



دانشگاه گوارن و منابع طبیعی گیلان

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره پنجم، ۱۳۹۳
<http://jwsc.gau.ac.ir>

تحلیل رسوب‌نمود و حلقه‌های سنجه رسوب رگبار در حوزه آبخیز گلزار اشنویه، آذربایجان غربی

رئوف مصطفی‌زاده^۱، * سیدحمیدرضا صادقی^۲ و امیر سعالدین^۳

^۱ دانش‌آموخته دکتری گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، نور، استاد گروه مهندسی آبخیزداری،
دانشگاه تربیت مدرس، نور، ^۲ دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۶

چکیده

بررسی تغییرات زمانی رسوبات معلق در قالب رسوب‌نمودها یک ابزار مهم در تحلیل رفتار رسوبی حوزه‌های آبخیز و طبعاً موفقیت پروژه‌های آبخیزداری محسوب می‌شود. بر همین اساس، این پژوهش با هدف تحلیل رسوب‌نمود و حلقه‌های سنجه مشاهداتی در حوزه آبخیز رودخانه گلزار اشنویه در استان آذربایجان غربی با مساحت ۱۰۳ کیلومتر مربع انجام پذیرفت. به این منظور، مقادیر رسوب معلق و دبی جریان ۱۳ رگبار از پاییز ۱۳۹۰ تا پاییز ۱۳۹۱ با فاصله زمانی یک ساعت تهیه و سپس رسوب‌نمود و حلقه‌های سنجه رسوب آن‌ها تحلیل شد. نتایج نشان داد که در ۷ مورد از حلقه‌های رسوبی به‌واسطه وقوع زود هنگام اوج رسوب نسبت به روان‌آب (۴-۵/۰ ساعت)، ساعت‌گرد بوده ولی سایر حلقه‌ها دارای الگوهای مختلف بود. براساس نتایج، الگوی غالب ساعت‌گرد حلقه‌های سنجه رسوب، به دلیل مشارکت دامنه‌های پرشیب مجاور آبراهه اصلی آبخیز بوده است. همچنین الگوی هشت‌شکل و مرکب در تعدادی از سنجه‌های رسوب مشاهده شد که به افزایش غلظت رسوب در شاخه پایین‌رونده رسوب‌نمود و تلاقی منحنی رسوب‌نمود با آب‌نمود در اثر مشارکت تولید رسوب از کاربری‌های کشاورزی دیم پس از کشت پاییزه در دامنه‌های بالادست آبخیز نسبت داده شد. همچنین مشخص شد که ۴ مورد از رگبارهای مطالعاتی به‌صورت متوالی اتفاق افتاده‌اند که مقادیر وزن کل رسوب معلق

* مسئول مکاتبه: sadeghi@modares.ac.ir

حمل شده در رگبار اول آن‌ها به ترتیب ۱/۵، ۳/۹، ۱۰/۲ و ۴/۶ برابر رگبار دوم بود. براساس نتایج، رسوب نمود بیش‌تر رگبارها دارای یک اوج ثانویه بود که بر وجود منابع رسوبی و مشارکت تولید رسوب از اراضی کشاورزی در بالادست حوزه آبخیز مورد مطالعه دلالت داشت.

واژه‌های کلیدی: تغییرات زمانی رسوب معلق، تولید رسوب، رابطه دبی- رسوب، کاربری اراضی، موجودیت رسوب

مقدمه

بار رسوب معلق دارای تغییرات زمانی و مکانی در مقیاس رگبار است و با تغییرپذیری محتوی رسوب معلق از تغییرات جریان، حجم عظیمی از رسوبات در طی سیلاب‌های منفرد منتقل می‌شود. بنابراین، با وجود دشواری و هزینه نمونه‌برداری منظم و مکرر دبی و رسوب در مقیاس رگبار (وقایع سیلابی)، جمع‌آوری این داده‌ها و استفاده از آن برای تخمین بار رسوب سالانه به سبب دقت بیش‌تر ضروری است (صادقی و سینگ، ۲۰۰۵). اندازه‌گیری دقیق رسوب، انگشت‌نگاری و تفسیر مکانی منابع تولید رسوب، اطلاعات لازم برای شناسایی و تحلیل منابع عمده فرسایش، کمی کردن روابط هیدرولوژی و رسوب در مناطق بدون ایستگاه، بررسی تأثیر تغییرات فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی را فراهم می‌آورد (صادقی، ۲۰۰۵؛ ده‌ابین و همکاران، ۲۰۱۲؛ گلیس، ۲۰۱۳). نتایج پژوهش‌های متعدد در خصوص مطالعه الگوی تغییرات رسوب معلق در طول وقایع سیلاب در شرایط مختلف بیانگر تغییرات شدید رابطه بین دبی و غلظت رسوب معلق تحت تأثیر عوامل متعدد می‌باشد. رسوب‌نمودها^۱ بیانگر توزیع زمانی رسوب معلق یا تغییرات غلظت رسوب در طول وقایع سیلاب (صادقی و سینگ، ۲۰۰۵) بوده و در تخمین مناسب کل بار رسوبی، کاهش گل‌آلودگی آب، طراحی مؤثر سازه‌های کنترل رسوب و مخازن و تفسیر رفتار هیدرولوژیکی و رسوبی در زمان‌های مختلف کاربرد دارد (کوتیاری و همکاران، ۱۹۹۶؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۸). گاهی از آنجایی که انتقال بار رسوب در طی چند سیلاب شدید در طول سال، قابل توجه است (سن، ۲۰۰۸)، بار رسوب سالانه می‌تواند با استفاده از رسوبات معلق اندازه‌گیری شده در طول سیلاب‌ها پیش‌بینی شود. همچنین حلقه‌های سنجه^۲ نیز مبتنی بر ارتباط دقیق و تغییرپذیری درون و بین رگباری وقایع مورد بررسی بوده

1- Sedimentgraphs

2- Rating Loops

و ابزاری مناسب برای درک نقش کنترل‌کنندگی دبی در تولید رسوب محسوب می‌شود (صادقی و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به این‌که شکل رسوب‌نمودها و حلقه‌های سنجه به‌وسیله عوامل متعددی کنترل می‌شود، آگاهی از توزیع رسوب در طول سیل‌ها، بررسی تغییرات زمانی و مکانی و تحلیل جداگانه رسوب‌نمودها و آب‌نمودها طی وقایع منفرد منجر به افزایش دقت مطالعات رسوب می‌شود (سعیدی و صادقی، ۲۰۱۰؛ گلیس، ۲۰۱۳). بسیاری از نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های انجام شده در زمینه رسوب‌نمودها دلالت بر تغییر در زمان وقوع اوج آب‌نمود، رسوب‌نمود و نیز عوامل مؤثر بر تغییرات رسوب‌نمودها داشته‌اند (رندن‌هررو، ۱۹۷۸؛ بناسیک، ۱۹۹۵؛ روویرا و باتالا، ۲۰۰۶؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۸a؛ لانا-رنول و همکاران ۲۰۱۰؛ گلیس، ۲۰۱۳).

حلقه‌های سنجه رسوب براساس ارتباط غلظت رسوب با مقدار دبی شامل حالت خطی تک‌ارزشی^۱، ساعت‌گرد^۲، پادساعت‌گرد^۳، حالت خط-حلقه^۴ و هشت‌شکل^۵ طبقه‌بندی می‌شوند (ویلیامز، ۱۹۸۹). در این راستا، روویرا و باتالا (۲۰۰۶) با هدف بررسی روابط آب‌نمود و رسوب‌نمود رودخانه توردر^۶ در کشور اسپانیا، فراوانی حلقه‌های سنجه ساعت‌گرد در منطقه نام‌برده را به وقوع رگبارهای متوالی و کاهش مواد قابل حمل در حوزه آبخیز نسبت دادند. پژوهش لانا-رنول و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تغییرپذیری زمانی روابط میان بارش، دبی و غلظت رسوب معلق و عوامل مؤثر بر غلظت رسوب معلق در یک حوزه آبخیز مدیترانه‌ای کوچک در اسپانیا نشان داد که تغییرپذیری زمانی روابط نشان‌دهنده پاسخ سریع هیدرولوژیکی و رسوبی آبخیز بوده و تطابق زمانی خوبی بین شکل آب‌نمود و رسوب‌نمود وجود داشت. عوامل مؤثر در تبیین روابط بین رسوب‌نمودها و آب‌نمودها و حلقه‌های سنجه برای رگبارهای به‌وقوع پیوسته در حوزه آبخیز جنگلی میه^۷ در ژاپن توسط صادقی و همکاران (۲۰۰۸a) مورد مطالعه قرار گرفت. براساس نتایج ایشان، حلقه‌های سنجه مشاهداتی از نوع ساعت‌گرد بوده و مقدار غلظت رسوب معلق در شاخه بالارونده آب‌نمود بیش از مقدار آن برای شاخه پایین‌رونده بود. در مطالعه نام‌برده، نقش تخلیه رسوب و مشارکت جریان زیر قشری در کاهش در غلظت رسوب معلق در شاخه پایین‌رونده مورد تأکید قرار گرفت. هامفریس و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه اثر آب‌نمود بر دینامیک رسوب با تأکید

- 1- Single-Valued Line
- 2- Clockwise
- 3- Anti-Clockwise
- 4- Single Line Plus a Loop
- 5- Figure Eight
- 6- Tordera
- 7- Mie

بر بستر رودخانه دریافتند که الگوی ساعت‌گردی ناشی از توسعه منشأهای نقطه‌ای در بستر رودخانه و تأثیر آن‌ها در شاخه بالارونده آب‌نمود بوده است. دسموند (۲۰۰۹) واکنش رسوب در برابر رگبارهای حاره‌ای در مناطق مسکونی کشور سنگاپور را مورد ارزیابی قرار داد و نتیجه گرفت که وجود رگبارهایی با شدت متغیر، فعالیت‌های ساخت و ساز و اراضی بایر و کم‌پوشش باعث تولید حلقه‌های سنجه با الگوی هشت‌شکل، هشت‌شکل ساعت‌گرد و مرکب شده است. استوک و تربیل (۲۰۱۰) در مطالعه فرسایش و حمل رسوب دو آبخیز در جزایر هاوایی بیان نمودند که شکل ساعت‌گردی حلقه‌های رسوب نشانگر در دسترس بودن رسوبات ریزدانه و حمل آن توسط روان‌آب بوده است. دور و همکاران (۲۰۱۰) عوامل مؤثر بر فرسایش و رسوب در سه آبخیز کوچک کشور مکزیک را مورد مطالعه قرار دادند. در پژوهش ایشان مشخص شد که تشکیل الگوی ساعت‌گرد حلقه‌های سنجه و تغییرات رفتاری آن در اثر تغییر شرایط فصل‌های مختلف و محدودیت رسوب در شاخه پایین‌رونده آب‌نمود بوده است. گلیس (۲۰۱۳) با بررسی عوامل مؤثر بر غلظت رسوب رگبار در چهار آبخیز در شمال‌شرق دریای کارائیب با کاربری‌های متفاوت، نتیجه گرفت که حلقه‌های رسوب در اراضی کشاورزی به‌واسطه موجودیت رسوب در دسترس و غلظت بالای رسوب در شاخه بالارونده آب‌نمود، دارای الگوی ساعت‌گرد می‌باشند. آهانگر و همکاران (۲۰۱۳) با هدف مطالعه اثر ساعت‌گردی بر حلقه‌های سنجه رسوب، از روش رگرسیون استفاده نمودند و معادله‌هایی برای شاخه بالارونده و پایین‌رونده آب‌نمود ارائه نمودند و تطابق مناسب نتایج را گزارش نمودند. در ایران نیز صادقی (۲۰۰۴) با استفاده از مفهوم رگرسیون، معادله‌های سنجه رسوب در شاخه‌های بالارونده و پایین‌رونده آب‌نمود در حوزه آبخیز امامه و زرین‌درخت را تهیه نمود. تلوری و همکاران (۲۰۰۷) تغییرات زمانی رسوب‌نمودهای مشاهده‌ای در حوزه آبخیز گاران در استان کردستان با استفاده از رگرسیون خطی را مدل‌سازی نمودند. همچنین حلقه‌های سنجه رسوب رگبار در حوزه آبخیز چهل‌گری استان کردستان توسط صادقی و همکاران (۲۰۰۸b) مورد مطالعه قرار گرفت. براساس نتایج ایشان، پیروی حلقه‌های سنجه رسوب از شکل آب‌نمود، بر وقوع اوج رسوب‌نمود با تاخیر زمانی قابل ملاحظه، بعد از اوج آب‌نمود و وجود منبع تولید رسوب در بالادست آبخیز دلالت داشته است. سعیدی و صادقی (۲۰۱۰) با تحلیل جداگانه رسوب‌نمودها و آب‌نمودهای مربوط به رگبارهای به‌وقوع پیوسته آبخیز کجور استان مازندران، حلقه‌های سنجه ساعت‌گرد را شناسایی نمودند و بر رفتار متفاوت آبخیز در شرایط برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه و نیز مناطق تحت پوشش رگبارهای متفاوت و شرایط پیچیده آبخیز مورد مطالعه تأکید نموده‌اند. غلامی

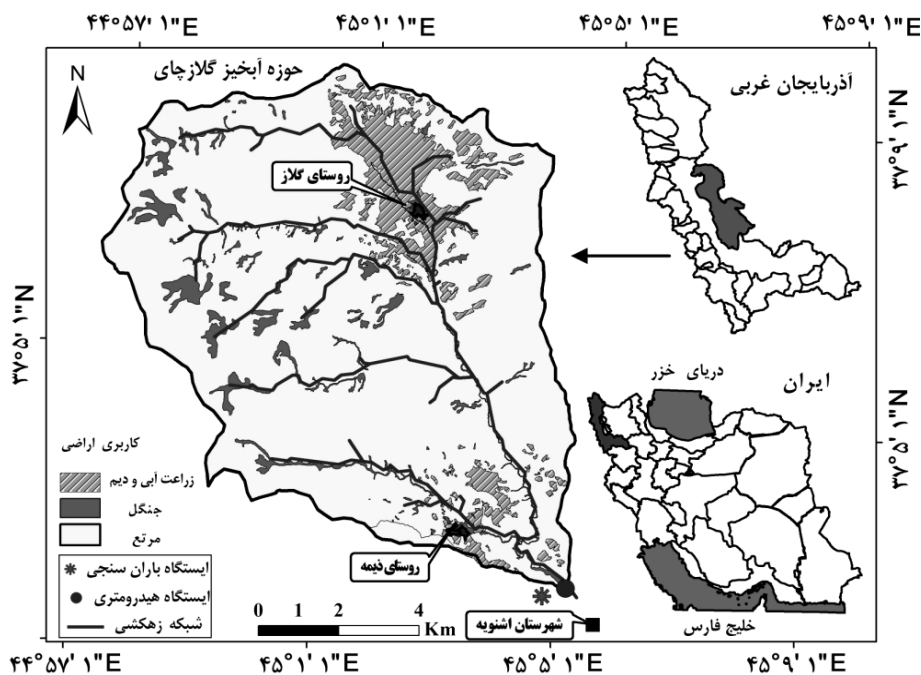
و همکاران (۲۰۱۲) با تحلیل حلقه‌های سنجه رسوب رگبار ۱۱ رگبار در آبخیز چهل‌گری سد قشلاق دریافتند که حلقه‌های سنجه رسوب به دلیل وجود منبع تولید رسوب در بالادست آبخیز از الگوی پادساعت‌گرد پیروی کرده‌اند. همچنین با توجه به تغییرات زمانی و مکانی رسوب در مقیاس رگبار، پژوهش‌های متعددی در ارتباط با درک تغییرات رسوب معلق در طول وقایع سیلابی توسط پژوهشگران (والینگ و وب، ۱۹۸۲؛ ویلیامز، ۱۹۸۹؛ بناسیک و والینگ، ۱۹۹۶؛ میورا و همکاران، ۲۰۰۲؛ گمی و همکاران، ۲۰۰۵؛ نادال - رومرو، ۲۰۰۸؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۸a) انجام شده است.

بررسی سوابق پژوهش موجود نشان می‌دهد که با وجود مطالعه رفتار و تغییرات سنجه‌های رسوب در شرایط مختلف، درک دینامیک رسوبات معلق در حوزه‌های آبخیز نیازمند مطالعات بیش‌تر و منطقه‌ای است. بر همین اساس این پژوهش با هدف تحلیل حلقه‌های سنجه رسوب مشاهداتی در طی وقایع ثبت شده در آبخیز رودخانه گلاز شهرستان اشنویه از نظر وجود آمار باران‌نگاری و هیدرومتری و شیب زیاد و در نتیجه و واکنش سریع هیدرولوژیک برنامه‌ریزی شده است.

مواد و روش‌ها

مشخصات کلی منطقه مورد مطالعه: آبخیز گلاز از زیرحوزه‌های رودخانه گدار، در استان آذربایجان غربی با مساحت ۱۰۳ کیلومترمربع، در بالادست شهرستان اشنویه در محدوده ۴۴ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۹ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. آبخیز نام‌برده به سبب تجهیز به ایستگاه‌های باران‌نگاری و هیدرومتری (اشل) و نیز دسترسی ساده و داده‌برداری مطمئن و نیز پاسخ سریع هیدرولوژیک برای انجام این پژوهش انتخاب شد. با توجه به پیچیدگی رفتار رسوب در آبخیزهایی با مساحت زیاد و طبعاً شرایط ناهمگن از نظر تنوع کاربری اراضی، توپوگرافی و دخالت‌های انسانی، مساحت منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، مناسب برای تحلیل رفتار رسوبی آبخیز تشخیص داده شد. شیب متوسط ۳۲ درصد، ارتفاع متوسط ۲۳۹۰ متر از سطح دریا و طول رودخانه اصلی ۱۹/۳ کیلومتر و زمان تمرکز آن حدود ۲/۱ ساعت می‌باشد. ضریب گراولیوس و ضریب شکل هورتون آبخیز به ترتیب ۱/۳ و ۰/۹۲ است. حداقل و حداکثر ارتفاع حوزه برابر ۱۴۸۰ و ۳۳۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. میانگین بارندگی و درجه حرارت سالانه آبخیز گلاز به ترتیب برابر ۴۸۲ میلی‌متر و ۱۱/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (مهندسین مشاور آب‌بانان آذردهشت، ۲۰۱۰). براساس آمار متوسط درجه حرارت منطقه، پراکنش تعداد روزهای یخبندان از اواخر آذر تا

اوایل فروردین ماه می‌باشد. اقلیم منطقه براساس روش دومارتن و آمبرژه به ترتیب نیمه‌خشک و نیمه‌خشک سرد است. منطقه مورد مطالعه واقع در زون اشنویه- مهاباد، به‌طور عموم از تشکیلات مربوط به دوران اول و دوم تشکیل شده و سنگ‌های دگرگونی و نهشته‌های پالئوزوئیک به‌همراه سنگ‌های آتشفشانی رخنمون فراوانی دارند. پوشش گیاهی غالب منطقه مرتعی بوده و از نوع مراتع بیلاقی است. در بعضی از دامنه‌ها آثاری از جنگل‌های زاگرس در مناطق پرشیب، شامل درختان زالزالک، بادام وحشی، گلابی وحشی و سیاه‌تلو به‌صورت توده‌هایی از درختان باقی‌مانده 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. شکل ۱ موقعیت منطقه در کشور و استان آذربایجان غربی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت آبخیز رودخانه گلزار در کشور و استان آذربایجان غربی.

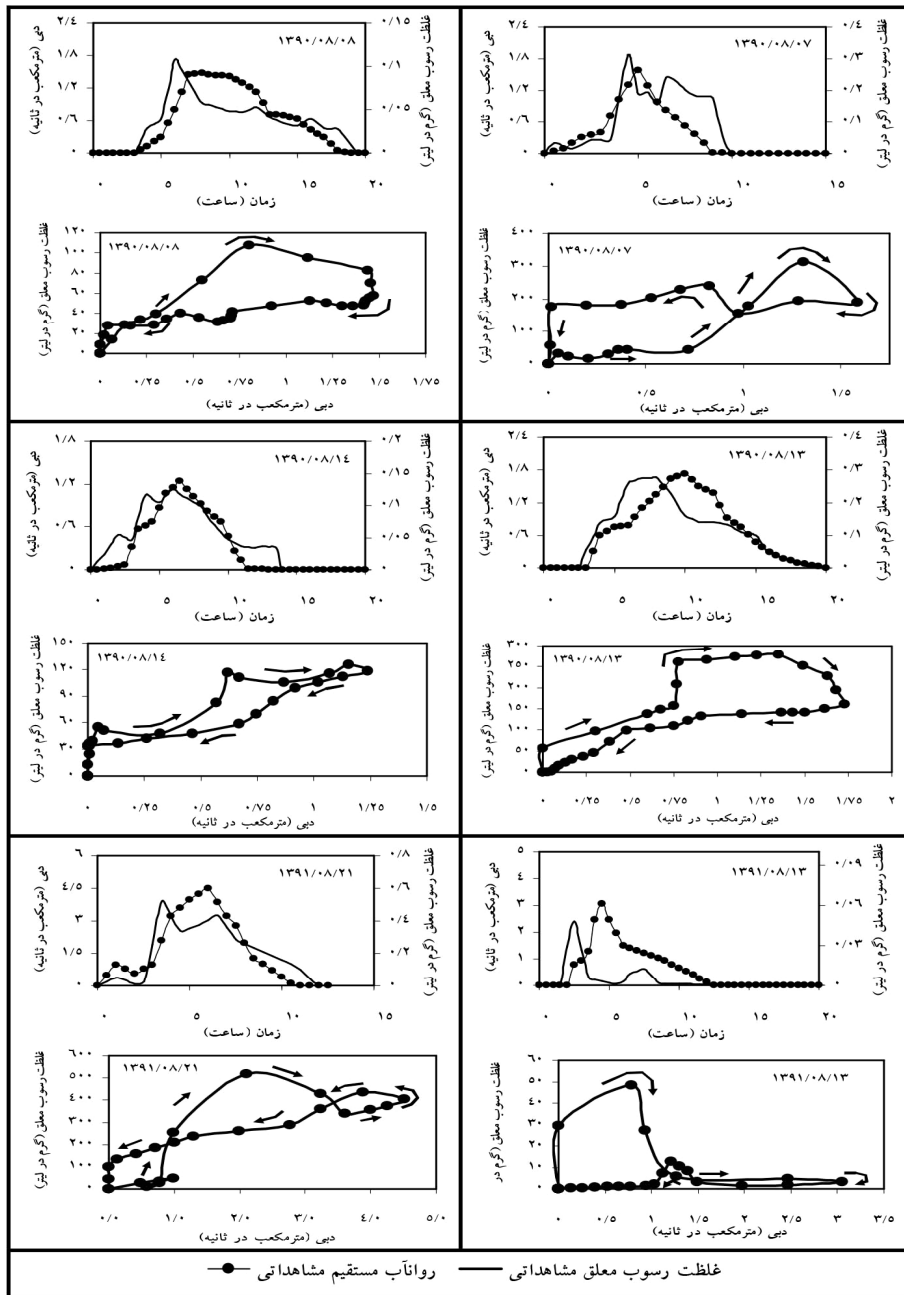
به‌منظور انجام پژوهش و دست‌یابی به آب‌نمود و رسوب‌نمودهای اتفاق افتاده طی دوره مطالعه ابتدا، نمونه‌برداری رسوب معلق در مقیاس رگبار با فواصل زمانی یک ساعت طی آبان‌ماه ۱۳۹۰ تا آذرماه ۱۳۹۱ به‌وسیله ظروف پلاستیکی ۲ لیتری به‌دلیل افزایش دقت نمونه‌برداری و اطمینان از برداشت تمامی ستون آب و به‌روش انتگراسیون عمقی (مهدوی، ۲۰۰۲؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۹؛ سعیدی و صادقی، ۲۰۱۰) صورت گرفت. همه نمونه‌برداری‌ها پس از وقوع بارش در منطقه و اطمینان از وقوع سیلاب و در دامنه ساعات روشن شبانه‌روز انجام گرفت. نمونه‌های محتوی آب و رسوب بعد از برداشت به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اندازه‌گیری غلظت رسوب معلق از روش برجاگذاری و تخلیه آب (والینگ و همکاران، ۲۰۰۱؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۸b) استفاده شد. در این روش ۱ لیتر نمونه آب و رسوب به‌مدت 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 و در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شد (صادقی و همکاران، ۲۰۰۶؛ سعیدی و صادقی، ۲۰۱۰). با توزین نمونه‌های فویل همراه رسوب و کسر نمودن وزن فویل‌های اولیه، وزن رسوب نمونه بر حسب گرم در لیتر محاسبه شد. سپس با رسم اعداد دبی روان‌آب و رسوب در برابر زمان، آب‌نمود و رسوب‌نمود هر رگبار رسم شد و مقادیر مؤلفه‌های اصلی (مقدار کل، اوج، زمان پایه و زمان تا اوج) مورد تحلیل قرار گرفتند. به‌منظور تحلیل رسوب‌نمودها و حلقه‌های سنجه رسوب مطالعاتی اطلاعات قابل تهیه استخراج شد. آمار و اطلاعات دبی و بارش ساعتی حوزه آبخیز گلاز از آرشیو شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان‌غربی اخذ شد. همچنین منحنی‌های دبی - اشل رودخانه گلاز در طول دوره نمونه‌برداری در ایستگاه اخذ شد. در ادامه مقادیر دبی متناظر غلظت‌های رسوب در زمان‌های مختلف محاسبه و روی محور مختصات مربوط به رسوب‌نمودها ترسیم شد. حلقه‌های سنجه رسوبی نیز از ترسیم مقادیر غلظت رسوب و دبی روی محور مختصات (صادقی و همکاران، ۲۰۰۸b؛ غلامی و همکاران، ۲۰۱۲) حاصل و بررسی‌های لازم در رابطه با روند حرکت و تغییرات آن‌ها از ابتدا تا انتهای رگبار انجام پذیرفت. در نهایت تلاش لازم در رابطه با تکمیل عوامل مورد تفسیر و الگوی رفتاری آب‌نمودها، رسوب‌نمودها و در تعامل با حلقه‌های سنجه رسوب و لحاظ حداکثری عوامل تغییرپذیر طی رگبارهای مطالعاتی صورت گرفت.

نتایج و بحث

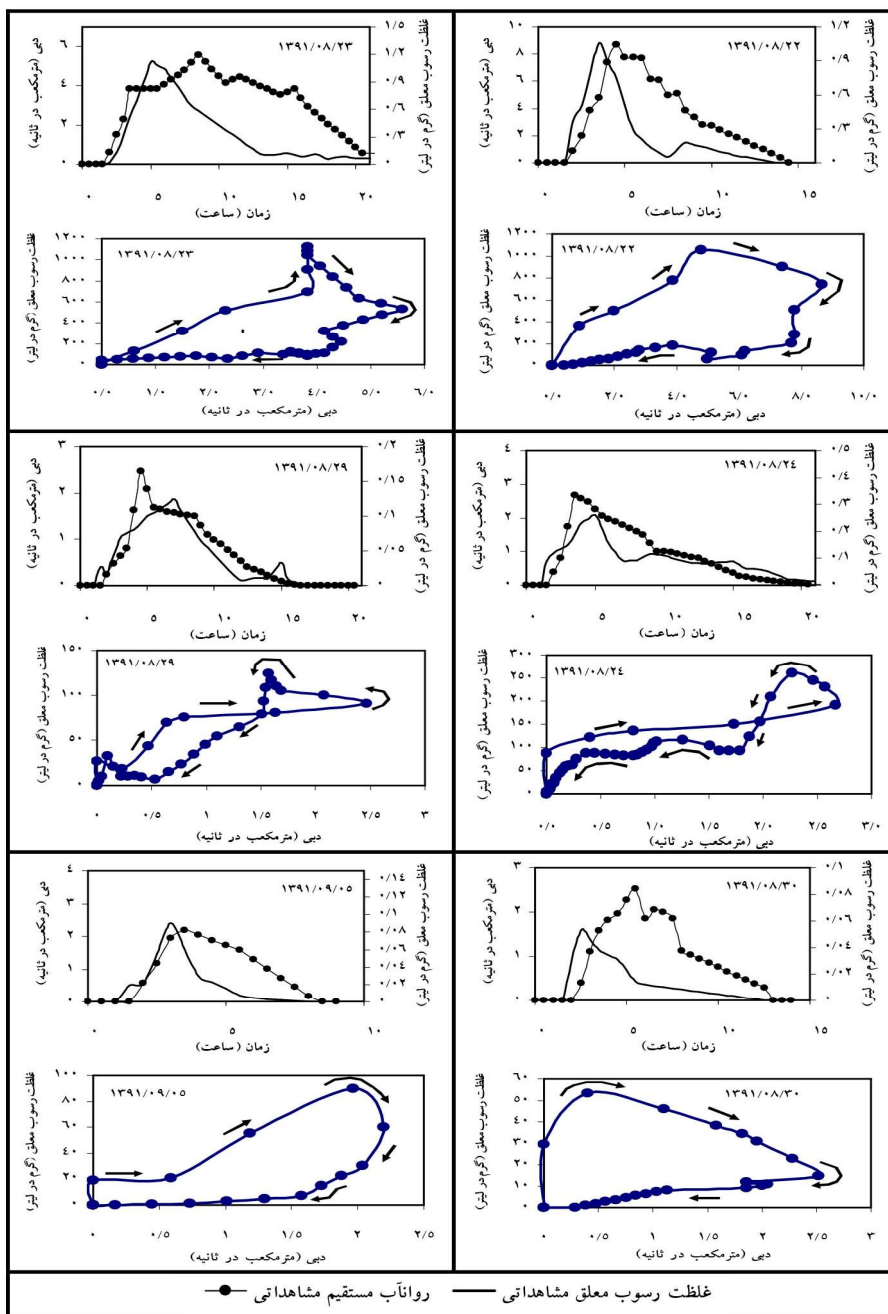
مشخصات رگبارهای مورد تحلیل برای تحلیل حلقه‌های سنجه رسوب طی دوره مطالعاتی (پاییز ۱۳۹۰ تا پاییز ۱۳۹۱) در آبخیز گلاز و همچنین مشخصات آب‌نمود و رسوب‌نمودهای مشاهداتی در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین در شکل ۲ حلقه‌های سنجه رسوب به‌دست آمده از نمونه‌برداری و تحلیل‌های مربوطه ارایه شده است.

جدول ۱- مشخصات باران‌نمود، آب‌نمود و رسوب‌نمودهای مشاهداتی آبخیز گلاز اشنویه.

ردیف	تاریخ وقوع رگبار	مدت بارش (ساعت)	مقدار بارش (میلی‌متر)	دبی اوج (مترمکعب در ثانیه)	آب‌نمود		رسوب‌نمود		وزن کل رسوب معلق (تن)
					زمان تا اوج (ساعت)	حجم روان‌آب (مترمکعب)	غلظت اوج (میلی‌گرم در لیتر)	زمان تا اوج (ساعت)	
۱	۱۳۹۰/۰۸/۰۷	۳/۰	۲/۴۲	۱/۵۹	۵/۰۰	۱۹۷۱۴/۰	۳۱۳/۰	۴/۵	۳/۶
۲	۱۳۹۰/۰۸/۰۸	۸/۰	۱۳/۲۲	۱/۴۷	۸/۰۰	۴۳۹۹۲/۰	۱۰۷/۲	۶/۰۰	۲/۴
۳	۱۳۹۰/۰۸/۱۳	۴/۵	۱۳/۶۰	۱/۷۳	۱۰/۰۰	۴۸۷۸۰/۰	۲۷۸/۳	۸/۰	۸/۶
۴	۱۳۹۰/۰۸/۱۴	۳/۰	۴/۶۲	۱/۲۴	۶/۵۰	۲۳۱۴۸/۰	۱۲۵/۱	۶/۰۰	۲/۲
۵	۱۳۹۱/۰۸/۱۳	۲/۰	۸/۲۵	۳/۰۶	۴/۵۰	۴۳۵۰۶/۲	۴۸/۳	۲/۵	۰/۳
۶	۱۳۹۱/۰۸/۲۱	۲/۵	۱۳/۵۰	۴/۵۲	۶/۰۰	۷۵۱۳۲/۴	۵۱۸/۵	۳/۵	۲۴/۱
۷	۱۳۹۱/۰۸/۲۲	۲/۰	۸/۷۰	۸/۶۸	۴/۵۰	۱۷۴۷۱۴/۷	۱۰۵۶/۰	۳/۵	۶۳/۲
۸	۱۳۹۱/۰۸/۲۳	۴/۰	۱۴/۷۰	۵/۵۹	۹/۰۰	۲۳۳۹۳۸/۵	۱۱۲۵/۰	۵/۰	۹۹/۰
۹	۱۳۹۱/۰۸/۲۴	۳/۰	۵/۱۸	۲/۴۷	۳/۵۰	۶۷۳۰۷/۴	۲۶۱/۴	۵/۰	۹/۷
۱۰	۱۳۹۱/۰۸/۲۹	۲/۵	۱۰/۲۶	۲/۰۸	۴/۵۰	۴۸۹۹۲/۸	۱۲۴/۲	۷/۰	۳/۸
۱۱	۱۳۹۱/۰۸/۳۰	۳/۰	۳/۴۲	۲/۵۲	۵/۵۰	۴۷۷۲۵/۶	۵۳/۳	۲/۵	۰/۸
۱۲	۱۳۹۱/۰۹/۰۵	۲/۵	۶/۴۰	۳/۵۰	۳/۵۰	۳۰۲۶۹/۲	۹۰/۱	۳/۰	۱/۰
حداقل		۲/۰	۲/۴۲	۱/۲۴	۳/۵۰	۱۹۷۱۴/۰	۴۸/۳	۲/۵	۰/۳
حداکثر		۸/۰	۱۴/۷۰	۸/۶۸	۱۰/۰۰	۲۳۳۹۳۸/۵	۱۱۲۵/۰	۸/۰	۹۹/۰
متوسط		۳/۳	۸/۶۹	۳/۰۲	۵/۸۸	۷۱۴۳۵/۱	۳۴۱/۷	۴/۷۱	۱۸/۲
ضریب تغییرات		۴۹/۳	۵۰/۰۲	۷۳/۲۸	۳۶/۱۳	۹۱/۴	۱۰۹/۸	۳۸/۰۱	۱۷۰/۱



شکل ۲- آب نمودها، رسوب نمودها و حلقه های سنجه رسوب رگبارهای ثبت شده در آبخیز گلاز در دوره مطالعاتی.



ادامه شکل ۲- آب‌نمودها، رسوب‌نمودها و حلقه‌های سنجه رسوب رگبارهای ثبت‌شده در آبخیز گل‌آز در دوره مطالعاتی.

براساس اطلاعات ارایه شده در جدول ۱، متغیرهای زمانی مانند زمان تا اوج آب‌نمود و رسوب‌نمود دارای ضریب تغییرات کم‌تری هستند، زیرا قاعدتاً از خصوصیات فیزیکی آبخیز تأثیر می‌پذیرند. این در حالی است که ضریب تغییرات مؤلفه‌هایی مانند دبی اوج آب‌نمود و رسوب‌نمود و نیز حجم روان‌آب و رسوب بیش‌تر است، که با تأثیرپذیری آن‌ها از خصوصیات بارش و سایر عوامل مؤثر در ارتباط است. نتایج به‌دست آمده از تهیه حلقه‌های سنجه رسوب در شکل ۲ نشان داد که هر چند بیش‌تر حلقه‌ها از الگوی ساعت‌گرد پیروی می‌نمایند اما در تعدادی از رگبارها، الگوی متفاوتی مشاهده می‌شود. در صورت وقوع بارش شدید، غلظت رسوب در شاخه بالارونده نسبت به شاخه پایین‌رونده بیش‌تر است و تولید یک حلقه ساعت‌گرد می‌نماید که با طولانی‌تر شدن مدت رگبار، حلقه بزرگ‌تر می‌شود. وقوع حلقه‌های ساعت‌گرد را می‌توان این‌گونه توجیه نمود که تقریباً در ۷ رگبار از رگبارهای مشاهداتی، وقوع اوج رسوب‌نمود در حدود ۴-۰/۵ ساعت قبل از اوج آب‌نمود بوده است. مقدار متوسط فاصله زمانی بین دو اوج برابر ۱/۲ ساعت (۷۲ دقیقه) می‌باشد. براساس نتایج این پژوهش، وقوع رگبارهای متوالی تأثیر چندانی بر مؤلفه‌های زمانی آب‌نمود و رسوب‌نمود نداشته است، در حالی که سبب کاهش مقادیر غلظت اوج رسوب‌نمود و نیز وزن کل رسوب معلق شده توسط رگبار شده است. یافته‌های این پژوهش با گزارش‌های سعیدی و صادقی (۲۰۱۰) و نیز صادقی و همکاران (۲۰۰۸a)، در خصوص تأثیرپذیری خصوصیات رسوب‌نمود از تغییرات رگبار مطابقت دارد. با توجه به هم‌زمانی وقوع رگبارهای مطالعاتی با فصل کشت پاییزه، می‌توان وقوع اوج زودرس رسوب‌نمودها را با عاری از پوشش بودن اراضی کشاورزی دیم در منطقه مورد مطالعه و در نتیجه موجودیت رسوب در این اراضی، مرتبط دانست. همچنین یکی از دلایل وقوع اوج زودرس رسوب‌نمود بیانگر تامین رسوب از دامنه‌های پرشیب نزدیک به آبراهه اصلی آبخیز و اراضی زراعی مجاور خروجی آبخیز می‌باشد که با پاسخ هیدرولوژیکی سریع آبخیز در تولید رسوب، نقش ایفا می‌نمایند. بیانات لانا-رنول و همکاران (۲۰۰۷) نیز تغییرپذیری زمانی روابط میان بارش، دبی و غلظت رسوب معلق را مورد تأیید قرار داده است. در این راستا، صادقی و همکاران (۲۰۰۸b) پاسخ آرام روان‌آب تولیدی از ذوب برف در مناطق بالادست و شدت کم رگبارها و نیز کم بودن گستره وقوع رگبارهای سد قشلاق را دلیل وقوع اوج دیررس بیان نموده‌اند. این یافته‌ها با نتایج صادقی و همکاران (۲۰۰۸a) مبنی بر تفاوت رفتار رسوب‌نمود و حلقه‌های سنجه در آبخیزهای با خصوصیات متفاوت و نقش ترکیبی مؤلفه‌های مختلف مؤثر مطابقت دارد. تحلیل سنجه‌های رسوب در رگبارهای

مورد مطالعه نشان می‌دهد که تشکیل حلقه‌های هشت‌شکل و مرکب در حالتی اتفاق افتاده است که یک افزایش در روند تغییرات غلظت رسوب در شاخه پایین‌رونده رسوب‌نمود ایجاد شده است و به عبارتی منحنی آب‌نمود و رسوب‌نمود با هم‌دیگر تلاقی پیدا کرده‌اند که با نتایج پژوهش سیگر و همکاران (۲۰۰۴) و نیز گلیس (۲۰۱۳) مطابقت دارد. همچنین دسموند (۲۰۰۹) تولید حلقه‌هایی با الگوی هشت‌شکل، هشت‌شکل ساعت‌گرد و مرکب در اثر شدت متغیر رگبارها و فعالیت‌های انسانی در سنگاپور را گزارش نموده است.

با توجه به این‌که ۶/۳ درصد کاربری اراضی کشاورزی برابر ۶۵۰ هکتار، در دامنه‌های بالادست آبخیز (اطراف روستای گلاز) قرار گرفته است، مدت زمان بیش‌تری برای انتقال رسوبات این بخش به خروجی آبخیز مورد نیاز است که اثر خود را به‌شکل افزایش مقطعی غلظت رسوب در شاخه پایین‌رونده آب‌نمود نشان داده است. قابل ذکر است که تاریخ وقوع رگبارها و نمونه‌برداری هم‌زمان و یا بعد از اتمام کشت پاییزه گندم و یا سایر محصولات در منطقه مورد مطالعه است که باعث فراهم نمودن مواد قابل حمل توسط فرسایش می‌گردد. همچنین با توجه به بیلاقی و کوهستانی بودن آبخیز گلاز و تاخیر در رشد بهاره، اراضی زراعی دیم پوشش مناسب برای حفاظت خاک در برابر بارش‌های بهاره را تامین ننموده که این امر موجودیت رسوب در فصل‌های نام‌برده را تأیید می‌نماید.

براساس اطلاعات جدول ۱، رگبارهایی به‌صورت متوالی در روزهای ۷ و ۸ آبان ۱۳۹۰، ۱۳ و ۱۴ آبان ۱۳۹۰، ۲۳ و ۲۴ آبان ۱۳۹۱ و نیز ۲۹ و ۳۰ آبان ۱۳۹۱ اتفاق افتاده است که میزان رسوب کل حمل شده توسط رگبار دوم بسیار کم‌تر از رگبار اول بوده است، اما موجودیت رسوبات در دسترس و خصوصیات بارش مواد لازم برای حمل را متناسب با مقدار و شدت بارش تامین نموده است. در حالی‌که در رگبار مورخ ۲۲ و ۲۳ آبان ۱۳۹۱ میزان رسوب کل حمل شده توسط رگبار دوم بیش‌تر از رگبار اول بوده است، که دلیل این امر را باید با مقدار و مدت بیش‌تر بارش در رگبار دوم مرتبط دانست، به‌صورتی که مقدار و مدت بارش به‌ترتیب ۱/۷ و ۲ برابر افزایش داشته است. این نتایج با یافته‌های روویرا و باتالا (۲۰۰۶) در اسپانیا و صادقی و همکاران (۲۰۰۸a) در ژاپن مبنی بر کاهش رسوبات ریزدانه و قابل حمل در اثر وقوع رگبارهای متوالی هم‌سو است. با توجه به پوشش مناسب و مساحت بیش‌تر اراضی مرتعی منطقه (شکل ۱)، می‌توان گفت که تولید رسوب محدود به اراضی کشاورزی بالادست آبخیز شده است، بنابراین، فاصله زمانی بین وقوع رگبارها می‌تواند روی شکل

رسوب‌نمود تأثیرگذار باشد. اگر به‌دنبال وقایعی که حلقه ساعت‌گرد تولید می‌کنند، واقعه دیگری اتفاق بیفتد، غلظت رسوب معلق کاهش یافته و حلقه‌ها کوچک می‌شوند. تقریباً در بیش‌تر رگبارهای مورد مطالعه، رسوب‌نمود پیوسته بوده و دارای دو اوج بوده است که مقدار اوج دوم در مقایسه با اوج اول کم‌تر می‌باشد که با نتایج گزارش شده توسط نادال-رومرو و همکاران (۲۰۰۸) هم‌سو است. تغییرات اوج دوم در مطالعه گمی و همکاران (۲۰۰۵) به وقوع حرکات توده‌ای نسبت داده شده است، در حالی‌که در آبخیز گلاز این امر به وقوع حرکات توده‌ای مربوط نیست و اراضی کشاورزی واقع در بالادست (به‌عنوان منابع تولید رسوب) در تعیین اوج‌های ثانویه دخالت دارند. تأخیر در وقوع اوج رسوب نسبت به دبی منجر به تشکیل حلقه‌های ساعت‌گرد می‌شود که کاهش تدریجی منابع رسوب موجود در آبخیز و محدودیت رسوب در دسترس را نشان می‌دهد. در حالی‌که لانا-رنول و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه خود در اسپانیا نشان دادند که حلقه‌های سنجه ساعت‌گرد تحت شرایط عادی جریان و آبخیز بسیار مرطوب به‌وجود می‌آیند که در آن منشأ روان آب تولیدی و سطوح منابع تولید رسوب در مجاورت کانال اصلی باشند. در مجموع، رفتار حلقه‌ها در آبخیز گلاز با پوشش مرتعی و کشاورزی به‌گونه‌ای است که تولید رسوب‌نمود با اوج زودرس نموده است، در حالی‌که نتایج پژوهش سعیدی و صادقی (۲۰۱۰) در آبخیز جنگلی کجور وقوع اوج دیررس را نشان داده است. این تفاوت رفتار را باید در اثر متفاوت کاربری اراضی بر دینامیک رسوب و تغییرات حلقه‌های سنجه جستجو نمود. تحلیل رسوب‌نمودها با توجه به موقعیت کاربری‌ها نشان می‌دهد که اراضی کشاورزی واقع در مجاورت آبخیز تأثیر خود در شاخه بالارونده رسوب‌نمود را نمایان می‌سازد. با توجه به این‌که بخش‌های میانی آبخیز گلاز پوشیده از مراتع خوب و متوسط است، اراضی کشاورزی واقع در بخش‌های بالادست آبخیز، موجودیت رسوبات برای حمل را تأمین نموده است که این تأثیر به‌صورت وقوع اوج ثانویه و تغییرات غلظت رسوب در رسوب‌نمودهای آبخیز گلاز مشهود می‌باشد. براساس نتایج، نقش مشارکت بخش‌های مختلف کاربری کشاورزی و تغییرات زمانی شکل رسوب‌نمودها در خروجی آبخیز منعکس شده است. تغییرات حاصله نیز خود منتج از مشارکت بخشی و متأثر از قسمت‌های مختلف حوزه آبخیز در تولید روان‌آب بوده است. به‌عبارتی نشان می‌دهد که موجودیت رسوب تا حد زیادی تحت‌تأثیر وجود اراضی کشاورزی است، به‌خصوص در حالتی که روان‌آب مورد نیاز برای حمل رسوبات وجود داشته باشد.

جمع‌بندی

براساس تحلیل حلقه‌های سنجه رسوب و تغییرات زمانی ۱۳ رگبار به‌وقوع پیوسته در دو فصل پاییز ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در آبخیز گلاز اشنویه در استان آذربایجان غربی می‌توان جمع‌بندی نمود که رگبارهای مورد مطالعه از نظر تولید رسوب دارای رفتار متفاوتی بوده است که نقش خصوصیات بارش و تولید روان‌آب و موجودیت رسوب در دامنه‌های پرشیب مجاور خروجی آبخیز و اراضی کشاورزی بالادست آبخیز از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. مطالعه هم‌زمان متغیرهای رسوب‌نمودها با پایه زمانی کوتاه‌تر و نمونه‌برداری در خروجی زیرحوزه و مبتنی بر تغییرات کاربری‌ها و سازندهای زمین‌شناسی و ارتباط آن با سایر مؤلفه‌های جریان در قالب آب‌نمودها و نیز حلقه‌های سنجه می‌تواند در تحلیل شرایط هیدرولوژیک آبخیز و نیز اثر فعالیت‌های انسانی بر تغییر میزان روان‌آب و رسوب مورد استفاده قرار گیرد. این پژوهش در یک آبخیز پرشیب و در دو فصل پاییز متوالی انجام گرفته است و بررسی‌های بیش‌تر در سایر آبخیزها با خصوصیات متفاوت طی پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود. مطالعه هم‌زمان متغیرهای رسوب‌نمود و آب‌نمود می‌تواند ابزار مناسبی در مقایسه و تحلیل اثرات فعالیت‌های کشاورزی و تغییر کاربری اراضی در آبخیز باشد. همچنین مقایسه مقادیر و میزان تغییرات رسوب‌نمود می‌تواند سهم تأثیر زمان و نوع فعالیت‌های کشاورزی در وقوع فرسایش و تولید رسوب را مشخص نماید. همچنین در نظر گرفتن سایر دخالت‌های انسانی مانند اقدامات مخرب و یا عملیات توسعه و تغییرات آن بر خصوصیات رسوب‌نمود از مواردی است که نیازمند مطالعات بیش‌تری برای جمع‌بندی نهایی می‌باشد.

منابع

1. Ab Banan-Azardasht Engineering Consulting Inc. 2010. Final report on study and design of drainage network for surface runoff and urban floods in the Oshnavieh city. 122p. (In Persian)
2. Ahanger, M.A., Asawa, G.L., and Lone, M.A. 2013. Hysteresis effect on sediment rating curves. J. Acad. Indust. Res. 1: 8. 481-484.
3. Banasik, K. 1995. A conceptual model of instantaneous unit sedimentgraph. Sediment and Water Quality in River Catchment Institute. Pp: 97-105.
4. Banasik, K., and Walling, D.E. 1996. Predicting sedimentgraph for a small agricultural catchment. Nord. Hydrol. 27: 4. 275-394.
5. D'Haen, K., Verstraeten, G., and Degryse, P. 2012. Fingerprinting historical fluvial sediment fluxes. Progress in Physic. Geograph. 36: 2. 154-86.

- 6.Desmond, L.W.A. 2009. Sediment response to tropical storms in Singapore residential catchments. Ph.D Dissertation, National University of Singapore. 430p.
- 7.Duvert, C., Gratiot, N., Evrard, O., Navratil, O., Nemery, J., Prat, C., and Esteves, M. 2010. Drivers of erosion and suspended sediment transport in three headwater catchments of the Mexican Central Highlands. *Geomorphology*. 123: 243-256.
- 8.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.
- 9.Gholami, L., Sadeghi, S.H.R., and Khaledi, A.V. 2012. Storm-wise rating loops in Chehelgazi watershed of Gheshlagh dam. *Iran. Wat. Res. J.* 6: 29-36. (In Persian)
- 10.Gomi, T., Dan Moore, R., and Hassan, M.A. 2005. Suspended sediment dynamics in small forest streams of the Pacific Northwest. *Am. Wat. Res. Assoc.* Pp: 877-898.
- 11.Humphries, R.P., Venditti, J.G., and Sklar, L. 2008. The role of hydrographs in sediment pulse dynamics, *Eos. Trans. American Geophysical Union* 89(53), Abstract H44A-03. Fall Meeting, San Francisco.
- 12.Kothyari, U.C., Tiwari, A.K., and Singh, R. 1996. Variation of sediment yield. *J. Hydro. Eng. ASCE*. 1: 4. 169-176.
- 13.Lana-Renault, N., Regues, D., Mart-Bono, C., Beguer, S., Latron, J., Nadal, E., Serrano, P., and Garcia-Ruiz, J.M. 2007. Temporal variability in the relationships between precipitation, discharge and suspended sediment concentration in a small Mediterranean mountain catchment. *Nord. Hydrol.* 38: 2. 139-150.
- 14.Lana-Renault, N., Regues, D., Nadal-Romero, E., Serrano-Muela, M.P., and Garcia-Ruiz, J.M. 2010. Streamflow response and sediment yield after farmland abandonment: results from a small experimental catchment in the central Spanish Pyrenees. *Pirineos. Revista de Ecologia de Montana*. 165: 97-114.
- 15.Mahdavi, M. 2002. *Applied Hydrology*, Tehran University Press. 2: 437. (In Persian)
- 16.Miura, M., Hirai, K., and Yamada, T. 2002. Transport rates of surface materials on steep forested slope induced by raindrop splash erosion. *J. Forest Res.* 7: 201-211.
- 17.Nadal-Romero, E., Latron, J., Marti-Bono, C., and Regues, D. 2008. Temporal distribution of suspended sediment transport in a humid Mediterranean badland area: The Araguascatchment, Central Pyrenees. *Geomorphology*. 97: 3-4. 601-616.
- 18.Rendon-Herrero, O. 1978. Unit sedimentgraph. *Water Resour. Res.* 14: 5. 889-901.
- 19.Rovira, A., and Batalla, R. 2006. Temporal distribution of suspended sediment transport in a Mediterranean basin: The Lower Tordera (NE SPAIN). *Geomorphology*. 79: 58-71.
- 20.Sadeghi, S.H.R. 2005. Sediment graphs, importance and development, P 324. *Proceeding of 10th International symposium on the interactions between sediment and water, Lake Bled, Slovenia.*

21. Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Miyata, S., Gomi, T., Kosugi, K., Fukushima, T., Mizugaki, S., and Onda, Y. 2008. Determinant factors of sediment graphs and rating loops in a reforested watershed. *J. Hydrol.* 356: 271-282.
22. Sadeghi, S.H.R. 2004. Development of sediment rating curve equations for rising and falling limbs of hydrograph using regression concept, *Iran-Wat. Resour. Res. J.* 1: 1. 101-103. (In Persian)
23. Sadeghi, S.H.R., Aghabeigi Amin, S., Vafakhah, M., Yasrebi, B., and Esmaeili Sari, A. 2006. Suitable drying time for suspended sediment samples, Iran, P 71. In *Proceeding of the International Sediment Initiative Conference*, Khartoum, Sudan.
24. Sadeghi, S.H.R., and Singh, J.K. 2005. Development of a synthetic sedimentgraph using hydrological data. *J. Agri. Sci. Tech. (JAST)*. 7: 69-77.
25. Sadeghi, S.H.R., Gholami, L., Khaledi, A.V., and Telvari, A.R. 2008b. Analyzing sedimentgraph data in Chehelgazi Watershed upstream Geshlagh Dam. *Iran-Wat. Resour. Res.* 4: 3. 47-56. (In Persian)
26. Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Singh, J.K., and Tofighi, B. 2009. Applicability of instantaneous unit sedimentgraph model in an Iranian large watershed. *Int. J. Ecol. Econ. Stat. (IJEES)*. 13: 9. 30-45.
27. Saeidi, P., and Sadeghi, S.H.R. 2010. Analysis of observed sedimentgraphs and rating loops on storm basis in Educational Watershed of Tarbiat Modares University, Iran. *J. Wat. Soil Conserv.* 17: 1. 97-12. (In Persian)
28. Seeger, M., Errea, M.P., Begueria, S., Marti, C., Garzia-Ruiz, J.M., and Arnaez, J. 2004. Catchment soil moisture and rainfall characteristics as determinant factors for discharge/suspended sediment hysteretic loops in a small headwater catchment in the Spanish Pyrenees. *J. Hydrol.* 288: 299-311.
29. Sen, Z. 2008. *Wadi Hydrology*. CRC Press, 347p.
30. Stock, J., and Tribble, G. 2010. Erosion and sediment loads from two Hawaiian watersheds. 11p. *Proceeding of 2nd Joint Federal Interagency Conference*, Las Vegas.
31. Telvari, A.R., Birodian, N., and Manoochahri, E. 2007. Model development of sediment time variability in Garan watershed, Kordestan Province, Pajouhesh and Sazandegi. 75: 64-70. (In Persian)
32. Walling, D.E., and Webb, B.W. 1982. Sediment availability and the prediction of storm-period sediment yields. *Recent developments in the explanation and prediction of erosion and sediment yield*, IAHS Publication. 137: 327-337.
33. Walling, D.E., Collins, A.L., Sickingabula, H.A., and Leeks, G.J.L. 2001. Integrated assessment of catchment suspended sediment budgets: A Zambian Example. *Land Deg. Dev.* 12: 387-415.
34. Williams, G.P. 1989. Sediment concentration versus water discharge. *J. Hydrol.* 111: 89-106.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(5), 2015
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Analysis of storm-wise sedimentgraphs and rating loops in Galazchai Watershed, West-Azarbaijan

R. Mostafazadeh¹, *S.H.R. Sadeghi² and A. Sadoddin³

¹Ph.D. Graduate, Dept. of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Noor, ²Professor, Dept. of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Noor, ³Associate Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 06/01/2013; Accepted: 04/26/2014

Abstract

Studying sedimentgraph is an important tool in analyzing sediment behavior leading to success in watershed management projects. The present study was conducted in the Galaz Watershed in West-Azarbaijan Province, Iran, with an area of some 103 km² to analyze sedimentgraph and rating loops of 13 observed storm events from 25 October 2011 to 25 November 2012. The water and sediment data were recorded with 1 h interval and corresponding sedimentgraphs and rating loops were developed. The results showed that the clockwise type-rating loops were occurred in 7 storm events due to early peak incidence of the sedimentgraphs (0.5 to 4 h) with respect to peaks of hydrographs. However, other types of sediment rating loops were recognized for other storm events. The results indicated that the clockwise type of sediment rating loops were due to prompt contribution of steep slopes adjacent to the watershed outlet. Although, figure-eight and complex types of sediment rating loops could be attributed to sediment sources of the cropland areas with high sediment availability during autumn cultivation in the watershed upstream and confluence of rising and falling limbs of the hydrograph. The study also showed that 4 observed storm events had consequent storm events. So that, the total weights of total suspended sediment in the first events were 1.5, 3.9, 10.2 and 4.6 times higher than the second events respectively. The results further revealed that each individual storm events had two distinguished peaks, which proved the contribution of available sediments from agricultural lands located in upland areas.

Keywords: Land use, Sediment availability, Sediment-discharge relationship, Sediment yield, Temporal variations of suspended sediment

* Corresponding Author; Email: sadeghi@modares.ac.ir

