Archive of SID

محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶
صفحات: ۸۲۸-۸۱۳

اثرات محیط‌زیستی عملیات بهره‌برداری جنگل بر رواناب در مسیرهای چوبکشی (مطالعهٔ موردی: جنگل خیرود)

سعیده جوریز[۱]، مقداد جورغلامی[۲*]، آرش ملکیان[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲. دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳. دانشیار گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۷)

چکیده

امروزه اهمیت استفاده از مسیرهای چوبکشی متناسب با روش‌های بهره‌برداری و شیوهٔ جنگل‌شناسی در واحدهای جنگلداری شمال کشور، ضرورت ارزیابی دقیق و همه‌جانبهٔ این مسیرها را ایجاب می‌کند. همچنین تردد ماشین‌آلات در مسیرهای چوب‌کشی تأثیر زیادی روی خصوصیات فیزیکی خاک دارد، تا حدی که با گذشت چندین سال، خصوصیات فیزیکی خاک در مسیرهای چوبکشی نمی‌تواند ترمیم شود. هدف از انجام این پژوهش اندازه‌گیری نرخ رواناب در دو طبقهٔ شیب ۲۰٪-۰ و ۴۰٪ -۲۰٪ مسیرهای چوبکشی است. به این منظور در منطقهٔ بهره‌برداری شده در مسیر چوبکشی و منطقهٔ شاهد در بخش گرازبن جنگل خیرود اقدام به نمونه‌برداری از رواناب تولیدی شد. در این تحقیق از بارش‌های طبیعی منطقه به دلیل ایجاد تکرارهای بیشتر و به‌دست آوردن اطلاعات استفاده شد. با توجه به نرمال بودن رواناب تولیدی به‌وسیلهٔ آزمون‌های پارامتری مقایسهٔ میانگین بین آن‌ها صورت گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که مسیرهای چوبکشی و کاهش پوشش گیاهی عامل اصلی افزایش رواناب در جنگل‌های طبیعی هستند و نوع پوشش، تغییر فصل و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان رواناب تأثیر معنی‌دار دارند. به‌عبارت دیگر، مقدار بارش و تغییر فصل بر میزان رواناب تولیدی نقش دارند، همچنین در تحقیق حاضر شیب و اثرات متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر مقدار رواناب تولیدی نداشته است.

کلید واژگان: اثرات محیط‌زیستی، بهره‌برداری جنگل، چوبکشی، مسیر چوبکشی، رواناب

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۹۸۲۶۳۲۲۴۹۳۱۲+
ایمیل: mjgholami@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

جنگل‌های طبیعی علاوه بر تولید چوب برای بشر، تأمین‌کنندهٔ آب، هوا، منظره، مواد غذایی و دارویی و زیستگاه بسیاری از جانوران محسوب می‌شوند. بنابراین جنگل‌ها از مهم‌ترین اکوسیستم‌های خشکی هستند که کالاها و خدمات متنوعی را فراهم می‌آورند. یکی از مهم‌ترین عملکردهای اکوسیستم جنگلی، نقش آن در حفاظت از منابع آبی و تنظیم ارتفاع و حجم رواناب سطحی در آبخیزها است (Bruijnzeel, 1988; Bennett, 2001; Akay *et al*., 2008. Ayed & Adam, 2010). از گذشته‌های دور، همواره نقش و جایگاه جنگل‌ها در حفظ آب، جلوگیری از ایجاد سیلاب و نیز کاهش فرسایش خاک مورد توجه جوامع مختلف بوده است. آبخیزهای جنگلی، آب حاصل از بارش را به اشکال مختلف گرفته و جذب می‌نمایند و از این رو به تنظیم جریان فصلی کمک می‌کنند (Akay *et al*., 2008. Ayed & Adam, 2010). کمیت و کیفیت آب ناشی از آبخیزهای جنگلی در بخش‌ها و فعالیت‌های دیگری چون کشاورزی، تولید برق، تفرج و زیستگاه ماهیان و سایر گونه‌های حیات وحش اهمیت دارند (Myers, 1988). تأثیرات مدیریت جنگل بر کمیت و کیفیت و دورهٔ زمانی رواناب برای مدیران جنگل و کاربران آب جالب بوده است و موضوع مهمی برای بحث است. یونانیان باستان عقیده داشتند که قطع یکسرهٔ جنگل باعث خشک شدن چشمه‌ها می‌شود، درحالی‌که تعدادی از مطالعات نشان داده‌اند که قطع جنگل‌ها می‌تواند جریان‌های سالانه را افزایش دهد (Bosch & Hewlett, 1982). در واقع ارتباط بسته‌ای بین وضعیت جنگل، فرایندهای رواناب و کیفیت آبی که از جنگل جریان پیدا می‌کند، است. به‌طور کلی، جنگل‌ها در مناطق مرطوب رشد می‌کنند و جریان‌های آب سطحی به‌نسبت کمی در مقیاس دامنه ایجاد می‌شود (Dunne & Leopold, 1978)، به عنوان مثال، مناطق جنگل‌کاری شده به‌طور معمول مقادیر زیادی آب با کیفیت بالا تولید می‌کنند (Dissmeyer, 2000). پس می‌توان بیان کرد که شیوه‌های مدیریتی ضعیف می‌تواند کیفیت این آب‌ها را کاهش دهد.

تاج‌پوشش درختان جنگلی و چگونگی توزیع مکانی آن‌ها، اثرات مهمی بر هیدرولوژی و فرسایش خاک دارد. پوشش جنگلی نقش مهمی را در بخشی از چرخهٔ هیدرولوژیک از طریق جذب هوایی بارش‌ها، توزیع مکانی و زمانی آن‌ها، کاهش سرعت برخورد قطرات باران بر سطح زمین، تبخیر و تعرق، کاهش رواناب و افزایش نفوذ آن ایفا می‌کند که اهمیت فوق‌العاده‌ای در حفاظت آب و خاک دارد (Chang, 2003; Dong *et al*., 2012; Dung *et al*., 2012). همچنین پوشش گیاهی از طریق دریافت باران موجب تبخیر بخشی از آن، از یک‌سو و انتقال آهستهٔ بخشی دیگر از آن به سطح زمین می‌گردد و در عین‌حال با ایجاد مانع در مقابل حرکت آب روی زمین سبب افزایش نفوذ آب به داخل خاک می‌شود (Luce & Black, 2001; LU, 2001; Morgan, 2005; Khanal *et al*., 2011). پس تغییر پوشش گیاهی تأثیر عمیقی بر چرخهٔ آب دارد و کاهش پوشش گیاهی در مسیرهای چوبکشی و بهره‌برداری از جنگل حجم متوسط رواناب سطحی و عملکرد کلی آب را برای منطقه‌ای از زمین افزایش می‌دهد (Suryatmojo *et al*., 2013). علاوه بر این، چوب و رواناب محصولات مشترک جنگل هستند و بهره‌برداری درختان می‌تواند باعث افزایش رواناب شود (Rowse & Center, 1998). از طرفی دیگر، در مناطق بهره‌برداری شده، حضور مواد آلی در کف جنگل، مانند لایهٔ لاشبرگ، بقایای چوبی و زبری سطح در جلوگیری از جدا شدن ذرات خاک بسیار مهم است و تا حدی باعث کاهش رواناب و حرکت ذرات به سمت پایین شیب می‌شود (Hartanto *et al*., 2003). در جاهایی که پیوستگی خاک ضعیف است بارندگی‌های شدید و دماهای بالا، باعث می‌شود، خاک‌هایی که فرسایش‌گر هستند نسبت به تأثیرات ماشین‌آلات و از بین بردن پوشش گیاهی حساسیت بیشتری نشان دهند. این

www.SID.ir

Archive of SID

حالات بیشتر در دامنه‌ها رخ می‌دهد (Zachar, 1982; Ross & Dykes, 1996).

به‌طور معمول پس از قطع یکسره، میزان رواناب از حوزهٔ آبخیز جنگل در کوتاه‌مدت افزایش می‌یابد و اثرات آن حداقل برای ۱۸ سال در حوزهٔ آبخیز مشاهده می‌شود ولی در درازمدت به علت افزایش تبخیر و تعرق تجدید حیات درختان جوان توده می‌تواند منجر به کاهش حجم رواناب شود (Ide *et al*., 2013). امروزه اهمیت استفاده از مسیرهای چوبکشی متناسب با روش‌های بهره‌برداری و شیوهٔ جنگل‌شناسی در واحدهای جنگلداری شمال کشور، ضرورت ارزیابی دقیق و همه‌جانبهٔ این مسیرها را ایجاب می‌کند. همچنین تردد ماشین‌آلات در مسیرهای چوبکشی تأثیر زیادی روی خصوصیات فیزیکی خاک دارد، تا حدی که با گذشت حدود ۱۰ سال، خصوصیات فیزیکی خاک در مسیرهای چوب‌کشی نمی‌تواند ترمیم شود. علاوه‌بر این، در مسیرهای چوب‌کشی عدم وجود لایهٔ خاک، باعث افزایش رواناب سطحی، جدا شدن ذرات خاک توسط قطرات باران و حرکت بدون مانع رواناب و ذرات خاک به سمت پایین شیب می‌شود (Hartanto *et al*., 2003)، که این خود عامل ایجاد فرسایش است. فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن نیز، امروزه به یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی در دنیا تبدیل شده است (Ekwue *et al*., 2009) که به‌طور جدی منابع آب‌وخاک را تهدید می‌کند (Qiang Deng *et al*., 2008). فرسایش خاک توسط آب شامل وقایع پی‌درپی جدایش ذرات، حرکت آهسته، انتقال و رسوب‌گذاری است. سقوط قطرات باران عامل فرساینده‌ای است که حرکت ذرات خاک را تسهیل می‌کند. فرسایش پاشمانی باران به‌عنوان اولین رویداد در فرسایش خاک، موادی را برای انتقال بعدی و حرکت آهستهٔ خاک فراهم می‌کند. همپنین منابع تأثیرگذار بر فرسایش شامل مسیرهای چوبکشی، جاده‌های جنگلی و دپوها نیز است و مسیرهای چوبکشی منبع اصلی تولید رسوب به شمار می‌روند (Trimble & Sartz, 1957; Gilmour, 1971; Douglas *et al*., 1993). پس منابع اصلی تولید رسوب در مناطق جنگلی شامل: جاده‌ها، مسیرهای چوبکشی و واحدهای برداشت چوب است (Motha *et al*., 2003). در محدودهٔ مسیرهای چوبکشی و مناطق تحت بهره‌برداری، فقدان و یا کم بودن تاج‌پوشش باعث رفتارهای هیدرولوژیکی از جمله افزایش رواناب، فرسایش خاک و مستعد شدن به منظور حرکات توده‌ای می‌شود (Gucinski *et al*., 2001).

Daghestani (2003)، اثرات قطع گروهی بر خصوصیات هیدرولوژیکی را در بخش نمخانهٔ جنگل خیرود بررسی و نتیجه گرفت که میزان رواناب در قطعهٔ قطع ۵۵ درصد بیشتر از قطعهٔ شاهد و میزان حمل رسوب در این قطعه ۸۲ درصد بیشتر از قطعهٔ شاهد است و در نهایت نتیجه‌گیری کرد که تغییرات رو به افزایش دو عامل رواناب و رسوب در اثر گذشت زمان بیانگر بروز تغییرات هیدرولوژی در طولانی مدت است و عملیات قطع گروهی و چوبکشی بر خصوصیات خاک و خصوصیات هیدرولوژیکی تأثیر می‌گذارند.

Etehadi Abari و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر سه تیمار بهره‌برداری جنگل شامل بهره‌برداری به شیوهٔ گزینشی، سطح بدون تاج پوشش و مسیر چوبکشی را به همراه منطقهٔ شاهد بر مقدار رواناب و رسوب در جنگل خیرود بررسی کردند و نتیجه گرفتند که نوع و مقدار پوشش تأثیر معنی‌داری بر مقدار رواناب و رسوب دارد. همچنین، بیشترین مقدار رسوب و رواناب در مسیرهای چوبکشی و منطقهٔ بدون تاج پوشش اندازه‌گیری شد.

از آنجایی‌که عبور اسکیدرها و ماشین‌آلات جنگلی خاک را فشرده می‌کند، ساخت مسیرهای چوبکشی باعث ایجاد اختلال در سطح خاک می‌شود و آب‌های سطحی حاصل از باران و برف به‌آسانی جذب نمی‌شود و این آب‌های سطحی به‌صورت کانال‌هایی بر روی مسیرهای چوب‌کشی جریان پیدا می‌کنند و خود باعث افزایش سرعت و حجم آب به‌سمت پایین شیب می‌شوند؛ پس درنتیجه رواناب ایجاد شده باعث هدررفت خاک و

www.SID.ir

Archive of SID

تخریب‌های فیزیکی زیادی می‌شود و میزان رواناب تولیدی به‌عنوان یکی از فرایندهای اصلی فرسایش خاک، امری ضروری است. اهداف این تحقیق عبارتند از: اندازه‌گیری نرخ رواناب در دو طبقهٔ شیب مسیرهای چوبکشی و بررسی اثر مسیرهای چوبکشی بر مقدار رواناب تولید شده. فرضیه‌های تحقیق عبارتند از: ارتباط بین مسیرهای چوبکشی و کمیت رواناب تولیدی و ارتباط بین کمیت رواناب تولید شده در مسیرهای چوبکشی و شیب مسیر.

۲. مواد و روش‌ها

۱،۲. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه بخش گرازبن جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکدهٔ منابع‌طبیعی دانشگاه تهران (جنگل خیرود) است. قطعات نمونهٔ مورد پژوهش مربوط به منطقهٔ شاهد و بهره برداری نشده در پارسل ۳۱۸ و قطعات نمونه مربوط به قسمت بهره‌برداری شده (مسیر چوبکشی) به شیوهٔ تک گزینی در پارسل ۳۱۷ این بخش مستقر هستند. پارسل ۳۱۷ دارای ۳۵/۳۱۵ هکتار مساحت، با ۱۲۳۰-۱۱۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا و متوسط ارتفاع ۱۱۴۰ متر از سطح دریا است. جهت عمومی قطعهٔ جنوبی و شمالی بوده و تیپ خاک آلفی‌سول است. نفوذپذیری خاک منطقه متوسط و نوع اقلیم مرطوب است. تیپ فعلی جنگل راش-ممرز به همراه سایر گونه‌ها است. پارسل ۳۱۸ دارای ۳۶/۹ هکتار مساحت، با ۱۲۴۰ - ۱۱۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا و متوسط ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا است. جهت عمومی قطعهٔ شمالی و جنوبی بوده و تیپ خاک آلفی‌سول است. نفوذپذیری خاک منطقه خوب و نوع اقلیم مرطوب است. تیپ فعلی جنگل نیز راش- ممرز است.

۲،۲. روش تحقیق

به‌منظور انجام مطالعهٔ حاضر، براساس اهداف پژوهش بعد از انجام بازدید میدانی، منطقه‌ای با دارا بودن ویژگی‌های هدف تحقیق (منطقهٔ جنگلی با دسترسی آسان و سهل‌الوصول، امکانات موجود در منطقه، وجود اطلاعات پایه و وجود امنیت لازم برای تجهیزات مورد استفاده و شرایط تا حد ممکن یکسان از نظر خاکشناسی)، مشخص شد. همچنین سایر عوامل مؤثر بر مؤلفه‌های هیدرولوژیک مورد مطالعه (رواناب) از جمله جهت و ارتفاع محل پلات‌ها نیز تا حد امکان یکسان در نظر گرفته شد. برای تعیین میزان رواناب تولید شده در اثر بهره‌برداری از جنگل در مسیرهای چوبکشی و منطقهٔ شاهد، از بارش‌های طبیعی منطقه به دلیل ایجاد تکرارهای بیشتر و به‌دست آوردن اطلاعات استفاده شد. به‌منظور تعیین محل نمونه‌برداری، با بازدید میدانی از جنگل، منطقه‌ای که از لحاظ توپوگرافی و ویژگی‌های خاک یکسان بود، انتخاب شد. سپس تعیین محل نصب پلات‌ها به‌صورت منظم- تصادفی صورت گرفت. به این صورت که بعد از مشخص شدن موقعیت‌های شیب موردمطالعه، محل اولین تکرار به صورت انتخابی مشخص شد، سپس تکرارهای بعدی به صورت سیستماتیک به فاصلهٔ معین تعیین شد. بعد از تعیین محل نمونه‌برداری، پلات‌ها مستقر و نمونه‌برداری با پلات‌های ۲ مترمربعی (۲*۱متر) در دو کلاس شیب ۰ - ۲۰ و ۲۰ – ۴۰ درصد، با لحاظ ۴ تکرار در هر دو کلاسه شیب در منطقهٔ شاهد و مسیر چوبکشی انجام شد. در انتهای پلات‌ها لوله‌ای تعبیه شده است تا رواناب جاری شده در سطح پلات را به مخزن جمع‌آوری هدایت کند. پس از هر بار وقوع بارندگی، نمونه‌های رواناب که توسط خروجی پلات به ظروف جمع‌آوری هدایت شده، جمع‌آوری و اندازه‌گیری می‌شد (شکل ۱).

معمول‌ترین روش اندازه‌گیری بارندگی با یک سری وسایل اندازه‌گیری است که به‌طور معمول ظرف استوانه‌ای به قطر ۲۰/۳ سانتی‌متر (۸ اینچ) است. باران سنج مورد استفاده در این پژوهش باران‌سنج استاندارد (یا غیرثبات) بوده که اغلب به خاطر صرفه‌جویی اقتصادی استفاده می‌شوند. باران سنج استاندارد ارتفاع بارندگی را ۱۰ برابر بزرگ‌تر نشان می‌دهد، زیرا آب باران از طریق قیف وارد یک استوانهٔ درونی می‌شود که سطح مقطع آن ۱۰ برابر کوچک‌تر است.

www.SID.ir

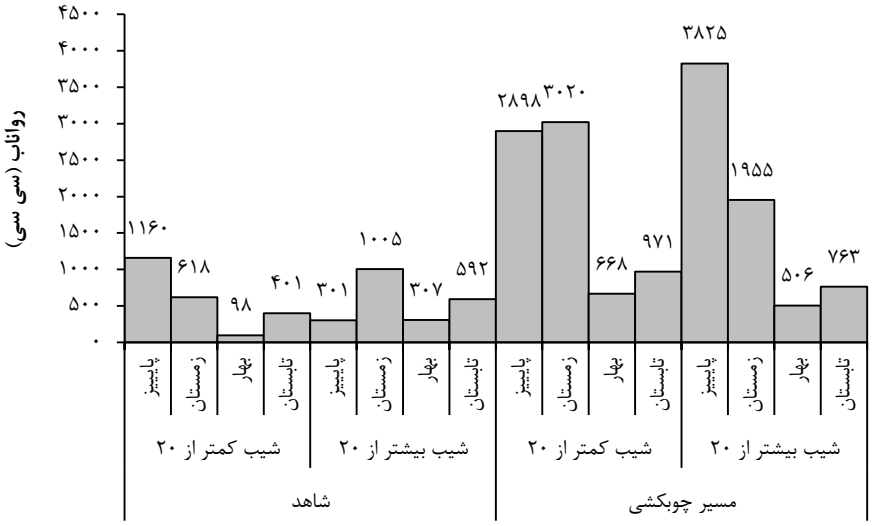
Archive of SID

شکل ۱. پلات مستقر در مسیر چوبکشی

در پژوهش پیش‌رو پس از بررسی پراکنش داده‌ها (نرمال بودن توزیع) با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف در نرم‌افزار SPSS ۱۷ تجزیه و تحلیل آماری صورت گرفت. با توجه به نرمال بودن رواناب و رسوب تولیدی به‌وسیلهٔ آزمون‌های پارامتری مقایسهٔ میانگین بین آن‌ها صورت گرفت، سپس با توجه به سطح معنی‌داری تیمارها در آزمون تجزیهٔ واریانس، آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها (دانکن) در سطح احتمالی ۵ درصد مورد استفاده قرار گرفت. تمامی آزمون‌های آماری در این پژوهش با کمک نرم‌افزار SPSS و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفته است. علاوه بر موارد ذکر شده روابط رگرسیونی بین مقدار بارش و میزان رواناب خروجی در دو منطقه به‌دست آمده است.

۳. نتایج

شکل ۲ میزان رواناب خروجی در دو منطقهٔ بهره‌برداری شده به روش تک‌گزینی (مسیر چوبکشی) و منطقهٔ شاهد (بهره‌برداری نشده) در دو طبقهٔ شیب مختلف (۴۰٪ - ۲۰٪ و ۲۰٪ -۰) برای چهار فصل را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بشترین میزان رواناب با مقدار ۳۸۲۵ سی‌سی مربوط به فصل پاییز در مسیر چوبکشی در شیب ۴۰٪-۲۰٪ و کمترین میزان رواناب با مقدار ۹۸ سی‌سی مربوط به فصل بهار در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰٪-۰ است.



شکل ۲. بررسی تأثیر نوع پوشش، شیب، فصل بر مقدار رواناب در طول یک سال

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس در جدول ۱ نشان می‌دهد که نوع پوشش (مسیر چوبکشی و منطقهٔ شاهد)، تغییر فصل و اثرات متقابل پوشش و فصل از نظر آماری بر مقدار رواناب اثر معنی‌دار دارد ولی شیب و اثرات

www.SID.ir

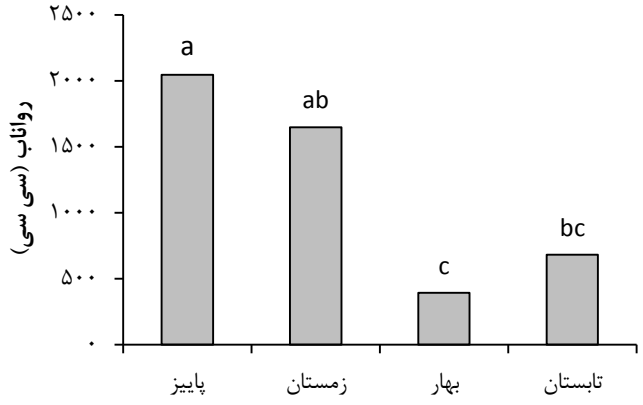
Archive of SID

متقابل آن‌ها دارای اثر معنی‌دار بر مقدار رواناب نیست.

جدول ۱. نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر نوع پوشش، شیب، فصل و اثرات متقابل آن‌ها بر رواناب خروجی در طول یک سال

منابع تغییر	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	آمارهٔ F	P
پوشش	۲۵۶۱۷۳۲۰/۱۳	۱	۲۵۶۱۷۳۲۰/۱۳	۸۱۹/۹	۰/۰۰۳
شیب	۸۴۰۹۳/۹۸	۱	۸۴۰۹۳/۹۸	۰/۰۳۲	۰/۸۵۸
فصل	۲۹۳۴۲۵۳۸/۳۵	۳	۹۷۸۰۸۴۶/۱۱	۳/۷۴۹	۰/۰۱۷
پوشش و شیب	۴۷۲۷۱/۸۴	۱	۴۷۲۷۱/۸۴	۰,۰۱۸	۰/۸۹۳
پوشش و فصل	۱۴۴۳۹۱۶۳/۵۲	۳	۴۸۱۳۰۵۴/۵۰	۱/۸۴۵	۰/۰۱۵۲
شیب و فصل	۳۸۳۳۳۴/۶۸	۳	۱۲۷۷۷۸/۲۲	۰/۰۴۹	۰/۹۸۵
پوشش، شیب و فصل	۵۵۴۲۳۲۰/۹۳	۳	۱۸۴۷۴۴۰/۳۰	۰/۷۰۸	۰/۵۵۲
خطا	۱۲۵۲۳۰۸۰۷/۶۵	۴۸	۲۶۰۸۹۷۵/۱۵		
مجموع	۲۹۱۷۶۴۲۵/۱۲	۶۴			

شکل ۳ نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین رواناب تولیدی در طول یک سال بارندگی را به صورت فصلی نشان می‌دهد. آزمون گروه‌بندی میانگین‌ها (دانکن) نشان داد که بین مقدار رواناب خروجی در فصول مختلف از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود دارد و فصل پاییز دارای بیشترین مقدار رواناب و فصل بهار دارای کمترین مقدار رواناب خروجی است.



شکل ۳. مقایسهٔ میانگین رواناب تولیدی در واحد سطح در طول یک سال با آزمون دانکن
حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

جدول ۲، نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس نوع پوشش و فصل را بر میزان رواناب تولیدی مورد بررسی قرار داده است. نتایج نشان می‌دهد که نوع پوشش و فصل هردو به طور مشترک بر میزان رواناب تأثیر معنی‌دار دارد.

شکل ۴ نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین رواناب تولیدی در طول یک سال بارندگی را به صورت فصلی و در دو منطقهٔ شاهد و مسیر چوبکشی نشان می‌دهد. آزمون گروه‌بندی میانگین‌ها (دانکن) نشان داد که بین مقدار رواناب خروجی در نوع پوشش و فصول مختلف از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود دارد و در مسیر چوبکشی

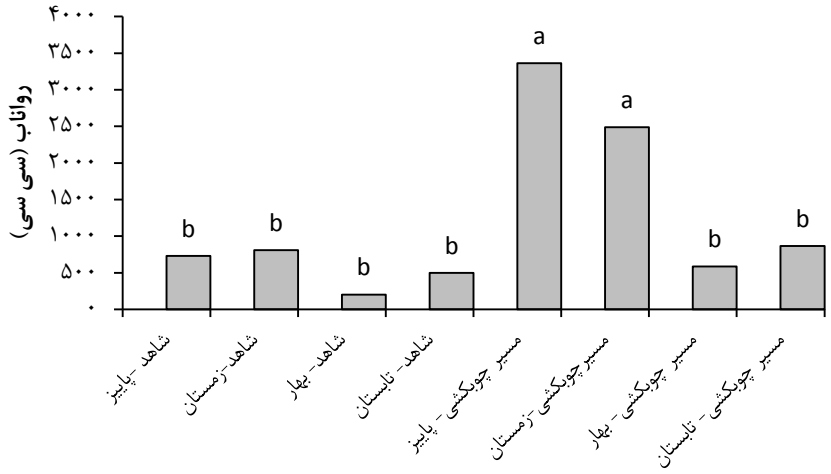
www.SID.ir

Archive of SID

در فصل پاییز و زمستان بیشترین مقدار رواناب وجود دارد، هر چند از نظر آماری بین رواناب در مسیر چوبکشی در فصل پاییز و زمستان اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین کمترین مقدار رواناب در منطقهٔ شاهد در طول چهار فصل و در مسیر چوبکشی در فصل بهار و تابستان وجود دارد. با این وجود بین مقدار رواناب در منطقهٔ شاهد در طول چهار فصل و در مسیر چوبکشی در فصل بهار و تابستان از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۲. تأثیر نوع پوشش و فصل بر میزان رواناب

منابع تغییر	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	آمارهٔ F	*P*
پوشش و فصل	۶۹۳۹۹۰۲,۲۰۱	۷	۹۹۱۴۱۴۶,۰۰۱	۴,۲۲۹	۰,۰۰۱
خطا	۱۳۱۲۸۷۸۲۹,۱۰۱	۵۶	۲۳۴۴۴۲۵,۵۱۹		
مجوع	۲۹۱۷۶۴۲۵۰,۱۲۴	۶۴			



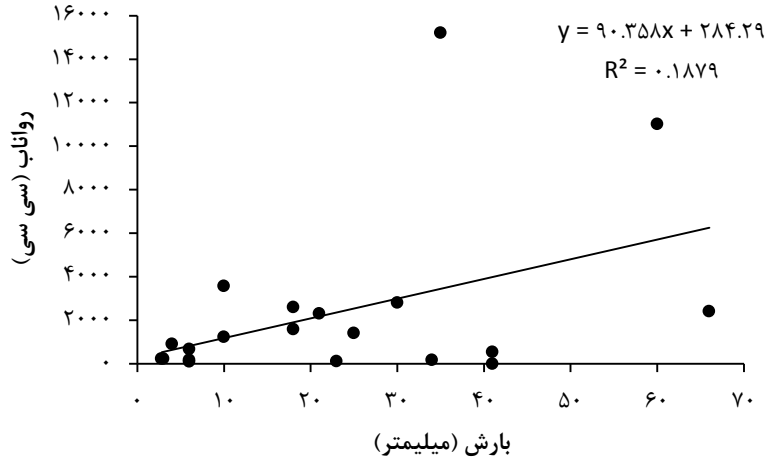
شکل ۴. مقایسهٔ میانگین رواناب تولیدی در واحد سطح در طول یک سال با آزمون دانکن
حروف لاتین نامتشابه نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

در شکل ۵، نمودار پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین میزان رواناب (متغیر وابسته) و میزان بارش (متغیر مستقل) را در مسیر چوبکشی با شیب ۴۰٪-۲۰٪ نشان داده است. جدول ۳، نتایج تجزیهٔ واریانس رگرسیونی برای ارتباط بین بارش و میزان رواناب را در مسیر چوبکشی (شیب ۴۰٪ - ۲۰٪) نشان می‌دهد. با توجه به این‌که مقدار سطح معنی‌داری بزرگتر از ۰/۰۵ است می‌توان بیان کرد که بین مقادیر مختلف بارش در سطح معنی‌داری پنج درصد (با اطمینان ۹۵٪) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

در شکل ۶، نمودار پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین میزان رواناب (متغیر وابسته) و میزان بارش (متغیر مستقل) را در مسیر چوبکشی با شیب ۲۰٪-۰ نمایش داده شده است. جدول ۴، نتایج تجزیهٔ واریانس رگرسیونی برای ارتباط بین بارش و میزان رواناب را در مسیر چوبکشی (شیب ۲۰٪-۰) نشان می‌دهد. با توجه به این‌که مقدار سطح معنی‌داری بزرگتر از ۰/۰۵ است می‌توان بیان کرد که بین مقادیر بارش در سطح معنی‌داری پنج درصد (با اطمینان ۹۵٪) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

www.SID.ir

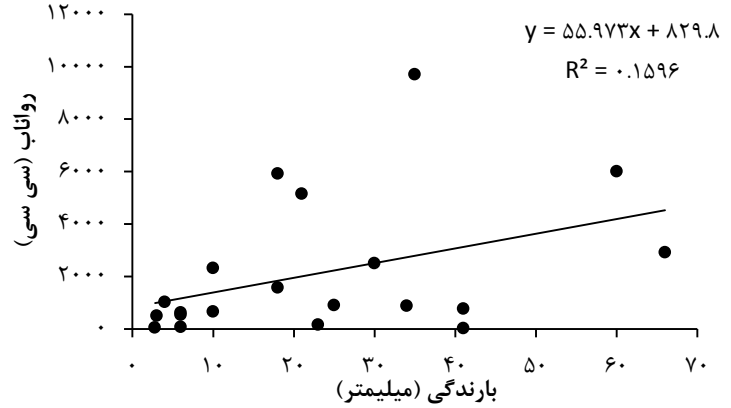
Archive of SID



شکل ۵. پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین بارندگی و رواناب در مسیر چوبکشی با شیب ۴۰٪-۲۰٪

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس رگرسیونی بین بارندگی و رواناب در مسیر چوبکشی با شیب ۴۰٪-۲۰٪

منبع	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	R^2	r	P
مدل	۵۳۹۸۴۴۸۸,۳۳	۱	۵۳۹۸۴۴۸۸,۳۳	۴,۱۶۵	۰,۱۸۸	۰,۴۳۴	۰۶/۰۵
خطا	۲۳۳۲۷۹۶۹۰,۱۰	۱۸	۱۲۹۵۹۹۸۲,۷۸				
مجموع	۲۸۷۲۶۴۱۷۸,۴۳	۱۹					



شکل ۶. پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین بارندگی و رواناب در مسیر چوبکشی با شیب ۲۰٪-۰

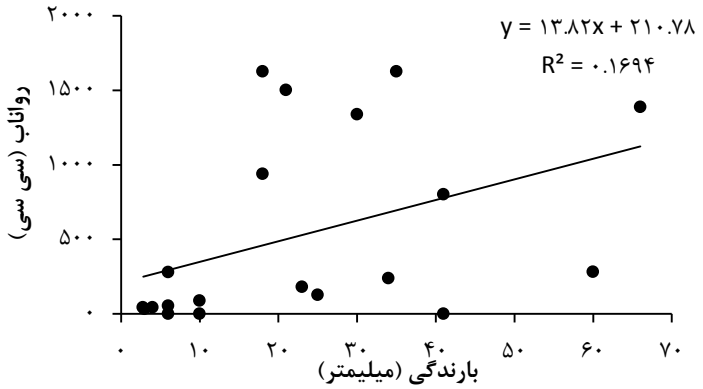
جدول ۴. تجزیهٔ واریانس رگرسیونی بین بارندگی و رواناب در مسیر چوبکشی با شیب ۲۰٪-۰

منبع	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	R^2	r	P
مدل	۲۰۶۳۰۴۰۵,۷۸	۱	۲۰۶۳۰۴۰۵,۷۸	۳,۴۰۲	۰,۱۵۹	۰,۳۹۹	۰,۰۸۲
خطا	۱۰۹۱۶۰۷۴۷,۶۵	۱۸	۶۰۶۴۴۸۸۵,۹۸				
مجموع	۱۲۹۷۹۱۱۵۳,۴۳	۱۹					

www.SID.ir

Archive of SID

در شکل ۷، نمودار پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین میزان رواناب (متغیر وابسته) و میزان بارش (متغیر مستقل) را در منطقهٔ شاهد با شیب ۴۰٪-۲۰٪ نشان داده است. جدول ۵، نتایج تجزیهٔ واریانس رگرسیونی برای ارتباط بین بارش و میزان رواناب را در منطقهٔ شاهد (با شیب ۴۰٪ - ۲۰٪) نشان می‌دهد. با توجه به این‌که مقدار سطح معنی‌داری بزرگتر از ۰/۰۵ است می‌توان بیان کرد که بین مقادیر مختلف بارش در سطح معنی‌داری پنج درصد (با اطمینان ۹۵٪) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.



شکل ۷. پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین بارندگی و رواناب در منطقهٔ شاهد با شیب ۴۰٪-۲۰٪

جدول ۵. تجزیهٔ واریانس رگرسیونی بین بارندگی و رواناب در منطقهٔ شاهد با شیب ۴۰٪-۲۰٪

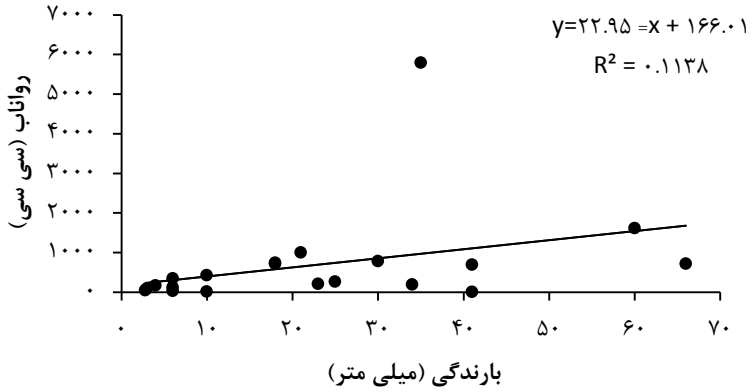
منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	R^2	r	P
مدل	۱۲۵۲۹۹۴,۷۲۷	۱	۱۲۵۲۹۹۴,۷۲	۳,۶۳۸	۰,۱۶۹	۰,۴۱۰	۰,۰۷۳
خطا	۶۱۹۹۸۹۷,۷۷۲	۱۸	۳۴۴۴۳۸,۷۶۵۱				
مجموع	۷۴۵۲۸۹۲,۵	۱۹					

در شکل ۸، نمودار پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین میزان رواناب (متغیر وابسته) و میزان بارش (متغیر مستقل) را در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰٪-۰ نمایش داده شده است. جدول ۶، نتایج تجزیهٔ واریانس رگرسیونی برای ارتباط بین بارش و میزان رواناب را در منطقهٔ شاهد (شیب ۲۰٪-۰) نشان می‌دهد. با توجه به این‌که مقدار سطح معنی‌داری بزرگتر از ۰/۰۵ است می‌توان بیان کرد که بین مقادیر بارش در سطح معنی‌داری پنج درصد (با اطمینان ۹۵٪) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

شکل ۹ میزان بارندگی و میانگین رواناب را در مسیر چوبکشی با شیب ۴۰٪ - ۲۰٪ نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان بارندگی اندازه‌گیری‌شده، ۶۶ میلی‌متر در منطقه بوده که منجر به تولید میانگین ۲۴۰۰ سی‌سی رواناب در تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۳۰ شده است. همچنین نتایج نشان داد که کمترین میزان بارندگی در منطقهٔ مورد مطالعه ۲/۸ میلی‌متر بوده و رواناب اندازه‌گیری شده برابر با ۲۳۲/۵ سی‌سی در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۰۶ بوده است. در حالی‌که، بیشترین میزان رواناب ۱۵۲۱۲/۵ سی‌سی با ۳۵ میلی‌متر بارندگی در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۱۳ (فصل پاییز) و کمترین میزان رواناب صفر سی‌سی با ۴۱ میلی‌متر بارندگی در تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۲۳ (فصل تابستان) رخ داده است.

www.SID.ir

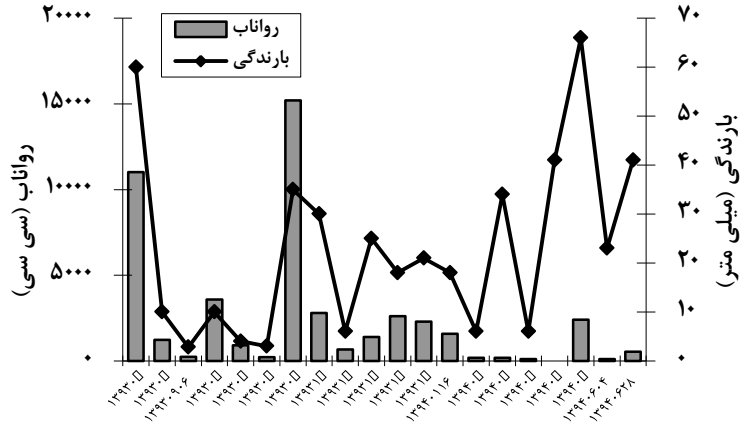
Archive of SID



شکل ۸. پراکنش ابر نقاط رابطهٔ بین بارندگی و رواناب در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰٪-۰

جدول ۶. تجزیهٔ واریانس رگرسیونی بین بارندگی و رواناب در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰٪-۰

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	R^2	r	P
مدل	۳۴۵۷۰۶۳,۲۵	۱	۳۴۵۷۰۶۳,۲۵	۲,۲۹۳	۰,۱۱۳	۰,۳۳۶	۰,۱۴۷
خطا	۲۷۱۳۷۰۴۲,۳۷	۱۸	۱۵۰۷۶۱۳,۴۶				
مجموع	۳۰۵۹۴۱۰۵,۶۳	۱۹					



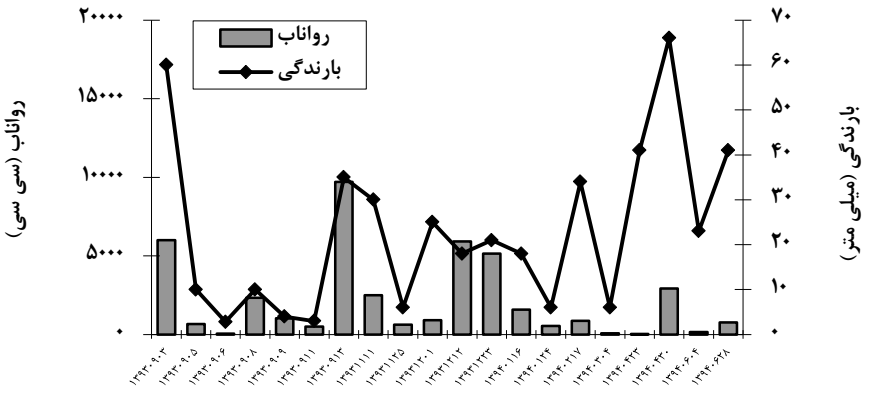
شکل ۹. ارتباط بین رواناب و بارندگی در مسیر چوبکشی با شیب ۲۰-۴۰ درصد

شکل ۱۰ میزان بارندگی و میانگین رواناب را در مسیر چوبکشی با شیب ۲۰٪ -۰ نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان بارندگی برابر با ۶۶ میلی‌متر بوده و متوسط رواناب تولیدی در همین زمان برابر با ۲۹۲۵ سی‌سی در تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۳۰ (فصل تابستان) است. همچنین نتایج نشان داد که کمترین میزان بارندگی ۲/۸ میلی‌متر بوده و رواناب تولیدی برابر با ۵۲/۵ سی‌سی در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۰۶ (فصل پاییز) بوده است. در حالی‌که، بیشترین میزان رواناب برابر با ۹۷۱۲/۵ سی‌سی بوده که در رویداد بارندگی با مقدار ۳۵ میلی‌متر در تاریخ

www.SID.ir

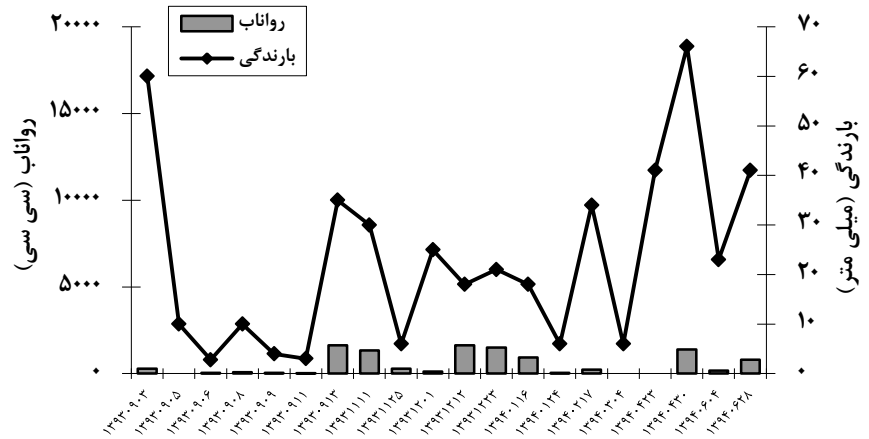
Archive of SID

۱۳۹۳/۰۹/۱۳ رخ داده است. از سوی دیگر نتایج نشان داد که کمترین میزان رواناب اندازه‌گیری شده در مسیرهایی با شیب ۲۰٪-۰ برابر با ۲۵ سی‌سی بوده که در رویدادی با ۴۱ میلی‌متر بارندگی در تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۲۳ رخ داده است.



شکل ۱۰. ارتباط بین رواناب و بارندگی در مسیر چوبکشی با شیب ۰-۲۰ درصد

شکل ۱۱ میزان بارندگی و میانگین رواناب را در منطقهٔ شاهد با شیب ۴۰٪ - ۲۰٪ نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان بارندگی در منطقه برابر با ۶۶ میلی‌متر بوده که منجر به تولید رواناب با ۱۳۸۷/۵ سی‌سی در تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۳۰ (فصل تابستان) شده است همچنین نتایج نشان داد که کمترین میزان بارندگی برابر با ۲/۸ میلی‌متر بوده که منجر به تولید روانابی برابر با ۴۲/۵ سی‌سی در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۰۶ شده است. در حالی‌که بیشترین میزان رواناب ۱۶۲۵ سی‌سی در رویدادهای بارندگی با مقدار ۳۵ میلی‌متر در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۱۳ و ۱۸ میلی‌متر بارندگی در تاریخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۲ بوده و کمترین میزان رواناب برابر با صفر در رویدادهایی با ۱۰ میلی‌متر بارندگی در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۰۵، ۶ میلی‌متر بارندگی در تاریخ ۹۴/۰۳/۰۴ و ۴۱ میلی‌متر بارندگی در تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۲۳ بوده است.

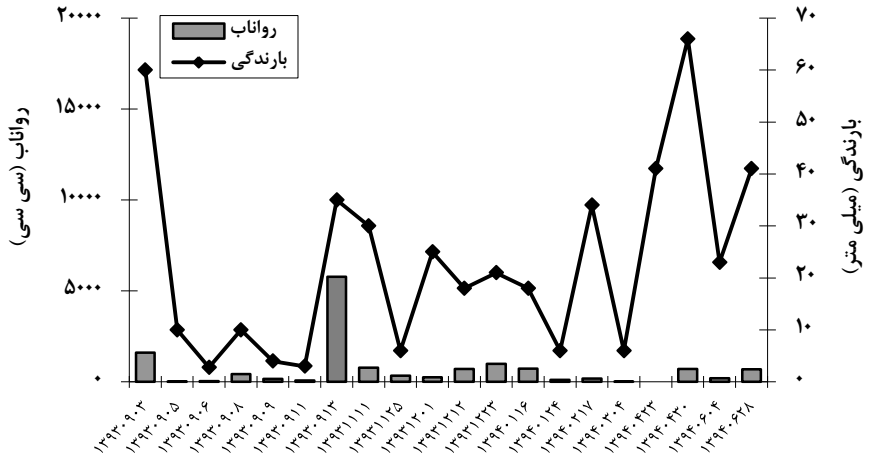


شکل ۱۱. ارتباط بین رواناب و بارندگی در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰-۴۰ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱۲ ارتباط بین بارندگی و میانگین رواناب را در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰٪ -۰ نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان بارندگی در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰٪ - ۰برابر با ۶۶ میلی‌متر بوده که منجر به تولید رواناب برابر با ۷۱۲/۵ در تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۳۰ سی‌سی شده است. همچنین نتایج نشان داد که کمترین میزان بارندگی برابر با ۲/۸ میلی‌متر است که سبب ایجاد رواناب برابر با ۴۰ سی‌سی در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۰۶ شده است. در حالی‌که بیشترین میزان رواناب اندازه‌گیری شده برابر با ۵۷۸۷/۵ سی‌سی بوده که در رویداد بارندگی برابر با ۳۵ میلی‌متر در تاریخ ۱۳۹۳/۰۹/۱۳ رخ داده و کمترین میزان رواناب اندازه‌گیری شده برابر با صفر در رویداد بارندگی با ۴۱ میلی‌متر در تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۲۳ به‌دست آمده ست.



شکل ۱۲. ارتباط بین رواناب و بارندگی در منطقهٔ شاهد با شیب ۰-۲۰ درصد

۴. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بیشترین میزان رواناب تولیدی با مقدار ۳۸۲۵ سی‌سی در فصل پاییز و در مسیر چوبکشی با شیب ۴۰٪-۲۰٪ بوده و کمترین میزان رواناب با مقدار ۹۸ سی‌سی در فصل بهار و در منطقهٔ شاهد با شیب ۲۰٪-۰ است. یکی از دلایل تأثیر پوشش گیاهی در کاهش میزان فرسایش و تولید رواناب نیز، نرسیدن تمامی میزان بارندگی در طی یک فرایند بارش به سطح زمین است که علت آن باران‌ربایی است. در نتیجه می‌توان این گونه بیان کرد که باران‌ربایی تاج‌پوشش سهم زیادی از تراز آبی را در اکوسیستم جنگلی به خود اختصاص می‌دهد و سهمی از بارش‌ها به صورت باران‌ربایی تبخیر شده و به جو بر می‌گردد و از دست دادن برگ‌ها در دورهٔ خزان باعث کاهش مقادیر باران‌ربایی، ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش و نسبت تبخیر به شدت باران در زمان بارندگی می‌شود. تقسیم‌بندی باران به تاج‌پوشش و باران‌ربایی تاج‌پوشش به شدت تحت تأثیر اندازهٔ باران قرار دارد. در واقع با افزایش بارندگی، مقدار باران‌ربایی تاج‌پوشش افزایش ولی درصد باران‌ربایی آن کاهش می‌یابد. در باران‌هایی با مقدار کم، باران‌ربایی تاج‌پوشش افزایش می‌یابد، که دلیل آن را می‌توان این گونه بیان کرد که در باران‌هایی با اندازهٔ کوچک، سهم بیشتری از باران صرف خیس کردن و تکمیل ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش می‌شود و سپس این مقدار آب باران از سطح تاج‌پوشش تبخیر و به صورت باران‌ربایی از دسترس خارج می‌شود. اصلی‌ترین عامل تأثیر گذار بر توزیع اجزای باران،

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار باران در هر رخداد است و همچنین در دورهٔ خشک متوسط دمای هوا بیشتر است که سبب می‌شود مقدار آب‌دوستی برگ‌ها افزایش و در نتیجه مقدار تاج‌بارش کاهش یابد (Ramos-Scharron & MacDonald, 2005; Rijsdijk *et al*., 2007).

نتایج این تحقیق، با نتایج تحقیقات Daghestani (۲۰۰۳) و Etehadi Abari و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی دارد که بیان داشتند نوع و مقدار پوشش تأثیر معنی‌داری بر مقدار رواناب و رسوب دارد. در نتیجه اثر فصل بر میزان رواناب تولیدی در جنگل را نیز می‌توان به صورت وجود و یا عدم وجود پوشش گیاهی بر روی سطح جنگل مورد بررسی قرار داد. کمبود سطح تاج‌پوشش به طور معنی‌داری میزان نرخ نفوذپذیری خاک را کاهش می‌دهد (Casrmerio *et al*., 2004). با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که میزان قابل توجهی از حجم بارندگی در اثر فرایند باران‌ربایی دوباره به جو برگشته و به سطح جنگل نمی‌رسد و افزایش باران‌ربایی در فصل بهار و تابستان هم سبب شده که کمترین میزان رواناب در این فصل تولید شود (Stednick, 1996; Sensoy & Omer, 2013).

فرسایش و کوبیدگی خاک جنگل نیز مهمترین عارضهٔ عملیات چوبکشی زمینی است. با توجه به اینکه تردد ماشین‌آلات چوبکشی روی مسیرهای چوبکشی انجام می‌گیرد و این مسیرها نیز هیچ گونه عملیات تثبیتی ندارند، عامل‌های تخریب فیزیکی خاک مسیرهای چوبکشی، فرسایش و کوبیدگی و به دنبال آن تولید رواناب و رسوب است (Daghestani, 2003; Akbarimehr & Naghdi, 2012; Etehadi Abari *et al*., 2017). مسیرهای چوبکشی نیز پوشش سطحی کمتری دارند که نه تنها منجر به افزایش رواناب می‌شود، بلکه همچنین باعث جدا شدت ذرات خاک و انتقال رسوب نیز می‌شوند (Anisur & Hiure, 2004) که با نتایج این پژوهش که بیان‌کنندهٔ افزایش رواناب در مسیر چوبکشی نسبت به منطقهٔ شاهد است همسو می‌باشد. علاوه بر این بالا بودن کوبیدگی خاک در مسیرهای چوبکشی باعث کاهش نفوذپذیری خاک و در نتیجه افزایش رواناب سطحی می‌گردد (Ziegler *et al*., 2000). همچنین نتایج تحقیقات Akbarimehr & Naghdi (۲۰۱۲) بیانگر این موضوع است که متغیر اصلی تأثیرگذار بر رواناب و فرسایش خاک شیب است، هر چند Arnaez و همکاران (۲۰۰۴) دریافتند که شیب مسیر چوبکشی هیچ تأثیر معنی‌داری بر مقدار رواناب ندارد. Bahadur (۲۰۰۸)، بیان داشت که بیشترین مقدار رواناب و هدررفت خاک از پلات‌هایی با شیب تند حاصل می‌شود. در حالی‌که در تحقیق حاضر بین شیب منطقه و حجم رواناب به دلیل تأثیر سایر فاکتورها (از جمله پوشش گیاهی، لایهٔ لاشبرگ، میزان بارندگی و...) همبستگی معنی‌داری مشاهده نشده است.

در این تحقیق مشخص شد که فصل تابستان با میانگین ۴۲/۷۵ میلی‌متر دارای بیشترین میزان بارندگی و فصل بهار با میانگین ۱۶ میلی‌متر دارای کمترین مقدار بارندگی بوده در حالی که بیشترین رواناب تولیدی در فصل زمستان و پاییز و کمترین رواناب تولیدی در فصل بهار است. در برخی مطالعات کاهش ظرفیت نفوذ خاک، به دلیل افزایش میزان رطوبت، عامل اصلی تولید رواناب بیان شده است (Cerda, 2007). از نتایج به دست آمده می‌توان دریافت که حجم رواناب تولیدی تا حدودی به میزان بارش بستگی دارد و عوامل دیگر از جمله فصل، نوع پوشش گیاهی و تاج‌پوشش درختان همبستگی بیشتری با حجم رواناب تولیدی دارند. در فصل تابستان با وجود بارندگی‌های فراوان به دلیل وجود تاج پوشش درختان و باران‌ربایی، رواناب کمتری تولید می‌شود، ولی فصل پاییز و زمستان به دلیل خزان درختان و کمتر بودن تاج بارش، رواناب سطحی افزایش می‌یابد. در این تحقیق، حجم رواناب بر خاک لخت به‌طور معنی‌داری بیشتر از قطعات نمونهٔ دربرگیرنده پوشش گیاهی است که این امر باعث بیشتر شدن رواناب در مسیر چوبکشی نسبت به منطقهٔ شاهد شده است که با نتایج تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

(Etehadi Abari *et al*., 2017) همخوانی دارد که نتیجه گرفتند که بیشترین مقدار رسوب و رواناب در مسیرهای چوبکشی اندازه‌گیری شد.

با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر می‌توان بیان کرد که مسیرهای چوبکشی و کاهش پوشش گیاهی عامل اصلی افزایش رواناب و تولید رسوب در جنگل‌های طبیعی هستند و نوع پوشش، تغییر فصل و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان رواناب تأثیر معنی‌دار دارند که این نتیجه تأیید کنندهٔ فرضیه اول پژوهش است. پس میزان بارش و تغییر فصل بر میزان رواناب تولیدی نقش دارند، به گونه‌ای که در فصل پاییز و زمستان به دلیل کاهش پوشش‌گیاهی و همچنین کاهش باران‌ربایی توسط تاج‌پوشش درختان رواناب تولیدی افزایش می‌یابد و در فصل تابستان و بهار کمترین رواناب اندازه‌گیری شده است. در تحقیق حاضر شیب و اثرات متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر میزان رواناب تولیدی نداشته است.

References

Akay, A.E., Erdas, E.M., Reis, M., Yuksel, A., 2008. Estimating sediment yield from forest road network by using a sediment prediction model and GIS techniques. Building and Environment 43, 678–695.

Akbarimehr, M., Naghdi. R., 2012. Assessing the relationship of slope and runoff volume on skid trails (Case study: Nav 3 district). Journal of Forest Science 58(8), 357–362

Anisur, R., Hiura, H., 2004. Sediment Movement on Steep Slope of Monoculture Chamaecyparis obtusa (HIONOKI) Plantation. 13th International Soil Conservation Organization Conference. Brisbane. Paper No. 107

Arnaez, J., Larrea, V., Ortigosa, L., 2004. Surface runoff and Soil erosion on unpaved forests road from rainfall simulation tests in northeastern Spain. Catena 57, 1–14

Ayed, M., Adam, A., 2010. The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses. Catena 81, 97–103

Bahadur, K.C., 2008. Mapping Soil erosion susceptibility using remote sensing and GIS. A case of the Upper Nam Was Watershed, Nan Province, Thailand. Environmental Geology Do I 10.1007: s00254-008-1348-3

Bennett, H.H., 2001. Soil Conservation, Agrobios. New Delhi, 993 p

Bosch, J.M., Hewlett, J.D., 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of Hydrology 55, 3–23

Bruijnzeel, L.A, 1988. (De)forestation and dry season flow in the tropics: a closer look. Journal of Tropical Forest Science 1(3), 229–243

Casrmerio, M.A., Molina, J.A., Caravace, M., Massanet, M., Moreno, P., 2004. Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. Catena 57, 97–107.

Cerda, A., 2007. Soil water erosion on road embankments in eastern Spain. Science of The Total Environment 378, 151–155.

Chang, M., 2003. Forest hydrology: An introduction to water and forests. CRC Press LLC, Florida.1: 373 p

Daghestani, M., 2003. Effects of group selection harvesting on the forest hydrological characteristics. MSc thesis. Faculty of Natural Resources. University of Tehran, 145 p

Dong, B., Zhang, K., Guo, Z., 2012. Runoff and soil erosion from highway construction soil deposits: (A rainfall simulation study). Transportation Research Part D: Transport and Environment 17(1), 8–14

Douglas, I., Greer, T., Bidin, K., Sinun, W., 1993. Impact of roads and compacted ground on post-logging sediment yield in a small drainage basin, Sabah, Malaysia. Hydrology of warm humid regions. In: Proceedings of the Yokohama Symposium. IAHS Publication, Oxford shire, 216, 213–218

www.SID.ir

Archive of SID

Dung, B., Takashi, G., Shusuke, M., Roy, C., Kenichiro, K., Yuichi, O., 2012. Runoff responses to forest thinning at plot and catchment scales in a headwater catchment draining Japanese cypress forest. Journal of Hydrology 444-446, 51–62

Dunne, T., Leopold, L.B., 1978. Water in Environmental Planning. W.H. Freeman and Co., New York. 818 p

Ekwue, E.I., Bharat, C., Samaroo, K., 2009. Effect of soil type, peat and farmyard manure addition, slope and their interactions on wash erosion by overland flow of some Trinidadian soils. Bio systems Engineering 102, 236–243

Etehadi Abari, M., Majnounian, B., Malekian, A., Jourgholami, M., 2017. Effects of forest harvesting on runoff and sediment characteristics in the Hyrcanian forests, northern Iran. European Journal of Forest Research 136, 375–386

Gilmour, D.A., 1971. The effects of logging on streamflow and sedimentation in a North Queensland rainforest catchment. Commonwealth For. Rev. 50, 39–48

Gucinski, H., Furniss, M.J., Ziemer, R.R., Brookes, M., 2001. Forest roads: a synthesis of scientific information. Gen. Techn. Rep.US Department of Agriculture, Forest Service 509, 103 p

Hartanto, H., Prabhu, R., Widayat, A., Asdak, C., 2003. Factors affecting runoff and soil erosion. (plot-level soil loss monitoring for assessing sustainability of forest management). Forest Ecology and Management 180, 361–374

Ide, J., Finer, L., Lauren, A., Piirainen, S., Launiainen, S., 2013. Effects of clear-cutting on annual and seasonal runoff from a boreal forest catchment in eastern Finland. Forest Ecology and Management 304, 482–491

Khanal, S., Prem, B., Parajuli, J., 2011. Evaluating hydrologic effect of forest harvesting at Upper Pearl River Watershid in Mississippi. An AsABE Meeting Presentation, 110895

LU, D.S., 2001. Estimation of forest stand parameters and application in classification and change detection of forest cover types in the Brazilian Amazon basin. PhD dissertation, Indiana State University, Terre Haute, IN, USA.

Luce, C.H., Black, T.A, 2001. Introduction to special issue on hydrologic and geomorphic effects of forest roads. Earth Surface Processes and Landforms 26, 111–113

Morgan, R., 2005. A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan–Morgan–Finney model. Catena 44, 305–322

Motha, J.A., Wallbrink, P.J., Hairsine, P.B., Grayson, R.B., 2003. Determining the sources of suspended sediment in a forested catchment in southeastern Australia. Water Resources Research 39, doi: 10.

Myers, N., 1988. Tropical forests: much more than stocks of wood. Journal of Tropical Ecology 4, 209–221

Qiang Deng, Z., Lima Joao, L.M.P., Shin Jung, H., 2008. Sediment transport rate-based model for rainfall-induced soil erosion. Catena 76, 54–62

Ramos-Scharrón, C.E., MacDonald, L.H, 2005. Measurement and prediction of sediment production from unpaved roads, St John, US Virgin Islands. Earth Surface Processes and Landforms 30(10), 1283–1304

Rijsdijk, A., Bruijnzeel, L.A.S., Sutoto, C.K., 2007. Runoff and sediment yield from rural roads, trails and settlements in the upper Konto catchment, East java. Indonesia. Geomorphology Journal 87(1-2), 28–37

Ross, S.M., Dykes, A., 1996. Soil conditions, erosion and nutrient loss on steep slopes under mixed dipterocarp forest in Brunei Darussalam. In: Edwards, D.S., Booth, W.E., Choy, S.C. (Eds.), Tropical Rainforest Research—Current Issue. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Rowse, J., Center, C., 1998. Forest Harvesting to Optimize Timber Production and Water Runoff. Socio-Economic Planning Sciences 32(4), 277–293

Sensoy, H., Omer, K., 2013. Slope shape effect on runoff and soil erosion under natural rainfall conditions. iForest-Biogeoscience and Forestry 7, 110–114

Stednick, J.D., 1996. Monitoring the effects of timber harvest on annual water yield. Journal of Hydrology 176, 79–95

Suryatmojo, H., Masamitsu, F., Mizuyama, T., 2013. Effects of selective logging methods on runoff characteristics in paired small headwater catchment. Procedia Environmental Science 17, 221–229

Trimble, J., Sartz, R.S., 1957. How far from a stream should a logging road be located? Journal of Forestry 55, 339–341

Zachar, D., 1982. Soil Erosion. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 650p

www.SID.ir

Archive of SID

Ziegler, A.D., Sutherland, R.A., Giambelluce, T.W., 2000. Runoff generation and sediment production on unpaved roads, footpaths and agricultural land surfaces in Northern Thailand. Earth Surface Processes and Landforms 25, 519–534

www.SID.ir