Archive of SID

مجله علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال چهارم- شماره ۱۳- زمستان ۱۳۸۹
Vol. 4, No. 13, Winter 2011

ارزیابی عملیات آبخیزداری و معرفی روشی در تعیین سازه‌های کنترل سیل

محمد روغنی[۱]، سیدمحمودرضا طباطبایی[۲] و صمد شادفر[۳]

تاریخ دریافت: ۸۸/۰۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۲۴

چکیده

افزایش رو به رشد تلفات منابع آب و خاک حوزه‌های آبخیز در چند دهه اخیر در اثر بهره‌برداری غیر اصولی از منابع شدت فزاینده‌ای یافته است. این موضوع ضمن تشدید وقوع سیلاب‌ها و افزایش نرخ تولید رسوب و کاهش عمر مفید مخازن سدها، موجبات کاهش تولید و تلفات سرمایه‌های ملی کشور را فراهم نموده است. این پژوهش با هدف ارزیابی تاثیر عملیات مکانیکی بر رفتار هیدرولوژی حوزه بر اساس شاخص سیلاب و سیلخیزی انجام شده است. روش کار براساس عملیات صحرایی و ثبت مشخصات مکانی و فیزیکی سازه‌های احداث شده انجام گرفته است. در مرحله بعد با استفاده از مدل SCS و شبیه‌سازی سیلاب حوزه، بررسی تأثیر سازه‌ها در کنترل سیلاب و رواناب حوزه مطالعه گردیده است. بررسی‌ها نشان داد که مخزن سازه‌های احداث شده با حجمی حدود ۴۷۱ مترمکعب، ضمن ذخیره رواناب و تاثیر بر نفوذ عمقی جریان رواناب، قادر به کنترل سیلابی با دوره بازگشت حدود ۲۵ سال می‌باشد. تحلیل نتایج داده‌های سیلاب حاصل از مدل SCS در شرایط طبیعی و مقایسه آماری آن با داده‌های سیلاب شبیه‌سازی شده با عملیات آبخیزداری بیانگر تفاوت معنی دار داده‌ها در سطح ۹۹ درصد بود. با استفاده از نتایج بدست آمده، مدلی جهت برآورد نسبی تعدادسازه‌های مورد نیاز متناسب با اهداف طرح پیشنهاد گردیده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملیات آبخیزداری، ذخیره رواناب، سازه‌های کوتاه، کنترل سیلاب و حوزه بارده.

۱- نویسنده مسئول و عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
moroghani@gmail.com
۲- عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
taba1345 @hotmail.com
۲- عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
taba1345 @hotmail.com

مقدمه

بررسی‌های انجام شده در سال‌های اخیر حاکی از وقوع سیلاب‌های مخرب در اکثر مناطق کشور می‌باشد. براساس اطلاعات موجود طی سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۷۰ نزدیک به ۱۲۴ میلیارد تومان خسارت سیل‌های مهم کشور بوده است که ۵۵ درصد آن مربوط به سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۷۰ می‌باشد [۱۲]. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد افزایش وقوع سیل در دهه ۱۳۷۰ نسبت به دهه ۱۳۴۰ حدود ده برابر بوده است [۱]. به همین منظور فعالیت‌های متنوعی در ارتباط با کاهش خطر سیلاب در حوزه‌های آبخیز در حال انجام است. براساس بررسی‌های انجام شده بدلیل تنوع شرایط اکولوژیکی، دستیابی به یک الگوی مشخص و یا ارایه دستورالعمل معین با کاربردی یکسان در تمامی حوزه‌های آبخیز باشد میسر نیست. به همین دلیل افزون بر شناخت حوزه و مسایل آن، اولویت‌بندی عملیات آبخیزداری متناسب با پتانسیل‌های موجود اجتناب‌ناپذیر می‌باشد [۱۰].

بررسی نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که اجرای عملیات آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز نقش مهمی در کنترل رواناب‌های سطحی داشته است. در این ارتباط کاربوسکی[۱۶] استفاده از روش‌های مختلفی نظیر مخازن متوالی جهت به حداقل رساندن دبی اوج سیلاب را مورد بررسی قرار داد. سیمونویچ [۲۱] به منظور موفقیت بیشتر در عملیات مهار سیل، استفاده تلفیقی از عملیات سازه‌ای و غیر سازه‌ای را پیشنهاد کرده است. در بکارگیری روش‌های کنترل سیلاب بعضی پژوهشگران نظیر جونز [۱۵] استفاده اصولی از اراضی را به عنوان راه‌کاری مناسب در مدیریت حوزه‌های آبخیز عنوان می‌کنند. در همین ارتباط نقش عملیات آبخیزداری و نحوه استفاده از اراضی، روی شکل‌گیری سیلاب و تغییرات کمی آن بسیار تاثیرگذار می‌باشد [۱۴].

در ارتباط با اولویت‌بندی عملیات آبخیزداری با هدف کنترل سیلاب و بهینه‌سازی عملیات یاد شده، روغنی [۶] تاثیر مکانی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب حوزه آبخیز رودک، واقع در شمال‌شرق تهران را با استفاده از مدل هیدرولوژیکی RAFTS انجام داد. معرفی روشی در تعیین سطوح موثر بر دبی اوج سیلاب و اولویت بندی این مناطق جهت عملیات کنترل سیلاب، از نتایج مهم پژوهش یاد شده می‌باشد. روغنی [۷] طی پژوهش دیگری در حوزه آبخیز رود زرد، واقع در شمال‌شرق استان خوزستان، سطوح موثر بر دبی اوج سیل این حوزه را نیز مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان می‌دهد مناطق مختلف حوزه اثرات متفاوتی در نحوه شکل‌گیری دبی اوج

www.SID.ir

Archive of SID

سیلاب دارند که با شناسایی آنها و تمرکز عملیات آبخیزداری در اینگونه مناطق، کاهش قابل ملاحظه‌ای در هزینه اجرایی پروژه‌ها قابل پیش‌بینی می‌باشد.

در ادامه این پژوهش‌ها، بررسی سهم اثر زیرحوزه‌ها در سیل‌خیزی حوزه گرمابدشت با استفاده از مدل HEC-HMS توسط محمدی [۱۱] مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که علاوه بر مساحت حوزه، توزیع مکانی زیرحوزه‌ها در شکل‌گیری سیلاب نقش مهمی دارند. در همین ارتباط میزان تغییرات کاربری اراضی بر تغییرات الگوی آب‌های سطحی در حوزه بار اندوزچای استان آذربایجان غربی با استفاده از مدل HEC توسط خلیقی [۵] انجام گرفت. نتایج اجرای مدل نشان داد که در اثر تغییر کاربری اراضی، دبی اوج سیل نسبت به حجم سیلاب افزایش بیشتری نشان داده است.

در ارتباط با تاثیر سدهای اصلاحی بر دبی اوج سیلاب، روشنی با استفاده از مدل HEC-HMS این موضوع را در حوزه آبخیز کن مورد بررسی قرار داد [۱۷]. نتایج پژوهش نشان داد با افزایش زمان تمرکز، حاصل از به کارگیری ۵۶۳ سازه کوتاه، دبی اوج سیلاب به میزان ۳۱ درصد کاهش می‌یابد. شیاه و همکاران [۱۹] نیز با استفاده از مدل هیدرولوژیک و هیدرولیک HEC ، تاثیر تغییرات جریان سیلاب ناشی از به کارگیری سازه‌های کوتاه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمون آماری بیانگر معنی دار بودن تغییرات سیلاب بود. عربی و بنی‌حبیب [۹] نیز تاثیر عملیات آبخیزداری در حوزه گلابدره را با استفاده از مدل هیدرولوژیکی بارش رواناب مورد ارزیابی قرار دادند. بررسی نتایج نشان می‌دهد که تاثیر عملیات آبخیزداری در دوره بازگشت‌های پایین قابل توجه بوده است. در زمینه تاثیر الگوی توزیع مکانی عملیات آبخیزداری بر کنترل سیلاب، عوامل موثر بر سیلخیزی حوزه پل منجنیق با استفاده از مدل RAFTS توسط روغنی مورد بررسی قرار گرفت [۱۸]. نتایج داده‌ها حاکی از تاثیر قابل توجه الگوی توزیع مکانی عملیات کنترلی در کاهش سیلاب مناطق مختلف حوزه می‌باشد. در همین راستا نتایج پژوهش انجام شده توسط خسروشاهی، بر روی تاثیر سیل‌خیزی زیر حوزه‌ها در شکل‌گیری هیدروگراف سیلاب از طریق مدل ریاضی HEC-HMS [۴]، نتایج بررسی انجام شده در حوزه آبخیز رودک را توسط روغنی تایید می‌کند [۶].

در حال حاضر نقش سازه‌های کوتاه در نفوذ و ذخیره رواناب‌ها یکی از موضوعات مهم در بحث مدیریت عملیات اجرایی می‌باشد. در همین ارتباط اندازه‌گیری‌های صحرایی انجام شده در آمریکا توسط ویر و همکاران [۲۲] نشان می‌دهد که نفوذ آب در طول مدت سیلاب نقش مهمی در پایین آوردن سطح نهایی صعود آب در سازه داشته است. نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان داد که حدود ۶۴ درصد حجم سیلاب قبل از پایان زمان ورود آب به مخزن سد، در بستر آن نفوذ کرد.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که میزان نفوذ در یک مخزن به عوامل گوناگونی از جمله فاصله کف مخزن تا سطح ایستایی یعنی عمق لایه غیر اشباع خاک زیر حوضچه بستگی دارد.

در حالت معمول سطح ایستایی بسیار پایین‌تر از کف مخزن می‌باشد. با شروع نفوذ از حوضچه یک جبهه رطوبتی به صورت نفوذ یک بعدی غیراشباع غیر ماندگار به سمت پایین حرکت می‌کند. در صورتی که تا پایان مدت ورود آب به حوضچه جبهه رطوبتی به سطح ایستایی نرسد، وجود لایه اشباع هیچگونه تاثیری روی حداکثر سطح صعود آب در مخزن نخواهد داشت.

با توجه به ویژگی آبراهه‌ها و مسیل‌ها و همچنین نوع رسوبات برجای مانده از سیلاب‌ها در بستر آن‌ها، احداث سازه‌های کوتاه در این محل‌ها تاثیر مهمی در میزان نفوذ رواناب‌ها و تغذیه آب‌های زیر زمینی خواهد داشت.

پژوهش‌های انجام شده در مورد بررسی نقش نفوذ در حوضچه‌های نفوذ نشان می‌دهد که ضریب هدایت هیدرولیکی عمودی غیر اشباع به عنوان عامل کنترل کننده، اثر مهمی در میزان نفوذ دارد [۲۲] (جدول ۱).

جدول۱- اثر ضریب هدایت هیدرولیکی عمودی غیر اشباع در تغییرات نفوذ بستر (Weaver، R.J 1975)

ردیف	عوامل	K (hr/m)	Hm (m)	R (٪)
۱		۰/۰۱	۶/۱۴	۱۱/۶
۲		۰/۰۵	۴/۷۹	۳۰/۲
۳		۰/۱	۳/۵۷	۴۵/۳
۴		۰/۱۵	۲/۵۷	۵۸/۹
۵		۰/۲	۱/۷	۷۰/۰

بنابر این هرچه K بزرگ‌تر باشد، عمق آب جمع شده در مخزن کم‌تر و میزان نفوذ بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

در جدول فوق: K= هدایت هیدرولیکی عمودی غیر اشباع (متربرساعت)، Hm= ارتفاع آب در مخزن و R= شاخص نفوذ می‌باشد.

در همین ارتباط شارما و همکاران [۲۰] نفوذپذیری خاک لومی شنی را در یک دوره ۶ ساله مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی‌ها نشان داد مقدار نفوذ با افزایش شیب به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. به طوری که با افزایش شیب از ۰/۵ به ۵ درصد، ۵۸/۵ درصد و با افزایش شیب از ۵ به ۱۰ درصد، ۲۳/۳ درصد، کاهش در مقدار نفوذ به وجود آمد. بر این اساس می‌توان استنباط نمود که با کاهش شیب حاصل از احداث سازه‌های کوتاه بر روی آبراهه‌ها و مسیل‌ها، مقدار نفوذ به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. بریان مقدار نفوذ در خاک‌های مختلف را مورد بررسی قرار داد [۱۳]. نتایج آزمایشات انجام شده براساس بافت خاک نشان داد که مقدار نفوذ در

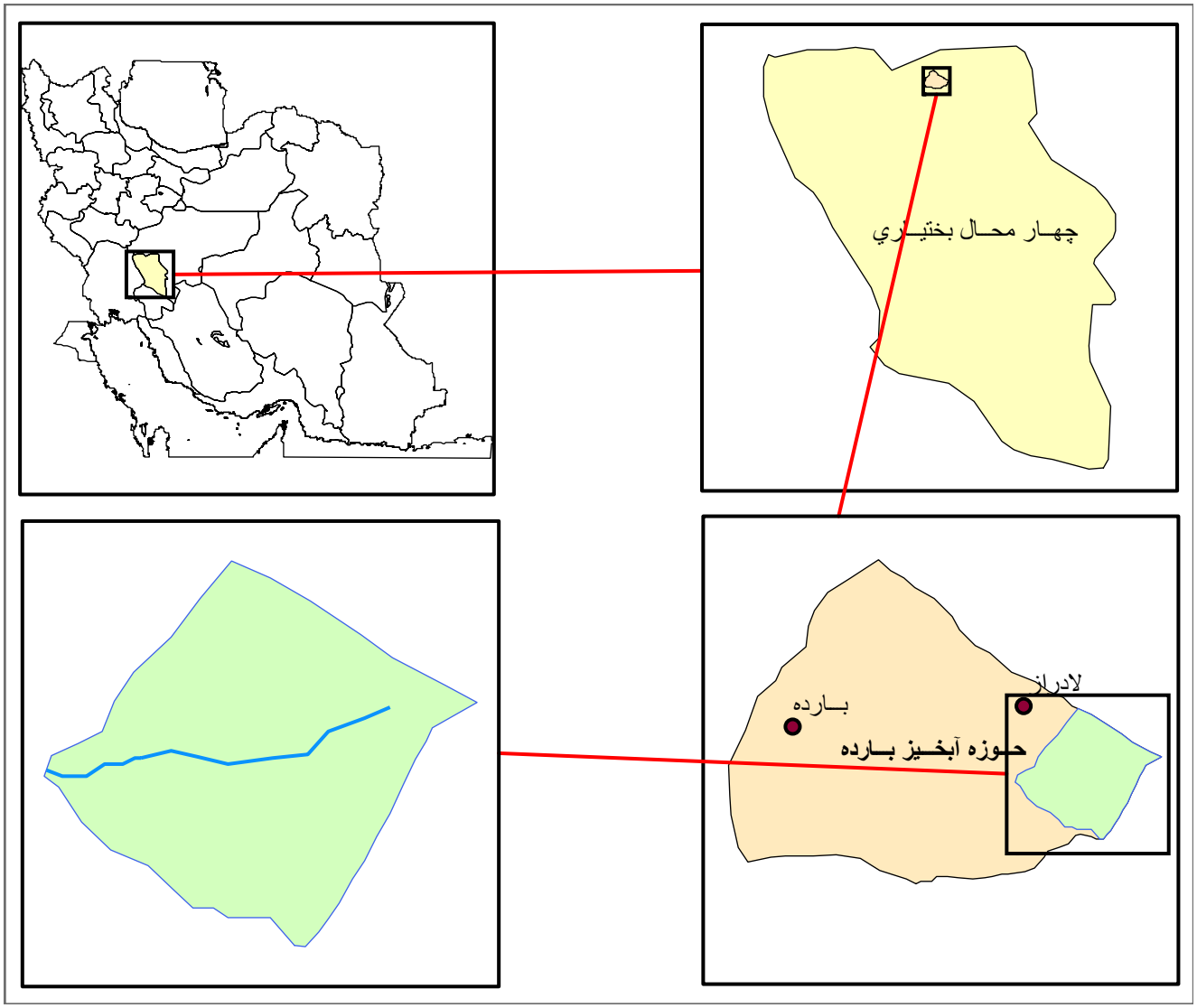
www.SID.ir

Archive of SID

خاک‌های با بافت شنی و ماسه‌ای در حدود ۲۰۰ میلیمتر در ساعت و یا ۰/۵۶ میلیمتر بر ثانیه می‌باشد.

با توجه به حجم بسیار قابل توجه فعالیت‌های آبخیزداری انجام شده در حوزه‌های آبخیز کشور و اهمیت بررسی اثر بخشی این فعالیت‌ها، لزوم ارزیابی نتایج عملیات آبخیزداری در ابعاد مختلف امری ضروری است. لذا در این پژوهش سعی گردید، ضمن ارزیابی تاثیر عملیات یاد شده با استفاده از مقادیر کمی حاصل از بررسی‌های صحرایی، نتایج روشنی از میزان تغییرات ایجاد شده در تولید رواناب در اختیار مدیران بخش‌های اجرایی کشور قرار گیرد. نتایج یاد شده نقش مهمی در بهبود کیفیت اجرا و ارایه برنامه‌های منسجم و منطبق با اهداف بخش آبخیزداری ایفا خواهد نمود.

با استفاده از نتایج ارایه شده در این پژوهش، ضمن تحلیل نتایج عملیات و تاثیر آن بر کاهش میزان رواناب، امکان تعیین مناسب‌ترین تعداد سازه و مناسب‌ترین محل اجرای عملیات اجرایی فراهم می‌گردد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز باره و زیرحوزه بالادست آن

جدول ۲- مشخصات فیزیو گرافی حوزه آبخیز مورد مطالعه

مساحت (Km^2)	طول آبراهه (Km)	ارتفاع متوسط (m)	شیب متوسط حوزه (٪)	شیب آبراهه (٪)	زمان تمرکز (h)
۵	۳/۳	۲۵۲۰	۲۸	۰/۱	۰/۶۴

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

موقعیت و مشخصات فیزیکی منطقه

حوزه آبخیز بارده با وسعت ۳۲ کیلومترمربع در شمال شرقی استان چهارمحال و بختیاری بین طول‌های جغرافیایی ۵۰° ۳۲′ ۲۸″/۵ تا ۵۰° ۳۶′ ۳۹″/۰۴ شرقی و بین عرض‌های جغرافیایی ۳۱′ ۳۲° ۵۳″/۲۱ تا ۳۲° ۳۶′ ۱۶″/۸۲ شمالی واقع شده است. حوزه بارده بخشی از حوزه آبخیز زاینده‌رود می‌باشد که رواناب سطحی ناشی از باران و ذوب برف را از طریق رودخانه زاینده‌رود از استان خارج می‌کند (شکل ۱). در این مرحله مشخصات فیزیکی حوزه مورد مطالعه (با مساحت ۵ کیلومترمربع) واقع در بالادست حوزه بارده جهت به کارگیری در مدل روندیابی بارش رواناب استخراج گردید جدول (۲).

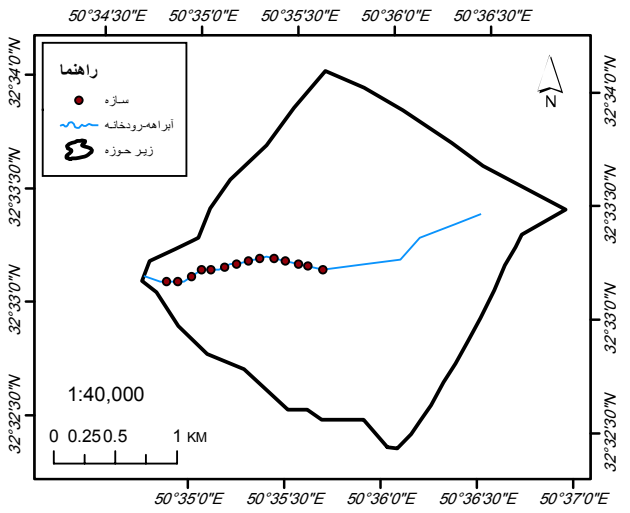
روش انجام کار

به منظور فراهم نمودن داده‌های لازم برای انجام این پژوهش، با استفاده از نرم‌افزار ArcVeiw ، کلیه مشخصات و نقشه‌های مورد نیاز شامل مدل رقومی ارتفاعی[1] و نقشه شیب، به منظور تهیه مدل هیدرولوژیکی حوزه استخراج گردید (جدول ۲). در مرحله بعد با حضور در منطقه و انجام عملیات نقشه‌برداری و حفر پروفیل خاک، مشخصات کلیه بندهای احداث شده ثبت گردید (جدول ۳). تلفیق داده‌های یاد شده در ترکیب با مقادیر بارش رواناب حوزه اطلاعات بسیار مناسبی را از رفتار حوزه در پاسخ به عملیات یاد شده را در اختیار قرار می‌دهد.

بکارگیری مدل SCS

درک فرآیندهای فیزیکی و مولفه‌های هیدرولوژیکی ناشی از عملیات آبخیزداری و اثر آنها در واکنش حوزه آبخیز به بارش، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیک را ضروری ساخته است. به همین منظور در انجام این پژوهش مدل بارش-رواناب SCS مورد استفاده قرار گرفت.

در این مرحله به منظور شبیه‌سازی حوزه از طریق مدل SCS از مقادیر CN ارایه شده در گزارش هیدرولوژی استفاده شد.



شکل ۲- جانمایی ۱۴ سازه در زیرحوزه مورد مطالعه

اندازه‌گیری مشخصات بندهای احداث شده

به منظور برآورد صحیحی از میزان آب ذخیره شده و آگاهی از تاثیر عملیات مکانیکی بر تغییرات آبنمود سیلاب، اقدام به عملیات نقشه‌برداری از ۱۴ بند کوتاه سنگ و ملاتی احداث شده در زیرحوزه بالادست روستای بارده گردید. شکل شماره (۲) محدوده حوزه مورد مطالعه و جدول (۳) مختصات UTM برداشت شده از پیرامون و مخازن هریک از بندها را نشان می‌دهد.

بررسی صحرایی انجام شده نشان می‌دهد که بخش عمده مخزن بندهای یاد شده خالی از هرگونه رسوب می‌باشد. این وضعیت شرایط مناسبی را جهت ترسیب رسوبات به همراه ذخیره و نفوذ رواناب‌ها توسط بندهای احداث شده فراهم نموده است. شکل (۳ الی ۵) به ترتیب وضعیت بند ۶ و پروفیل طولی آبراهه اصلی و برخوردار از عملیات سازه‌ای واقع در زیرحوزه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۳- حجم مخزن و آب قابل ذخیره در بندهای زیرحوزه بالادست آبخیز بارده

شماره بند	مشخصات جغرافیایی UTM		حجم آب قابل ذخیره (متر مکعب)
	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	
۱	۳۶۰۱۸۴۳	۳۹۴۶۰۹۰۵	۴۲/۱۴۶
۲	۳۶۰۱۸۵۶	۳۹۴۶۰۹۵۳	۲۶/۵۹۸
۳	۳۶۰۱۸۶۶	۳۹۴۶۱۰۰۳	۳۷/۲۱۹
۴	۳۶۰۱۸۹۹	۳۹۴۶۱۰۶۰	۹۷/۱۱۶
۵	۳۶۰۱۸۵۹	۳۹۴۶۱۱۳۰	۱۱/۰۷۶
۶	۳۶۰۱۸۲۱	۳۹۴۶۱۱۸۱	۲۱/۵۷۱
۷	۳۶۰۱۸۱۰	۳۹۴۶۱۲۵۶	۱۰۳/۳۷
۵	۳۶۰۱۸۳۲	۳۹۴۶۱۲۹۶	۲/۷۲
۹	۳۶۰۱۸۷۰	۳۹۴۶۱۳۶۴	۹/۱۹
۱۰	۳۶۰۱۸۶۳	۳۹۴۶۱۳۹۲	۳۹/۱۲
۱۱	۳۶۰۱۸۴۹	۳۹۴۶۱۴۴۰	۲۱/۳۳
۱۲	۳۶۰۱۸۴۹	۳۹۴۶۱۴۸۶	۲۰/۱
۱۳	۳۶۰۱۸۵۸	۳۹۴۶۱۵۴۰	۱۸/۱۱۷
۱۴	۳۶۰۱۸۶۰	۳۹۴۶۱۶۱۵	۲۱/۴۰۲
جمع (m^3)			۴۷۱/۰۸

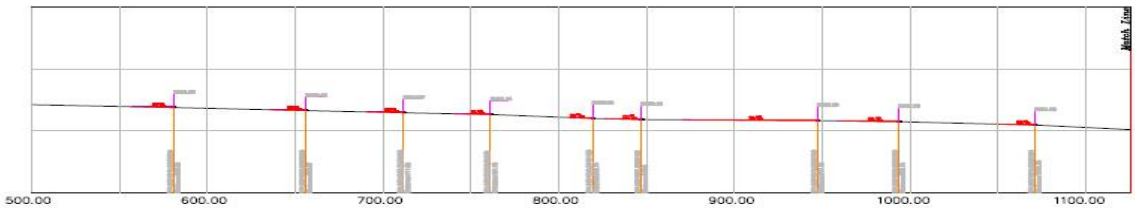
1- Digital Elevation Model

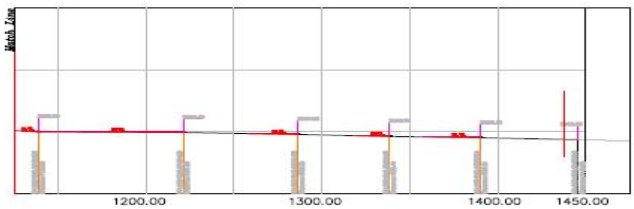
www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳- نمای کلی از بند شماره ۶ در آبراهه اصلی

شکل۴- وضعیت رسوبات ترسیب یافته در کف مخزن



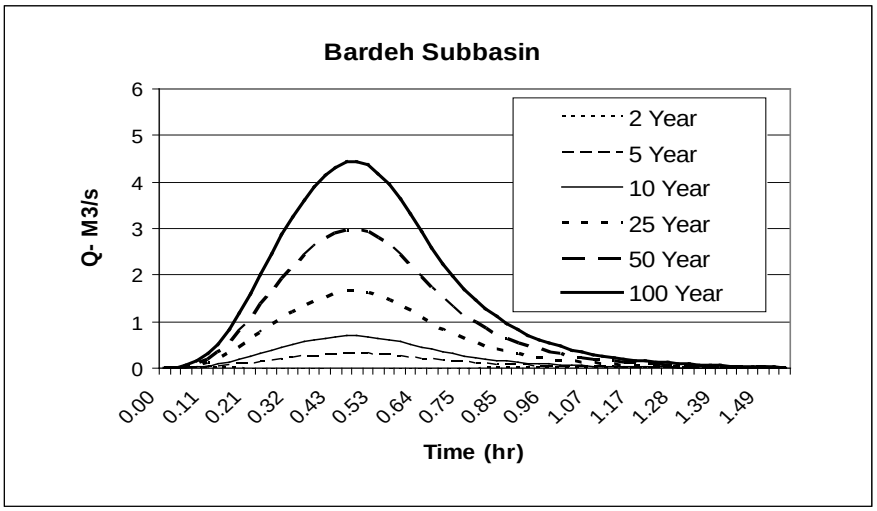


شکل ۵- پروفیل طولی آبراهه اصلی برخوردار از عملیات سازه‌ای واقع در بالادست حوزه آبخیز بارده

بررسی نتایج

نتایج حاصل از شبیه‌سازی سیلاب با استفاده از مدل SCS بر روی واقعه بارش با دوره بازگشت‌های مختلف در شکل(۶) و جدول (۴) ارایه شده است.

براساس نتایج بدست آمده، مدل هیدرولوژیکی ساخته شده، که در آن کلیه پارامترهای فیزیکی و هیدرولوژیکی حوزه لحاظ گردیده،



شکل۶- نتایج شبیه‌سازی سیلاب در زیر حوزه آبخیز بارده قبل از احداث سازه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- نتایج برآورد سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف در زیر حوزه آبخیز بارده

دوره بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
مترمکعب برثانیه	۰/۰۴	۰/۳۱	۰/۶۹	۱/۶۵	۲/۹۷	۴/۴۴
حجم سیلاب (هزار مترمکعب)	۰/۰۷	۰/۵۵	۱/۲۲	۲/۹۲	۵/۲۶	۷/۸۵

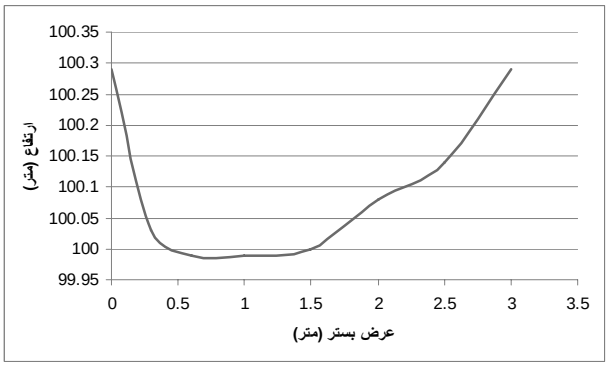
بیانگر حوزه آبخیز مورد مطالعه با شرائط طبیعی و بدون انجام هرگونه عملیات می‌باشد.

با دستیابی به روابط بین پارامترهای فیزیکی و هیدرولوژیکی و تأثیر آنها در رفتارهای هیدرولوژیک حوزه آبخیز در قالب مدل ریاضی می‌توان نتیجه گرفت که با در اختیار داشتن مدل حوزه آبخیز، امکان دستیابی به الگوی مدیریتی مناسب و بررسی نتایج آنها، قبل از هرگونه اقدام و یا ایجاد تغییر در کاربری اراضی و یا اجرای عملیات آبخیزداری با اهداف مختلف که مستلزم صرف هزینه‌های سنگین می باشد میسر است.

در همین ارتباط اندازه گیری انجام شده با استفاده از نتایج عملیات نقشه‌برداری از سه مقطع از آبراهه اصلی در محل اولین سازه از بالادست حوزه و با بکارگیری رابطه (۱ الی ۳) [۲]، بیانگر دبی برابر با ۰/۸ متر مکعب بر ثانیه در حالت مقطع پر می‌باشد. شکل شماره (۷) اولین مقطع واقع بر آبراهه اصلی حوزه مورد مطالعه و جدول (۵) مشخصات مقطع مذکور را نشان می‌دهد.

جدول ۵- مشخصات هیدرولیکی مقاطع برداشت شده در زیرحوزه مورد مطالعه

مشخصات مقطع	A	P	R
مقطع ۱	۳/۱۳۱۷	۰/۶۴۳۰	۰/۲۰۵۳
مقطع ۲	۳/۱۲۲۵	۰/۵۴۸۰	۰/۱۷۵۵
مقطع ۳	۲/۲۹۸۶	۰/۳۹۶۵	۰/۱۷۲۵



شکل۷- اولین مقطع آبراهه زیرحوزه‌ی دارای عملیات آبخیزداری واقع دربالادست سازه‌ها

$$Q = \frac{1}{n}\left[\frac{(h+h_v)_1 - (h+h_v)_N - \sum_{i=2}^{N}(K\Delta h_v)_{i-1,i}}{\sum_{i=2}^{N}\frac{L_{i-1}-L_i}{(AR^{2/3})_{i-1}\times(AR^{2/3})_i}}\right]$$ رابطه (۱)

$$h_v = a\frac{V^2}{2g}$$ رابطه (۲)

$$a = \frac{\sum(V_i^2 \times A_i)}{A \times V^2}$$ رابطه (۳)

N = تعداد مقاطع عرضی، i = شماره مقطع عرضی، L = فاصله بین مقاطع عرضی، h = ارتفاع سطح آب، A = سطح مقطع جریان، R = شعاع هیدرولیکی، n = ضریب زبری جریان، Q = دبی جریان، V= سرعت متوسط در مقطع جریان، A = مقطع جریان، a = ضریب توزیع سرعت در مقطع جریان، A_i و V_i مقطع و سرعت مقطع در هر زیرمقطع iام است.

با گذر از سازه‌های احداث شده ۱۴ گانه در طولی برابر با ۱۴۴۰ متر تا خروجی زیرحوزه مورد مطالعه، مقطع جریان افزایش یافته و بر اساس محاسبات انجام شده، دبی مقطع پر آن در حدود ۱/۳ متر مکعب‌برثانیه خواهد بود که تقریبا دبی با دوره بازگشت ۲۰ تا ۲۵ ساله از روش SCS را نشان می‌دهد.

تاثیر عملیات بر رفتار حوزه

بررسی انجام شده بر مورفولوژی مسیل آبراهه اصلی حوزه بارده نشان می‌دهد که این مسیل دارای شیب متوسطی در حدود ۰/۰۲۹۵ درصد می‌باشد. احداث تعداد ۱۴ سازه سنگ و ملاتی در مسیر ۱۴۴۶ متری جریان موجب گردیده تا این شیب به ۰/۰۰۹۵ درصد کاهش یابد که این موضوع نقش مهمی در تغییرات ضریب زبری بستر و ترسیب رسوبات در حال حمل توسط رواناب‌ها و همچنین ذخیره و نفوذ رواناب در حال عبور و یا جمع‌آوری شده در بستر مخزن‌بندها خواهد داشت (جدول ۶).

مقایسه حجم سیلاب‌های تولید شده در این زیر حوزه با مجموع حجم مخازن حاصل از احداث ۱۴ سازه در خروجی آن که رقمی در حدود ۴۷۱ مترمکعب را نشان می‌دهد (بدون احتساب مقادیر نفوذ در زمان)، بیانگر تغییرات حجم سیلاب تولید شده نسبت به حجم ذخیره‌بندهای یاد شده می‌باشد. این موضوع به همراه امکان به کارگیری عملیات بیولوژیک و کاهش عدد شماره منحنی موجبات کاهش بیشتر مقادیر دبی اوج و حجم سیلاب را فراهم خواهد نمود.

نظر به اینکه حجم جریان سیلاب تحت تاثیر شرایط مختلف

www.SID.ir

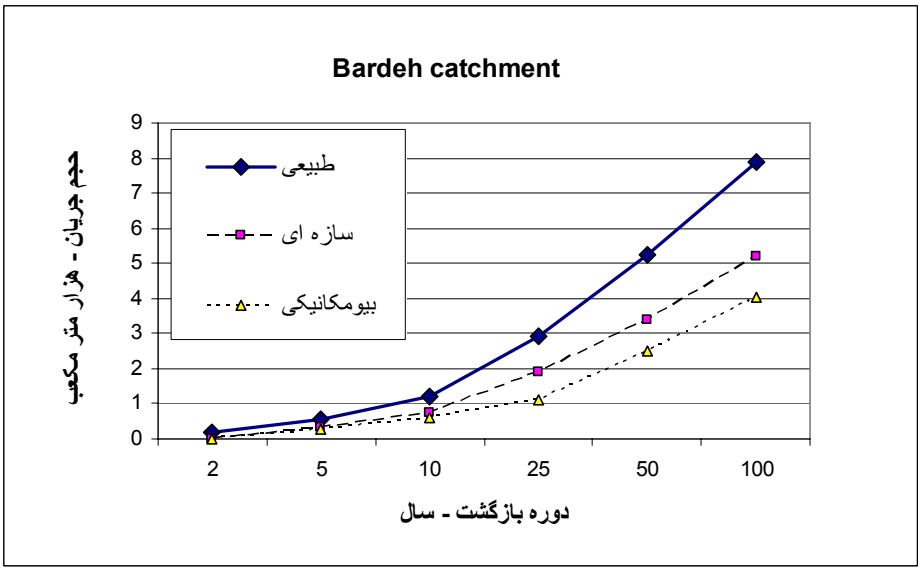
Archive of SID

مدیریتی از تغییرات قابل توجهی برخوردار می‌باشد. لذا تغییرات جریان حاصل از بکارگیری عملیات سازه‌ای در این شرایط، تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش میزان سیلاب نشان می‌دهد. این تاثیر با افزایش دوره بازگشت و هم‌زمان با افزایش حجم سیلاب، افزایش نشان می‌دهد (شکل ۸).

از نکات قابل توجه در شکل (۸) تغییرات حاصل از به کارگیری روش‌های مختلف مدیریتی بر منحنی تغییرات جریان می‌باشد. مقایسه منحنی جریان حاصل از روش مکانیکی با شرایط طبیعی، بیانگر افزایش تاثیر سازه‌ها بر کاهش جریان سیلاب متناسب با افزایش دوره بازگشت می‌باشد. این در حالی است که نتایج محاسبات

جدول۶- مقایسه تغییرات مشخصات جریان تحت تاثیر بندهای احداث شده در طول مسیل

وضعیت آبراهه	شیب آبراهه	ضریب زبری	سرعت جریان	زمان تمرکز (دقیقه)	سطح مقطع جریان
شرائط طبیعی	۰/۰۲۹۵	۰/۰۳۵	۱/۵۹	۲۱	۰/۵۰
بعد از احداث سازه	۰/۰۰۹	۰/۰۳۰	۱/۰۵	۳۲	۰/۷۶



شکل۸- مقایسه نتایج مدل هیدرولوژیکی تحت تاثیر شرایط مختلف عملیات سازه‌ای و بیولوژیکی

جدول۷- نسبت حجم سیلاب در شرایط طبیعی در مقایسه با سازه‌های احداث شده و شرایط تلفیق عملیات مکانیکی و بیولوژیک با دوره بازگشت‌های مختلف به هزار متر مکعب

دوره بازگشت	مقدار سیلاب در شرایط						نسبت کاهش حجم سیلاب (٪)	
	طبیعی (۱)		سازه‌ای (۲)		بیومکانیکی (۳)			
	دبی	حجم	دبی	حجم	دبی	حجم	ستون ۱ به ۲	ستون ۱ به ۳
۲	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۰۰	۱۰۰
۵	۰/۳۳	۰/۵۸	۰/۲۱	۰/۳۱	۰/۱۴	۰/۲۵	۴۶/۶	۵۷/۳
۱۰	۰/۶۹	۱/۲۲	۰/۴۵	۰/۷۱	۰/۳۳	۰/۵۹	۴۱/۸	۵۱/۶
۲۵	۱/۶۵	۲/۹۲	۱/۰۷	۱/۸۰	۰/۷۵	۱/۳۲	۳۸/۴	۵۴/۸
۵۰	۲/۹۷	۵/۲۶	۱/۹۲	۳/۳۵	۱/۴۱	۲/۵۰	۳۶/۵	۵۲/۵
۱۰۰	۴/۴۴	۷/۸۵	۲/۸۷	۵/۰۲	۲/۲۸	۴/۰۴	۳۶/۱	۴۸/۸

www.SID.ir

Archive of SID

تغییرات شماره منحنی در تلفیق با عملیات سازه‌ای از دوره بازگشت ۲۵ سال به بالا کاملا منطبق با منحنی عملیات سازه‌ای می‌باشد. این موضوع نتایج پژوهش‌های گذشته را در ارتباط با کاهش اثر بخشی پوشش گیاهی در دوره بازگشت‌های بالا بر کاهش سیلاب را به نقل از تلوری[۳] تایید می‌کند.

در این ارتباط بررسی تغییرات سیلاب ناشی از شرایط طبیعی و تلفیقی در مقایسه با مجموع حجم مخازن بندها بیانگر میزان تاثیر نتایج عملیات آبخیزداری می‌باشد (جدول ۷).

تحلیل اماری نتایج داده‌های جدول (۷) با استفاده از همبستگی پیرسون نشان می‌دهد که اجرای عملیات آبخیزداری در حالت مکانیکی و تلفیقی، در مقایسه با شرایط طبیعی، از اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد برخوردار بوده که به مفهوم تاثیر قابل توجه عملیات یاد شده در کاهش مقادیر سیلاب حوزه مورد مطالعه می‌باشد.

بررسی تغییرات حجم رواناب و دبی سیلاب

در این مرحله با توجه به در اختیار داشتن حجم مخزن پشت سازه‌ها (۴۷۱ مترمکعب) و با احتساب عمق متوسط یک متر، سطحی معادل ۴۷۱ متر مربع به عنوان بستر قابل نفوذ برای ۱۴ سازه احداث شده در زیرحوزه پژوهشاتی حاصل می‌گردد.

در این ارتباط با استفاده از نتایج بررسی انجام شده و با احتساب ۲۰۰ میلی‌متر نفوذ در ساعت، حجم جریان قابل نفوذ در طول مدت سیلاب متناسب با زمان تمرکز حوزه به شرح جدول (۸) محاسبه می‌گردد.

بررسی نتایج حاصل نشان می‌دهد که مجموع سطوح حاصل از ۱۴ سازه کوتاه، ضمن برخورداری از حجمی ثابت برابربا ۴۷۱ مترمکعب، قادر خواهند بود حجمی برابر با ۱۶۱ متر مکعب از جریان سیلاب را از طریق نفوذ عمقی و برای جریان یک‌ساعته، کاهش دهند. مجموع مقادیر یاد شده برابر با ۶۳۲ مترمکعب، به همراه تاثیر عملیات بیولوژیک در کاهش رواناب، نقش مهمی در کاهش حجم جریان سیلاب خواهند داشت.

مقایسه ظرفیت عبور جریان خروجی از حوزه (برابر با ۱/۳ مترمکعب برثانیه) در مقایسه با مقادیر حاصل از کاهش جریان تحت تاثیر عملیات تلفیقی بیانگر وضعیت‌های متفاوتی می‌باشد.

براساس جدول (۷)، اجرای عملیات آبخیزداری در این زیر حوزه موجب می‌گردد تا با توجه به ثابت بودن ظرفیت عبور جریان سیلاب در خروجی حوزه، امکان تخلیه سیلاب با دوره بازگشت‌های بیشتری فراهم گردد جدول (۹).

بر اساس نتایج جدول فوق، وقوع سیلاب با دوره بازگشت بین

جدول۸- مقدار حجم نفوذ رواناب در زمان سیلاب

عوامل ردیف	نفوذ (mm/Hr)	مساحت (m^2)	حجم نفوذ در زمان(m^3)
۱	۲۰۰	۴۷۱	۱۶۱

۲۰ تا ۲۵ سال در شرایط طبیعی موجب سرریز جریان در خروجی حوزه خواهد گردید. در حالی که اجرای عملیات آبخیزداری موجب می‌گردد تا سیلاب ۵۰ ساله در شرایط طبیعی از حدود ۳ متر مکعب بر ثانیه به حدود ۱/۴ متر مکعب بر ثانیه و متناسب با ظرفیت عبور جریان در خروجی کاهش یابد.

بحث و نتیجه‌گیری

اگرچه بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که امروزه عملیات آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز بدون توجه به تاثیر مکانی (اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها) و همچنین حجم مورد نیاز عملیات سازه‌ای انجام می‌گیرد، لیکن نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در صورت بکارگیری روش ارایه شده، حجم عملیات سازه‌ای و انجام هزینه‌های سرسام آور حاصل از آن در حوزه‌های آبخیز به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت. در این حالت با در اختیار داشتن نتایج گزارش مطالعات و مقایسه حجم‌ها و دبی سیلاب‌ها، امکان برآورد حجم مورد نیاز سازه‌های مکانیکی برای کاهش جریان‌های سیلابی وجود خواهد داشت.

بررسی سوابق پژوهش‌های انجام شده به ویژه منابع داخلی نشان می‌دهد که در ارزیابی عملیات آبخیزداری و کنترل سیلاب به طور عمده به تغییرات حاصل از اجرای عملیات یادشده پرداخته شده است. در صورتی‌که امروزه توجه به مقوله بهینه‌سازی عملیات و در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و زیست محیطی از موضوعات مهم به‌شمار می‌رود. بر این اساس تفاوت پژوهش حاضر با سایر کارهای انجام شده در این زمینه را می‌توان در نوآوری این گزارش در ارائه روشی برای تعیین تعداد سازه‌های مورد نیاز و همچنین اولویت بندی مکانی آن عنوان نمود.

بطور کلی بایستی توجه داشت که هدف از انجام عملیات آبخیزداری بخصوص در پروژه‌های مرتبط با کنترل سیلاب، کاهش سیلاب تا حد صفر و آنهم در کلیه سطوح حوزه مد نظر نمی‌باشد. بلکه بکارگیری فعالیت‌های مکانیکی و بیولوژیکی در عملیات آبخیزداری بایستی حول محور مسایل اجتماعی و اقتصادی حوزه ودر نظر داشتن کلیه روابط موجود در حوزه انجام گیرد. بر این

جدول۹- تغییرات دبی اوج سیلاب حاصل از عملیات آبخیزداری در مقایسه با ظرفیت عبور جریان در خروجی حوزه

دوره بازگشت	ظرفیت عبور جریان (m^3/Se)	سیلاب در شرایط		میزان کاهش سیل (m^3/Se)
		طبیعی (m^3/Se)	تلفیقی (m^3/Se)	
۱۰	۱/۳	۰/۶۹	۰/۳۳	۰/۳۶
۲۵	۱/۳	۱/۶۵	۰/۷۵	۰/۹۰
۵۰	۱/۳	۲/۹۷	۱/۴۱	۱/۵۶
۱۰۰	۱/۳	۴/۴۴	۲/۲۸	۲/۱۶

www.SID.ir

Archive of SID

اساس حجم عملیات و گستره آن متناسب با شرایط کلی حوزه و با استفاده از روابط پیشنهادی (۴ تا ۶) قابل اجرا خواهد بود.

$R= (A*I*T)+vd$ (رابطه ۴)

که در آن:

R= متوسط حجم نفوذ و گیرش رواناب در مخزن به متر مکعب

A= متوسط سطح مخزن سازه به متر مربع، I= مقدار نفوذ به میلیمتر بر ساعت ، T= زمان سیلاب به ساعت، Vd= حجم متوسط مخزن به متر مکعب

$N=\frac{VR-CD}{R}$ (رابطه۵)

$CD= Qi*ti$ (رابطه۶)

که در آن:

N= متوسط تعداد سازه مورد نیاز، VR= رواناب به متر مکعب با دوره بازگشت مورد نظر، CD= ظرفیت عبور جریان به متر مکعب، Qi= متوسط دبی مورد نظر جهت عبور جریان، مترمکعب‌برثانیه، ti= زمان جریان حداکثر به ساعت

با در اختیار داشتن حجم ذخیره متوسط سازه‌ها و مقایسه آن با حجم‌ها سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف، امکان برآورد نسبتا دقیقی از سازه‌های مورد نیاز فراهم می‌گردد (جدول ۱۰).

جدول۱۰- تعداد سازه مورد نیاز در دوره بازگشت ۲۵ ساله

عوامل	رواناب ورودی (VR)	رواناب خروجی (CD)	متوسط حجم سازه (R)	تعداد سازه مورد نیاز
مترمکعب	۲۹۰۰	۱۴۴۰	۵۳/۸	۲۷

براساس نتایج جدول فوق تعداد ۱۳ سازه دیگر، علاوه بر سازه‌های قبلی برای دوره بازگشت ۲۵ سال مورد نیاز می‌باشد.

در این مرحله با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام شده در خصوص تاثیر الگوی مکانی سطوح موثر بر دبی اوج سیلاب و شاخص مکانی آن که توسط روغنی [۸] انجام شده، این امکان وجود دارد تا با انتخاب مکان‌های مناسب، میزان اثر بخشی سازه‌های کنترلی را تا حداکثر ممکن ارتقاء بخشید.

منابع

۱ـ انجمن هیدرولیک ایران، خبرنامه هیدرولیک، مهر ماه ۱۳۸۰. شماره ۲۳ . صفحه ۳ .

۲- پاره‌کار، م. ۱۳۶۸. بررسی سرعت غیر رسوب‌گذار در کانال‌های آبیاری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران دانشکده کشاورزی کرج. ۱۱۲ ص.

۳- تلوری، ع. ۱۳۷۶. عوامل موثر بر وقوع یا تشدید سیلاب، کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، تهران: انجمن هیدرولیک ایران. ۲۱ صفحه.

۴ـ خسروشاهی، م. ۱۳۸۰. تعیین نقش زیر حوزه‌های آبخیز در شدت سیلخیزی حوزه، مطالعه موردی در حوزه آبخیز دماوند. پایان نامه دکتری جغرافیای طبیعی. گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس. ۲۰۵ صفحه.

۵- خلیقی، ش. و مهدوی ، م. ۱۳۸۳. بررسی میزان تاثیر تغییر کاربری اراضی و مشخصات هیدرولوژیک آب‌های سطحی مطالعه موردی حوزه باراندوزچای استان آذربایجان‌غربی، رساله دکتری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۴۲ ص.

۶- روغنی، م.۱۳۷۶. بررسی تاثیر مکانی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب ـ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. ۱۲۸ صفحه.

۷- روغنی، م. ۱۳۸۲. بررسی تاثیر مکانی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب به منظور کاهش خطر سیل در حوزه‌های آبخیز کشور، مرکز پژوهش‌های حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، گزارش نهایی طرح پژوهش‌های. ۱۱۶ صفحه.

۸- روغنی، م. ۱۳۸۸. تعیین شاخص مکانی سیل در حوزه‌های آبخیز کشور، مجله علوم مهندسی آبخیزداری ایران، سال دوم، شماره سوم، صفحات ۵۲- ۴۳.

۹- عربی، آ.و بنی حبیب، م.ا. ۱۳۸۸. ارزیابی اثر عملیات آبخیزداری بر روی سیلاب. مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۴۳۰- ۱۴۱۶.

۱۰- قدرتی، ع. ۱۳۸۳. گزارش نهایی طرح پژوهش‌های «ارزیابی نتایج عملکرد آبخیزداری در پشت سد سفیدرود»، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۷۹ ص.

۱۱- محمدی، حمزه. ۱۳۸۱. کاربرد مدل هیدرولوژیکی بارش رواناب بر پایه سامانه اطلاعات جغرافیایی در پیش‌بینی زمان وقوع سیل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه مازندران. ۱۵۲ ص.

۱۲- مهدوی، م. ۱۳۷۶. بررسی آثار اقتصادی اجتماعی و زیست محیطی خسارات سیل، کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، تهران: انجمن هیدرولیک ایران. ۱۴ صفحه.

13- Brian, O. 2003. Soils, Infiltration, and On-site Testing. GeoEnvironmental Sciences and Environmental Engineering Department. Texas Council of Governments.

14- Brooks, K.N., Folliott، P.F., Gregersen, H.M., Thames, J.L. 1991. Hydrology and the Management of Watershed, vol. 1. Iowa State University, p. 220.

15- Jons, J.A. A. 2000. The physical causes and

www.SID.ir

Archive of SID

characteristics of floods. In floods Vol II, PP, 93.

16- Karbowski, A. 1993. Optimal flood control in multireservoir cascade systems with deterministic inflow forecasts. Water resources management. Netherlands. Volume 7, No 3, Pages 207-223.

17- Roshani, R. 2003. Evaluation the effect of check dams on flood peaks to optimize the flood control measures (Case study in Iran), M.Sc Thesis in Watershed and Environmental Management. International Institute for Geo Information Science and Earth Observation Enschede, the Nederland. 43p.

18- Roughani, M. Ghafouri, A. and Tabatabaie M. 2005. An Innovative Methodology in Prioritization of Sub-catchments for Flood Control, International Journal of Applied Erth Observation and Geoinformation, Vol. 9, Issue 1, Pages 79-87.

19- Shieh, Ch. L., Guh, Y. R. and Wang, Sh. O. 2007. The application of range of variability approach to the assessment of a check dam on riverine habitat alternation. Journal of Environmental Geology 52:427-435.

20- Sharma, K. D., Singh, H. P. and pareek, O. P. 1983. Rainwater infiltration rate response into a bare loamy sand. Hydrological Science Journal, 28: 417-427

21- Simonovic, P. 2002. Tow non-structural measures for sustainable management of floods, In Proceeding of the International Workshop on London, Ontario, Canada. Pages 65-81.

22- Weaver, R.J. and Kuthy, R.A. 1975. Filed evaluation of a recharge basin", New York state department of transportation, engineering research and development. Research report 26.

www.SID.ir