Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال ششم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۶
صص. ۱۵۵-۱۳۷

ارزیابی و پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک در حوضه آبخیز رودخانه بالیخلو (سدیامچی) با استفاده از مدل‌فازی

موسی عابدینی* – دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
نازیلا یعقوب نژاداصل - دانشجوی دکتری مخاطرات ژئومورفولوژیک، دانشگاه محقق اردبیلی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۵/۲۵ تائید نهایی: ۱۳۹۶/۰۲/۱۹

چکیده

در اثر شـــدت فرســـایش خاک در حوضـــه آبخیز رودخانه بالیخلو (ســـدیامچی) و افزایش رسوب‌گذاری در مخزن این سد باعث کاهش حجم مفید مخزن آن می‌شود. برای این منظور از مدل فازی و شاخص‌های تراکم شبکه زهکش، بیشترین میزان بارندگی روزانه، خاک، کاربری زمین، زمین شناسی، شیب، ارتفاع، انحنا پروفیل و انحنا پلانی متریک استفاده شد و نقشه پهنه‌بندی خطر فرســـایش خاک تهیه گردید. نتایج نشـــان داد که در حدود ۴۲/۱۶ درصـــد پهنه‌های با خطر فرســـایش بســـیار زیاد تا زیاد قرارگرفته اســـت. این پهنه‌ها در واحدهای توپوگرافی دشت‌ها، کوه‌پایه‌ها، کوهستان‌های نسبتاً مرتفع و مرتفع واقع‌شده‌اند. حدود ۲۶/۹۳ درصد در پهنه با خطر فرسایش متوسط قرار دارد. در حدود ۳۰/۸۸ درصد در پهنه‌های با خطر فرسایش کم و بسیار کم قرارگرفته است. مورفولوژی پهنه‌های در معرض خطر فرسایش از مورفولوژی تراکم شبکه زهکش تبعیت کرده‌اند. این نشان‌دهنده نقش شبکه زهکش رودخانه بالیخلو در فرسایش خاک‌ها است. پیشنهاد می شود که عملیات آبخیزداری و حفاظت خاک در این حوضه به‌و سیله مهندسین منابع طبیعی و آبخیزداری اعمال شود. این نقشه‌ها می‌توانند مورداستفاده مهندسین منابع طبیعی و آبخیزداری قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پهنه‌بندی، فرسایش خاک، مدل فازی، حوضه آبخیز سدیامچی، رودخانه بالیخلو.

* نویسنده مسئول: E-mail: Musaabedini@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

مقدمه

فرسایش خاک به‌عنوان یکی از مشکلات محیط زیستی شناخته‌شده است که بسیاری از کشورهای جهان با آن مواجه هستند (میترا و همکاران[1]، ۱۹۹۸، ۱۸۴). فرسایش خاک باعث از بین رفتن این منبع طبیعی باارزش می‌شود. این فرسایش بسیار آهسته رخ می‌دهد و اثرش در درازمدت به‌صورت کاهش حاصل خیزی خاک آشکار می‌شود. همچنین فرسایش خاک با اضافه کردن رسوبات معلق باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی و تخریب سطح زمین می‌شود (میترا و همکاران، ۱۹۹۸، ۱۸۴). بانک جهانی و دیگر مراکز تحقیقاتی دنیا نرخ فرسایش را در جهان بین ۱/۲ تا ۳۷ تن در هکتار تخمین زده‌اند (مال اوا و بو ندا[2]، ۱۹۹۹، ۲). به‌طورکلی بیشترین مساحت در معرض خطر فرسایش در جهان مربوط به قاره آسیا با سی‌وپنج میلیون هکتار و پس‌ازآن مربوط به قاره‌های آفریقا، آمریکا و اروپا است (کارتاجنا[3]، ۲۰۰۴، ۲۱). فرسایش خاک یکی از مسائل و مشکلات جدی حوضه‌های آبخیز ایران محسوب می‌شود و می‌توان از آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین موانع برای دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی نام برد (عرفانیان و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۳). بر اساس مطالعات انجام‌گرفته در ایران سالیانه به‌طور متوسط ۱۵۰۰ تن خاک از هر کیلومترمربع سطح زمین در اثر فرسایش آبی شسته می‌شود و این بدان معناست که هرسال یک میلی‌متر از ضخامت خاک در کشور کاسته می‌شود (سپهر و هنرمند نژاد، ۱۳۹۱، ۵۸). ازآنجایی‌که در کشورهای درحال‌توسعه روش‌های تجربی و مشاهدات میدانی زمان‌بر هستند و اغلب با هزینه‌های زیاد همراه هستند، بنابراین استفاده از روش‌های جایگزین و کم‌هزینه‌تر مانند انواع روش‌های پهنه‌بندی برای پیش‌بینی و ارزیابی فرسایش خاک مطلوب‌تر هستند. چون اطلاعات صحیح و قابل‌قبول از میزان کمی فرسایش در حوضه‌های آبخیز وجود ندارد، لذا قبل از تهیه نقشه کمی فرسایش، اغلب نیاز به برآورد حساسیت یا پتانسیل مناطق مختلف حوضه ازنظر شدت فرسایش خاک و به‌عبارتی‌دیگر پهنه‌بندی پتانسیل فرسایش خاک است (نادری و همکاران، ۱۳۸۹، ۴۵). نقشه‌های پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک، توزیع فضایی نواحی و مکان‌های در معرض این پدیده را شناسایی می‌کنند و می‌توان از آن‌ها در برنامه‌ریزی‌ها استفاده کرد.

سد یامچی تأمین‌کننده شصت‌وپنج میلیون مترمکعب آب در سال، در بخش کشاورزی و بیست میلیون مترمکعب آب در سال برای مصارف شهری اردبیل است. در اثر فرسایش خاک در حوضه آبخیز رودخانه بالیخلو (سدیامچی)، ورود آب به همراه رسوب به مخزن سد، باعث شده است که عمق جریان افزایش و از سرعت جریان کاسته شده و از انرژی جریان جهت حمل رسوب کاسته شود، این امر شدت رسوب‌گذاری را در این سد افزایش داده که درنهایت ازیک‌طرف باعث کاهش حجم مفید مخزن سد گردیده است (قلمی و فتاحی نصرآبادی، ۱۳۹۰: ۱) و از طرف دیگر به علت این‌که زمین‌های این حوضه آبخیز به زیر کشت و زرع رفته‌اند، احتمال این‌که در آینده نزدیک به دلیل فرسایش خاک و به‌تبع آن تخریب زمین از میزان تولیدات کشاورزی این حوضه کم شود، زیاد است؛ بنابراین آگاهی از میزان خطر فرسایش در این حوضه آبخیز احساس می‌شود. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه فرسایش صورت گرفته است. اولین تحقیقات علمی در زمینه فرسایش خاک بین سال‌های ۹۵– ۱۸۷۷ توسط دلفی، دانشمند آلمانی صورت گرفته است (یمانی و همکاران، ۱۳۸۴، ۱۸۸). باگذشت زمان، نتایج و بررسی‌های مشابه انجام‌شده است. اولین گزارش در مورد فرسایش خاک در ایران، در سال ۱۳۳۷ توسط دوان دوبین کارشناس فائو تهیه و منتشر شد (یمانی و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۸۸).

مدل کردن فرآیندهای فیزیکی و پویا مانند فرسایش خاک با مشکلات و خطاهایی همراه است. در دسترس نبودن منابع داده‌ای صحیح، کیفیت داده‌های مورداستفاده، مسئله مقیاس در مدل‌سازی، خطاهای اندازه‌گیری و پیچیدگی خود مدل ازجمله مشکلاتی است که در مطالعات فرسایش خاک توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش‌شده است (عرفانیان و همکاران،

1- Mitra and et al
2- Malava&Bonda
3- Cartagena

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

: ۴۳). روش برآورد نزدیک به واقعیت مقدار کمی فرسایش خاک در مقیاس حوضه آبخیز به‌عنوان یک موضوع مهم موردتوجه پژوهشگران بوده است (عرفانیان و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۳). در طی سال‌های متمادی، تلاش‌های زیادی صورت گرفته است تا تلفات خاک در اراضی شیب‌دار برآورد و پهنه‌های فرسایشی شناسایی شوند و درنهایت با تنظیم برنامه‌های مدیریت زمین، حاصلخیزی خاک حفظ شود که برای نیل بدین هدف، روش‌های متعددی ابداع گردید (روستایی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۴۹). این روش‌ها در ابتدا کیفی و مبتنی بر یک شاخص منفرد بودند. با افزایش تعداد داده‌ها، معادلاتی مبتنی بر شاخص‌های متعدد به وجود آمدند.

مطالعه بر روی پارامترهای مختلف و تعمیم آن به حوضه‌های مختلف، منجر به ابداع مدل‌ها و روش‌های تجربی متعددی همچون مدل‌های یو اس لی[۱]، فائو[۲]، پسیاک[۳] و ای پی‌ام[۴] شد (فتحی، ۱۳۸۵: ۶۶). پژوهش‌ها و مدل‌های ذکرشده که بیشتر از منطق‌های دو ارزشی تبعیت می‌کردند، به دلیل مطلق‌گرایی و عدم انعطاف‌پذیری، با واقع‌گرایی لازم همراه نبودند (روستایی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۵۰). در اکثر حوضه‌های آبخیز ایران، عدم وجود آمار دقیق از میزان کمی فرسایش، استفاده از مدل‌های برآورد فرسایش خاک را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. مدل‌های فیزیکی فرسایش خاک موجود، هم ازنظر تعداد و هم از جنبه دقت زمانی و مکانی متغیرها دارای نیاز داده‌ای بالا می‌باشند؛ بنابراین فقدان و یا کمبود داده‌های ورودی موانعی را در کاربرد موفقیت‌آمیز مدل‌های فیزیکی فرسایش به وجود می‌آورد. از طرف دیگر، مدل‌های تجربی با نیاز داده‌ای کم، برای مناطق ویژه‌ای که کرت‌های فرسایشی در آن‌ها قرار داده‌شده، طراحی‌شده‌اند و کاربرد آن‌ها تنها به این مناطق محدود می‌شود (مریت و همکاران[۵]، ۲۰۰۳، ۷۶۱، نی گل[۶]، ۲۰۱۰: ۱۹۱). سایر جنبه‌های مهم که در بسیاری از مطالعات مربوط به ارزیابی خطر فرسایش خاک از آن چشم‌پوشی شده است، طبیعت خود عامل‌های ورودی کنترل‌کننده محیطی مدل است. این عامل‌ها در واقع فازی هستند. مدل‌های فیزیکی و تجربی موجود، هر عارضه و واحدهای مکانی در طبیعت که دارای مرزهای مشخص است را موردتوجه قرار می‌دهند (اوینم[۷]، ۲۰۱۱ : ۸).

جهت دستیابی به انعطاف‌پذیری بیشتر و تحلیل‌های واقع‌بینانه‌تر در دهه‌های اخیر، محققان اقدام به تعریف روش‌های مبتنی بر منطق‌های چند ارزشی کرده‌اند که تئوری فازی ازجمله آن‌هاست (روستایی و همکاران، ۱۳۸۸:۵۰). ازجمله کاربردهای تئوری فازی و مدل‌های مختلف در زمینه مطالعات ژئومورفولوژی و فرسایش می‌توان به تحقیقات کشاورز بخشایش (۱۳۷۷) اشاره کرد که اولویت‌بندی زیر حوضه‌های حوضه آبخیز اوجان چای را با استفاده از روش منطق فازی انجام داد و نتیجه گرفت استفاده از این روش برای اولویت زیر حوضه‌ها، ازنظر تولید فرسایش و سیل‌خیزی مناسب است. میترا و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند در صورت تلفیق معادله جهانی فرسایش با روش منطق فازی دقت مدل تا ۹۰ درصد افزایش می‌یابد، درصورتی‌که تخمین فرسایش با معادله جهانی فرسایش به‌تنهایی حداکثر ۷۲ درصد دقت دارد. مورات و کاندان[۸](۲۰۰۰) اعلام کردند، به دلیل پیچیدگی ماهیت پدیده‌های طبیعی، ازجمله زمین‌لغزش، استفاده از روش‌های فازی در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی دقت نتایج را به میزان زیادی افزایش می‌دهد. آ تندا[۹] (۲۰۰۲) کیفیت خطر فرسایش آبی در

1- USLE
2- Fao
3- PSIAC
1- EPM
2- Merritt and et. al
3- Nigel
4- Oinam
5- Murat and Candan
6- Attanda
7- SLEMSA
8- Tangestani

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

دشت مرطوب بنین را با استفاده از دو مدل یو اس لی و اس لمسا[1] مورد ارزیابی قرار داده و نتیجه گرفته است که مدل اس لمسا به دلیل تشابه نتایج آن با نتایج طرح‌های صورت گرفته، انطباق بهتری با شرایط گرمسیری دارد یا تنگستانی[2] (۲۰۰۶) نتایج نقشه‌های تولیدی از روش‌های ای پی‌ام و ام پسیاک[3] را مقایسه کرد و نتیجه گرفت مدل ام پسیاک دقیق‌تراست. یانگ و همکاران[4] (۲۰۱۳)، با استفاده از مدل فازی و روش تحلیل سلسله مراتبی به ارزیابی خطر فرسایش خاک در نواحی کارستی جنوب غربی کشور چین پرداختند. ایشان از شاخص‌هایی مانند کاربری زمین، شیب، ارتفاع، جهت دامنه و جاده‌ها استفاده کردند. ایشان نتیجه گرفتند که حدود ۵۲/۳۵ درصد و ۲۴/۸۶ درصد از مساحت محدوده موردمطالعه در معرض خطر فرسایش خاک به ترتیب با شدت زیاد و بسیار زیاد قرارگرفته است. بیسواس و همکاران[5] (۲۰۱۵)، با استفاده از روش‌های جی‌آی‌اسی نواحی آسیب‌پذیر ازلحاظ خطر فرسایش خاک در استان تلانگانا کشور هند شناسایی کردند. ایشان نشان دادن که در حدود ۶۹ درصد از محدوده حوضه موردمطالعه در معرض فرسایش خاک قرارگرفته است. احمدی و همکاران (۱۳۸۷) برای کمی کردن ژئومورفولوژیک فرسایش، تعداد ۸۱ شاخص در قالب ۹ معیار مناسب در فرسایش خاک و تولید رسوب، شاخص‌های رخساره‌های ژئومورفولوژی، سنگ‌شناسی، توپوگرافی، اقلیم، هیدرولوژی، خاک، چگونگی بهره‌برداری از زمین، پوشش گیاهی و اقتصادی- اجتماعی سد لتیان را بررسی کردند. ایشان برای کمی نمودن مدل مفهومی، از نظریه مجموعه‌های فازی بهره‌گیری و با به‌کارگیری هفت عملگر فازی، نقشه‌های شدت فرسایش را تهیه کردند و نشان دادن که بیشترین دقت مربوط به نقشه تهیه‌شده با بهره‌گیری از عملگر گامای فازی ۰/۸ با ضریب دقت کلی ۹۱ درصد است. یمانی و همکاران (۱۳۸۴)، پدیده فرسایش را در حوضه آبخیز داور زن شهرستان سبزوار با استفاده از مدل فازی در قالب نرم‌افزار الویس و جی‌آی‌اس بررسی کردند. ایشان از عملگرهای جمع جبری فازی، ضرب جبری فازی و گاما استفاده کردند. ایشان با توجه به شرایط منطقه عملگر گامای فازی ۰/۵ را بهترین عملگر برای پهنه‌بندی در حوضه آبخیز داور زن دانستند. عابدینی (۱۳۹۳) برای میزان فرسایش خاک و کنترل و مدیریت بهینه حوضه آبریز دریاچه نئور در استان اردبیل از روش‌های کمی مختلفی استفاده کرده است.

روستایی و همکاران (۱۳۸۸) فرسایش‌پذیری حوضه آبخیز بجو شن‌چای با استفاده از مدل فازی و جی‌آی‌اس بررسی کردند. ایشان در تحقیق خود از متغیرهایی مانند لیتولوژی، کاربری فعلی اراضی، پوشش گیاهی، شیب و تراکم زهکشی آبراهه‌ها استفاده کردند و به دلیل انطباق نقشه‌های خروجی از عملگرهای فازی با واقعیت‌های فرسایشی به‌دست‌آمده از مطالعات میدانی، عملگر جمع جبری فازی را به دلیل بارز نمودن پهنه‌های با حساسیت فرسایش بالا نسبت به عملگر ضرب فازی، مناسب دانستند. خدابخش و همکاران (۱۳۸۸)، از دو روش تجربی‌ام پسیاک و ای پی‌ام برای برآورد فرسایش و رسوب زایی در زیر حوضه سزار (حوضه سد دز استان لرستان) در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند و نشان دادند که در حدود ۸۰ درصد از محدوده موردمطالعه در رده فرسایش زیاد تا خیلی زیاد قرارگرفته‌اند. سپس با استفاده از مجموعه‌های فازی به پهنه‌بندی و پیش‌بینی میزان رسوب زایی و فرسایش پرداختند. آن‌ها به نتیجه رسیدند که در بین این سه روش، روش ام پسیاک نتایج بهتری دارد. سپهر و هنرمند نژاد (۱۳۹۱) از مدل کربن اصلاح‌شده، نقشه خطر فرسایش واقعی خاک در حوضه آبخیز جهرم تهیه کردند. ایشان در تحقیقات خود شاخص فرسایندگی فورنیه و فرسایش‌پذیری خاک را به همراه نقشه

1- MPSIAC
2- Yang and et. al
3- Biswas and et.al

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

پوشش گیاهی و شیب باهم تلفیق کردند و به این نتیجه رسیدند که بیش از ۸۰ درصد از حوضه آبخیز جهرم، دارای خطر متوسط و بالا برای فرسایش بالقوه خاک است درحالی‌که فرسایش واقعی خاک در حوضه مذکور ۲۰ درصد آن‌هم در کلاس‌بالا قرار دارد. عابدینی و همکاران (۱۳۹۱ و ۱۳۹۴) به بررسی پتانسیل رسوب‌دهی و شدت فرسایش حوضه آبخیز سولا- چای اردبیل با استفاده از مدل هیدرو فیزیکی پرداختند و شدت فرسایش را برای هر یک از زیر حوضه‌ها محاسبه کردند. نتایج کار ایشان نشان داد که زیر حوضه‌های B و D به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار پتانسیل رسوب‌دهی در واحد سطح می‌باشند. عابدینی (۱۳۹۲) اقدام به بررسی و تجزیه‌وتحلیل کمی فرسایش خندقی و فرسایش خاک در حوضه آبخیز کلقان چای نموده و مناطق مختلف آن را به لحاظ شدت فرسایش خاک پهنه‌بندی نموده‌اند. نتایج حاصل از کار ایشان نشان داد که لیتولوژی سست و تغییرات کاربری زمین در تشدید فرسایش و اتلاف خاک‌های حوضه مؤثرند. دهقانی و همکاران (۱۳۹۲) به اولویت‌بندی اجرای عملیات آبخیزداری برای کاهش سیل و کنترل فرسایش با استفاده از مدل فازی برای حوضه آبخیز فورگ در استان خراسان جنوبی پرداختند. ایشان در تحقیق خود نشان دادن که تلفیق ابزارهای جی‌آی‌اس و روش‌های منطق فازی با مدل‌های سنتی دقت محاسبات را به نحو چشمگیری افزایش می‌دهد. عرفانیان و همکاران (۱۳۹۲) به تهیه نقشه پتانسیل فرسایش خاک در حوضه آبخیز قرناوه گلستان با استفاده از مدل فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزار متلب[1] پرداختند. ایشان در تحقیقشان از عوامل اصلی مؤثر در فرسایش آبی خاک استفاده کردند. نتایج کار ایشان نشان داد که بین نقشه خطر مدل فازی و نقشه خطر مدل راسل[2] تطابق بالایی وجود دارد. عابدینی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از جی‌آی‌اس به برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه آبخیز دهکده سفید پرداختند. ایشان نشان دادن که حوضه آبخیز دهکده سفید ازنظر فرسایش و تولید رسوب در حد بالایی قرار دارد. حوضه آبخیز رودخانه بالیخلو با مساحت ۱۰۹۳ کیلومترمربع یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبخیز استان اردبیل است که به دلیل دخالت روز افزون انسان‌ها ، میزان ناپایداری دامنه‌ها زیادتر شده و وقوع زمین‌لغزش زیاد در فرسایش خاک نیز مؤثر است(عابدینی و همکاران، ۴۴:۱۳۹۴)

سد مخزنی چند منظور یامچی در مجاورت شهر اردبیل بر روی رودخانه بالیخلو احداث‌شده که فرسایش خاک و تولید رسوب در عفر مفید سد بسیار مؤثر است. لذا با توجه به اهمیت موضوع، هدف از پژوهش حاضر پهنه‌بندی و ارزیابی خطر فرسایش خاک در حوضه آبخیز رودخانه بالیخلو سدیامچی با استفاده از مدل فازی است تا به‌تبع این پهنه‌بندی راهکارهای مناسب برای کنترل اثرات منفی فرسایش خاک در این حوضه آبخیز اعمال شود.

روش تحقیق

الف- داده‌ها

در این پژوهش از اسناد کتابخانه‌ای برای مطالعه پیشینه تحقیق استفاده‌شده است. از نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰: ۱، ۲۵۰۰۰۰:۱ برای شناسایی واحدهای توپوگرافی در محدوده موردمطالعه استفاده‌شده است. داده‌های اولیه این پژوهش عبارت‌اند از نقشه‌های ارتفاع، شیب، جهت دامنه، که از مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۸۵ متر، (اخذشده از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۹۱)، استخراج شدند. نقشه رقومی زمین‌شناسی محدوده موردمطالعه نیز از سازمان زمین‌شناسی تهران، ۱۳۹۱ اخذشده است. نقشه رقومی کاربری زمین، خاک از سازمان جنگل‌ها و مراتع، (۱۳۹۲) به‌دست‌آمده است. با استفاده از مدل رقومی ارتفاع و داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک (اخذشده از سازمان هواشناسی کشور (۱۳۹۳)، نقشه میانگین بیشترین بارندگی روزانه تهیه‌شده است. از نرم‌افزار اکسل و نرم‌افزار جی‌آی‌اس برای تهیه نقشه مذکور استفاده‌شده است. در مرحله بعد، با توجه به گزارش‌های موجود و بررسی‌های میدانی، ۹ معیار بحران‌زا در فرسایش خاک محدوده موردمطالعه شناسایی شدند. این معیارها عبارت‌اند از: تراکم شبکه زهکش، بیشترین میزان بارندگی روزانه، خاک،

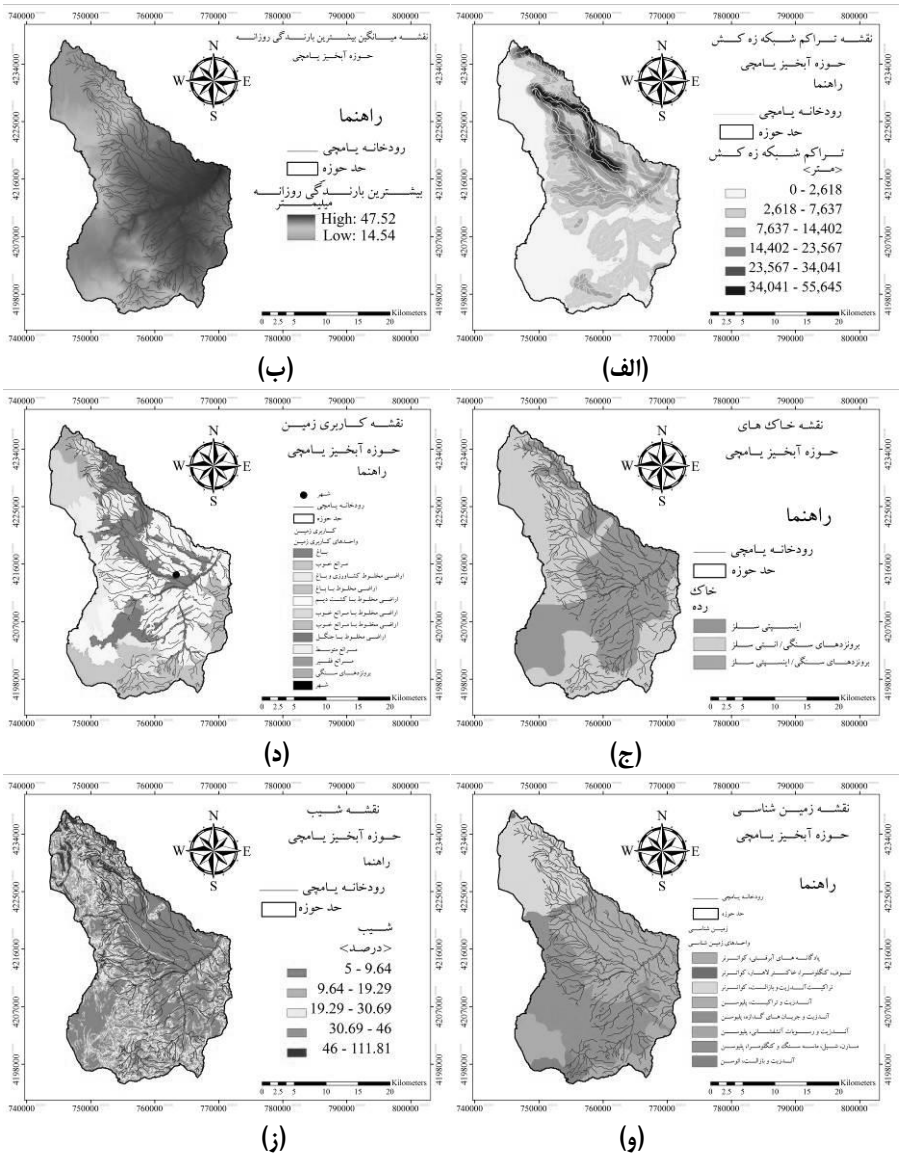
1- MATLAB
2- RUSLE

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

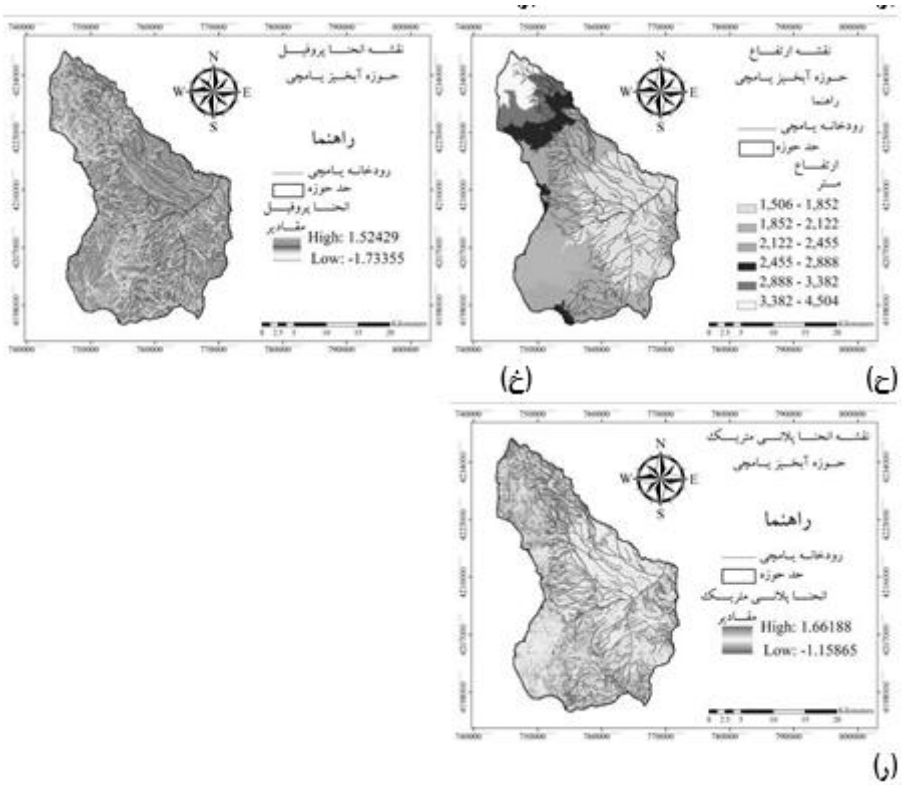
کاربری زمین، زمین‌شناسی، شیب، ارتفاع، انحنا پروفیل و انحنا پلانی متریک هستند (شکل ۱). در نهایت، برای فازی سازی معیارها و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک در محدوده موردمطالعه از مدل فازی در قالب نرم‌افزار جی‌آی‌اس استفاده‌شده است.



www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017



شکل ۱: نقشه‌های معیارهای خطر فرسایش خاک: الف- تراکم شبکه زهکش، ب- بیشترین بارندگی روزانه، ج-خاک، د- کاربری زمین و- زمین‌شناسی، ز- شیب، ح- ارتفاع، خ- انحنا پروفیل، ر- انحنا پلانیمتریک

ب- مدل فازی

دانشمندان علوم زمین و مهندسین همواره با در نظر گرفتن بسیاری از عوامل و شرایط توپوگرافیکی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، کاربری زمین و اقلیم، معیارهایی را برای تعیین چگونگی مناسب و یا نامناسب بودن فضای خاصی در نظر می‌گیرند. هر معیاری می‌تواند با داده‌های جغرافیایی و نقشه‌های موضوعی نشان داده شود و برای برنامه‌ریزی و نقشه‌برداری اقدام به مدل‌سازی شود. مدل فازی یکی از این مدل‌هاست. منطق فازی اولین بار در پی تنظیم نظریه مجموعه‌های فازی به‌وسیله لطفی زاده (۱۹۶۵ میلادی) درصحنه محاسبات نو ظاهر شد (لطفی زاده، ۱۹۶۵: ۳۳۹). واژه فازی به معنای غیردقیق، ناواضح و مبهم (شناور) است. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند صورت‌بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (فرهودی و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۷). منطق فازی می‌تواند در زمینه تحلیل سایت‌ها و مکان‌ها مورداستفاده قرار گیرد. فن کار به‌صورت تلفیق و هم‌پوشانی داده‌های رستری است. مکانیسم عمل به این‌گونه است که ابتدا پارامترهای مؤثر در فرسایش خاک شناسایی می‌شوند، سپس با استفاده از توابع عضویت فازی، فازی سازی می‌شوند و درنهایت با استفاده از شبکه استنتاج فازی باهم ترکیب می‌شوند. شبکه استنتاج فازی بر اساس عملگرهای منطق فازی این کار را انجام می‌دهد. بعدازآن که خروجی هر یک از عملگرها به دست آمد، آن‌ها را باهم مقایسه کرده و بر اساس اعداد به‌دست‌آمده نتیجه‌گیری و جمع‌بندی می‌کنند. آگاهی به مسائل توپوگرافی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و شرایط اقلیمی محدوده موردمطالعه هنگامی‌که با نرم‌افزار آرک جی‌آی‌اس و مدل‌های زمین فضا مانند مدل فازی ترکیب شوند، می‌توانند با دقت نسبتاً بالا سایت‌های در معرض خطر فرسایش خاک را شناسایی کنند و به‌صورت یک نقشه پهنه‌بندی ارائه دهند. استفاده از نرم‌افزار جی‌آی‌اس به همراه مدل‌های مختلف ابزارهای مفیدی برای پیش‌بینی و پهنه‌بندی در جهت برنامه‌ریزی فراهم می‌کند.

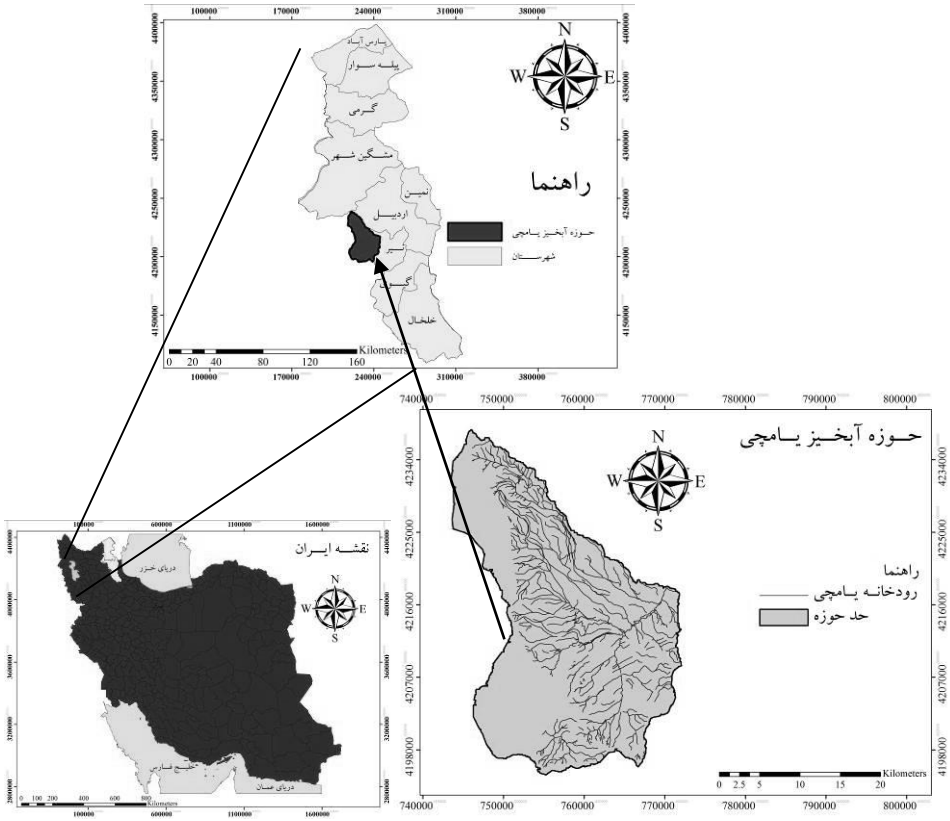
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

موقعیت جغرافیایی محدوده موردمطالعه

حوضه آبخیز رودخانه بالخلی چای سد یامچی در شهرستان نیر استان اردبیل واقع‌شده است. این حوضه از نظر مختصات جغرافیایی بین عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی استقراریافته است و ارتفاع آن ۱۵۸۴ متر از سطح دریاهای آزاد است. مساحت این حوضه۶۹۵/۹۵ کیلومترمربع است. رودخانه بالیخلو (بالیخلی‌چای) به طول ۲۵/۷۱ کیلومتر یکی از رودخانه‌های دائمی استان اردبیل است که از گردنه بالخلی در جنوب غربی شهر نیر حدفاصل دو رشته‌کوه بزقوش و سبلان سرچشمه می‌گیرد، ازجمله سرشاخه‌های مهمی چون برجلوچای، سقزچی چای، آغلاغان، جورابچای، درویشچای، لاطران چای در مسیر به این رودخانه پیوسته و آن را پرآب می‌سازند. نقطه خروجی این رودخانه روستای یا مچی سفلا است (شکل ۲).



شکل ۲: موقعیت محدوده موردمطالعه

واحدهای زمین‌شناسی حوضه آبخیز یا مچی در مناطق کم مرتفع، رسوبات پادگانه‌های آبرفتی، مارن، شیل، ماسه‌سنگ و کنگلومرا هستند (شکل ۳) و در مناطق مرتفع و کوهستانی مشتمل بر سنگ‌های آتش‌فشانی از نوع آندزیت و بازالت و توف و خاکستر لاهار هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

شکل ۳: نمایی از پادگانه‌های آبرفتی رودخانه بالیخلی چای سد یامچی: اردبیل، شهرستان نیر، حوضه آبخیز سد یامچی، جاده نیر به سراب، مآخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

این حوضه را از لحاظ توپوگرافی می‌توان به پنج واحد تقسیم کرد: ۱- دشت‌ها: این دشت‌ها قسمت‌های شرقی حوضه را در برمی‌گیرند و عمدتاً در ارتفاع ۱۷۰۰- ۱۹۰۰ متر قرارگرفته‌اند. شهر نیر در این بخش واقع‌شده است. ۲- کوه‌پایه‌ها: از ارتفاع ۲۰۰۰ متر شروع می‌شوند و به ارتفاع ۲۲۰۰ متر ختم می‌شوند. این واحد توپوگرافی در قسمت‌های شرقی و جنوب شرقی حوضه قرارگرفته‌اند. ۳- کوهستان‌های نسبتاً مرتفع: عمدتاً در قسمت جنوب غربی حوضه واقع‌شده‌اند که از ارتفاع ۲۳۰۰ متر آغاز می‌شوند و به ارتفاع ۲۶۰۰ متری ختم می‌شوند. کوه بزقوش در این واحد قرارگرفته است. ۴- کوهستان‌های مرتفع: در ارتفاع ۲۹۰۰ متر تا ۳۳۰۰ متری قرارگرفته‌اند که قسمت‌های شمال شرقی حوضه را در برگرفته‌اند. ۵- کوهستان‌های بسیار مرتفع: شامل بخش‌های مرتفع و کوهستانی حوضه است که عمدتاً ارتفاعات بیشتر از ۳۵۰۰ متر تا ۴۴۰۰ متر را در برمی‌گیرند. این واحد توپوگرافی در بخش شمالی حوضه واقع‌شده است. کوه سبلان در این بخش قرار دارد (شکل ۱ ح).

ازلحاظ اقلیمی بیشترین میزان دما با مقدار ۱۰/۹۱ سانتی‌گراد مربوط به مناطق کم‌مرتفع‌تر، دشت‌های دامنه‌ای و فلاتی بوده است و کمترین میزان دما با مقدار ۰/۴ درجه سانتی‌گراد، عمدتاً ارتفاعات کوهستانی حوضه را در برمی‌گیرد. بیشترین میزان بارندگی سالانه با مقدار ۳۷۸ میلی‌متر مشتمل بر مناطق مرتفع و کوهستانی حوضه است و کمترین میزان بارندگی سالانه با مقدار ۲۷۱ میلی‌متر مربوط به مناطق کم مرتفع‌تر شامل نواحی تپه‌ای، دشت‌های دامنه‌ای و فلاتی است. همچنین بیشترین میزان بارندگی روزانه با مقدار ۴۷/۵۲ میلی‌متر در نواحی تپه‌ای، دشت‌های دامنه‌ای و فلاتی رخ می‌دهد و کمترین میزان بارندگی روزانه با مقدار ۱۴/۵۴ در نواحی مرتفع و کوهستانی حوضه رخ می‌دهد.

خاک‌های این حوضه را می‌توان به سه رده تقسیم کرد: ۱- اینسپتی سلز: این خاک‌ها در دشت‌ها، کوه‌پایه‌ها و اندکی در نواحی کوهستانی حوضه قرارگرفته‌اند. این نوع خاک‌ها، خاک‌های نارس هستند که سیمای توسعه‌یافته مشخص راسته‌های دیگر را ندارند. ویژگی این خاک‌ها پایداری زیاد مواد مادری، فراوانی خاکسترهای آتش‌فشانی، موقعیت زمین‌نما (زمین‌های شیب‌دار یا نواحی گود)، جوان بودن سطوح زمین و محدود شدن گسترش تکامل خاک و حذف رژیم رطوبتی خاک اریدیک

www.SID.ir

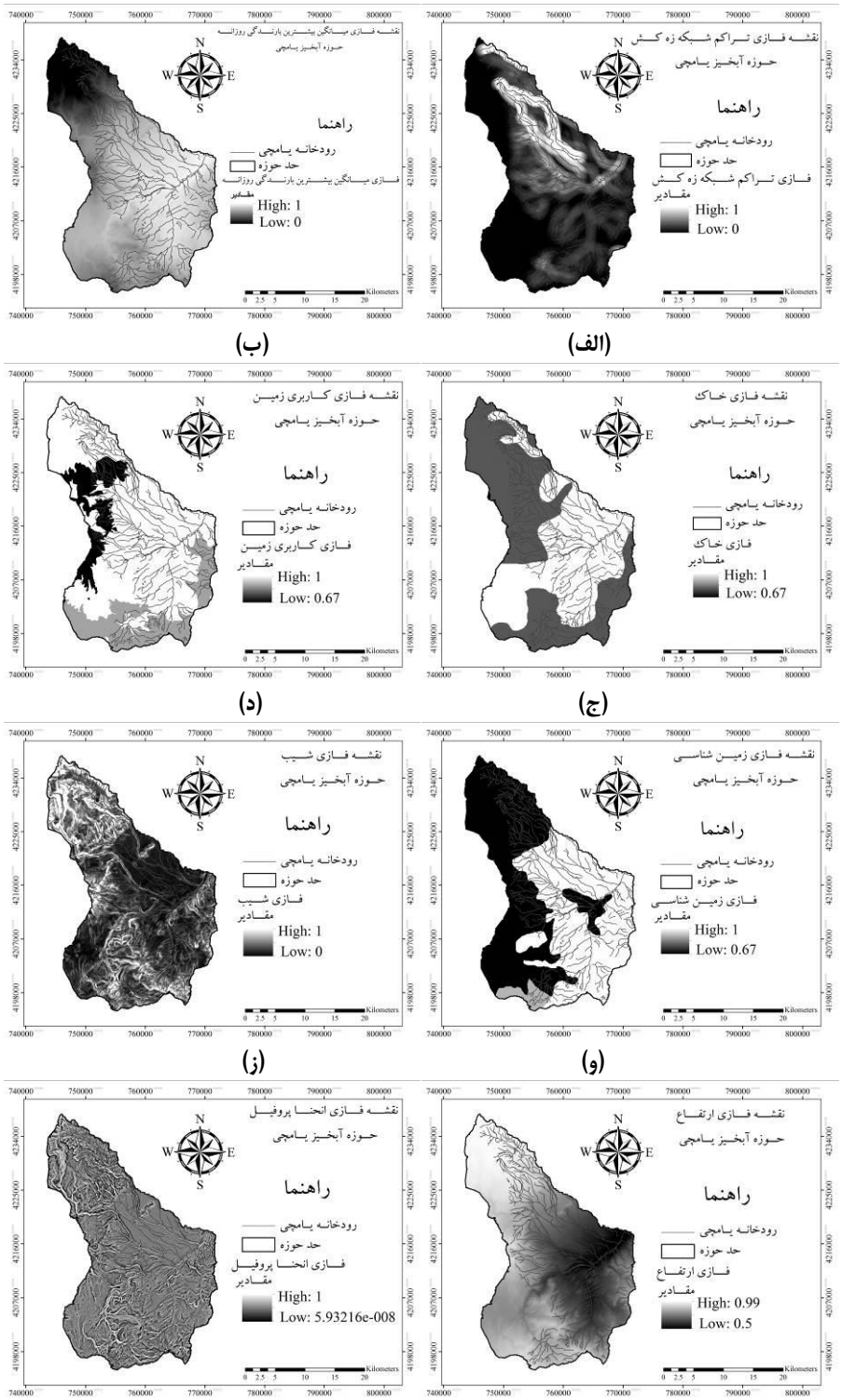
Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

است. ۲- رده انتی سلز و برون‌زدهای سنگی: این خاک‌ها مشتمل بر مناطق مرتفع و کوهستانی حوضه هستند. این نوع خاک‌ها فاقد مواد مادری متصل هستند. به‌جز افق A افق مشخصی ندارند. این نوع خاک‌ها تنوع زیادی دارند. ۳- رده اینسپتی سلز و برون‌زدهای سنگی.

بحث و یافته‌ها

پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی این نقشه‌ها، ابتدا اقدام به فازی سازی معیارها شد (شکل ۴).

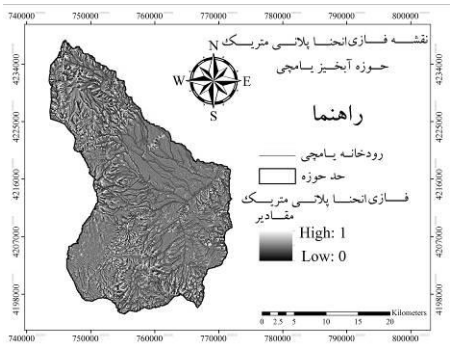


www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

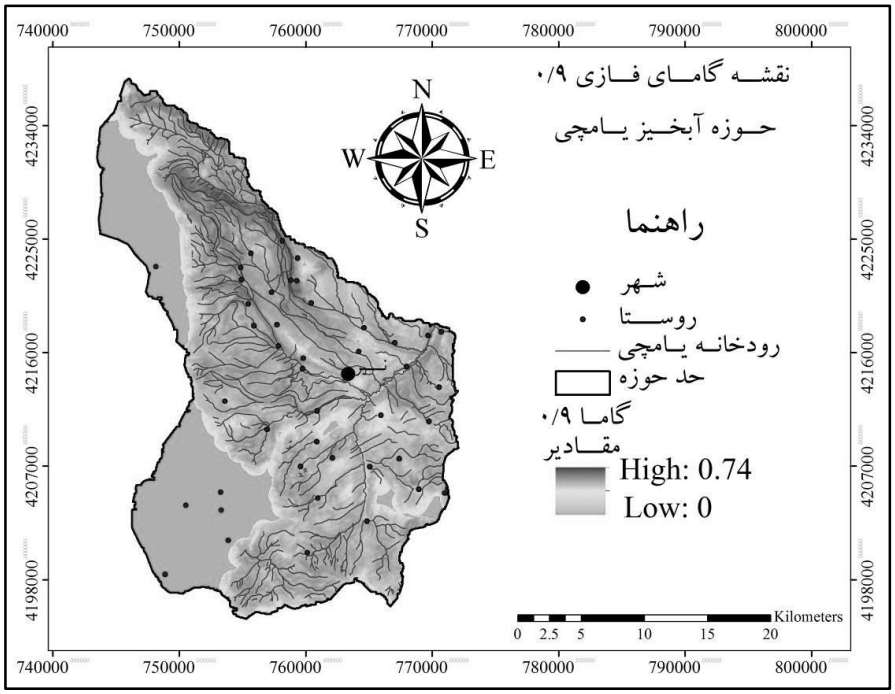
(خ) (ح)



(ر)

شکل ۴: نقشه‌های فازی شده معیارهای خطر فرسایش خاک: الف- تراکم شبکه زهکش، ب- بیشترین میزان بارندگی روزانه، ج- خاک، د- کاربری زمین و- زمین‌شناسی، ز- شیب، ح- ارتفاع، خ- انحنا پروفیل، ر- انحنا پلانی متریک

سپس، برای پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک از عملگر گامای فازی ۰/۹ استفاده شد (شکل ۵). علت انتخاب این گاما، هم‌پوشانی نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک با چندین نقشه اصلی است. به‌عبارت‌دیگر، نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک با نقشه‌های تراکم شبکه زهکش، بیشترین بارندگی روزانه، کاربری زمین و از طریق جداول متقاطع هم‌پوشانی شدند و مشخص شد که بیشترین تطابق فرسایش خاک با تراکم شبکه زهکش، بیشترین بارندگی روزانه، زمین‌های مرتعی، اراضی مخلوط، مراتع متوسط و فقیر و برون‌زدهای سنگی، در گاما ۰/۹ دیده‌شده است. همان‌طور که شکل شماره (۴) نشان می‌دهد، پهنه‌هایی از حوضه در معرض فرسایش خاک، رقم ۰/۷۴ را نشان می‌دهد. این یعنی این‌که این پهنه‌ها در معرض خطر فرسایش هستند؛ زیرا هرچه رقم مذکور به عدد ۱ نزدیک‌تر می‌شود، یعنی این‌که خطر فرسایش بیشتر می‌شود. درنهایت با توجه به عملگر گامای فازی ۰/۹، نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک در پنج طبقه باقابلیت خطر بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد تهیه گردید (شکل ۶). جدول شماره (۱) به ترتیب نتایج حاصل از پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک را در حوضه آبخیز یا مچی نشان می‌دهد.

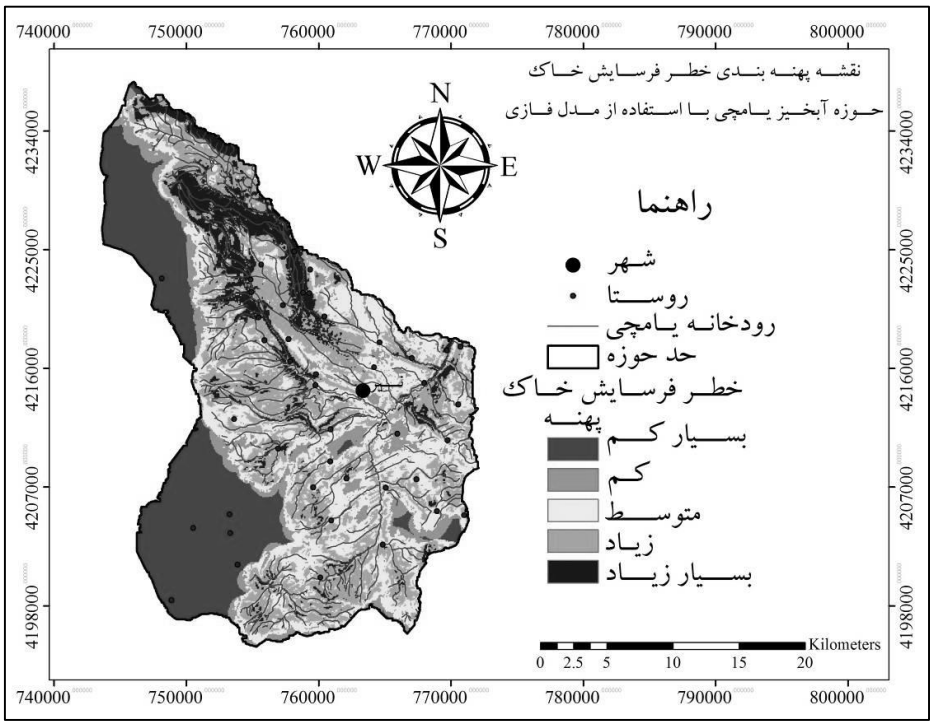


شکل ۵: نقشه گامای فازی ۰/۹

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017



شکل ۶: نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک با استفاده از مدل فازی

جدول ۱: نتایج پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک حوضه آبخیز بالیخلی‌چای سدیامچی

پهنه‌های خطر فرسایش خاک	کیلومترمربع	درصد مساحت
بسیار کم	۱۵۹/۶۲	۲۲/۹۳
کم	۵۵/۳۸	۷/۹۵
متوسط	۱۸۷/۴۷	۲۶/۹۳
زیاد	۲۲۰/۲۴	۳۱/۶۴
بسیار زیاد	۷۳/۲۸	۱۰/۵۲
مجموع	۶۹۵/۹۹	۹۹/۹۷

با توجه به جدول (۱) حدود ۷۳/۲۸ کیلومترمربع معادل با ۱۰/۵۲ درصد از مساحت حوضه در پهنه با خطر فرسایش بسیار زیاد قرارگرفته است. در حدود ۲۲۰/۲۴ کیلومترمربع معادل با ۳۱/۶۴ درصد در پهنه با خطر فرسایش زیاد قرار دارد. حدود ۱۸۷/۴۷ کیلومترمربع در پهنه با خطر فرسایش متوسط واقع گردیده است. این رقم معادل ۲۶/۹۳ درصد برای حوضه به‌دست‌آمده است. پهنه‌های با شدت خطر فرسایش خاک در واحدهای توپوگرافی دشت‌ها، کوه‌پایه‌ها، کوهستان‌های نسبتاً مرتفع و مرتفع قرار دارند. در حدود ۵۵/۳۸ کیلومترمربع معادل با ۷/۹۵ درصد در پهنه با خطر فرسایش کم و حدود ۱۵۹/۶۲ کیلومترمربع معادل با ۲۲/۹۳ درصد در پهنه با خطر فرسایش بسیار کم قرارگرفته است. این پهنه‌ها در واحد توپوگرافی تپه‌ها، در بخش‌هایی که دور از رودخانه‌ها و شعبات آن قرار دارند، واقع‌شده‌اند. در کل در حدود ۴۲/۱۶ درصد از مساحت حوضه در پهنه‌های با خطر فرسایش بسیار زیاد تا زیاد قرارگرفته است. حدود ۲۶/۹۳ درصد در پهنه با خطر فرسایش متوسط قرار دارد. در حدود ۳۰/۸۸ درصد از مساحت حوضه در پهنه‌های با خطر فرسایش کم و بسیار کم قرارگرفته است.

با توجه به بررسی‌های انجام‌گرفته و نقشه پهنه‌بندی (شکل ۵) علت‌های اصلی فرسایش خاک با درجه بسیار زیاد و زیاد در این حوضه عبارت‌اند از:

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

۱- تراکم شبکه زهکش: باهم پوشانی نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش با نقشه تراکم شبکه زهکش مشخص‌شده است که بیشترین میزان خطر فرسایش خاک در تراکم زهکش با مقدار تراکم از ۷۶۳۷ متر تا ۵۵۶۴۵ متری شبکه زهکش دیده‌شده است. به‌عبارت‌دیگر، هر چه قدر تراکم شبکه زهکش بیشتر شده است، به میزان فرسایش خاک هم اضافه‌شده است. کمترین میزان فرسایش خاک در پهنه‌هایی واقع‌شده‌اند که تراکم شبکه زهکش کمتر بوده است. پس می‌توان این‌طور استنباط کرد که علت فرسایش خاک با درجه زیاد عامل تراکم شبکه زهکش است.

۲- بیشترین میزان بارندگی روزانه: باهم پوشانی نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش با نقشه بیشترین میزان بارندگی روزانه در حوضه آبخیز یا مچی این نتیجه به‌دست‌آمده است که بیشترین میزان فرسایش خاک در بارندگی با میزان بیشتر از ۲۰ میلی‌متر اتفاق افتاده است. کمترین میزان فرسایش در بارندگی با مقدار کمتر از ۲۰ میلی‌متر رخداده است. لذا نقش بیشترین میزان بارندگی روزانه در فرسایش خاک آشکار است؛ زیرا بارندگی زیاد و بیش‌ازحد در طی یک روز به میزان آب رودخانه و شعبات آن می‌افزاید و این قدرت شعبات شبکه‌های زهکش را در فرسودن و کندن خاک زیاد می‌کند.

۳- خاک: از هم‌پوشانی نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش با نقشه این نتیجه به‌دست‌آمده است که بیشترین میزان فرسایش در خاک‌های انسپتی سلز/ برون‌زدهای سنگی و انتی سلز رخداده است. این خاک‌ها چون خاک‌های نارس هستند و در مناطق مرتفع و کوهستانی حوضه واقع‌شده‌اند و چون منفصل هستند در مقابل فرسایش حساس‌اند.

۴- کاربری زمین: بیشترین میزان فرسایش در زمین‌های مخلوط کشاورزی و باغ، زمین‌های مخلوط با کشت دیم، زمین‌های مخلوط با جنگل، مراتع متوسط، مراتع فقیر و برون‌زدهای سنگی مشاهده‌شده است. از مشاهداتی که از حوضه به عمل آمد، برای مثال در واحد توپوگرافی دشت‌ها (روستای بوران) (شکل ۷) یا واحد توپوگرافی کوه‌پایه‌ها (روستای سرخاب) (شکل ۸) اقدام به تغییر کاربری زمین و تبدیل آن به زمین‌های کشاورزی و ساخت‌وساز شده است که این خود باعث تخریب زمین و درنتیجه فرسایش‌پذیری خاک با شدت بسیار زیاد تا زیاد می‌شود. همچنین در بعضی از بخش‌های حوضه، (روستای ایلانجوق) اقدام به راه‌سازی و جاده‌سازی شده است که این خود باعث تخریب زمین و درنتیجه فرسایش‌پذیری آن می‌شود. بنابراین نقش تغییر کاربری زمین و تخریب پوشش بومی گیاهی محدوده موردمطالعه در فرسایش خاک آشکار است.

شکل ۷: تغییر کاربری زمین و تبدیل آن به زمین‌های کشاورزی: اردبیل، شهرستان نیر، حوضه آبخیز سد یامچی، روستای بوران، مآخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

شکل ۸: تغییر کاربری زمین: اردبیل، شهرستان نیر، حوضه آبخیز سد یامچی، روستای سرخاب، مآخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

۵- زمین‌شناسی: بیشترین میزان فرسایش در واحدهای زمین‌شناسی پادگانه‌های آبرفتی، مارن، شیل، ماسه‌سنگ و کنگلومرا و سنگ‌های آتش‌فشانی مانند آندزیت و بازالت مشاهده‌شده است. علت فرسایش‌پذیری زیاد خاک به دلیل سست بودن رسوبات فوق است (شکل ۹) و اگر هم این میزان فرسایش در سنگ‌های آتش‌فشانی دیده‌شده است، به‌این‌علت است که این سنگ‌ها در ارتفاعات زیاد واقع‌شده‌اند (ارتفاعات بیشتر از ۲۱۲۲ متر) و به دلیل انقباض و انبساطی که در این سنگ‌ها رخ می‌دهد، آن‌ها خرد می‌شوند، درنتیجه مواد لازم برای حمل توسط رودخانه‌ها فراهم می‌شود. البته نباید از قدرت فرسایندگی آب غافل بود. کمترین میزان فرسایش هم درآن واحدهای زمین‌شناسی دیده‌شده است که دور از عملکرد رودخانه و شعبات آن قرار دارند.

شکل ۹: هوازدگی در رسوبات پادگانه‌های آبرفتی رودخانه بالیخلو: اردبیل، شهرستان نیر، حوضه آبخیز سد یامچی، جاده نیر به سراب، مآخذ: نگارندگان، ۱۳۹۴

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

۶- شیب: بیشترین میزان فرسایش درشیب‌های بیشتر از ۵ درصد مشاهده‌شده است. شیب زیاد باعث افزایش سرعت آب رودخانه‌ها و شعبات آن می‌شود که این امر منجر به فرسایش‌پذیری زیاد خاک‌ها و رسوبات می‌شود.
۷- ارتفاع: باهم پوشانی نقشه ارتفاع و نقشه پهنه‌بندی (شکل ۵) این نتیجه به‌دست‌آمده است که بیشترین میزان فرسایش در ارتفاعات بیشتر از ۱۸۵۲ متر رخ‌داده است. علت این فرسایش‌پذیری بسیار زیاد تا زیاد به دلیل تأثیری است که ارتفاع برافزایش بارندگی دارد. این مقدار افزایش ارتفاع برای شاخص بیشترین میزان بارندگی روزانه در حدود ۲۰ میلی‌متر برآورد شده است. با افزایش ارتفاع بارندگی بیشتر می‌شود و بارندگی بیشتر به مقدار جریان آب رودخانه‌ها و شعبات آن می‌افزاید، درنتیجه قدرت فرسایندگی رودخانه‌ها زیادتر می‌شود و خاک‌ها فرسایش می‌یابند. همچنین در ارتفاعات زیاد (ارتفاعات بیشتر از ۲۱۲۲ متر) به دلیل عمل انقباض و انبساطی که در سنگ‌ها و خاک‌ها رخ می‌دهد، باعث خرد شدن و سست شدن این سنگ‌ها و خاک‌ها می‌شود و درنتیجه مواد و مصالح لازم برای حمل توسط رودخانه‌ها فراهم می‌آید.
۸- انحنا پروفیل: در این شاخص، مقادیر ارزشی به سمت عدد (۱-) بیانگر تحدب دامنه‌ها و مقادیر ارزشی به سمت عدد (۱+) بیانگر تقعر دامنه‌ها است. باهم پوشانی شاخص انحنا پروفیل با نقشه پهنه‌بندی (شکل ۵)، دامنه‌های محدب با مقادیر ارزشی به سمت عدد (۱-) فرسایش بیشتری رادارند.
۹- انحنا پلانی متریک: در این شاخص، مقادیر ارزشی به سمت عدد (۱-) بیانگر خط رأس‌ها و مقادیر ارزشی به سمت عدد (۱+) بیانگر دره‌ها هستند. باهم پوشانی شاخص انحنا پلانی متریک با نقشه پهنه‌بندی (شکل ۵) مشخص می‌شود که از شیب دامنه‌ها به سمت خط رأس، فرسایش بیشتر می‌شود. همان‌طور که گفته شد این مقدار برای خط رأس‌ها به سمت مقادیر ارزشی عدد منها میل می‌کند.
از مطالعه معیارها و نقشه پهنه‌بندی (شکل ۵) این نتیجه حاصل می‌شود که علت فرسایش‌پذیری بسیار زیاد تا زیاد در این حوضه عوامل تراکم شبکه زهکش، زمین‌شناسی و کاربری زمین هستند. باهم پوشانی نقشه تراکم شبکه زهکش با نقشه پهنه‌بندی معلوم شده است که در پهنه‌هایی که تراکم شبکه زهکش به هم فشرده‌تر بودند، فرسایش هم زیادتر بوده است. برای مثال فرسایش با خطر بسیار زیاد تا زیاد در تراکم زهکش با مقدار تراکم ۷۶۳۷ متر تا ۵۵۶۴۵ متری شبکه زهکش دیده‌شده است. هم‌چنین مورفولوژی پهنه‌های فرسایش از مورفولوژی تراکم شبکه زهکش تبعیت کرده است. این نشان‌دهنده نقش رودخانه یا مچی در فرسودن خاک‌ها است. با توجه به سست بودن بعضی از واحدهای زمین‌شناسی در مقابل فرسایش اگر عوامل مخرب انسانی مانند تغییر کاربری زمین و تخریب جنگل‌ها و مراتع ادامه یابد، می‌تواند باعث فرسایش‌پذیری بیشتر خاک در این حوضه شود؛ بنابراین از این اعمال باید جلوگیری کرد. همچنین پیشنهاد می‌شود که عملیات آبخیزداری و حفاظت خاک به‌وسیله مهندسین منابع طبیعی و آبخیزداری در این حوضه اعمال شود. همان‌طور که قبلاً گفته شد در اکثر حوضه‌های آبخیز ایران، عدم وجود آمار دقیق از میزان کمی فرسایش، استفاده از مدل‌های برآورد فرسایش خاک را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. همچنین با توجه به ماهیت فازی بودن شاخص‌ها و معیارها در برآورد پتانسیل خطر فرسایش خاک و زمان‌بر بودن و پرهزینه بودن روش‌های قدیمی و بررسی‌های میدانی، استفاده از مدل‌های فیزیکی و تجربی مانند مدل فازی توصیه می‌شود. خطاهای احتمالی هم که در این نقشه‌ها با استفاده از این مدل به وجود می‌آید، مربوط به روش‌های مختلف فازی سازی لایه‌ها و نوع عملگر گامای فازی به‌کاررفته است. از مزایای مدل فازی هنگامی‌که با سیستم اطلاعات جغرافیایی ترکیب شود، سرعت‌بالا در پردازش داده‌ها، کم‌هزینه بودن این روش و دقت نسبتاً بالای این مدل است. نمونه کارهای انجام‌شده در زمینه انواع پهنه‌بندی‌ها با استفاده از این مدل و تلفیق لایه‌های نقشه‌ای گویای این موضوع است. البته دقت بالا در زمینه بستگی به تعریف صحیح توابع و آستانه‌ها دارد. همچنین می‌توان در آینده نزدیک از مدل‌ها و روش‌هایی همچون سلول‌های اتو مات، روش شبکه‌های حس گر فازی و روش داده محور برای مطالعات و پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک استفاده کرد. نقشه‌های حاصل از این روش‌ها می‌تواند مورداستفاده مهندسین منابع طبیعی و آبخیزداری قرار گیرد؛ زیرا با شناسایی پهنه‌های در معرض فرسایش خاک می‌توان با اقدامات مناسب از خساراتی که این

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

پدیده بر محیط‌زیست، آلودگی منابع آبی سطحی و زیرزمینی و تخریب زمین‌های کشاورزی در این حوضه آبخیز می‌گذارد، جلوگیری به عمل آورد و آن را کنترل کرد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای ارزیابی خطر فرسایش خاک در حوضه آبخیز رودخانه بالخلی چای سد یامچی از ۹ شاخص مؤثر در فرسایش خاک مانند تراکم شبکه زهکش، بیشترین میزان بارندگی روزانه، خاک، کاربری زمین، زمین‌شناسی، شیب، ارتفاع، انحنا پروفیل و انحنا پلانی متریک استفاده‌شده است. سپس اقدام به فازی سازی معیارها با استفاده از توابع عضویت فازی شده است و نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک تهیه شد. مطالعات نشان داده است که در حدود ۴۲/۱۶ درصد از مساحت حوضه در پهنه‌های با خطر فرسایش بسیار زیاد تا زیاد قرارگرفته است. حدود ۲۶/۹۳ درصد در پهنه با خطر فرسایش متوسط قرار دارد. در حدود ۳۰/۸۸ درصد از مساحت حوضه در پهنه‌های با خطر فرسایش کم و بسیار کم قرارگرفته است. از مطالعاتی که از حوضه به‌دست‌آمده است می‌توان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که علت فرسایش‌پذیری بسیار زیاد تا زیاد در این حوضه آبخیز عوامل تراکم شبکه زهکش، سست بودن بعضی از واحدهای زمین‌شناسی در مقابل فرسایش، سست و نارس بودن خاک‌ها در مقابل اعمال فرسایشی، بارندگی روزانه با مقدار بیشتر از ۴۷ میلی‌متر، کاربری زمین و عوامل توپوگرافی هستند. با توجه به این‌که سد رودخانه یا مچی نقش تهیه آب برای مصارف شهری اردبیل دارد و این‌که اکثر زمین‌های این حوضه اختصاص به مراتع خوب، کشاورزی و باغ دارد بنابراین برای جلوگیری از تخریب زمین و آلودگی منابع آبی سطحی و زیرزمینی، پیشنهاد می‌شود که عملیات آبخیزداری و حفاظت خاک در این حوضه به‌وسیله مهندسین منابع طبیعی و آبخیزداری اعمال شود. نقشه‌های حاصل از پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک می‌تواند مورداستفاده مهندسین منابع طبیعی و آبخیزداری قرار گیرد؛ زیرا با شناسایی پهنه‌های در معرض فرسایش خاک می‌توان با اقدامات مناسب از خساراتی که این پدیده بر محیط‌زیست، آلودگی منابع آبی سطحی و زیرزمینی و زمین‌های کشاورزی در این حوضه آبخیز می‌گذارد، جلوگیری به عمل آورد و آن را کنترل کرد.

منابع

- احمدی؛ حسن، ملکی؛ محسن، جعفری؛ محمد، قدوسی؛ جمال، آذرنیوند؛ حسین، مسیبی؛ مرضیه، ۱۳۸۷، کمی کردن روش کیفی ژئومورفولوژی برای برآورد فرسایش آبی (مطالعه موردی: سه زیر حوضه آبخیز سد لتیان)، فصلنامه منابع طبیعی ایران، شماره ۶۱ (۴)، صص. ۷۷۵-۷۹۵.
- خدابخش؛ سعید، محمدی؛ اکبر، رفیعی؛ بهروز، بزرگ‌زاده؛ عیسی، ۱۳۸۸، مقایسه برآورد میزان فرسایش و رسوب زایی در زیر حوضه سزار (حوضه آبریز سد دز) با استفاده از مدل‌های تجربی‌ای پی‌ام و ام پسیاک با کمک دانش فازی، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، شماره ۱۲ (۳)، صص. ۵۱- ۶۱.
- دهقانی؛ مرتضی، قاسمی؛ حسین. ملکیان؛ آرش، ۱۳۹۲، اولویت‌بندی مکانی عملیات کاهش سیل و کنترل فرسایش با استفاده از روش منطق فازی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز فورگ)، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۱ (۶۶)، صص. ۷۳- ۸۸.
- روستایی؛ شهرام، نیک جو؛ محمدرضا، حبیب زاده؛ احد، ۱۳۸۹، بررسی فرسایش‌پذیری اراضی در حوضه آبخیز بجوش چای با استفاده از تئوری فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، شماره ۳۳ (۱۵)، صص. ۱۴۷- ۱۷۳.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

- سپهر؛ عادل، هنرمند نژاد؛ سعیده، ۱۳۹۱، تهیه نقشه خطر فرسایش واقعی خاک با استفاده از مدل کربن اصلاح‌شده (مطالعه موردی: حوضه آبخیز جهرم)، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۳ (۱)، صص. ۵۷- ۷۲.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۹۱، مدل رقومی ارتفاع استان تهران. ایران.
- سازمان زمین‌شناسی تهران، ۱۳۹۱، نقشه رقومی شده زمین‌شناسی استان تهران. ایران.
- سازمان جنگل‌ها و مراتع، ۱۳۹۱، نقشه رقومی شده کاربری زمین استان تهران. ایران.
- سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۳، آمار ایستگاه‌های اقلیمی استان تهران. ایران.
- عرفانیان؛ مهدی، قهرمانی، پریسا، سعادت، حسین، ۱۳۹۲، تهیه نقشه خطر پتانسیل فرسایش خاک با استفاده از منطق فازی در حوضه آبخیز قرناوه گلستان، نشریه علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، شماره ۲۳ (۷)، صص. ۴۳- ۵۲.
- عابدینی؛ موسی، بهشتی جاوید؛ ابراهیم، فتحی؛ محمدحسین ، ۱۳۹۴، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با مدل‌های آماری دومتغیره و منطق فازی(مطالعه موردی: حوضه آبخیز رودخانه بالخو چای››، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۶، شماره ۳، شماره پیاپی ۵۹، صص.۴۳ -۶۰ .
- عابدینی؛ موسی، ۱۳۹۳، تحلیل مسائل هیدروژئومورفولوژی حوضه آبریز دریاچه نئور جهت آمایش بهینه (با تأکید بر فرسایش خاک و رسوب)، مجله هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱، صص: ۱۳۰-۱۱۱.
- طولانی؛ سوسن، عابدینی؛ موسی، موسوی؛ معصومه، ۱۳۹۴، ارزیابی کارایی مدل (*Weep*) در برآورد رسوب حوضه سولاچای- اردبیل. مجله پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، شماره ۱۲ صص. ۱۹۲- ۱۸۴.
- عابدینی؛ موسی، طولابی؛ سوسن، موسوی؛ معصومه، ۱۳۹۱، بررسی پتانسیل رسوب‌دهی و شدت فرسایش حوضه آبخیز سولاچای- اردبیل با استفاده از مدل هیدرو فیزیکی در محیط *GIS*، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار. صص. ۸ -۱.
- عابدینی؛ موسی، ۱۳۹۲، تجزیه و تحلیل کمی فرسایش خندقی در حوضه آبخیز کلقانچای (شرق سهند)، مجله جغرافیا و آمایش شهری و منطقه‌ای، شماره ۷، صص. ۱۱۰-۹۷.
- عابدینی؛ موسی، فتحی؛ محمدحسین؛ سوزنده پور؛ فاطمه، حسینی؛ میر کامل، ۱۳۹۳، کاربرد فناوری *GIS* در پهنه‌بندی و برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب حوضه آبخیز دهکده سفید، اولین همایش علوم جغرافیایی ایران، صفحات.۷ -۱.
- فتحی؛ ملککیان، افشار؛ عباس، موسوی؛ سید جمشید، ۱۳۸۵، توسعه مدل تشخیص الگوی فازی به‌منظور ارزیابی پتانسیل فرسایش‌پذیری حوضه بر مبنای روش *PSIAK*، مجله آب و فاضلاب، شماره ۵۷ (۱۷)، صص. ۵۹-۷۱.
- فرهودی؛ رحمت اله، حبیبی؛ کیومرث، زندی بختیاری، پروانه، ۱۳۸۴ مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از منطق فازی (*Fuzzy Logic*) در محیط *GIS* (مطالعه موردی: شهر سنندج)، نشریه هنرهای زیبا، ۲۳ (۶)،صص. ۱۵- ۲۴.
- قلمی؛ وحید، فتاحی نصرآبادی؛ فرناز، ۱۳۹۰، تخمین روند تشکیل و حرکت دلتا در مخازن سدها مطالعه موردی سد یا مچی اردبیل، اولین کنفرانس ملی عمران و توسعه، صص. ۱- ۷.
- کشاورزی؛ بخشایش، محمد، ۱۳۷۷، بررسی فرسایش‌پذیری حوضه آبریز رودخانه اوجان چای (بستان آباد – آذربایجانشرقی) با استفاده از تئوری فازی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: ماشاالله خادمچیان، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، صص. ۱- ۱۴۰.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

- نادری؛ فتح‌الله، کریمی؛، حاجی، ناصری؛ بهروز، ۱۳۸۹، پهنه‌بندی پتانسیل فرسایش خاک در حوضه آبخیز آسمان‌آباد ایلام به روش شاخص فرسایش، مجله پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۴ (۲۳)، صص. ۴۴- ۵۱.
- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ شهرستان نیر، برگ ۵۵٦٦*II*، سری *K753*
- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ رازلیق، برگ ۵۵٦٦*III*، سری *K753*
- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کورائیم، برگ ۵۵٦٦*IV*، سری *K753*
- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ امام چای، برگ ۵۵٦٦*I*، سری *K753*
- نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ شهرستان اردبیل، برگ *NJ39-5*، سری *K551*
- نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ شهرستان اهر، برگ *NJ38-8*، سری *K551*
- نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ شهرستان میانه، برگ *NJ38-12*، سری *K551*
- یمانی؛ مجتبی، دادرسی؛ ابوالقاسم، داور زنی؛ زهرا، ۱۳۸۴، پهنه‌بندی فرسایش در حوضه آبخیز داور زن با استفاده از الگوهای منطق فازی، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۵ (۳)، صص. ۱۸۵- ۲۰۰.
- *Attanda Mouinou Igue., 2002, The Qualitative Assessment of water erosion risk in moist savanna of Benin. 12 th ISCO conference Beijing.*
- *Biswas, H, Raizada, A, Mandal, D, Kumar, S, Srinivas, S, Mishra, K., 2015, Identification of areas vulnerable to soil erosion risk in India using GIS methods, Journal of Solid earth, 7(2), pp: 1247- 1257.*
- *Cartagena, D. F., 2004, Remotely sensed land cover parameter extraction for watershed erosion modeling. MS Thesis, Geo- information Science and Earth Observation, Water Resources and Environmental Management (Environmental Systems Analysis and Management Specialization), pp.1-104.*
- *Lotfi Zadeh, A., 1965, Fuzzy Sets. Journal of Information and Control, 8(1), pp: 338-353.*
- *Mitra, B., Scott, H.D., Dixon, J.C., McKimmey, J.M., 1998, Applications of fuzzy logic to the prediction of soil erosion in a large watershed, Volume 86 (3-4), 183–209.*
- *Malava, J., F. Bonda., 1999, Proposal for research to support erosion hazard assessment in Malawi, Agricultureal engineering Bunda College of Agriculture, pp. 1-22.*
- *- Merritt, W. S., Letcher, R. A., and Jakeman, A.J, 2003, A review of erosion and sediment transport models, Journal of Environmental Modelling & Software, Volume 18(8-9), 761-799.*
- *Murat, E. and Candan, G., 2003, Use of fuzzy relation to produce landslide susceptibility map of a landslide pron area (west black sea region, turkey). Journal of Eengineering Geology, 75(3-4), pp. 229-250.*
- *39- Nigel, R., Rughooputh, S.D.D.V., 2010, Soil erosion risk mapping with new dataset: An improved prioritissation of high erosion risk area, Journal of CATENA, Volume 82(3), pp. 191-205.*
- *Oinam. B., 2011, Integrated Fuzzy-GIS approach for assessing regional soil erosion risks. University of Stuttgart, Germany. Ph.D. Thesis .pp. i-169.*
- *Tangestani, M, 2006, Comparison of EPM and PSIAC models in GIS for erosion and sediment yield in a semi-arid enviorment. Journal of Asian Earth Science, 27(5), 585-597.*

www.SID.ir

Archive of SID

- *Yang, Qiyong, Xie, Yunqiu, Li, Wenjun, Jiang, Zhongcheng, Li, Hui, Qin, Xingming., 2014, Assessing soil erosion risk in karst area using fuzzy modeling and method of the analytical hierarchy process, Journal of Environmental Earth Sciences, 71(1), pp: 287- 292.*

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 15:37 +0330 on Wednesday November 22nd 2017

www.SID.ir