



پوشه‌ی سیل

آبخیزداری، سازگاری با طبیعت برای مهار و بهره‌وری از سیل (نمونه‌ی بررسی: حوزه‌ی آبخیز گلستان شیراز)



حمید حساس

دانشجوی دکتری مهندسی آبخیزداری



سید حمید مصباح

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی
فارس و عضو انجمن پژوهش‌گران احیای پایدار مناطق خشک

چکیده

هدف این بررسی که در حوزه‌ی آبخیز گلستان شیراز انجام شده، ارزیابی اثر اجرای اقدام‌های آبخیزداری است. این زیرحوضه واحدی کوچک (نزدیک به ۱ درصد) از آبخیز ۳۹۵۵ کیلومتر مربعی مهارلو است. سیلاب این زیرحوضه با عبور از بزرگراه شیراز- اردکان و شمال گویم در نهر اعظم جریان یافته و به رودخانه‌ی خشک شیراز تخلیه می‌شود. برای دستیابی به هدف؛ با گردآوری نقشه‌ها و داده‌های موجود، به‌روز رسانی اطلاعات، اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری و تعیین حجم مخازن، تحلیل داده‌های هواشناسی و روان‌آب، شبیه‌سازی سیلاب برای دو حالت پیش و پس از عملیات آبخیزداری؛ انجام شد. داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری توصیفی تحلیل شد. نتایج بیان‌گر اثر روش‌های زیستی (بیولوژیک) و سازه‌ای (مکانیکی) آبخیزداری بر کاهش قابل توجه به سیل در این حوضه است. بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده، گزارش اداره‌ی آبخیزداری و مشاهده‌ی میدانی، از سال پایان اجرای طرح آبخیزداری (۱۳۸۵)، تاکنون در این حوضه سیلاب جاری نشده است. آب مازاد بارش حوضه به‌وسیله‌ی لوله‌ی خروجی بند خاکی بنا شده به آرامی تخلیه شده و پس از جریان در آبراهه به آبرفت نفوذ می‌کند. بنابراین، تاکنون هدف اصلی طرح، یعنی مهار سیل ۱۰۰٪ تحقق یافته است. افزون بر این، با اجرای این طرح، وضعیت مراتع حوضه از فقیر به خوب تغییر یافته، آبخوان گلستان تغذیه شده، از خاک حفاظت شده، تولید رسوب (گل و لای) کاهش یافته و رسوب تولیدی به پایین دست منتقل نشده است. از سوی دیگر، با اصلاح کاربری زراعت دیم با مشارکت بهره‌برداران حوضه، از روان‌آب بارش برای کاشت ۴۰۰ هکتار باغ مو و بادام دیم، استفاده شده است. این تغییرات مثبت، مهم‌ترین شاخص‌های حفاظت محیط زیست به روش سازگاری با طبیعت هستند.

واژه‌های کلیدی: سیل، آبخیزداری، آبخیز گلستان، شیراز

آبخیزداری، میزان شماره‌ی منحنی روان‌آب^۱ کاهش، زمان تمرکز بلند^۲ و شیب آبراهه‌ها کاهش یافته است. در نتیجه بده سیل با دوره بازگشت ۲۵ ساله ۳۵ درصد کم شده است.

پاک‌پرور (۱۳۸۷)، نقش تغییر کاربری اراضی بر افزایش سیل را در حوضه‌ی مهارلو با استفاده از تحلیل فراوانی آمار تعداد سیل، بده بیشینه‌ی لحظه‌ای و بارش‌های مربوط و به کمک پردازش تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات میدانی در دو مقطع زمانی ۱۹۹۰ و ۲۰۰۲ بررسی کرده است. نتایج حاکی از روند افزایش سیلاب در حوضه و تغییرات وسیع در کاربری‌های حوضه مانند تخریب اراضی جنگلی و مرتعی، تخریب باغات و افزایش اراضی مسکونی است. بر اساس نتایج این تحقیق در دو دوره‌ی بررسی، تغییرات قابل توجهی در کاربری‌های زیرحوضه‌ی نهراغظم شیراز ایجاد شده است. تغییر کاربری سبب تغییر در نفوذپذیری خاک و افزایش روان‌آب سطحی (افزایش شماره‌ی منحنی روان‌آب) در حوضه شده است. آمار نیز نشان می‌دهد تعداد وقوع و بده سیلاب در دهه‌ی ۷۰ نسبت به دهه‌ی ۶۰ افزوده شده است.

معصومی (۱۳۸۸)، چگونگی تغییرات کاربری اراضی و اثر آن بر روند کمیت سیلاب (بده اوج و حجم سیلاب) و زمان تأخیر حوضه در بازه‌ی زمانی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۶ و پیش‌بینی پاسخ هیدرولوژیک سرشاخه‌های حوضه‌ی آبخیز رودخانه‌ی خشک شیراز در سناریوهای طرح شده‌ی کاربری اراضی با اولویت توسعه‌ی شهری را با استفاده از سامانه‌های سنجش از دور و اطلاعات جغرافیایی، مدل HEC-HMS و داده‌های مشاهده‌ای، بررسی کرد. نتایج نشان داد کاربری اراضی در این دوره، تغییر شدیدی داشته و به همین نسبت بده و حجم سیلاب افزایش و زمان تأخیر حوضه کاهش یافته است. پوینده بلداجی (۱۳۸۸)، عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی در حوضه‌ی آبخیز رودخانه‌ی خشک شیراز را با استفاده از ویژگی‌های هندسی دو زیر حوضه‌ی گلستان و پسکوهک و با ارزیابی کاربری‌های مختلف اراضی و درصد پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای لندست (سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۱) بررسی کرد. نتایج نشان داد، رژیم بارندگی در زیرحوضه‌های گلستان و پسکوهک منظم بوده و بارش‌ها در منطقه‌ی وسیعی پوشش دارند. مقدار بارندگی، روز وقوع سیل، حداکثر شدت بارش ۳۰ دقیقه‌ای و مساحت مناطق شهری با بده بیشینه‌ی لحظه‌ای سیلاب هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار و با درصد پوشش گیاهی هم‌بستگی منفی و معنی‌دار دارد. حد آستانه‌ی بارش برای ایجاد سیلاب در زیرحوضه‌های رودخانه‌ی خشک ۲۸/۶ میلی‌متر و آستانه‌ی شدت باران ۳۱/۳ میلی‌متر بر ساعت، است. نتایج نشان داد که زمان لازم برای رسیدن سیلاب به اوج در دو زیرحوضه بین ۸ تا ۱۲ ساعت خواهد بود. اما، اقدام‌های عمرانی و تغییر کاربری اراضی بالادست در زیرحوضه‌ها سبب کاهش ۵۰ درصدی زمان تأخیر شده است.

حوضه‌ی مهارلو با مساحت حدود ۳۹۵۴/۸ کیلومتر مربع، یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبخیز استان فارس است. مرز شمال غرب آن از گردنه‌ی شول در مسیر شیراز- اردکان، شروع شده و مرز جنوب شرق آن در گردنه‌ی میان جنگل (بعد از سروستان) در مسیر

تخریب آب و خاک عرصه‌ی آبخیزها در نتیجه‌ی بهره‌برداری غیر اصولی از منابع، روندی پرشتاب یافته است. از سوی دیگر، با تغییر کاربری اراضی در عرصه‌ی آبخیزها، افزون بر تشدید سیلاب، فرسایش خاک بیش‌تر شده و رسوب‌گذاری؛ بهره‌برداری از تأسیسات شهری، روستایی و جاده‌ای را مختل می‌کند. بر اساس گزارش‌های موجود زیان‌های سالانه‌ی سیل به منابع کشور به صدها میلیارد ریال می‌رسد (مصباح، ۱۳۸۶). این مشکلات سبب شده تا اجرای طرح‌های مدیریت آبخیز (آبخیزداری) با رویکردهای نو در همه‌ی مناطق کشور شتاب بیش‌تری یابد. در دهه‌های اخیر اقدام‌های آبخیزداری اجرا شده در حوضه‌ها، افزون بر ذخیره و تغذیه‌ی آب به آبخوان‌ها و بهبود وضعیت جنگل‌ها و مراتع؛ سبب مهار سیل، رسوب و کاهش زیان‌ها شده است. با این وجود، تخصیص اعتبار دولتی در این زمینه، نسبت به سایر بخش‌های مدیریت آب، بسیار اندک است. عوامل متعددی در بروز سیلاب حوضه‌های آبخیز نقش دارند، از جمله می‌توان به ویژگی‌های حوضه و شیوه‌های بهره‌برداری از منابع آن اشاره کرد. ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولوژیکی حوضه به لحاظ تأثیرگذاری بر مؤلفه‌هایی مانند روند تولید، حرکت و نحوه‌ی تجمع روان‌آب، اهمیت ویژه‌ای دارند. اجرای هرگونه عملیات سازه‌ای در سطح حوضه نیز با ایجاد تغییر در نفوذپذیری خاک و روند جریان، سبب بروز رفتارهای متفاوتی در تولید روان‌آب و بده اوج سیل می‌شود (خلقی، ۱۳۸۱).

نتایج بررسی‌های مختلف در داخل و خارج کشور بیان‌گر اثر اجرای انواع طرح‌های آبخیزداری بر کاهش سیل و در نتیجه، ایمنی شهرها و روستاها است. بر اساس این پژوهش‌ها طرح‌های مدیریتی، زیستی و سازه‌ای آبخیزداری توانسته از ۳۰ تا ۸۰ درصد فراوانی وقوع و از ۵ تا ۸۳ درصد شدت سیل را کاهش دهد. برای نمونه می‌توان به پژوهش‌های Roshani (۲۰۰۳) در آبخیز کن تهران، قاضی‌محله و همکاران (۱۳۸۴) در آبخیز نوکنده گلستان، آذری (۱۳۸۵) در حوضه‌ی جاغرق زنجان، کبیر و همکاران (۱۳۸۶) در آبخیز رودبار قشلاق گلستان، سلطانی و همکاران (۱۳۹۰) در آبخیز منشادیزد، ندیمی و همکاران (۱۳۹۱) در آبخیز ینگجه آذربایجان شرقی، Moore (۱۹۶۹) در آبخیز تگزاس آمریکا، Lopez و همکاران (۲۰۰۲) در آبخیز رودخانه‌ی آراگون اسپانیا، Shieh و همکاران (۲۰۰۷) در آبخیز تسنگون تایوان و Yoshikawaa و همکاران (۲۰۱۰) در کامپه‌یاشی ژاپن؛ اشاره کرد.

رئبسیان (۱۳۸۳)، اثر اجرای طرح‌های سازه‌ای (۷ بند سنگی- ملاتی) را بر تغییر سیل در ۵ کیلومتر از آبراهه‌ای در حوضه‌ی هرچکان چهارمحال بختیاری، به روش اندازه‌گیری مستقیم بده، بررسی کرد. نتایج نشان داد که بده آبراهه از ۱۵۴ به ۱۱ لیتر بر ثانیه، رسیده است. یعنی در اثر اجرای بندها بده سیل ۱۴۳ لیتر بر ثانیه، کاهش یافته و روان‌آب تولیدی در خاک ذخیره شده است. مصباح و همکاران (۱۳۸۸)، اثر اجرای طرح‌های آبخیزداری را بر بده سیل در حوضه پزیتون فیروزآباد با استفاده از روش SCS بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد که با اجرای طرح‌های زیستی و سازه‌ای

۱. این منحنی که به CN معروف است، شاخصی برای تعیین میزان تولید روان‌آب از بارش در زمین‌های با شرایط مختلف است.
۲. با آغاز بارندگی، مدت زمانی که طول می‌کشد تا روان‌آب از ابتدای حوضه به انتهای آن برسد، بیش‌تر به ساعت و یا دقیقه بیان می‌شود.



سروستان- فسا پایان می‌یابد (مصباح، ۱۳۸۳). اهمیت این حوضه بیش‌تر به دلیل در بر گرفتن شهرهای شیراز، سروستان و صدرا و بیش‌ترین تراکم جمعیتی در بین حوضه‌های آبخیز استان فارس، است (مصباح، ۱۳۹۵). نزدیک به ۴۵ درصد جمعیت استان در این حوضه سکونت دارند. این حوضه به دلیل رشد جمعیت، توسعه‌ی شیراز و ارزش بالای زمین، دست‌خوش تغییرات فراوانی در کاربری‌ها شده که بیش‌تر شامل تبدیل باغ، جنگل و مرتع به کشت دیم، باغ‌شهر، مسکونی، صنعتی، نظامی و... است. این مسئله سبب تشدید وقوع سیل در آبراهه‌ها و مسیل‌هایی چون رودخانه‌ی خشک، سعدی، دروازه قرآن، نهر اعظم، تنگ‌سرخ، میان‌رود، و نظرآباد (در محدوده‌ی سروستان) شده است. نتایج پژوهش‌های زارع (۱۳۹۴)، پاک‌پرور (۱۳۸۷) و معصومی (۱۳۸۷)، بیان‌گر این موضوع است. رودخانه‌ی خشک از بخش‌های شمال و غرب حوضه‌ی مهارلو سرچشمه گرفته و پس از عبور از میان شهر شیراز و ورود سیلاب‌های سعدی، دروازه قرآن و تعدادی آبراهه‌ی کوچک دیگر به آن، وارد تالاب مهارلو می‌شود. سیل‌های جاری شده در این رودخانه خسارت‌های جانی و مالی فراوانی برای ساکنان شهر و روستاهای حاشیه دارد (مصباح، ۱۳۹۰). سیلاب این مسیل‌ها از گذشته تاکنون راه‌های شیراز- اصفهان، شیراز- اردکان، شیراز- سروستان، سروستان- خاوران، شیراز- کازرون و کمربندی شیراز را تهدید می‌کند. بنابراین، ایمن‌سازی تأسیسات شهری در برابر سیل با روش‌های آسان، کم‌هزینه و سازگار با محیط زیست در آبخیز مهارلو، ضروری است. سال ۱۳۷۸، پهنه‌ای از آبخیز بالادست شیراز (بخشی کوچک از حوضه‌ی مهارلو)، با هدف مهار کردن سیل در این شهر، به وسیله‌ی

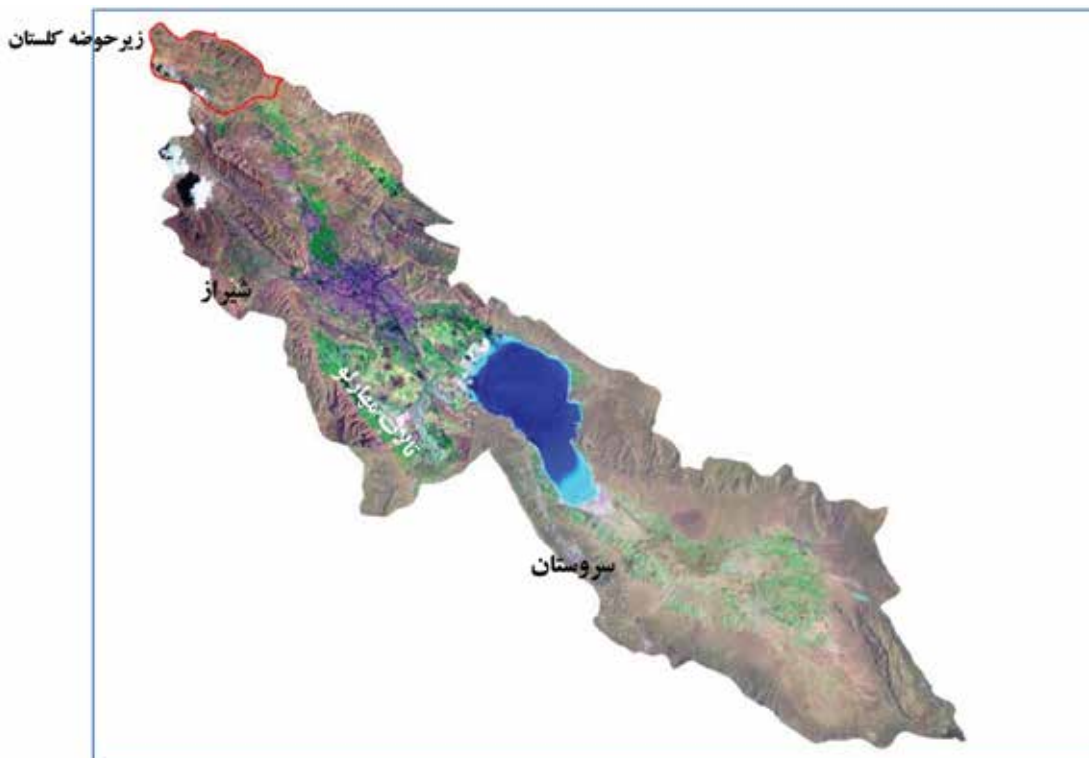
مدیریت آبخیزداری جهاد سازندگی استان فارس^۳ مطالعه شد. پس از آن در بخشی از این پهنه (زیرحوضه‌ی کلستان) عملیات اجرایی آبخیزداری انجام شد. ارزیابی اثر این طرح آبخیزداری که به منظور مهار کردن و بهره‌وری از سیل اجرا شده، هدف این نوشتار است. در این بررسی نتایج اجرای یک طرح آبخیزداری به عنوان نمونه‌ای از اثر اقدام‌های آبخیزداری در کاهش سیل در شهرها، ارائه می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱- تعریف حوزه‌ی آبخیز و آبخیزداری

مفهوم هیدرولوژیک آبخیز؛ پهنه‌ای با پستی و بلندی مشخص که روان‌آب پس از تشکیل، از تمام نقاط آن گرد آمده، یا از یک مقطع گذر می‌کند (به نام خروجی) و یا در یک پهنه‌ی پست (ناحیه‌ی تمرکز مانند انواع آگیرهای طبیعی و یا مصنوعی) انباشت می‌شود. چگونگی حرکت آب و پستی و بلندی، دو عامل اصلی تعیین‌کننده این پهنه است (شکل ۱). مفهوم جامع آبخیز؛ پهنه‌ای با پستی و بلندی مشخص و منابع مختلف، که به عنوان یک سامانه‌ی فیزیکی، زیستی (بیولوژیک)، اقتصادی و اجتماعی شناخته می‌شود. با این دیدگاه، آبخیز یک واحد برنامه‌ریزی، یک زیست بوم، یک واحد توسعه، یک واحد تولیدی و یا یک واحد اجتماعی - اقتصادی، است. کوه، دریا، رودخانه، آبراهه، تالاب، گیاه، خاک، زراعت، باغ، جانوران، انسان، شهر، روستا، انواع فعالیت‌ها و... در آبخیز وجود دارند.

آبخیزداری^۴؛ همه‌ی فعالیت‌هایی که برای برنامه‌ریزی در حوزه‌ی آبخیز با اهداف نگهداری، بهره‌برداری بهینه و آبادسازی منابع حوضه در راستای بهبود زندگی آبخیز نشینان انجام می‌شود. هنر و دانش



شکل ۱. پهنه‌ی یک آبخیز نمونه (تصویر ماهواره‌ای آبخیز مهارلو)

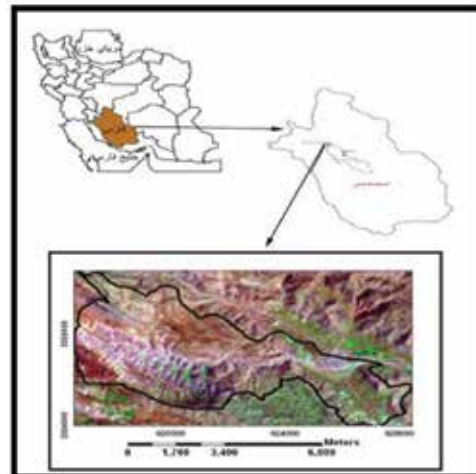
۳. این مدیریت پس از جدا شدن از سازمان جهاد سازندگی فارس، در حال حاضر با عنوان «معاونت آبخیزداری» بخشی از ساختار سازمانی اداره‌ی کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس است.

شناخت، برنامه‌ریزی و مدیریت هماهنگ آبخیز با تمام منابع آن، مدیریت هماهنگ همه‌ی بخش‌ها و منابع یک آبخیز به گونه‌ای که با بهره‌برداری از منابع؛ کم‌ترین آسیب محیطی، اقتصادی و اجتماعی در حوضه پدید آید. برای رسیدن به اهداف در هر آبخیز اقدام‌هایی در قالب برنامه‌های مدیریتی، زیستی (بیولوژیک)، مکانیکی (سازه‌ای) و بیومکانیک (زیست سازه‌ای)، تعیین و اجرا می‌شود.

۲-۲- ویژگی‌های محل بررسی

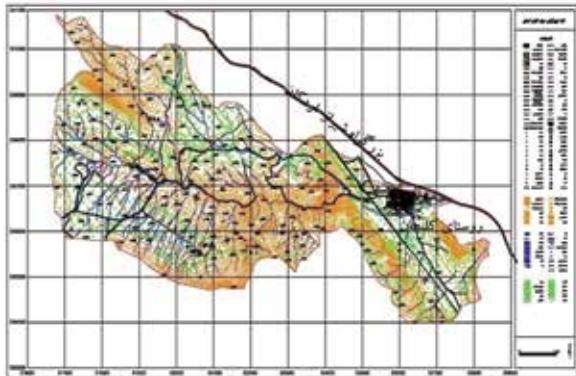
پس از ارزیابی سیلاب‌های گذشته‌ی شیراز، دستگاه‌های متولی به این نتیجه می‌رسند که برای مهار سیل در این شهر، مدیریت سیل از محل تشکیل یعنی حوزه‌ی آبخیز بالادست، ضروری است. بنابراین، سال ۱۳۷۸، پهنا‌ی با وسعت ۱۵۰/۸۶ کیلومتر مربع از آبخیز بالادست شیراز (شاخه‌ی نهر اعظم) که بخشی کوچک از حوضه‌ی مهارلو است، با هدف مهار کردن سیل و کاهش زیان‌ها، به وسیله‌ی مدیریت آبخیزداری سازمان جهاد سازندگی فارس مطالعه می‌شود (شکل ۱). این پهنا به چند واحد هیدرولوژیک (زیرحوضه) تقسیم می‌شود، کلستان با مساحت ۳۶/۶۹ کیلومتر مربع، زیرحوضه‌ی شماره ۱ این پهنا است که پس از مطالعه، اعتبار اجرای برنامه‌های پیش‌بینی شده طرح، در آن فراهم می‌شود.

آبخیز کلستان که در فاصله‌ی ۳۰ کیلومتری شمال غربی شیراز، بین طول ۵۲ درجه، ۱۲ دقیقه و ۲۷ ثانیه تا ۵۲ درجه، ۱۹ دقیقه و ۴۹ ثانیه و عرض ۲۹ درجه، ۵۱ دقیقه و ۳۷ ثانیه تا ۲۹ درجه، ۵۵ دقیقه و ۱۴ ثانیه، واقع شده، از بزرگراه شیراز- اردکان، قابل دسترس است (شکل‌های ۲ و ۳). هنگام وقوع بارش، روان‌آب‌های این آبخیز سیلی با بده بیشینه‌ی ۵۴ مترمکعب بر ثانیه (با دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ ساله) تولید می‌کند (مدیریت آبخیزداری فارس، ۱۳۷۹). سیل ایجاد شده با عبور از حاشیه‌ی غربی روستای کلستان و بزرگراه شیراز- اردکان، با جریان در یک آبراهه‌ی فصلی، وارد نهر اعظم شده و پایین‌تر از پل معالی‌آباد با عبور از عرض بلوار چمران در رودخانه‌ی خشک شیراز تخلیه می‌شود. گفتنی است که در این مکان، نهر اعظم سیلاب آبراهه‌های دیگری چون قلات، گویم، دوکوهک، صدرا، تنگ جلاب و جوادیه را نیز دریافت می‌کند. از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۵، عملیات اجرایی آبخیزداری به وسیله‌ی مدیریت آبخیزداری

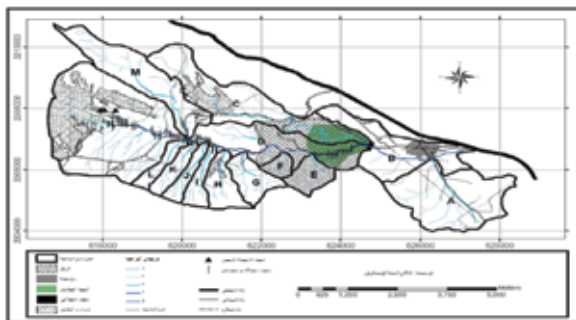


شکل ۲. موقعیت حوزه‌ی آبخیز کلستان شیراز در کشور، فارس و حوضه‌ی مهارلو

وقت، در قالب ۳ برنامه‌ی مدیریتی (قرق ۳۵۰۰ هکتار و آموزش بهره‌برداران)، زیستی (بذرکاری ۳۷۵ هکتار و نهال‌کاری ۴۰۰ هکتار) و سازه‌ای (بندهای خاکی، سنگی- ملاتی و خشک‌چین)، با اعتبار ۳۶۹۵ میلیون ریال، در این آبخیز انجام شده است (شکل ۴). بر اساس آمارگیری میدانی، ۷۵ بند (۷۰ سنگی- ملاتی، ۴ خشک‌چین و ۱ خاکی) در حوضه اجرا شده است. برای انجام این بررسی حوضه‌ی کلستان به ۱۴ زیرحوضه‌ی کوچکتر که در نقشه‌ی شکل ۴ از A تا M نام‌گذاری شده، تقسیم شد.



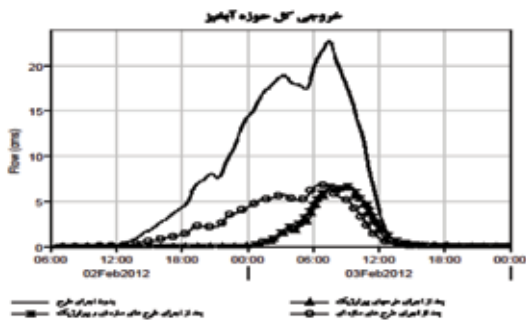
شکل ۳. نقشه‌ی پستی و بلندی (توپوگرافی) حوزه‌ی آبخیز کلستان شیراز



شکل ۴. موقعیت اقدام‌های اجرایی آبخیزداری در حوضه و زیرحوضه‌های کلستان شیراز

۲-۳- روش کار

گردآوری آمار، اطلاعات، نقشه‌ها و گزارش‌ها از منابع موجود؛ بررسی گزارش‌ها و نقشه‌های موجود و به‌روز رسانی اطلاعات؛ تعیین مشخصات طرح‌های آبخیزداری اجرا شده؛ تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه‌ی پیش و پس از عملیات آبخیزداری، تهیه‌ی نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و فرسایش حوضه؛ محاسبه‌ی حجم مخزن سازه‌های بنا شده؛ ثبت داده‌های هواشناسی به ویژه بارش با استفاده از سامانه‌ی هواشناسی اینترنتی IMETOS (شکل ۵)؛ ثبت داده‌های سیل از روش سرریز لبه‌ی پهن مستطیلی دربندهای سنگی ملاتی، سرریز و لوله‌ی تخلیه‌ی بند خاکی و نصب اشل در دو طرف دهانه‌ی پل کلستان (بنا شده در بزرگراه شیراز- اردکان)؛ چکیده‌ی مراحل کار است. در تمام وقایع بارش، از حوضه بازدید و با مشاهده‌ی سرریزها و دامن‌ها دو وضعیت گذر یا عدم گذر روان‌آب از دره‌ها و سرریزها؛ ثبت شد. در صورت گذر آب از سرریزها، ارتفاع آن برای زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شد. خسارت‌های سیل نیز به روش پیمایش زمینی ثبت شد. تحلیل بارش- روان‌آب با استفاده از شبیه HEC-HMS و با کاربرد داده‌های یک ساله‌ی سامانه‌ی هواشناسی، انجام گرفت.



شکل ۶. هیدروگراف سیل ۱۲ و ۱۳ بهمن ۱۳۹۰ برای شرایط مختلف در خروجی حوضه



شکل ۵. تصویر سامانه‌ی هواشناسی خودکار IMETOS نصب شده در حوضه‌ی گلستان شیراز

۳. نتایج

در دوره‌ی بررسی، ۶۰ واقعه‌ی بارش ثبت شد، اگر بارندگی‌های ۲ و کم‌تر از ۲ میلی‌متر، به سبب بی‌اثر بودن در تولید روان‌آب، حذف شوند، ۳۱ واقعه باقی می‌ماند. رخداد سیل ۱۲ و ۱۳ بهمن ۱۳۹۰، که بزرگ‌ترین واقعه بود، پایش و از داده‌های این رخداد برای شبیه‌سازی سیل استفاده شد. در این رخداد ۹۷ میلی‌متر باران در مدت ۲۹ ساعت باریده که میانگین شدت آن ۳/۳۴ میلی‌متر در ساعت برآورد شد. با استفاده از مدل HEC-HMS و کاربرد داده‌های این رخداد سیلاب برای زیرحوضه‌ها و پایین برخی بندها شبیه‌سازی شد. نتایج بده سیلاب برای زیرحوضه‌ها در شرایط بدون اجرای طرح، اجرای طرح زیستی، اجرای طرح سازه‌ای و اجرای تلفیق زیستی و سازه‌ای در جدول ۱ و هیدروگراف سیل این رخداد در شکل ۶ آمده است.

۴. بحث

مقایسه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی، پیش و پس از اجرای طرح

آبخیزداری در حوضه نشان می‌دهد که زراعت دیم ۳۲/۸۵ درصد کاهش و اراضی مرتعی و باغی به ترتیب ۳۲/۱۷ و ۱۳/۶۴ درصد افزایش یافته‌اند. نتایج پژوهش‌های پُرشماري از جمله خلیقی (۱۳۸۴)، یوسفی‌پناه (۱۳۸۶)، پاک‌پرور (۱۳۸۷)، معصومی (۱۳۸۸)، پوپنده‌بلداجی (۱۳۸۸) و Brooks (۱۹۹۱)، بیان‌گر آن است که مرتع و باغ با افزایش نفوذ و نگاه‌داشت سطحی سبب کاهش بده سیلاب در خروجی حوضه‌ها می‌شوند. یعنی روان‌آب در اراضی زراعی دیم در مقایسه با مرتع و باغ افزایش چشم‌گیری دارد. با توجه به تغییرات انجام شده در حوضه در اثر اجرای طرح‌های آبخیزداری مقادیر CN (شماره‌ی منحنی شاخص تولید روان‌آب) و شیب آبراهه کاهش یافته است، بنابراین، میزان دبی سیلاب نیز کاهش یافته است. بر اساس تغییر کاربری، شرایط پوشش گیاهی و طرح اجرا شده، میزان CN برای شرایط رطوبتی II از ۷۲ به ۶۷ کاهش یافته است. تغییرات

جدول ۱. نتایج بده سیلاب حوضه و زیرحوضه‌های گلستان پیش و پس از اجرای طرح

ردیف	زیر حوضه	مساحت (کیلومتر مربع)	بده (مترمکعب بر ثانیه)		
			پیش از اجرا	اجرای طرح زیستی	اجرای طرح سازه‌ای
۱	C	۵/۱۰	۳/۷۷	۰/۸۳	*
۲	D	۳/۷۳	۲۲/۶۸	۶/۵۰	۲۱/۵۳
۳	E	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۵۴	*
۴	F	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۲۵	*
۵	G	۱/۲۷	۱/۲۸	۰/۷۱	*
۶	H	۱/۲۷	۱/۳۱	۰/۷۸	*
۷	I	۰/۷۷	۰/۶۵	۰/۱۵	*
۸	J	۰/۶۹	۰/۶۲	۰/۱۰	*
۹	K	۰/۷۶	۰/۶۳	۰/۱۴	*
۱۰	L	۰/۶۲	۰/۵۰	۰/۱۵	*
۱۱	M	۳/۶۶	۲/۹۹	۱/۴۰	۲/۸۴
۱۲	N	۹/۱۲	۷/۹۲	۰/۵۷	۶/۸۵
۱۳	کل حوضه	۲۸/۴۱	۲۶/۴۵	۷/۳۳	۰/۰۷

* طرح سازه‌ای اجرا نشده است.



کاهش در زیرحوضه‌ها از ۱ تا ۸ واحد متفاوت است (جدول ۲). بیش‌ترین کاهش یعنی ۸ واحد، مربوط به زیرحوضه‌ی N است که در آن بیش‌ترین عملیات زیستی و سازه‌ای انجام شده است. میزان کاهش CN به ویژه مربوط به اصلاح کاربری از زراعت دیم به مرتع و درخت‌کاری در نتیجه‌ی اجرای طرح است؛ به طوری که میزان اراضی دیم که عاملی برای تولید روان‌آب بیش‌تر است، کاهش قابل توجه داشته و برعکس، مرتع و درخت‌کاری توسعه یافته است. این مسئله سبب کاهش ارتفاع روان‌آب شده است.

از طرفی، شیب آبراهه نیز از ۴/۰۷ به ۳/۱۵ (در بخش پایین حوضه) و ۲/۱۱ درصد (در بخش بالای حوضه) کاهش و زمان تمرکز حوضه از ۱/۵ ساعت به ۳/۷ ساعت افزایش یافته است. در هر رخداد، پیش از ورود آب به بند خاکی، بخشی از روان‌آب در مخزن سازه‌های کوتاه و آبخیز عملیات زیستی نگهداری می‌شود. بخشی تبخیر و یا در زمین نفوذ می‌کند. به این ترتیب، با کاهش روان‌آب، از بده سیلاب کاسته شده است.

مشاهدات و پایش رخداد ۱۱، ۱۲ و ۱۳ بهمن ۹۰ نشان داد که

سیل در خروجی زیرحوضه‌ی D (پیش از مخزن بند خاکی) شده است. این نتیجه بیان‌گر اثر چشم‌گیر اجرای طرح آبخیزداری بر مهار سیل است. مشخصات این ۳ رخداد به شرح زیر است:

۱- رخداد ۱۲ و ۱۳ بهمن ۱۳۹۰، مدت ۲۹ ساعت، میزان باران ۹۷ میلی‌متر، بیش‌ترین شدت ۱۰/۸ میلی‌متر در ساعت، میانگین شدت ۳/۳۴ میلی‌متر در ساعت (شکل ۷). حجم کل بارش این واقعه در حوضه ۲/۷ میلیون متر مکعب بوده که ۱/۹ (بیش‌تر از ۷۰ درصد) آن به وسیله‌ی طرح‌های اجرایی زیستی و سازه‌ای در حوضه ذخیره شده است؛

۲- رخداد ۲۷ و ۲۸ بهمن ۱۳۹۰، مدت ۲۷ ساعت، میزان باران ۳۹ میلی‌متر، بیش‌ترین شدت ۲/۴ میلی‌متر در ساعت، میانگین شدت ۱/۴۴ میلی‌متر در ساعت؛

۳- رخداد ۱۱ فروردین ۱۳۹۱، مدت ۱۸ ساعت، میزان باران ۳۸/۸ میلی‌متر، بیش‌ترین شدت ۷/۴ میلی‌متر در ساعت، میانگین شدت ۲/۱۵ میلی‌متر در ساعت.

در این وقایع، سیلاب‌ها ابتدا در مخزن بند خاکی ذخیره و سپس به

جدول ۲. مقایسه‌ی درصد کاربری اراضی و میزان CN کل حوضه و زیرحوضه‌ی N پیش و پس از اجرای طرح آبخیزداری

تفاوت		زیرحوضه‌ی N		کل حوضه		کاربری و CN
زیر حوضه N	کل حوضه	بعد	قبل	بعد	قبل	
-۶۷/۳۳	-۳۲/۸۵	۲۱/۳۸	۸۸/۷۱	۱۲/۷	۴۵/۵۵	زراعت دیم
+۱۳/۱۷	+۳۲/۱۷	۲۳/۸	۱۰/۶۳	۶۹/۵۳	۳۷/۳۶	مرتع
+۴۲/۸۲	+۱۳/۶۴	۴۲/۸۲	۰	۱۷/۲۱	۳/۵۷	درخت‌کاری
-۸	-۵	۶۵	۷۳	۶۷	۷۲	CN II

آرامی (بده ۵ لیتر در ثانیه) از لوله‌ی تخلیه به آبره‌ی اصلی هدایت شد (شکل ۸). نکته‌ی مهم این‌که این سیلاب‌ها از زمان اجرای طرح تاکنون به پل گلستان نرسیده است؛ زیرا پیش از آن در کف آبراهه نفوذ می‌کند. بنابراین، روستای گلستان، اراضی پایین‌دست، راه اصلی شیراز- اردکان و پل جاده، که در برخی سیل‌ها آسیب می‌دیدند، ایمن شده است.



شکل ۷. خروج سیل از حوضه‌ی پیش از بند خاکی (بند سنگی-ملاتی)، ۱۳ بهمن ۱۳۹۰

عملیات زیستی آبخیزداری اثر به‌سزایی در مهار روان‌آب و سیل و طولانی شدن زمان تمرکز دارد. به طوری که که پیش از این رخداد، در مدت ۳۸ روز ۱۲ واقعه بارندگی بالاتر از ۵ میلی‌متر در حوضه اتفاق افتاده، ولی در خروجی حوضه‌ی سیلابی مشاهده نشده است. شدت بارندگی در این وقایع از ۰/۲ تا ۷ میلی‌متر در ساعت، متغیر بوده است. برای مثال، در رخدادهایی مانند ۳۰ آبان تا ۱ آذر ۹۰، علی‌رغم ۴۰/۲ میلی‌متر بارندگی در مدت ۳۲ ساعت و بیشینه‌ی شدت ۶/۶ میلی‌متر بر ساعت، ۸ و ۹ آذر با بارش ۴۰/۲ میلی‌متر باران در مدت ۲۵ ساعت و بیشینه‌ی شدت ۳/۴ میلی‌متر بر ساعت و ۱۹ تا ۲۳ دی ۹۰ با بارش ۷۸ میلی‌متر باران در مدت ۵۴ ساعت و بیشینه‌ی شدت ۷ میلی‌متر بر ساعت، سیل جاری نشده است. در این وقایع، از سطوحی مانند دامنه‌های ماری، اراضی شخم شده که رها شده‌اند، به‌ویژه از درون شیار شخم‌ها، اراضی چمنی فشرده، جاده‌ها، راه‌های مال‌رو و دامنه‌های پرشیب، به هنگام بارندگی وقتی شدت از ۱/۵ میلی‌متر در ساعت بیش‌تر شود، روان‌آب جاری شد ولی تبدیل به سیل نشد. در حالی که در همین رویدادها در خروجی آبخیزهای شاهد (حوضه‌هایی که عملیات در آن‌ها انجام نشده) سیل جریان داشت.

بر اساس مشاهدات و اندازه‌گیری‌ها در طول دوره‌ی بررسی از ۳۱ واقعه بارش بیش‌تر از ۲ میلی‌متر در روز، تنها ۳ رخداد منجر به وقوع



شکل ۸. خروج سیل حوضه پس از بند خاکی (تخلیه‌ی بندخاکی)، ۱۳۰ بهمن ۱۳۹۰

بند به آرامی تخلیه شده و پس جریان در آبراهه (به طول حدود ۵۰۰ متر) در آبرفت نفوذ می‌کند. بنابراین، هدف اصلی طرح یعنی مهار سیل تاکنون ۱۰۰۰ تحقق یافته است. از روان آب حوضه نیز برای تولید انگور و بادام استفاده شده است. در حال حاضر حدود ۴۰۰ هکتار اراضی به کشت این دو گونه اختصاص یافته (انگور ۳۰ درصد با تولید سالانه ۱۶۰ تن و بادام ۷۰ درصد با تولید ۴۲۰ تن در سال). افزون بر این، با اجرای این طرح، وضعیت مراتع حوضه از فقیر به خوب تغییر یافته، آبخوان گلستان تغذیه شده، از خاک حفاظت شده، تولید رسوب (گل و لای) کاهش یافته و مقدار تولید شده نیز به پایین دست منتقل نشده است. این تغییرات مثبت، مهم‌ترین شاخص‌های حفاظت محیط زیست به روش سازگاری با طبیعت، هستند.

حجم کل بارش حوضه در رخداد ۵ و ۶ فروردین ۱۳۹۸، به مدت ۴۳ ساعت و میزان باران ۱۵۰ میلی‌متر، ۵/۵ میلیون متر مکعب بوده که ۳/۳ (۶۰ درصد) آن به وسیله‌ی طرح‌های اجرایی زیستی و سازه‌ای در حوضه ذخیره شده است. بارندگی رخداد ۵ فروردین دروازه قرآن شیراز بین ۱۸ (ایستگاه شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس) تا ۳۰ میلی‌متر (سایت هواشناسی دانشگاه برکلی)، گزارش شده است. مساحت حوضه نیز ۲۵۶۰ هکتار برآورد شده است (حکمت‌زاده، ۱۳۹۸). حجم بارندگی در دو حالت به ترتیب حدود ۴۶۰ و ۷۶۰ هزار متر مکعب، برآورد می‌شود. اگرچه برای قضاوت واقعی‌تر باید شدت بارندگی و بده اوج لحظه‌ای را معیار قرار داد، اما مقایسه‌ی حجم سیلاب در دو حوضه‌ی نزدیک به هم که در یکی روان آب با اجرای اقدام‌های آبخیزداری مدیریت شده و در دیگری رها شده، نقش آبخیزداری در مدیریت سیلاب شهری را نشان می‌دهد.

توسعه‌ی شهری بدون توجه به شرایط طبیعی، یکی از عوامل اصلی تبدیل رخدادهای طبیعی کوچک به بحران‌های بزرگ در شیراز است. برای نمونه می‌توان به آثار منفی گسترده‌ی بارش شدید باران (وقوع سیل‌های ویران‌گر) و خشک‌سالی بر زندگی شهروندان اشاره کرد. این رخدادهای بحران‌ساز، اگرچه در دهه‌های اخیر بیش‌تر شده‌اند، اما بخشی از ویژگی‌های طبیعی آبخیز شیراز است. بنابراین، برای مدیریت کارآمد آن‌ها، باید ابتدا این واقعیت را پذیرفت و سپس برای پیش‌گیری و کاهش زیان‌ها برنامه‌ریزی کرد. شیراز در آبخیزی ۳۹۵۴/۸ کیلومتر مربعی قرار گرفته که هر نوع تغییری در آن، آثاری منفی و یا مثبت بر شهر دارد. آبخیز شیراز مانند یک سامانه که اجزای آن به هم وابسته‌اند، عمل می‌کند. عملکرد یکپارچه‌ی اجزای این آبخیز بیان‌گر آن است که برای حفاظت شهر در برابر بحران‌های طبیعی نیاز به «مدیریت جامع» است. بنابراین، راه‌کار اصلی مدیریت بحران سیل شیراز، به ویژه در مرحله‌ی پیش‌گیری، تهیه و اجرای طرح «مدیریت جامع آبخیز مهارلو» و به بیانی دیگر «طرح آبخیزداری حوضه‌ی مهارلو» است. گام اول برای

عوامل مورد نظر برای اجرای مدل HEC-HMS در شرایط قبل و بعد از احداث مخازن مربوط به بارش ۲۹ ساعته به مدل معرفی شد. نتایج نشان داد که مخازن احداث شده، بده اوج سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله را پیش از احداث بند خاکی ۷۰/۵ درصد کاهش داده است. بند خاکی نیز بده اوج با دوره‌ی بازگشت ۱۵ ساله را مهار کرده است. بر پایه‌ی نتایج، اثر طرح‌های زیستی و سازه‌ای بر کاهش بده اوج سیل در این واقعه به ترتیب ۷۲/۳ و ۲۷/۷ درصد بوده است.

۵. نتیجه‌گیری

بر اساس بررسی‌های انجام شده از سال ۱۳۸۵ تاکنون، سیلاب‌های ویران‌کننده‌ی دیگر روستای گلستان، راه اصلی شیراز- اردکان و اراضی پایین‌دست را تهدید نمی‌کند. چنان‌چه سیل از سرریز بند خاکی نیز عبور کند، با توجه به مهار به وسیله‌ی لوله‌ی تخلیه، می‌تواند بدون خسارت از دهانه‌ی پل بزرگراه شیراز- اردکان عبور کند. اجرای طرح سبب شده تا بخشی از سیل ورودی به رودخانه‌ی نهرا عظم شیراز مهار شود. حفاظت روستای گلستان، پل گلستان، شانه و راه اصلی به طول ۱/۵ کیلومتر در اثر اجرای طرح آبخیزداری در بالادست، از دیگر عملکردهای مثبت این طرح است. افزون بر این، راه‌های خاکی دسترسی به حوضه که مسیر دسترسی کشاورزان به اراضی و حمل محصولات است نیز، با اجرای طرح در برابر سیل ایمن شده است. در حالی که در سیل بهمن ۱۳۹۰، بخش‌هایی از راه اصلی در محدوده‌ی قلات و دوکوهک که طرح در آن‌ها اجرا نشده است، آسیب دید و از رسوب انباشته شد؛ به‌طوری که مأموران راهداری مجبور به پاکسازی آن شدند. بر پایه‌ی نتایج این پژوهش و موارد مشابه آبخیزداری در بالادست مناطق مسکونی و تأسیسات از جمله راه‌ها، یکی از روش‌های چند منظوره و سازگار با محیط زیست برای مهار کردن سیل است (مصباح، ب ۱۳۹۴).

بر اساس اندازه‌گیری، گزارش اداره‌ی آبخیزداری و مشاهدات میدانی از سال اجرای طرح آبخیزداری تاکنون، آب از سرریز بندخاکی تخلیه نشده است. آب مازاد حوضه از راه لوله‌ی تخلیه‌ی



اجرای این مدیریت، «شناسایی منابع آبخیز شیراز، درک صحیح از روابط دویخش درون و بیرون شهر در این حوضه و هماهنگی بین تصمیم‌گیران» است (مصباح، الف ۱۳۹۴).

۵. سپاس‌گزاری

این مقاله چکیده نتایج طرحی است با عنوان «ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری در کاهش سیلاب حوزه‌های آبخیز» که با حمایت مالی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور؛ و پشتیبانی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، اداره‌ی کل منابع طبیعی و آبخیزداری فارس و پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری کشور؛ انجام شده است. از همکاری آن‌ها سپاس‌گزاریم.

۶. فهرست منابع

- آذری، محمود. ۱۳۸۵. شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیک و هیدرولیک حوزه‌ی آبخیز جاجرگ؛ به منظور کنترل سیلاب. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده‌ی منابع طبیعی و علوم دریایی.
- بی‌نام. ۱۳۷۹. مطالعات تفصیلی- اجرایی حوزه‌ی آبخیز گلستان شیراز. جلد دوم، تلفیق و برنامه‌ریزی، سازمان جهاد سازندگی فارس، مدیریت آبخیزداری.
- پاک‌پرور، مجتبی. ۱۳۸۷. بررسی علل افزایش و تشدید سیل با تأکید بر نقش پوشش گیاهی در استان فارس (حوزه‌ی آبخیز مهارلو). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری.
- پوینده بلداجی، اسماعیل؛ صوفی، مجید و حسنی، مرادعلی. ۱۳۸۸. بررسی عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی در حوزه‌ی آبخیز رودخانه‌ی خشک شیراز. مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- حکمت‌زاده، علی اکبر. ۱۳۹۸. گزارش هیدرولوژی مقدماتی از سیل دروازه قرآن شیراز. فایل پی‌دی‌اف منتشر شده در فضای مجازی.
- خلقی، مجید. ۱۳۸۱. کاربرد روش MCDM در اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها؛ به منظور کنترل سازه‌های سیلاب. مجله‌ی منابع طبیعی ایران، جلد ۵۵، صفحه ۴۷۹ تا ۴۹۰.
- رئیس‌پان، روانبخش. ۱۳۸۳. اثر بخشی عملیات آبخیزداری در مهار آب‌های سطحی. مجموعه مقالات کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، ۲۰ تا ۲۲ اردیبهشت ۱۳۸۳، کرمان، دانشگاه شهید باهنر.
- زارع، خدیجه. ۱۳۹۴. بررسی اثر تغییر کاربری اراضی در عکس‌العمل هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز شهری، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.
- سلطانی، محبوبه؛ اختصاصی، محمدرضا؛ طالبی، علی؛ پوراغنیایی، محمدجواد و سرسنگی، علی‌رضا. ۱۳۹۰. اثر احداث سدهای اصلاحی بر کاهش دبی اوج سیل، مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز منشاد یزد. پژوهش و سازندگی، پژوهش‌های آبخیزداری، شماره‌ی ۹۳، صفحه‌های ۴۶ تا ۵۴.
- قاضی‌محل، مهرورز نورعلی؛ نجفی‌نژاد، علی؛ و نورا، نادر. ۱۳۸۴. بررسی عملکرد سازه‌ی چند منظوره نوکنده‌ی استان گلستان در کنترل سیل با مدل HEC-HMS. مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پانزدهم، شماره‌ی اول.
- کبیری، آتنا؛ نجفی‌نژاد، علی؛ همت‌زاده، یلدا و کورکی‌نژاد، مسعود. ۱۳۸۶. بررسی احداث سازه‌های اصلاحی بر روی زمان تمرکز (مطالعه‌ی موردی، حوزه‌ی آبخیز رودبار قشلاق استان گلستان). مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد چهاردهم، صفحه ۱ تا ۷.
- مصباح، سید حمید. ۱۳۹۵. شناخت حوزه‌های آبخیز استان فارس و محدودیت‌های آن‌ها، ترویج و توسعه‌ی آبخیزداری، شماره‌ی ۱۲، ص: ۴۸-۴۳.
- مصباح، سید حمید. الف ۱۳۹۴. مدیریت جامع آبخیز شهری؛ حفاظت از شیراز در بحران‌های طبیعی. آگاهی‌های زیست محیطی. سال اول، شماره‌ی دوم، ص: ۳۶-۳۴.
- مصباح، سید حمید و غلام‌رضا قهاری. ب ۱۳۹۴. آبخیزداری، راه‌کاری سازگار با محیط زیست برای ایمن‌سازی راه‌ها در برابر سیل (مطالعه‌ی موردی: بزرگراه شیراز- اردکان). اولین همایش ملی توسعه‌ی پایدار در راهسازی با رویکرد حفظ محیط زیست، ۲۸ آبان ۱۳۹۴، شیراز.
- مصباح، سید حمید. ۱۳۹۰. بررسی منشأ نهشته‌های دریاچه‌ی مهارلو. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری.
- مصباح، سید حمید. ۱۳۹۲. ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری در کاهش سیلاب حوزه‌های آبخیز. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری.
- مصباح، سید حمید و همکاران. ۱۳۸۸. کاهش بحران آب با مهار سیل و ذخیره‌ی آب در طرح‌های آبخیزداری، همایش ملی مدیریت بحران آب، ۱۶ و ۱۷ اسفند ۱۳۸۸، دانشگاه آزاد مرودشت.
- مصباح، سید حمید. ۱۳۸۶. نقش اجرای طرح‌های آبخیزداری بر مهار سیلاب شهری در استان فارس. همایش آموزشی مدیریت روان‌آب و سیلاب های شهری، ۲۴ و ۲۵ مهر ۱۳۸۶، شیراز، ایران.
- مصباح، سید حمید، ۱۳۸۳، حوضه‌ی مهارلو- قابلیت‌ها و محدودیت‌ها، اولین همایش حوضه‌ی آبریز مهارلو گذشته - حال - آینده، دانشگاه شیراز، دانشکده‌ی مهندسی.
- معصومی، هادی. ۱۳۸۸. بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر رفتار هیدرولوژیک سرشاخه‌های حوزه‌ی آبخیز رودخانه‌ی خشک شیراز و پیش‌بینی پاسخ حوضه نسبت به توسعه‌ی شهری. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه آبخیزداری.
- ندیمی، نادیا؛ زهتابیان، غلام‌رضا و ملکیان، آرش. ۱۳۹۱. ارزیابی نقش اقدامات بیولوژیک آبخیزداری بر کاهش سیل، مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز ینگجه. پژوهش و سازندگی، پژوهش‌های آبخیزداری، شماره‌ی ۹۶، صفحه‌های ۹۷ تا ۱۰۷.
- Lopez -Moreno, J.I., Begueria, S. and Garcia-Ruiz, J.M - Influence of the Yesa reservoir on floods of the Aragon River, central Spanish Pyrenees. Hydrology and Earth System Sciences 2002. 762-753: (4)6, Earth System Sciences**
- Moore, C.M - Effects of small structures on peak flow in: effects of watershed changes on stream flow. Texas Press 2003. 117-101**
- Roshani, R - Evaluating the effect of check dams on flood peaks to optimize the flood control measures (Kan case study in Iran). International institute for geo information science and earth observation enschede, the Netherlands 2003. 43pp**
- Shieh, Ch.L., Guh, Y.R. and Wang, Sho - application of range of variability approach to the assessment of a checkdam on riverine habitat alteration. Environmental Geology 2010. 435-427: (52)1**
- Yoshikawaa .N., Nagaob, N. and Misawac., S - Evaluation of the flood mitigation effect of a Paddy Field Dam project. Agricultural Water Management 2010. 270-259: (2)97**

