نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۴۰۰، ص. ۳۷۸-۳۶۵

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 3, Jul.-Agu. 2021, p. 365-378

مقاله پژوهشی

تخمین رسوب با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش

حمزه سعیدیان[1*]- حمید رضا مرادی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۱۰

چکیده

تخمین مقدار رسوبدهی حوزه‌های آبخیز، مقابله با خطرات ناشی از تجمع رسوب در سازه‌های آبی و مخازن سدها از اهداف اساسی در مدیریت منابع آب می‌باشد که باعث توسعه پایدار می‌شود. در این تحقیق به منظور تعیین تخمین رسوب با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش در کاربری‌های مختلف نهشته‌های سازند گچساران، بخشی از حوزه آبخیز کوه گچ شهرستان ایذه با مساحت ۱۲۰۲ هکتار انتخاب گردید. در این تحقیق تعیین رابطه بین رسوب تولیدی و مؤلفه‌های مختلف فرسایش مانند میزان رواناب و مقدار نفوذپذیری خاک و شروع آستانه رواناب و فرسایش در کاربری‌های مختلف سازند گچساران به کمک رگرسیون چند متغیره انجام گرفت. سپس نمونه‌برداری مؤلّفه‌های مختلف فرسایش در ۶ نقطه و با ۳ تکرار و در شدت‌های مختلف بارش ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در سه کاربری مرتع، منطقه مسکونی و اراضی کشاورزی به کمک دستگاه شبیه‌ساز باران انجام شد. به منظور انجام تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS و EXCEL استفاده گردید. نتایج نشان داد که تخمین رسوب با استفاده از مؤلفه‌های مختلف فرسایش نتایج قابل قبولی ارائه می دهد و می توان از آن در سایر حوزه‌های آبخیز استفاده کرد. همچنین نتایج نشان داد که در تخمین رسوب به وسیله مؤلفه‌های مختلف فرسایش، شروع آستانه رواناب و فرسایش بیشترین تأثیرگذاری مثبت و منفی را دارد و در ۸ مورد در مدل‌سازی نقش ایفاء کرده است و سپس میزان نفوذپذیری خاک تأثیرگذاری مثبت و منفی، متوسطی دارد و در ۷ مورد در مدل‌سازی نقش ایفاء کرده است و میزان رواناب نیز در هیچ کدام از سه کاربری و شدت‌های مختلف بارش نقشی در مدل‌سازی ایفاء نکرده است و نشان از نقش بسیار مهمتر میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش و میزان نفوذپذیری خاک در این روش مدل‌سازی در تخمین تولید رسوب دارد.

واژه‌های کلیدی: تخمین رسوب، سازند گچساران، کاربری اراضی، فرسایش

مقدمه

مطالعات فرسایش و تولید رسوب در زنجیره مطالعات منابع طبیعی به عنوان یکی از حلقه‌های مهم در تصمیم گیری‌ها و موفقیت و کارآمدی طرح‌های آبخیزداری دارای اهمیت زیادی است. جهت برنامه ریزی و آگاهی از وضعیت تخریبی حوزه آبخیز، داشتن میزان فرسایش و رسوب تولیدی از هر حوزه آبخیز لازم و ضروری می‌باشد. اطلاعات درباره بار رسوب حوضه‌ها می‌تواند دورنمای میزان فرسایش حوضه‌ها را نشان دهد، رسوب از سطح خاک به وسیله برخورد قطرات باران و نیروی برشی رواناب کنده می‌شود و به میزان کم به وسیله پاشمان حاصل از قطرات باران و عمدتا به وسیله رواناب به سمت پایین دست حمل می‌شود (۲۱). همچنین خصوصیات تنشی ذرات خاک در فرآیند انتقال موثر با اهمیت است (۲۵). هر چند فرسایش خاک در طول تاریخ وجود داشته، ولی در دهه‌های اخیر به‌دلیل دخالت‌های انسانی، مدیریت و کاربری نامناسب اراضی شدت یافته است. این امر در کشورهای در حال توسعه بسیار مهمتر است، زیرا در این کشورها فرسایش خاک خطر جدی برای توسعه پایدار به حساب می‌آید (۵ و ۱۲). فرسایش خاک بر روی زمین‌های زراعی ناشی از برهم کنش بین طبیعت و فعالیت‌های انسانی است (۲۶) که در سال‌های اخیر تشدید شده است. برای برآورد فرسایش و تولید رسوب روش‌های تجربی

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Hamzah.4900@yahoo.com)

۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرّس، مازندران، نور

DOI: 10.22067/jsw.2021.69031.1029

متعددی به کار گرفته می‌شود که معادله جهانی تلفات خاک[1] (۱۱، ۲۲ و ۲۳)، معادله اصلاحی تلفات خاک[2] (۱۵)، معادله تغییر یافته تلفات خاک[3] (۱۴) و بالاخره روش پسیاک[4] (۱۳) مهم‌ترین این روش‌ها می‌باشند. واسنجی این روش‌ها نشان داد است که بعضی از آنها حتی تا چندین برابر از مقدار واقعی تفاوت دارند (۲، ۷ و ۱۸). ژانگ و همکاران (۲۴) به بررسی ارتباط میان ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه با میزان رسوب در فلات لسی چین پرداختند. در این پژوهش از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی برای بررسی ارتباط بین ۲۹ ویژگی ژئومورفیک حوضه با میزان رسوب استفاده شد. نتایج نشان داد که پارامترهای شکل حوضه، ضریب پیچانرودی رودخانه، طول آبراهه اصلی حوضه، مشخصات ارتفاعی، وضعیت بارندگی و شیب به ترتیب بیشترین تاثیر را روی رسوبدهی حوضه دارند. آرس و همکاران (۳) فاکتورهای کنترل غلظت رسوب را برای منطقه پامپاس آرژانتین مورد تجریه و تحلیل قرار دادند. در این مطالعه ۲۵ رخداد بارندگی طی ۴ سال در منطقه‌ای به وسعت ۵۶۰ هکتار بررسی شد. در این پژوهش روش رگرسیونی چندگانه برای مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل توسعه یافته خطی قادر به توضیح ۸۵ درصد از تغییرات غلظت رسوب است. سانی (۱۹) در حوضه آبریز چاکرار در هند نشان داد که فاکتورهای فرم حوضه، نسبت گردی و نسبت طول شاخه اصلی از پارامترهای موثر بر فرسایش و تولیدرسوب هستند. سازند گچساران از مهمترین سازندهای زمین شناسی زون زاگرس در سنوزوئیک می‌باشند. سازند گچساران دارای حساسیت بالایی نسبت به فرسایش و رسوب می‌باشد (۴). این سازند حدود ۱۶۰۰ متر بستر داشته و از نظر سنگ‌شناسی مشتمل بر نمک، انیدریت، مارن‌های رنگارنگ آهک و مقداری شیل می‌باشد. سن گچساران میوسن پایینی می‌باشد (۱). فرسایش و تولید رسوب در ایران و سایر نقاط جهان پدیده‌ای جدی است که پیش بینی شدت عمل آن برای مناطق بدون ایستگاه اندازه‌گیری ضرورت پیدا می‌کند. تنوع عوامل موثر در فرسایش و تولید رسوب باعث شده است که ارائه روشی خاص برای برآورد رسوب میسر نگردد و برای منظورهای مختلف روش‌هایی تجربی به کار گرفته شوند که اساسا برای مناطق دیگری از جهان تهیه شده‌اند. البته، در سال‌های اخیر بعضی از مراکز تحقیقاتی به واسنجی این مدل‌ها و ارائه ضرایب اصلاحی پرداخته‌اند ولی شاید کمبود امکانات باعث شده است اغلب کاربران، این روش‌ها را بدون واسنجی و اعمال ضرایب اصلاحی به کار گیرند. بنابراین هدف این تحقیق تخمین رسوب به کمک مولفه‌های مختلف فرسایش می‌باشد که می‌تواند برای حوزه‌های آبخیز دارای ایستگاه اندازه‌گیری رسوب و فاقد ایستگاه اندازه‌گیری مفید باشد و با توجه با اینکه از داده‌های خود منطقه مورد مطالعه استفاده می‌شود می‌تواند یک روش برآورد تقریبا دقیق تولید رسوب در کوتاه‌ترین زمان و با صرف کمترین هزینه باشد.

مواد و روش‌ها

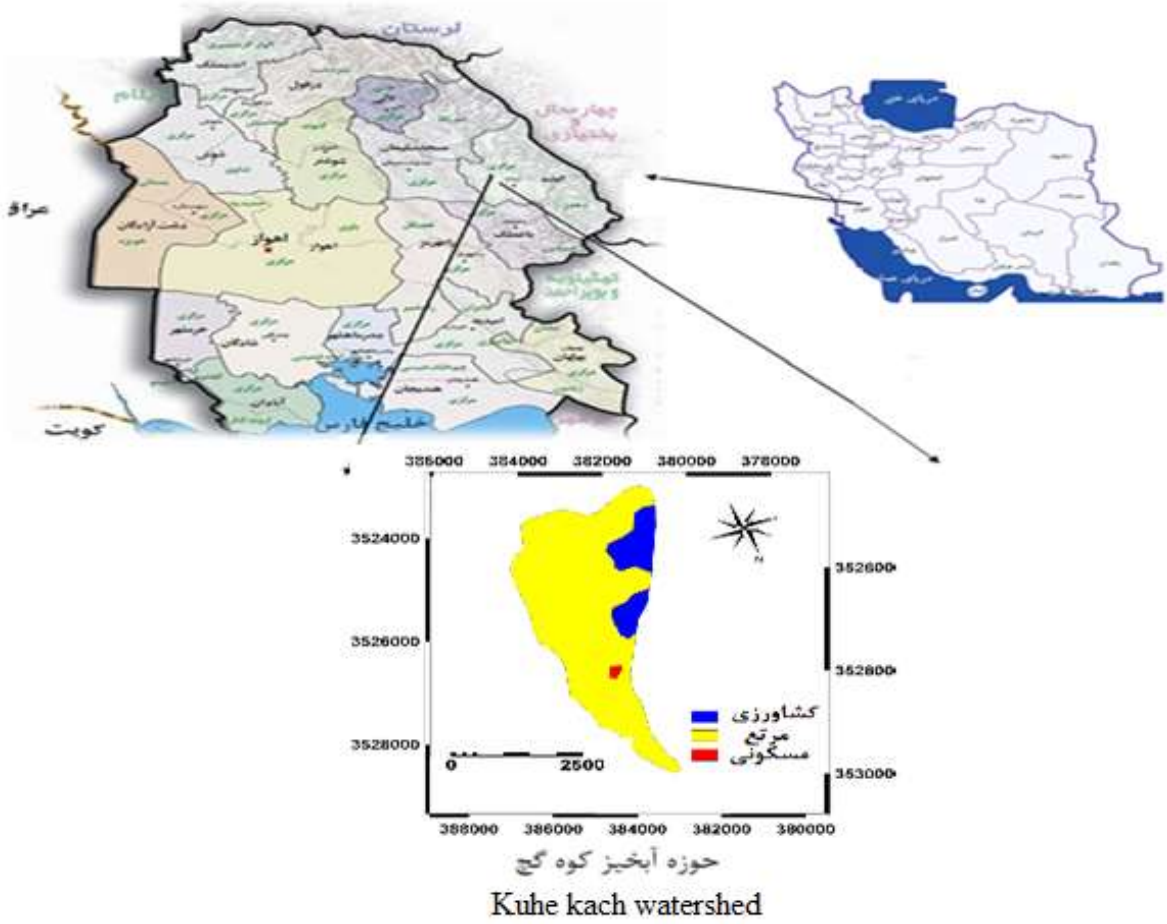
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، بخشی از حوزه آبخیز کوه گچ شهرستان ایذه در استان خوزستان است که دارای مساحت ۱۲۰۲ هکتار مساحت می‌باشد. منطقه کوه گچ دارای مختصات جغرافیایی ″۲۷ ′۴۵ °۴۹ تا ″۹ ′۴۷ °۴۹ شرقی و ″۲۷ ′۵۰ °۳۱ تا ″۳۲ ′۵۳ °۳۱ شمالی می‌باشند.

روش تحقیق

در این تحقیق میزان رسوب تولیدی به روش پلات‌های آزمایشی اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی رسوب نهشته‌های سازند گچساران در منطقه مورد مطالعه از یک دستگاه شبیه‌ساز باران صحرایی کامفورست استفاده شد. شبیه‌ساز باران مورد استفاده برای اندازه پلات ۶۲۵ سانتی‌متر مربع طراحی شده و به راحتی قابل حمل است. مساحت پلات‌های آزمایشی برابر ۶۲۵ سانتی‌متر مربع و در سطح هموار انتخاب گردید. این شبیه‌ساز باران برای تعیین خصوصیات فرسایشی خاک، رواناب، میزان نفوذ آب و همچنین برای تحقیقات خاک مناسب بوده و استفاده از آن به‌منظور تعیین رواناب نهشته‌های سطحی در صحرا روشی استاندارد محسوب می‌گردد (۶). در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه و در شدت‌های بارش ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه میزان رسوب خارج شده از پلات جمع‌آوری و در ظروف شماره‌گذاری شده به‌صورت جداگانه نگهداری شد. پس از اتمام آزمایش، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و رسوب موجود اندازه‌گیری شد (۹). همزمان با اندازه‌گیری رسوب سایر مولفه‌های مختلف فرسایش مانند میزان رواناب، میزان نفوذپذیری خاک و شروع آستانه رواناب و فرسایش نیز به دست آمدند. شدت غالب بارش منطقه در این تحقیق با استفاده از داده‌های هواشناسی حدود ۱ میلی‌متر در دقیقه به دست آمد و برای اینکه تغییرات مولفه‌های مختلف فرسایش در پایین‌تر و بالاتر از این شدت دیده شود از دو شدت ۰/۷۵ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه نیز استفاده شد. در این تحقیق، نمونه‌ها به صورت تصادفی مشخص و برداشت شد.

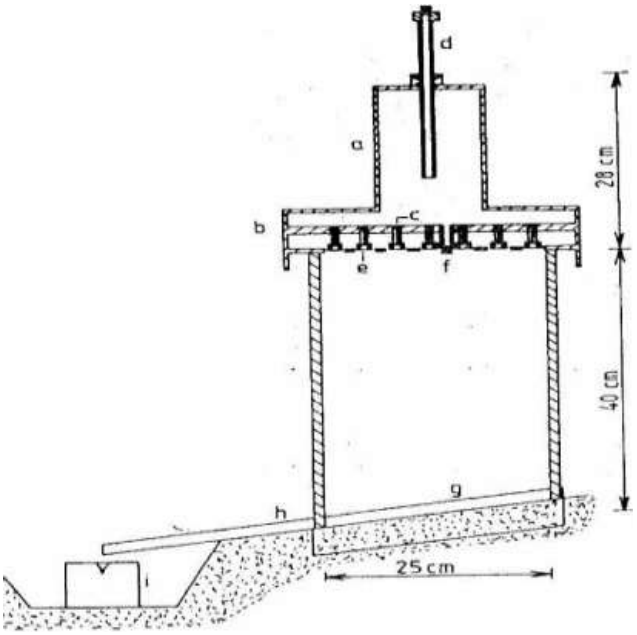
1- USLE
2- MUSLE
3- RUSLE
4- Pacific Southwest Interagency Committee



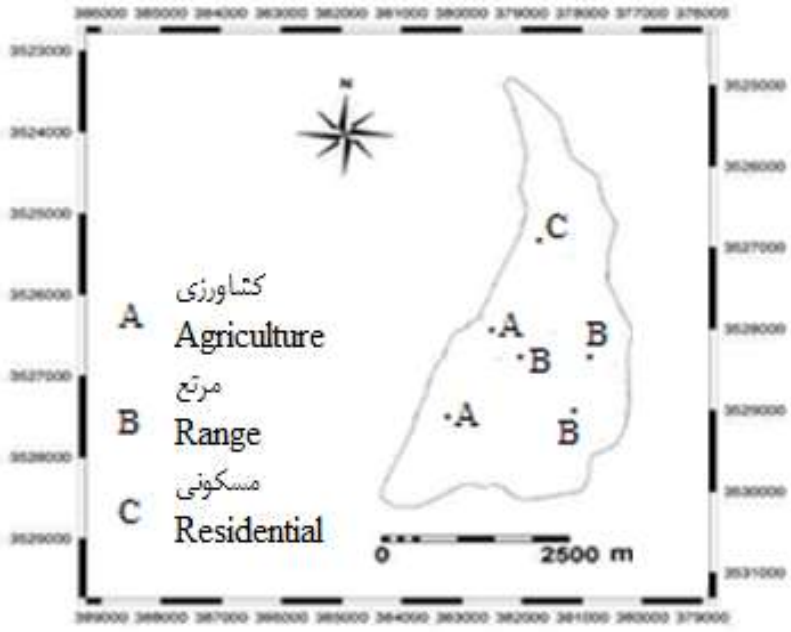
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و ایران

Figure 1- Location of the study area in the province and Iran

با توجه به هزینه و زمان، در سازند گچساران در ۶ سطح و هر سطح سه تکرار برای به‌کارگیری باران‌ساز مشخص شد. در سازند گچساران سه نقطه در کاربری مرتع و به صورت تصادفی همراه با پیدا کردن محل مناسب برای به کارگیری شبیه‌ساز باران انتخاب شدند و همچنین دو نقطه در کاربری زراعی و در قسمت میانی زمین زراعی انتخاب شدند. البته کاربری زراعی توسط جاده به دو قسمت تقسیم شده بود که یک نقطه در یک طرف جاده و یک نقطه نیز در طرف دیگر جاده برای به کار گیری شبیه‌ساز باران انتخاب شدند و همچنین یک نقطه در کاربری مسکونی که معمولاً در نقطه‌ای که محل رفت و آمد روستائیان به غیر از جاده می‌باشد که برای به کارگیری شبیه‌ساز باران انتخاب شد که اثر کوبیدگی ناشی از رفت و آمد روستائیان کاملاً مشهود باشد و در تغییرات مولفه‌های مختلف فرسایش بروز کند. سطح پلات نیز برای اینکه در هر سه کاربری شرایط مشابهی به وجود آید و بتوان نتایج قابل قبول‌تری به دست آید، بدون پوشش گیاهی در نظر گرفته شد. در مجموع ۱۸ نمونه‌برداری مربوط به رسوب و ۱۸ نمونه‌برداری مربوط به میزان رواناب و ۱۸ نمونه‌برداری مربوط به میزان نفوذپذیری خاک و ۱۸ نمونه‌برداری مربوط به تعیین آستانه رواناب و فرسایش برداشت شد. به منظور انجام کلیّه تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS و EXCEL استفاده گردید و سپس مدل‌های نهایی تعیین گردید. لازم به توضیح است که در استفاده از رگرسیون چند متغیره در این تحقیق مقدار رسوب حاصل از به‌کارگیری باران‌ساز در شدت‌های مختلف بارش به عنوان متغیر وابسته و سایر مولفه‌های مختلف فرسایش در هر کاربری اراضی به عنوان متغیر مستقل مورد مطالعه قرار گرفت (۹) و در نهایت نیز سطح معنی‌داری رسوب مشاهده شده و رسوب تخمینی به وسیله رگرسیون چند متغیره با آزمون t جفتی با هم مقایسه شدند.



شکل ۲- مقطع عمودی شبیه‌ساز باران
Figure 2- Vertical Section of Rain simulator



شکل ۳- موقعیت نمونه‌برداری مولفه‌های مختلف فرسایش با استفاده از شبیه‌ساز باران
Figure 3- Sampling position of erosion different components using rain simulator

نتایج و بحث

تخمین دقیق حجم رسوبات حمل شده در حوزه‌های آبخیز در بسیاری از پروژه‌های مدیریت منابع آب دارای اهمیت فراوان است. بنابراین روش تخمین رسوب با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش می‌تواند به عنوان ابزاری توانمند در مدل‌سازی تولید رسوب به کار گرفته شود.

جدول ۱- رابطه میزان رسوب در شدت ۰/۷۵ میلیمتر در دقیقه با مولفه های مختلف فرسایش

Table 1- Relationship between sediment rate at intensity of 0.75 mm/min with erosion different components

کاربری Land use	مدل‌های بدست آمده Obtained Models	ضریب رگرسیونی Regression coefficient
مرتع Range	Se =58.23 –0.126 In – 1.69 Th	0.67
زراعی Agriculture	Se = 12.5 – 0.006 In + 0.16 Th	0.25
مسکونی Residential	Se = -797.9 + 0.169 In + 176.6 Th	1

R: ضریب رگرسیون Se: میزان رسوب Ro: میزان رواناب In: میزان نفوذپذیری Th: شروع آستانه رواناب و فرسایش

R: Regression coefficient, Se: Sediment rate, Ro: Runoff rate, In: Infiltration rate, Th: Runoff and erosion threshold

جدول ۲- ضریب بتای میزان رسوب در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه با با مولفه‌های مختلف فرسایش

Table 2- Beta coefficient of sediment rate at intensity of 0.75 mm/min with erosion different components

مولفه‌های فرسایش Erosion components نوع کاربری Land use type	Ro	In	Th
کاربری مرتع Range land uses	–	-0.82	-0.74
سطح معنی‌داری Significant level	–	0.08	0.103
کاربری زراعی Agiculture land use	–	-0.145	0.17
سطح معنی‌داری Significant level	–	0.81	0.78
کاربری مسکونی Residential land use	–	23.3	23.1
سطح معنی‌داری Significant level	–	0.000	0.000

R: ضریب رگرسیون Ro: میزان رواناب In: میزان نفوذپذیری Th: شروع آستانه رواناب و فرسایش

R: Regression coefficient, Ro: Runoff rate, In: Infiltration rate, Th: Runoff and erosion threshold

نتایج تخمین رسوب با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش در جدول‌های ۱ تا ۶ نشان داده شده است. تخمین رسوب با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش می‌تواند یک از بهترین و ایده آل‌ترین روش‌های تخمین و مدل‌سازی با کمترین هزینه و زمان اجرایی باشد. در این تحقیق میزان رسوب تولیدی در شدت‌های مختلف بارش در سازند گچساران در رگرسیون چند متغیره به عنوان متغیر وابسته و سایر مولفه‌های مختلف فرسایش مانند میزان رواناب و نفوذپذیری خاک و همچنین آستانه شروع رواناب و فرسایش به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند.

نتایج نشان داد که میزان رسوب تولیدی در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع بیشترین تاثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از شروع آستانه رواناب و فرسایش و سپس از میزان نفوذپذیری خاک دارد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی تولید رسوب در شدت بارش ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان رسوب تولیدی در این شدت با شروع آستانه رواناب و فرسایش و میزان نفوذپذیری رابطه عکس دارد و با افزایش میزان رسوب تولیدی، میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش و میزان نفوذپذیری خاک کم می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که میزان رسوب تولیدی در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری کشاورزی بیشترین تاثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از شروع آستانه رواناب و فرسایش و سپس از میزان نفوذپذیری خاک دارد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی تولید رسوب در شدت بارش

۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان رسوب تولیدی در این شدت با شروع آستانه رواناب و فرسایش رابطه مستقیم و با میزان نفوذپذیری خاک رابطه عکس دارد. با افزایش میزان رسوب تولیدی، میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش افزایش و میزان نفوذپذیری خاک کم می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که میزان رسوب تولیدی در شدت ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مسکونی بیشترین تاثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان نفوذپذیری خاک و سپس از شروع آستانه رواناب و فرسایش دارد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی تولید رسوب در شدت بارش ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان رسوب تولیدی در این شدت با شروع آستانه رواناب و فرسایش و با میزان نفوذپذیری خاک رابطه مستقیم دارد. با افزایش میزان رسوب تولیدی، میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش و میزان نفوذپذیری خاک زیاد می‌شود.

همچنین نتایج نشان داد که میزان رسوب تولیدی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع بیشترین تاثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از شروع آستانه رواناب و فرسایش دارد. در این کاربری میزان رواناب و نفوذپذیری خاک نقشی در مدل‌سازی تولید رسوب در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان رسوب تولیدی در این شدت با شروع آستانه رواناب و فرسایش رابطه عکس دارد و با افزایش میزان رسوب تولیدی، میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش کم می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که میزان رسوب تولیدی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در کاربری کشاورزی بیشترین تاثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان نفوذپذیری خاک دارد.

جدول ۳- رابطه میزان رسوب در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه با مولفه‌های مختلف فرسایش

Table 3- Relationship between sediment rate at intensity of 1 mm/min with erosion different components

کاربری Land use	مدل‌های بدست آمده Obtained Models	ضریب رگرسیونی Regression coefficient
مرتع Range	Se = 13.2 – 0.89 Th	0.23
زراعی Agriculture	Se = 23.63 – 0.021 In	0.73
مسکونی Residential	Se = 29.2 + 0.069 In – 7.68 Th	1

R: ضریب رگرسیون Se: میزان رسوب Ro: میزان رواناب In: میزان نفوذپذیری Th: شروع آستانه رواناب و فرسایش

R: Regression coefficient, Se: Sediment rate, Ro: Runoff rate, In: Infiltration rate, Th: Runoff and erosion threshold

جدول ۴- ضریب بتای میزان رسوب در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه با با مولفه‌های مختلف فرسایش

Table 4- Beta coefficient of sediment rate at intensity of 1 mm/min with erosion different components

مولفه‌های فرسایش Erosion components نوع کاربری Land use type	Ro	In	Th
کاربری مرتع Range land uses	–	–	-0.32
سطح معنی‌داری Significant level	–	–	0.397
کاربری زراعی Agiculture land use	–	-0.73	–
سطح معنی‌داری Significant level	–	0.098	–
کاربری مسکونی Residential land use	–	0.69	-0.77
سطح معنی‌داری Significant level	–	0.000	0.000

R: ضریب رگرسیون Ro: میزان رواناب In: میزان نفوذپذیری Th: شروع آستانه رواناب و فرسایش

R: Regression coefficient, Ro: Runoff rate, In: Infiltration rate, Th: Runoff and erosion threshold

در این کاربری میزان رواناب و شروع آستانه رواناب و فرسایش نقشی در مدل‌سازی تولید رسوب در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان رسوب تولیدی در این شدت با میزان نفوذپذیری خاک رابطه عکس دارد. با افزایش میزان رسوب تولیدی، میزان نفوذپذیری خاک کم می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که میزان رسوب تولیدی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مسکونی بیشترین تاثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از میزان نفوذپذیری خاک و سپس از شروع آستانه رواناب و فرسایش دارد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی تولید رسوب در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان رسوب تولیدی در این شدت با شروع آستانه رواناب و فرسایش رابطه عکس و با میزان نفوذپذیری خاک رابطه مستقیم دارد. با افزایش میزان رسوب تولیدی، میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش کاهش می‌یابد و میزان نفوذپذیری خاک زیاد می‌شود.

همچنین نتایج نشان داد که میزان رسوب تولیدی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مرتع بیشترین تاثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از شروع آستانه رواناب و فرسایش دارد. در این کاربری میزان رواناب و نفوذپذیری خاک نقشی در مدل‌سازی تولید رسوب در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان رسوب تولیدی در این شدت با شروع آستانه رواناب و فرسایش رابطه عکس دارد و با افزایش میزان رسوب تولیدی، میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش کم می‌شود.

جدول ۵- رابطه میزان رسوب در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه با مولفه‌های مختلف فرسایش

Table 5- Relationship between sediment rate at intensity of 1.25 mm/min with erosion different components

کاربری Land use	مدل‌های بدست آمده Obtained Models	ضریب رگرسیونی Regression coefficient
مرتع Range	Se = 19.83 – 0.74 Th	0.1
زراعی Agriculture	Se = -62.4 + 0.119 In + 5.87 Th	0.75
مسکونی Residential	Se = -34.89 + 0.126 In + 5.66 Th	1

R: ضریب رگرسیون Se: میزان رسوب Ro: میزان رواناب In: میزان نفوذپذیری Th: شروع آستانه رواناب و فرسایش

R: Regression coefficient, Se: Sediment rate, Ro: Runoff rate, In: Infiltration rate, Th: Runoff and erosion threshold

جدول ۶- ضریب بتای میزان رسوب در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه با با مولفه‌های مختلف فرسایش

Table 6- Beta coefficient of sediment rate at intensity of 1.25 mm/min with erosion different components

مولفه‌های فرسایش Erosion components نوع کاربری Land use type	Ro	In	Th
کاربری مرتع Range land uses	–	–	-0.1
سطح معنی‌داری Significant level	–	–	0.79
کاربری زراعی Agiculture land use	–	2.2	2.2
سطح معنی‌داری Significant level	–	0.145	0.148
کاربری مسکونی Residential land use	–	0.64	0.7
سطح معنی‌داری Significant level	–	0.000	0.000

R: ضریب رگرسیون Ro: میزان رواناب In: میزان نفوذپذیری Th: شروع آستانه رواناب و فرسایش

R: Regression coefficient, Ro: Runoff rate, In: Infiltration rate, Th: Runoff and erosion threshold

همچنین نتایج نشان داد که میزان رسوب تولیدی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری کشاورزی بیشترین تاثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی به طور مساوری از شروع آستانه رواناب و فرسایش و میزان نفوذپذیری خاک دارد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی تولید رسوب در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان رسوب تولیدی در این شدت با شروع آستانه رواناب و فرسایش و با میزان نفوذپذیری خاک رابطه مستقیم دارد. با افزایش میزان رسوب تولیدی، میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش و میزان نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که میزان رسوب تولیدی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری مسکونی بیشترین تاثیرپذیری را طبق ضریب بتای محاسباتی از شروع آستانه رواناب و فرسایش و سپس میزان نفوذپذیری خاک دارد. در این کاربری میزان رواناب نقشی در مدل‌سازی تولید رسوب در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه نداشته است. میزان رسوب تولیدی در این شدت با شروع آستانه رواناب و فرسایش و با میزان نفوذپذیری خاک رابطه مستقیم دارد. با افزایش میزان رسوب تولیدی، میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش و میزان نفوذپذیری خاک زیاد می‌شود. نتایج سطح معنی‌داری رسوب شبیه‌سازی شده به وسیله رگرسیون چند متغیره و رسوب مشاهده‌ای در جدول‌های ۷ تا ۹ و همچنین مقایسه میانگین رسوب مشاهده‌ای و تخمینی در شدت‌های بارش ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در کاربری‌های مختلف سازند گچساران نشان داده شده است.

جدول ۷- مقایسه رسوب شبیه‌سازی شده و رسوب مشاهده‌ای در کاربری مرتع

Table 7- Comparison of simulated sediment and observational sediment in range land use

نوع کاربری Land use type	شدت بارش Precipitation intensity	انحراف معیار Standard deviation	خطای استاندارد میانگین Standard Error	سطح معنی‌داری Significant laevel
کاربری مرتع Range land use	0.75 میلی‌متر در دقیقه 0.75 mm/min	1.75	0.58	0.815
	1 میلی‌متر در دقیقه 1 mm/min	2.51	0.83	0.962
	1.25 میلی‌متر در دقیقه 1.25 mm/min	7.36	2.45	0.988

جدول ۸- مقایسه رسوب شبیه‌سازی شده و رسوب مشاهده‌ای در کاربری کشاورزی

Table 8- Comparison of simulated sediment and observational sediment in agricultural land use

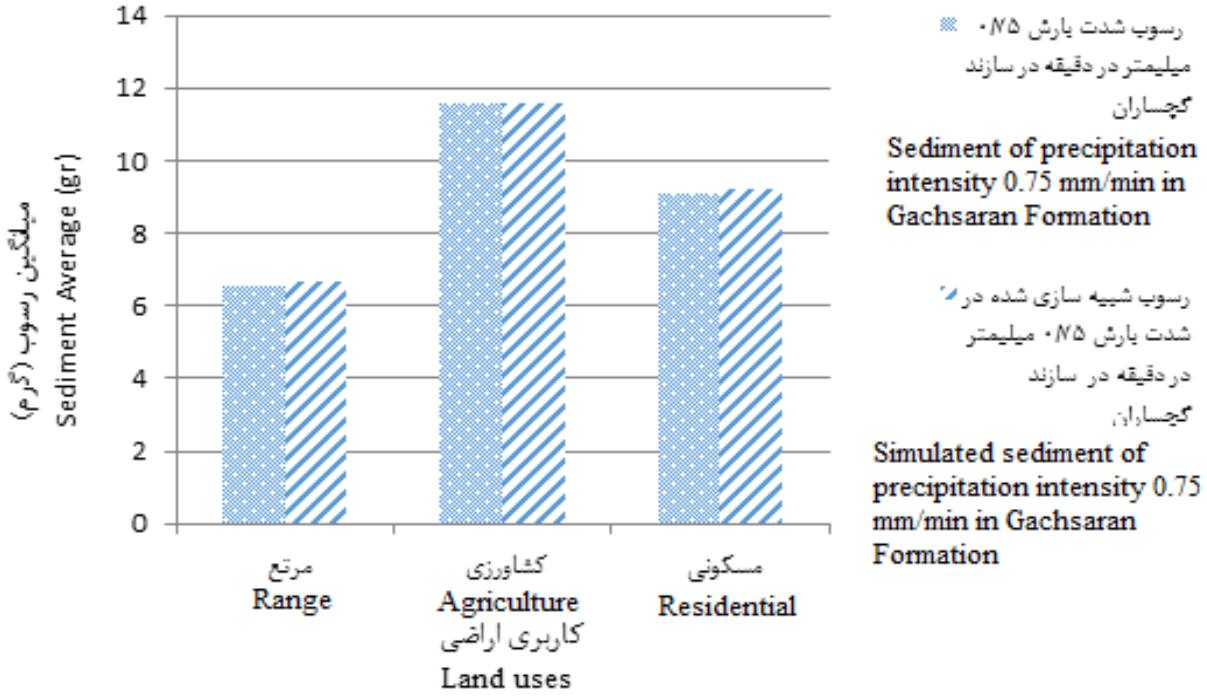
نوع کاربری Land use type	شدت بارش Precipitation intensity	انحراف معیار Standard deviation	خطای استاندارد میانگین Standard Error	سطح معنی‌داری Significant laevel
کاربری کشاورزی Agriculture	0.75 میلی‌متر در دقیقه 0.75 mm/min	0.693	0.283	0.978
	1 میلی‌متر در دقیقه 1 mm/min	0.691	0.282	0.705
	1.25 میلی‌متر در دقیقه 1.25 mm/min	1.76	0.71	0.988

جدول ۹- مقایسه رسوب شبیه‌سازی شده و رسوب مشاهده‌ای در کاربری مسکونی

Table 9- Comparison of simulated sediment and observational sediment in residential land use

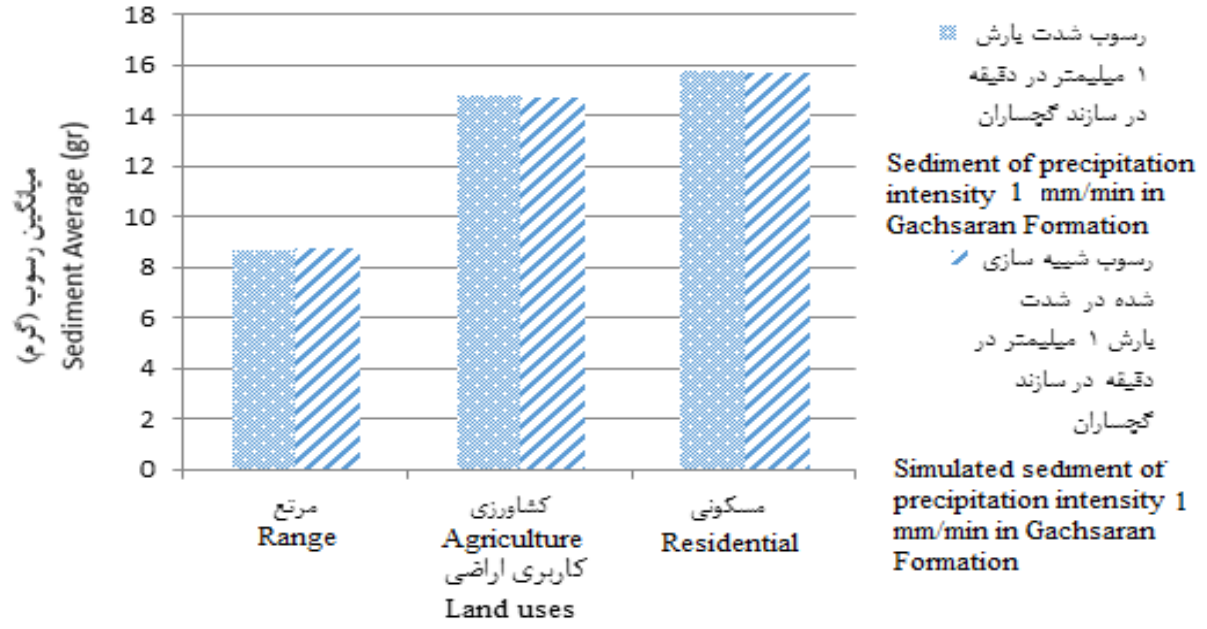
نوع کاربری Land use type	شدت بارش Precipitation intensity	انحراف معیار Standard deviation	خطای استاندارد میانگین Standard Error	سطح معنی‌داری Significant laevel
کاربری مسکونی Residential land use	0.75 میلی‌متر در دقیقه 0.75 mm/min	0.01	0.005	0.002 *
	1 میلی‌متر در دقیقه 1 mm/min	1.25	0.722	0.002 *
	1.25 میلی‌متر در دقیقه 1.25 mm/min	0.005	0.003	0.002 *

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد



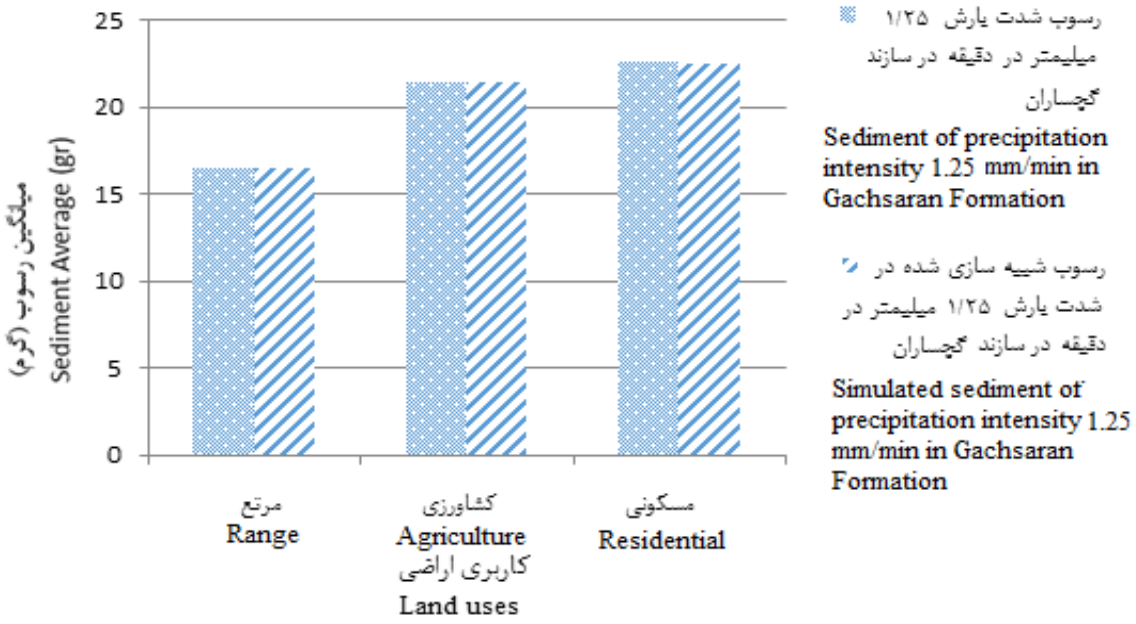
شکل ۴- مقایسه رسوب مشاهده‌ای و تخمینی در کاربری‌های مختلف

Figure 4- Comparison of observational and estimated sediment in different land uses



شکل ۵- مقایسه رسوب مشاهده‌ای و تخمینی در کاربری‌های مختلف

Figure 5- Comparison of observational and estimated sediment in different land uses



شکل ۶- مقایسه رسوب مشاهده‌ای و تخمینی در کاربری‌های مختلف

Figure 6- Comparison of observational and estimated sediment in different land uses

همچنین نتایج نشان داد در مقایسه بین میانگین‌های رسوب مشاهده‌ای و رسوب تخمینی به وسیله رگرسیون چند متغیره در کاربری مرتع در شدت بارش ۰/۷۵ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و این نشان از تخمین مناسب رسوب با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش با استفاده از رگرسیون چند متغیره در این کاربری می‌باشد و با نتایج تحقیق وفاخواه و سعیدیان (۲۰) که دریافتند رگرسیون چند متغیره در تخمین میزان رسوب کاربرد مناسبی دارد مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان داد در مقایسه بین میانگین‌های رسوب مشاهده‌ای و رسوب تخمینی به وسیله رگرسیون چند متغیره در کاربری کشاورزی در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و این نیز نشان از تخمین مناسب رسوب با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش می‌باشد که با نتایج تحقیقات رستر‌پو و همکاران، (۱۶)؛ رومن و همکاران، (۱۷) که معتقدند رگرسیون خطی با دقت نسبتا مناسبی قادر به مدل کردن میزان رسوب است مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان داد در مقایسه بین میانگین‌های رسوب مشاهده‌ای و رسوب تخمینی به وسیله رگرسیون چند متغیره در کاربری مسکونی در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد و این نشان از تخمین کمی ضعیف تر رسوب با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش در این کاربری می‌باشد البته داده رسوب تخمینی نزدیک به رسوب مشاهده‌ای می‌باشد و خیلی فاصله زیادی ندارد که با نتایج مورات و سیگیزاوغلو (۱۰) که دریافتند رگرسیون چند متغیره دارای عملکرد ضعیفتری نسبت به مدل‌های دیگر در تخمین رسوب دارد مطابقت دارد. به طور کلی نتایج نشان داد در بعضی از مدل‌های این تحقیق که ضریب رگرسیونی پایین‌تری دارند، ولی تخمین رسوب قابل قبول و مناسبی به دست آمد بنابراین نمی‌توان فقط با استفاده از ضریب رگرسیونی و ضریب تعیین و سایر ضرایب دیگر آماری اظهار نظر مناسب و قطعی راجع به صحت و درستی تخمین مدل‌ها انجام داد بلکه باید در کنار سطح معنی‌داری و ایجاد نمودارهای رسوب مشاهده‌ای و تخمینی، به این ضرایب نیز توجه شود. همچنین نتایج کلی نشان داد که در تخمین رسوب به وسیله مولفه‌های مختلف فرسایش، شروع آستانه رواناب و فرسایش بیشترین تاثیرگذاری مثبت و منفی دارد و در ۸ مورد در مدل‌سازی نقش ایفاء کرده است و سپس میزان نفوذپذیری خاک تاثیرگذاری مثبت و منفی، متوسطی دارد و در ۷ مورد در مدل‌سازی نقش ایفاء کرده است و میزان رواناب نیز در هیچ کدام از سه کاربری و شدت‌های مختلف بارش نقشی در مدل‌سازی ایفاء نکرده است و نشان از نقش بسیار مهمتر میزان شروع آستانه رواناب و فرسایش و میزان نفوذپذیری خاک در این روش مدل‌سازی در تخمین تولید رسوب دارد بنابراین رگرسیون چند متغیره در این تحقیق نتایج قابل قبول نشان داد که با نتایج تحقیق مردون و همکاران (۸) که دریافتند رگرسیون چند متغیره کارایی بالایی دارد مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه اندازه‌گیری مستقیم رسوب، کاری بسیار سخت و

هزینه بر می‌باشد بنابراین می‌توان با استفاده از اندازه‌گیری‌های غیر مستقیم مانند روش تخمین رسوب با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش به نتایج قابل قبول در کوتاه‌ترین زمان و با کمترین هزینه اجرایی رسید. تخمین رسوب با استفاده از مدل‌سازی به روش تخمین رسوب با استفاده از مولفه‌های مختلف فرسایش نشان داد که می‌تواند در آینده کاربرد بیشتری در تخمین رسوب در حوزه‌های آبخیز صعب‌العبور ایفاء کند و در حفاظت خاک و کاهش فرسایش با تخمین‌های مناسب و عقلانی تر در اجرای مناسب تر پروژه‌های آبخیزداری موثرتر باشد.

منابع

1- Ahmadi H. 2007. Applied geomorphology, 1 volume (water erosion), fifth edition, Tehran university publications, 714p. (In Persian with English Abstarct)
2- Arab Khedri M. 1994. Revision of modified global equation of soil losses, Journal of Research and Construction, No. 25, Ministry of Jihad-e Sazandegi.
3- Ares M.G., Varni M., and Chagas C. 2016: Suspended sediment concentration controlling factors: an analysis for the Argentine Pampas region. Hydrological Science Journal 61(12): 2237-2248.
4- Fathizadeh H., Karimi H., and Tavakoli M. 2016. The Role of Sensitivity to Erosion of Geological Formations in Erosion and Sediment Yield (Case Study: Sub-Basins of Doiraj river in ilam province), Journal of Watershed Management, Volume 7, No. 13, Spring and Summer. (In Persian with English Abstarct)
5- Hosseini S.S., and Ghorbani M. 2005. Economics of soil erosion. Ferdowsi University of Mashhad Press, 205 Pp. (In Persian with English Abstarct)
6- Kamphorst A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility, Netherlands Journal of Agricultural Science 35: 407-415.
7- Khajehei A., Bereshkeh A., Sokooti R., and Arab Khedri M. 2002. Investigating application of MUSLE Empirical Model for Estimating Sediment From Single Storms and Annual Sediment in Shahrchay River Watershed, Proceedings of the National Conference on Land Management- Soil Erosion and Sustainable Development, Arak, Ministry of Agriculture Jihad Publications, pp. 447-436.
8- Merdun H., Cinar O., Meral R., and Apan M. 2006. Comparison of artificial neural network and regression pedotransfer function for prediction of soil water retention and saturated hydraulic conductivity, Soil and Tillage Research 90: 108-116.
9- Morady H.R., and Saidian H. 2010. Comparing the Most Important Factors in the Erosion and Sediment Production in Different Land Uses, Journal of Environmental Science and Engineering 4(11): 1-11.
10- Murat A., and Cigizoglu H.K. 2007. Suspended sediment load simulation by two artificial neural network methods using hydrometeorological data, Environ. Model.Soft.22:2-13.
11- Musgrave G.W. 1947. The Quantitative evaluation of factors in water erosion, a first Approximation, Journal of Soil and Water Conservation 2(3): 133-138.
12- Noor H., Mirnia S.Kh., Fazli S., Raisi M.B., and Vafakhah M. 2010. Application of MUSLE for the prediction of phosphorus losses.Water Science and Technology 62(4): 809-815.
13- Pasific Southwest Inter-Agency Committee. 1968. Factors Affecting Sediment Yield and Measures for the Reduction of Erosion and Sediment Yield, 13 pp.
14- Rendard K.C., Foster G., Yoder D., Et Maccol D. 1994. RUSLE Revised: Status, Questions, Answers and the Future. Journal of Soil Water Conservation 49: 213-220.
15- Renfro G.W. 1975. Use of Erosion Equations and Sediment Delivery Rations for Predicting Sediment Yield. In Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources. Agric. Res. Serv., ARS-S-40, 33-45.US Dept. Agric.,Washington, D.C.
16- Restrepo Juan D., Lopez Sergio A., and Restrepo Juan C. 2009, The Effects of Geomorphic Controls on Sediment Yield in the Andean Rivers of Colommbia, Latin American Journal of Sedimontology and Basin Analusis 16(2): 79-92.
17- Roman David C.,Vogel Richard M., and Schwarz Gregory E. 2010, Multivariate Models ofWatershed Suspended Sediment Loads for the Eastern United States. Urban Water Resources Research Council -7th Urban Watershed Management Symposium 3133-3144.
18- Shahkarami A. 2002. Investigation of sediment estimation methods of P.S.I.A.C MPS. I.A.C and EPM in Nozhian Watershed, Proceedings of the National Conference on Land Management- Soil Erosion and Sustainable Development, Arak, Ministry of Agriculture Jihad Publications 562-572.
19- Soni S. 2017. Assessment of morphometric characteristics of Chakrar watershed in Madhya Pradesh India using geospatial technique.Applied Water Science 7(5): 2089-2102.
20- Vafakhah M., and Saeediyan H. 2014. Modeling of observed runoff and sediment with estimative runoff and sediment with using neural network and multi regression in aghajari marls, Journal of Range and Watershed

Management 67(3): 487-499.
21- Walling D.E. 1988. Erosion and sediment yield research-some recent perspectives. Journal of Hydrology 100: 113-141.
22- Williams J.R. 1975. Sediment Yield Prediction with Universal Soil Loss Equation Using Runoff Energgy Factors, In Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources. Agric. Res. Serv., US Dept. Agric.,Washington, D.C., ARS-S-40, 244-252.
23- Wischmeier W.H., and Smith D.D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses- A Guied to Conservation Planning. Agric. Handbook No.537, US Dept. of Agric., Washington, D.C.
24- Zhang H.Y., Shi Z.H., Fang N.F., and Guo M.H. 2015. Linking watershed geomorphic characteristics to sediment yield: Evidence from the Loess Plateau of China.Geomorphology 234: 19-27.
25- Zhen H., Jiangwen L., Yanhai Li., Xiaojie Gu., Xiaoyan Ch., and Chaofu W. 2021. Eroded sediment in a partially saturated sandy loam soil using scouring experiments, CATENA 201: 105234.
26- Zhen W, Yi Zeng., Cai L., Hua Y., Shuxia Y., Ling W., and Zhihua Shi. 2021. Telecoupling cropland soil erosion with distant drivers within China, Journal of Environmental Management 288(15): 112395.

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 3, Jul.-Agu. 2021, p. 365-378

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۴۰۰، ص. ۳۷۸-۳۶۵

Sediment Estimation Using Different Erosion Components

H. Saeedyan[1]*- H.R. Moradi[2]

Received: 21-02-2021
Accepted: 30-04-2021

Introduction: Erosion and sediment production studies along with other natural resources studies in decision making and success and efficiency of watershed plans are of great importance. In order to plan and be aware of the destructive situation of the watershed, it is necessary to have erosion and sediment production from each watershed. The information about sediment load of basins can show the prospect of erosion. Sediment scatter from the soil surface by the impact of raindrops and shear force of runoff and is transported to downstream by spraying from raindrops and mainly by runoff. Also, the stress characteristics of soil particles are important in the process of effective transport. In recent decades, soil erosion has been intensified due to the human interference, inappropriate land management and land use. This is much more important in developing countries, because soil erosion is a serious risk to sustainable development in these countries. Soil erosion on farmland occurs due to the interaction between nature and human activities that have been being intensified in recent years. Estimation of sedimentation in watersheds, dealing with sediment accumulation risks in water structures and reservoirs of dams are the main objectives in water resources management that leads to sustainable development. One of the most erodibility of Iran is the Gachsaran formation. Gachsaran formation is about 1600 meters thick. A viewpoint of lithology is consisting of salt, anhydrite, colorful lime, and some shale. Gachsaran formation age is lower Miocene.

Materials and Methods: In this study, in order to determine sediment estimation by using different erosion components in different land uses of Gachsaran formation deposits, a part of Kuhe Gypsum watershed of Izeh city with an area of 1202 hectares was selected. In this study, the relationship between produced sediment and different erosion components such as runoff,soil permeability,runoff, and erosion threshold in different land uses of Gachsaran formation was determined by multivariate regression. Then, sampling of erosion different components was done at 6 points with 3 replicates and at rainfall different intensities of 0.75, 1 and 1.25 mm/min in three land uses of rangeland, residential area and agricultural using rain simulator. SPSS and EXCEL softwares were used for statistical analysis.

Results and Discussion: The results showed that sediment estimation using different erosion components presents acceptable results and can be used for other watersheds. The results also showed that in sediment estimation by erosion different components, runoff and erosion threshold had the most positive and negative effect and in eight cases played a role in modeling. Then, soil permeability has the average effect of positive and negative and has played a role in modeling in seven cases. In addition, runoff has not played a role in modeling in any of the three different land uses and intensities of precipitation.

Conclusion: Sediment estimation by erosion different components, the runoff and erosion threshold had the highest effect. Soil permeability had a moderate influence and runoff rate has not played a role in modeling in any of different land uses and precipitation intensities, it indicated the much more important role of runoff and erosion threshold and soil permeability in this modeling method in estimating sediment production. Finally, sediment estimation method by using erosion different components showed that it could be more applicable in sediment estimation in hard-to-reach watersheds in the future and be more effective in soil conservation and erosion reduction with appropriate and rational estimates in more appropriate implementation of watershed projects.

1- Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: hamzah.4900@yahoo.com)
2- Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, College of Natural Resource, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
DOI: 10.22067/jsw.2021.69031.1029

Keywords: Erosion, Gachsaran formation, Land use, Sediment estimation