

## مقایسه بار معلق رسوب در دو زیرحوضه قرق شده و تحت چرا در منطقه کاخک گناباد

- ❖ مسعود عشقی زاده\*؛ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد
- ❖ محمد تقی دستورانی؛ استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد
- ❖ علی طالبی؛ دانشیار گروه آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد

### چکیده

در این تحقیق تأثیر عملیات بیولوژیکی و قرق بر بار رسوبی سطح دامنه‌ها در دو زیرحوضه نمونه و شاهد حوضه زوجی کاخک بررسی شد. این دو زیرحوضه از نظر شرایط فیزیکی یکسان‌اند. زیرحوضه نمونه از سال ۱۳۷۶ تحت قرق و اجرای عملیات مختلف بیولوژیکی، بیومکانیکی و مکانیکی است؛ در حالی که زیرحوضه شاهد به صورت دست‌نخورده و تحت بهره‌برداری طبیعی است. برای تعیین میزان تأثیر عملیات بیولوژیکی و مدیریتی بر تولید رسوب، بار معلق حاصل از سطح دامنه‌ها از طریق ۱۸ پلات فرسایشی مستقر در دو زیرحوضه طی رگبارهای وقوع یافته در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ با استفاده از آزمون *t* مستقل و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در نرم‌افزار *SPSS* تجزیه و تحلیل شد. بر اساس نتایج مقایسه‌های صورت گرفته، مقادیر بار معلق دو زیرحوضه در سطح ۱ درصد و مقادیر ارتفاع رواناب در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری دارند. همچنین، نتایج به دست آمده همبستگی بین ارتفاع رواناب و رسوب را در زیرحوضه شاهد ۹۴ درصد و در زیرحوضه نمونه ۶۲ درصد نشان داد. شیب خط تغییرات بین ارتفاع رواناب و رسوب در زیرحوضه شاهد ۵/۳ برابر زیرحوضه نمونه است. این نتایج به خوبی نقش مستقیم اجرای طرح‌های بیولوژیک و قرق را در کاهش بار حوضه‌ای نشان داد.

واژگان کلیدی: بار معلق، پلات فرسایشی، حوضه زوجی کاخک، عملیات بیولوژیک، قرق.

## مقدمه

روش‌های مکانیکی بستری مناسب برای استقرار روش‌های بیولوژیکی فراهم می‌کنند. از این روش‌های مهم می‌توان به عملیات بانکت‌بندی، تراس‌بندی، فارو<sup>۱</sup> و پیتینگ<sup>۲</sup> اشاره کرد.

عملیات مدیریتی معمولاً در عرصه‌هایی اجرا می‌شود که تحت سایر عملیات اصلاحی به‌ویژه تحت عملیات بیولوژیکی و بیومکانیکی قرار دارد یا در عرصه‌هایی که با مدیریت و بهره‌برداری اصولی رسیدن به اهداف توسعه پایدار امکان‌پذیر است. از این روش‌های مهم می‌توان به قرق و طرح‌های تعادل دام و مرتع اشاره کرد [۹، ۱۲، ۱۸]. از نظر هزینه، عملیات بیولوژیکی و مدیریتی کمترین هزینه را در عملیات آبخیزداری دارند، اما یکی از مهم‌ترین معایب آن‌ها زمان‌بر بودن این نوع عملیات است. بنابراین، با توجه به زمان‌بر بودن این نوع عملیات، لازم است موفقیت و میزان تأثیر آن‌ها بررسی و ارزیابی شود.

در بررسی نقش مدیریت پوشش گیاهی بر میزان رواناب سطحی در حوضه معرف و زوجی کچیک استان گلستان مشخص شد که اختلاف رواناب ایجادشده در دو زیرحوضه نمونه و شاهد در سطح ۱ درصد معنی‌دار است و نشان‌دهنده آثار مثبت و بارز کمی و کیفی قرق و عملیات بیولوژیکی در حفاظت آب و خاک است [۴]. در تحقیق دیگر، پوشش علفی مؤثرترین عامل کاهش رواناب و بار رسوبی در اثر افزایش مقدار نفوذپذیری تشخیص داده شد [۵]. همچنین، در تعیین مناطق دارای پتانسیل برای جمع‌آوری رواناب مشخص شد که نوع پوشش زمین نقش مهمی در تولید رواناب بازی می‌کند؛ به طوری

مدیریت مسائل رسوب در رودخانه‌ها و مخازن به طور عمده به بار رسوبی تولیدشده در سطح حوضه‌های آبخیز وابسته است. در مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز، شناخت میزان تأثیر فعالیت‌های آبخیزداری و مدیریتی بر بار رسوبی تولیدشده از سطح حوضه‌ها بسیار لازم است. استراتژی‌های آبخیزداری بیشتر در جهت حفاظت خاک در مقابل آثار تخریبی قطرات باران، افزایش نفوذ آب در خاک، بهبودبخشیدن به پایداری خاک‌دانه‌ها و افزایش زبری سطح خاک به منظور کاهش سرعت آب و افزایش نفوذ آب در خاک به جهت تغذیه منابع آب است. برای رسیدن به این اهداف روش‌هایی به کار گرفته می‌شود؛ این روش‌ها را می‌توان در چهار گروه اصلی طبقه‌بندی کرد: عملیات بیولوژیکی، عملیات مکانیکی، عملیات بیومکانیکی و عملیات مدیریتی [۹، ۱۲، ۱۸]. عملیات بیولوژیکی به منظور افزایش پوشش گیاهی از طریق کاشت گونه‌های گیاهی مناسب انجام می‌گیرد. از این عملیات‌های مهم می‌توان به بذرپاشی، کپه‌کاری، نهال‌کاری و کشت نواری اشاره کرد. عملیات مکانیکی مواقعی به‌کار می‌رود که مسئله تخریب منابع آب و خاک حاد و اورژانسی است و مقابله و کنترل آن باید به‌سرعت انجام گیرد یا بر اثر تخریب زیاد امکان اجرای سایر روش‌ها وجود ندارد. از این روش‌های مهم می‌توان به احداث انواع بندهای اصلاحی شامل بندهای توری سنگی، سنگی ملاتی، خشکه‌چین و بندهای خاکی اشاره کرد. عملیات بیومکانیکی تلفیقی از عملیات مکانیکی و بیولوژیکی است. در این نوع عملیات

1. contour furrowing

2. pitting

مقیاس پلات واقع در سطح دامنه‌ها برای تعیین تأثیر خالص عملیات بیولوژیکی و قرق بر کنترل و کاهش بار معلق رسوب تولیدشده در سطح دامنه‌های مناطق نیمه‌خشک به صورت کمی است. نتایج این تحقیق می‌تواند برای گستره وسیعی از مناطق نیمه‌خشک ایران نیز حاکم باشد.

## روش‌شناسی

### منطقه تحقیق

حوضه زوجی کاخک در حوضه آبخیز شهید مهدی نوری کاخک و در فاصله ۳۵ کیلومتری جنوب گناباد در استان خراسان رضوی واقع شده و بخشی از حوضه آبخیز کویر نمک است. این حوضه بین طول‌های  $58^{\circ}35'37''$  الی  $58^{\circ}36'41''$  شرقی و عرض‌های  $34^{\circ}04'01''$  الی  $34^{\circ}05'07''$  شمالی قرار دارد. حوضه زوجی از دو زیرحوضه نمونه و شاهد تشکیل شده است. این دو زیرحوضه از هر نظر شبیه‌اند و فقط از نظر اجرای عملیات آبخیزداری تفاوت دارند. زیرحوضه نمونه  $106/5$  هکتار مساحت دارد و انواع عملیات آبخیزداری (مکانیکی، بیومکانیکی، بیولوژیکی و مدیریتی) در آن انجام گرفته است. زیرحوضه شاهد  $110/6$  هکتار مساحت دارد و هیچ نوع عملیات آبخیزداری در آن صورت نگرفته است. جدول ۱ عملیات بیولوژیکی و مدیریتی (قرق) اجراشده در زیرحوضه نمونه کاخک را نشان می‌دهد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه زوجی کاخک را نشان می‌دهد.

که پوشش گیاهی، بر مقدار آبی که نفوذ می‌کند و مقداری که به رواناب سطحی تبدیل می‌شود اثر مستقیم می‌گذارد [۶]. در بررسی تأثیرات پوشش گیاهی و شدت بارش بر بار رسوبی نیز مشخص شد که پوشش گیاهی، بارش و تأثیرات متقابل آن‌ها در حمل رسوب و هدررفت مواد مغذی تأثیر معنی‌دار و مهمی دارند [۱۷].

بررسی میزان تأثیر عملیات بیولوژیکی و مدیریتی بر مقدار تولید رسوب از سطح حوضه‌های آبخیز یکی از موارد مهم برای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح مراتع به منظور حفاظت خاک و کنترل رسوب است؛ به عبارتی، تفکیک میزان تأثیرگذاری دو عامل انسانی یا مدیریتی و اقلیمی بر روی بار معلق تولیدی از سطح حوضه‌های آبخیز است. مطالعات سطح پلات بخشی از پروژه‌های تحقیقاتی گسترده‌ای است که از آن‌ها برای افزایش درک روابط بین فرایندهای هیدرولوژیکی، اقلیمی و بیولوژیکی استفاده می‌شود [۱۵]. در مقدار تغییر و تخریب محیط در مقیاس جهانی مطالعات در سطح پلات درباره مکانیسم‌های رواناب، فرسایش خاک و فعالیت‌های گیاهی ناشی از این تغییرات اطلاعاتی فراهم می‌نماید [۱، ۱۰].

بررسی‌های صورت‌گرفته برای این تحقیق نشان داد مطالعات پیشین در زمینه تأثیر عملیات بیولوژیکی و مدیریتی بر مقدار تولید رسوب در مقیاس حوضه آبخیز می‌تواند تأثیر سایر عوامل به‌ویژه اقدامات مکانیکی را نیز شامل شود. علاوه بر این، تأثیر این عملیات در مناطق نیمه‌خشک ایران تا کنون به صورت مشخصی بیان نشده است. هدف این تحقیق به‌کارگیری نتایج حاصل از مطالعات انجام‌شده در

جدول ۱. نوع و مساحت عملیات بیولوژیکی اجرا شده در زیرحوضه نمونه کاخک

ردیف	نام عملیات	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۱	بانکت بندی همراه با نهال کاری	۴۲	۳٫۹۴
۲	کپه کاری و بذرپاشی	۱۰۶٫۵	۱۰۰
۳	قرق	۱۰۶٫۵	۱۰۰



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

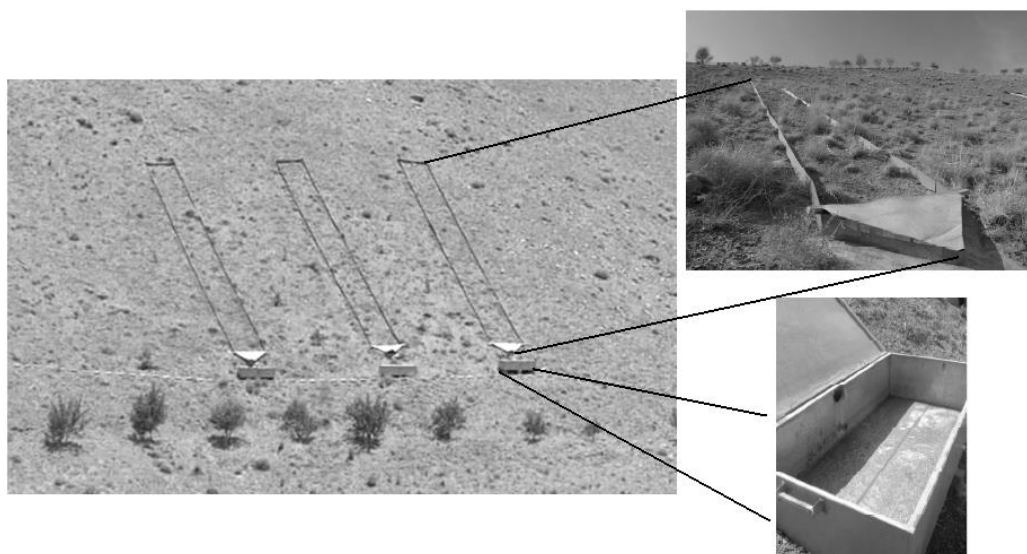
### روش تحقیق

در این تحقیق تأثیر عملیات بیولوژیکی بر بار رسوبی تولیدشده از سطح دامنه‌ها با استفاده از پلات‌های فرسایشی مستقر در دو زیرحوضه نمونه و شاهد بررسی شد. با توجه به اهداف استقرار حوضه‌های زوجی، در هر زیرحوضه ۹ پلات با طول ۲۲٫۱ متر و عرض ۱٫۸۳ متر و با دیواره‌های فلزی و بتونی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر در سه موقعیت استقرار یافت. هر پلات دارای یک مخزن با گنجایش ۱ متر مکعب است که در خروجی پلات تعبیه می‌شود و همه

رواناب سطح پلات در آن جمع‌آوری می‌شود (شکل ۲). استقرار پلات‌ها در هر موقعیت به گونه‌ای در نظر گرفته شد که با موقعیت متناظر در زیرحوضه دیگر تقریباً یکسان باشند. پس از هر رگبار منجر به رواناب، ارتفاع آب داخل مخزن برای محاسبه حجم رواناب اندازه‌گیری می‌شود و از مخلوط آب و رسوب داخل آن نمونه برداشت می‌شود و در آزمایشگاه غلظت رسوب آن تعیین می‌شود. جدول ۲ ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی سطح پلات‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی سطح پلات‌ها [۶]

زیرحوضه	سایت	شماره پلات	جهت شیب	درصد شیب	درصد پوشش سطح			بافت خاک	
					تاج پوشش	خاک لخت	لاشبرگ	درصد شن	درصد سبلت رس
نمونه	A	۱	غرب	۳۷	۲۷	۴۸	۵	۷۱٫۳	۱۸
		۲	غرب	۳۷	۲۰	۵۰	۶	۷۱٫۳	۱۸
		۳	غرب	۳۷	۲۵	۵۵	۴	۷۱٫۳	۱۸
	B	۴	شمال	۴۵	۳۵	۵۶	۶	۵۰	۳۶
		۵	شمال	۴۵	۴۰	۴۸	۱۰	۵۰	۳۶
		۶	شمال	۴۵	۳۸	۵۰	۷	۵۰	۳۶
	C	۷	شرق	۶۰	۴۰	۳۳	۷	۶۲	۲۴٫۵
		۸	شرق	۶۰	۳۵	۴۰	۵	۶۲	۲۴٫۵
		۹	شرق	۶۰	۳۰	۵۱	۵	۶۲	۲۴٫۵
شاهد	A	۱	غرب	۵۴	۲۰	۵۰	۴	۶۲	۲۵٫۸
		۲	غرب	۵۴	۲۳	۴۹	۵	۶۲	۲۵٫۸
		۳	غرب	۵۴	۲۵	۴۵	۳	۶۲	۲۵٫۸
	B	۴	شمال	۳۷	۱۴	۶۰	۲	۵۹	۲۳٫۸
		۵	شمال	۳۷	۱۷	۵۷	۳	۵۹	۲۳٫۸
		۶	شمال	۳۷	۲۰	۵۵	۲	۵۹	۲۳٫۸
C	۷	شرق	۴۵	۱۲	۷۰	۲	۷۳٫۳	۱۶	
	۸	شرق	۴۵	۲۰	۶۰	۳	۷۳٫۳	۱۶	
	۹	شرق	۴۵	۱۷	۶۵	۴	۷۳٫۳	۱۶	



شکل ۲. پلات‌های فرسایش مستقر در حوضه زوجی کاخک

پیش از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، نخست دقت و صحت داده‌ها بررسی شد. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، مشخص شد پلات‌های ۴، ۵ و ۶ در رگبارهای ۱۳ بهمن و ۷ اسفند به علت ذوب ناگهانی برف و تخریب دیواره پلات‌ها و لوله‌های رابط به مخزن مقادیر غیرواقعی را ثبت کرده‌اند و از فهرست داده‌های موجود حذف شده‌اند. برای استفاده از آزمون‌های پارامتری بر روی داده‌ها، باید داده‌ها نرمال باشند؛ بدین منظور، نخست تست نرمال بودن<sup>۱</sup> داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و روش کولموگوروف-اسمیرنوف<sup>۲</sup> بر روی داده‌ها انجام گرفت. در این تست اگر *Sig* کمتر از ۰/۰۵ باشد، داده‌ها غیرنرمال‌اند و اگر *Sig* بیشتر از ۰/۰۵ باشد، داده‌ها نرمال‌اند. این آزمون برای داده‌های رواناب و رسوب انجام گرفت.

از آنجا که هدف از این تحقیق بررسی و تأیید اثر قرق و عملیات بیولوژیکی بر کاهش بار معلق در سطح دامنه‌هاست، دو زیرحوضه نمونه و شاهد از هر نظر (فیزیوگرافی، اقلیمی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی، ...) شبیه هم هستند و فقط از نظر اجرای عملیات آبخیزداری و قرق با هم تفاوت دارند. حتی پلات‌های مستقر شده در دو زیرحوضه نیز به صورت متناظر با هم احداث شده‌اند؛ به همین منظور، از مقایسات مربوط به میانگین‌های دو گروه استفاده شد. بنابراین، برای تعیین اختلاف بین مقادیر رسوب و رواناب بین دو زیرحوضه نمونه و شاهد از آزمون *t* مستقل<sup>۳</sup> برای مقایسه معناداری میانگین مقادیر رسوب و رواناب

استفاده شد. آزمون *t* با نمونه‌های مستقل این فرضیه صفر را آزمون می‌کند که میانگین یک متغیر در جامعه برای دو گروه مختلف افراد با هم برابر است. بنابراین، هنگامی که سطح معنی‌داری مشاهده شده کوچک باشد، فرض صفر (میانگین‌های یک متغیر در گروه‌های مختلف با هم تفاوتی ندارند) رد می‌شود و نتیجه گرفته می‌شود که میانگین‌های دو گروه با هم برابر نیستند. در خروجی نتایج آزمون *t* دو ویرایش متفاوت دیده می‌شود: اولی با این فرض است که واریانس دو جامعه با هم برابرند و در دومی چنین فرضی وجود ندارد. با استفاده از آزمون *Levene* می‌توان فرضیه صفر را - که متعلق بودن دو نمونه به جامعه‌هایی با واریانس‌های برابر است - آزمون کرد. اگر سطح معنی‌داری مشاهده شده در آزمون *Levene* کمتر از ۰/۰۵ باشد، فرضیه صفر، که برابری واریانس دو جامعه است، رد می‌شود و باید *Sig* از قسمت واریانس‌های نابرابر قرائت شود. علاوه بر این، با توجه به اینکه اثر باران بر خاک به صورت تجمعی است، اثر هر واقعه باران بر خاک، پوشش و تولید رواناب و رسوب به ذخیره قبلی رطوبت خاک نیز بستگی دارد. بنابراین، داده‌ها به روش تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر ( *ANOVA with repeated measure* ) نیز تجزیه و تحلیل شد. بدین منظور، با استفاده از این آزمون در نرم‌افزار SPSS تفاوت آماری غلظت رسوب و ارتفاع رواناب بین دو حوضه نمونه و شاهد و در چهار رگبار به وقوع پیوسته و همچنین اثر تعاملی آن‌ها بررسی شد. از پیش فرض‌های آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر فرض کرویت است که از آزمون آماری ماخلی<sup>۴</sup> برای

1. normality test
2. kolmogorov-smirnov
3. Independent-sample T test

4. Mauchly's Test of Sphericity

## نتایج

بر اساس داده‌های سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در مجموع چهار رگبار منجر به رواناب در حوضه اتفاق افتاد که مشخصات آن‌ها به شرح جدول ۳ است. جدول ۴ مقادیر رسوب و رواناب ناشی از این رگبارها را نشان می‌دهد.

آزمودن این فرض استفاده می‌شود. در صورتی که سطح معنی‌داری آن بیشتر از ۰/۰۵ باشد، پیش‌فرض مربوطه برآورده می‌شود و مشکلی نیست. اما، در غیر این صورت، باید تصحیحاتی صورت گیرد و از ضرایب تصحیح (اپسیلون) برای اصلاح درجه آزادی (df) استفاده کرد.

جدول ۳ مشخصات رگبارهای وقوع یافته طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱

تاریخ وقوع	مدت رگبار (ساعت)	شدت متوسط (mm/hr)	حداکثر شدت (mm/hr)	مقدار کل (mm)
۱۲ اردیبهشت ۱۳۹۰	۴	۳٫۶۷	۳۸٫۴	۱۴٫۷
۱۳ بهمن ۱۳۹۰	۱۶	۴٫۰۳	۳۱٫۴	۸۰٫۷
۷ اسفند ۱۳۹۰	۱۸	۳٫۳۴	۳۳٫۳	۶۰٫۱
۲۹ فروردین ۱۳۹۱	۵	۲٫۸۶	۳۰	۱۴٫۳

جدول ۴. مقادیر رسوب معلق و ارتفاع رواناب در سطح پلات‌های فرسایشی حوضه زوجی کاخک

زیرحوضه	موقعیت	شماره پلات	۱۲ اردیبهشت ۱۳۹۰		۱۳ بهمن ۱۳۹۰		۷ اسفند ۱۳۹۰		۲۹ فروردین ۱۳۹۱	
			عمق رواناب (mm)	بار رسوبی (gr/m <sup>2</sup> )	عمق رواناب (mm)	بار رسوبی (gr/m <sup>2</sup> )	عمق رواناب (mm)	بار رسوبی (gr/m <sup>2</sup> )	عمق رواناب (mm)	بار رسوبی (gr/m <sup>2</sup> )
نمونه	A	۱	۴٫۱۶	۲٫۷۷۵	۴٫۷۱	۳٫۱۴۱	۱٫۵۷	۱٫۰۴۹	۲٫۲	۳٫۶۶۳
		۲	۶٫۲۱	۲٫۷۳۷	۱۰٫۱۹	۳٫۳۹۷	۳٫۴۰	۱٫۱۳۴	۰٫۹۱	۰٫۷۳۵
		۳	۳٫۳	۱٫۱۰۲	۶٫۳۴	۲٫۱۷۹	۲٫۱۲	۰٫۷۲۸	۱٫۳۳	۱٫۳۳۸
	B	۴	۴٫۲۸	۲٫۸۵۵	۱۴٫۶۸	۲۹٫۳۵۱	۴٫۹۰	۹٫۸۰۴	۱٫۰۳	۳٫۳۱۵
		۵	۵٫۰۴	۱٫۶۸	۱۴٫۵۱	۱۷٫۴۱۲	۴٫۸۵	۵٫۸۱۶	۱٫۲۳	۱٫۹۷۷
		۶	۲٫۵۷	۲٫۵۶۹	۱۴٫۳۳	۹٫۵۵۱	۴٫۷۸	۳٫۱۹۱	۱٫۰۳	۰٫۶۸۶
	C	۷	۶٫۳۵	۲٫۱۱۹	۶٫۳۸	۴٫۳۶۱	۲٫۱۸	۱٫۴۵۷	۰٫۸۸	۱٫۱۷۷
		۸	۱۰٫۸	۴٫۵۲۵	۱٫۹۱	۳٫۰۲۴	۱٫۱۰	۱٫۰۱۳	۰٫۲	۰٫۵۳۴
		۹	۸٫۰۵	۲٫۶۸۷	۷٫۱۰	۴٫۷۳۴	۲٫۳۷	۱٫۵۸۱	۱٫۸۴	۱٫۸۴۸
شاهد	D	۱	۴٫۴۶۶	۳٫۳۵	۱۱٫۴۷	۷٫۶۴۶	۳٫۸۳	۲٫۵۵۳	۱٫۳۱	۱٫۷۵۶
		۲	۲٫۵۵۱	۳٫۸۲	۱۵٫۵۰	۱۹٫۹	۶٫۲	۹٫۷۲	۰٫۹۴	۰٫۶۳۲
		۳	۷٫۵۵۵	۷٫۵۵	۱۳٫۰۷	۱۶٫۸۴۵	۵٫۶۲	۵٫۶۲۵	۱٫۸۹	۲٫۹۵
	E	۴	۶٫۰۹	۸٫۱۲۲	۱۵٫۷۵	۱۳۱٫۲۷۲	۵٫۲۶	۴۳٫۸۳۶	۱۶٫۱	۱۷٫۵۷
		۵	۶٫۱۹	۶٫۱۹۵	۱۵٫۸۹	۵۰٫۸۵۷۸	۵٫۳۱	۱۶۹٫۸۳۴	۱۴٫۱	۱۸۰
		۶	۷٫۹۶	۱۵٫۹۲۴	۱۵٫۶۷	۱۴۹٫۲۹۰	۴٫۹۹	۴۹٫۸۵۳	۱۱٫۱	۱۳۰٫۲۶
	F	۷	۱۳٫۰۴	۱۷٫۲۶	۱۰٫۸۵	۸٫۸۷	۳٫۶۲	۱٫۲۰۷	۱٫۳	۲٫۳۹
		۸	۶٫۱۹	۶٫۱۹۵	۱۶٫۳۲	۱۰٫۸۸۰	۵٫۴۵	۳٫۶۳۳	۲٫۲۷	۲٫۲۷۱
		۹	۹٫۰۶	۱۵٫۹۲۴	۸٫۴۵	۱۴٫۰۷۹	۶٫۸۲	۴٫۷۰۱	۲٫۰۶	۱٫۳۷۳

جدول ۵. نتایج آزمون t مستقل بر روی داده‌های نرمال‌شده زبرحوضه‌های نمونه و شاهد در SPSS

آزمون Levene برای برابری واریانس‌ها		آزمون t مستقل					95% Confidence Interval of the Difference	
F	Sig.	t	dj	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
۰٫۶۲۸	۰٫۴۳۱	-۳٫۸۸۰	۶۴	*۰٫۰	-۰٫۳۷۸۶۹	۰٫۰۹۷۶۰	-۰٫۵۷۳۶۷	-۰٫۱۸۳۷۲
		-۳٫۸۶۱	۶۰٫۵۷۵	۰٫۰	-۰٫۳۷۸۶۹	۰٫۰۹۸۰۸	-۰٫۵۷۴۸۴	-۰٫۱۸۲۵۵

\*تفاوت در سطح ۱ درصد معنی دار است.

جدول ۶. نتایج آزمون t مستقل بر روی داده‌های نرمال‌شده رواناب زبرحوضه‌های نمونه و شاهد در SPSS

آزمون Levene برای برابری واریانس‌ها		آزمون t مستقل					95% Confidence Interval of the Difference	
F	Sig.	t	dj	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
۱٫۶۸	۰٫۳۰۵	-۲٫۵۸۲	۶۴	**۰٫۰۱۲	-۰٫۲۲۷۹۶	۰٫۰۹۶۰۳	-۰٫۴۳۹۸۱	-۰٫۰۱۵۶۱
		-۲٫۶۲۱	۶۳٫۹۶۹	۰٫۰۱۱	-۰٫۲۲۷۹۶	۰٫۰۹۴۶۱	-۰٫۴۳۶۹۷	-۰٫۰۱۵۸۹۶

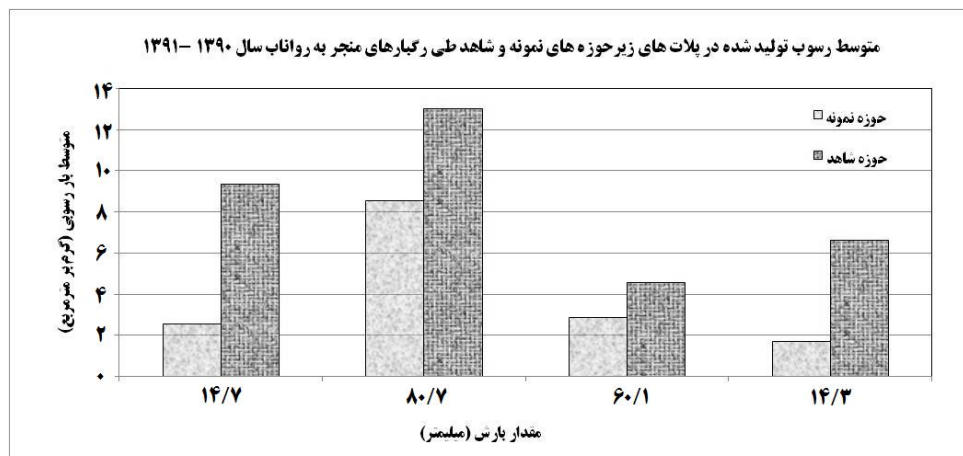
\*\*تفاوت در سطح ۵ درصد معنی دار است.



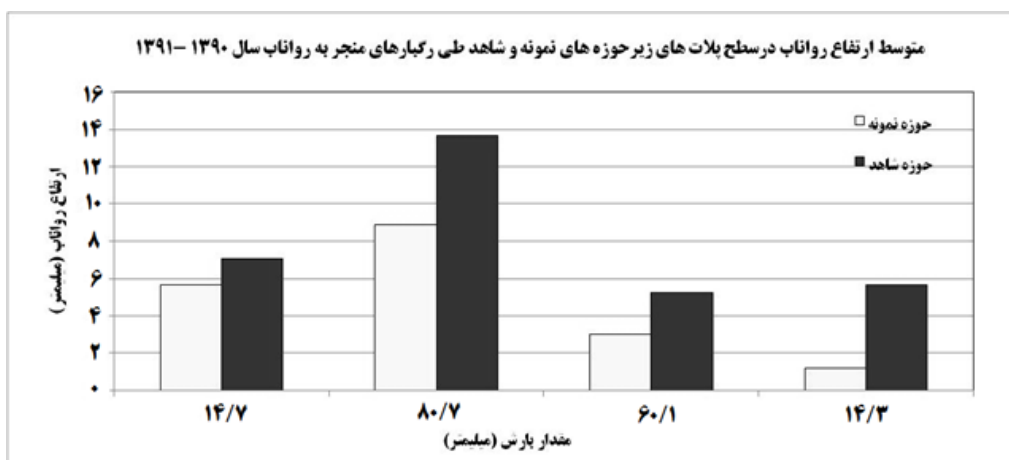
دو زیرحوضه نمونه و شاهد در سطح ۱ درصد دارای تفاوت معنی داری است. نتایج مقایسه مقادیر ارتفاع رواناب بین دو زیرحوضه نمونه و شاهد در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنی داری است. جدول ۵ نتایج آزمون  $t$  مستقل بر روی داده‌های نرمال شده رسوب و جدول ۶ نتایج آزمون  $t$  مستقل بر روی داده‌های نرمال شده رواناب زیرحوضه‌های نمونه و شاهد را نشان می‌دهد. شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب مقادیر بار رسوبی و نیز ارتفاع رواناب تولید شده در زیرحوضه‌های نمونه و شاهد را نشان می‌دهد.

پس از اجرای تست نرمالیت با استفاده از روش کولموگروف اسمیرنوف بر روی داده‌ها مشاهده شد که  $Sig$  در همه داده‌ها کمتر از ۰/۰۵ است و داده‌ها غیرنرمال‌اند. برای نرمال‌سازی داده‌ها از همه مقادیر داده‌ها لگاریتم گرفته شد و پس از تست مجدد نرمال بودن داده‌ها تأیید شد. سپس، آزمون  $t$  مستقل بر روی داده‌های نرمال شده انجام گرفت.

آزمون برابری واریانس‌ها<sup>۱</sup> فرض برابری واریانس‌های دو جامعه را تأیید کرد ( $Sig > 0.05$ ) و سطح معنی داری ( $Sig$ ) از قسمت واریانس‌های برابر قرائت شد. نتایج حاصل از مقایسه مقادیر بار رسوب



شکل ۳. متوسط رسوب تولید شده در سطح پلات‌های زیرحوضه‌های نمونه و شاهد در طی هر رگبار منجر به رواناب



1. Levene's Test for Equality of Variances

شکل ۴. متوسط ارتفاع رواناب در سطح پلات‌های زیرحوضه‌های نمونه و شاهد در طی هر رگبار منجر به رواناب

جدول ۷. نتایج آزمون کرویت ماخلی برای داده رسوب در SPSS

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	ضرایب تصحیح اسیلون		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
داده‌های رسوب	۰/۱۰۸	۲۶/۱۰۱	۵	۰/۰	۰/۶۰۰	۰/۷۴۴	۰/۳۳۳

جدول ۸. نتایج آزمون کرویت ماخلی برای داده رواناب در SPSS

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	ضرایب تصحیح اسیلون		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
داده‌های رواناب	۰/۱۸۰	۲۰/۱۲۲	۵	۰/۰۰۱	۰/۶۱۶	۰/۷۶۹	۰/۳۳۳

رسوب است. تفاوت بین دو گروه (زیرحوضه نمونه و شاهد) یا معنی‌دار بودن اثر زیرحوضه بر متغیر وابسته (غلظت رسوب) از جدول ۱۱ و ارتفاع رواناب از جدول ۱۲ قابل تشخیص است. با توجه به اینکه سطح معنی‌داری (*Sig*) در ردیف مربوطه (*group*) کمتر از ۰/۰۵ است، تفاوت معنی‌دار است؛ یعنی زیرحوضه نیز بر غلظت رسوب و ارتفاع رواناب اثر دارد یا، به عبارت دیگر، غلظت رسوب و ارتفاع رواناب بین دو زیرحوضه نمونه و شاهد متفاوت است.

در جدول‌های ۹ تا ۱۲، ستون آخر (*Partial Eta Squared*) میزان تبیین تغییرات متغیر وابسته (غلظت رسوب و ارتفاع رواناب) توسط متغیر مستقل (رگبارها و زیرحوضه‌ها) را نشان می‌دهد. بر این اساس، زیرحوضه ۳۹/۴ درصد از تغییرات غلظت رسوب و ۳۸/۴ درصد از تغییرات ارتفاع رواناب را تبیین می‌کند؛ در حالی که رگبار ۶۱/۳ درصد از تغییرات غلظت رسوب و ۷۷/۳ درصد از تغییرات ارتفاع رواناب را تبیین می‌کند.

در تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر، با توجه به اینکه سطح معنی‌داری در آزمون آماری فرض کرویت ماخلی کمتر از ۰/۰۵ شد، برای اصلاح درجه آزادی از ضرایب تصحیح اسیلون‌ها (هینه-فلت)<sup>۱</sup> استفاده شد. جدول ۷ نتایج آزمون کرویت ماخلی برای داده‌های رسوب و جدول ۸ برای داده‌های رواناب را نشان می‌دهد.

جدول‌های ۹ و ۱۰ به ترتیب نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر را برای داده‌های غلظت رسوب و رواناب در طی چهار رگبار در دو گروه زیرحوضه نمونه و شاهد نشان می‌دهد. همچنان که در بالا گفته شد، چون فرض کرویت برآورده نشد، سطح معنی‌داری مربوط به هینه-فلت در نظر گرفته شد. با توجه به این جدول، اثر رگبار بر غلظت رسوب معنی‌دار است؛ در حالی که اثر رگبار در داخل هر گروه معنی‌دار نیست؛ یعنی تفاوت بین دو گروه در جدول‌های ۹ و ۱۰ قابل تشخیص نیست و این نتایج فقط مربوط به اثر خالص رگبارها بر غلظت

1. Huynh-Feldt

جدول ۹. نتایج بررسی اثر رگبار بر داده‌های رسوب با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در SPSS

	Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Sediment.rain	Sphericity Assumed	۴,۲۱۸	۳	۱,۴۰۶۲۰,۵۵۹	۰,۰	۰,۰	۰,۶۱۳
	Greenhouse-Geisser	۴,۲۱۸ ۱,۷۹۹		۲,۳۴۴۲۰,۵۵۹	۰,۰	۰,۰	۰,۶۱۳
	Huynh-Feldt	۴,۲۱۸ ۲,۲۳۱		۱,۸۹۱۲۰,۵۵۹	۰,۰	۰,۰	۰,۶۱۳
	Lower-bound	۴,۲۱۸ ۱,۰		۴,۲۱۸۲۰,۵۵۹	۰,۰۰۱	۰,۰	۰,۶۱۳
Sediment.rain * group	Sphericity Assumed	۰,۲۹۱	۳	۰,۰۹۷ ۱,۴۱۹۰,۲۵۲		۰,۰	۰,۰۹۸
	Greenhouse-Geisser	۰,۲۹۱ ۱,۷۹۹		۰,۱۶۲ ۱,۴۱۹۰,۲۶۱		۰,۰	۰,۰۹۸
	Huynh-Feldt	۰,۲۹۱ ۲,۲۳۱		۰,۱۳۰ ۱,۴۱۹۰,۲۵۹		۰,۰	۰,۰۹۸
	Lower-bound	۰,۲۹۱ ۱,۰		۰,۲۹۱ ۱,۴۱۹۰,۲۵۵		۰,۰	۰,۰۹۸
Error(sediment.rain)	Sphericity Assumed	۲,۶۶۷	۳۹	۰,۰۶۸			
	Greenhouse-Geisser	۲,۶۶۷ ۲۳,۳۹۲		۰,۱۱۴			
	Huynh-Feldt	۲,۶۶۷ ۲۹,۰۰۶		۰,۰۹۲			
	Lower-bound	۲,۶۶۷ ۱۳,۰		۰,۲۰۵			

جدول ۱۰. نتایج بررسی اثر رگبار بر داده‌های رواناب با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در SPSS

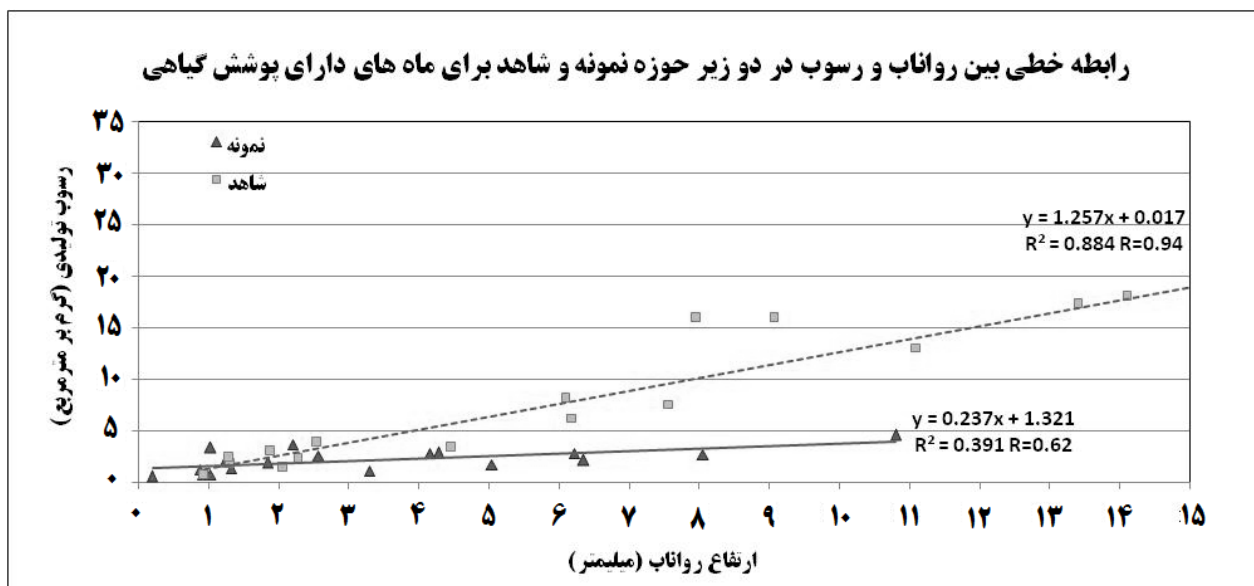
	Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
runoffrain	Sphericity Assumed	۶,۱۱۵	۳	۲,۰۳۸ ۴۴,۱۵۹	۰,۰	۰,۰	۰,۷۷۳
	Greenhouse-Geisser	۶,۱۱۵ ۱,۸۴۹		۳,۳۰۷ ۴۴,۱۵۹	۰,۰	۰,۰	۰,۷۷۳
	Huynh-Feldt	۶,۱۱۵ ۲,۳۰۷		۲,۶۵۰ ۴۴,۱۵۹	۰,۰	۰,۰	۰,۷۷۳
	Lower-bound	۶,۱۱۵ ۱,۰		۶,۱۱۵ ۴۴,۱۵۹	۰,۰	۰,۰	۰,۷۷۳
runoffrain * group	Sphericity Assumed	۰,۰۶۷	۳	۰,۰۲۲ ۰,۴۸۷۰,۶۹۳		۰,۰	۰,۰۳۶
	Greenhouse-Geisser	۰,۰۶۷ ۱,۸۴۹		۰,۰۳۷ ۰,۴۸۷۰,۶۰۶		۰,۰	۰,۰۳۶
	Huynh-Feldt	۰,۰۶۷ ۲,۳۰۷		۰,۰۲۹ ۰,۴۸۷۰,۶۴۵		۰,۰	۰,۰۳۶
	Lower-bound	۰,۰۶۷ ۱,۰		۰,۰۶۷ ۰,۴۸۷۰,۴۹۷		۰,۰	۰,۰۳۶
Error(runoffrain)	Sphericity Assumed	۱,۸	۳۹	۰,۰۴۶			
	Greenhouse-Geisser	۱,۸ ۲۴,۰۳۴		۰,۰۷۵			
	Huynh-Feldt	۱,۸ ۲۹,۹۹۷		۰,۰۶۰			
	Lower-bound	۱,۸ ۱۳,۰		۰,۱۳۸			

جدول ۱۱. نتایج بررسی اثر زیرحوضه بر داده‌های رسوب با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در SPSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	372.187	۱	۳۷۲٫۱۸۷	۲۴۳۵٫۸۲۳	۰٫۰	۰٫۹۹۵
group	1.294	۱	۱٫۲۹۴	۸٫۴۶۹	۰٫۰۱۲	۰٫۳۹۴
Error	1.986	۱۳	۰٫۱۵۳			

جدول ۱۲. نتایج بررسی اثر زیرحوضه بر داده‌های رواناب با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در SPSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	۳۹۰٫۰۹۴	۱	۳۹۰٫۰۹۴	۵۹۷۳٫۸۳۰	۰٫۰	۰٫۹۹۸
group	۰٫۵۲۹	۱	۰٫۵۲۹	۸٫۱۰۰	۰٫۰۱۴	۰٫۳۸۴
Error	۰٫۸۴۹	۱۳	۰٫۰۶۵			



شکل ۵. رابطه خطی بین ارتفاع رواناب و رسوب در دو زیرحوضه نمونه و شاهد طی ماه‌های دارای پوشش گیاهی

زیرحوضه نمونه نشان داد ( $r = 0.94 > 0.62$ ). همچنین، شیب خط تغییرات در زیرحوضه شاهد بسیار بیشتر و تقریباً  $5/3$  برابر زیرحوضه نمونه است (شکل ۵).

برای تعیین اثر و نقش پوشش بر رواناب و تولید رسوب، همبستگی رواناب و رسوب در هر دو زیرحوضه طی ماه‌های دارای پوشش گیاهی (رگبارهای ۲۹ فروردین و ۱۲ اردیبهشت) بررسی شد. نتایج به دست آمده همبستگی قوی رواناب و رسوب را در زیرحوضه شاهد خیلی بیشتر از

## بحث و نتیجه گیری

حوضه زوجی کاخک شهرستان گناباد یکی از حوضه‌های آبخیزی است. این حوضه به منظور شناخت نقش مؤثر عملیات آبخیزداری در مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب و خاک از سال ۱۳۷۰ مورد نظر قرار گرفت و مطالعه آن از سال ۱۳۷۶ آغاز شد. در مردادماه ۱۳۷۸ نصب تجهیزات در آن شروع شد و در مهرماه ۱۳۷۹ طرح استقرار حوضه به پایان رسید. این دو زیرحوضه از هر نظر مشابه‌اند و در حال حاضر فقط از نظر اجرای عملیات مختلف آبخیزداری تفاوت دارند. تفاوت بین دو زیرحوضه نمونه و شاهد در سطح دامنه‌ها فقط مربوط به خصوصیات پوشش گیاهی (تاج پوشش و مقدار لاشبرگ و...) است. بر اساس گزارش طرح بازنگری حوضه زوجی کاخک (۱۳۹۱)، متوسط پوشش تاجی در زیرحوضه نمونه ۴۴٫۳ درصد و در زیرحوضه شاهد ۲۱٫۷ درصد بوده است. بر اساس همین گزارش، متوسط مقدار لاشبرگ در زیرحوضه نمونه ۱۲٫۵ درصد و در زیرحوضه شاهد ۱٫۵ درصد بوده است [۱۶].

نتایج این مطالعه نشان داد در همه رگبارها ارتفاع رواناب و مقادیر بار رسوبی دامنه‌ها در زیرحوضه نمونه به صورت معنی‌داری و حتی به صورت آشکار (شکل‌های ۴ و ۵) کمتر از زیرحوضه شاهد است. همچنین، رابطه رواناب و رسوب در زیرحوضه شاهد دارای همبستگی بالاتر و شیب خط بیشتر نسبت به زیرحوضه نمونه است. بر این اساس، می‌توان گفت در زیرحوضه شاهد، با افزایش ارتفاع رواناب در سطح دامنه‌ها، رسوب تولید نیز تحت تأثیر آن به سرعت افزایش می‌یابد و دارای شیب تغییرات نسبتاً

بالایی است (۱/۲۵۷). در حالی که در زیرحوضه نمونه، با افزایش ارتفاع رواناب، مقدار رسوب تولیدی به اندازه زیرحوضه شاهد افزایش نمی‌یابد و دارای شیب افزایش بسیار کمتری نسبت به آن است (۰/۲۳۷). این نتایج نشان می‌دهد رابطه رواناب و رسوب در زیرحوضه نمونه تحت تأثیر عوامل دیگری قرار دارد که سبب می‌شود با افزایش ارتفاع رواناب، مقدار رسوب تولیدی کنترل شود. نتایج مقایسه آماری نیز تفاوت معنی‌داری را بین دو زیرحوضه نمونه و شاهد تأیید کردند.

مهم‌ترین عاملی که در این مطالعه می‌تواند در کنترل و حفاظت رسوب در برابر افزایش مقدار رواناب نقش مؤثری ایفا کند کاهش سرعت جریان است؛ که در اثر افزایش زبری سطح و مقدار نفوذپذیری امکان‌پذیر است. تنها تفاوت بین سطح پلات‌های دو زیرحوضه اجرانشدن قرق و طرح‌های احیای بیولوژیکی در زیرحوضه شاهد است. این تغییر در مقدار زبری و نفوذپذیری زیرحوضه نمونه را - با توجه به شرایط تقریباً مشابه هر گروه از پلات‌ها - بین دو زیرحوضه - باید در تفاوت ویژگی‌های پوشش گیاهی ناشی از اجرای عملیات بیولوژیکی و مدیریتی در زیرحوضه نمونه دانست.

تأثیر عملیات مدیریتی و قرق بر روی دینامیک پوشش گیاهی مراتع بیابانی نشان داده است که تغییرپذیری و پویایی جامعه گیاهی بیشتر تحت تأثیر چرا و مدیریت انسانی است تا اقلیم [۲]. در این مطالعه نیز نشان داده شد که با توجه به اینکه هر دو زیرحوضه از نظر اقلیمی و فیزیکی شرایط یکسانی دارند، عملیات مدیریتی و قرق، موجب تفاوت بین زیرحوضه تحت اعمال مدیریت و قرق (زیرحوضه

نمونه) و زیرحوضه تحت شرایط طبیعی (زیرحوضه شاهد) شده است؛ به طوری که گزارش طرح بازنگری حوضه زوجی این مطلب را نشان داد [۶]. بنابراین، نوع پوشش زمین نقش مهمی در تولید رواناب بازی می‌کند. بر اساس تحقیقات صورت گرفته، پوشش گیاهی مستقیماً در مقدار آبی که به خاک نفوذ می‌کند و مقداری که به رواناب سطحی تبدیل می‌شود مؤثر است [۱۶]. همچنین، در نحوه تأثیر پوشش گیاهی بر رواناب، پوشش گیاهی فرایندهای هیدرولیکی را از طریق برگاب، نفوذپذیری، تبخیر و ذخیره آب در خاک تحت تأثیر قرار می‌دهد [۳، ۱۱، ۱۴]. عملکرد لاشبرگ و پوشش گیاهی در کاهش سرعت جریان، افزایش زبری سطح، افزایش نفوذپذیری خاک و بهبود ساختمان خاک در اثر اضافه شدن مواد آلی به آن است [۱۳]. با افزایش تاج پوشش نفوذپذیری افزایش می‌یابد و رواناب و بار رسوبی کاهش می‌یابد؛ این امر در اثر بازخورد مثبت پوشش گیاهی و ظرفیت ذخیره خاک است [۸]. همچنین، افزایش تاج پوشش سبب کاهش درخور توجه جریان‌های سطحی و تولید رسوب می‌شود [۷]. در مطالعات مشابه در حوضه زوجی کیچک، پوشش گیاهی عامل اصلی تفاوت مقادیر رواناب بین دو

زیرحوضه نمونه و شاهد شناخته شد و مشخص گردید که پوشش گیاهی با ایجاد مانع در مقابل حرکت آب روی زمین موجب افزایش نفوذ آب به داخل خاک می‌شود [۴]، بدین ترتیب، تأثیر بسیار زیادی در رواناب سطحی آبخیزها به جای می‌گذارد. بنابراین، عملیات بیولوژیکی و مدیریتی با افزایش پوشش تاجی و لاشبرگ باعث کاهش اثر قطرات باران بر روی سطح خاک و مقدار فرسایش پاشمانی می‌شود. علاوه بر این، با ایجاد مانع در مسیر حرکت آب و کاهش سرعت آن موجب افزایش مقدار نفوذ آب به خاک می‌شود [۸]. یافته‌های تحقیق حاضر نیز در راستای نتایج محققان یادشده است.

نتایج تحقیق حاضر به‌خوبی تأثیر عملیات بیولوژیکی و مدیریتی (قرق) را در کاهش بار رسوبی و ارتفاع رواناب در سطح حوضه‌های آبخیز نشان داد. این شناخت امکان ارزیابی مدیریتی‌های قابل اجرا در حوضه‌های آبخیز را بهتر مشخص می‌کند و راهکارهای مدیریتی صحیح را برای آینده روشن می‌سازد.

## References

- [1] Abrahams, A.D., Parsons, A.J. and Wainwright, J. (1995). Effects of vegetation change on interrill runoff and erosion, Walnut Gulch, southern Arizona, *Journal of Geomorphology*, 13, 37-48.
- [2] Alzerreca, A.H., Schupp, E.W. and Kitchen, S.G. (1998). Sheep Grazing and Plant Cover dynamics of shadscale Community, *Journal of Range Manage*, 51(2), 214-221.
- [3] Breshears, D.D., Nyhan, J.W., Heil, C.E. and Wilcox, B.P. (1998). Effects of woody plants on microclimate in semiarid woodland: soil temperature and evaporation in canopy and intercanopy patches, *International Journal of Plant Sciences*, 159, 1010-1017.
- [4] Hematzadeh, Y., Barani, H. and Kabir, A. (2009). The role of vegetation management on surface runoff (Case study: Kechik catchment in north-east of Golestan Province), *Journal of Water and Soil Conservation*, 16(2), 19-33.
- [5] Joshi. V.U and Tambe, D.T. (2010). Infiltration rate, run-off and sediment yield under rainfall experiments, *Journal of Earth System Science*, 119(6), 763-773.
- [6] Eshghizadeh, M. (2012). *Plan review of Kakhk paired catchment*, Forests, Range & Watershed Management Organization of Iran, 162p.
- [7] Ludwig, J.A., Wilcox, B.P., Breshears, D.D., Tongway, D.J. and Imeson, A.C. (2005). Vegetation patches and runoff-erosion as interacting ecohydrological processes in semiarid landscapes, *Journal of Ecology*, 86, 288-297.
- [8] Moreiraa, L.F.F., Silvaa, F. de O., Righetto, A.M. and Medeiros, V.M. de A. (2008). Overland flow and soil erosion in an undisturbed Brazilian Northeastern Semiarid Experimental Plot, *International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs)*, 422-429.
- [9] Najafinejad, A. (1997). *Hand book of watershed management (studies and programming of watershed basins)*, 1ed Edition, Publications of Gorgan Agriculture and Natural Resources Sciences University.
- [10] Parsons, A.J., Abrahams, A.D. and Wainwright, J. (1996). Responses of interrill runoff and erosion rates to vegetation change in southern Arizona, *Journal of Geomorphology*, 14, 311-317.
- [11] Pierson, F.B., Bates, J.D., Svejcar, T.J. and Hardegree, S.P. (2007). Runoff and erosion after cutting western juniper, *Journal of Rangeland Ecology and Management*, 60, 285-292.
- [12] Refahi, H. (2006). *Water erosion and Control*, 5ed Editions, Tehran University press.
- [13] Shelby, M.J. (1982). *Hillslope materials and processes*, Oxford, United Kingdom: Oxford University Press, 263p.
- [14] Spaeth, K. (1995). *Small plot rainfall simulation: background and procedures*, Washington, DC, USA: US Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, Technical Note, 230-15-12, 31p.
- [15] Wainwright, J., Parsons, A.J. and Abrahams, A.D. (2000). Plot-scale studies of vegetation, overland flow and erosion interactions: case studies of Arizona and New Mexico. *Journal of Hydrological Processes*, 14, 2921-2943.
- [16] Winnaar, G. de., Jewitt, G.P.W. and Horan, M. (2007). A GIS-based approach for identifying potential runoff harvesting sites in the Thukela River basin, South Africa, *Journal of Physics and Chemistry of the Earth*, 32, 1058-1067.
- [17] Zhang, G.H., Liu, G.B., Wang, G.L. and Wang, Y.X. (2011). Effects of vegetation cover and

rainfall intensity on sediment-bound nutrient loss, size composition and volume fractal dimension of sediment particles, *Journal of Pedosphere*, 21(5), 676-684.

- [18] Ziiai, H. (2007). *Principles of Engineering Watershed management*, 2ed Edition, Amam Reza University press.