دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد هفدهم، شماره اول، ۱۳۸۹
www.gau.ac.ir/journals

تحلیل رسوب‌نگارها و حلقه‌های سنجه مشاهداتی رگبارها در حوزه آبخیز آموزشی دانشگاه تربیت مدرس

پری سعیدی[۱] و *سیدحمیدرضا صادقی[۲]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، نور،
[۲]دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، نور

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۲۸

چکیده

بررسی تغییرات زمانی رسوبات معلق در قالب رسوب‌نگارها یک ابزار مهم در مدیریت منابع آب و خاک حوزه‌های آبخیز محسوب می‌شود. در حال حاضر اغلب برآوردها و مطالعات مربوط به تولید رسوب از طریق منحنی‌های سنجه رسوب انجام می‌شود، حال آن‌که دقت آنها همواره سوال‌انگیز بوده است. از همین‌رو تهیه رسوب‌نگارها و تحلیل آنها در مطالعات رسوب در حوزه‌های آبخیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. بنابراین پژوهش حاضر با هدف تحلیل رسوب‌نگار و حلقه‌های سنجه ۷ رگبار مشاهداتی در حوزه آبخیز آموزشی دانشگاه تربیت مدرس واقع در استان مازندران با مساحت حدود ۵۰۰۰۰ هکتار انجام پذیرفت. بررسی و تحلیل جداگانه رسوب‌نگارها و آب‌نگارهای مربوط به رگبارهای به‌وقوع پیوسته دلالت بر شرایط پیچیده حاکم بر سامانه آبخیز جنگلی یادشده داشت. نتایج به‌دست آمده از بررسی رسوب‌نگارها طی آبان‌ماه ۱۳۸٦ تا تیرماه ۱۳۸۷ با دوام ٦ تا ۱۳ ساعت و تولید متوسط رسوب ۱۵/۸۳۰±۳/۷۵٦ تن بیانگر وقوع زود هنگام اغلب آنها به‌طور متوسط ۲/۸۸۱±۲/٦۰۰+ ساعت در مقایسه با آب‌نگارها و در واقع ایجاد حلقه‌های سنجه ساعت‌گرد بود. ولی رفتار آن در شرایط برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه و نیز مناطق تحت پوشش رگبارها متفاوت بوده است. نتایج به‌دست آمده به‌واسطه تهیه مبانی اطلاعاتی مناسب برای مدیریت حوزه‌های آبخیز، بر ضرورت مطالعات تفصیلی در مقیاس رگبار و پایه‌های زمانی متفاوت با توجه به هدف بررسی تأکید داشته است.

واژه‌های کلیدی: آب‌نگار، حلقه‌های سنجه، حوزه آبخیز جنگلی کجور، رسوب‌نگار

* مسئول مکاتبه: sadeghi@modares.ac.ir

مقدمه

امروزه تهیه اطلاعات تفضیلی و درک صحیح سامانه‌های آبخیز و نیز شرایط حاکم بر چرخه هیدرولوژی از ضرورت‌های اجتناب‌ناپذیر برای مدیریت جامع و همه‌جانبه حوزه‌های آبخیز محسوب می‌شود. در این میان انجام مطالعات در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی[1] و تحلیل دقیق اجزای مختلف فرآیندهای مهم مانند فرسایش خاک و تولید رسوب مورد توجه محققان و مدیران قرار گرفته است. به‌طوری‌که ضرورت آگاهی از میزان بار رسوب معلق انتقالی و تغییرات زمانی و مکانی آن منجر به انجام مطالعات گسترده‌ای در این زمینه گردید. اگرچه در بسیاری از موارد دست‌یابی به داده‌های ضروری به‌دلیل نبود آمار و اطلاعات دقیق و کافی، مشکلات اجرایی و هزینه بالای نمونه‌برداری به‌خصوص در مواقع رگباری امکان‌پذیر نشده است (صادقی و همکاران، ۲۰۰۶b). از طرفی کارآیی نداشتن روش‌های غیرمستقیم و متوسط[2] ارزیابی رسوب معلق مانند منحنی‌های سنجه رسوب[3] در پژوهش‌های متعدد (آسلمان، ۲۰۰۰؛ هورویتز، ۲۰۰۳؛ تلوری و همکاران، ۲۰۰۷؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۸b) به اثبات رسیده است. همچنین بار رسوب معلق دارای تغییرات زمانی و مکانی در مقیاس رگبار می‌باشد و تغییر در جریان، تغییر در محتوی رسوب معلق را به‌دنبال دارد. پژوهش‌های مختلفی (والینگ و وب، ۱۹۸۲؛ چن و کو، ۱۹۸۶؛ والینگ و وب، ۱۹۸۷؛ ویلیامز، ۱۹۸۹؛ بانازیک، ۱۹۹۵؛ بانازیک و والینگ، ۱۹۹۶؛ سیچینگابولا، ۱۹۹۸؛ میورا و همکاران، ۲۰۰۲؛ هورویتز، ۲۰۰۳؛ گمی و همکاران، ۲۰۰۵؛ روویرا و باتالا، ۲۰۰۶؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۶a؛ و صادقی و همکاران، ۲۰۰۶b؛ نادال- رومرو و همکاران، ۲۰۰۸؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۹) الگوی تغییرات رسوب معلق در طول وقایع هیدرولوژیکی و به‌خصوص وقایع سیلاب در شرایط و زیست‌بوم‌های مختلف را بررسی کردند. نتایج این مطالعات نشان دادند که در بسیاری از رودخانه‌ها، حجم عظیمی از رسوبات در طی سیلاب‌های منفرد منتقل می‌شود و رابطه بین دبی و غلظت رسوب معلق به‌شدت متغیر است. بنابراین درک این تغییرپذیری یکی از عوامل اساسی در بهبود مدل‌سازی رفتار هیدرولوژیکی و رسوبی حوزه‌های آبخیز می‌باشد (صادقی و همکاران، صادقی و همکاران، ۲۰۰۸a). از طرفی تخمین صحیح میزان رسوب تولیدی در هر رگبار مستلزم داشتن تعداد کافی نمونه‌گیری در طول هر واقعه یا منحنی کامل رسوب است.

1- Spatio-Temporal Scales
2- Lumped Methods
3- Sediment Rating Curves

رسوب‌نگارها[1] یا منحنی‌های رسوب نمایانگر توزیع زمانی بار رسوب معلق یا تغییرات غلظت رسوب در طول وقایع سیلاب (صادقی و سینگ، ۲۰۰۵) بوده و کاربردهای مهمی در ارایه تخمین‌های مناسب از کل بار رسوبی، مدیریت کیفیت آب، طراحی مؤثر سازه‌های کنترل رسوب و مخازن و تفسیر رفتار هیدرولوژیکی و رسوبی در زمان‌های مختلف دارد (کوتیاری و همکاران، ۱۹۹۶). همچنین حلقه‌های سنجه[2] نیز مبتنی بر ارتباط دقیق و تغییرپذیری درونی و بین رگباری وقایع مورد بررسی بوده و ابزاری مناسب برای درک نقش کنترل‌کنندگی دبی در تولید رسوب محسوب می‌شود. شکل رسوب‌نگارها و حلقه‌های سنجه به‌وسیله عوامل متعددی کنترل می‌گردد و بنابراین آگاهی از توزیع رسوب در طول سیل‌ها، بررسی تغییرات زمانی و مکانی آنها و تحلیل جداگانه رسوب‌نگارها و آب‌نگارها طی وقایع منفرد منجر به افزایش دقت مطالعات رسوب می‌شود.

بسیاری از نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های انجام شده در زمینه رسوب‌نگارها دلالت بر اختلاف نظر در وقوع اوج آب‌نگار و رسوب‌نگار در مقایسه با هم داشته‌اند. رندن- هررو (۱۹۷۸) پیروی شکل رسوب‌نگار از آب‌نگار و هم‌زمانی دبی اوج و غلظت حداکثر رسوب معلق در چندین حوزه آبخیز در امریکا و چند واقعه بارندگی را گزارش نمود. حال آن‌که بانازیک (۱۹۹۵) در پژوهشی در لهستان با مقایسه آب‌نگار و منحنی رسوب نشان داد که زمان تأخیر منحنی رسوب کوچک‌تر از زمان تأخیر آب‌نگار بوده است. روویرا و باتالا (۲۰۰۶) در بررسی تغییرپذیری بار رسوب معلق در مقیاس‌های زمانی مختلف در رودخانه توردرا[3] در جنوب‌شرقی اسپانیا تأکید کرد که در یک توالی از دبی‌های اوج، غلظت‌های رسوب معلق مربوط به اوج‌های اولیه نسبت به سایر اوج‌های بعدی بزرگ‌تر بود. این موضوع به تخلیه تدریجی رسوب قابل دسترس برای انتقال در طول یک سیل و یا توالی از سیل‌ها نسبت داده شد. براساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش لانا- رنو 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، تغییرپذیری زمانی روابط نشان‌دهنده پاسخ سریع هیدرولوژیکی و رسوبی آبخیز و سازگاری خوب بین شکل آب‌نگار و رسوب‌نگار بود. همچنین آنها زمان‌های تأخیر متفاوتی بین زمان اوج دبی و غلظت رسوب معلق را گزارش دادند. صادقی و همکاران

1- Sedimentgraph
2- Rating Loops
3- Tordera

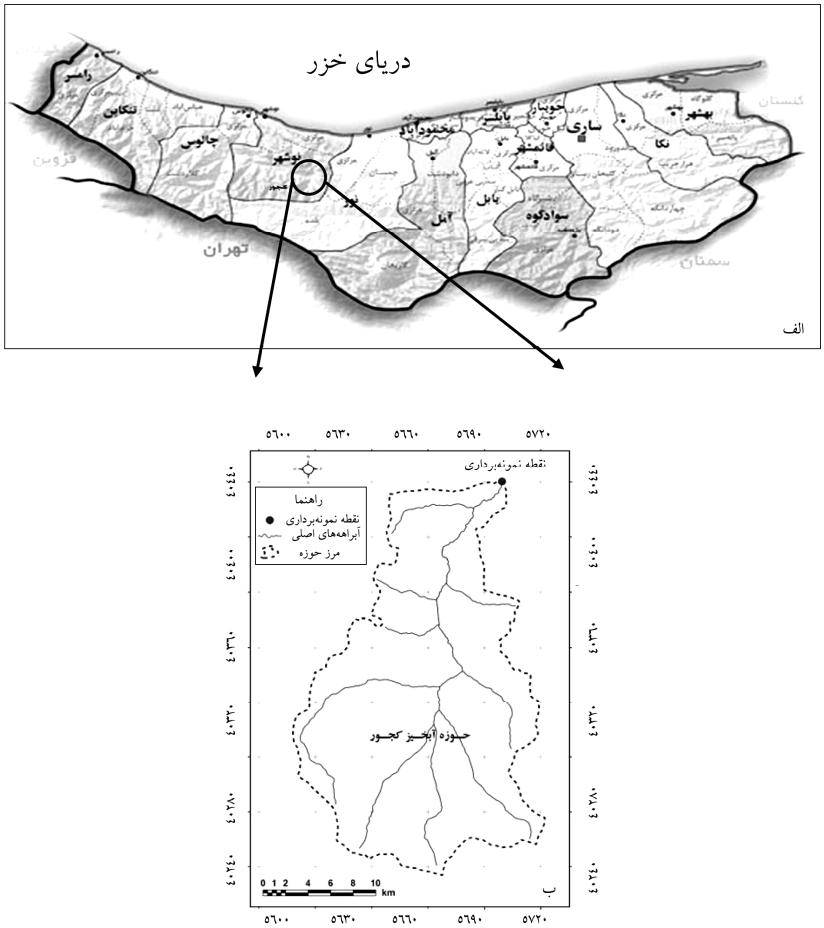
(۲۰۰۸b) عوامل مؤثر در تبیین روابط بین رسوب‌نگارها و آب‌نگارها و حلقه‌های سنجه برای رگبارهای به‌وقوع پیوسته در حوزه آبخیز جنگلی میه[1] در ژاپن را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که در یک واقعه منفرد، اوج رسوب به‌صورت یک حلقه ساعت‌گرد قبل از اوج دبی رخ داده است. در حلقه‌های سنجه برای یک مقدار مشخصی از دبی، مقدار غلظت رسوب معلق در شاخه بالارونده آب‌نگار بیش از مقدار آن برای شاخه پایین‌رونده بود. کاهش در غلظت رسوب معلق در یک توالی از رگبارها و شاخه پایین‌رونده نیز به‌طور عمده به تخلیه رسوب و مشارکت جریان زیر قشری و زیرزمینی نسبت داده شد. در ایران نیز صادقی و همکاران (۲۰۰٦b) به مطالعه ارتباط چهار رسوب‌نگار تهیه شده طی نمونه‌برداری‌های متعدد با آب‌نگارهای ثبت شده در حوزه آبخیز زرین‌درخت در استان چهارمحال و بختیاری و نیز تلوری و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی رسوب‌نگارهای مشاهده‌ای در حوزه آبخیزگاران در استان کردستان پرداختند. آنها ضمن تأیید تغییرپذیری رفتار رسوب در حوزه آبخیز مورد مطالعه بر تأخیر اوج رسوب‌نگارها به‌دلیل بزرگی حوزه آبخیز تأکید داشتند.

بررسی سوابق پژوهش موجود در جهان و محدود داخل کشور، به‌رغم توانایی روش‌های غیرمستقیم در مطالعات مربوط به رسوب معلق، نشان می‌دهد که اعتماد مطلق به این روش‌ها بدون در نظر گرفتن شرایط واقعی حاکم بر زیست‌بوم در طی وقایع نمی‌تواند دقت مورد نیاز در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در زمینه رسوب معلق را فراهم نماید. از طرفی با وجود افزایش علاقه به درک دینامیک رسوبات معلق در دهه‌های اخیر این مسأله به‌خصوص در حوزه‌های آبخیز جنگلی به‌طور کامل درک نشده است. در همین راستا مطالعات کمی در رابطه با انتقال رسوب معلق در این حوزه‌ها و تحت شرایط کاملاً پیچیده و به ظاهر متعادل حاکم بر آنها انجام شده است (تراژیما و همکاران، ۱۹۹٦؛ میورا و همکاران، ۲۰۰۲؛ سایر و همکاران؛ ۲۰۰٦؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۸b) و بنابراین انجام مطالعات گسترده در حوزه‌های آبخیز جنگلی با شرایط مختلف حاکم بر آنها ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین پژوهش حاضر با هدف تحلیل و درک رسوب‌نگارها و حلقه‌های سنجه رگبارهای به‌وقوع پیوسته طی آبان‌ماه ۱۳۸٦ تا تیرماه ۱۳۸۷ در حوزه آبخیز جنگلی دانشگاه تربیت مدرس یا کجور به‌واسطه قابلیت دسترسی، کنترل شرایط حاکم بر آنها و انجام پژوهش‌های پیش‌نیاز صورت پذیرفت.

1- Mie

مواد و روش‌ها

مشخصات کلی منطقه مورد مطالعه: ارتباط بین مؤلفه‌های رسوب‌نگار با آب‌نگارهای مربوط به رگبارهای به‌وقوع پیوسته در محل خروجی حوزه آبخیز جنگلی کجور واقع در ۳۰ کیلومتری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس و جنوب‌شرقی نوشهر با مساحت حدود ۵۰۰۰۰ هکتار بررسی گردید (شکل ۱). ارتفاع متوسط منطقه مورد مطالعه حدود ۲۰۰۰ متر و به‌طور عمده در طبقه شیب ٤٠ تا ٦٠ درصد واقع شده است. از نظر زمین‌شناسی به‌طور عمده به دوران دوم زمین‌شناسی تعلق دارد. نوع خاک منطقه تکامل‌نیافته راندزین تا راندزین شسته شده و خاک قهوه‌ای جنگلی با pH قلیایی و خاک قهوه‌ای شسته شده تا پسدوگلی و با بافت لومی شنی ارزیابی شد (صادقی و سعیدی، ۲۰۰۹؛ صادقی و سعیدی، ۲۰۱۰). وجود تغییرات ارتفاعی از سطح دریا و یال و دره‌های منفرد با دامنه‌های متفاوت باعث استقرار توده‌های جنگلی با پراکنش و تنوع گونه‌های درختی و ایجاد تیپ و زیرتیپ‌های مختلف گردیده است به‌طوری‌که در ارتفاع کم‌تر از ۱۳۰۰ متر گونه‌های با ارزشی نظیر راش (*Fagus orientalis*)، توسکا (*Alnus sp*)، پلت (*Acer valetinum*)، نمدار (*Tilia begonifolia*) و شیردار (*Acer cappadocicum*) به‌همراه گونه‌های انجیلی (*Parrotia persica*) و خرمندی (*Diospyrus lotus*) به چشم می‌خورد. حال آن‌که در ارتفاعات کم‌تر از ۲۰۰ متر و در عرصه‌های کم‌شیب گونه‌هایی نظیر لیلکی (*Geleditsia lotus*)، خرمندی و انجیلی به‌همراه پوشش درختچه‌ای گسترش بیش‌تری یافته‌اند. در مجموع در ارتفاعات پایین توده‌های آمیخته انجیلی، راش و ممرز (*Carpinus betulus*) به‌همراه سایر گونه‌ها و در ارتفاعات بالاتر توده‌های راش و ممرز و راش به‌همراه سایر گونه‌ها مشاهده می‌گردد. در ارتفاعات بیش‌تر از ۱۲۰۰ متر به‌علت شیب بالای عرصه و در نتیجه عمق کم خاک و شرایط رویش‌گاهی، شرایط برای حضور گونه‌های نورپسند مانند بلند مازو (*Quercus castanefolia*) و لور (*Carpinus orientalis*) به‌همراه پوشش درختچه‌ای و سپس پوشش مرتعی فراهم شده است (صادقی و معتمدنیا، ۲۰۰۸؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۸c).



شکل ۱- موقعیت کلی حوزه آبخیز کجور در استان مازندران (الف)
و سیمای عمومی و محل نمونه‌برداری رسوبات معلق (ب).

تهیه رسوب‌نگارها: با توجه به نبود داده‌های رسوب معلق دقیق و ضرورت دست‌یابی به اطلاعات قابل اعتماد در این زمینه مبادرت به برداشت نمونه از محل خروجی اصلی حوزه آبخیز مورد مطالعه و تهیه رسوب‌نگارها برای رگبارهای به‌وقوع پیوسته متناظر با آنها طی دوره مطالعاتی شد. به‌همین منظور برداشت نمونه‌ها در مقیاس رگبار با فواصل زمانی یک ساعت (صادقی و همکاران، ۲۰۰۶a؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۸c) طی دوره زمانی از آبان‌ماه ۱۳۸۶ تا تیرماه ۱۳۸۷ انجام پذیرفت. نمونه‌برداری

رسوب معلق همواره از کرانه چپ به‌واسطه امکان دسترسی، به‌وسیله ظروف پلاستیکی ۲ لیتری به‌دلیل افزایش دقت نمونه‌برداری و اطمینان از برداشت تمامی ستون آب (داس، ۲۰۰۰؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰٦a؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۹) و به روش انتگراسیون عمقی (روویرا و باتالا، ۲۰۰٦؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰٦b) صورت گرفت. به‌رغم تجهیز ایستگاه یادشده به لیمنوگراف، به‌طور هم‌زمان اندازه‌گیری دبی از طریق محاسبه سرعت جریان با استفاده از مولینه مدل OTT 1-170690 با مقادیر ضریب و ثابت به‌ترتیب ۰/۲۳٤٥ و ۰/۰۲۳ برای تعداد دور در دقیقه پروانه بین ۰/٦۷ تا ۹/٦۱ و نیز جسم شناور واسنجی شده و تعیین سطح مقطع نیز به‌صورت دستی و با کمک طناب پلاستیکی و شاخص چوبی و فلزی فاصله‌بندی شده (مهدوی، ۲۰۰۲؛ صادقی و معتمدنیا، ۲۰۰۸؛ صادقی و سعیدی، ۲۰۰۹؛ صادقی و سعیدی، ۲۰۱۰) به‌دلیل تغییرپذیری مقطع طبیعی اندازه‌گیری در هر واقعه صورت پذیرفت. همه نمونه‌برداری‌ها پس از وقوع بارش در منطقه و اطمینان از وقوع سیلاب از طریق اطلاع‌رسانی کارشناس محلی و اغلب 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[1] (والینگ و همکاران، ۲۰۰۱)، خشک کردن نمونه‌ها در آون (صادقی و همکاران، ۲۰۰٦a) استفاده شد. در نهایت مقادیر غلظت مختلف رسوب در پایه‌های زمانی مورد بررسی و رگبارهای مطالعاتی در نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۰۳ روی محور مختصات رسم گردید.

تحلیل رسوب‌نگارها و حلقه‌های سنجه رسوبی: به‌منظور تحلیل رسوب‌نگارها و حلقه‌های سنجه رسوبی به‌دست آمده از تهیه رسوب‌نگارهای مطالعاتی، از همه اطلاعات موجود و قابل تهیه استفاده شد. در همین راستا مقادیر دبی متناظر غلظت‌های رسوب در زمان‌های مختلف محاسبه و روی محور مختصات مربوط به رسوب‌نگارها ترسیم گردید. حلقه‌های سنجه رسوبی نیز از ترسیم مقادیر غلظت رسوب و دبی روی محور مختصات (ویلیامز، ۱۹۸۹) حاصل و بررسی‌های لازم در رابطه با روند حرکت آنها از ابتدا تا انتهای رگبار انجام پذیرفت. همچنین علاوه‌بر مقایسه تطابق شکل آب‌نگار و رسوب‌نگار، وضعیت زمانی رخداد اوج آنها و نیز تشخیص روند حرکتی در حلقه‌های سنجه رسوبی، از همه اطلاعات محلی موجود مانند دخالت‌های انسانی در قالب تخریب‌های موضعی ناشی از ترددهای متعدد یا تغییر مسیر آب و برداشت شن و ماسه در بستر آبراهه و یا سطح حوزه آبخیز و

1- Decanation

اطلاعات مربوط به گستره کلی رخداد بارش در زمان وقوع رگبارها برای تحلیل رسوب‌نگارها و حلقه‌های سنجه رسوبی استفاده شد.

نتایج و بحث

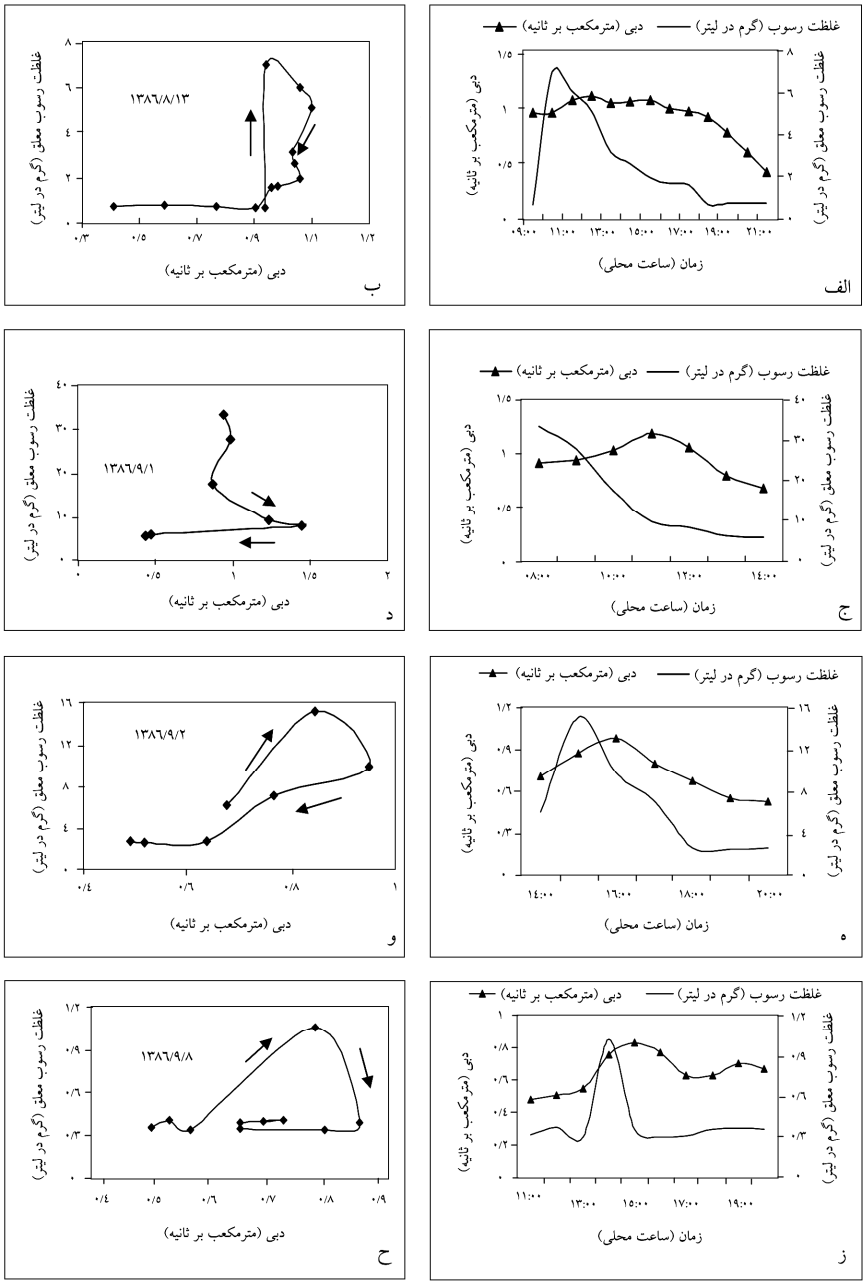
نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده طی دوره مطالعاتی نشانگر تغییرپذیری دبی و غلظت رسوب به‌ترتیب در دامنه حدود ۰/۰۵ تا ۱/۲ با میانگین ۰/۳۸٦±۰/٦۳٦ مترمکعب برثانیه و ۰/۰٤ تا ۵۰ و میانگین ۹/۱۰٦±۵/۱۵۰ گرم در لیتر بوده است. در مجموع همه رگبارهای به‌وقوع پیوسته در دوره مورد مطالعه و در مناطق بالادست و پایین‌دست منطقه مشتمل بر ۷ رگبار در روزهای ۱۳ آبان‌ماه، ۱، ۲ و ۸ آذرماه، ۱۵ دی‌ماه ۱۳۸٦، ۱۸ اردیبهشت‌ماه و ۹ خردادماه ۱۳۸۷ با فاصله زمانی حداقل بیش از یک روز با شیوه تشریح شده در بخش قبل نمونه‌برداری شدند. رسوب‌نگارها و آب‌نگارهای مربوط به هر رگبار و همچنین حلقه‌های سنجه رسوب رگبارهای یادشده در نمودارهای مندرج در شکل ۲ (الف تا ن) نشان داده شده است.

بررسی حاصل از شکل ۲ نشان می‌دهد که در ۵ مورد از رگبارها (۱۳ آبان‌ماه، ۱، ۲ و ۸ آذرماه، ۱۵ دی‌ماه ۱۳۸٦، ۱۸ اردیبهشت‌ماه و ۹ خردادماه ۱۳۸۷) اوج رسوب‌نگار قبل از اوج آب‌نگار اتفاق افتاده است. تأخیر زمانی موجود بین اوج‌های دبی و رسوب در این رگبارها از ۱ تا ۷ ساعت با میانگین ۲/٦±۲/۸۸۱+ ساعت برآورد شده است. سیچینگابولا (۱۹۹۸) نشان داد که اگر حوزه آبخیز رودخانه کوچک باشد اوج رسوب‌نگار قبل از اوج آب‌نگار اتفاق می‌افتد که این مسأله توسط ویلیامز (۱۹۸۹) و صادقی و همکاران (۲۰۰۸a) نیز تأیید شده است. همچنین دقت در رسوب‌نگارها و آب‌نگارهای دو سیل پیاپی مورخ ۱ و ۲ آذرماه ۱۳۸٦ (شکل ۲ ج تا و) با فاصله زمانی حدود یک روز نشان می‌دهد که وقایع متوالی و پیوسته بارش، به‌دلیل انتقال بخش عمده‌ای از رسوبات موجود در منطقه به‌وسیله اولین رگبار، نقش کنترل‌کنندگی مهمی در تعیین غلظت رسوب معلق ایفا می‌کند که با یافته‌های والینگ و وب (۱۹۸۲)، سایر و همکاران (۲۰۰٦) و صادقی و همکاران (۲۰۰۸b) کاملاً هم‌خوان است. مقادیر کم‌تر رسوب معلق برای دبی‌های اوج به‌نسبت بالای رگبارهای متوالی اتفاق افتاده به‌وسیله کاهش موجودیت رسوبات حوزه‌ای ریزدانه به‌واسطه انتقال آنها طی رگبارهای پیشین به‌خوبی توجیه می‌شود

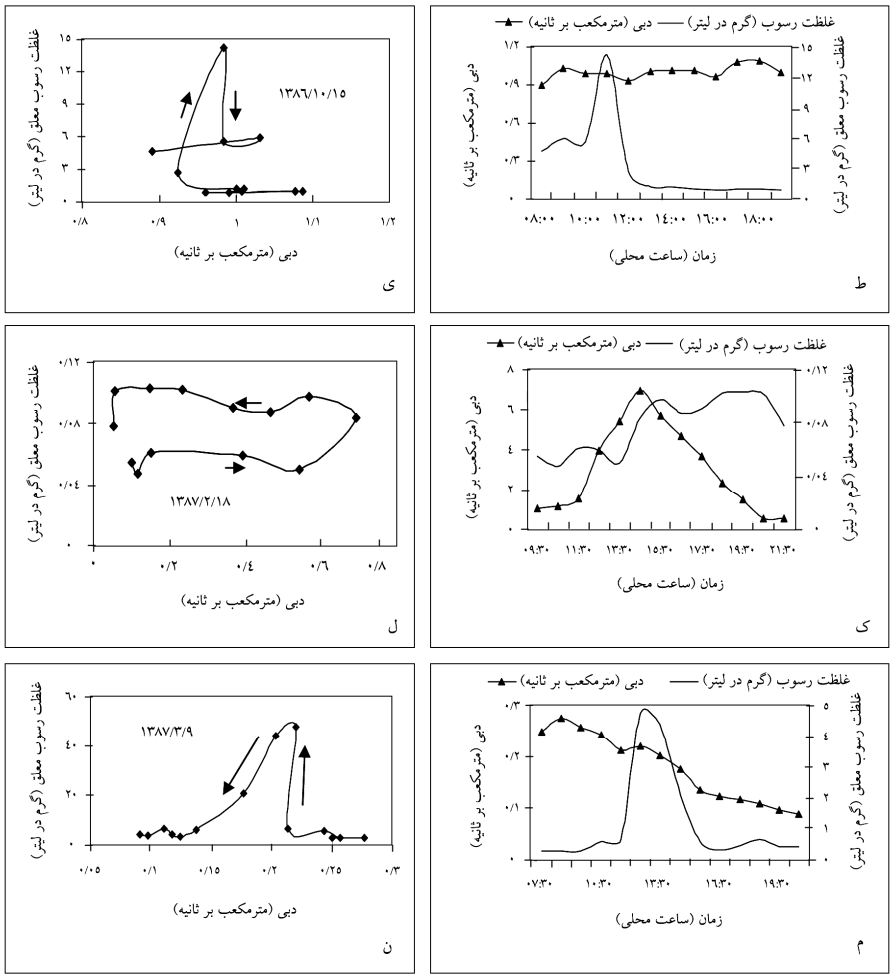
که با اظهارات والینگ و وب (۱۹۸۲) مبنی بر نقش کنترل‌کنندگی موجودیت رسوب بر شکل رسوب‌نگار در رودخانه‌های شنی انگلستان مطابقت دارد.

از طرفی تأخیر در وقوع اوج رسوب نسبت به دبی منجر به تشکیل حلقه‌های ساعت‌گردی[1] می‌شود که کاهش تدریجی منابع رسوب موجود در آبخیز و محدودیت رسوب در دسترس را نشان می‌دهد. این رویکرد در گذشته توسط والینگ و وب (۱۹۸۲)، ویلیامز (۱۹۸۹)، سایر و همکاران (۲۰۰۶)، صادقی و همکاران (۲۰۰۸b) نیز گزارش شده است. همه محققان قبلی توضیح دادند که حلقه‌های سنجه ساعت‌گرد به منابع رسوبی در داخل کانال و نیز موجود در دامنه‌ها مربوط می‌شوند. از طرفی لانا- رنو و همکاران (۲۰۰۷) در حوزه آبخیز آرانس[2] اسپانیا نشان دادند که حلقه‌های سنجه ساعت‌گرد تحت شرایط عادی جریان و همچنین در مواقعی به‌وجود می‌آیند که حوزه آبخیز بسیار مرطوب باشد و منشأ روان‌آب تولیدی و منابع رسوبی به سطوح نزدیک به کانال اصلی محدود شوند. شرایط مشابه متصور به‌وقوع چنین حالتی در دست‌یابی به حلقه‌های سنجه در حوزه آبخیز کجور نیز به‌خوبی مشهود بوده و به‌طور مشخص دلالت بر مشارکت چشم‌گیر بخش جلگه‌ای و آبرفتی نزدیک به خروجی در کنترل رسوب معلق و خروج سریع رسوبات موجود در بخش انتهایی حوزه آبخیز دارد. در روز قبل از نمونه‌برداری و در بالادست باعث فرسایش و حمل رسوبات موجود در منطقه شده و منجر به ته‌نشت و رسوب آنها در مناطقی نزدیک به پایین‌دست و در کانال اصلی شده است. در ادامه بار رسوبی تولیدی توسط بارش اتفاق افتاده در روز نمونه‌برداری از کانال اصلی و مناطق اطراف شسته شده و از منطقه خارج و در واقع سبب وقوع اوج زودرس[3] در رسوب‌نگار نسبت به آب‌نگار گردیده است. ثبت واقعه بارش در ایستگاه هواشناسی کجور مستقر در شمال‌شرقی و بیرون حوزه آبخیز در روز قبل از نمونه‌برداری در تمامی رگبارهای به‌وقوع پیوسته در پاییز و زمستان ۱۳۸۶ (شکل ۲، الف تا ی) و در بالادست طی تماس با ایستگاه یادشده مورد تأیید قرار گرفته است. اگرچه محدود شدن پهنه بارندگی به مناطق پایین‌دست با توجه به فرآیند حاکم بر بارش و گرادیان منفی بارندگی موجود در اغلب بخش‌های دامنه شمالی البرز از دیگر دلایل وجود رسوب‌نگارهای زودرس در حوزه آبخیز جنگلی موردنظر می‌باشد.

1- Clockwise
2- Arans
3- Advanced Peak



شکل ۲- آب‌نگارها، رسوب‌نگارها (راست) و حلقه‌های سنجه (چپ) رگبارهای ثبت شده در حوزه آبخیز کجور طی دوره مطالعاتی.



ادامه شکل ۲- آب‌نگارها، رسوب‌نگارها (راست) و حلقه‌های سنجه (چپ) رگبارهای ثبت شده در حوزه آبخیز کجور طی دوره مطالعاتی.

رگبار چهارم (۱۵ دی‌ماه ۱۳۸٦، شکل ۲، ط و ی) بلافاصله بعد از توقف عملیات برداشت شن و ماسه بوده است که در آن زمان، رسوب در منطقه به اندازه کافی وجود داشته و با شروع روان‌آب رسوبات موجود از منطقه منتقل شدند. این امر، توجیه بسیار مناسب دیگری برای اوج زودرس رسوب‌نگار نسبت به آب‌نگار می‌باشد. نقش دخالت‌های انسانی در افزایش تولید رسوب معلق از

طریق برداشت معدن شن و ماسه در حوزه آبخیز مورد مطالعه توسط صادقی و همکاران (۲۰۰۸c) نیز مورد تأیید قرار گرفته است.

رگبار پیوسته ۱ و ۲ آذرماه ۱۳۸٦ (شکل ۲، ج تا و) منجر به تشکیل آب‌نگار و رسوب‌نگار پیوسته شده که دارای دو اوج بوده است. حال آن‌که اوج اول زودرس بوده و مربوط به تخلیه سریع منابع رسوبی موجود در کناره‌ها و رسوب فرسایش یافته رگبارهای قبل می‌باشد. اوج دوم به‌صورت هم‌زمان رخ داده و مقدار آن در مقایسه با اوج اول بسیار کم‌تر اندازه‌گیری شد. علت آن را می‌توان در پاسخ آرام غلظت رسوب نسبت به افزایش‌های بعدی مقدار دبی بیان کرد که با اظهارات نادال- رومرو و همکاران (۲۰۰۸) مبنی بر گزارش مقادیر کم‌تر غلظت رسوب معلق در اوج دوم رسوب‌نگارهای مرکب به‌دلیل کاهش منابع رسوبی و یا ورود آب شفاف در نتیجه گسترش سطوح مشارکتی در بخشی از مناطق هزار دره‌ای در اسپانیا هم‌خوان است. همچنین نتایج پژوهش گمی و همکاران (۲۰۰۵) و صادقی و همکاران (۲۰۰۸a) در مورد رسوب‌نگارهای مرکب نشان داد که اوج اول مربوط به منابع داخلی رسوب از جمله کناره‌ها، بستر و سطوح نزدیک و یا متصل به کانال اصلی است و این موضوع در حالی اتفاق می‌افتد که رسوبات ناشی از حرکات توده‌ای و فرسایش سطحی منبع تأمین رسوب در اوج‌های ثانویه هستند. روویرا و باتالا (۲۰۰٦) نیز منابع رسوبی سرشاخه‌ها و مناطق بالادست را مسئول تعیین اوج‌های ثانویه در رسوب‌نگارهای یک حوزه آبخیز مدیترانه‌ای در اسپانیا می‌دانند.

در رسوب‌نگارهای مربوط به رگبارهای ۱۸ اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۷ و ۹ خردادماه ۱۳۸۷ (شکل ۲، ک تا ن)، اوج غلظت رسوب معلق با تأخیر زمانی بعد از اوج دبی رخ داده که منجر به تشکیل حلقه‌های سنجه پادساعت‌گرد[1] شده که براساس نتایج ویلیامز (۱۹۸۹) تشکیل این حلقه‌ها به سه عامل زمان پیمایش موج سیل و جریان رسوب، فرسایش‌پذیری بالای خاک و تغییرات فصلی و توزیع بارش و رسوب در حوزه آبخیز مربوط می‌شود. وقوع اوج دیررس برای حوزه آبخیز جنگلی کجور بیانگر عدم تأمین رسوب ناشی از فرسایش برای انتقال توسط جریان سطحی و سپس کانالی و نیز مشارکت تولید رسوب ناشی از پاسخ آرام روان‌آب تولیدی از ذوب برف در مناطق بالادست حوزه آبخیز بوده که با نظرات والینگ و وب (۱۹۸۲) در بیان موجودیت رسوب، لانا- رنو و همکاران (۲۰۰۷) درباره تفاوت در پاسخ‌های فصلی حوزه‌های آبخیز و نیز میورا و همکاران (۲۰۰۲) در راستای نقش مواد سطحی موجود در تعیین مقدار تولید رسوب ناشی از فرسایش پاشمانی در یک حوزه آبخیز جنگلی در ژاپن هم‌سو می‌باشد.

1- Anti Clockwise

نتیجه‌گیری

از پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که پاسخ‌های هیدرولوژی منطقه مورد مطالعه هم‌چون سایر حوزه‌های آبخیز ضمن پیروی از الگوهای عمومی به‌نسبت یکسان دارای تغییرات زمانی و متناسب با تغییر عوامل تأثیرگذار بر آن می‌باشد. در این زمینه مطالعه هم‌زمان رسوب‌نگارها و متغیرهای مربوط به آن در تعامل با سایر مؤلفه‌های جریان در قالب آب‌نگارها و نیز حلقه‌های سنجه ابزاری کارآمد و مناسب برای تحلیل شرایط حاکم طبیعی مانند الگو و خصوصیات بارش و انسانی مشتمل بر تغییر کاربری و برداشت معادن شن و ماسه بر سامانه‌های آبخیز به‌حساب می‌آیند. همچنین در نظر گرفتن دخالت‌های انسانی و تغییرات مصنوعی ناشی از آن مکمل خوبی برای ارایه جمع‌بندی‌های نهایی محسوب می‌شود. اگرچه مطالعه حاضر تنها شرایط درک بخشی از شرایط موجود در آبخیز جنگلی مورد مطالعه در قالب رسوب‌نگارها و حلقه‌های سنجه رسوب رگبارهای مشاهداتی در یک دوره مطالعاتی کم‌تر از یک سال را ارایه نموده است ولی دست‌یابی به جمع‌بندی‌های نهایی و ارایه خط‌مشی‌های کلی مدیریت نظام‌مند زیست‌بوم‌های جنگلی وابسته به انجام مطالعات مشابه با دوره طولانی‌تر پژوهش و نیز توسعه آن به سایر حوزه‌های آبخیز جنگلی و با ویژگی‌های متنّوع می‌باشد و بنابراین پیش‌بینی آنها طی پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود.

منابع

1.Asselman, N.E.M. 2000. Fitting and interpretation of sediment rating curves. J. Hydro. 234: 228-248.

2.Banasik, K. 1995. A conceptual model of instantaneous unit sedimentgraph. Sediment and Water Quality in River Catchment Institute, Pp: 97-105.

3.Banasik, K., and Walling, D.E. 1996. Predicting sedimengraph for a small agricultural catchment. Nordic Hydrology, 27: 4. 275-394.

4.Chen, V.J., and Kuo, C.Y. 1986. A study on synthetic sedimentgraphs for ungaged watersheds. J. Hydro. 84: 35-54.

5.Das, G. 2000. Hydrology and Soil Conservation Engineering. Prentice-Hall of India, 489p.

6.Gomi, T., Dan Moore, R., and Hassan, M.A. 2005. Suspended sediment dynamics in small forest streams of the Pacific Northwest. American Water Resources Association, Pp: 877-898.

7.Horowitz, A.J. 2003. An evaluation of sediment rating curves for estimating suspended sediment concentrations for subsequent flux calculations. Hydrological Processes, 17: 3387-3409.

8.Kothyari, U.C., Tiwari, A.K., and Singh, R. 1996. Variation of sediment yield. J. Hydro. Engine. ASCE, 1: 4. 169-176.
9.Lana-Renault, N., Regues, D., Martı-Bono, C., Begueria, S., Latron, J., Nadal, E., Serrano, P., and Garcıa-Ruiz, J.M. 2007. Temporal variability in the relationships between precipitation, discharge and suspended sediment concentration in a small Mediterranean mountain catchment. Nordic Hydrology, 38: 2. 139-150.
10.Mahdavi, M. 2002. Applied hydrology, Tehran University Press, 2: 437. (In Persian)
11.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.
12.Nadal-Romero, E., Latron, J., Martí-Bono, C., and Regüés, D. 2008. Temporal distribution of suspended sediment transport in a humid Mediterranean badland area: The Araguáscatchment, Central Pyrenees. Geomorphology, 97: 3-4. 601-616.
13.Rendon-Herrero, O. 1978. Unit sedimentgraph. Water Resour. Res. 14: 5. 889-901.
14.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.
15.Sadeghi, S.H.R., Aghabeigi Amin, S., Vafakhah, M., Yasrebi, B., and Esmaeili Sari, A. 2006a. Suitable drying time for suspended sediment samples, Iran, P 71. International Sediment Initiative Conference, Khartoum, Sudan. Nov. 12-16.
16.Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Miyata, S., Gomi, T., Kosugi, K., Fukushima, T., Mizugaki, S., and Onda, Y. 2008a. Determinant factors of sediment graphs and rating loops in a reforested watershed. J. Hydro. 356: 271-282.
17.Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Miyata, S., Gomi, T., Kosugi, K., Fukushima, T., Mizugaki, S., and Onda, Y. 2008b. Development, evaluation and interpretation of sediment rating curves for a Japanese small mountainous reforested watershed. Geoderma, 144: 198-211.
18.Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Singh, J.K., and Tofighi, B. 2009. Applicability of instantaneous unit sediment graph model in an Iranian large watershed. International J. Ecolog. Econom. and Statistics, USA, 13: 9. 30-45.
19.Sadeghi, S.H.R., and Moatamednia, M. 2008. Development and analysis of discharge rating curve in Koujor educational forest watershed, P 6. The First International Conference on the Caspian Region Environmental Change, Iran, Babolsar. (In Persian)
20.Sadeghi, S.H.R., and Saeidi, P. 2009. Suspended sediment: A suitable estimator for soil organic matter loss, Journal of Water and Soil (Agric. Sci. and Technol. J., Ferdowsi Univ. Mashhad, 23: 1. 221-228. (In Persian)

21. Sadeghi, S.H.R., Saeidi, P., and KianiHarchegani, M. 2008c. Environmental effects of sand and gravel mining through increasing suspended sediment concentration, P 270. Second National Conference on World Environment Day, Tehran University. (In Persian)
22. Sadeghi, S.H.R., and Singh, J.K. 2005. Development of a synthetic sedimentgraph using hydrological data. J. Agric. Sci. and Technol. (JAST), 7: 69-77.
23. Sadeghi, S.H.R., Tofighi, B., and Mahdavi, M. 2006b. Sediment estimation modeling in Zarrinderakht Watershed, Iranian J. Natur. Resour. 58: 4. 759-767. (In Persian)
24. Sayer, A.M., Walsh, R.P.D., and Bidin, K. 2006. Pipeflow suspended sediment dynamics and their contribution to stream sediment budgets in small rainforest catchments, Sabah. Malaysia, Forest Ecology and Management, 224: 119-130.
25. Sichingabula, H.M. 1998. Factors controlling variations in suspended sediment concentration for single-valued sediment rating curves, Fraser River, British Columbia, Canada. Hydro. Proces. J. 12: 1869-1894.
26. 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)
27. Terajima, T., Sakamoto, T., Nakai, Y., and Kitamura, K. 1996. Subsurface discharge and suspended sediment yield interactions in a valley head of a small forested watershed. J. Forest Res. 1: 131-137.
28. Walling, D.E., Collins, A.L, Sichingabula, H.A., and Leeks, G.J.L. 2001. Integrated assessment of catchment suspended sediment budgets: A Zambian Example. Land Degradation and Development, 12: 387-415.
29. 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: 27-337.
30. Walling, D.E., and Webb, B.W. 1987. Suspended load in gravel-bed rivers: UK experience, P 691-723. Thorne, C.R., Bathurst, J.C., and Hey, R.D. (eds.), 1977, Sediment Transport in Gravel-Bed Rivers. Wiley, Chichester.
31. Williams, G.P. 1989. Sediment concentration versus water discharge. J. Hydro. 111: 89-106.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 17(1), 2010
www.gau.ac.ir/journals

Analysis of Observed Sedimentgraphs and Rating Loops on Storm Basis in Educational Watershed of Tarbiat Modares University, Iran

P. Saeidi[1] and *S.H.R. Sadeghi[2]

[1]Former M.Sc. Student, Dept. of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Noor, [2]Associate Prof., Dept. of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, Noor

Abstract

Studying temporal variation of suspended sedimentgraph is an important tool in soil and water resources management of a watershed. At present, most of estimates and studies for sediment generation are accomplished by sediment rating curves, while their accuracy has ever been questionable. Therefore, sedimentgraph analysis has great importance in sediment studies in watersheds. Hence, the present study was conducted in educational watershed of Tarbiat Modares University located in Mazandaran Province, Iran, with an area of some 50000 ha to analyze sedimentgraph and rating loops of seven observed storm events from 24 October 2007 to 21 July 2008. Individual analysis of sedimentgraphs and hydrographs ascertained complexities governing the aforesaid forest watershed. The results of studying sedimentgraphs with duration of 6 to 13h verified an average sediment yield of 15.830±3.756 tons. It also showed that most of the sedimentgraphs are in advance with an average interval of +2.600±2.881 h. The developed rating loops were also recognized as clockwise type. However, this behavior varied in corresponding with sand and gravel mining and storm coverage area. The results owing to providing appropriate elementary data needed for watershed management approved the necessity of further detailed studies in storm scale and different time bases.

Keywords: Hydrograph, Kojour Forest Watershed, Rating loops, Sedimentgraph

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