بررسی نقش عملیات مکانیکی آبخیزداری در کنترل رواناب حوضه آبخیز زاینده‌رود؛ مطالعه موردی در حوضه آبخیز حیدری

محمد روغنی[۱]

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۹/۲۸
تاریخ پذیرش:۹۰/۰۵/۰۱

چکیده

افزایش رو به رشد تلفات منابع آب و خاک حوضه‌های آبخیز در چند دهه اخیر در اثر بهره برداری 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 تحقیق که در حوضه آبخیز حیدری واقع در استان چهارمحال، با وسعتی در حدود ۱۱۲ کیلومتر مربع انجام گرفته، در پی ارزیابی تاثیر عملیات آبخیزداری بر تغییر رفتار حوضه روی میزان ذخیره رواناب، کاهش سیلاب و سیل‌خیزی می‌باشد. روش کار براساس نتایج بررسی‌های صحرایی و ثبت مشخصات مکانی و فیزیکی سازه‌های احداث شده و تحلیل داده‌ها انجام گرفته است. در مرحله بعد با استفاده از مدل SCS و شبیه‌سازی سیلاب حوضه، اقدام به بررسی تاثیر سازه‌ها در کنترل سیلاب و رواناب حوضه مورد مطالعه گردیده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که سازه‌های احداث شده با حجمی در حدود ۱۳۰۶۷ مترمکعب، ضمن ذخیره رواناب و تاثیر بر نفوذ عمقی جریان رواناب، قادر به کنترل سیلابی با دوره بازگشت حدوداً ۵۰ 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 معنی‌دار داده‌ها در سطح ۹۹ درصد بوده است. 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، حوضه آبخیز حیدری، ذخیره رواناب، سدهای کوتاه، کنترل سیل.

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری moroghani@gmail.com

مقدمه

در حال حاضر بررسی‌های گسترده‌ای در زمینه نقش عملیات آبخیزداری بر تغییر رفتار حوضه‌های آبخیز در سطح دنیا انجام شده است. در ملل مختلف جهان به ویژه در ایالات متحده آمریکا ارزیابی عملکرد طرح‌های آبخیزداری دارای دیرینه بیش از ۶۷ سال است که با اهداف گوناگونی انجام شده است.

محققینی نظیر دوتی (۱۷۱)، نوبل (۱۹۶۳) و ساترلند (۱۹۶۲) که در خصوص ارزیابی نقش عملیات مکانیکی و بیولوژیکی آبخیزداری در کاهش رسوب و رواناب بررسی و تحقیق نموده اند در مجموع به این نکته تاکید دارند که موفقیت اقدامات آبخیزداری به دو عامل متناسب بودن سازه‌های حفاظت خاک و آب با ویژگی‌ها و خصوصیات حاکم بر آبخیزها و تاثیر آن‌ها در استقرار پوشش گیاهی به عنوان عامل پایداری و جزء اصلی و طبیعی هر آبخیز بستگی دارد.

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 (مهدوی، ۱۳۷۶). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد افزایش وقوع سیل در دهه ۱۳۷۰ نسبت به دهه ۱۳۴۰ حدود ده برابر می‌باشد (انجمن هیدرولیک ایران، ۱۳۸۰). به همین منظور فعالیت‌های متنوعی در ارتباط با پیشگیری از وقوع سیلاب در حوضه‌های آبخیز در حال انجام است. بر اساس بررسی‌های انجام شده بدلیل تنوع شرایط اکولوژیکی، دستیابی به یک الگوی مشخص و یا ارائه دستورالعمل معین که بتواند دارای کاربرد یکسان در تمامی حوزه‌های آبخیز باشد میسر نیست. به همین دلیل افزون بر شناخت حوضه و مسائل آن، اولویت‌بندی عملیات آبخیزداری متناسب با پتانسیل‌های موجود اجتناب ناپذیر می‌باشد.

بررسی نتایج تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که اجرای عملیات آبخیزداری در حوضه‌های آبخیز نقش مهمی در کنترل رواناب‌های سطحی داشته است. در این ارتباط استفاده از روش‌های مختلفی نظیر مخازن متوالی جهت به حداقل رساندن دبی اوج سیلاب، توسط محققان مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است (کاربوسکی، ۱۹۹۳). در همین ارتباط سیمونویک استفاده تلفیقی از عملیات ساختمانی و غیر سازه‌ای را به منظور دست‌یابی به موفقیت بیشتر در عملیات مهار سیل پیشنهاد کرده است (سیمونویک، ۲۰۰۲). در بکارگیری روش‌های کنترل سیلاب بعضی محققین استفاده اصولی از اراضی را به عنوان راه‌کاری مناسب در مدیریت حوضه‌های آبخیز عنوان می‌کنند (فریسک، ۲۰۰۴). در همین ارتباط بروکس و همکاران (۱۹۹۱) نقش عملیات آبخیزداری و نحوه استفاده از اراضی در شکل‌گیری سیلاب و تغییرات کمی آن را بسیار تاثیرگذار می‌دانند.

در ارتباط با اولویت‌بندی عملیات آبخیزداری با هدف کنترل سیلاب و بهینه‌سازی عملیات یاد شده، بررسی تاثیر مکانی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب حوزه آبخیز رودک، واقع در شمال‌شرق تهران توسط روغنی با استفاده از مدل هیدرولوژیکی RAFTS انجام گردید (روغنی، ۱۳۷۶). معرفی روشی در تعیین سطوح موثر بر دبی اوج سیلاب و اولویت‌بندی این مناطق جهت عملیات کنترل سیلاب، از نتایج مهم تحقیق یاد شده می‌باشد. در همین ارتباط، طی تحقیق دیگری در حوضه آبخیز رود زرد، واقع در شمال‌شرق استان خوزستان، سطوح موثر بر دبی اوج سیل این حوضه نیز مورد بررسی قرار گرفت (روغنی، ۱۳۸۲). نتایج نشان داد مناطق مختلف حوزه اثرات متفاوتی در نحوه شکل‌گیری دبی اوج سیلاب دارند که با شناسایی آن‌ها و تمرکز عملیات آبخیزداری در اینگونه مناطق، کاهش قابل ملاحظه‌ای در هزینه اجرائی پروژه‌ها قابل پیش‌بینی می‌باشد.

در ادامه این تحقیقات، بررسی سهم اثر زیرحوضه‌ها در سیل‌خیزی حوضه گرمابدشت با استفاده از مدل HEC-HMS توسط محمدی (۱۳۸۱) مورد بررسی قرار گرف. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که علاوه بر مساحت حوضه، توزیع مکانی زیرحوضه‌ها نقش مهمی در شکل‌گیری سیلاب به عهده دارند. در همین ارتباط میزان تغییرات کاربری اراضی بر تغییرات الگوی آب‌های سطحی توسط خلیقی و مهدوی (۱۳۸۳) در حوضه بار اندوزچای استان آذربایجان‌غربی با استفاده از مدل HEC 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 (۲۰۰۳) با استفاده از مدل HEC-HMS این موضوع را در حوضه آبخیز کن مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیق نشان داد با افزایش زمان تمرکز، حاصل از بکارگیری ۵۶۳ سازه کوتاه، دبی اوج سیلاب به میزان ۳۱ درصد کاهش می‌یابد. شی و همکاران (۲۰۰۷) نیز با استفاده از مدل هیدرولوژیک و هیدرولیک HEC، تاثیر تغییرات جریان سیلاب ناشی از بکارگیری سازه‌های کوتاه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمون آماری بیانگر معنی‌دار بودن تغییرات سیلاب بوده است. در تحقیق دیگری تاثیر عملیات آبخیزداری در حوضه گلابدره توسط عربی و بنی حبیب (۱۳۸۸) با استفاده از مدل هیدرولوژیکی بارش رواناب مورد ارزیابی قرار گرفت. 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 توسط روغنی و غفوری (۲۰۰۵) با استفاده از مدل RAFTS مورد بررسی قرار گرفت. نتایج داده‌ها حاکی از تاثیر قابل توجه الگوی توزیع مکانی عملیات کنترلی در کاهش سیلاب مناطق مختلف حوضه می‌باشد. در همین ارتباط تاثیر سیل‌خیزی زیر حوزه‌ها در شکل‌گیری هیدروگراف سیلاب از طریق مدل ریاضی HEC-HMS که توسط خسروشاهی (۱۳۸۰) انجام گرفت، نتایج بررسی و روش انجام شده در حوزه آبخیز رودک توسط روغنی (۱۳۷۶) را تائید می‌کند.

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 ویور و کوتهی (۱۹۷۵) نشان می‌دهد که نفوذ آب در طول مدت سیلاب نقش مهمی در پایین آوردن سطح نهایی صعود آب در سازه داشته است. نتایج تحقیقات انجام شده نشان داد که حدود ۶۴ درصد حجم سیلاب قبل از پایان زمان ورود آب به مخزن سد، در بستر آن نفوذ کرد.

در همین ارتباط شارما و همکاران (۱۹۸۳) نفوذپذیری خاک لومی شنی را در یک دوره شش ساله مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی‌ها نشان داد مقدار نفوذ با افزایش شیب به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. بطوریکه 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 بوجود آمد. بر این اساس می‌توان استنباط نمود که با کاهش شیب حاصل از احداث سازه‌های کوتاه بر روی آبراهه‌ها و مسیل‌ها، مقدار نفوذ بطور قابل توجهی افزایش می‌یابد. بررسی انجام شده بر مقدار نفوذ در خاک‌های مختلف براساس بافت توسط بریان (۲۰۰۳) خاک نشان می‌دهد که مقدار نفوذ در 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 حوضه‌های آبخیز کشور و اهمیت بررسی اثر بخشی این فعالیت‌ها، لزوم ارزیابی نتایج عملیات آبخیزداری در ابعاد مختلف آن امری ضروری است. لذا در این تحقیق سعی گردیده تا ضمن ارزیابی تاثیر عملیات یاد شده با استفاده از مقادیر کمی حاصل از بررسی‌های صحرایی، نتایج روشنی از میزان تغییرات ایجاد شده در تولید و ذخیره رواناب‌ها در اختیار مدیران بخش‌های اجرایی کشور قرار گیرد. نتایج یاد شده نقش مهمی در بهبود کیفیت اجرا و ارائه برنامه‌های منسجم و منطبق با اهداف بخش آبخیزداری ایفا خواهد نمود. با استفاده از نتایج ارائه شده در این تحقیق، ضمن تحلیل نتایج عملیات و تاثیر آن بر کاهش میزان رواناب، امکان تعیین مناسب‌ترین تعداد سازه و مناسب‌ترین محل اجرای عملیات اجرایی فراهم می‌گردد.

مواد و روش‌ها

موقعیت و مشخصات فیزیکی منطقه

حوزه آبخیز حیدری با وسعت ۱۱۲ کیلومترمربع در شمال شرقی استان چهارمحال و بختیاری بین طول‌های جغرافیایی ″۶ ′۳۰ °۵۰ تا ″۶ ′۴۱ °۵۰ شرقی و بین عرض‌های جغرافیایی ″۲۳ ′۳۳ °۳۲ تا ″۳۳ ′۴۳ °۳۲ شمالی واقع شده است. حوضه حیدری بخشی از حوزه آبخیز زاینده‌رود می‌باشد که از شمال به دریاچه سد زاینده‌رود و از جنوب به رشته کوه‌هایی که از کوه لارک تا کوه کله کهریز، سید بهاءالدین و برآفتاب کشیده شده است، محدود می شود. طول آبراهه اصلی حوضه ۲۵/۳۶ کیلومتر است. زیرحوضه‌هایی که در آن عملیات آبخیزداری انجام پذیرفته است در مجموع حدود ۱۰۰ کیلومترمربع (۸۹/۳٪ از کل مساحت حوضه) و طول

آبراهه‌های برخوردار از عملیات آبخیزداری در آن‌ها ۲۸/ ۶۵ کیلومتر است (شکل۱). جدول(۱).مشخصات فیزیکی حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

شکل(۱): موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز حیدری

جدول(۱): مشخصات فیزیو گرافی حوضه آبخیز حیدری

مساحت (Km^2)	طول آبراهه اصلی (Km)	ارتفاع متوسط (m)	شیب متوسط حوضه (٪)	شیب آبراهه (٪)	زمان تمرکز (hr)
۱۱۲/۲	۲۵/۳۶	۲۳۵۰	۶	۲	۳/۵

تهیه داده‌ها و ارائه روش

به منظور فراهم نمودن داده‌های لازم برای انجام این تحقیق، با استفاده از نرم افزار ArcVeiw، کلیه مشخصات و نقشه‌های مورد نیاز شامل مدل رقومی ارتفاعی[1] و نقشه شیب، به منظور تهیه مدل هیدرولوژیکی حوضه استخراج گردید (جدول۲). با حضور در منطقه و انجام نقشه‌برداری و حفر پروفیل خاک، مشخصات کلیه بندهای احداث شده ثبت گردید. تلفیق داده‌های یاد شده با مقادیر بارش رواناب حوضه اطلاعات لازم را از رفتار حوضه در پاسخ به عملیات یاد شده در اختیار قرار داده است.

برآورد سیلاب با بکارگیری مدل SCS

درک فرآیندهای فیزیکی و مولفه‌های هیدرولوژیکی ناشی از عملیات آبخیزداری و اثر آن‌ها در واکنش حوضه آبخیز به بارش، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیک را ضروری ساخته است. به همین منظور در انجام این تحقیق ضمن برنامه‌نویسی در محیط Excel، از مدل بارش-رواناب SCS استفاده گردید. در این مرحله به منظور شبیه‌سازی حوضه از مدل SCS استفاده گردید.

جانمایی و ثبت مشخصات سازه ها

به منظور برآورد صحیحی از میزان آب ذخیره شده و آگاهی از تاثیر عملیات مکانیکی بر تغییرات هیدروگراف سیلاب، اقدام به عملیات نقشه‌برداری از بندهای کوتاه احداث شده در زیرحوضه‌هایی که در آن‌ها عملیات سازه‌ای صورت گرفته گردید. در این روش پس از تهیه پروفیل آبراهه در طول مسیری که سازه‌ها ساخته شده‌اند، حداکثر ارتفاعی که سطح آب می‌تواند پشت سازه قرار داشته باشد، با استفاده از عملیات نقشه‌برداری تعیین گردید. جدول(۲) مختصات UTM برداشت شده از پیرامون و مخازن بند و رسوب‌گیرهای آبراهه یک زیرحوضه p4 و شکل (۲ و ۳) به ترتیب نمایی از سازه و

[1] - Digital Elevation Model

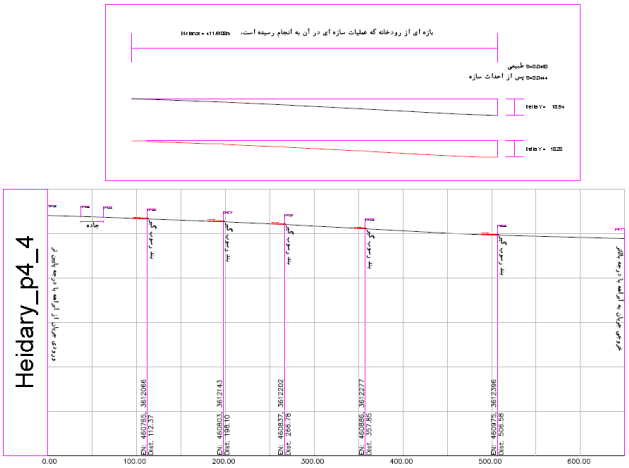
پروفیل طولی آبراهه اصلی از زیرحوضه p4 نشان داده شده است.

جدول(۲): حجم آب قابل ذخیره در رسوب‌گیرهای آبراهه یک زیرحوضه p4 حوضه حیدری

شماره بند	مشخصات جغرافیایی UTM		حجم آب قابل ذخیره (متر مکعب)
	طول	عرض	
۱	۴۶۰۶۱۷	۳۶۱۰۷۲۵	۲۱۴,۹۵
۲	۴۶۰۶۳۰	۳۶۱۰۸۰۸	۶۰۴۸
۳	۴۶۰۶۵۹	۳۶۱۰۸۹۷	۷,۴۲
۴	۴۶۰۶۸۸	۳۶۱۰۹۶۲	۱۸,۴۴
	جمع(m^3)		۲۴۷,۲۹

بررسی صحرایی انجام شده نشان می‌دهد که بخشی از مخزن بندهای یاد شده دارای رسوب می‌باشد. لذا به منظور تعیین حجم نهایی ذخیره رواناب، حجم رسوبات ترسیب یافته و درصد تخلخل آن‌ها تعیین گردید.

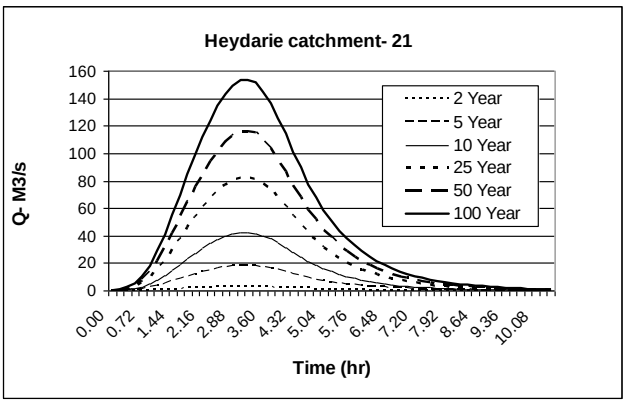
شکل(۲): نمایی از سازه احداث شده در منطقه



شکل(۳): پروفیل طولی آبراهه اصلی برخوردار از عملیات سازه‌ای واقع در زیرحوضه p4 آبخیز حیدری

نتایج شبیه‌سازی سیلاب با استفاده از مدل SCS و با دوره بازگشت‌های مختلف در شکل(۴) و جدول(۳) ارائه شده است.

براساس نتایج بدست آمده، مدل هیدرولوژیکی ساخته شده با استفاده از برنامه نویسی در محیط Excel که در آن کلیه پارامترهای فیزیکی و هیدرولوژیکی حوزه لحاظ گردیده، بیانگر حوزه آبخیز مورد مطالعه با شرائط طبیعی و بدون انجام هرگونه عملیات می‌باشد.



شکل(۴): نتایج شبیه‌سازی سیلاب در حوضه آبخیز حیدری قبل از احداث سازه

جدول(۳) نتایج برآورد سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه آبخیز حیدری

دوره بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
مترمکعب برثانیه	۲/۳	۱۹/۴	۴۵/۴	۸۸/۳	۱۲۴/۵	۱۶۴/۰
حجم سیلاب (هزار مترمکعب)	۲۹	۲۴۷	۵۷۸	۱۱۲۴	۱۵۸۵	۲۰۸۹

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 می‌باشد، میسر است.

در همین ارتباط محاسبات انجام شده با استفاده از نتایج عملیات نقشه‌برداری از سه مقطع از آبراهه اصلی در بالادست روستای حیدری و بکارگیری معادله (۱ و ۲) به نقل از پاره کار (۱۳۶۸)، دبی برابر با ۶۰ متر مکعب بر ثانیه را نشان می‌دهد که تقریبا برابر با دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله از روش SCS می‌باشد. شکل(۶) مقاطع واقع بر آبراهه اصلی حوضه مورد مطالعه و جدول(۴) مشخصات مقاطع مذکور را نشان می‌دهد.

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

$$h_v = a\frac{V^2}{2g}$$ (۲) رابطه

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

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 و a = ضریب توزیع سرعت می باشد.

جدول(۴): مشخصات هیدرولیکی مقاطع برداشت شده در خروجی حوضه مورد مطالعه

مشخصات	سطح مقطع	محیط مقطع	شعاع
مقطع	(مترمربع)	(متر)	هیدرولیکی
مقطع ۱	۰,۷۱	۱۶,۷۸	۰,۰۴
مقطع ۲	۲,۲۶	۳۱,۶۶	۰,۰۷
مقطع ۳	1.55	21.29	0.07

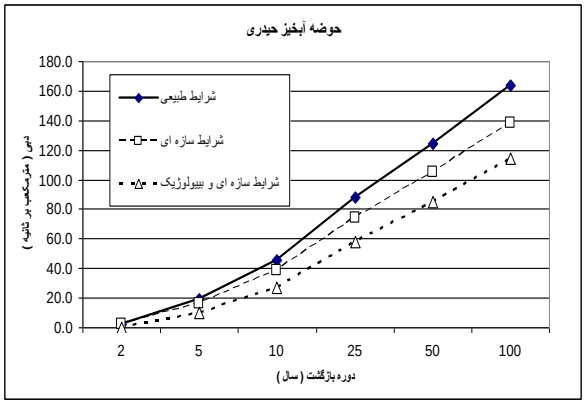
بررسی رفتار حوضه در پاسخ به بارش

بررسی انجام شده نشان می‌دهد که شیب مسیل‌های واقع در زیرحوضه‌ها به واسطه انجام عملیات سازه‌ای به میزان قابل توجهی کاهش یافته است. به عنوان مثال مقدار شیب آبراهه در زیر حوضه P2 از ۰/۰۲۹۵ درصد به ۰/۰۱۹۵ تقلیل یافته است. بر این اساس احداث تعداد ۱۳۰ سازه سنگ و ملاتی در هفت زیرحوضه از هشت زیرحوضه منطقه موجب گردیده تا در مجموع حجم ذخیره سازه‌ها برابر با ۱۳/۰۶۷ هزار متر مکعب در مسیر جریان رواناب‌ها قرارگیرد. 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 مخزن بندها خواهد داشت. شکل(۵) حوضه آبخیز حیدری، زیرحوضه‌ها و جانمایی سازه‌های موجود در آن را نشان می‌دهد.

شکل(۵): حوضه آبخیز حیدری و موقعیت زیرحوضه‌هایی که در آن‌ها عملیات سازه‌ای انجام گرفته است

مقایسه احجام سیلاب تولید شده در این زیرحوضه با مجموع حجم مخازن حاصل از احداث ۱۳۰ سازه در آبراهه‌ها (بدون احتساب مقادیر نفوذ در زمان)، بیانگر تغییرات حجم سیلاب تولید شده نسبت به حجم ذخیره بندهای یاد شده می‌باشد. این موضوع به همراه امکان بکارگیری 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 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، کاهش محسوسی نشان می‌دهد (شکل۶)



شکل(۶): مقایسه نتایج مدل هیدرولوژیکی تحت تاثیر شرایط مختلف عملیات سازه‌ای و بیولوژیکی

از نکات قابل توجه در شکل(۶) تغییرات حاصل از بکارگیری روش‌های مختلف مدیریتی بر منحنی تغییرات جریان می‌باشد. مقایسه منحنی جریان حاصل از روش مکانیکی با شرایط طبیعی، بیانگر کاهش تاثیر سازه‌ها بر تغییرات جریان سیلاب و متناسب با افزایش دوره بازگشت می‌باشد. این در حالی است که نتایج محاسبات تغییرات شماره منحنی در تلفیق با عملیات سازه‌ای از دوره بازگشت ۲۵ سال به بالا انطباق محسوسی با منحنی عملیات سازه‌ای را نشان می‌دهد. این موضوع نتایج تحقیقات گذشته در ارتباط با عدم اثر بخشی پوشش گیاهی در دوره بازگشت‌های بالا بر کاهش سیلاب را به نقل از تلوری (۱۳۷۶) تائید 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 (جدول۵).

جدول(۵): نسبت دبی اوج سیلاب در شرایط طبیعی در مقایسه با سازه‌های احداث شده و شرایط تلفیق عملیات مکانیکی و بیولوژیک با دوره بازگشت‌های مختلف به متر مکعب برثانیه

دوره بازگشت	تغییرات دبی اوج سیلاب در شرایط			نسبت کاهش (٪)	
	طبیعی (۱)	سازه‌ای (۲)	بیومکانیکی (۳)	ستون ۱ به ۲	ستون ۱ به ۳
۲	۲/۳	۰/۰	۰/۰	۱۰۰	۱۰۰
۵	۱۹/۴	۰/۰	۰/۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۰	۴۵/۴	۲۱/۶	۱۰/۴	۵۲	۷۷
۲۵	۸۸/۳	۵۷/۸	۴۱/۱	۳۵	۵۳
۵۰	۱۲۴/۵	۸۸/۳	۶۸/۱	۲۹	۴۵
۱۰۰	۱۶۴/۰	۱۲۱/۷	۹۷/۹	۲۶	۴۰

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

بررسی نقش سازه ها در ذخیره رواناب‌ها

در این مرحله با توجه به در اختیار داشتن حجم مخزن پشت سازه‌ها (۱۳/۰۶۷ هزار مترمکعب) و با فرض عمق متوسط یک متر، سطحی معادل ۱۳۰۶۷ متر مربع به عنوان بستر قابل نفوذ برای ۱۳۰ سازه احداث شده در زیرحوضه تحقیقاتی حاصل می‌گردد. از طرف دیگر حجم رسوبات ترسیب یافته در پشت مخازن یاد شده در سازه‌ها

بر اساس عملیات نقشه برداری انجام شده برابر با ۱۵/۵۷۴ هزار مترمکعب می‌باشد. با احتساب سی درصد تخلخل مفید رسوبات، بخش دیگری از رواناب ناشی از سیلاب در رسوبات مخزن ذخیره و به مرور در بستر زیرین تزریق می‌شود.

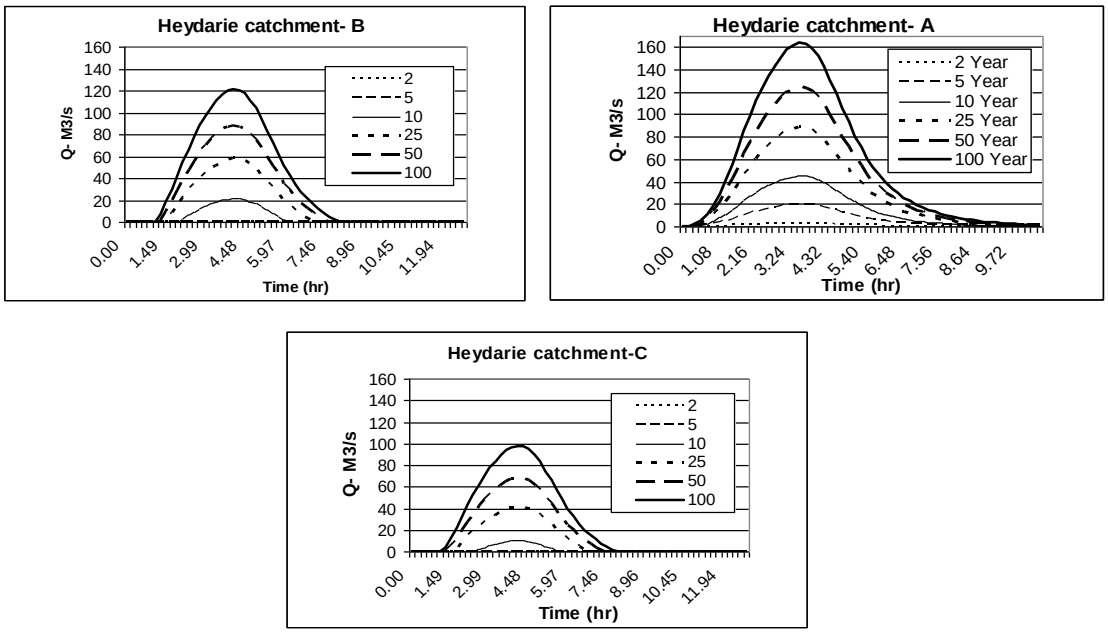
بررسی‌های صحرایی انجام شده توسط بریان (۲۰۰۳) در خصوص سرعت نفوذ در رسوبات بیانگر حداقل ۲۰۰ میلی‌متر بر ساعت (و در بررسی صحرایی تا دو متر) نفوذ می‌باشد.

از طرف دیگر نتایج بررسی‌های میدانی در حوضه آبخیز کن با همکاری نگارنده و عباسی (۱۳۸۸) بیانگر وضعیت قابل توجهی در نحوه نفوذ رواناب در رسوبات پشت مخزن و همچنین بستر آبراهه‌ها می‌باشد. نتایج بررسی‌ها حاکی از متوسط نفوذی برابر با ۴/۶ متر بر ساعت در مسیر آبراهه و مسیل‌ها بوده است. بر این اساس با توجه به مشابهت‌های موجود از نظر درز و شکاف و نفوذپذیری سازندها و همچنین عدم و جود آمار و اطلاعات دقیق در این زمینه، از نتایج کار انجام شده در حوضه کن و تعمیم آن به منطقه مورد مطالعه استفاده گردید.

در همین ارتباط بررسی گزارش زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد که سازندهای آهکی کرتاسه واقع در بخش‌های جنوبی دارای درز و شکاف فراوان بوده و شرایط مناسبی را برای نفوذ رواناب ها فراهم نموده است. بخش عمده حوضه شامل تپه ماهور و دامنه های منظم می‌باشد که سطح آن‌ها بطور نسبتاً کاملی به وسیله مواد ناپیوسته پوشیده شده است. بر اساس گزارش زمین‌شناسی حوضه، عوامل یاد شده موجب گردیده تا نفوذپذیری نسبتاً مناسبی بر این حوضه حاکم باشد. ویژگی‌های زمین‌شناسی موجود در حوضه آبخیز حیدری در برخورد با سیمای لرزه‌خیزی آن موجب بروز گسل‌های متعددی در منطقه شده که این موضوع درز و شکاف فراوانی را در سازندهای منطقه ایجاد کرده است (۹).

بررسی عملیات آبخیزداری نشان می‌دهد که مجموع سطوح حاصل از ۱۳۰ سازه کوتاه، ضمن برخورداری از حجمی ثابت برابربا ۱۳/۰۶۷ هزار مترمکعب، قادر خواهند بود بطور متوسط ۰/۰۰۱۲۸ متر بر ثانیه را بر روی سطحی در حدود ۱۳ هزار متر مربع (مجموع سطوح حاصل از مخازن پشت سازه‌ها) نفوذ دهند.

با کسر دبی حاصل از نفوذ رواناب‌ها از هیدروگراف سیلاب در شرایط طبیعی، سازه‌ای و بیومکانیکی، ویژگی هیدروگراف‌های حاصل از عملیات آبخیزداری در شکل(۷) ارایه می‌گردد.



شکل(۷): مقایسه هیدروگراف سیلاب، شرایط طبیعی A، تحت تاثیر عملیات سازه ای B و بیو مکانیکی C .

مقایسه ظرفیت عبور جریان خروجی از حوضه (برابر با شصت مترمکعب برثانیه) در مقایسه با مقادیر حاصل از کاهش جریان تحت تاثیر عملیات تلفیقی بیانگر پتانسیل مناسبی در تخمین تعداد سازه‌های مورد نیاز در اجرای عملیات آبخیزداری می‌باشد.

بر اساس تحلیل انجام شده، اجرای عملیات آبخیزداری در این حوضه موجب می‌گردد تا با توجه به ثابت بودن ظرفیت عبور جریان سیلاب در خروجی حوضه، امکان تخلیه سیلاب با دوره بازگشت‌های بیشتری فراهم گردد (جدول۶).

جدول(۶): تغییرات دبی اوج سیلاب حاصل از عملیات آبخیزداری در مقایسه با ظرفیت عبور جریان در خروجی حوضه

دوره بازگشت	ظرفیت عبور جریان (m3/Se)	سیلاب در شرایط		کاهش سیل (m3/Se)
		طبیعی (m3/Se)	تلفیقی (m3/Se)	
۵	۶۰	۱۹/۴	۰/۰	۱۰۰
۱۰	۶۰	۴۵/۴	۱۰/۴	۷۷/۱
۲۵	۶۰	۸۸/۳	۴۱/۱	۵۳/۴
۵۰	۶۰	۱۲۴/۵	۶۸/۱	۴۵/۳
۱۰۰	۶۰	۱۶۴/۰	۹۷/۹	۴۰/۳

بر اساس نتایج جدول فوق، وقوع سیلاب با دوره بازگشت بیش از ده سال در شرایط طبیعی موجب سر ریز جریان در خروجی حوضه خواهد گردید. در حالیکه اجرای عملیات آبخیزداری موجب می‌گردد تا سیلاب ۵۰ ساله در شرایط طبیعی از حدود ۱۲۴ متر مکعب بر ثانیه به حدود ۶۸ متر مکعب بر ثانیه و تا حدودی نزدیک به ظرفیت عبور جریان در خروجی کاهش یابد.

نتیجه‌گیری

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

بطورکلی بایستی توجه داشت که هدف از انجام عملیات آبخیزداری خصوصاً در پروژه‌های مرتبط با کنترل سیلاب، کاهش سیلاب تا حد صفر و آن هم در کلیه سطوح حوضه مد نظر نمی‌باشد. بلکه بکارگیری فعالیت‌های مکانیکی و بیولوژیکی در عملیات آبخیزداری بایستی حول محور مسائل اجتماعی و اقتصادی حوضه و در نظر داشتن کلیه روابط موجود در حوضه انجام گیرد. بر این اساس توصیه می‌شود تا حجم عملیات و گستره آن متناسب با شرایط کلی حوضه صورت گیرد.

با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده در خصوص تاثیر الگوی مکانی سطوح موثر بر دبی اوج سیلاب و شاخص مکانی آن توسط روغنی (۱۳۸۸) این امکان وجود دارد تا با انتخاب مکان‌های مناسب، میزان اثر بخشی سازه‌های کنترلی را تا حداکثر ممکن ارتقاء بخشید.

بر این اساس پیشنهاد می‌شود تا موضوعات منطبق با نتایج این تحقیق به مجموعه شرح خدمات مطالعات آبخیزداری اضافه گردد. در این حالت تکمیل مطالعات در زمینه موضوعاتی نظیر مکان‌یابی مناطق موثر در اوج سیلاب و به عبارتی تعیین شاخص مکانی سیل حوضه در تلفیق با مطالعات بهینه‌سازی عملیات سازه‌ای و بیومکانیکی، به منظور دسترسی به اهداف توسعه در حوضه‌های آبخیز و همچنین کاهش هزینه‌های بخش اجرا بسیار ضروری است.

منابع:

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

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

۳- پاره‌کار، م. ۱۳۶۸، بررسی سرعت غیر رسوب‌گذار در کانال‌های آبیاری، پایاین‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران دانشکه کشاورزی کرج. ۱۱۲ ص.

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

۵- خلیقی، ش. و م. مهدوی. ۱۳۸۳. بررسی میزان تاثیر تغییر کاربری اراضی و مشخصات هیدرولوژیک آب‌های سطحی مطالعه موردی حوضه 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، پایان‌نامه 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 تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، گزارش نهائی طرح تحقیقاتی. ۱۱۶ صفحه.

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

۹- سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۸۲. مطالعات آبخیزداری تفضیلی و اجرایی حوضه آبخیز حیدری شهرکرد. ۱۴۶ صفحه.

۱۰- عباسی، م. ۱۳۸۸. ارزیابی اقدامات آبخیزداری با کمک مدل ریاضی، مطالعه موردی در حوزه آبخیز کن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی. ۱۱۱ صفحه.

۱۱- عربی، آ. و م. ا. بنی حبیب. ۱۳۸۸. مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۴۳۰- ۱۴۱۶.

۱۲- محمدی، ح. 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.

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

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

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

16- Doty, R.D.1971. Contour trenching effects on stream flow from a Utah watershed. USDA. Forest Service Res. Paper INT.98. Int. Forest and Range Exp .Sta.

17- Friesecke, F. 2004. Precautionary and sustainable flood protection in Germany –Strategies and instruments of spatial planning. 3rd FIG Regional Conference. Jakarta, Indonesia, October 3-7, 17p.

18- 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.

19- Noble, E.L. 1963. Sediment Reduction through watershed rehabilition. Interagency Sedimentation Conf. 29. P.U.S. Forest and Game.

20- Roughani M., A. Ghafouri and M. Tabatabaie. 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.

21- 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.

22- Satterland, J.B. 1962. Soil Conservation Service– Engineering field manual for conservation practices.
23- Shieh, Ch.L., Y.R. Guh and Sh.O Wang. 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.
24- Sharma, K.D., H.P. Singh and O. P. 1983. Rainwater infiltration rate response into a bare loamy sand. Hydrological Science Journal, 28: 417-427
25- 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
26- Weaver, R.J. and R.A. Kuthy. 1975 " Filed evaluation of a recharge basin", New Yorkstate department of transportation, engineering research and development. Research report 26

Surveing the Mecanical Implementation Roles in Runoff Controling on the Watershed (Case Study in Hydarie Catchment).

M. Roghani

Abstract:
During the last decades, because of incorrect using of natural resources, the degradation rate of watersheds soil and water resources has been increasingly grown. Furthermore, while this issue intensifies floods occurring, increases sediment production rate and decreases useful life time of dam reservoirs, it has provided the causes of decreasing the country national investments and products.
This research which has been done in Heydarie watershed with 112 kilometers area in Charmahal province, deals with evaluating of mechanical operations impact on the watershed behavior in decreasing flood and flooding potential.
The work method is on the basis of field investigations results and also on recording the physical and spatial characteristics of built buildings. In the next stage, using SCS model and simulating the watershed flood, the effect of buildings on the watershed flood and runoff control has studied.
The results show that the built buildings with volume about 13067 m^3 in addition to store runoff and to impact on percolation of runoff flow is also capable of controlling the flood with time period of 50 years. The analysis of output data resulted from SCS model in normal conditions and statistical comparison with simulated flood data along with watershed operations indicates that in 95 percent level there is a meaningful difference among data. Also, using the research results, an equation has been proposed to estimate the required numbers of small dams.

Keywords: Watershed Operations, Flood Control, Runoff Storage, Small Dams Heydarie Watershed