

پاسخ رسوب‌نمود و حلقه‌های سنجه رسوب به نوع و توزیع مکانی کاربری اراضی

سید حمیدرضا صادقی^{۱*}، رؤف مصطفی‌زاده^۲ و امیر سعدالدین^۳

^۱ استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس نور، ^۲ دانشجوی دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس نور و در حال حاضر، استادیار، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی و ^۳ دانشیار، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۱۷

چکیده

رسوب‌نمودهای معلق و حلقه‌های سنجه ابزارهای مهمی در تحلیل رفتار رسوبی حوزه‌های آبخیز و طبعاً موفقیت اقدامات آبخیزداری در مدیریت رسوب محسوب می‌شوند. با این وجود، تهیه و تحلیل رسوب‌نمودها و حلقه‌های سنجه در مقیاس حوزه‌های آبخیز و بررسی عوامل موثر بر آن در ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف تحلیل رفتار آب‌نمود و رسوب‌نمود مشاهداتی و شبیه‌سازی شده برای ۱۳ رگبار طی پاییز ۱۳۹۰ تا پاییز ۱۳۹۱ در حوزه آبخیز رودخانه گل‌لاز اشنویه در استان آذربایجان غربی با مساحت ۱۰۳ کیلومترمربع انجام پذیرفت. برای این منظور، رسوب‌نمودهای رگبارهای مشاهداتی با استفاده از مفهوم رسوب‌نمود واحد لحظه‌ای استنتاج و تاثیر نوع و توزیع مکانی کاربری‌های مرتع، کشاورزی و جنگل روی آن‌ها بررسی شد. همچنین، الگوی رفتاری آب‌نمودها و رسوب‌نمودهای مشاهداتی و حلقه‌های سنجه رسوب به ازای هر یک از کاربری‌ها رسم و تحلیل شد. بر اساس نتایج به دست آمده از داده‌های مشاهداتی، اغلب رسوب‌نمودها دارای اوج زود هنگام و طبعاً حلقه‌های سنجه ساعت‌گرد بوده و نیز افزایش غلظت رسوب در شاخه پایین‌رونده رسوب‌نمود در اثر مشارکت تولید رسوب از کاربری‌های کشاورزی دامنه‌های بالادست آبخیز اتفاق افتاده است. صحت نتایج شبیه‌سازی در برآورد رسوب‌نمود در مرحله اعتبارسنجی، بر اساس معیار ضریب کارایی برابر ۷۱ درصد نیز مورد تأیید قرار گرفت. تحلیل اثر نوع و توزیع مکانی انواع کاربری نیز دلالت بر تاثیر معنی‌دار آن‌ها بر شکل رسوب‌نمودها و نیز حلقه‌های سنجه داشته است.

واژه‌های کلیدی: اعتبارسنجی، الگوی مکانی کاربری اراضی، تغییرات زمانی رسوب معلق، تولید رسوب، موجودیت رسوب

مقدمه

تغییرات رسوب نسبت به زمان با استفاده از رسوب‌نمودها^۱ و حلقه‌های سنجه رسوب^۲ می‌تواند اطلاعات مناسبی از تغییرات و حجم رسوب در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان برای طراحی سازه‌های

درک دینامیک کاربری اراضی برای پیش‌بینی تغییرات آینده و تسهیل طراحی فعالیت‌های توسعه پایدار آبخیز برای حفظ سیمای سرزمین ضروری است (Lin و همکاران، ۲۰۰۹). در همین راستا نمایش

^۱ Sediment Graph

^۲ Sediment Rating Loop

* مسئول مکاتبات: sadeghi@modares.ac.ir

۱۹۹۳؛ Yang و همکاران، ۲۰۱۲؛ Shi و همکاران، ۲۰۱۳).

تاکنون تلاش‌های گسترده‌ای در رابطه با عوامل موثر بر ایجاد و تشدید فرسایش خاک و کنترل‌پذیری تولید رسوب در سطح حوزه آبخیز انجام شده است. Jones و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه‌ای روابط سنجه‌های سیمای سرزمین^۲ با تولید رسوب و انتقال مواد مغذی را تفسیر نمودند. Paul و همکاران (۲۰۰۲) بیان نمودند که مطالعه ویژگی‌های رسوب و هیدرولوژی در کاهش تاثیر سنجه‌های سیمای سرزمین بر سطح آلاینده‌های ناشی از رسوبات دارای اهمیت می‌باشد. Morehead و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از ویژگی‌های فیزیوگرافی تعدادی از حوزه‌های آبخیز ایالات متحده، روابط مختلف دبی-رسوب را برای برآورد تغییرات بار رسوبی رودخانه‌ها ارزیابی نمودند و ضمن ارائه یک مدل عمومی، نتیجه گرفتند، تغییرات جریان و بار رسوبی تعدادی از رودخانه‌های کوچک بیشتر از رودخانه‌های بزرگ بوده است. Van Rompaey و همکاران (۲۰۰۷) اثر تغییر کاربری اراضی بر فرسایش خاک و رسوبدهی در کشور چک را مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که اثر پراکنش مکانی پوشش گیاهی به مراتب مهم‌تر از درصد تغییر آن می‌باشد. Bakker و همکاران (۲۰۰۸) واکنش فرسایش خاک و تولید رسوب به تغییر کاربری اراضی را در چهار منطقه از اروپا مورد بررسی قرار دادند و اثر معنی‌دار پراکنش کاربری اراضی بر رسوبدهی نسبت به سایر عوامل شیب، فرسایش‌پذیری خاک و فاصله از رودخانه را گزارش نمودند. Lana-Renault و همکاران (۲۰۱۰) در خصوص تغییرپذیری زمانی روابط بارش، دبی و غلظت رسوب معلق در اسپانیا نشان داد که تغییرپذیری زمانی روابط نشان‌دهنده پاسخ سریع هیدرولوژیکی و رسوبی آبخیز و تطابق زمانی مناسب میان شکل آب‌نمود و رسوب‌نمود است. Duvert و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه عوامل موثر بر فرسایش و رسوب در سه آبخیز کوچک کشور مکزیک، محدودیت حمل رسوب در شاخه پایین‌رونده آب‌نمود و تاثیر فصول بر رفتار رسوب مورد تایید قرار گرفت. Gellis (۲۰۱۳) در

رسوب‌گیر، مخازن و برنامه‌های کنترل رسوب قرار دهد (Sadeghi، ۲۰۰۵). به همین دلیل پژوهش‌های متعددی در ارتباط با درک تغییرات رسوب معلق در طول وقایع سیلابی توسط Banasik و Walling (۱۹۹۶)، Sadeghi و Singh (۲۰۰۵)، همکاران (۲۰۰۸) و Banasik و Pham (۲۰۱۰) انجام شده است. از طرفی مطالعه پیچیدگی ارتباط درونی رواناب و رسوب و عوامل موثر بر آن نیازمند در نظر گرفتن ویژگی‌های مختلف آبخیز می‌باشد (Zhao و همکاران، ۲۰۰۴). بر همین اساس، مطالعه اثر تغییرات نوع و الگوی کاربری اراضی^۱ بر فرایندهای هیدرولوژی و اثر تجمعی آن‌ها بر محیط رودخانه‌ها، باتلاق‌ها و مصب‌ها ضروری بوده و یکی از نگرانی‌های اصلی متخصصان و مدیران محیط زیست است (O'Neill و همکاران، ۱۹۹۷؛ Jones و همکاران، ۲۰۰۱). مقادیر زیاد رسوبات و نیز مواد مغذی می‌تواند اثرات منفی بر انسان و نیز زیست‌بوم‌های آبی داشته باشد (Jones و همکاران، ۲۰۰۱؛ Bateni و همکاران، ۲۰۱۳). از آنجا که فرایندهای هیدرولوژیک و حمل رسوبات در کاربری‌های مختلف اراضی متفاوت است، بنابراین بهینه‌سازی آبخیز برای کاربری‌های مختلف، خصوصا کشاورزی به‌عنوان یکی از عوامل تخریب محیط برای دستیابی به توسعه پایدار ضروری است (Van Oost و همکاران، ۲۰۰۰؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۰۹a). از طرفی نوع کاربری اراضی نیز به‌صورت مستقیم با فعالیت‌های انسانی از طریق تامین رسوبات لازم برای حمل رسوب و ترسیب در ارتباط است (Lee و همکاران، ۲۰۰۹؛ Shi و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین، ویژگی‌های سیمای سرزمین در مقیاس آبخیز بر انتقال مواد مغذی و بار رسوبی رودخانه‌ها تاثیرگذار است (Ator و Ferrari، ۱۹۹۷؛ Bakker و همکاران، ۲۰۰۸؛ Shi و همکاران، ۲۰۱۳). بر اساس همین استدلال، درک فرایندهای هیدرولوژی آبخیز و ارتباط آن‌ها با تغییرات پوشش اراضی می‌تواند به‌منظور تعیین و کنترل منابع آلاینده غیرنقطه‌ای مورد استفاده قرار گیرد (Yeo و Guldmann، ۲۰۱۰). ارتباط قوی میان الگوی پراکنش کاربری اراضی و فرایندهای فرسایش و تولید رسوب گزارش شده است (Phillips و همکاران،

² Landscape Metrics

¹ Land-use Pattern

برابر ۴۸۲ میلی‌متر و ۱۱/۸ درجه سانتی‌گراد و اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه نیمه‌خشک سرد می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه تشکیلات مربوط به دوران اول و دوم شامل سنگ‌های دگرگونی و نهشته‌های پالئوزوئیک به همراه سنگ‌های آتشفشانی رخنمون فراوانی دارند. مراتع بیلاقی پوشش گیاهی غالب را تشکیل می‌دهد. در بعضی از دامنه‌ها آثاری از جنگل‌های زاگرس در مناطق پرشیب، شامل درختان زالزالک، بادام وحشی، گلابی وحشی و سیاه‌تلو به‌صورت توده‌هایی از درختان باقی مانده است و در بسیاری از مناطق مسطح زمین‌ها به‌صورت اراضی زراعی و باغی در حال بهره‌برداری هستند. گسترش و موقعیت اراضی کشاورزی در بخش‌هایی از مجاورت خروجی و مناطق بالادست آبخیز است. فصل زراعی در منطقه مورد مطالعه مصادف با اواخر تابستان تا اوایل پاییز در کشت‌های پاییزه و نیز اوایل بهار در کشت نخود، آفتابگردان و یا سایر محصولات در تناوب زراعی سالانه است. در شکل ۱، موقعیت منطقه در کشور و استان آذربایجان غربی و همچنین، پراکنش انواع مهم کاربری اراضی مورد مطالعه در سطح آبخیز مطالعاتی نشان داده شده است.

به‌منظور دستیابی به آب‌نمود و رسوب‌نمودهای اتفاق افتاده طی دوره مطالعه ابتدا، نمونه‌برداری رسوب معلق در مقیاس رگبار با فواصل زمانی یک ساعت طی آبان ماه ۱۳۹۰ تا آذرماه ۱۳۹۱ به‌وسیله ظروف پلاستیکی دو لیتری به دلیل افزایش دقت نمونه‌برداری و اطمینان از برداشت تمامی ستون آب و به روش انتگرالسیون عمقی (Mahdavi, ۲۰۰۵؛ Saeidi و Sadeghi, ۲۰۱۰) صورت گرفت. نمونه‌های محتوی آب و رسوب بعد از برداشت به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اندازه‌گیری غلظت رسوب معلق از روش برجاگذاری و تخلیه آب (Walling و همکاران، ۲۰۰۱؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۰۸) استفاده شد. در این روش یک لیتر نمونه آب و رسوب به مدت ۴۸ ساعت به حالت سکون نگه داشته شد و پس از ته‌نشینی آب بالای رسوبات تخلیه شد. سپس محتویات رسوبات درون فویل‌های از قبل تهیه و توزین شده ریخته شده و در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴

بررسی عوامل موثر بر غلظت رسوب رگبار در شمال شرق دریای کارائیب نتیجه گرفت که حلقه‌های رسوب در اراضی کشاورزی به واسطه موجودیت رسوب در دسترس، غلظت بالای رسوب در شاخه بالارونده آب‌نمود را سبب شده است. Sadeghi و همکاران (۲۰۱۱) از متغیرهای بارش و رواناب برای تخمین میزان رسوب رگبار در حوزه آبخیز کجور استفاده نمودند و بر نقش بیشتر مولفه‌های رواناب نسبت به بارش در تغییرات رسوب تأکید نمودند. Gholami و همکاران (۲۰۱۲) حلقه‌های سنجه رسوب در حوزه آبخیز چهل‌گزی در استان کردستان را مورد تحلیل قرار دادند و ضمن تشخیص الگوی ساعت‌گرد در حلقه‌های سنجه رسوب تأکید کردند که منابع تولید رسوب را می‌بایست در بالادست آبخیز جستجو نمود.

بررسی سوابق پژوهش نشان می‌دهد که بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبخیز در کنار پیچیدگی ماهیت و وجود کاربری‌های متنوع آبخیز یکی از چالش‌های اصلی در مطالعات فرسایش و رسوب محسوب می‌شود (Sadeghi و همکاران، ۲۰۰۹a). در همین راستا تعیین ارتباط مکانی ساختار سیمای سرزمین و تغییر ترکیب کاربری و تأثیر آن بر فرایندهای هیدرولوژی و رسوب متاثر از آن نیازمند پژوهش‌های بیشتری است (Thanapakpawin و همکاران، ۲۰۰۷). بر همین اساس پژوهش حاضر با هدف تحلیل آب‌نمود و رسوب‌نمود مشاهداتی در طی وقایع ثبت شده در آبخیز رودخانه گل‌لاز شهرستان اشنویه به لحاظ تجهیز به ایستگاه‌های باران‌نگاری و هیدرومتری (اشل)، مساحت کم و شیب زیاد و در نتیجه واکنش سریع هیدرولوژیک و طبعاً درک دینامیک و تاثیرپذیری الگوی رسوب‌نمود از نوع و توزیع مکانی کاربری اراضی برنامه‌ریزی شده است.

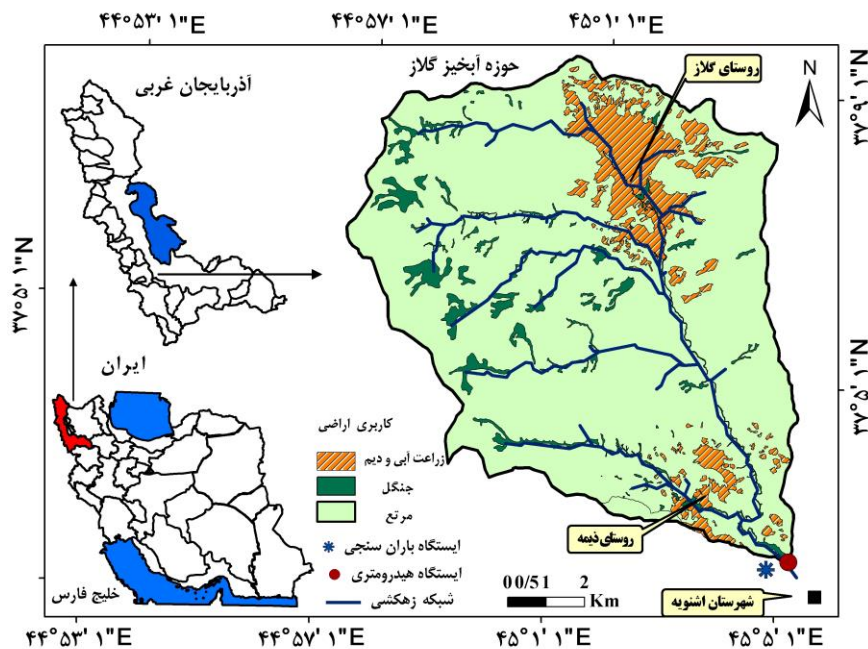
مواد و روش‌ها

آبخیز گل‌لاز با مساحت ۱۰۳ کیلومترمربع، در بالادست شهرستان اشنویه در استان آذربایجان غربی واقع شده است. شیب متوسط ۳۲ درصد، ارتفاع متوسط ۲۳۹۰ متر از سطح آب‌های آزاد و طول رودخانه اصلی ۱۹/۳ کیلومتر می‌باشد. میانگین بارندگی و درجه حرارت سالانه آبخیز گل‌لاز به‌ترتیب

اشل رودخانه گلاز در طول دوره نمونه‌برداری از شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی اخذ شد. در ادامه مقادیر دبی متناظر غلظت‌های رسوب در زمان‌های مختلف محاسبه و روی محور مختصات مربوط به رسوب‌نمودها ترسیم شد. در نهایت الگوی رفتاری آب‌نمودها و رسوب‌نمودها در ارتباط با نتایج شبیه‌سازی حاصل از هر یک از کاربری‌ها با توجه به نوع و موقعیت کاربری اراضی مورد تفسیر قرار گرفت.

ساعت خشک شد (Walling و همکاران، ۲۰۰۱؛ Sadeghi و Saeidi، ۲۰۱۰).

با توزین نمونه‌های مورد آزمایش، وزن رسوب نمونه بر حسب گرم در لیتر محاسبه شد. سپس با رسم اعداد دبی رواناب و رسوب در برابر زمان، آب‌نمود و رسوب‌نمود هر رگبار رسم شد و مقادیر مولفه‌های اصلی تحلیل شدند. آمار و اطلاعات دبی و بارش ساعتی حوزه آبخیز گلاز و همچنین، منحنی‌های دبی-



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز گلاز در استان آذربایجان غربی و کشور

ارزیابی شکل کامل آب‌نمودها و رسوب‌نمودها استفاده شد. برای انجام این پژوهش، منحنی هم‌زمان تمرکز آبخیز مورد مطالعه به روش توزیعی-مکانی زمان پیمایش و معادله موج جنبشی (Hunukumbura و همکاران، ۲۰۰۷؛ Mostafazadeh و همکاران، ۲۰۱۰) و نیز با استفاده از نقشه سلولی کاربری اراضی و جداول ضریب زبری و معادله مانینگ، سرعت جریان در شبکه سلولی (Singh، ۱۹۸۸؛ Ammukutty و Nair، ۲۰۰۹) محاسبه شد. مقادیر ضریب زبری در هر کاربری اراضی و بر اساس شرایط منطقه مورد مطالعه و نوع پوشش گیاهی با استناد به جداول استاندارد موجود (Engman، ۱۹۸۶؛ Chow و همکاران، ۱۹۸۸؛ Kilgore، ۱۹۹۷؛ Usul و Yilmaz، ۲۰۰۲)

در مجموع تعداد ۱۳ رگبار در دوره مطالعه و همچنین، منجر به تولید رواناب برای انجام مدل‌سازی آب‌نمود و رسوب‌نمود استفاده شد. داده‌ها در دو دسته مجزا به تعداد هشت رخداد برای واسنجی و تعداد پنج رخداد برای صحت‌سنجی مدل تهیه شده، به کار گرفته شدند و در هر مرحله کارایی مدل با استفاده از معیار آماری ضریب کارایی^۱ مورد ارزیابی قرار گرفت (Moriasi و همکاران، ۲۰۰۷). در ارزیابی صحت مدل با توجه به هدف تحقیق در بررسی اثر نقش مشارکت بخش‌های مختلف آبخیز و تغییرات زمانی رسوب در قالب شکل رسوب‌نمودها و نهایتاً حلقه‌های سنج، از معیار ضریب کارایی بنا به توصیه Green و Stephenson (۱۹۸۶)، به‌عنوان شاخص مناسب برای

^۱ Coefficient of Efficiency (CE)

Hunukumbura و همکاران، (۲۰۰۷) به شرح ارائه شده در جدول ۱ استفاده شد.

جدول ۱- مقادیر ضریب زبری مانینگ بر اساس کاربری اراضی و نوع پوشش گیاهی در آبخیز گلاز اشنویه

نوع کاربری اراضی	ضریب زبری	ویژگی‌ها
باغ	۰/۴	درختان مثمر و باغ
جنگل کم تراکم	۰/۸	جنگل تنک و نیمه انبوه
مرتع با پوشش خوب	۰/۲۴	مراتع طبیعی و چمنزار
مرتع با پوشش متوسط	۰/۱۳	مراتع طبیعی با تراکم متوسط
مرتع با پوشش ضعیف	۰/۰۸	پوشش گیاهی پراکنده، خاک لخت
مناطق مسکونی	۰/۰۱	مناطق مسکونی روستایی
زراعت آبی	۰/۰۵	اراضی شخم‌خورده با زراعت آبی در مناطق کم‌شیب
زراعت دیم	۰/۰۳	اراضی شخم‌خورده دیم (پوشش باقی‌مانده کمتر از ۲۰ درصد)، اراضی آیش (بدون پوشش باقی‌مانده) در مناطق شیب‌دار

میان این پارامتر و مولفه‌های بارش برای استفاده در مدل‌سازی به روش کمترین مربعات خطا به شکل رابطه (۳) تهیه شد.

$$Z = \frac{(-\ln(\frac{q_p}{Q_p})^{0.56})}{(T_p)} \quad (2)$$

که در آن، q_p دبی بیشینه رواناب (مترمکعب در ثانیه)، Q_p بیشینه بارش موثر (مترمکعب در ثانیه) و T_p زمان رسیدن به اوج آب‌نمود (ساعت) می‌باشد.

$$Z = 0.1677(\bar{I}^{MaxER})^{-1.48} \quad (3)$$

که در آن، \bar{I} متوسط شدت بارندگی موثر (بر حسب میلی‌متر در ساعت)، $MaxER$ بیشینه بارش موثر (بر حسب میلی‌متر) می‌باشد. در نهایت عرض‌های رسوب‌نمود واحد لحظه‌ای با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد.

$$S_t = \frac{u_t c_t}{\int_0^{\infty} u_t c_t dt} \quad (4)$$

که در آن، S_t ، u_t و c_t به ترتیب عرض‌های رسوب‌نمود واحد لحظه‌ای، آب‌نمود واحد لحظه‌ای و منحنی توزیع بدون بعد غلظت رسوب هستند. در ادامه رسوب‌نمود واحد لحظه‌ای به رسوب‌نمود واحد و سپس به رسوب‌نمود واحد T ساعته تبدیل شد (Das، ۲۰۰۰؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۰۹b). در ادامه رسوب‌نمود رگبار با ضرب نمودن ابعاد رسوب‌نمود واحد T ساعته در مقادیر رسوب موثر (DS)^۵

در مرحله بعد، زمان پیمایش با استفاده از نقشه طول جریان و سرعت جریان و با اعمال بیشینه طول پیمایش به دست آمد و در نهایت، هیستوگرام زمان-مساحت آبخیز تهیه شد (Usul و Yilmaz، ۲۰۰۲). سپس با استفاده از منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی ایستگاه باران‌نگار اشنویه، ویژگی‌های بارش طرح استخراج شد و به کمک روش زمان-مساحت، آب‌نمود جریان به ازای هر یک از کاربری‌ها به صورت جداگانه شبیه‌سازی شد.

در ادامه، رسوب‌نمود حوزه آبخیز مطالعاتی بر اساس مفهوم رسوب‌نمود واحد لحظه‌ای^۱ و به کمک آب‌نمود واحد لحظه‌ای^۲ و غلظت رسوب معلق تهیه شد. منحنی توزیع بدون بعد غلظت رسوب^۳ با استفاده از رابطه (۱) استخراج شد (Walling و Banasik، ۱۹۹۶؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۰۹b).

$$c_t = \exp(-Zt) \quad (1)$$

که در آن، c_t عرض نقاط منحنی توزیع بدون بعد غلظت رسوب در زمان t و Z پارامتر روندیابی رسوب^۴ (عکس ساعت) است. پارامتر Z با استفاده از رابطه (۲) برای هر رخداد بارش محاسبه شد (Williams، ۱۹۷۸؛ Singh و Sadeghi، ۲۰۰۵ و Sadeghi همکاران، ۲۰۰۹b) و سپس یک رابطه کلی

¹ Instantaneous Unit Sediment graph

² Instantaneous Unit Hydrograph

³ Dimensionless Sediment Concentration Distribution

⁴ Sediment Routing Parameter

⁵ Direct Sediment (DS)

وقوع وقوع اوج زودرس رسوب نمود می تواند دلایل مختلفی داشته باشد، اما نتایج به دست آمده از تحلیل آبنمودها و رسوب نمودهای مشاهداتی نشان داد که تقریباً در هفت رگبار از رگبارهای مشاهداتی، وقوع اوج رسوب نمود در حدود ۰/۵ تا چهار ساعت قبل از اوج آبنمود بوده است که دلیل آن را می توان با تامین رسوب از اراضی کشاورزی آبخیز مورد مطالعه و وقوع رگبارهای متوالی مرتبط دانست، که با نتایج پژوهش Gellis (۲۰۱۳) در یک راستا می باشد. این در حالی است که در پژوهش Sadeghi و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر پذیری ویژگی های رسوب نمود به تغییرات زمانی رگبار نسبت داده شده است.

نقشه کاربری اراضی، توپوگرافی و هیستوگرام زمان-مساحت تهیه شده با لحاظ هر یک از کاربری های مطالعاتی در بازه های زمان-مساحت مربوطه در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنین، نحوه محاسبه پارامتر روندیابی رسوب بر اساس ویژگی های رخدادهای بارش در شکل ۳، منحنی توزیع بدون بعد غلظت رسوب آبخیز مورد مطالعه در شکل ۴ ارائه شده است و رابطه بین رسوب موثر و داده های بارش آبخیز گلاز در شکل ۵ نشان داده شده است.

همان طور که در روش پژوهش ذکر شد، نتایج ارزیابی صحت مدل در برآورد آبنمود در دو مرحله واسنجی و اعتبارسنجی بر اساس معیار ضریب کارایی به ترتیب به مقدار ۰/۷۸ و ۰/۶۳ بوده است و همچنین، مدل مذکور دارای کارایی ۰/۶۰ و ۰/۷۱ درصد به ترتیب در دو مرحله واسنجی و اعتبارسنجی در برآورد رسوب نمود آبخیز مورد مطالعه بوده است. نتایج حاکی از کارایی مناسب مدل زمان-مساحت در شبیه سازی آبنمود و رسوب نمود جریان در آبخیز گلاز آشنویه است. رسوب نمود واحد نیم ساعته متوسط رخدادهای مشاهداتی و نیز شبیه سازی شده در شکل ۶، نشان داده شده است. بر همین اساس، رسوب نمودهای حاصل از کاربری های اراضی مختلف حوزه آبخیز مورد مطالعه تهیه و در شکل ۷، ارائه شده است.

(Sadeghi و همکاران، ۲۰۰۹b) حاصل از داده های مشاهداتی بارش موثر (ER)^۱ و مبتنی بر رابطه (۵) به دست آمد. در ادامه صحت مدل در برآورد رسوب نمود با استفاده از معیار ضریب کارایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

$$DS = 0.1702 ER^{1.8616} \quad (5)$$

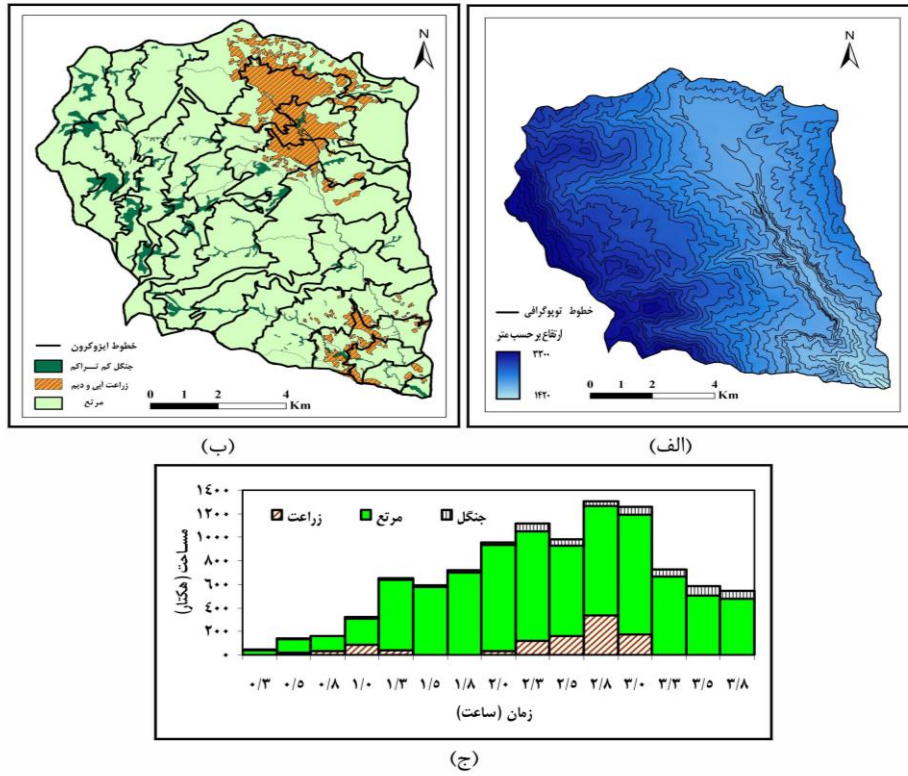
در ادامه آبنمود و رسوب نمود شبیه سازی شده به ازای میزان مساحت و موقعیت هر یک از انواع کاربری اراضی در هر محدوده هم زمان تمرکز تفسیر شد. همچنین، حلقه های سنجه رسوب به ازای هر یک از کاربری ها با توجه به زمان رخداد وقایع رسم و تحلیل شد. در ادامه رسوب نمود رخدادهای مشاهداتی رسم و میانگین درصد توزیع غلظت رسوب آن ها با رسوب نمود شبیه سازی شده مقایسه شد.

نتایج و بحث

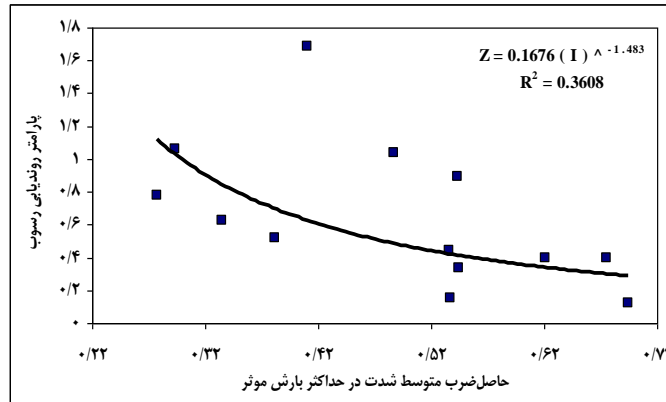
تحلیل ویژگی های رگبارهای دوره مطالعاتی (از پاییز ۱۳۹۰ تا پاییز ۱۳۹۱) در آبخیز گلاز نشان داد که میانگین مدت و مقدار بارش رگبارهای مطالعاتی به ترتیب برابر ۳/۲ ساعت و ۹/۱۲ میلی متر می باشد. همچنین، میانگین مقادیر دبی اوج آبنمودهای مشاهداتی برابر سه مترمکعب در ثانیه و میانگین غلظت اوج رسوب نمود به میزان ۳۴۰ میلی گرم در لیتر می باشد. بر اساس اطلاعات حاصل از رگبارهای مشاهداتی، میانگین زمان تا اوج آبنمود و رسوب نمود به ترتیب برابر شش و ۴/۷ ساعت بوده است. در مجموع ضریب تغییرات مولفه های رسوب نمود بیشتر از مولفه های آبنمود محاسبه شد.

متوسط مقدار وزن کل رسوب معلق در رگبارهای مشاهداتی حدود ۱۸ تن اندازه گیری شد. متغیرهای زمانی مانند زمان تا اوج آبنمود و رسوب نمود دارای ضریب تغییرات کمتری بودند، زیرا قاعدتاً از ویژگی های فیزیکی آبخیز تاثیر پذیرفته اند. این در حالی است که ضریب تغییرات مولفه هایی مانند دبی اوج آبنمود و رسوب نمود و نیز حجم رواناب و رسوب بیشتر است، که با تاثیر پذیری آن ها از ویژگی های بارش و سایر عوامل موثر در ارتباط است. هر چند

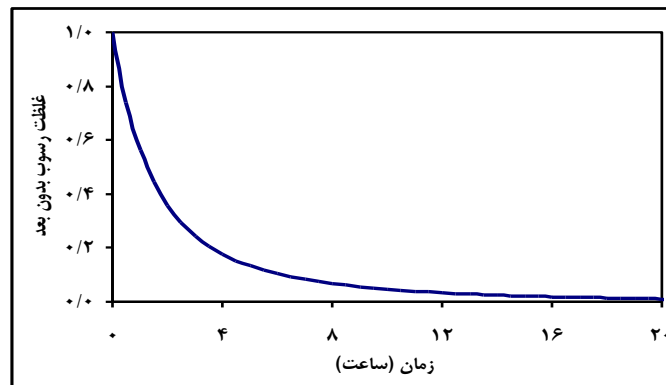
¹ Effective Rainfall (ER)



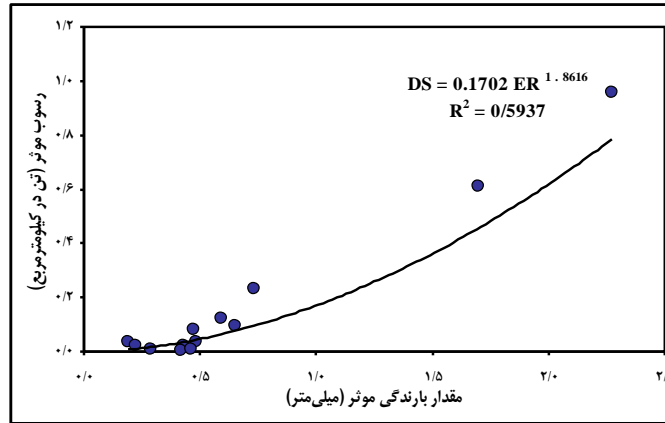
شکل ۲- نقشه توپوگرافی حوزه آبخیز گلاز (الف)، نقشه پراکنش کاربری اراضی و موقعیت خطوط هم‌زمان تمرکز (ب) نحوه توزیع کاربری‌ها در بخش‌های مختلف هیستوگرام زمان- مساحت حوزه آبخیز گلاز (ج)



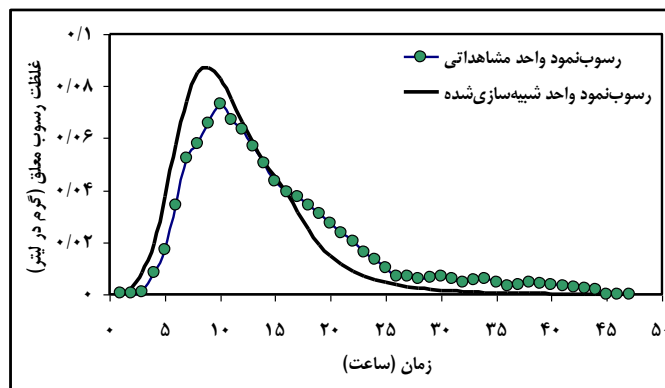
شکل ۳- ارتباط بین پارامتر روندیابی رسوب با حاصل‌ضرب شدت بارندگی موثر در بیشینه بارش موثر در حوزه آبخیز گلاز، آذربایجان غربی



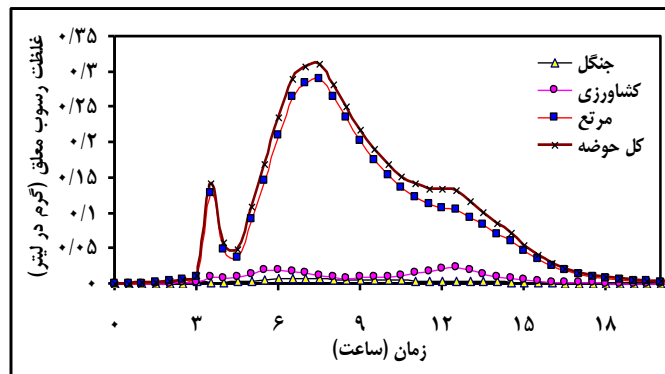
شکل ۴- منحنی توزیع بدون بعد غلظت رسوب در حوزه آبخیز گلاز، آذربایجان غربی



شکل ۵- ارتباط بین رسوب موثر و مقدار بارندگی موثر در حوزه آبخیز گلاز، آذربایجان غربی



شکل ۶- رسوب‌نمودهای واحد نیم‌ساعته مشاهداتی و شبیه‌سازی شده حوزه آبخیز گلاز



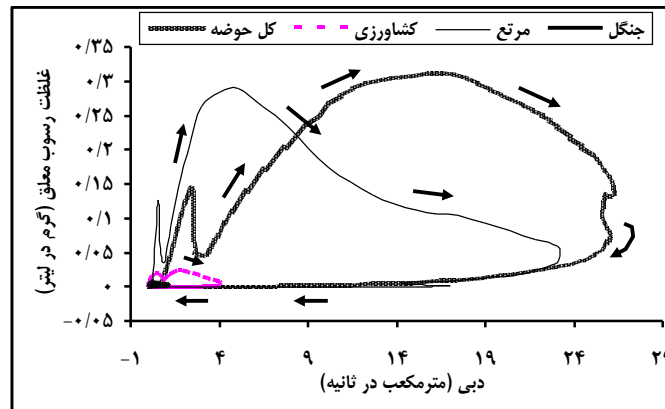
شکل ۷- رسوب‌نمودهای حاصل از بارش طرح به ازای کاربری‌های مختلف اراضی در حوزه آبخیز گلاز

از اطلاعات شکل ۷، می‌توان ویژگی‌های رسوب‌نمودهای حاصل از هر کاربری را مشاهده نمود، که در این خصوص دو مشخصه میزان مساحت و موقعیت کاربری اراضی تعیین‌کننده شکل رسوب‌نمود حاصل از هر کاربری بوده است. با توجه به میزان بیشتر مساحت کاربری مرتع، رسوب‌نمود حاصل از آن مقادیر غلظت رسوب بیشتری در مقایسه با کاربری کشاورزی و جنگل می‌باشد. حلقه‌های سنج رسوب

نتایج مقایسه رسوب‌نمودهای واحد نیم‌ساعته مشاهداتی و شبیه‌سازی شده حوزه آبخیز گلاز نشان می‌دهد که مدل زمان-مساحت از کارایی بالایی در شبیه‌سازی تغییرات زمانی غلظت رسوب معلق در طول رگبار برخوردار است (شکل ۶). نتایج به‌دست آمده در راستای تأیید صحت روش زمان-مساحت توسط Sadeghi و همکاران (۲۰۰۹b) به‌منظور برآورد رسوب‌نمود نیز مورد تأیید قرار گرفته است. با استفاده

نسبت داد، که این نتیجه با یافته‌های Sadeghi و همکاران (۲۰۰۸) و نیز Gellis (۲۰۱۳) مبنی بر تشکیل حلقه‌های رسوب ساعت‌گرد در اثر موجودیت رسوب و غلظت بالای رسوب در شاخه بالارونده آب‌نمود هم‌خوانی دارد. از طرفی ممکن است، تغییر و افزایش منابع تولید رسوب در اثر عملیات کشاورزی که هم‌زمان و یا قبل از رخدادهای پاییزه انجام می‌شود نیز یکی از دلایل تولید رسوب و در نتیجه تشکیل حلقه‌های سنجه ساعت‌گرد باشد.

هر یک از کاربری‌ها در شکل ۸، به تفکیک نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، الگوی حلقه‌های سنجه رسوب در همه کاربری‌ها ساعت‌گرد می‌باشد. دلیل این شرایط را می‌توان به غلظت بالای رسوب در شاخه صعودی آب‌نمود نسبت به شاخه نزولی در اثر وجود مواد فرسایش‌پذیر و در نتیجه حمل به وسیله شاخه صعودی آب‌نمود، تجمع رسوبات قابل حمل در کانال رودخانه در دوره‌هایی با دبی کم و یا تغییر منابع تولید رواناب و اثر ذوب برف



شکل ۸- حلقه‌های سنجه رسوب حاصل از هر یک از کاربری‌ها در حوزه آبخیز گلاز اشنویه

حلقه‌های سنجه را در اثر رفتار متفاوت هر یک از کاربری‌ها مشاهده نمود و نیز ارتباط میان سهم هر یک از کاربری‌ها در تولید رسوب را می‌توان در تفاوت اندازه حلقه‌ها جستجو نمود.

در این پژوهش ضمن تحلیل رفتار آب‌نمود و رسوب‌نمود مشاهداتی و شبیه‌سازی آبخیز گلاز اشنویه، هیستوگرام زمان-مساحت آبخیز گلاز به روش توزیعی-مکانی زمان پیمایش تهیه شد و آب‌نمود و رسوب‌نمود به کمک روش زمان-مساحت و مفهوم رسوب‌نمود واحد لحظه‌ای به ازای مساحت هر یک از کاربری‌ها شبیه‌سازی شد و حلقه‌های سنجه رسوب به ازای هر یک از کاربری‌ها به دست آمد. نتایج نشان داد که مقادیر غلظت رسوب معلق در رسوب‌نمود حاصل از هر یک از کاربری‌ها متفاوت بوده است. از طرفی، حلقه‌های سنجه رسوب هر یک از کاربری‌های اراضی دارای الگوی یکسانی بودند، اما تغییر شکل حلقه‌های سنجه در اثر رفتار متفاوت هر یک از کاربری‌ها مشاهده شد. در شکل ۸، همچنین، می‌توان تغییر

بر اساس نتایج پژوهش Morehead و همکاران (۲۰۰۳) وقوع حلقه‌های ساعت‌گرد به وجود لغزش در دامنه‌های اطراف آبراهه‌ها و فرسایش‌پذیری بستر آبراهه‌ها نیز نسبت داده شده است، اما بر اساس شرایط منطقه مورد مطالعه، ثبات دامنه و نیز بستر آبراهه‌ها، امکان تولید رسوب در اثر وقوع لغزش و فرسایش بستر آبراهه را محدود نموده است. از طرف دیگر، با مشاهده ویژگی‌های رسوب‌نمودهای مشاهداتی می‌توان گفت که تقریباً در اکثر رگبارها اوج رسوب‌نمود قبل از اوج آب‌نمود اتفاق افتاده است، که این امر را با محدودیت حمل رسوب در شاخه پایین‌رونده آب‌نمود در ارتباط بوده و نیز با یافته‌های Duvert و همکاران (۲۰۱۰) در تطابق است. بر اساس اطلاعات شکل ۸ اندازه حلقه سنجه کاربری مرتع از بقیه کاربری‌های بزرگ‌تر بوده است، در حالی که با توجه به میزان کم مساحت کاربری جنگل کم‌تراکم، اندازه حلقه سنجه حاصل از آن بسیار کوچک‌تر می‌باشد. در شکل ۸، همچنین، می‌توان تغییر شکل

با موقعیت و پراکنش کاربری اراضی در این پژوهش می‌تواند در تحلیل اثر تغییر میزان رواناب و رسوب در اثر فعالیت‌های تغییر کاربری اراضی و تغییر مولفه‌های سیمای سرزمین مورد استفاده قرار گیرد.

همچنین، نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های Yang و همکاران (۲۰۱۲) و Shi و همکاران (۲۰۱۳) در خصوص وجود ارتباط قوی میان الگوی پراکنش کاربری اراضی و فرایندهای فرسایش و تولید رسوب در یک راستاست. در این خصوص مقایسه مقادیر و میزان تغییرات رسوب‌نمود می‌تواند سهم تاثیر زمان و نوع فعالیت کاربری اراضی در وقوع فرسایش و تولید رسوب را مشخص نماید.

در مجموع می‌توان اذعان نمود که علاوه بر تغییرات مولفه‌های باران‌نمود و آب‌نمود، ترکیب، نوع و ویژگی‌های کاربری حوزه آبخیز نیز بر رفتار رسوب‌نمودها و نیز حلقه‌های سنجه تاثیرگذار است. انجام مطالعات بیشتر در خصوص سهم اثر هر یک از عوامل مذکور بر رفتار رسوبی حوزه‌های آبخیز از پیشنهاد‌های پژوهش حاضر است. همچنین، جستجوی اثر سایر عوامل ممکن، بر تغییرات رسوب‌نمود و حلقه‌های سنجه از مواردی است که نیازمند مطالعات بیشتری برای جمع‌بندی نهایی می‌باشد.

شکل حلقه‌های سنجه در اثر رفتار متفاوت هر یک از کاربری‌ها را مشاهده نمود و نیز ارتباط میان سهم هر یک از کاربری‌ها در تولید رسوب را می‌توان در تفاوت اندازه حلقه‌ها جستجو نمود. نتایج پژوهش حاضر، اظهارات Van Oost و همکاران (۲۰۰۰) و Rompaey و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر تفاوت فرایندهای هیدرولوژیک، حمل و تولید رسوب در کاربری‌های مختلف را تأیید می‌نماید.

تحلیل رسوب‌نمودها با توجه به موقعیت کاربری‌ها نشان می‌دهد که اراضی کشاورزی واقع در مجاورت آبخیز تاثیر خود در شاخه بالارونده رسوب‌نمود را نمایان می‌سازد. همچنین، وقوع اوج ثانویه به صورت موضعی در رسوب‌نمودهای آبخیز گلاز نشان می‌دهد که علی‌رغم فاصله زیاد اراضی کشاورزی واقع در بخش‌های بالادست آبخیز، موجودیت رسوب برای حمل را تامین می‌نماید (شکل ۸). نتایج تحلیل‌ها به وضوح نشان می‌دهد که موجودیت رسوب به شدت تحت کنترل کاربری اراضی و موقعیت آن‌هاست.

در پژوهش حاضر، روابط مورد استفاده بیشتر با استفاده از ویژگی‌های باران‌نمود استخراج می‌شوند که می‌تواند تاثیر تغییرپذیری زمانی روابط میان بارش، دبی و غلظت رسوب معلق را در نظر بگیرد. مطالعه هم‌زمان متغیرهای باران، رواناب و رسوب و ارتباط آن

منابع مورد استفاده

1. Ammukutty, A. and B.T. Nair. 2009. Rainfall runoff modeling using distributed unit hydrograph approach. 10th National Conference on Technological Trends (NCTT09) 6-7 Nov 2009, Trivandrum, Kerala, India. 105-109.
2. Ator, S.W. and M.J. Ferrari. 1997. Nitrate and selected pesticides in ground water of the Mid-Atlantic Region. US Geological Survey, Water Resources Investigation. Report 97-4139, Baltimore, Maryland, USA.
3. Bakker, M.M., G. Govers, A. Van Doorn, F. Quetier, D. Chouvardas and M. Rounsevell. 2008. The response of soil erosion and sediment export to land-use change in four areas of Europe: the importance of landscape pattern. *Geomorphology*, 98: 213-226.
4. Banasik, K. and D.E. Walling. 1996. Predicting sediment graph for a small agricultural catchment. *Nordic Hydrology*, 27(4): 275-394.
5. Banasik, K. and N. Pham. 2010. Modeling of the effects of land use changes on flood hydrograph in a small catchment of the Płaskowicka, southern part of Warsaw, Poland. *Land Reclamation*, 42(2): 229-240.
6. Bateni, F., S. Fagheran and A. Soffianian. 2013. Assessment of land cover changes and water quality changes in the Zayandehroud River Basin between 1997-2008. *Environmental Monitoring and Assessment*, DOI 10.1007/s10661-013-3348-3.
7. Chow, V.T., D.R. Maidment and L.W. Mays. 1988. *Applied hydrology*. New York, McGraw-Hill Book Company, 570 pages.
8. Das, G. 2000. *Hydrology and soil conservation engineering*. Prentice-Hall of India, New Delhi, 489 pages.

9. Duvert, C., N. Gratiot, O. Evrard, O. Navratil, J. Nemery, C. Prat and M. Esteves. 2010. Drivers of erosion and suspended sediment transport in three headwater catchments of the Mexican Central Highlands. *Geomorphology*, 123: 243–256.
10. Engman, E.T. 1986. Roughness coefficients for routing surface runoff. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 112(1): 39-53.
11. Gellis, A.C. 2013. Factors influencing storm-generated suspended-sediment concentrations and loads in four basins of contrasting land use, humid-tropical Puerto Rico. *Catena*, 104: 39–57.
12. Gholami, L., S.H.R. Sadeghi and A. Khaledi Darvishan. 2012. Storm-wise rating loops in Chehelgazi Watershed of Gheshlagh Dam. *Iranian Water Research Journal*, 6(10): 29-36 (in Persian).
13. Green, I.R.A. and D. Stephenson. 1986. Criteria for comparison of single event models. *Hydrological Sciences Journal*, 31: 395-411.
14. Hunukumbura, P.B., S.B. Weerakoon and S. Herathm. 2007. Development of a cell-based model to derive direct runoff hydrographs for ungauged mountainous basins. *Journal of Mountain Science*, 4(4): 309-320.
15. Jones, K.B., A.C. Neale, M.S. Nash, R.D. Van Remortel, J.D. Wickham, K.H. Riitters and R.V. O'Neill. 2001. Predicting nutrient and sediment loadings to streams from landscape metrics: a multiple watershed study from the United States Mid-Atlantic Region. *Landscape Ecology*, 16: 301-312.
16. Kilgore, J.K. 1997. Development and evaluation of a GIS-based spatially distributed unit hydrograph model. MSc Thesis in Biological Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University. 118 pages.
17. Lana-Renault, N., D. Regues, E. Nadal-Romero, M.P. Serrano-Muela and J.M. Garcia-Ruiz. 2010. Streamflow response and sediment yield after farmland abandonment: results from a small experimental catchment in the central Spanish Pyrenees. *Pirineos. Revista de Ecología de Montana*, 165: 97–114.
18. Lee, S.W., S.J. Hwang, S.B. Lee, H.S. Hwang and H.C. Sung. 2009. Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. *Landscape and Urban Planning*, 92: 80-89.
19. Lin, Y.P., P.H. Verburg, C.H.R. Chang, H.Y. Chen and M.H. Chen. 2009. Developing and comparing optimal and empirical land-use models for the development of an urbanized watershed forest in Taiwan. *Landscape and Urban Planning*, 92: 242–254.
20. Mahdavi, M. 2005. Applied hydrology. Tehran University Press. 380 pages.
21. Morehead, M.D., J.P. Syvitski, E.W.H. Hutton and S.D. Peckham. 2003. Modeling the temporal variability in the flux of sediment from ungauged river basins. *Global and Planetary Change*, 39: 95–110.
22. Moriasi, D.N., J.G. Arnold, M.W. Van Liew, R.L. Bingner, R.D. Harmel and T.L. Veith. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 50(3): 885–900.
23. Mostafazadeh, R., A. Bahremand and A. Sadoddin. 2010. Simulating the direct runoff hydrograph using Clark instantaneous unit hydrograph, case study: Jafar-Abad watershed, Golestan Province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 16(3): 105-122 (in Persian).
24. O'Neill, R.V., C.T. Hunsaker, K.B. Jones, K.H. Riitters, J.D. Wickham, P. Schwarz, I.A. Goodman, B. Jackson and W.S. Baillargeon. 1997. Monitoring environmental quality at the landscape scale. *BioScience*, 47: 513–520.
25. Paul, J.F., R.L. Comeleo and J. Copeland. 2002. Landscape metrics and estuarine sediment contamination in the mid-Atlantic and southern New England regions. *Journal of Environmental Quality*, 31(3): 836-345.
26. Phillips, D.L., D. White and B. Johnson. 1993. Implications of climate change scenarios for soil erosion potential in the USA. *Land Degradation and Development*, 4: 61-72.
27. Sadeghi, S.H.R. 2005. Sediment graphs, importance and development. 10th International Symposium on the Interactions Between Sediment and Water, Aug 28–Sep. 2, Lake Bled, Slovenia. 324 pages.
28. Sadeghi, S.H.R., T. Mizuyama, S. Miyata, T. Gomi, K. Kosugi, T. Fukushima, S. Mizugaki and Y. Onda. 2008. Determinant factors of sediment graphs and rating loops in a reforested watershed. *Journal of Hydrology*, 356: 271–282.
29. Sadeghi, S.H.R and J.K. Singh. 2005. Development of a synthetic sedimentgraph using hydrological data. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 7: 69–77.
30. Sadeghi, S.H.R., H. Noor, S. Fazli and M.B. Raeisi. 2011. Storm-wise sediment yield prediction using rainfall and runoff variables at Educational and Research Watershed of Tarbiat Modares University. *Water and Soil Science*, 21(2): 149-158 (in Persian).

31. Sadeghi, S.H.R., Kh. Jalili and D. Nikkami. 2009a. Land use optimization in watershed scale. *Land Use Policy*, 26: 186-193.
32. Sadeghi, S.H.R., T. Mizuyama., J.K. Singh and B. Tofghi. 2009b. Applicability of instantaneous unit sedimentgraph model in an Iranian large watershed. *International Journal of Ecology Economy and Statistics*, 13(9): 30-45.
33. Saeidi, P. and S.H.R. Sadeghi. 2010. Analysis of observed sedimentgraphs and rating loops on storm basis in Educational Watershed of Tarbiat Modares University, Iran. *Journal of Water and Soil Conservation*, 17(1): 97-112 (in Persian).
34. Shi, Z.H., L. Ai, X. Li, X.D. Huang, G.L. Wu and W. Liao. 2013. Partial least-squares regression for linking land-cover patterns to soil erosion and sediment yield in watersheds. *Journal of Hydrology*, 498: 165-176.
35. Singh, V.P. 1988. *Hydrologic systems. Rainfall-Runoff Modeling*. Prentice Hall, 480 pages.
36. Thanapakawin, P., J. Richey, D. Thomas, S. Rodda, B. Campbell and S. Logsdon. 2007. Effects of landuse change on the hydrologic regime of the Mae Chaem river basin, NW Thailand. *Journal of Hydrology*, 334(1-2): 215-230.
37. Usul, N. and M. Yilmaz. 2002. Estimation of instantaneous unit hydrograph with Clark's technique in GIS. 22th International of ESRI User Conference, ESRI on-line, San Diego, 21 pages.
38. Van Oost, K., G. Govers and P.J.J. Desmet. 2000. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape Ecology*, 15: 579-591.
39. Van Rompaey, A., J. Krasa and T. Dostal. 2007. Modeling the impact of land cover changes in the Czech Republic on sediment delivery. *Land Use Policy*, 24: 576-583.
40. Walling, D.E., A.L. Collins, H.M. Sickingabula and G.J.L. Leeks. 2001. Integrated assessment of catchment suspended sediment budgets: A Zambian Example. *Land Degradation and Development*, 12: 387-415.
41. Williams, J.R. 1978. A sediment graph model based on an instantaneous unit sediment graph. *Water Resources Research*, 14(4): 659-664.
42. Yang, M., X. Li, Y. Hu and X. He. 2012. Assessing effects of landscape pattern on sediment yield using sediment delivery distributed model and a landscape indicator. *Ecological Indicators*, 22: 38-52.
43. Yeo, I.Y. and J.M. Guldmann. 2010. Global spatial optimization with hydrological systems simulation: application to land-use allocation and peak runoff minimization. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14: 325-338.
44. Zhao, W.W., B.J. Fu, Q.H. Meng, Q.J. Zhang and Y.H. Zhang. 2004. Effects of land-use pattern change on rainfall-runoff and runoff-sediment relations: a case study in Zichang watershed of the Loess Plateau of China. *Journal of Environmental Science*, 16(3): 436-42.

Response of Sedimentgraphs and Sediment Rating Loops to Land Use Type and Spatial Pattern

Seyed Hamidreza Sadeghi^{*1}, Raof Mostafazadeh² and Amir Sadoddin³

¹ Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran, ² Ph.D Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran, Now, Assistant Professort, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran and

³ Associate Professor, Faculty of Range Land and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Received: 08 December 2013

Accepted: 12 February 2014

Abstract

Assessment of suspended sedimentgraph (SG) and rating loops are important tools for analyzing the behavior of watersheds and successful implementation of watershed management measures in reducing sediment. However, the development and analysis of SGs and rating loops and influencing factors need more attention in watershed-scale. Therefore, the present study aimed to conduct the analysis of 13 observed and simulated sedimentgraphs (SGs) during October 2011 and November 2012, in Galaz-Chai Watershed with an area of 103km² located in West-Azarbaijan Province, Iran. Towards this attempt, the SG of observed events was derived using instantaneous unit sediment graph (IUSG) concept, and the effects of different land uses were investigated. Also, the variation and patterns of the simulated sedimentgraphs (SGs) and rating loops were plotted and interpreted with the respective land use types. Based on the results, an early peak occurred in SGs with respect to the observed hydrograph peak rates and consequently had clock-wise pattern. Increase in falling limb of hydrograph could be attributed to the participation of sediment production from agricultural land in watershed upstream. The model predicted SGs with good accuracy according to the Nash-Sutcliffe criterion (70%). Analysis of results indicated that the type and distribution pattern of different land uses had significant effect on the shape of SGs and sediment rating loops.

Key words: Land use spatial pattern, Sediment availability, Sediment yield, Spatial location of land use, Temporal variation of suspended sediment load

* Corresponding author: sadeghi@modares.ac.ir