DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwmse.2017.109725

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 9, Issue 2, 2017, Pages 190-204

نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۹، شماره ۲، ۱۳۹۶، صفحات ۱۹۰-۲۰۴

تعیین عوامل مؤثر بر رسوب‌دهی با استفاده از روش‌های آماری، مطالعه موردی: حوضه سیدآباد

زهرا فغفوری[۱]، نسیم آرمان*[۲]، محمد فرجی[۳] و زهره خورسندی[۴]

[۱] دانشجوی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا بهبهان، [۲،۳ و ۴] استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا بهبهان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۷

چکیده

از آن‌جا که در بررسی عوامل موثر بر فرسایش خاک و تولید رسوب به‌طور ریشه‌ای نمی‌توان عامل مشخص و معینی را به‌عنوان عامل اصلی فرسایش آبی در یک منطقه معرفی نمود، شرایط فرسایش موجود در منطقه را باید معلول تأثیر متقابل مجموعه عوامل موثر در ایجاد فرسایش دانست. لذا در این پژوهش به‌منظور شناسایی عوامل مؤثر بر میزان فرسایش و تولید رسوب، فرسایش بین شیاری حوضه سیدآباد به کمک متوسط شدت بارش ۳۰ دقیقه‌ای با دوره بازگشت ۱۰ سال منطقه (۴۰ میلی‌متر بر ساعت) و باران‌ساز صحرایی در ۳۳ پلات آزمایشی تعیین شد. روش‌های تجزیه و تحلیل عاملی، مدل رگرسیون چند متغیره، لجستیک و مدل اسکالوگرام نیز برای تحلیل آماری نتایج استفاده شد. ابتدا با استفاده از روش تجزیه و تحلیل عاملی (روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی) از بین ۱۵ متغیر موثر بر تولید رسوب، شش متغیر ضریب رواناب، درصد پوشش گیاهی، درصد شن، حساسیت سنگ به فرسایش، بافت خاک و نوع کاربری که ۸۲/۰۰۹ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه می‌کنند، انتخاب شدند (KMO = ۰/۵۳). نتایج مدل رگرسیون چند متغیره تقریبا با روش تحلیل عاملی یکسان بود و نتایج حاصل از مدل اسکالوگرام نیز حاکی از تأیید این مطلب می‌باشد. در نهایت با توجه به ضرایب رگرسیونی به‌دست آمده، به‌ترتیب متغیرهای حجم رواناب (۰/۰۲)، حساسیت سنگ به فرسایش (۰/۰۰۱)، درصد ضریب رواناب (۰/۰۰۰۵) و درصد شن (۰/۰۰۰۰۲) از عوامل مؤثر بر فرسایش و رسوب در حوضه تشخیص داده شدند. لذا، با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های لازم را به‌منظور کاهش حجم رواناب و افزایش پوشش گیاهی در اولویت اقدامات کنترل میزان فرسایش و رسوب اتخاذ کرد.

واژه‌های کلیدی: اسکالوگرام، تحلیل عاملی، رگرسیون چند متغیره، رگرسیون لجستیک، رسوب

مقدمه

خاک به‌عنوان یکی از منابع مهم طبیعی هر کشور است که رخداد فرسایش به اشکال مختلف موجب از دست رفتن این سرمایه ملی می‌شود. فرسایش خاک و تولید رسوب در دنیا، مخصوصا در کشورهای در حال توسعه روند افزایشی دارد و زمین و ساکنان آن را به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تاثیر قرار می‌دهد.

* مسئول مکاتبات: nasim_arman2000@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

در بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش خاک و تولید رسوب به‌طور ریشه‌ای نمی‌توان عامل مشخص و معینی را به‌عنوان عامل اصلی فرسایش آبی در یک منطقه معرفی نمود، بلکه شرایط فرسایش موجود در منطقه را باید معلول تأثیر متقابل مجموعه عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش دانست (Morgan، ۱۹۹۵).

با در نظر گرفتن نتایج بررسی‌های مختلف که عوامل بی‌شماری را به‌عنوان عوامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب معرفی نموده‌اند، در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان آن‌ها را شامل عوامل مربوط به فیزیوگرافی و توپوگرافی، سنگ‌شناسی و خاک، اقلیم و هیدرولوژی، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی و پوشش سطح زمین و کاربری اراضی دانست (Qadiri، ۱۹۹۴). امروزه فرسایش خاک و تولید رسوب، یکی از نگرانی‌های اصلی زیست محیطی محسوب می‌شود. فرسایش تشدیدی باعث از دست رفتن خاک‌های کشاورزی، فقیر شدن ظرفیت تولیدی خاک‌ها و آلودگی آب‌های طبیعی در اثر رسوبگذاری می‌شود. بنابراین به‌منظور اجرای برنامه‌های حفاظت و مهار فرسایش خاک و کاهش تولید رسوبات در حوزه‌های آبخیز ضرورت دارد که حجم کل بار رسوبی و شدت فرسایش در آن‌ها ارزیابی و برآورد شد که لازمه آن نیز شناسایی عوامل موثر بر فرسایش و تولید رسوب است (Arman، ۲۰۱۲).

در این راستا Takashi و Nakagava (۱۹۸۹)، با استفاده از داده‌های ۵۱ سد مخزنی در ژاپن، عوامل مؤثر در تولید رسوب را مساحت، شیب، اختلاف ارتفاع دورترین نقطه حوضه نسبت به خروجی و ضریب فرسایندگی باران اعلام نمودند. همچنین، Verstraeten و Poesen (۲۰۰۱)، با بررسی میزان رسوب‌دهی در ۲۶ حوضه در کشور بلژیک مدل‌های منطقه‌ای برای رسوب‌دهی ویژه و رسوب‌دهی کل ارائه نمودند که در آن‌ها عوامل مساحت حوضه، شاخص هیپسومتری، طول مسیر زهکشی، فاصله خروجی حوضه و دورترین نقطه خط تقسیم آب و بیشینه اختلاف ارتفاع حوضه در معادلات به‌کار رفته است. معیارهای مورد استفاده WU (۲۰۰۷) برای ارزیابی خطر فرسایش، نوع خاک، شدت بارش، شکل زمین، تراکم آبراهه‌ها، شیب، پوشش گیاهی، مساحت معادن، تراز آب، عملیات حفاظت خاک و کاربری اراضی می‌باشد. در پژوهش دیگری به‌منظور برآورد و پیش‌بینی عوامل موثر بر کاربری اراضی و پوشش زمین، Elatorre و همکاران (۲۰۱۲)، از یک مدل حمل رسوب و فرسایش خاک استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که فرسایش گراس‌ها و حمل رسوب در جریان دهه گذشته، نتیجه رها کردن زمین‌های مورد استفاده می‌باشد.

Seutloali و Beckedahl (۲۰۱۵)، برای کاهش میزان فرسایش شیاری در جنوب منطقه شرق آفریقای جنوبی، ضمن شناسایی عوامل شیب، طول، درصد پوشش گیاهی و بافت خاک به‌عنوان عوامل موثر بر میزان فرسایش، به این نتیجه رسیدند که وجود پوشش گیاهی و ساخت شیب ملایم می‌تواند اثر منفی بر میزان فرسایش داشته باشد. در پژوهش‌های داخلی، Varvani (۲۰۰۲) با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره در حوزه آبخیز گرگان‌رود، مهمترین عوامل موثر بر رسوب‌دهی معلق این حوضه را دبی متوسط سالیانه، مجموع درصد مساحت واحدهای زمین‌شناسی مقاوم و نسبتاً مقاوم به فرسایش ما قبل کواترنر و مجموع درصد مساحت اراضی جنگلی نیمه متراکم و کم تراکم تعیین نمودند. در پژوهشی که به‌وسیله Calte (۲۰۰۳) برای تعیین رابطه بین میزان رسوب‌دهی و متغیرهای موثر بر آن در حوزه آبخیز دریاچه نمک و حوزه آبخیز ساحل خزر انجام شد، نتایج حاکی از آن است که عوامل بارندگی سالیانه، دبی متوسط سالیانه، مساحت آبخیز، طول آبراهه اصلی، ارتفاع متوسط و عامل زمین‌شناسی به‌عنوان عوامل موثر شناخته شدند، همچنین عوامل مساحت آبخیز، شیب وزنی و عامل زمین‌شناسی در مدل نهایی به‌عنوان عوامل مؤثر مشخص شدند.

در پژوهش دیگری Arman (۲۰۱۲)، با مقایسه سه روش تجزیه و تحلیل عاملی، مدل رگرسیون خطی چند متغیره و مدل اسکالوگرام از بین ۳۴ عامل موثر در فرایند فرسایش و تولید رسوب، ۱۱ عامل ضریب رواناب، درصد خاک بدون پوشش، میزان حساسیت‌پذیری سنگ به فرسایش، درصد سنگ و سنگریزه، بارش متوسط سالانه، شدت بارش، طول آبراهه‌ها، درصد رطوبت خاک، درصد متوسط شیب

Archive of SID

www.SID.ir

حوضه، نوع کاربری و بافت خاک را مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تولید فرسایش و رسوب حوزه آبخیز البرز شمالی بیان کرد. همچنین، Arabkhedri (۲۰۱۴)، با مطالعه بر روی فرسایش آبی خاک در ایران عوامل مؤثر بر آن را مواردی از قبیل چرای بی‌رویه مراتع و شخم دیم‌زارهای کم بازده در حیطه بهره‌برداری کشاورزی و منابع طبیعی و اجرای پروژه‌های عمرانی نظیر جاده‌سازی، احداث ساختمان و معدن‌کاوی بدون لحاظ اصول حفاظت خاک، معرفی کرده‌اند.

برای تعیین عوامل مؤثر در تولید رسوب جاده‌های جنگلی شمال با استفاده از نقشه واحدهای همگن (بارش، شیب دامنه، جهت دامنه، سطح دامنه بالادست و زمین‌شناسی) که به‌وسیله Dalir و همکاران (۲۰۱۵) انجام شد، به این نتیجه رسیدند که ارتفاع دیواره خاک‌برداری در جاده بیشترین همبستگی را با تولید رسوب دارد. همچنین آزمون تجزیه واریانس نشان داد که با افزایش شیب جاده جنگلی میزان تولید رسوب آن به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد و با افزایش سن و پوشش گیاهی میزان تولید رسوب کاهش می‌یابد. با توجه به اهمیت و نقش برنامه‌ریزی در خصوص تهیه و اجرای طرح‌های حفاظت خاک و آبخیزداری برای جلوگیری از تشدید فرسایش در منطقه که منجر به تخریب محیط زیست، اراضی کشاورزی، مرتعی، تأسیسات ساختمانی و ایجاد رسوب می‌شود، ضرورت دارد اقدام به بررسی سازگاری روش‌ها و مدل‌های کمی برآورد فرسایش و رسوب شود. لذا با توجه به شرایط خاص اقلیمی، ادافیکی و اجتماعی حاکم بر کشور و با در نظر گرفتن نتایج تحقیقات انجام شده پیشین و تکمیل آن‌ها و با توجه به این‌که این مدل‌ها قابلیت تعمیم به کل مناطق آب و هوایی کشور را ندارند، لذا می‌توان مدلی بومی منطقه‌ای، که سازگار با شرایط حاکم بر آن حوزه های آبخیز باشد، ابداع کرد تا بتواند جوابگوی نیازها در این زمینه باشد. لازمه ابداع چنین مدلی شناخت عوامل مؤثر بر فرسایش و رسوب در آن منطقه است. با تعیین این عوامل و ضرایب آن‌ها نهایتاً می‌توان مدل بومی منطقه‌ای برای برآورد رسوب‌دهی حوزه آبخیز مربوطه ارائه داد و سپس با تعیین حوضه‌های همگن با حوضه مذکور، مدل را به این حوضه‌ها تعمیم داد. همچنین، می‌توان سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های لازم را به‌منظور کاهش حجم رواناب و تعیین اولویت اقدامات کنترل میزان فرسایش و رسوب اتخاذ کرد. تحقیق حاضر با هدف تعیین عوامل مؤثر بر رسوب-دهی حوضه سیدآباد با استفاده از روش‌های مختلف آماری انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: حدود جغرافیایی منطقه مورد مطالعه طول شرقی ′۳۴ °۵۰ تا ′۵۴ °۵۰ و عرض شمالی ′۵۳ °۳۰ تا ′۴۱ °۳۰ می‌باشد. حوضه سیدآباد واقع در استان کهگیلویه و بویراحمد در فاصله ۶۰ کیلومتری شمال غربی شهر دوگنبدان در جنوب غرب کشور قرار دارد. این حوضه دارای آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک با متوسط دمای سالانه ۲۳/۴ درجه سانتی‌گراد، میزان بارش سالانه به‌طور متوسط ۴۶۴/۶ میلی‌متر و میانگین رطوبت نسبی سالانه ۳۹ درصد می‌باشد. موقعیت منطقه مطالعاتی در شکل ۱ و برخی خصوصیات ایستگاه هیدرومتری سیدآباد در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نام و مشخصات ایستگاه هیدرومتری سیدآباد

ردیف	نام	نام	کد ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع	مساحت بالادست
۱	سیدآباد	چم سیاه	۲۲-۰۶۹	۵۰-۴۳-۳۷	۳۰-۴۳-۲۱	۶۶۳	۸۲۳/۵۶

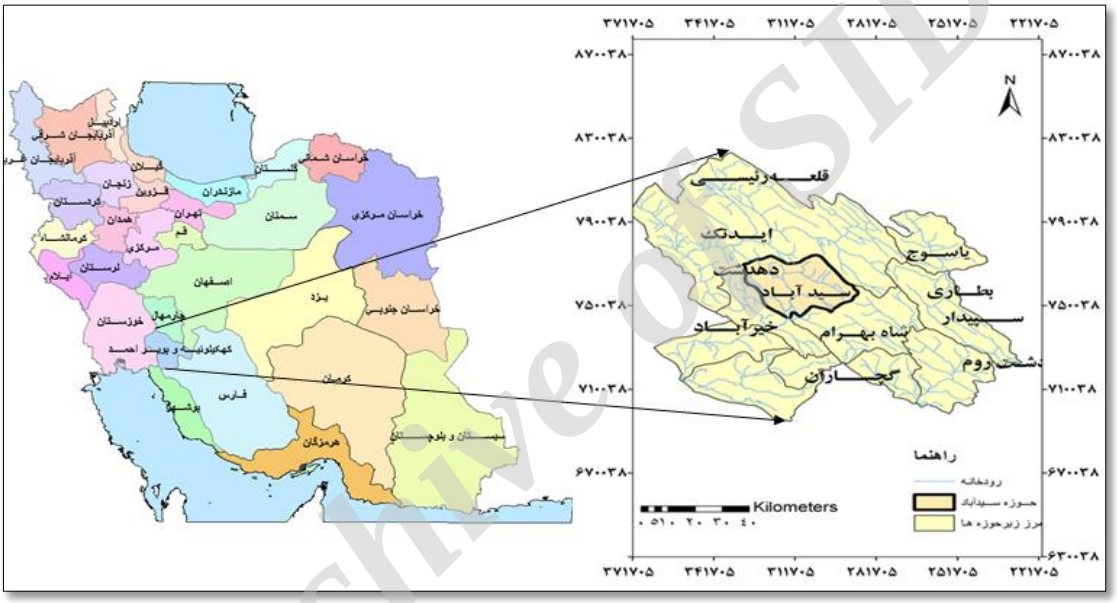
روش پژوهش: در این تحقیق از عوامل اندازه‌گیری شده در پلات و میزان فرسیاش بین شیاری حاصل از بارانساز[1] صحرایی در حوزه آبخیز سیدآباد استفاده شده است. تعداد ۳۳ پلات ۳۰×۳۰ سانتی‌متر مربع در

[1] از بارانساز $30\times30\,cm^2$ موجود در پژوهشکده تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری استان تهران استفاده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

سطح حوضه سیدآباد که هر یک نماینده یک واحد کاری همگن می‌باشند، مورد آزمایش قرار گرفت (با تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی، حساسیت سنگ به فرسایش، شیب و هیپسومتری ۳۳ واحد کاری همگن شناسایی شدند، در هر واحد کاری سه تکرار انجام و میانگین سه تکرار در محاسبات اعمال شد). نخست عوامل، ۱- درصد شیب اندازه‌گیری شده در محل پلات، ۲- درصد پوشش گیاهی پلات، ۳- درصد خاک بدون پوشش پلات، ۴- درصد سنگ و سنگ‌ریزه پلات، ۵- ارتفاع بارش (سانتی‌متر)، ۶- درصد رس، ۷- درصد سیلت، ۸- درصد شن، ۹- نوع بافت خاک (جدول ۲)، ۱۰- نوع کاربری اراضی (جدول ۳) محل پلات، ۱۱- ارتفاع از سطح دریا (متر)، ۱۲- میزان حساسیت سنگ به فرسایش (جدول ۴)، ۱۳- ضریب رواناب، ۱۴- شدت بارش، ۱۵- حجم رواناب، به‌عنوان متغیرهای مستقل و رسوب پلات به کیلوگرم در روز (به‌عنوان متغیر وابسته)، بر اساس نقشه‌های توپوگرافی و در محیط نرم‌افزار GIS، عملیات میدانی و آزمایشگاهی در حوضه سیدآباد به‌دست آمد (برخی از عوامل اندازه‌گیری شده در سطح پلات (جدول ۵) اندازه‌گیری شدند).



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان کهگیلویه و بویر احمد

سپس از مقایسه سه روش تحلیل عاملی، مدل اسکالوگرام و مدل رگرسیونی چند متغیره و لجستیک برای تعیین عوامل موثر بر رسوب‌دهی حوضه سیدآباد استفاده شده است. در این تحقیق در رابطه با شدت بارش به‌کار برده شده در دستگاه باران‌ساز به‌منظور برآورد فرسایش و رسوب، از متوسط شدت بارش ۳۰ دقیقه‌ای با دوره بازگشت ۱۰ سال استفاده شد (۴۰ میلی‌متر بر ساعت)، چرا که این شدت بارش به‌دلیل فراوانی وقوع بیشتر و آستانه تولید رواناب و رسوب به ویژه در حوضه‌های کوچک دارای اهمیت بیشتری است که با تحقیقات Mojaradigilan (۲۰۰۸) و Nohtani (۲۰۱۲) و Arman (۲۰۱۲) مطابقت دارد. اعداد مربوط به نوع بافت خاک، کاربری اراضی و حساسیت سنگ به فرسایش، اعدادی قراردادی هستند که Arman (۲۰۱۲) نیز از این اعداد استفاده کرده است. اعداد مربوط به میزان حساسیت سنگ به فرسایش به‌وسیله Feiznia (۱۹۹۵) ارائه شده است. ضریب رواناب از تقسیم حجم رواناب بر حجم بارش به‌دست می‌آید و حجم بارش هم عبارت است از شدت بارش در مدت بارش در سطح باران‌ساز. در شکل ۲، تصویری از پلات محل آزمایش ارائه شده است.

روش تجزیه و تحلیل عاملی: عمده‌ترین هدف تجزیه و تحلیل عاملی، کاهش حجم داده‌ها و تعیین مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌ها است.

Archive of SID
www.SID.ir

به‌منظور کاهش متغیرهای موجود (۱۵ متغیر مؤثر در فرایند فرسایش و تولید رسوب) در حوزه آبخیز سیدآباد، از روش تجزیه و تحلیل عاملی استفاده شد و تأثیرگذارترین متغیرها به‌ترتیب اولویت بر میزان فرسایش و رسوب مشخص شد (Zare Chahuki، ۲۰۱۱). در این روش، نخست برای پرهیز از تأثیر واحدهای اندازه‌گیری، متغیرهای مورد استفاده استاندارد شدند.

جدول ۲- ویژگی‌های مربوط به نوع بافت خاک (Arman، ۲۰۱۲)

واحد قراردادی	نوع بافت خاک
۱	رسی لومی
۲	ماسه‌ای رسی لومی
۳	ماسه‌ای لومی
۴	سیلتی رسی لومی
۵	لومی
۶	رسی

شکل ۲- الف) نحوه نمونه‌برداری، ب) پر کردن مخزن، ج) تراز کردن دستگاه ، د) پلات دستگاه بارانساز

جدول ۳- ویژگی‌های مربوط به لایه کاربری اراضی (Arman، ۲۰۱۲)

واحد قراردادی	کاربری اراضی
۱	جنگل
۲	مرتع
۳	زمین زراعی
۴	باغ

جدول ۴- ویژگی‌های مربوط به لایه حساسیت سنگ به فرسایش (Arman، ۲۰۱۲)

واحد قراردادی	حساسیت سنگ به فرسایش
۱	متوسط
۲	زیاد
۳	خیلی زیاد

برای اطمینان از مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی از ضریب KMO[1] استفاده شد که مقدار آن همواره بین صفر و یک در نوسان است (در صورتی‌که مقدار KMO <۰/۵ باشد، داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهند بود). سپس با توجه به مقدار ارزش ویژه[2] به‌دست آمده بر اساس روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی[3]، تمام عامل‌هایی که دارای ارزش ویژه بزرگ‌تر از یک بودند، به‌عنوان عامل‌های معنی‌دار انتخاب شدند. در گام بعدی، برای نشان دادن اهمیت نسبی هر عامل از نسبت واریانس منظور شده برای هر عامل چرخش شده (چرخش واریماکس[4]) استفاده شد. نهایتاً هر جا که متغیر، بیشترین مقدار مطلق بار عاملی را داشت و از نظر آماری نیز معنی‌دار بود، به‌عنوان متغیر تأثیرگذار انتخاب شد (Zare Chahuki، ۲۰۱۱)

مدل رگرسیون چند متغیره: بسیاری از پدیده‌های طبیعی اغلب تحت تاثیر بیش از یک متغیر قرار دارند. برای مثال، فقط میزان بارندگی تعیین‌کننده تولید رسوب نیست، بلکه عوامل دیگری مانند خاک، شیب، نوع کاربری و ... نیز بر تولید رسوب تاثیر دارند. با توجه با اینکه علوم محیطی، با پدیده‌های مختلفی سر و کار دارند، بنابراین رگرسیون چندگانه از اهمیت زیادی برخوردار است. در این بخش، روش Stepwise (روش گام به گام) انتخاب شده که با اهمیت‌ترین متغیرها مرحله به مرحله وارد معادله رگرسیون می‌شود و این عمل تا هنگامی ادامه پیدا می‌کند که سطح خطای آزمون معنی‌داری به پنج درصد برسد. در تجزیه داده‌ها با رگرسیون چند متغیره شرایط تحلیل

[1] Kaiser Meyer Olkin
[2] Eigen value
[3] PCA
[4] Varimax

Archive of SID

www.SID.ir

آماری رعایت شده است. یکی از این شرایط این است که بین متغیرهای مستقل هم خطی چندگانه[1] وجود نداشته باشد. عامل تورم واریانس[2] (VIF) یک شاخص کمی است که برای تعیین هم‌خطی استفاده می‌شود. اگر مقدار VIF برای هر متغیر مستقل بیشتر از ۱۰ شود، نشانه آن است که هم‌خطی چندگانه ممکن است موجب مشکلاتی در برآورد شود (Haier و همکاران، ۱۹۹۸).

مدل رگرسیون لجستیک: رگرسیون به روش کمترین مربعات، برای متغیرهای پاسخ (وابسته) پیوسته به‌کار می‌رود. در موارد متعددی که متغیرهای پاسخ مورد بررسی، گروه‌بندی شده (اسمی و رتبه‌ای) باشند، برای تعیین رابطه آن‌ها با متغیرهای مستقل از رگرسیون لجستیک استفاده می‌شود. در این روش برای تعیین ضرایب به جای کمترین مربعات از درست‌نمایی بیشینه[2] استفاده می‌شود. در این پژوهش از رگرسیون لجستیک برای بررسی رابطه متغیر کیفی و کمی با سطح دوتایی میزان رسوب زیاد (بیشتر از یک کیلوگرم در روز=یک) و میزان رسوب کم (کمتر از یک کیلوگرم در روز =صفر) به‌عنوان متغیر وابسته با سایر متغیرهای مستقل به‌کار می‌رود.

در رگرسیون لجستیک برای بررسی معنی‌دار بودن مدل رگرسیون از آزمون کای‌اسکور و برای بررسی معنی‌دار بودن وجود هر کدام از ضرایب از آزمون Wald استفاده می‌شود. مقدار R^2 بیانگر مقدار واریانسی است که به‌وسیله متغیرهای مستقل وارد شده به مدل تفسیر می‌شوند و بین صفر تا یک قرار دارد و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد، بیانگر قدرت بیشتر مدل است. لیکن در مورد مدل‌هایی که متغیر وابسته کیفی است، این مقدار محاسبه نمی‌شود، زیرا سطح به‌صورت گسسته است Cox and Snell's R2 و Nagelkerke's R2 از آلترناتیوهایی هستند که برای این موضوع معرفی شده‌اند. تفسیر این مقادیر به راحتی R^2 نیست و عمدتاً برای مقایسه بین مدل‌ها به‌کار گرفته می‌شوند تا بهترین تخمین‌زننده مشخص شود. خروجی مدل بیانگر برازش کلی مدل است که از طریق آزمون Hosmer and Lemeshow انجام می‌شود (Arman، ۲۰۱۲).

مدل اسکالوگرام: تحلیل اسکالوگرام که به ماتریس قطری نیز معروف است یکی از ساده‌ترین روش‌های رتبه‌بندی متغیرها به شمار می‌رود. به‌کمک این مدل می‌توان ماتریس تشکیل داد و مشخص کرد که کدام متغیرها در تولید رسوب اهمیت بیشتری دارند. مراحل کلی اولویت‌بندی متغیرها با روش اسکالوگرام گاتمن به شرح زیر است (Arman، ۲۰۱۲).

۱. انتخاب متغیر بر اساس هدف، تعیین نواحی مطالعاتی و جمع‌آوری اطلاعات
۲. محاسبه میانگین و انحراف معیار برای هر یک از متغیرها
۳. محاسبه $\frac{1}{4}$ انحراف معیار $\pm$ میانگین
۴. تعیین محدوده‌های همگنی برای هر یک از متغیرها
۵. تعیین وضعیت هر منطقه (منفی، خنثی و مثبت) (معادله ۱)

منفی: مقادیر کمتر از "میانگین منهای ۰/۲۵ انحراف معیار"
خنثی: مقادیر بین "میانگین منهای ۰/۲۵ انحراف معیار" و "میانگین به‌علاوه ۰/۲۵ انحراف معیار"
مثبت: مقادیر بیشتر از "میانگین به‌علاوه ۰/۲۵ انحراف معیار"

$$Kr = 1 - \sum(x) \Big/ \sum x \qquad (۱)$$

که در آن، $\sum(x)$ مجموع متغیرهای خارج از ردیف و $\sum x$ مجموع کل متغیرها، اگر Kr بین ۱-۰/۵ باشد، متغیرها خوب استفاده شده‌اند و اگر کمتر از ۰/۵ باشند، باید در انتخاب تجدید نظر شود (Seydani، ۲۰۱۰).

نتایج و بحث

بررسی‌ها و نتایج به‌دست آمده نشان داد که داده‌های حاصل از تحقیق به شرح ذیل است.

خروجی‌های تحلیل عاملی: با توجه به جدول ۶ مقدار KMO>۰/۵ بوده، در نتیجه داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب خواهند بود، همچنین نتایج آزمون

[1] Multicollinearity
[2] Variance inflation

Archive of SID
www.SID.ir

کرویت بارتلت[1] نیز معنی‌دار است، به این مفهوم که فرض مخالف تأیید می‌شود یعنی بین متغیرها همبستگی معنی‌داری وجود دارد. معنی‌دار بودن مربع کای نیز بیانگر کمینه شرایط لازم برای اجرای تحلیل عاملی است. نتایج حاصل از بررسی و برآورد رسوب و عوامل موثر در رسوب‌دهی حوضه سیدآباد در جدول ۵ ارائه شده است.

با توجه به جدول ۷ ستون مجموع ضرائب عامل چرخش داده شده[2]، مشاهده می‌شود شش عامل قابلیت تبیین واریانس‌ها را دارند. این عوامل به‌ترتیب ۲۱/۶۴۸، ۱۵/۹۲۲، ۱۳/۸۶۱، ۱۱/۷۹۰، ۱۰/۸۴۰ و ۷/۹۴۷ در مجموع ۸۲/۰۰۹ درصد از واریانس را در بردارند.

با توجه به جدول ۸ (ماتریس عاملی دوران یافته به روش واریماکس) در شناسایی زیرحوزه‌های آبخیز همگن با استفاده از روش تجزیه و تحلیل عاملی (روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی) از بین ۱۵ متغیر مؤثر بر تولید رسوب در حوضه سیدآباد، شش متغیر ضریب رواناب، درصد پوشش گیاهی، درصد شن، حساسیت سنگ به فرسایش، بافت خاک و نوع کاربری که ۸۲/۰۰۹ درصد از واریانس را دربردارند به‌ترتیب در تولید میزان رسوب اهمیت دارند. شکل ۳، تغییرات مقادیر ویژه را در ارتباط با عامل‌ها نشان می‌دهد. این نمودار برای تعیین تعداد بهینه مؤلفه‌ها به‌کار می‌رود. با توجه به این نمودار، از عامل ششم به بعد تغییرات مقدار ویژه کم می‌شود، پس می‌توان شش عامل مذکور در جدول ۸ را به‌عنوان عوامل مهم که بیشترین نقش را در تبیین واریانس داده‌ها دارند، استخراج کرد.

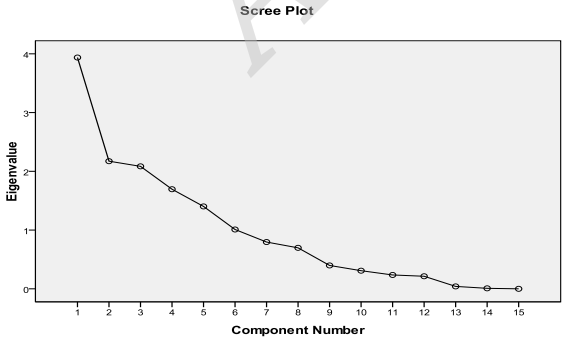
نتایج مدل رگرسیون چند متغیره: همان‌طور که در جدول ۹ مشاهده می‌شود، ابتدا متغیر ضریب رواناب در مدل ۱، سپس متغیر ضریب رواناب و حساسیت سنگ به فرسایش وارد مدل ۲ می‌شوند. در مدل ۳ متغیر درصد شن به مدل اضافه می‌شود. با ورود متغیرها ضریب همبستگی از ۰/۸۱۸ به ۰/۸۸۹ افزایش می‌یابد که میزان همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته را نشان می‌دهد. همچنین، با ورود متغیرها ضریب تشخیص از ۰/۶۷۰ به ۰/۷۹۰ افزایش پیدا می‌کند. این ضریب مشخص می‌کند که چه مقدار از واریانس متغیر وابسته به متغیر(های) مستقل مربوط است. ضریب تعیین برای مدل ۰/۷۶۸ است. بنابراین، می‌توان گفت که ۷۶/۸ درصد از تغییرات متغیر وابسته به متغیرهای مستقل وارد شده در مدل مربوط است.

با توجه به تأیید فرض معنی‌داری ضرایب، معادله نهایی به‌صورت زیر است (معادله ۲).

$$Q_S = (0.00005 \times Runoff\%) + \left(\frac{0.001 \times Rock}{susceptibility}\right) + (0.00002 \times Sand\%) \quad (۲)$$

که در آن، $Runoff$ ضریب رواناب، $Rock\ susceptibility$ میزان حساسیت‌پذیری سنگ به فرسایش و $Sand\%$ درصد شن است.

در جدول ۱۰ ضرایب رابطه رگرسیونی آورده شده است. قبل از نوشتن رابطه رگرسیونی باید با استفاده از آزمون t این فرضیه صفر آزمون شود که مقدار ضریب رگرسیون جامعه برابر با صفر است. با توجه به مقدار Sig. آزمون t در مدل نهایی (مدل رگرسیونی ۳ در جدول ۱۰) که برای عرض از مبدأ و ضرایب متغیرهای درصد ضریب رواناب، میزان حساسیت سنگ به فرسایش و درصد شن، کمتر از ۰/۰۵ است، با اطمینان ۹۵ درصد، این ضرایب مخالف صفر و برابر با مقادیر برآورد شده در جدول است. این متغیرها به‌ترتیب بیشترین سهم را در میزان و فرسایش و رسوب دارند.



شکل ۳- نمودار اسکری‌گراف برای تعیین تعداد عامل‌ها

[1] Bartlett's test of sphericity
[2] Rotation Sums of Squared Loadings

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- داده‌های حاصل از بررسی عوامل موثر در رسوب‌دهی حوضه سیدآباد در سطح پلات

شماره آزمایش	ضریب رواناب ٪	ارتفاع از سطح دریا (متر)	نوع کاربری	بافت خاک	شن ٪	سیلت ٪	رس ٪	حجم کل رواناب (میلی‌لیتر)	ارتفاع بارش (سانتی‌متر)	سنگ و سنگریزه	میزان حساسیت سنگ به فرسایش	خاک بدون پوشش ٪	پوشش گیاهی ٪	شیب پلات (٪)	رسوب (کیلوگرم در روز)
۱	۵۵,۵۶	۶۵۸	۲	۲	۴۷	۲۵/۵	۲۷/۵	۲۰۰	۶	۳۰	۲	۶۰	۱۰	۱۰	۰/۸
۲	۱۵,۲۸	۶۵۵	۲	۲	۴۷	۲۵/۵	۲۷/۵	۵۵	۲	۳۰	۲	۳۰	۴۰	۱۰	۰/۶
۳	۲۵	۷۱۹	۱	۱	۳۰/۵	۳۴	۳۵/۵	۹۰	۶	۳۰	۲	۳۰	۴۰	۱۰	۰/۰۵
۴	۴۱,۶۷	۷۴۰	۱	۱	۳۰/۵	۳۴	۳۵/۵	۱۵۰	۵/۸	۵۰	۲	۲۰	۳۰	۳۰	۰/۴
۵	۵۵,۵۶	۷۴۵	۱	۱	۳۰/۵	۳۴	۳۵/۵	۲۰۰	۵	۵۰	۲	۲۰	۳۰	۳۰	۰/۷
۶	۵۵,۵۶	۷۲۳	۴	۱	۳۰/۵	۳۴	۳۵/۵	۲۰۰	۴/۵	۶۰	۲	۲۰	۲۰	۳۰	۱
۷	۵۲,۷۸	۷۳۳	۳	۱	۳۰/۵	۳۴	۳۵/۵	۱۹۰	۵	۴۰	۲	۳۰	۳۰	۳۰	۲
۸	۵۵,۵۶	۷۱۶	۱	۱	۳۰/۵	۳۴	۳۵/۵	۲۰۰	۵/۵	۵۰	۲	۲۰	۳۰	۱۰	۱
۹	۵۸,۳۳	۱۰۰۰	۱	۵	۳۸	۳۷	۲۵	۲۱۰	۵/۵	۴۰	۲	۲۰	۴۰	۱۰	۰/۷
۱۰	۵۲,۷۸	۱۰۰۰	۱	۵	۳۸	۳۷	۲۵	۱۹۰	۷/۵	۵۰	۲	۲۰	۳۰	۱۰	۲
۱۱	۵۸,۳۳	۱۰۱۶	۳	۵	۳۸	۳۷	۲۵	۲۱۰	۷	۴۰	۲	۱۰	۵۰	۳۰	۲
۱۲	۶۱,۱۱	۹۰۰	۱	۲	۴۶	۲۴/۵	۲۹/۵	۲۲۰	۷/۵	۵۰	۲	۲۰	۳۰	۳۰	۲
۱۳	۸۳,۳۳	۱۰۷۸	۳	۲	۴۶	۲۴/۵	۲۹/۵	۳۰۰	۷	۵۰	۲	۱۰	۴۰	۵۰	۲
۱۴	۶۹,۴۴	۱۱۰۴	۴	۲	۴۶	۲۴/۵	۲۹/۵	۲۵۰	۵	۴۰	۲	۳۰	۳۰	۵۰	۱
۱۵	۵۰	۸۱۵	۲	۱	۳۰	۴۱	۲۹	۱۸۰	۵/۴	۴۰	۲	۲۰	۴۰	۳۰	۳
۱۶	۴۴,۴۴	۸۵۸	۲	۱	۳۰	۴۱	۲۹	۱۶۰	۴/۸	۴۰	۲	۳۰	۳۰	۳۰	۲
۱۷	۴۷,۲۲	۸۶۹	۱	۱	۳۰	۴۱	۲۹	۱۷۰	۵/۸	۵۰	۲	۲۰	۳۰	۳۰	۲
۱۸	۶۶,۶۷	۸۷۰	۱	۱	۲۸	۴۱	۳۱	۲۴۰	۵/۳	۴۰	۳	۳۰	۳۰	۳۰	۲
۱۹	۸۳,۳۳	۸۶۰	۱	۲	۵۶/۵	۱۰/۵	۳۳	۳۰۰	۵/۵	۳۰	۳	۳۰	۴۰	۵۰	۲
۲۰	۸۰,۵۶	۸۱۶	۲	۳	۷۰	۱۲/۵	۱۷/۵	۲۹۰	۹/۸	۳۰	۳	۳۰	۴۰	۱۰	۳
۲۱	۷۲,۲۲	۸۱۹	۲	۶	۲۷/۵	۲۹	۴۳/۵	۲۶۰	۵/۷	۴۰	۲	۵۰	۱۰	۱۰	۳
۲۲	۸۰,۵۶	۷۷۸	۱	۱	۴۰	۲۸/۵	۳۱/۵	۲۹۰	۶/۵	۳۰	۲	۲۰	۴۰	۳۰	۳
۲۳	۱۱۱,۱۱	۷۴۹	۱	۱	۴۰	۲۸/۵	۳۱/۵	۴۰۰	۶	۳۰	۲	۲۵	۴۵	۷۰	۲
۲۴	۸۰,۵۶	۷۶۷	۱	۱	۴۰	۲۸/۵	۳۱/۵	۲۹۰	۵/۱	۵۰	۲	۲۰	۳۰	۱۰	۲
۲۵	۷۲,۲۲	۷۴۳	۱	۱	۵۳	۱۱/۵	۳۵/۵	۲۶۰	۶	۴۰	۲	۲۰	۴۰	۳۰	۰/۲
۲۶	۹۷,۲۲	۷۳۹	۱	۱	۱۵/۵	۵۱	۳۳/۵	۳۵۰	۷	۵۰	۲	۳۰	۲۰	۳۰	۳
۲۷	۸۰,۵۶	۷۳۹	۱	۴	۱۳	۵۷/۵	۲۹/۵	۲۹۰	۷/۳	۴۰	۲	۲۰	۴۰	۳۰	۲
۲۸	۸۸,۹۸	۷۴۰	۱	۳	۵۳/۵	۲۷	۱۹/۵	۳۲۰	۵/۸	۵۰	۲	۳۰	۲۰	۶۰	۳
۲۹	۸۶,۱۱	۷۴۵	۴	۱	۴۰	۲۸/۵	۳۱/۵	۳۱۰	۶/۸	۴۰	۲	۳۰	۳۰	۱۰	۳
۳۰	۶۹,۴۴	۷۳۵	۱	۲	۷۱/۵	۱	۲۷/۵	۲۵۰	۶/۹	۵۰	۲	۲۰	۳۰	۶۰	۳
۳۱	۱۰۲,۷۸	۷۲۵	۴	۲	۷۴	۴/۵	۲۱/۵	۳۷۰	۶/۴	۵۵	۲	۲۰	۲۵	۳۰	۹
۳۲	۹۷,۲۲	۷۵۱	۱	۱	۳۰/۵	۴۰	۲۹/۵	۳۵۰	۶/۳	۵۵	۲	۳۰	۱۵	۵۰	۳
۳۳	۷۲,۲۲	۷۸۲	۱	۱	۳۰/۵	۴۰	۲۹/۵	۲۶۰	۶/۱	۶۰	۲	۲۰	۲۰	۳۰	۴

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۶- آماره KMO و نتایج آزمون کرویت بارتلت

آزمون کرویت بارتلت و KMO		
سنجش کفایت داده‌ها با استفاده ازضریب Kaiser-Meyer-Olki		۰/۵۳۸
آزمون کرویت بارتلت	Approx. Chi-Square	۷۹۷/۹۳۷
	Df	۱۵۳
	Sig.	۰/۰۰۰

جدول ۷- درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف

واریانس کل تشریح شده									
ردیف	نام عامل‌ها	مقادیر ویژه اولیه			مجموع ضرائب عامل			مجموع ضرائب عامل	
		کل	درصد	درصد	کل	درصد	درصد	کل	درصد
۱	ارتفاع از سطح دریا	۳/۹۳۷	۲۶/۲۴۵	۲۶/۲۴۵	۳/۹۳۷	۲۶/۲۴۵	۲۶/۲۴۵	۳/۲۴۷	۲۱/۶۴۸
۲	نوع کاربری	۲/۱۷۳	۱۴/۴۸۴	۴۰/۷۲۹	۲/۱۷۳	۱۴/۴۸۴	۴۰/۷۲۹	۲/۳۸۸	۱۵/۹۲۲
۳	شیب اندازه گیری شده در پلات	۲/۰۸۵	۱۳/۸۹۸	۵۴/۶۲۷	۲/۰۸۵	۱۳/۸۹۸	۵۴/۶۲۷	۲/۰۷۹	۱۳/۸۶۱
۴	درصد سنگ و سنگ‌ریزه	۱/۶۹۵	۱۱/۳۰۱	۶۵/۹۲۹	۱/۶۹۵	۱۱/۳۰۱	۶۵/۹۲۹	۱/۷۶۹	۱۱/۷۹۰
۵	درصد خاک بدون پوشش	۱/۴۰۲	۹/۳۴۹	۷۵/۲۷۷	۱/۴۰۲	۹/۳۴۹	۷۵/۲۷۷	۱/۶۲۶	۱۰/۸۴۰
۶	حجم کل رواناب	۱/۰۱۰	۶/۷۳۲	۸۲/۰۰۹	۱/۰۱۰	۶/۷۳۲	۸۲/۰۰۹	۱/۱۹۲	۷/۹۴۷

جدول ۸- ماتریس عاملی دوران یافته

شماره	عامل‌ها	ردیف					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱	ارتفاع از سطح دریا (متر)	۰/۱۲۲	۰/۵۴۵	-۰/۱۷۰	۰/۱۹۱	۰/۳۷۸	۰/۵۱۴
۲	نوع کاربری (اعداد قراردادی)	۰/۰۰۵	-۰/۰۷۲	۰/۲۰۴	-۰/۱۹۷	۰/۰۱۴	۰/۸۴۷
۳	شیب در محل هر پلات (درصد)	۰/۶۷۴	۰/۲۳۳	۰/۰۸۰	۰/۰۶۴	-۰/۴۶۴	۰/۰۸۲
۴	درصد پوشش گیاهی	-۰/۱۷۶	۰/۷۳۴	۰/۱۷۳	۰/۴۸۲	-۰/۰۵۰	-۰/۰۰۸
۵	درصد سنگ وسنگ‌ریزه	۰/۲۳۳	۰/۱۶۶	-۰/۲۰۳	-۰/۸۴۸	-۰/۰۳۸	-۰/۰۴۵
۶	درصد خاک بدون پوشش	-۰/۰۵۵	-۰/۹۰۹	۰/۰۰۹	۰/۲۹۲	۰/۱۰۱	۰/۰۷۲
۷	شدت بارش (میلی‌متر)	۰/۶۹۶	۰/۴۰۰	-۰/۱۵۵	-۰/۰۹۴	۰/۱۴۰	۰/۱۹۱
۸	حجم کل رواناب (میلی‌لیتر)	۰/۹۲۴	-۰/۰۹۴	۰/۱۵۵	-۰/۰۵۲	۰/۱۱۱	-۰/۰۴۵
۹	درصد رس	-۰/۵۲۰	-۰/۶۳۸	-۰/۰۸۶	۰/۱۳۴	-۰/۲۹۷	۰/۰۵۳
۱۰	درصد سیلت	-۰/۱۰۵	۰/۰۲۶	-۰/۹۴۷	-۰/۰۵۱	۰/۰۵۳	-۰/۱۰۵
۱۱	درصد شن	۰/۱۲۸	۰/۰۹۴	۰/۹۵۴	۰/۰۳۳	۰/۰۵۳	۰/۰۵۰
۱۲	بافت خاک (اعداد قراردادی)	۰/۰۱۵	-۰/۰۲۴	-۰/۰۴۹	۰/۰۶۶	۰/۸۳۶	۰/۱۴۲
۱۳	حساسیت سنگ به فرسایش (اعداد قراردادی)	۰/۱۰۴	۰/۰۴۲	-۱/۰۱	۰/۷۸۱	۰/۰۵۴	-۰/۱۹۶
۱۴	ضریب رواناب (درصد)	۰/۹۲۴	-۰/۰۹۴	۰/۱۵۵	-۰/۰۵۲	۰/۱۱۱	-۰/۰۴۵
۱۵	ارتفاع بارش (سانتی‌متر)	۰/۴۳۳	۰/۲۰۷	۰/۱۷۸	۰/۰۲۹	۰/۶۴۳	۰/۲۸۴

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹- تغییرات ضریب تعیین با ورود متغیرها در رابطه رگرسیون چند متغیره

خلاصه مدل[f]									
مدل	ضریب همبستگی چندگانه R	مجذور ضریب همبستگی چندگانه R (ضریب تعیین)	ضریب تعیین تعدیل شده	اشتباه معیار برای ضریب تعیین	تغییرات آماری				
					تغییرات ضریب همبستگی R	تغییرات F	df1	df2	سطح معنی‌دار بودن F
۱	۰/۸۱۸[a]	۰/۶۷۰	۰/۶۵۹	۰/۰۰۰۹۱۸۲	۰/۶۷۰	۸۲۶/۶۲	۱	۳۱	۰/۰۰۰
۲	۰/۸۶۵[b]	۰/۷۴۸	۰/۷۳۱	۰/۰۰۰۸۱۵۵	۰/۰۷۸	۳۰۲/۹	۱	۳۰	۰/۰۰۵
۳	۰/۸۸۹[c]	۰/۷۹۰	۰/۷۶۸	۰/۰۰۰۷۵۶۶	۰/۰۴۲	۸۵۰/۵	۱	۲۹	۰/۰۲۲

a ضریب رواناب، b ضریب رواناب، حساسیت سنگ به فرسایش، c ضریب رواناب، حساسیت سنگ به فرسایش، درصد شن، d میزان رسوب پلات (کیلوگرم در روز)

جدول ۱۰- ضرایب رابطه رگرسیون و آزمون معنی‌دار بودن آن‌ها

ضرایب[a]							
مدل		ضرایب غیراستاندارد		ضرایب استاندارد		آمار خطی	
		ضرایب تأثیر رگرسیونی استاندارد نشده (B)	خطای معیار ضرایب رگرسیون Std. Error	ضرایب تأثیر رگرسیونی استاندارد شده (Beta)	t	سطح معنی‌داری Sig.	تورم حد تغییرات (Tolerance)	عامل تورم واریانس (VIF)
۱	(ثابت)	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۱		-۳	۰/۰۰۱		
	ضریب	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰	۰/۸۱۸	۷/۹۲۶	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
۲	(ثابت)	۰/۰۰۱	۰/۴۱۸		۰/۸۳۱	۰/۴۱۲		
	ضریب	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۷۹۰	۸/۵۷۸	۰/۰۰۰	۰/۹۹۰	۱/۰۱۰
	به سنگ	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۲۸۱	۳/۰۵۰	۰/۰۰۵	۰/۹۹۰	۱/۰۱۰
۳	(ثابت)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱		۱/۱۱۵	۰/۹۱۰		
	ضریب	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۷۷۲	۸/۹۸۷	۰/۰۰۰	۰/۹۸۲	۱/۰۱۸
	به سنگ	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۲۸۲	۳/۲۹۵	۰/۰۰۳	۰/۹۹۰	۱/۰۱۰
	درصد شن	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۲۰۷	۲/۴۱۹	۰/۰۴۶	۰/۹۹۲	۱/۰۰۸

a متغیر وابسته: میزان رسوب پلات (کیلوگرم در روز)

در انتهای جدول، مقادیر VIF (عامل تورم) وجود دارد که چون برای متغیرها کمتر از ۱۰ است، بنابراین بین متغیرها همخطی وجود ندارد و نشان می‌دهد که این متغیرها برای تعیین ضریب رگرسیونی مناسب هستند.

نتایج مدل رگرسیون لجستیک: جدول ۱۱، آماره‌هایی را ارائه می‌کند که تطابق مدل را با داده‌ها نشان می‌دهد. بالا بودن مقدار HL نشان‌دهنده تطابق بیشتر است. با توجه به اینکه مقدار Sig. (سطح معنی‌داری) بالاتر از ۰/۰۵ است، پس رابطه لجستیک تطابق خوبی با داده‌ها دارد و معنی‌دار است.

جدول ۱۱- آزمون‌های مربوط به میزان تطابق رابطه با داده‌های مشاهده شده

مدل Summary			
مرحله	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
نهایی	۲۵/۱۲۴	۰/۳۷۲	۰/۵۲۷
آزمون Lemeshow و Hosmer			
مرحله	Chi-square	df	Sig.
نهایی	۸/۹۱۶	۸	۰/۳۴۹

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۲- جدول درصد صحت طبقه‌بندی داده‌های رسوب به صفر و یک در رگرسیون لجستیک

			مشاهده شده	پیش‌بینی شده		
				رسوب طبقه‌بندی شده		درصد صحت
				۰	۱	
مرحله نهایی	رسوب طبقه‌بندی شده	۰		۷	۳	۷۰
		۱		۲	۲۱	۹۱/۳
	درصد کل					۸۴/۸

جدول ۱۳- ضرایب متغیرهای رابطه رگرسیونی و آزمون معنی‌دار بودن ضرایب

	متغیرهای موجود در رابطه					
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
مرحله نهایی	حجم رواناب	۰/۰۲۰	۰/۰۱۰	۴/۰۲۵	۱	۰/۰۴۵	۱/۰۴۱
	درصد رس	-۰/۱۷۶	۰/۱۰۰	۳/۰۶۲	۱	۰/۰۸۰	۱/۰۲۱
	ثابت	۰/۹۵۱	۳/۸۵۶	۰/۲۵۶	۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

طبق جدول ۱۲، ۸۴/۸ درصد داده‌ها در رگرسیون لجستیک درست طبقه‌بندی شده‌اند.

جدول ۱۳ متغیرهای موجود در مدل لجستیک را نشان می‌دهد. با توجه به آزمون معنی‌داری در ستون Sig (سطح معنی‌داری) ، مشاهده می‌شود که متغیر درصد رس معنی‌دار نبوده ولی حجم رواناب با میزان رسوب رابطه معنی‌داری دارد و با افزایش آن‌ها میزان رسوب نیز افزایش می‌یابد.

نتایج مدل اسکالوگرام: همان‌طور که در جدول ۱۴ مشاهده می‌شود، فقط چهار متغیر خاک بدون پوشش، سنگ و سنگ‌ریزه، نوع کاربری و ارتفاع از سطح دریا، از بین ۱۴ متغیر دارای Kr کمتر از ۰/۵ می‌باشند و بقیه متغیرها درست انتخاب شده‌اند.

جدول ۱۴- نتایج مدل اسکالوگرام برای اولویت‌بندی متغیرهای مؤثر در تولید رسوب

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
محاسبات	درصد شیب	درصد پوشش گیاهی	درصد خاک بدون پوشش	درصد ضریب رواناب	درصد سنگ و سنگ‌ریزه	ارتفاع بارش (سانتی‌متر)	حجم رواناب (میلی‌لیتر)
S	۱۶/۷۵۹	۹/۷۴۳	۹/۶۷۸	۲۱/۳۷۸	۹/۱۵۷	۱/۲۶۱	۷۶/۹۹
M	۲۹/۳۹۴	۳۱/۰۶۱	۲۵/۳۰۳	۶۸/۶۸۲	۴۳/۳۳۳	۵/۹۹۴	۲۴۲/۵۷
M+0.25S	۳۳/۵۸۴	۳۳/۴۹۶	۲۷/۷۲۲	۷۲/۷۲۹	۴۵/۶۲۳	۶/۳۰۹	۲۶۱/۸۲
M-0.25S	۲۵/۲۰۴	۲۸/۶۲۵	۲۲/۸۸۴	۶۲/۰۳۶	۴۱/۰۴۴	۵/۶۷۹	۲۲۳/۳۲
N(0)	۱۰	۸	۱۸	۱۵	۱۷	۱۲	۱۵
N(1)	۱۶	۱۳	۱	۶	۰	۱۰	۶
N(2)	۷	۱۲	۱۴	۱۲	۱۶	۱۱	۱۲
N(T)	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۲
%N(0)	۳۰/۳۰۳	۲۴/۲۴۲	۵۴/۵۴۵	۴۵/۴۵۵	۵۱/۵۱۵	۳۶/۳۶۴	۴۵/۴۵
%N(1)	۴۸/۴۸۵	۳۹/۳۹۴	۳/۰۳۰	۱۸/۱۸۲	۰/۰۰۰	۳۰/۳۰۳	۱۸/۱۸
%N(2)	۲۱/۲۱۲	۳۶/۳۶۴	۴۲/۴۲۴	۳۶/۳۶۴	۴۸/۴۸۵	۳۳/۳۳۳	۳۶/۳۶
Kr = 1-(N(0)/N(T))	۰/۶۹۷	۰/۷۵۴	۰/۴۵۵	۰/۵۵۴	۰/۴۸۵	۰/۶۳۶	۰/۵۴۵

Archive of SID

www.SID.ir

ردیف	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
محاسبات	درصد حساسیت سنگ به فرسایش	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	نوع بافت خاک	نوع کاربری	ارتفاع از سطح دریا (میلی‌متر)
S	۰/۳۴۸	۱۱/۳۳۲	۱۲/۲۳۲	۱۵/۶۷۷	۱/۴۷۴	۱/۰۶۹	۱۱۵/۵۴۸
M	۲/۰۶۱	۲۰/۰۳۸	۳۰/۳۶۱	۴۰/۲۵۸	۲/۱۲۱	۱/۷۲۷	۸۰۸/۹۹۷
M+0.25S	۲/۴۴۸	۲۲/۸۷۱	۳۳/۴۲۰	۴۴/۱۷۷	۲/۴۹۰	۱/۹۹۴	۸۳۷/۵۸۴
M-0.25S	۱/۹۷۴	۱۷/۲۰۵	۲۷/۳۳۲	۳۶/۳۳۸	۱/۷۵۳	۱/۴۶۰	۷۷۹/۸۱۰
N(0)	۱	۱۵	۱۱	۱۵	۱۶	۲۰	۱۹
N(1)	۲۹	۵	۵	۷	۸	۰	۴
N(2)	۳	۱۳	۱۷	۱۱	۹	۱۳	۱۰
N(T)	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳
%N(0)	۳/۰۳۰	۳۳/۳۳۳	۴۵/۴۵۶	۳۳/۳۳۳	۴۵/۴۵۵	۴۸/۴۸۵	۶۰/۶۰۶
%N(1)	۸۷/۸۷۹	۳۹/۳۹۴	۱۵/۱۵۲	۱۵/۱۵۲	۲۱/۲۱۲	۲۴/۲۴۲	۰/۰۰۰
%N(2)	۹/۰۹۱	۳۹/۳۹۴	۵۱/۵۱۵	۳۳/۳۳۳	۲۷/۲۷۳	۳۹/۳۹۴	۳۰/۳۰۳
Kr = 1-(N(0)/N(T))	۰/۹۷۰	۰/۵۴۵	۰/۶۶۷	۰/۵۴۵	۰/۵۱۵	۰/۳۹۴	۰/۴۲۴

S انحراف معیار ، M میانگین، M +0.25S میانگین + ۰/۲۵ انحراف معیار، M -0.25S میانگین _ ۰/۲۵ انحراف معیار،N(0) تعداد داده‌ها در وضعیت منفی، N(1) تعداد داده‌ها در وضعیت خنثی، N(2) تعداد داده‌ها در وضعیت مثبت،N(0)% درصد داده‌ها در وضعیت منفی، N(1)% درصد داده‌ها در وضعیت خنثی، N(2)% درصد داده‌ها در وضعیت مثبت، N(T) تعداد کل داده‌ها و Kr ضریب اسکالوگرام

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحلیل عاملی داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS از بین ۱۵ متغیر مؤثر بر تولید رسوب در حوضه سیدآباد، شش متغیر ضریب رواناب، درصد پوشش گیاهی، درصد شن، حساسیت سنگ به فرسایش، بافت خاک و نوع کاربری که ۸۲/۰۰۹ درصد از واریانس را در بر دارند به‌ترتیب در تولید میزان رسوب اهمیت دارند (KMO =۰/۵۳). نتایج رگرسیون چند متغیره و رگرسیون لجستیک حاکی از آن است که عوامل ضریب رواناب، حساسیت سنگ به فرسایش، درصد شن و حجم رواناب، بیشترین تأثیر را دارند. همچنین نتایج مدل اسکالوگرام نشان می‌دهد که تنها چهار متغیر (خاک بدون پوشش، سنگ و سنگ‌ریزه، نوع کاربری و ارتفاع از سطح دریا)، از بین ۱۵ متغیر دارای Kr کمتر از ۰/۵ می‌باشند و بقیه متغیرها درست انتخاب شده‌اند. با توجه به نتایج به‌دست آمده ملاحظه می‌شود که عوامل تأثیرگذار بر تولید رسوب در مدل رگرسیون چند متغیره با نتایج تحلیل عاملی شباهت دارد اما علاوه بر متغیرهای حاصل از مدل رگرسیون چندمتغیره و لجستیک و تحلیل عاملی، با توجه به نتایج اسکالوگرام، متغیر درصد شیب نیز از عوامل مؤثر بر تولید رسوب به حساب آمده است، که در نهایت با توجه به نتایج تحلیل‌های آماری در این تحقیق، عوامل ضریب رواناب، حساسیت سنگ به فرسایش، بافت خاک، درصد پوشش گیاهی، نوع کاربری و درصد شیب، بیشترین تاثیر را در میزان فرسایش و رسوب حوضه سیدآباد دارند. به‌منظور اجرای برنامه‌های حفاظت و مهار فرسایش خاک و کاهش تولید رسوبات در حوضه ضرورت دارد که حجم کل بار رسوبی و شدت فرسایش در آن‌ها ارزیابی و برآورد شود که لازمه آن نیز شناسایی عوامل مؤثر بر فرسایش و تولید رسوب است. لذا با تعیین مهمترین عوامل موثر در تولید فرسایش و رسوب، می‌توان برنامه‌های حفاظتی برای کاهش و مهار میزان فرسایش و تولید رسوب را در حوضه‌های دیگر اتخاذ کرد. در تأیید نتایج حاصل از این تحقیق، با توجه به سوابق علمی موجود در داخل و خارج کشور، عوامل موثر در فرایند فرسایش و تولید رسوب عبارتند از:

عامل نحوه استفاده از زمین از مهمترین عوامل تاثیرگذار در وضعیت فرسایش خاک حوضه بوده، در

Archive of SID
www.SID.ir

ارتباط مستقیم با فعالیت انسان و مدیریت اراضی می‌باشد. تأثیر نحوه استفاده از زمین در مطالعات Rogers و Schumm (۱۹۹۱)، Morgan (۱۹۹۵)، Toy و همکاران (۲۰۰۲) مورد بررسی و تایید قرار گرفته است.

همچنین، خصوصیات ذاتی و ویژگی‌های تکاملی خاک به‌عنوان عامل فرسایش‌پذیر، از عوامل مهم در فرسایش خاک می‌باشد. اهمیت عامل خاک در رخداد فرسایش در مطالعات Ben-Hur و Agassi (۱۹۹۷)، Govers و Poesen (۱۹۸۶)، Mispolinos و همکاران (۱۹۸۸)، Barzegar و همکاران (۱۹۹۸)، Duiker و همکاران (۲۰۰۱)، Toy و همکاران (۲۰۰۲) و Zhang و همکاران (۲۰۰۴) مورد تایید قرار گرفته است.

انتخاب عامل شیب در مطالعات و منابع مختلف از جمله McCool و همکاران (۱۹۸۷)، Battany و Grismer (۲۰۰۰)، Shinjo و همکاران (۲۰۰۲)، Morgan (۱۹۹۵)، Toy و همکاران (۲۰۰۲)، Refahi (۲۰۰۰) مورد تایید قرار گرفته است.

یافته‌های تحقیقاتی Ferraresi (۱۹۹۰)، Varvani (۲۰۰۲)، Calte (۲۰۰۳)، Maleki (۲۰۰۹) و Arman (۲۰۱۲) انتخاب عامل حساسیت سنگ به فرسایش را در فرایند فرسایش خاک و تولید رسوب تایید می‌نماید.

Mohammadi (۲۰۱۳)، در رساله خود و با روش کار مشابه با این پژوهش، در مدل‌سازی فرسایش و رسوب حوزه آبخیز سفیدرود در اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران، پس از تهیه واحد کاری و استقرار باران‌ساز و انجام آزمایش رواناب و رسوب و در نهایت تحلیل رگرسیونی، عوامل موثر بر میزان فرسایش و رسوب را طول آبراهه اصلی، نسبت مساحت اراضی مرتع فقیر به مساحت کلی، درصد خاک لیتوسل، شدت بارندگی، درصد اراضی جنوبی حوضه، درصد خاک بلوطی، نسبت دبی پنج ماهه مهر تا بهمن به دبی متوسط سالانه عنوان کردند. Kavian و همکاران (۲۰۱۳)، با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران و تحلیل‌های آماری مشابه با پژوهش حاضر، برای بررسی شماری از متغیرهای موثر خاک در تولید رواناب و هدررفت خاک، در اراضی کشاورزی واقع در محدوده شهرستان ساری، به نتایج مشابه با این پژوهش رسیدند، به این ترتیب که متغیرهای رطوبت پیشین خاک، ماده آلی، درصد ذرات شن و وزن مخصوص ظاهری بیشترین تاثیر را در تولید رواناب، همچنین در فرایند هدررفت خاک نیز متغیرهای درصد ماده آلی و رس بیشترین تاثیر را در اراضی زراعی داشته‌اند.

Arman (۲۰۱۲)، در رساله خود به نتایج مشابه با این پژوهش رسید. او اظهار داشت که عوامل تأثیرگذار در فرایند فرسایش و تولید رسوب در مدل اسکالوگرام، مدل رگرسیون چند متغیره و تجزیه و تحلیل عاملی با یکدیگر شباهت دارند. چرا که در رگرسیون چند متغیره، ضریب رواناب، خاک بدون پوشش، میزان حساسیت سنگ، درصد سنگ و سنگ‌ریزه، بارش متوسط سالانه، شدت بارش، طول آبراهه‌ها، درصد رطوبت خاک و درصد متوسط شیب حوضه و در تجزیه و تحلیل عاملی، طول مستطیل معادل، ضریب فرم حوضه، درصد سیلت، میزان دبی، میزان حساسیت سنگ، متوسط بارش سالانه، خاک بدون پوشش، نوع کاربری، درصد رطوبت خاک و درصد شیب حوضه به‌عنوان عوامل تأثیرگذار شناخته شدند. در مدل اسکالوگرام، دو متغیر نوع کاربری و بافت خاک نیز از عوامل مؤثر بر تولید رسوب به‌حساب آمده‌اند، که به‌وسیله رگرسیون لوجستیک دوتایی نیز معنی‌دار بودن این دو متغیر تأیید شده است.

به‌منظور اولویت‌بندی متغیرها، بارش متوسط سالانه، خاک بدون پوشش، کاربری اراضی، بافت خاک، میزان حساسیت سنگ به فرسایش، درصد رطوبت خاک، شیب متوسط حوضه، شدت بارش، ضریب رواناب، طول آبراهه‌ها و درصد سنگ و سنگ‌ریزه از عوامل موثر می‌باشند. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از مدل رگرسیون چند متغیره، رگرسیون لوجستیک دوتایی، تجزیه و تحلیل عاملی، مدل اسکالوگرام در مجموع ۱۱ متغیر به‌عنوان عوامل تأثیرگذار در فرایند فرسایش و تولید رسوب انتخاب شدند. به‌طور کلی، از آنجا که فرسایش نتیجه و حاصل تأثیر متقابل مجموعه‌ای از عوامل انسانی و طبیعی (فیزیوگرافی و توپوگرافی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خاک، اقلیم، خصوصیات هیدرولوژیکی، پوشش گیاهی، نوع و شیوه بهره‌برداری و ...) است که در شدت وضعیت فرسایش مؤثرند، در این تحقیق با استفاده از

Archive of SID

www.SID.ir

تحلیل‌های آماری شامل رگرسیون چند متغیره و لجستیک، تحلیل عاملی و مدل اسکالوگرام، عوامل موثر بر فرسایش حوضه سیدآباد به‌منظور مدیریت این حوزه آبخیز و کاهش میزان فرسایش تعیین و الویت آن‌ها با توجه به ضرایب به‌دست آمده مشخص شد.

منابع مورد استفاده

1. Arman, N. 2012. Regional modeling of soil erosion and sediment yield in Northern Alborz. PhD Thesis, Tehran University, Faculty of Natural Resources, 286 pages (in Persian).
2. Arabkhedri, M. 2014. A review of the factors affecting water erosion in Iran. Journal of Land Management, 2: 12-23 (in Persian).
3. Battany, M.C. and M.E. Grismer. 2000. Rainfall runoff and erosion in Napa Valley vineyards: effects of slope, cover and surface roughness. Hydrological Processes, 14(7): 1289–1304.
4. Barzegar, A.R., P. Rengasamy and J.M. Oades. 1998. Strength and erodibility of salt-affected soils. Soil and Water Conservation: Challenge and opportunities, pp. 248-262, Rotterdam, Netherlands (in Persian).
5. Ben-Hur, M. and M. Agassi. 1997. Predicting interrill erodibility factor from measured infiltration rate. Water Resources Research, 33(10): 2409-2415.
6. Calte, A.M. 2003. Affective factors of deposition in the catchment areas of the Northern and Southern Alborz. MSc Thesis, Tehran University, 169 pages (in Persian).
7. Dalir, P., R. Cash and V. Gholami. 2015. The most important factors related Nvlyd forest roads in the forests of Northern Iran deposition. Journal of Environmental Degradation, 2: 13-23.
8. Duiker, S.W., D.C. Flanagan and R. Lal. 2001. Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of Southwest Spain. Catena, 45(2): 103-121.
9. Elatorre, S., N. Lana-Renault, A. Navas and J.M. Garc´ıa-Ruiz. 2012. Soil erosion and sediment delivery in a mountain catchment under scenarios of land use change using a spatially distributed numerical mode. Hydrology and Earth System Sciences Journal, 16: 1321–1334.
10. Ferraresi, M. 1990. The regionalization of fluvial sediment yields in Emilia-Romgna (Northern Italy). IAHS Public, 1910: 253-260.
11. Feiznia, S. 1995. Rock resistance in contrary of erosion. Iran Natural Resources Journal, 47: 23-33 (in Persian).
12. Govers, G. and J. Poesen. 1986. A field-scale study of surface sealing and compaction on loam and sandy loam soils. Part I: Spatial variability of soil surface sealing and crusting. In: F. Callebaut, D. Gabriels and M. De Boodt (eds.) Assessment of soil surface sealing and crusting. R.U. Gent: 171-182.
13. Kavian, A.A., R. Asgarian, Z. Jafarian and M.A. Bahmaniar. 2013. The effect of soil properties on run off and sediment in Sari. Soil and Sediment Study, 23(4): 54-57 (in Persian).
14. McCool, D.K., L.C. Brown and G.R. Foster. 1987. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the ASAE, 30: 1387-1396.
15. Maleki, M. 2009. Quantitative geomorphology qualitative method for estimating soil erosion. PhD Thesis, Department of Natural Resources, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, 123 pages (in Persian).
16. Mojaradigilan, H.R. 2008. The effect of the time pattern of rainfall on runoff and sediment using a rain simulator. PhD Thesis, Islamic Azad University, Science and Research, 143 pages (in Persian).
17. Mispolinos, N.D., N.G. Silleos and K.P. Prodromou. 1988. The influence of exchangeable Mg on certain physical soil properties in a number of Mg-affected soils. Catena, 15: 127-136.
18. Mohammadi, S. 2013. Regional modeling of soil erosion and sediment yield in Sefidrood basin. PhD Thesis, Tehran University, 124 pages (in Persian).
19. Morgan, R.P.C. 1995. Soil erosion and conservation. John Willey and Sons, New York, 198 pages.
20. Nohtani, M. 2012. Affective factors in erosion of loess provide quantitative model in semi-arid climate. PhD Thesis, Tehran University, 114 pages (in Persian).
21. Qadiri, H. 1994. Soil conservation. Chamran University, 469 pages (in Persian).
22. Refahi, H.Gh. 2000. Water erosion and control. Tehran University, 551 pages (in Persian).
23. Rogers, R.D. and S.A. Schumm. 1991. The effect of sparse vegetative cover on erosion and sediment yield. Journal of Hydrology, 123: 19-24.
24. Seydani, S.S. 2010. Rural planning in Iran. Press Unit of the University Jihad, 66 pages (in Persian).
25. Seutloali, K.E. and H.R. Beckedahl. 2015. Understanding the factors influencing rill erosion on roadcuts in the south eastern region of South Africa. Solid Earth, 6: 633–641.

Archive of SID

www.SID.ir

26. Shinjo, H., M. Hirata, N. Koga and T. Kosaki. 2002. Evaluation of water erosion risk and recommendation for sustainable land use in northeastern Syria. Proceedings of 17th World Congress of Soil Science, Bangkok, Thailand, No. 1175.
27. Takashi, T. and T. Nakagava.1989. Formula prediction sediment yield from mountain basins. Proceeding of four International Symposium on river Sedimentation. June 5-6, China Ocean, 200-216.
28. Toy, T.J., G.R. Foster and K.G. Renard. 2002. Soil erosion process, prediction, measurement and control. John Wiley and Sons, Inc., New York, 338 pages.
29. Varvani, J. 2002. Regional analysis of sediment deposition in the watershed, Gorgan and review the main branches VOSHMGIR dam. MSc Thesis, Tehran University, 203 pages (in Persian).
30. Verstraeten, G. and J. Poesen. 2001. Factors controlling sediment yield from small intensively cultivated catchments in a temperate humid climate. Geomorphology, 40: 123-144.
31. Wu, Q. and M. Wang. 2007. A framework for risk assessment on soil erosion by water using an integrated and systematic approach. Journal of Hydrology, 337: 11-21.
32. Zare Chahuki, M.A. 2011. Data analysis in natural resources research by SPSS. Publishing in Tehran University, 310 pages (in Persian).
33. Zhang, K., S. Li, W. Peng and B. Yu. 2004. Erodibility of agricultural soils and loess plateau of China. Soil and Tillage Research, 76: 157-165.

Archive of SID

www.SID.ir