش‌بینی وقوع فرسایش آبکندی اهمیت کمتری دارند. بنابراین، متغیرهای مهمی که در این تحقیق شناسایی شدند، در مطالعات تعیین پتانسیل وقوع فرسایش آبکندی نیازمند توجه بیشتری هستند؛ زیرا این متغیرها براساس نتایج تجزیه و تحلیل و آنالیز حساسیت مدل عامل قطعیت بیشترین سهم پیش‌بینی را به خود اختصاص داده‌اند.

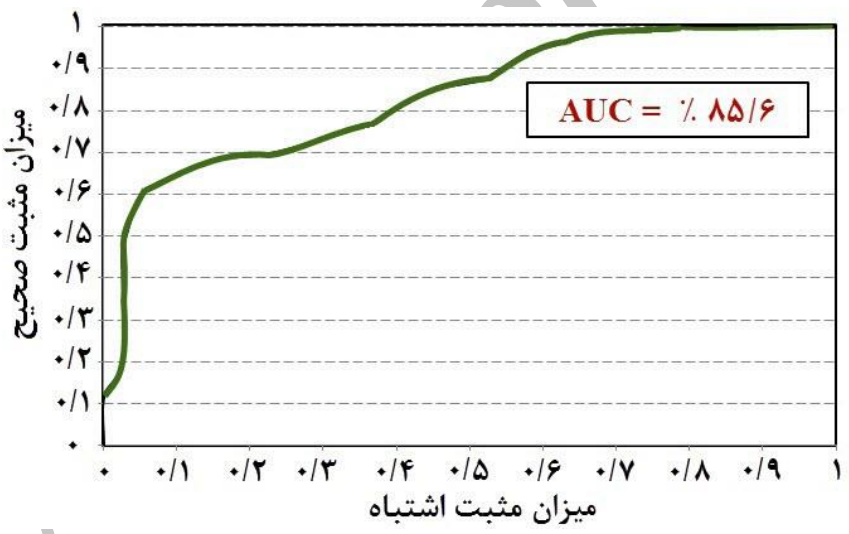
براساس یافته‌های یمانی و همکارانش [۱۵] نیز عامل‌های سنگ‌شناسی و کاربری اراضی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل در وقوع فرسایش‌های آبکندی دشت کهور استان فارس شناسایی شدند. بنابراین، کنترل فرسایش‌های آبکندی و کاهش وقوع آن مستلزم مدیریت کاربری اراضی و توجه به حساسیت واحدهای سنگ‌شناسی منطقه است که باید رویکردهای حفاظتی و مدیریتی متناسب با آن ارائه شود.

Archive

www.SID.ir



شکل ۳. پتانسیل حساسیت به وقوع فرسایش آبکندی منطقهٔ سیمرهٔ لرستان براساس مدل عامل قطعیت

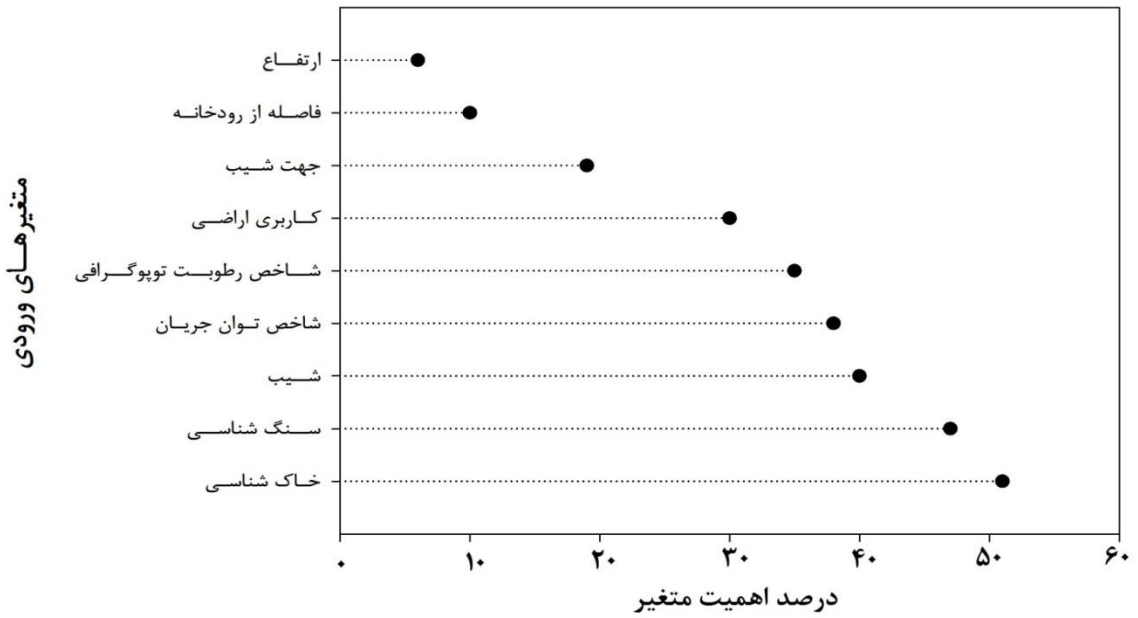


شکل ۴. نمودار ROC اعتبارسنجی نقشهٔ نهایی پیش‌بینی مناطق مستعد آبکند و مساحت زیرمنحنی (AUC) آن

نتایج مطالعهٔ Valentin و همکارانش [۲۴] در زمینهٔ عوامل ایجادکنندهٔ فرسایش آبکندی، تأثیرات و روش‌های کنترل آنها نشان داد که حساسیت خاک‌شناسی و سنگ‌شناسی موجب وقوع فرسایش آبکندی در اراضی کم‌شیب شده است و سایر عوامل ازجمله تغییر کاربری اراضی می‌توانند آن را تشدید کنند؛ که این مطلب با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد.

همچنین قدوسی و داوری [۲۵] پس از بررسی فرسایش‌های آبکندی منطقهٔ زنجان‌رود اظهار کردند که خاک‌شناسی مهم‌ترین عامل در وقوع فرسایش آبکندی منطقه است و تراکم آبکندها در خاک‌های ریزدانه و بافت سنگین بیشتر است. این مطلب نیز با یافته‌های تحقیق حاضر مبنی بر مهم‌بودن عامل خاک‌شناسی در وقوع آبکندها، به‌ویژه خاک‌های ریزدانه همخوانی کامل دارد.

www.SID.ir



شکل ۵. اهمیت متغیرهای مستقل در پیش‌بینی وقوع فرسایش آبکندی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و مطالعات میدانی صورت‌گرفته در منطقهٔ سیمره استان لرستان می‌توان بیان کرد که مهم‌ترین عوامل در شکل‌گیری فرسایش‌های آبکندی این منطقه به دو دستهٔ طبیعی و انسانی قابل تقسیم است. در بخش طبیعی می‌توان به عوامل سنگ‌شناسی، خاک‌شناسی و شیب زمین اشاره کرد و در بخش عوامل انسانی مدیریت کاربری اراضی، استفاده غیراصولی از زمین، چرای بیش از حد مجاز دام‌ها و جاده‌سازی اشاره کرد. شاخص رطوبت توپوگرافی نیز اگرچه یک عامل طبیعی مهم در رفتار هیدرولوژیکی و پتانسیل فرسایش حوضهٔ آبخیز است؛ می‌تواند تحت تأثیر اقدامات انسانی قرار گیرد. بر این اساس جلوگیری از تمرکز رواناب‌های سطحی و اصلاح کاربری اراضی مطابق با پتانسیل‌های منطقه، اجرای برنامه‌های مدیریتی، شامل تعادل دام در مرتع به همراه مدیریت پوشش گیاهی و کنترل جریان آبراهه‌ها از طریق اقدامات آبخیزداری را می‌توان به‌عنوان مناسب‌ترین راهبردهای کلان پیش‌گیری از وقوع و گسترش فرسایش‌های آبکندی معرفی کرد [۱۵].

نتایج به‌دست‌آمده از بخش آنالیز حساسیت تحقیق حاضر با یافته‌های فرجزاده و همکارانش [۱۶] مبنی بر اینکه سنگ‌شناسی، خاک‌شناسی، شاخص رطوبت توپوگرافی و کاربری اراضی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر وقوع فرسایش‌های آبکندی هستند، مطابقت کامل دارد. همچنین یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج پژوهش صادقی و همکارانش [۲۶] مبنی بر اینکه خاک‌شناسی و کاربری اراضی مهم‌ترین عوامل در وقوع فرسایش آبکندی هستند و همچنین این عوامل می‌توانند بر شدت فرسایش و بزرگی آنها نیز تأثیرگذار باشند، همخوانی دارد.

درخصوص اهمیت کاربری اراضی، یافته‌های پژوهش سلیمان‌پور و همکارانش [۲۷] بیان کردند که در صورت مدیریت مناسب مراتع و قرق برخی از آنها می‌توان میزان رواناب و تولید رسوب ناشی از وقوع و گسترش آبکندها را کنترل کرد. البته، این مطلب شایان ذکر است که اگرچه عامل کاربری اراضی در منطقهٔ سیمره، به‌دلیل شرایط متفاوت منطقه‌ای در مقایسه با پژوهش یادشده، در جایگاه نخست قرار نگرفته است؛ بدان معنا نیست که به این عامل کمتر توجه شود؛ زیرا کاربری اراضی نقش مهمی در اصول استفاده از زمین، مدیریت پوشش گیاهی و نفوذ آب به داخل خاک دارد که با مدیریت هرچه بهتر آن، قابلیت کنترل عوامل انسانی بیشتر می‌شود [۲۸].

یکی دیگر از مواردی که اهمیت کنترل گسترش و وقوع فرسایش‌های آبکندی منطقهٔ سیمره را دوچندان می‌کند، موقعیت قرارگیری آن نسبت به سد کرخه است که رسوب خارج‌شده از منطقهٔ مطالعه‌شده پس از پیمودن مسافت کوتاهی به دریاچهٔ سد کرخه انتقال می‌یابد. به‌دلیل اینکه سد کرخه بزرگ‌ترین سد کشور است و هزینهٔ زیادی صرف ساخت آن شده است، توجه به مسائل

Archive of SID

www.SID.ir

مدیریتی مناطق بالادست آن برای کنترل فرسایش‌های آبکندی و کاهش تولید رسوب بسیار حائز اهمیت است. زیرا براساس مطالعهٔ جعفری و کاویان [۹] آبکندها در زمان بارندگی و شکل‌گیری جریان‌های موقتی قادر به انتقال مقدار رسوب زیادی به مناطق پایین‌دست خود هستند و باید اقدامات مدیریتی شامل شناسایی مناطق مستعد وقوع فرسایش آبکندی، احیای پوشش گیاهی و مدیریت اقدامات انسانی به‌منظور پیش‌گیری و کاهش تأثیرات تخریبی آن انجام گیرد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، کارایی مدل عامل قطعیت در تعیین پتانسیل مناطق حساس به وقوع فرسایش آبکندی در منطقهٔ سیمره با بررسی میدانی و ثبت ۱۰۰ مورد از آبکندهای موجود در منطقه بررسی شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق، مدل عامل قطعیت کارایی خوبی در تعیین پتانسیل مناطق مستعد فرسایش آبکندی دارد. با توجه به اینکه این مدل براساس وقایع آبکندی گذشته و محاسبهٔ احتمال شرطی نقشهٔ پیش‌بینی مناطق مستعد فرسایش آبکندی را به‌دست می‌دهد، میزان عدم قطعیت آن پایین است و نتایج به‌دست‌آمده از آن مفید و قابل اعتماد است. همچنین نتایج نشان داد که تراکم و احتمال وقوع فرسایش‌های آبکندی در بخش‌های مختلف منطقه متفاوت است و یافتن مناطق مستعد وقوع فرسایش آبکندی نخستین گام در مدیریت حفاظت خاک و کنترل فرسایش و تولید رسوب منطقه است. به‌منظور شناسایی و تحلیل اثر عوامل محیطی بر وقوع فرسایش‌های آبکندی، آنالیز حساسیت متغیرها انجام شد. نتایج آنالیز حساسیت بیانگر این است که متغیرهای خاک‌شناسی، سنگ‌شناسی، شیب، شاخص توان جریان و کاربری اراضی به‌ترتیب نقش بسیار مؤثری در وقوع فرسایش آبکندی منطقهٔ سیمره دارند و توجه به آنها در مدیریت و حفاظت خاک منطقه حائز اهمیت است. بنابراین، توجه به این نکات کلیدی درخصوص وضعیت پتانسیل وقوع فرسایش آبکندی، در زمینهٔ مدیریت پایدار منابع طبیعی می‌تواند راه‌گشا باشد. درنهایت، به‌کارگیری مدل عامل قطعیت (CF)، در قالب سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، برای بررسی پتانسیل وقوع فرسایش‌های آبکندی مناطق دیگر پیشنهاد می‌شود.

منابع

[1]. Prosser IP. Thresholds of channel initiation in historical and Holocene times, southeastern Australia. Advances in hillslope processes. 1996;2:687-708.

[2]. Poesen J, Nachtergaele J, Verstraeten G, Valentin C. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. Catena. 2003;50(2):91-133.

[3]. Sadeghi SHR, Noormohamadi F, Sofi M, Yasrebi B. Estimation of sediment volume of gully erosion using important components of rainfall. Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences. 2008; 1:172-180. [Persian]

[4]. Ireneusz, M. Dating of small gully formation and establishing erosion rates in old gullies under forest by means of anatomical changes in exposed tree roots (Southern Poland), Geomorphology. 2008;93:421 – 436.

[5]. Olfati S, Moradi K. Assessment of gully erosion of Direh watershed using climate indices. Sepehr Journal. 2014; 89:43-45. [Persian]

[6]. Biati K. Gully erosion characteristics and conditioning factors of gullying process (Case study: Ahar-Meshkinshahr region). Geography and Development Iranian J. 2006; 7:115-136. [Persian]

[7]. Chung CF, Fabbri AG. Three Bayesian prediction models for landslide hazard. InProceedings of international association for mathematical geology 1998 annual meeting (IAMG'98), Ischia, Italy 1998 Oct 3 (pp. 204-211).

[8]. Renschler CS, Harbor J. Soil erosion assessment tools from point to regional scales—the role of geomorphologists in land management research and implementation. Geomorphology. 2002;47(2):189-209.

[9]. Jafari Gorzin B, Kavian A. Assessment of gully erosion occurrence using remote sensing and geographical information system in Sorkhabad watershed, Mazandaran. Iranian Journal of Watershed Management and Sciences. 2009; 7:55-58. [Persian]

[10]. Maghsodi M, Shadfar S, Abasi M. Gully erosion susceptibility in Zavarian Watershed, Qom Province. Journal of quantitative geomorphological researches. 2011; 2:35-52. [Persian]

[11]. Betts HD, Derose RC. Digital Elevation as Tool for Monitoring and Measuring Gully Erosion, Jag, 1999; 2:91-101.

Archive of SID

www.SID.ir

[12]. Shadfar S. Application of fuzzy logic for gully erosion assessment using geographic information system (GIS) (Case study: Tarood Watershed). Sepehr Journal. 2014; 92:35-42. [Persian]

[13]. Entezari M, Maleki A, Moradi K, Olfati S. Gully erosion zonation using analytical hierarchy process (AHP) in Direh watershed. J Spatial Planning. 2013;17:65-86. [Persian]

[14]. Dube F, Nhapi I, Murwira A, Gumindoga W, Goldin J, Mashauri DA. 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. 2014 Dec 31;67:145-52.

[15]. Yamani M, Zamanzadeh SM, Ahmadi M. Analysis of gully erosion formation and development (Case study: Kahor Watershed, Fars Province). Geographical researches of desert regions. 2013; 1:53-84. [Persian]

[16]. Farajzadeh M, Afzali A, Khalili Y, Gholichi E. Evaluation of gully erosion susceptibility using multivariate logistic regression (Case study: Kiasar, SE Mazandaran). Journal of Environmental Erosion Research. 2012; 6:42-57. [Persian]

[17]. Zakerinejad R, Märker M. Prediction of Gully erosion susceptibilities using detailed terrain analysis and maximum entropy modeling: a case study in the Mazayejan Plain, Southwest Iran. Geogr Fis Din Quat. 2014;37(1):67-76.

[18]. Rahmati O, Haghizadeh A, Pourghasemi HR, Noormohamadi F. Gully erosion susceptibility mapping: the role of GIS-based bivariate statistical models and their comparison. Natural Hazards. 2016;82(2):1231-1258.

[19]. Moore ID, Grayson RB, Ladson AR. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. Hydrological processes. 1991;5(1):3-30.

[20]. Pourghasemi HR, Pradhan B, Gokceoglu C, Mohammadi M, Moradi HR. Application of weights-of-evidence and certainty factor models and their comparison in landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran. Arabian Journal of Geosciences. 2013;6(7):2351-2365.

[21]. Yesilnacar EK. The application of computational intelligence to landslide susceptibility mapping in Turkey. University of Melbourne, Department, 200; 2005.

[22]. Feiznia S, Heshmati M, Ahmadi H, Ghodosi J. Assessment of gully erosion in Aghajari Formation in Ghasr-shirin region. Journal of Research and Reconstruction in Natural Resources. 2007; 40:32-74. [Persian]

[23]. Nohegar A, Heidarpour M. Phisico-chemisrty and morphological characteristics of affected areas by gully erosion. Journal of Environmental Erosion Research. 2011; 1:29-44. [Persian]

[24]. Valentin C, Poesen J, Li Y. Gully erosion: impacts, factors and control. Catena. 2005;63(2):132-53.

[25]. Ghodosi J, Davari M. Assessment of climatic and morphological characteristics of gully erosion (Case study: Qom Province). 3th conference of soil erosion and sediment (Center of Soil Conservation and Watershed Management, Tehran). 2005; 342-348. [Persian]

[26]. Sadeghi SHR, Safaian N, Ghanbari S. Evaluation of the role of land use in soil erosion rate and its types (Case study: Ksilian Watershed). Journal of Agriculture Engineering Researches. 2006; 26:85-98. [Persian]

[27]. Soleimanpour SM, Sofi M, Ahmadi H. Assessment of role of different land use types in gully erosion in Fars Province. Iranian Journal of Watershed Management and Sciences. 2008; 3:66-68. [Persian]

[28]. Malik I. Dating of small gully formation and establishing erosion rates in old gullies under forest by means of anatomical changes in exposed tree roots (Southern Poland). Geomorphology. 2008;93(3):421-36.

Archive of SID

www.SID.ir