

## ارزیابی تأثیر اجرای عملیات آبخیزداری بر ویژگی‌های کمی جریان و رسوب معلق در حوزه آبخیز قلعه گل استان لرستان

- ❖ بهرام میردریگوند؛ دانش آموخته، گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان
- ❖ علیرضا سپه‌وند\*؛ استادیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان
- ❖ حسین زینی‌وند؛ دانشیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

### چکیده

در سال‌های اخیر اقدامات گسترده‌ای از نظر کنترل سیل، فرسایش و رسوب در زمینه‌های تحقیقاتی، مطالعاتی و اجرایی آبخیزداری انجام شده است. لذا این تحقیق با هدف ارزیابی اثر اقدامات آبخیزداری بر روی خصوصیات جریان و رسوب معلق در دو زیرحوضه از حوزه قلعه گل انجام گرفت. برای مقایسه اثر اقدامات آبخیزداری بر روی میزان جریان و رسوب معلق خروجی از هر دو زیرحوضه، در زمان شروع بارندگی تا پایان بارندگی و رسیدن ارتفاع جریان رودخانه به دبی پایه، اندازه‌گیری سرعت جریان و نمونه‌برداری از بار معلق به صورت مستقیم و میدانی از زیرحوضه‌ها انجام گرفت. نتایج نشان داد که در تمام اندازه‌گیری‌ها میزان دبی و رسوب زیرحوضه جنوبی با عملیات آبخیزداری اجرا شده بیش از زیرحوضه شمالی بدون اجرای عملیات آبخیزداری بود. مطابق نتایج آزمون‌های آماری، مشخص شد که اختلاف بین دبی اوج جریان خروجی ( $P=0/691$ ) و رسوب اوج خروجی ( $P=0/840$ ) زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی معنی‌دار نبوده است. همچنین مطابق نتایج این تحقیق، اختلاف بین دبی ویژه و گل‌آلودگی ویژه خروجی از این زیرحوضه‌ها معنی‌دار نبوده است ( $P>0/05$ ). بر اساس این نتایج مشخص شد که اجرای این عملیات ظاهراً بعد از گذشت چند سال کارایی لازم برای کاهش میزان دبی و رسوب خروجی حوضه ندارد. بدین معنی که عملیات اجرا شده، تأثیرگذاری خود بر روی رسوب و رواناب خروجی را از دست داده‌اند. لذا برای افزایش کارایی سازه‌های مکانیکی آبخیزداری اجرا شده در آبراهه‌ها، بایستی همزمان اقدام به اجرای عملیات بیولوژیک و بیومکانیکی در روی دامنه‌ها نمود.

کلیدواژه‌گان: استان لرستان، حوضه قلعه گل، دبی اوج، رسوب معلق، عملیات آبخیزداری.

## ۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر افزایش جمعیت و رویکرد جوامع بشری به الگوهای مصرف گرایانه، نیاز به آب و مواد غذایی در بسیاری از مناطق جهان، باعث بروز مشکلات زیادی شده که به دنبال آن میزان بهره‌برداری و استفاده از منابع طبیعی افزایش یافته است. با این افزایش سریع جمعیت جهان میزان بهره‌برداری بی رویه انسان از زمین و طبیعت افزایش یافته و در نتیجه باعث تخریب هر چه بیشتر و سریعتر زمین و طبیعت گردیده است. انسان‌ها برای تامین نیازهای آبی خود به بهره‌برداری از عرصه‌های منابع طبیعی روی آوردند. این بهره‌برداری‌ها در بیشتر موارد چنان سریع، نامعقول و منفعت طلبانه بود که باعث برهم زدن نظم و تعادل سیستمی حوزه‌های آبخیز گردید که این یکی از مشکلات بسیار مهم قرن بیست و یکم خصوصاً در کشورهای جهان سوم و همچنین ایران می‌باشد [۲، ۸، ۱۰، ۱۴، ۱۸، ۲۱، ۲۵ و ۳۱]. فرسایش خاک نتیجه عدم تعادل عوامل طبیعی در حوزه آبخیز می‌باشد که بسیاری از مشکلات زیست محیطی پر هزینه را ایجاد می‌نماید، از جمله کاهش بهره‌وری زمین‌های زیر کشت و بر عملکرد زراعی خاک تأثیر منفی می‌گذارد [۳۳ و ۳۵]. در نتیجه این مشکلات، حفاظت آب و خاک اهمیت جهانی پیدا کرده است. به منظور تلاش برای پیشگیری از این روند، دولت‌ها و سازمان‌های مربوطه اصول و روش‌های مدیریتی را به کار گرفتند [۲۵]. از جمله این روش‌های مدیریتی، آبخیزداری می‌باشد. برای رفع این مشکلات تلاش‌های مختلفی در سال‌های اخیر صورت گرفته است. اجرای عملیات آبخیزداری با هدف نفوذ رواناب، کاهش دبی اوج سیلاب و جلوگیری از رسوب گذاری در پشت سدها از جمله این تلاش‌ها است [۴]. آبخیزداری به کلیه اقدامات مکانیکی، بیولوژیکی و مدیریتی که در یک حوزه آبخیز به منظور ارتقاء وضعیت اقتصادی و اجتماعی ساکنین و بهبود وضعیت زیست‌محیطی حوضه و با توجه بهره‌برداری پایدار از منابع آن صورت می‌گیرد، اطلاق شده و بدون شک آبخیزداری یکی از فعالیت‌های عمده و زیر

بنایی می‌باشد که به مدیریت جامع منابع آب و خاک و پوشش گیاهی، بهره‌برداری بهینه از این منابع و حفظ سرمایه اصلی می‌پردازد [۲۴ و ۲۸]. آبخیزداری و مدیریت کاربری اراضی در واقع ضمن ارائه راهکار موثر در استفاده از منابع حوضه، نقش مهمی در پیشگیری از بروز سیلاب و هدر رفت رواناب‌ها را بر عهده دارد [۱ و ۳]. از جمله مخاطرات اصلی حوزه آبخیز، وقوع سیلاب‌های سالانه در حوزه‌های آبخیز می‌باشد که باعث خسارت‌های بی‌شمار اقتصادی و حتی جانی می‌گردد. با تمام تلاش‌هایی که در طول تاریخ به وسیله مردم یا دولت‌ها صورت گرفته است، هیچ کشوری صرف نظر از دارایی و پیشرفت تکنولوژی، نتوانسته است نواحی سیل‌گیر خود را کاملاً و برای همیشه از خطر سیل محفوظ نماید. به عبارتی دیگر کنترل یا کاهش این عوارض مخرب و ویرانگر نیازمند مطالعه صحیح و دقیق می‌باشد. رویداد، اندازه و تکرار سیل ناشی از عوامل متعددی است که بسته به شرایط اقلیمی، طبیعی و جغرافیایی هر منطقه تغییر می‌کند [۵ و ۱۳]. از دیگر مخاطرات مرتبط با منابع طبیعی بحث فرسایش و رسوب است که رسوب خروجی از منطقه باعث خساراتی در خود منطقه مبدأ و همچنین در پایین دست حوزه آبخیز می‌شود. همانطور که بیان شد یکی از راهکارهای مقابله با این مشکلات، اجرای پروژه‌های آبخیزداری می‌باشد. انجام اقدامات آبخیزداری با تأثیرگذاری بر اجزای حوزه آبخیز و با تغییر در رفتار هیدرولوژیکی آن سعی در کاهش پاسخ حوزه آبخیز در قبال بارش ورودی دارد و در پایین دست با مدیریت وضعیت هیدرولیکی رودخانه و سیلاب دشت جهت تسهیل عبور سیلاب تلاش می‌نماید. از طرفی آگاهی از میزان تاثیر و ارزیابی عملکرد اجرای عملیات آبخیزداری در نواحی آسیب‌پذیر واقع در پایین دست و دشت‌های سیلابی می‌تواند کمک شایانی در اتخاذ تدابیر و تصمیم‌گیری صحیح به مدیران ارائه نماید [۳۰]. اقدامات مهار سیلاب در آبخیزداری از طریق احداث سازه‌های کوچک و اجرای روش‌های بیولوژیکی مهار سیلاب در دور دست‌ترین

دو زیر حوضه QE و QW و در مقیاس سالانه و رگبار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ضرایب رواناب حوزه‌های آبخیز به طور قابل توجهی کاهش یافته است، اگرچه کاهش ضریب رواناب QE کمتر از نصف QW بود. همچنین به دلیل افزایش پوشش گیاهی، نسبت تحویل رسوب کاهش یافت با این تفاوت که این کاهش در زیرحوضه QE بیشتر از QW بود. در زیرحوضه QE ارتباط بین رواناب و نسبت تحویل رسوب در سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۸۷ تغییر معنی‌داری نداشت اما در بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۷ تغییرات معنی‌دار بود. در زیرحوضه QW ارتباط بین رواناب و نسبت تحویل رسوب در سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۷ تغییر معنی‌داری نداشت. این نتایج نشان می‌دهد که اقدامات بیولوژیکی و اقدامات مهندسی در دامنه‌ها، تأثیر زیادی بر رابطه بین رواناب و رسوب در حوزه‌های آبخیز ندارد ولی ساخت سدهای اصلاحی کوچک باعث کاهش فرسایش و غلظت رسوب معلق در منطقه خندقی می‌گردد. بر این اساس اقدامات کنترلی باعث اثری معنی‌دار بر ارتباط بین رواناب و نسبت تحویل رسوب در منطقه خندقی داشتند. بر اساس نتایج تحقیقات گذشته، یکی از راهکارهای اصولی و صحیح ارزیابی اقدامات اجرا شده آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز، مقایسه شرایط قبل و بعد از اجرای این عملیات می‌باشد ولی از طرفی چون بیشتر این اقدامات بدون مطالعه دقیق حوضه‌ها قبل از اجرای این اقدامات بوده است، لذا بهترین راه‌کار جایگزین مقایسه شرایط حوضه‌های دارای اقدامات اجرا شده و حوضه‌های بدون اقدامات اجرایی آبخیزداری می‌باشد. لذا هدف این تحقیق ارزیابی کارایی و اثر بخشی عملیات آبخیزداری بر روی رسوب و رواناب خروجی در دو حوضه کنار هم و با شرایط فیزیکی و اقلیمی یکسان می‌باشد که یکی از این حوضه‌ها دارای عملیات آبخیزداری اجرا شده و دیگری فاقد عملیات آبخیزداری می‌باشد.

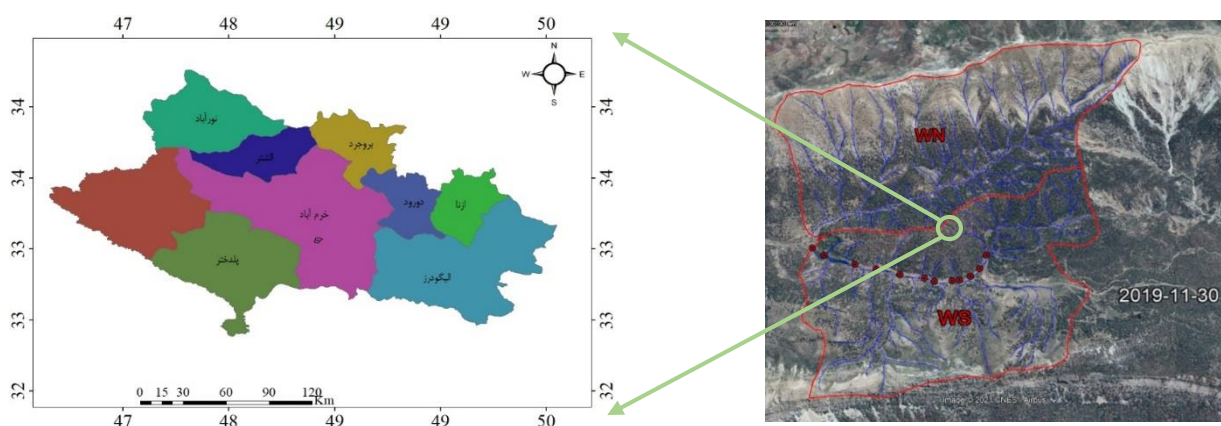
نقاط حوزه آبخیز اجرا می‌شود [۲]. از جمله این سازه‌های آبخیزداری می‌توان به بندهای چپری، سنگی ملاتی، گابیونی، ... اشاره کرد. در ایران برای جلوگیری از تخریب خاک و کاهش شدت آن و ممانعت از هدر رفت آب اقدامات حفاظت آب و خاک از سال ۱۳۲۷ آغاز شده و تا کنون ادامه دارد که اجرای این اقدامات آبخیزداری در سطح گسترده کشور ایران دارای سابقه طولانی نیست [۲۸]. یکی از راهکارهای اثر دهی این اقدامات آبخیزداری بر روی مشکلات ذکر شده حوزه آبخیز، ارزیابی دقیق کارایی این سازه‌ها می‌باشد. ولی در ایران به دلیل نبود سطح وسیع اجرایی اقدامات آبخیزداری، ارزیابی نتایج این اقدامات به عمل آمده نیز چندان مورد توجه نبوده و روش‌های مشخصی نیز به این منظور ارائه نشده است. این در حالی است که ارزیابی طرح‌های آبخیزداری به منظور تجزیه و تحلیل عملکرد اقدامات و تدوین راهکارهای اصولی یکی از نیازهای اساسی در این زمینه است. بنابراین ضرورت دارد روش‌های کمی مناسب برای ارزیابی عملکرد اقدامات مورد بحث شناسایی و استفاده قرار گیرد [۲۶] و [۲۸]. در این زمینه تحقیقات مختلفی در ایران و سایر نقاط جهان انجام شده است که در ذیل به چند نمونه از این تحقیقات اشاره شده است. چمن پیرا و روغنی [۴] به ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری در کاهش سیلاب حوضه دادآباد پرداختند. در این تحقیق با استفاده از مدل ریاضی HEC-HMS نسبت به برآورد سیلاب اقدام گردید. نتایج نشان داد که در دوره بازگشت‌های پایین، حوضه‌های ذخیره آب، از توانایی لازم برای ذخیره سازی رواناب و کاهش دبی اوج سیلاب برخوردارند، اما با افزایش دوره بازگشت، نقش این اقدامات در مهار سیلاب و کاهش دبی اوج کاهش می‌یابد. Yan و همکاران [۳۵] به بررسی اثر اقدامات آبخیزداری بر روی ارتباط بین مقادیر بارندگی، دبی و نسبت تحویل رسوب منطقه خندقی فلات لسی چین پرداختند. در این تحقیق برای تعیین تغییرات بارندگی، رواناب و نسبت تحویل رسوب، داده‌های هیدرومتری (۲۰۱۰-۱۹۸۷) برای

## ۲. روش شناسی

### ۱.۲. منطقه مورد مطالعه

زیرحوضه‌های مورد مطالعه بخشی از حوضه قلعه گل در استان لرستان می‌باشند. حوضه قلعه گل با مختصات جغرافیایی  $33^{\circ}15'15''$  تا  $33^{\circ}21'15''$  عرض شمالی در بخش مرکزی استان لرستان واقع شده است (شکل ۱). زیر حوضه‌های

مورد مطالعه بنام‌های شمالی (WN) و جنوبی (WS) به ترتیب با مساحت ۵۷۴ و ۵۰۲ هکتار در سر شاخه‌های حوضه قلعه گل مطابق شکل ۱ مشخص شدند. حوضه جنوبی دارای اقدامات آبخیزداری اجرا شده از قبیل بندهای سنگی ملاتی می‌باشد، اما بندهای سنگی ملاتی اجرا شده در حوضه شمالی در حین بارش و سیلاب فروردین ماه ۱۳۹۸، تخریب شدند.

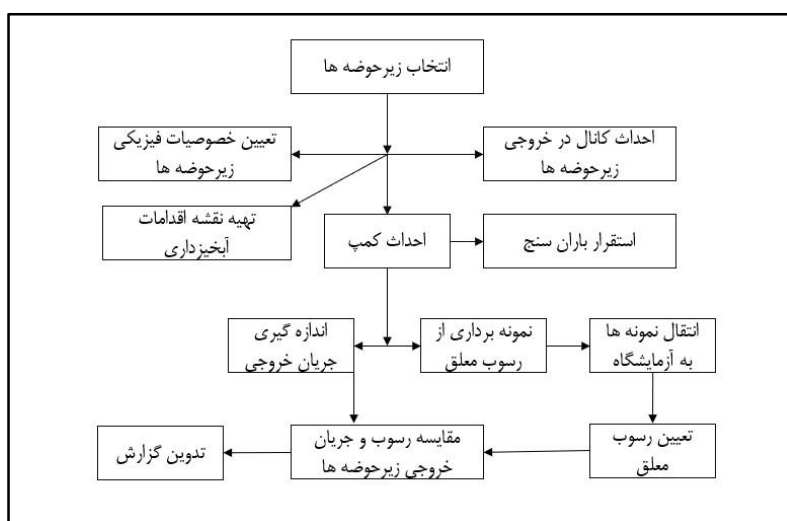


شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه روی نقشه استان لرستان، ایران

### ۲.۲. روش انجام کار

قلعه گل مطابق با روندنمای شکل ۲ انجام شد.

این تحقیق در دو زیرحوضه از سرشاخه‌های حوضه



شکل ۲. فلوچارت مراحل انجام تحقیق

استفاده از این اطلاعات میزان تشابه یا اختلاف هر دو زیرحوضه نسبت به هم تعیین گردید. همچنین خصوصیات فیزیکی خاک سطحی سازندهای اصلی هر دو زیرحوضه تعیین شد. در ادامه با توجه به اینکه در زیرحوضه‌های مورد مطالعه ایستگاه هیدرومتری موجود نبود، برای بررسی و اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولوژیکی به روش مستقیم و مطابق زیر عمل شد. ابتدا در خروجی هر دو زیرحوضه برای اندازه‌گیری نمونه‌های آب و حجم جریان، اقدام به احداث کانال شکل ۳ شد.

در این تحقیق نقشه‌های مدل رقومی ارتفاع با اندازه پیکسل ۱۰\*۱۰ متر برای تهیه نقشه شیب، زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه آبراهه‌ها با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه اقدامات سازه‌ای اجرا شده در منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شد. از نقشه‌های ذکر شده برای بررسی میزان تشابه زیرحوضه‌های مورد مطالعه، استفاده شد. از دیگر اقدامات انجام شده، می‌توان به تعیین خصوصیات مختلف فیزیکی حوضه از جمله مساحت، محیط، ضرایب شکل زیرحوضه‌ها اشاره کرد و در نهایت با



شکل ۳. کانال احداث شده در خروجی زیرحوضه جنوبی و شمالی

سرعت جریان با استفاده از مولینه و تعیین دبی جریان، نمونه‌گیری رسوب توسط ظروف دو لیتری و به روش انتگراسیون عمقی [۶، ۷، ۱۷ و ۲۲] انجام شد. از هر مخزن دو لیتری، یک ظرف یک لیتری پس از مخلوط آب و رسوب برای آنالیز رسوبات گرفته شد. برای اندازه‌گیری غلظت رسوب از روش تخلیه<sup>۱</sup> آب استفاده شد [۲۲ و ۳۲]. در این روش، ظرف یک لیتری مخلوط آب و رسوب را به مدت ۴۸ ساعت به حالت سکون نگه داشته و سپس به آرامی اقدام به تخلیه آب بالای رسوبات گردید. بعد از خالی کردن آب اضافی، رسوبات موجود در کف ظرف را شسته و از کاغذ صافی عبور داده شد تا رطوبت رسوب به

قبل از وقوع بارندگی در منطقه حاضر شده و با ایجاد کمپ صحرائی، از زمان شروع بارندگی تا پایان آن در هر دو زیرحوضه اندازه‌گیری سرعت جریان و نمونه برداری از بار معلق انجام گرفت. بازه زمانی برای نمونه گرفتن از مواد بار معلق، با توجه به تغییر ارتفاع رواناب و همچنین تغییر غلظت انتخاب گردید. برداشت اطلاعات دبی و رسوب تا تمام شدن رگبار و رسیدن ارتفاع جریان رودخانه به دبی پایه ادامه یافت. لازم به یادآوری است که میزان بارندگی منطقه با نصب یک باران‌سنج اندازه‌گیری شد. در این تحقیق روش نمونه‌برداری به این صورت بود که در هر رگبار به فواصل زمانی مشخص و همزمان با اندازه‌گیری

<sup>۱</sup> Decantation

آبخیزداری بر میزان رسوب و رواناب خروجی از هر زیر حوضه استفاده می شود.

### ۳. نتایج

جدول ۱ خصوصیات فیزیکی هر دو زیر حوضه را نشان می دهد. مطابق نتایج این جدول، مساحت حوضه شمالی و جنوبی به ترتیب برابر ۵/۷۴۲ و ۵/۰۲۵ کیلومتر مربع می باشد. همچنین محیط این حوضه ها به ترتیب برابر ۱۱/۰۲ و ۱۰/۴۷ کیلومتر است. طول آبراهه اصلی حوضه شمالی ۴/۶۹ و حوضه جنوبی ۴/۰۱ کیلومتر می باشد. عامل شکل حوضه شمالی برابر ۳/۱۷ و حوضه جنوبی ۱/۸۱ هست لذا می توان گفت حوضه شمالی شکل کشیده تری نسبت به حوضه جنوبی دارد. همچنین ضریب فشردگی گراولیوس (C.C) در حوضه شمالی و جنوبی به ترتیب برابر ۱/۲۹ و ۱/۳۱ می باشد. هر چه این ضریب به یک نزدیک تر باشد مبین شکل دایره ای حوضه خواهد بود.

حداقل برسد سپس رسوبات در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید [۶، ۱۲، ۱۵، ۱۷، ۲۲، ۲۳ و ۳۵]. با توزین نمونه های کاغذ صافی همراه رسوب و کسر نمودن وزن کاغذ صافی، وزن رسوب نمونه بر حسب گرم در لیتر محاسبه شد [۱۷] و سپس غلظت کل رسوبات در هر رگبار به دست آمد [۱۲ و ۱۵]. سرانجام مقدار کل رسوب، از طریق ضرب حجم کل رواناب در غلظت رسوب برآورد گردید [۳۵]. از آنجایی که ترسیم حلقه های سنجه رسوب می تواند در تبیین روابط بین آب نمود و رسوب نمود کمک نماید، در این پژوهش اقدام به تهیه حلقه های سنجه رسوب برای رگبارهای مورد مطالعه شد. این حلقه ها معمولا دارای الگوهای مختلفی از جمله خطی، ساعت گرد، پادساعت گرد، خط-حلقه و هشت شکل هستند [۲۷ و ۳۴] که هر کدام بیانگر رفتار خاصی از رسوب حوضه است. در نهایت برای نشان دادن تاثیر اجرای اقدامات آبخیزداری بر روی میزان رسوب و رواناب خروجی از هر زیر حوضه از آزمون ANOVA استفاده شد. این آزمون برای نشان دادن تاثیر اجرای عملیات

جدول ۱. خصوصیات فیزیوگرافی زیر حوضه های مورد مطالعه

خصوصیات فیزیوگرافی	حوضه شمالی	حوضه جنوبی	خصوصیات فیزیوگرافی	حوضه شمالی	حوضه جنوبی
مساحت (کیلومتر مربع)	۵/۷۴۲	۵/۰۲۵	ضریب گردی (Rc)	۰/۵۷۶	۰/۵۷۶
محیط (کیلومتر)	۱۱/۰۲	۱۰/۴۷	نسبت کشیدگی (Re)	۰/۸۳۸	۰/۸۳۸
طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	۴/۶۸۸	۴/۰۱۲	طول مستطیل معادل (L)	۳/۵۴۶	۳/۵۴۶
حداکثر ارتفاع (متر)	۲۴۳۴	۲۴۲۲	عرض مستطیل معادل (l)	۰/۹۶۳	۰/۹۶۳
حداقل ارتفاع (متر)	۱۹۳۴	۱۸۹۷	تراکم زهکشی (Km/Km <sup>2</sup> )	۵/۷۲	۵/۷۲
عامل شکل حوضه (SF)	۳/۱۶۷	۱/۸۰۸	شیب متوسط حوضه (درصد)	۲۳/۴۲۱	۲۰/۸۶۵
ضریب فشردگی گراولیوس (C.C)	۱/۲۸۷	۱/۳۰۸	شکل شبکه زهکشی	شاخه درختی موازی	شاخه درختی
ضریب شکل (F.F)	۰/۲۶۱	۰/۳۱۲	زمان تمرکز (ساعت)	۰/۵۲	۰/۴۲

می باشد. همچنین ضریب گردی (Rc) این حوضه ها به ترتیب ۰/۶ و ۰/۵۸ است. این ضریب همواره کمتر از یک و در حوضه های گرد به یک نزدیک تر است. تراکم زهکشی این دو حوضه به ترتیب برابر ۵/۹۲ و ۵/۷۲ می باشد. شیب

ضریب شکل (F.F) در حوضه های مذکور به ترتیب برابر ۰/۲۶۱ و ۰/۳۱۲ است. هر چه این ضریب به یک نزدیک تر باشد شکل حوضه به مربع نزدیک تر است. نسبت کشیدگی (Re) در حوضه شمالی ۰/۶۳۳ و در حوضه جنوبی ۰/۸۳۸

درختی-موازی و حوضه جنوبی شاخه درختی است. زمان تمرکز این دو حوضه به ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۴۲ می‌باشد.

متوسط حوضه‌های مذکور به ترتیب ۲۰/۸۷ و ۲۳/۴۲ می‌باشد. شکل شبکه زهکشی حوضه شمالی شاخه

جدول ۲. دبی اوج، رسوب اوج و رسوب کل اوج به تفکیک روزهای بارندگی

بارش (میلی‌متر)	WN						زیرحوضه	
	حجم کل رواناب (m <sup>3</sup> )	رسوب کل (تن)	رسوب کل اوج (gr)	رسوب اوج (gr/ Lit)	دبی اوج (Lit/s)	دبی ویژه (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	رسوب ویژه (gr/ Lit/Km <sup>2</sup> )	تاریخ
۵۵	۴۴۸۷/۵	۱۷۰۹/۴	۸۲۹/۸۹	۳/۴۰	۲۴۳/۹۵	۰/۰۴۳	۰/۵۹۲	۱۳۹۹/۰۹/۱۰
۴۵	۴۴۷۴/۷	۹۲۹	۴۷۲/۶۳	۲/۶۹	۱۷۵/۴۹	۰/۰۳۱	۰/۴۶۹	۱۳۹۹/۰۹/۲۶
۴۹	۵۸۹۲/۵	۵۳۰۴/۹	۱۷۳۱/۹۹	۳/۴۰	۵۰۹/۱۲	۰/۰۸۹	۰/۵۹۲	۱۳۹۹/۱۲/۲۲
بارش (میلی‌متر)	WS						زیرحوضه	
	حجم کل رواناب (m <sup>3</sup> )	رسوب کل (تن)	رسوب کل اوج (gr)	رسوب اوج (gr/ Lit)	دبی اوج (Lit/s)	دبی ویژه (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	رسوب ویژه (gr/ Lit/KM <sup>2</sup> )	تاریخ
۵۵	۴۳۳۱/۸	۱۸۷۶/۲	۹۸۹/۲۱	۴/۱۱	۲۴۰/۶۴	۰/۰۴۸	۰/۸۱۹	۱۳۹۹/۰۹/۱۰
۴۵	۶۲۶۰/۲	۲۱۶۵/۳	۵۵۰/۶۰	۲/۱۳	۲۵۸/۹۶	۰/۰۵۲	۰/۴۲۴	۱۳۹۹/۰۹/۲۶
۴۹	۶۴۳۵/۴	۶۷۹۷/۳	۱۸۳۷/۵۹	۲/۸۶	۶۴۱/۶۰	۰/۱۲۸	۰/۵۷۰	۱۳۹۹/۱۲/۲۲

در بارش روزهای ۱۳۹۹/۰۹/۱۰ و ۱۳۹۹/۱۲/۲۲ و در زیرحوضه جنوبی با مقدار ۴/۱۱ گرم بر ثانیه در بارش روز ۱۳۹۹/۰۹/۱۰ برای دبی اوج همین روزها بوده است. همچنین بیشترین دبی رسوب ویژه در زیرحوضه شمالی به مقدار ۰/۵۹۲ گرم بر لیتر بر کیلومتر مربع در بارش روزهای ۱۳۹۹/۰۹/۱۰ و ۱۳۹۹/۱۲/۲۲ و در زیرحوضه جنوبی با مقدار ۰/۸۱۹ گرم بر لیتر بر کیلومتر مربع در بارش روز ۱۳۹۹/۰۹/۱۰ مشاهده گردید. همچنین مطابق نتایج جدول ۲ مشخص شد که بیشترین حجم رواناب و رسوب خروجی حوضه‌های شمالی و جنوبی در رگبار روز ۱۳۹۹/۱۲/۲۲ اتفاق افتاده است.

همچنین جدول ۳ خصوصیات آماری دبی اوج و رسوب اوج خروجی بارندگی‌های مورخه ۱۳۹۹/۰۹/۱۰، ۱۳۹۹/۰۹/۲۶ و ۱۳۹۹/۱۲/۲۲ از زیر حوضه‌ها را نشان می‌دهد. مطابق نتایج این جدول میانگین دبی اوج زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی به ترتیب برابر ۳۰۹/۵۲ و ۳۸۰/۴۰ لیتر در ثانیه می‌باشد. همچنین انحراف معیار این زیرحوضه‌ها به ترتیب برابر ۱۷۶/۲۲ و ۲۲۶/۳۹ است. علاوه بر این حداکثر دبی اوج زیرحوضه‌های شمالی و

در ادامه نمودار تغییرات جریان خروجی و رسوب معلق خروجی از زیرحوضه‌ها تهیه شد. شکل ۴ و ۵ نمودار تغییرات دبی جریان خروجی و رسوب معلق خروجی به ترتیب در روزهای ۱۳۹۹/۰۹/۱۰، ۱۳۹۹/۰۹/۲۶ و ۱۳۹۹/۱۲/۲۲ در حوضه‌های شمالی و جنوبی را نشان می‌دهند که مطابق نتایج این شکل‌ها، شیب شاخه صعودی هیدروگراف از شیب شاخه نزولی بیشتر است. جدول ۲ نتایج مربوط به دبی اوج، رسوب اوج و رسوب کل اوج به تفکیک روزهای بارندگی را در زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی نشان می‌دهد. مطابق نتایج در زیرحوضه شمالی و جنوبی بیشترین دبی اوج به ترتیب با مقدار ۵۰۹/۱۲ و ۶۴۱/۶۰ لیتر بر ثانیه و نیز بیشترین دبی ویژه در زیرحوضه شمالی و جنوبی به ترتیب با مقدار ۰/۰۸۹ و ۰/۱۲۸ متر مکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع در بارش روز ۱۳۹۹/۱۲/۲۲ مشاهده شده است. همچنین بیشترین بار رسوبی آبراهه زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی به ترتیب با مقدار ۱۷۳۱/۹۹ و ۱۸۳۷/۵۹ گرم بر ثانیه برای دبی اوج همین روز بوده است. علاوه بر این بیشترین دبی رسوب اوج آبراهه زیرحوضه شمالی به مقدار ۳/۴۰ گرم بر ثانیه

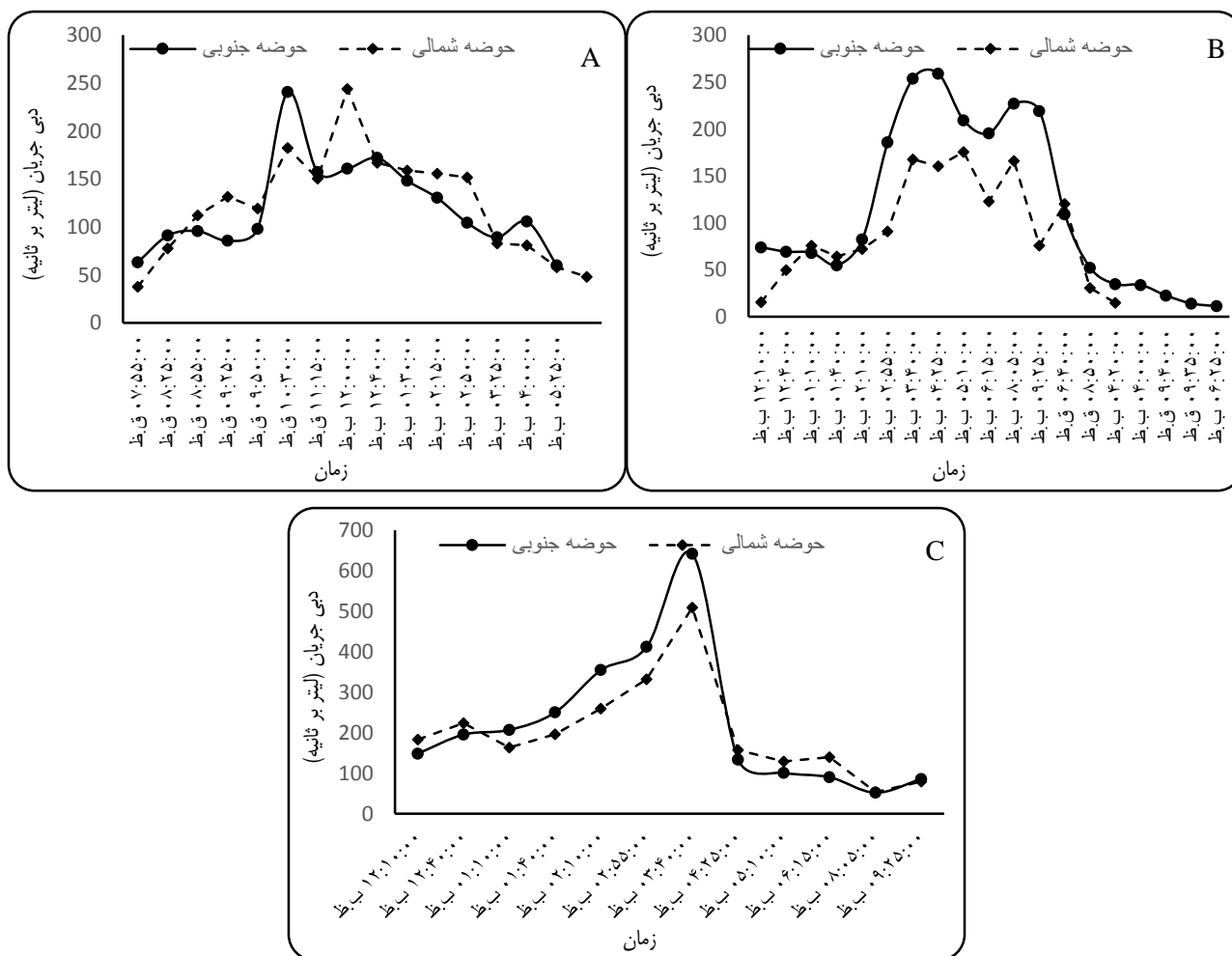
جنوبی به ترتیب برابر  $۵۰۹/۱۲$  و  $۶۴۱/۶۰$  لیتر در ثانیه و حداقل دبی اوج زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی به ترتیب برابر  $۱۷۵/۴۹$  و  $۲۴۰/۶۴$  لیتر در ثانیه می‌باشد. همچنین مطابق نتایج این جدول میانگین رسوب زیر حوضه‌های شمالی و جنوبی به ترتیب برابر  $۳/۱۶$  و  $۳/۰۳$  گرم بر لیتر می‌باشد.

همچنین انحراف معیار این زیرحوضه‌ها به ترتیب برابر  $۰/۴۱$  و  $۱/۰۰$  است. علاوه بر این حداکثر دبی رسوب زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی به ترتیب برابر  $۳/۴۰$  و  $۴/۱۱$  گرم بر لیتر و حداقل دبی رسوب زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی به ترتیب برابر  $۲/۶۹$  و  $۲/۱۳$  گرم بر لیتر می‌باشد.

از طرفی مطابق نتایج این جدول میانگین دبی رسوب کل زیر حوضه‌های شمالی و جنوبی به ترتیب برابر

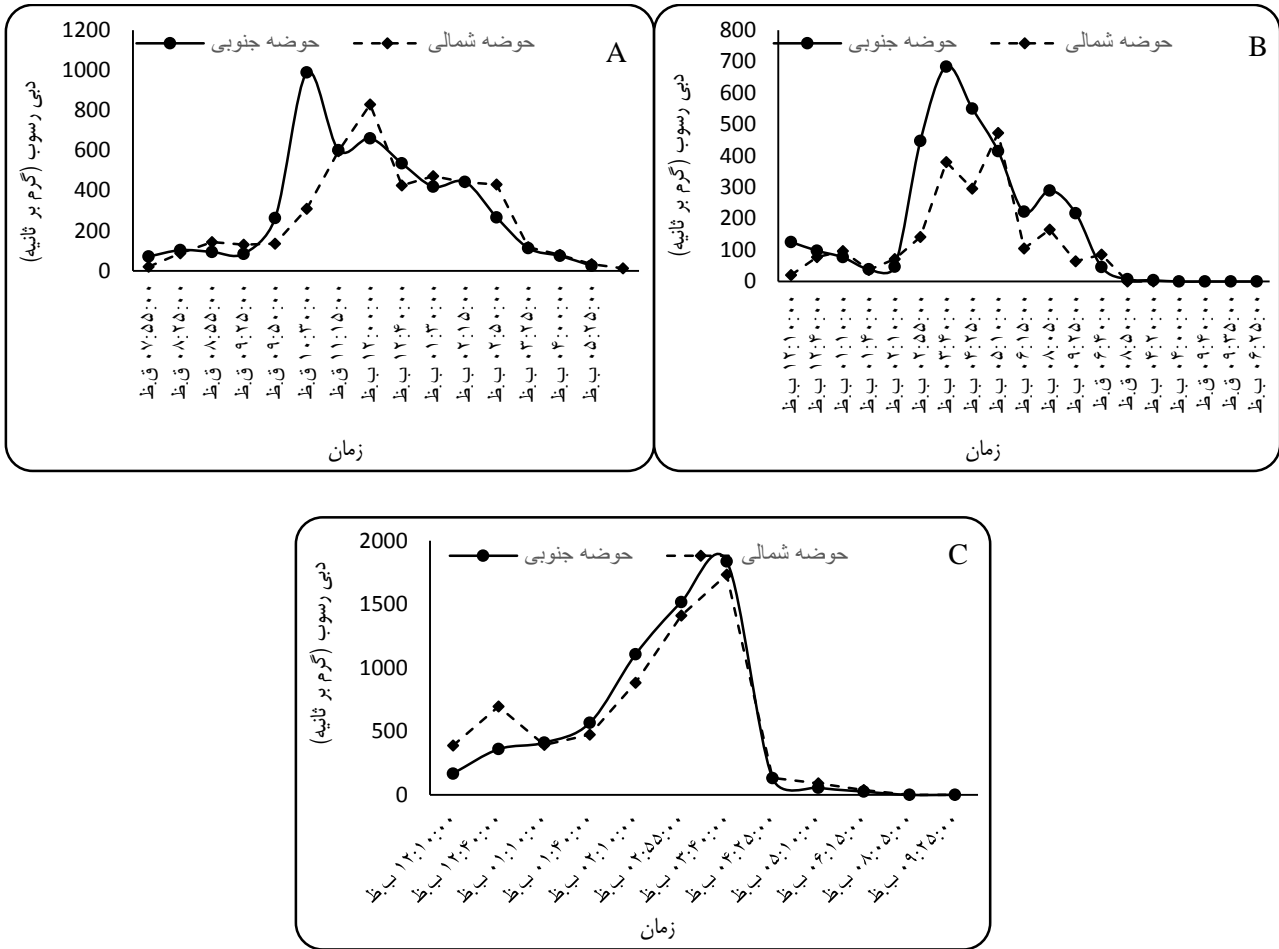
$۱۰۱۱/۵۰$  و  $۱۱۲۵/۸۰$  گرم بر ثانیه می‌باشد. همچنین انحراف معیار این زیرحوضه‌ها به ترتیب برابر  $۶۴۹/۰۳$  و  $۶۵۴/۲۸$  است. علاوه بر این حداکثر دبی رسوب کل زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی به ترتیب برابر  $۱۷۳۱/۹۹$  و  $۱۸۳۷/۵۹$  گرم بر ثانیه و حداقل دبی رسوب کل زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی به ترتیب برابر  $۴۷۲/۶۳$  و  $۵۵۰/۶۰$  گرم بر ثانیه می‌باشد. همچنین مطابق نتایج این

جدول، میانگین دبی ویژه در زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی به ترتیب برابر  $۰/۰۵۳۹$  و  $۰/۰۷۵۷$  لیتر بر ثانیه بر کیلومتر مربع می‌باشد و میانگین گل‌آلودگی ویژه در زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی به ترتیب برابر  $۰/۵۵۱۱$  و  $۰/۶۰۴۲$  گرم بر لیتر بر کیلومتر مربع می‌باشد.



شکل ۴. نمودار تغییرات دبی جریان خروجی روز A:  $۱۳۹۹/۰۹/۱۰$ ; B:  $۱۳۹۹/۰۹/۲۶$  و C:  $۱۳۹۹/۱۲/۲۲$  زیر حوضه‌های WS و WN





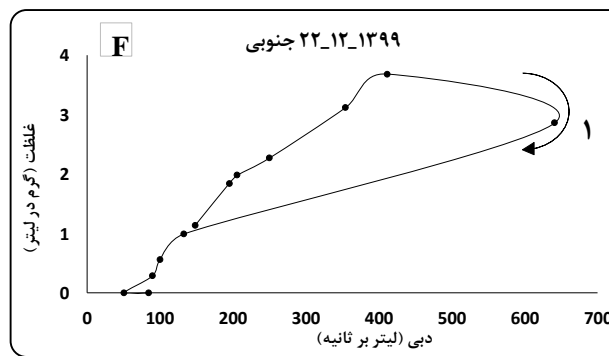
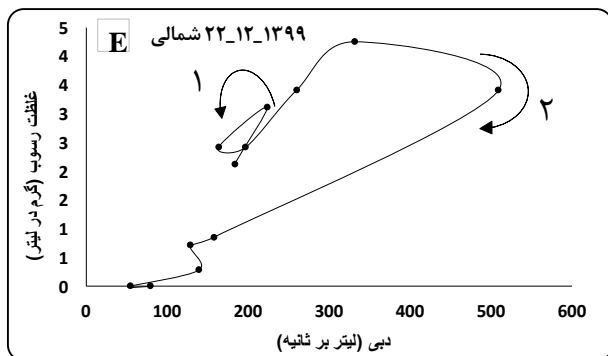
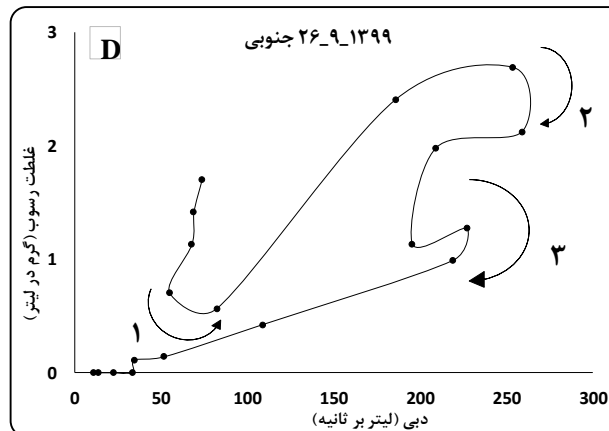
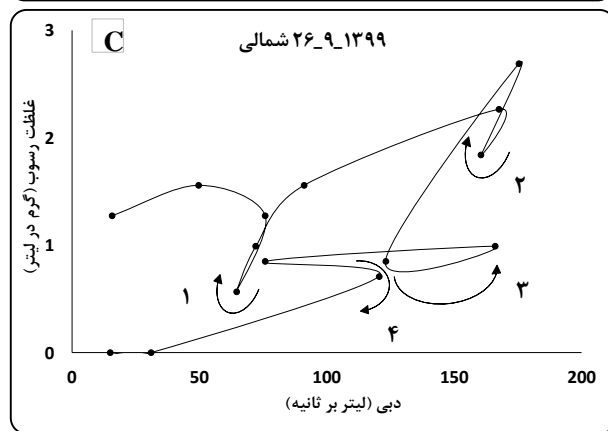
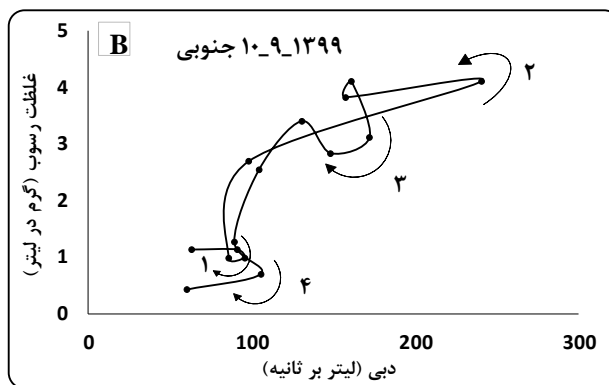
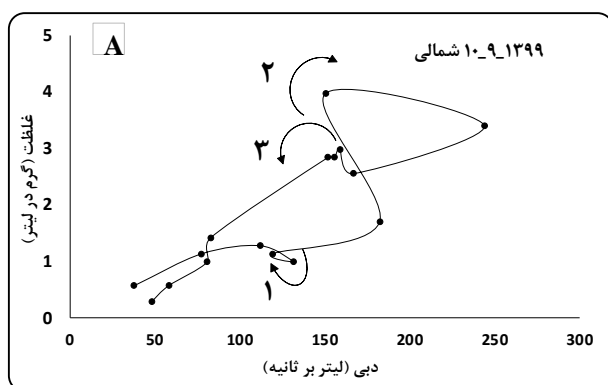
شکل ۵. نمودار تغییرات دبی رسوب خروجی روز A: ۱۳۹۹/۰۹/۱۰، B: ۱۳۹۹/۰۹/۲۶ و C: ۱۳۹۹/۱۲/۲۲ زیر حوضه‌های WN و WS

جدول ۳. خصوصیات آماری دبی اوج و دبی رسوب اوج خروجی از زیر حوضه‌ها

پارامتر	زیر حوضه	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل
دبی اوج (لیتر بر ثانیه)	WN	۳۰۹/۵۲	۱۷۶/۲۲	۵۰۹/۱۲	۱۷۵/۴۹
	WS	۳۸۰/۴	۲۲۶/۳۹	۶۴۱/۶	۲۴۰/۶۴
	مجموع	۳۴۴/۹۶	۱۸۵/۵۵	۶۴۱/۶	۱۷۵/۴۹
غلظت رسوب (گرم بر لیتر)	WN	۳/۱۶	۰/۴۱	۳/۴	۲/۶۹
	WS	۳/۰۳	۱	۴/۱۱	۲/۱۳
	مجموع	۳/۱	۰/۶۹	۴/۱۱	۲/۱۳
دبی رسوب (گرم بر ثانیه)	WN	۱۰۱۱/۵	۵۲۹/۹	۱۷۳۱/۹۹	۴۷۲/۶۳
	WS	۱۱۲۵/۸	۵۳۴/۲۱	۱۸۳۷/۵۹	۵۵۰/۶
	مجموع	۱۰۶۸/۶۵	۵۸۶/۲۱	۱۸۳۷/۵۹	۴۷۲/۶۳
دبی ویژه (لیتر بر ثانیه بر کیلومتر مربع)	WN	۰/۰۵۳۹	۰/۰۳۰۶	۰/۰۸۸۶	۰/۰۳۰۵
	WS	۰/۰۷۵۷	۰/۰۴۵۱	۰/۱۲۷۸	۰/۰۴۷۹
گل‌آلودگی ویژه (گرم بر لیتر بر کیلومتر مربع)	WN	۰/۵۵۱۱	۰/۰۷۱۴	۰/۵۹۲۳	۰/۴۶۸۶
	WS	۰/۶۰۴۲	۰/۱۹۹۴	۰/۸۱۸۷	۰/۴۲۴۳

شمالی و جنوبی در حالت کلی ترکیبی است. ولی تعداد حلقه‌های پادساعت‌گرد بیشتر از ساعت‌گرد است. حلقه‌های رسوب معلق مربوط به رویداد ۱۳۹۹/۹/۲۶ (شکل ۶C و ۶D) نیز نسبتاً پیچیده و شامل زیرحلقه‌های مختلف پادساعت‌گرد و ساعت‌گرد با غالبیت پادساعت‌گرد است. در این رویداد حلقه مربوط به زیرحوضه شمالی پیچیده‌تر از زیرحوضه جنوبی است.

برای بررسی رفتار رسوب معلق زیرحوضه‌ها در طول رگبارهای اتفاق افتاده در این پژوهش، حلقه‌های رسوب ترسیم گردید (شکل ۶). همانطور که در شکل ۶ دیده می‌شود این حلقه‌ها الگوهای مختلفی از جمله ساعت‌گرد، پادساعت‌گرد و پیچیده را دارند که تعداد حلقه‌های ساعت‌گرد بیشتر از بقیه الگوها دیده می‌شود. حلقه‌های ترسیم شده رسوب معلق در شکل ۶A و ۶B نشان می‌دهد که در رویداد ۱۳۹۹/۹/۱۰ در هر دو زیرحوضه



شکل ۶ حلقه‌های رسوب معلق رویداد ۱۳۹۹/۹/۱۰ (A و B)، رویداد ۱۳۹۹/۹/۲۶ (C و D) و رویداد ۱۳۹۹/۱۲/۲۲ (E و F)

زیرحوضه های شمالی و جنوبی

زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی را نشان می‌دهد. مطابق نتایج تحلیل آزمون آماری ANOVA، مشخص شد که اختلاف بین دبی اوج جریان خروجی و رسوب اوج خروجی زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی معنی‌دار نبوده است. همچنین مطابق نتایج این جدول، اختلاف بین دبی ویژه و رسوب ویژه خروجی از این زیرحوضه‌ها معنی‌دار نبوده است.

همانطور که در شکل ۶E و ۶F مربوط به رگبار تاریخ ۱۳۹۹/۱۲/۲۲، مشاهده می‌شود که حلقه‌های رسوب معلق به تبعیت از هیدروگراف‌های متناظر، ساده‌تر هستند ولی باز هم در زیرحوضه شمالی دو زیرحلقه پادساعت گرد و ساعت‌گرد ایجاد شده است ولی در زیرحوضه جنوبی فقط یک حلقه ساعت‌گرد دیده می‌شود.

در ادامه جدول ۴ نتایج مربوط به آزمون ANOVA بر روی دبی اوج جریان خروجی و رسوب اوج خروجی

جدول ۴. نتایج آزمون ANOVA بر روی دبی اوج جریان خروجی و رسوب اوج خروجی زیرحوضه‌ها

ویژگی	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	Sig.
دبی اوج	بین گروه‌ها	۱	۷۵۳۵/۹۶	ns. / ۰/۶۹۱
	داخل گروه	۴	۴۱۱۵۲/۴	
	مجموع	۵		
رسوب اوج بر حسب گرم بر ثانیه	بین گروه‌ها	۱	۰/۰۳	ns. / ۰/۸۴۵
	داخل گروه	۴	۰/۵۹	
	مجموع	۵		
رسوب اوج بر حسب گرم بر لیتر	بین گروه‌ها	۱	۱۹۵۹۵/۶	ns. / ۰/۸۴۰
	داخل گروه	۴	۴۲۴۶۵۶/۴۵	
	مجموع	۵		
دبی ویژه (لیتر بر ثانیه بر کیلومتر مربع)	بین گروه‌ها	۱	۰/۰۰۱	ns. / ۰/۵۲۹
	داخل گروه	۴	۰/۰۰۱	
	مجموع	۵		
گل‌آلودگی ویژه (گرم بر لیتر بر کیلومتر مربع)	بین گروه‌ها	۱	۰/۰۴	ns. / ۰/۶۸۵
	داخل گروه	۴	۰/۰۲۲	
	مجموع	۵		

و بسیار دردناک ناشی از آن، ادامه دارد که نشان‌دهنده ضعف در عملکرد و شکست طرح‌های حفاظت از منابع طبیعی است [۱۱]. در بررسی‌های مربوط به فرسایش خاک و حفاظت آن، ویژگی‌های زمین‌شناسی و لیتولوژیکی، با توجه به تأثیرات آن‌ها در فرسایش و تولید رسوب، از اهمیت خاصی برخوردار است. فرسایش و تولید رسوب به عواملی بیش‌ماری بستگی دارد که فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی از مهمترین این

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

خاک از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشوری است که تحت تأثیر فرسایش، زمینه‌ساز کاهش منابع ارضی و خسارات جانی و مالی فراوان می‌باشد. با وجود این‌که بیشتر از ۵۰ سال از عمر اجرای پروژه‌های آبخیزداری در کشور می‌گذرد و روز به روز بودجه‌های اختصاص یافته به این طرح‌ها افزایش می‌یابد. همچنان روند افزایشی فرسایش خاک، نابودی منابع طبیعی و خسارات سرسام‌آور

عوامل می‌باشد [۹]. همچنین بلایای طبیعی و رویدادهای سیل جزئی از طبیعت هستند که همیشه وجود داشته و خواهند داشت. عموماً سیلاب‌ها پدیده‌های اقلیمی تحت تاثیر شرایط زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، توپوگرافی، خاک‌شناسی و پوشش گیاهی هستند. روند وقوع سیل در سال‌های اخیر حاکی از آن است که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های مخرب قرار دارند و ابعاد خسارات و تلفات جانی و مالی سیل در حال افزایش است. اقدامات آبخیزداری یکی از راه‌های برتر و مناسب در تعدیل خطرات سیلاب و فرسایش خاک می‌باشد. تأثیر اقدامات آبخیزداری، از دیدگاه‌های مختلف قابل بررسی است [۱۹]. لذا بر اساس ضرورت و اهمیت اجرای اقدامات آبخیزداری، هدف این تحقیق، بررسی اثر اقدامات آبخیزداری بر روی خصوصیات جریان و رسوب معلق می‌باشد. نتایج این تحقیق به‌طور خلاصه در زیر مورد بحث قرار گرفته‌اند. در بخش تحلیل دبی جریان خروجی مشخص شد که دبی اوج جریان در رگبار مورخ دهم آذرماه سال ۱۳۹۹ در حوضه شمالی کمی بیشتر از حوضه جنوبی بود. که دلیل آن نفوذ و ذخیره قسمتی از رواناب سطحی در رسوبات پشت بندهای احداثی می‌باشد. در رابطه با نتایج این بارندگی می‌توان به نتایج نبی‌پور و همکاران [۱۹] اشاره کرد زیرا آن‌ها به نتایج مشابهی در این خصوص رسیده‌اند که عملیات آبخیزداری بر روی همه مولفه‌های سیلاب تأثیر کاهشی داشته است. همچنین این موضوع با نتایج غفاری و همکاران [۱۱] که حاکی از اثر مثبت عملیات آبخیزداری بر روی رواناب بوده است همخوان می‌باشد. البته لازم به ذکر است که با توجه به نتایج رگبارهای بعدی در منطقه مورد مطالعه، تأثیر عملیات آبخیزداری فقط برای اولین بارندگی پائیزه مثبت بوده و در جهت کاهش جریان سطحی بوده است. ولی در رگبارهای مورخه بیست‌وششم آذرماه و بیست‌ودوم اسفند ماه سال ۱۳۹۹، دبی اوج جریان در حوضه شمالی کمتر از حوضه جنوبی بوده است. دلیل این امر را می‌توان در خصوصیات فیزیوگرافیکی حوضه جنوبی خصوصاً شکل

حوضه که به دایره نزدیک است، جستجو نمود. علاوه بر این مشخص گردید دبی خروجی حوضه شمالی در کلیه رگبارهای فوق‌الذکر نسبت به حوضه جنوبی کمتر است که این نشان دهنده عدم تأثیر مثبت عملیات آبخیزداری اجرا شده در کاهش جریان سطحی می‌باشد. این نتیجه دلایل زیادی دارد از جمله این که با توجه به رسوب‌زائی بالای سازندهای منطقه باعث کاهش عمر مفید سازه‌ها شده است. همچنین عدم اجرای عملیات بیولوژیکی و بیومکانیکی در سطح حوضه هم یکی از دلایل اصلی کاهش تأثیر مثبت سازه‌های آبخیزداری است. زیرا با بازدیدهای میدانی مشخص شد که عمده فعالیت‌های مکانیکی فقط در داخل آبراهه اصلی اجرا شده است و در سرشاخه‌ها به میزان خیلی کم از سازه‌های سنگ‌چین استفاده شده است. لذا می‌توان این‌گونه بیان کرد که برای افزایش کارایی و عمر مفید عملیات مکانیکی، حتماً بایستی دو شرط اصلی را مد نظر قرار داد. یکی اجرای صحیح سازه‌های مکانیکی از آبراهه‌های رتبه یک به سمت آبراهه اصلی و دیگری اجرای عملیات بیولوژیکی در سطح حوضه همزمان با اجرای عملیات مکانیکی می‌باشد. در این خصوص می‌توان به نتایج تحقیقات زیر اشاره کرد. نبی‌پور و همکاران [۱۹] بیان داشتند در صورتی که میزان عملیات آبخیزداری نسبت به سطح حوزه آبخیز کم نباشد تأثیر عملیات آبخیزداری بر مؤلفه‌های سیلاب مثبت است. نجفی‌نژاد و همکاران [۲۰] با ارزیابی اقدامات بیولوژیک و مکانیکی به‌طور جداگانه، مشاهده کردند که تأثیر اقدامات بیولوژیک روی دبی سیلابی حوضه رامیان بسیار بیشتر از تأثیر اقدامات مکانیکی است و همچنین بیان داشتند که در حوضه رامیان تأثیر اقدامات مکانیکی روی سیلاب ناچیز بوده است و با نتایج این تحقیق همخوانی دارد زیرا در این تحقیق اجرای عملیات مکانیکی بدون اجرای عملیات بیولوژیکی، بر روی خصوصیات سیلاب و رسوب بدون تأثیر مثبت بوده است. در بخش دیگری از نتایج تحقیق مشخص شد که در تمام رگبارها دبی اوج حوضه شمالی نسبت به دبی اوج جنوبی

رسوب خروجی از حوضه جنوبی شده‌اند. به‌طور کلی بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که در طی اندازه‌گیری دبی و رسوب خروجی زیرحوضه‌های شمالی و جنوبی رگبارهای مورخ ۱۰ و ۲۶ آذر ۱۳۹۹ و ۲۲ اسفند ماه ۱۳۹۹، میزان دبی و رسوب خروجی حوضه جنوبی بیش از حوضه شمالی بوده است در صورتی که عملیات آبخیزداری در حوضه جنوبی اجرا شده‌اند بر اساس این نتایج مشخص شد که اجرای این عملیات بعد از گذشت حدود ۷ سال عملاً فاقد کارایی لازم برای کاهش میزان دبی و رسوب خروجی زیر حوضه جنوبی می‌باشند یعنی عملیات اجرا شده پیش از اتمام عمر مفیدشان، کارایی خود را از دست داده‌اند. برای این نتایج می‌توان نتیجه گرفت که بالا بودن میزان دبی و رسوب حوضه جنوبی به دلیل موارد ذیل می‌باشد. در ابتدا بایستی گفت که با توجه به خصوصیات فیزیکی حوضه جنوبی و شمالی، ماهیت حوضه جنوبی نشان می‌دهد که دبی باید بیشتر باشد. با توجه به بررسی عامل شکل، نسبت کشیدگی و ضریب شکل، این حوضه به دایره نزدیک‌تر است. با بررسی نتایج حاصله مشخص گردید عملیات مکانیکی آبخیزداری انجام گرفته در حوضه جنوبی بعد از چند سال ماهیت هدف اجرایی خود، یعنی جلوگیری از فرسایش و افزایش ذخیره نزولات را از دست داده‌اند. زیرا پایش سالانه عملیات اجرا شده آبخیزداری در حوضه جنوبی صورت نگرفته است و همچنین عملیات آبخیزداری اجرا شده در منطقه صرفاً به عملیات مکانیکی آن هم داخل آبراهه محدود شده است و هیچ عملیات بیولوژیکی در سطح منطقه انجام نشده است که این یکی از دلایل عمده عدم کارایی طولانی مدت عملیات آبخیزداری در سطح حوضه بوده است. حتی عملیات سنگ‌چینی در سطح حوضه یعنی بخش‌های بالادست در داخل آبراهه‌های رتبه یک خیلی کم اجرا شده است. همچنین عملیات مکانیکی داخل آبراهه‌ها اگر همراه با اجرای عملیات تثبیت رسوب پشت این سازه‌ها نباشد قبل از این که سازه‌ها کارائی خود را از دست بدهند می‌تواند به عنوان عامل تغذیه رسوب

تاخیر دارد. دلیل این امر به واسطه زمان تمرکز بیشتر در حوضه شمالی است. در این زمینه دهقانی فیروزآبادی و همکاران [۵] به این نتیجه مشابه رسیده‌اند که پس از بررسی اثر اقدامات مکانیکی بر زمان تمرکز و زمان تأخیر مشخص گردید، عملیات مذکور تأثیر چندانی بر بهبود وضعیت زمان تأخیر حوزه آبخیز نداشت که دلیل آن ناشی از کافی نبودن حجم سازه یا عدم اجرای آن در بعضی از آبراهه‌ها بوده است. از دیگر نتایج تحقیق می‌توان بیان کرد که در تمام رگبارها چند روز بعد از بارش، آبراهه زیرحوضه شمالی فاقد جریان بود اما آبراهه زیرحوضه جنوبی به دلیل وجود آب پایه دارای جریان بود که این یکی از نتایج مثبت عملیات آبخیزداری در منطقه می‌باشد. وجود بندهای آبخیزداری و در نتیجه نفوذ پذیری بیشتر آب در خاک و افزایش جریان زیر سطحی از جمله دلایل این امر می‌باشد. در بخش تحلیل رسوب خروجی از حوضه‌ها مشخص گردید میزان رسوب اوج در رگبار دهم آذرماه سال ۱۳۹۹ در حوضه شمالی برابر  $3/40$  گرم بر لیتر و کمتر از حوضه جنوبی به میزان  $4/11$  گرم بر لیتر می‌باشد. دلیل این امر وجود رسوبات پشت بندهای آبخیز درون آبراهه اصلی می‌باشد که در فصل خشک رطوبت خود را از دست داده و در اثر تردد احشام اهلی و وحشی مستعد فرسایش گردیده‌اند، که در اولین بارندگی پاییزه همراه با جریان سطحی ایجاد شده از منطقه خارج شده‌اند. همچنین نتایج نشان داد که در رگبار بیست‌وششم آذرماه و بیست‌ودوم اسفند ماه سال ۱۳۹۹ میزان رسوب اوج در زیرحوضه شمالی بیشتر از حوضه جنوبی می‌باشد. که این به دلیل عدم اجرای عملیات آبخیزداری در زیر حوضه شمالی می‌باشد. این موضوع با نتایج غفاری و همکاران [۱۱] که حاکی از اثر مثبت عملیات آبخیزداری بر روی رسوب بوده است همخوانی دارد. پس مشخص شد که اجرای عملیات مکانیکی آبخیزداری برخلاف اینکه بر روی خصوصیات سیلاب بدون تأثیر بودند اما بر روی میزان رسوب خروجی حوضه (هرچند اندک) دارای تأثیر مثبت بوده‌اند و باعث کاهش

کلی حلقه‌های رسوب معلق ایجاد شده توسط ۳ رویداد مشاهداتی در زیرحوضه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که این حلقه‌ها در زیرحوضه شمالی پیچیده‌تر و دارای تعداد زیرحلقه پادساعت‌گرد بیشتری نسبت به زیرحوضه جنوبی هستند. که شاید بتوان علت آنها را به تولید رسوب در شیب‌های بالادست زیرحوضه (سطوح دورتر از خروجی) و رسوب کناره‌های آبراهه‌ها نسبت داد [۱۶] و [۲۹]. از طرفی سادگی نسبی حلقه‌های رسوب معلق در زیرحوضه جنوبی را شاید بتوان به نقش اقدامات آبخیزداری انجام گرفته در زیرحوضه جنوبی نسبت داد. به‌طور کلی بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان بیان کرد که سازه‌های مکانیکی آبخیزداری بایستی در سطح یک حوضه به همراه اجرای عملیات بیولوژیکی در بالاترین نقطه حوضه تا پائین‌ترین نقطه آن هم‌زمان اجرا شوند تا شاهد کارایی بیشتر عملیات اجرائی آبخیزداری در رابطه با کاهش فرسایش، کاهش سیلاب، کاهش رسوب و نیز افزایش نفوذپذیری خاک سطح حوضه جهت تغذیه سفره‌های آب زیر زمینی باشیم.

آبراهه باشند [۲۵] که در حوضه جنوبی این اتفاق رخ داده است. بررسی حلقه‌های ترسیم شده رسوب معلق در رویداد ۱۳۹۹/۹/۱۰ در هر دو زیرحوضه شمالی و جنوبی که بطور کلی ترکیبی بوده می‌تواند بعلت تغییرات شدت بارش (و به تبع آن تغییرات رواناب و دبی) در طول رویداد باشد. و بیشتر بودن تعداد حلقه‌های پادساعت‌گرد نسبت به ساعت‌گرد می‌تواند نشان‌دهنده غلظت کمتر رسوب در شاخه صعودی نسبت به شاخه نزولی هیدروگراف این واقعه باشد. در رویداد ۱۳۹۹/۹/۲۶ حلقه رسوب معلق مربوط به زیرحوضه شمالی پیچیده‌تر از زیرحوضه جنوبی است. از آنجایی که تغییرات دبی در زیرحوضه شمالی بیشتر از تغییرات دبی در زیرحوضه جنوبی است تغییرات حلقه‌های رسوب و پیچیدگی آنها در زیرحوضه شمالی نیز از زیرحوضه جنوبی بیشتر است. حلقه‌های رسوب معلق دو زیرحوضه مورد مطالعه مربوط به رگبار تاریخ ۱۳۹۹/۱۲/۲۲ به تبعیت از هیدروگراف‌های متناظر، ساده‌تر هستند ولی در زیرحوضه شمالی نسبت به زیرحوضه جنوبی قدری پیچیده‌تر بنظر می‌رسد. بررسی

## References

- [1] Abasi, M., Khir Khah Zarkesh, M. M., Hoseini, M., Mohseni Saravi, M., RoghNi, M. and Ghermez Cheshmeh, B. (2009). Evaluation of watershed management practices in Kan watershed by HEC-HMS. Agricultural Research. Education and Extension Organization (AREEO), 148 Pp.
- [2] Azari, M., Sadeghi, S. H. R. and Tellvari, A.R. (2011). Evaluation of the impact of watershed management projects on flood chrematistic using combination of HEC-HMS and HEC-RAS model in GIS. Journal of Watershed Science and Engineering in Iran, 5(15), 69-72.
- [3] Baniasadi, M. and Hajsedalikhani, N. (2018). Assessment of Watershed management projects on flood mitigation in baft province. Journal of Irrigation and water Engineering, 8(2(Serial Number 30)), 211-226.
- [4] Chamanpira, R. and Roughani, M. (2018). Evaluation the effects of watershed management projects in flood mitigation of Dadabad Watershed. Watershed Engineering and Management, 10(3), 350-360.
- [5] Dehghani Firozabadi, N., Jamali, A. and Hasan Zadeh Nafoti, M. (2014). Investigation of the effect of watershed management projects on reducing flooding of watershed with the help of HEC-HMS mathematical model. Geographical Space, 14(47), 163-182.
- [6] Ebrahimi, M., Asadi, H., Sharifi, A. and Ebrahimi, E. (2019). The Study of Temporal and Spatial Changes of Suspended Sediment Particles' Size Distribution in Pasikhan River in Guilan Province. Journal of Water and Soil, 33(2), 229-243.

- [7] Edwards, T. K., Glysson, G. D. (1999). Field Methods for Measurement of fluvial Sediment. USGS Open-file Report 1-97 p.
- [8] Erkossa T, Wudneh, A., Desalegn, B. and Taye, G. (2015). Linking soil erosion to on-site financial cost: lessons from watersheds in the Blue Nile basin. *Solid Earth* 6(2), 765-774.
- [9] Fathizad, H., Karimi, H. and Tavakoli, M. (2016). Role of Sensitivity of Erosion the Geological Formations at Erosion rate and Sediment Yield. *Journal of Watershed Management Research*, 7(13), 193-208.
- [10] Ganasri, B. P. and Ramesh, H. (2015). Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS—a case study of Nethravathi Basin. *Geosci Front*, 7, 953-961.
- [11] Ghafari, G., Ahmadi, H., Bahmani, A. and Nazari Samani A. A. (2017). Investigating the performance of watershed management projects in Kan-Sulqan watershed. *Range and Watershed*, 70(1), 169-180.
- [12] Girmay, G., Sing, B. R., Nyssenand, j. and Borrosen, T. (2009). Runoff and sediment-associated nutrient losses under different land uses in Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Hydrology*, (376), 70-80.
- [13] Izanlo, H., Moradi, H. R. and Sadeghi, S. H. R. (2009). Comparison of flooding prioritization in different hydrological periods. *Journal of Watershed Management Research*, 21(1(Serial Number 82)), 21-30.
- [14] Keesstra, S., Pereira, P., Novara, A., Brevik, E. C., Azorin-Molina, C., ParrasAlcántara, L., Jordán, A. and Cerdà, A. (2016). Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards. *Science Total Environment*, 551-552:357-366
- [15] Khazaei, M., Sadeghi S. H. R., Mirnia, S. Kh. and Yzdani Moghadam, E. (2012). Effect of forest degradation on soil nutrient loss and sediment in Kojoor forest watershed. *Journal of Natural Ecosystems of Iran*, 3(2), 1-12.
- [16] Lopez-Tarazon, J. A., Batalla, R. J., Vericat, D. and Francke, T. (2009). Suspended sediment transport in a highly erodible catchment: the River Isábena (southern Pyrenees). *Geomorphology*, 109, 210-221.
- [17] Mahdavei, M. (2013). *Applied Hydrology* (2 Edition). University of Tehran, 8, 441 Pp.
- [18] Melaku, N. D., Renschler, C. S., Holzmann, H., Strohmeier, S., Bayu, W., Zucca, C., Ziadat, F. and Klik, A. (2018). Prediction of soil and water conservation structure impacts on runoff and erosion processes using SWAT model in the northern Ethiopian highlands. *Journal of Soils Sediments*, 18, 1743-1755.
- [19] Nabi Por, E., Vafah Khah, M. and Moradi, H. R. (2014). Effect of watershed management operations on flood characteristics. *Journal of Water and Soil Science*, 18(67), 199-212.
- [20] Najafi Nejad, A., Tellvari, A. A. and Tajiki, M. (2018). Evaluation of the effect of watershed management measures on flooding in Ramyan basin using HEC-HMS model. *Iranian Water Researches Journal*, 12(3(Serial Number 30)), 19-26.
- [21] Nigussie, Z., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Nohmi, M., Tsubo, M., Aklog, D., Meshesha, D. T. and Abele S. (2017). Farmers' perception about soil erosion in Ethiopia. *Land Degradation Development*, 28(2), 401-411.
- [22] Noor, H. and Sadeghi, S. H. R. (2011). Instantaneous Unit Sediment Graph Modeling. *Iran-Water Resources Research*, 7(4), 62-70.
- [23] Putjaroon, W. and Pongewn, K. (1987). Amount of Runoff and Soil Losess from Various Landuse Sampling Plots in Province. Thailand, in: *Proceeding of Forest Hydrology and watershed management August 1987*, IAHS-AISH, Publication, 22, 167-198.
- [24] Radwan, A. (1999). Flood analysis and mitigation for an area in Jordan. *Journal of Water Resources and Management*, 125(3), 170-177.
- [25] Rahimi, M., Soufi, M. and Ahmadi, H. (2012). Evaluation of Watershed Measures with WOCAT Program in Dejkord Basin. *Journal of Water and Soil*, 26(1), 1-10.
- [26] Rajora, R. (1998). *Integrated watershed management, A Field Manual for Equitable, Productive and Sustainable Development*, Rawat Publication. New Delhi, India, 616p.
- [27] Raof Mostafazadeh, R., Sadeghi, S. H. R. and Sadoddin, A. (2015). Analysis of storm-wise sedimentgraphs and rating loops in Galazchai Watershed, West-Azarbaijan. *Journal of Water and Soil Conservation*, 21(5), 175-191.

- [28] Sadeghi, S. H. R. Sharifi, F., Forootan, E. and Rezaee, M. (2004). Quantitative performance evaluation of watershed management measures. *Pajouhesh & Sazandegi*, 65, 96-102.
- [29] Sadeghi, S. H. R., Ebrahimi Mohammadi, Sh. and Chapi, K. (2015). Analysis of Intra-Storm Suspended Sediment Delivery Processes from Different Tributaries to the Lake Zarivar using Hysteresis Patterns. *Journal of Range and Watershed Management*, 68(2), 323-340.
- [30] Sadeghi, S. H. R., Frootan, E. and Sharifi, F. (2006). Performance Evaluation of Watershed Management Measures using Qualitative Method. *Geographical Research*, 79(4), 37-47.
- [31] Taguas, E.V., Guzmán, E., Guzmán, G., Vanwalleghem, T. and Gómez, J.A. (2015). Characteristics and importance of rill and gully erosion. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 41–20.
- [32] 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 Degradation and Development*, 12, 367-415.
- [33] Ward, P. J., Renssen, H., Aerts, J. C. J. H., Van Balen, R. T. and Vandenberghe, J. (2007). Strong increases in flood frequency and discharge of the River Meuse over the late Holocene: impacts of long-term anthropogenic land use change and climate variability. *Hydrology Earth System Science*, 4 (4), 2521–2560.
- [34] Williams, G.P. (1989). Sediment concentration versus water discharge. *Journal of Hydrology*, 111, 89-106.
- [35] Yan, Q., Lei, T., Yuan C., Lei, Q., Yang, X., Zhang, M., Su G. and Leping, A. (2015). Effects of watershed management practices on the relationships among rainfall, runoff, and sediment delivery in the hilly-gully region of the Loess Plateau in China. *Geomorphology*, 228, 735-745.