مجله ترویجی حفاظت و بهره‌برداری جنگل‌های هیرکانی، دوره ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، صفحات: ۴۹- ۳۹

درس آموخته‌هایی از پروژه احداث و پایش حوزه آبخیز زوجی کسیلیان شهرستان ساری

محمدعلی هادیان امری[1*]، محمود عرب‌خدری[2]، یحیی پرویزی[3]، خرم حیدری[4]

[*] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران m.hadian@areeo.ac.ir

[2] استاد پژوهش، گروه تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

[3] دانشیار پژوهش، گروه تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

[4] کارشناس، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری مازندران، ساری، ایران

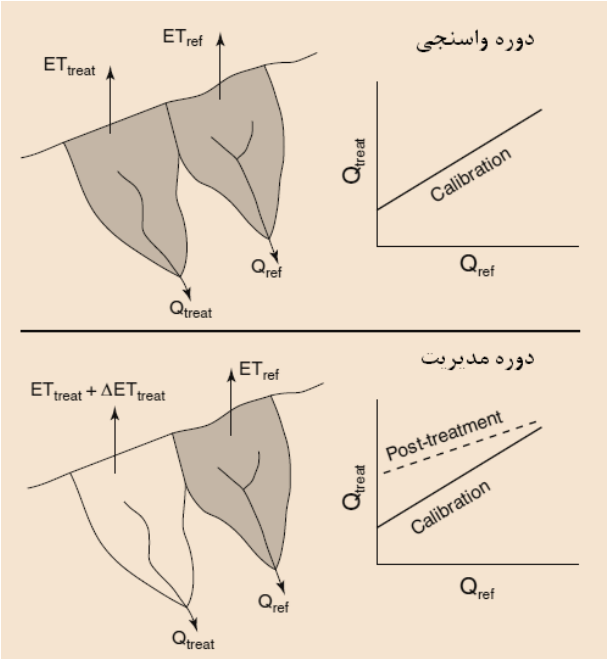
چکیده

شبکه حوضه‌های زوجی در ایران برای بررسی اثرات عملیات آبخیزداری، حفاظت خاک و مدیریت جنگل‌ها و مراتع بر روی تولید آب، جریان اوج، کیفیت آب، فرسایش و پوشش گیاهی با هدف برنامه‌ریزی، تقویت یا اصلاح مدیریت حوزه های آبخیز احداث شد. در این مقاله وضعیت ایستگاه‌ها، داده‌ها و اطلاعات خصوصیات محیطی در حوضه‌های شاهد و نمونه کسیلیان برای دستیابی به بایدها و نبایدهای این پروژه بررسی شد. ابتدا بازدید میدانی مستمر از حوضه و ادوات سنجش در هر دو آبخیز نمونه و شاهد صورت گرفت. سپس وضعیت داده‌های حاصل از پایش حوضه طی دوره‌های مختلف آماربرداری بررسی شد. نتایج نشان داد که حوضه معرف زوجی کسیلیان بستری مناسب برای دستیابی به اهداف پروژه و همچنین برای کارهای پژوهشی، آموزشی و ترویجی است. از طرف دیگر برخی از داده های ثبت‌شده به‌دلیل خطای انسانی یا مشکلات ابزار و تجهیزات، پرت و غیرواقعی و برخی از اطلاعات مطالعات گذشته ناقص یا متناقض است. مهم‌ترین دستاورد بررسی حاضر این است که به استناد اهداف این پروژه‌ها، درحال حاضر پیشنهاد می‌شود پایش این حوضه مختومه شده، زوج حوضه‌های دیگری با تکیه بر تجربیات حاصل از این پروژه و سایر پروژه‌های حوضه‌های زوجی کشور، در راستای دستیابی به اهداف موردنظر جانمایی، طراحی و عملیاتی شود.

واژگان کلیدی: حوضه زوجی، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری، کسیلیان

بیان مسأله

مطالعات حوضه‌های زوجی در سراسر جهان به‌منظور ارزیابی و کمی‌سازی اثرات عملیات مدیریت حوزه‌های آبخیز بر روی هیدرولوژی و کیفیت آب انجام می‌شود (Ssegane *et al.*, 2013). مفهوم اساسی، استفاده از دو حوضه همسایه، یکی به‌عنوان حوضه کنترل (شاهد)[1] و دیگری به‌عنوان حوضه مدیریت‌شده (نمونه)[2] است که متغیرهای پاسخ آن‌ها در طول دوره‌های آماری مورد مقایسه قرار می‌گیرند و نتایج آن می‌تواند بستر مناسبی را برای برنامه‌ریزی، تقویت یا اصلاح مدیریت حوزه‌های آبخیز و انجام پژوهش‌های کاربردی مورد نیاز فراهم کنند (شکل ۱).



شکل ۱- نمونه‌ای از رویکرد حوضه زوجی برای تعیین تأثیر برداشت (حذف) جنگل بر تبخیر و تعرق و آبدهی (اقتباس از Hewlett, 1982). یک حوضه پس از یک دوره واسنجی اولیه که در آن متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی مشاهده شد، برای برقراری رابطه بین دو حوضه دست‌کاری می‌شود (مدیریت‌شده، بدون سایه). با استفاده از تحلیل رگرسیون یا یک رویکرد آماری دیگر، تفاوت بین مدیریت و مرجع را می‌توان ملاحظه کرد.

در ابتدا، به دنبال نگرانی‌های اولیه در مورد تغییر پوشش حوزه‌های آبخیز جنگلی و سیل‌گیری، حوضه‌های آزمایشی و رویکرد حوضه زوجی با اولویت ارزیابی اثرات عملیات مدیریت جنگل بر زمان‌بندی و بزرگی جریان سیلاب و بار رسوب مورد استفاده قرار گرفت.

اولین مطالعه واقعی و تجربه هدفمند حوضه‌های زوجی، توسط سازمان جنگل آمریکا[3] در دو حوزه آبخیز به‌هم پیوسته با توپوگرافی و پوشش جنگلی یکسان در نزدیکی واگن ویل گپ[4] در کلرادو ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹۰۹ برنامه‌ریزی و تا ۱۹۲۸ انجام شد که امکان مقایسه مستقیم زمان و میزان جریان و میزان فرسایش را قبل و بعد از حذف جنگل فراهم کرد (Bates and Henry, 1928).

1- Testifier Catchment/ Reference or Control Watershed
2- Sample Catchment/ Treated Watershed
3- USDA Forest Service
4- Wagon Wheel Gap

تا دهه ۱۹۶۰، ۱۵۰ حوزه آبخیز آزمایشی جنگلی در سراسر ایالات متحده برای بررسی اثرات مدیریت اراضی جنگلی بر روی حوزه آبخیز مورد استفاده و مطالعه قرار گرفتند. اگرچه حوزه‌های آبخیز نمایشی برای درک هیدرولوژی جنگل مفید بوده‌اند؛ اما به دلیل معرف نبودن، هزینه و مشکل در تفسیر نتایج مورد انتقاد قرار گرفته‌اند (Dymond *et al.*, 2021). Ziemer و Ryan (۲۰۰۰) اشاره کردند که امروزه تنها تعداد انگشت‌شماری از این حوضه‌ها و تأسیسات آن فعال باقی مانده‌اند. روند خاتمه مطالعات بلندمدت حوضه‌های زوجی منحصر به ایالات متحده نیست. بسیاری از سازمان‌ها در سراسر جهان به این نتیجه رسیده‌اند که چنین مطالعاتی به تلاش و بودجه بیشتری نسبت به آنچه در حال حاضر در دسترس است، نیاز دارد.

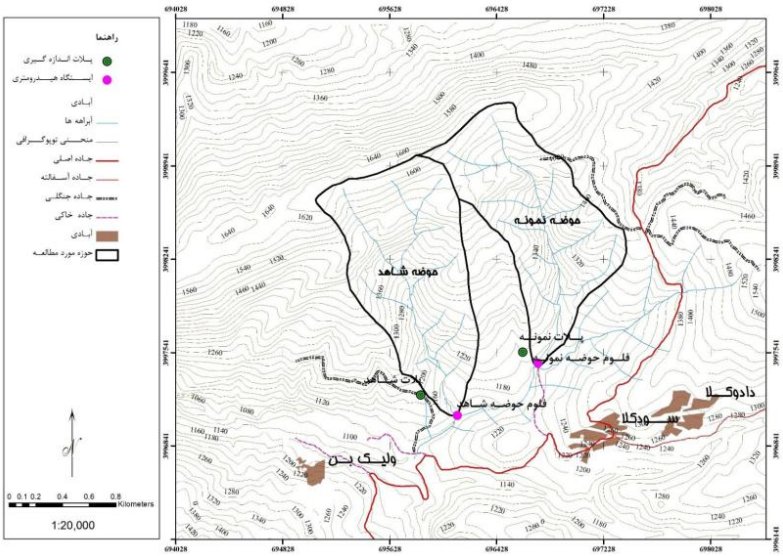
در ایران حوزه‌های آبخیز زوجی در سال ۱۳۶۸ توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور و با همکاری فائو بر روی زیرحوضه زنجان‌رود در حوزه آبخیز سفیدرود در استان زنجان برای ارزیابی اثربخشی عملیات آبخیزداری راه‌اندازی شد و از سال ۱۳۷۳ توسعه کمی و کیفی آن در ۱۲ استان دیگر با پایش و تجزیه و تحلیل مستمر متغیرهای اقلیمی و هواشناسی، هیدرومتری، خاک، فرسایش و رسوب، پوشش گیاهی و آب‌های زیرزمینی، مدنظر قرار گرفت.

تاکنون پژوهش‌های مختلفی در حوضه‌های معرف یا زوجی در ایران انجام شده است؛ مانند آقابیگی امین و فتاحی (۱۳۹۶)، جعفری تختی و همکاران (۱۳۹۷) و Gholami *et al.*, (2021)؛ اما غالب این تحقیقات در راستای مقایسه شرایط حوضه‌های نمونه و شاهد و ارزیابی کمی و کیفی داده‌های جمع‌آوری‌شده فرسایش، رواناب، خاک و پوشش گیاهی و نیز شیوه‌شناسی نمونه‌برداری و ثبت شاخص‌های ثبت‌شده در این حوضه‌ها نبوده است. در این مقاله به ارزیابی وضعیت ایستگاه‌ها، ادوات اندازه‌گیری و داده‌ها و مطالعات تجزیه و تحلیل خصوصیات محیطی حوضه معرف زوجی کسیلیان شهرستان ساری استان مازندران پرداخته شده است.

دستاوردها

زوج حوزه آبخیز نمونه و شاهد کسیلیان در شهرستان ساری و در پایین‌دست حوضه معرف کسیلیان قرار دارد. مساحت حوضه نمونه کسیلیان برابر ۱۲۴/۷۱ هکتار و با حداقل ۱۱۷۹ متر ارتفاع از سطح دریا در محل خروجی و حداکثر ۱۶۶۵ متر ارتفاع از سطح دریا می‌باشد. حوزه آبخیز شاهد با وسعت برابر ۱۳۵/۹۸ هکتار و ارتفاع آن از حداقل ۱۱۳۶ متر تا حداکثر ۱۶۶۶ متر از سطح دریا متغیر است. آبراهه‌های دو حوضه پس از اتصال به هم (در محل خروجی حوضه شاهد) به رودخانه اصلی حوضه معرف کسیلیان و سپس به رودخانه تالار می‌ریزند. شکل ۲ موقعیت محدوده مورد مطالعه و شکل ۳ نقشه توپوگرافی، آبراهه‌ها، موقعیت فلوم‌ها، روستاها و مسیرهای ارتباطی در حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

شکل ۲- موقعیت جغرافیایی حوضه معرف کسیلیان در استان مازندران و حوضه زوجی (به‌رنگ زرد) واقع در آن



شکل ۳- توپوگرافی و موقعیت روستاها و راه‌های ارتباطی در حوضه زوجی کسیلیان

جدول ۱ مساحت انواع کاربری‌ها را در حوضه‌های زوجی نشان می‌دهد. سطح کاربری‌های اراضی نشان می‌دهد که دو حوضه از تشابه برخوردارند.

جدول ۱- مساحت انواع کاربری‌ها در حوضه معرف زوجی کسیلیان

ردیف	نوع کاربری	علامت	حوضه شاهد (هکتار)	حوضه نمونه (هکتار)
۱	باغ	O	۲/۸۰	-
۲	جنگل انبوه	F1	۱۱۵/۲۷	۹۶/۵۲
۳	جنگل تنک	F3	۰/٤٥	۳/٦٥
٤	جنگل متوسط	F2	۰/۷۸	۲/۷۰
٥	زراعت دیم	D	١٤/۷۰	۲۱/۳٦
٦	مرتع	R	۱/۹۹	۰/٤۹

پروژه احداث و پایش حوزه آبخیز معرف زوجی کسیلیان در سال ۱۳۷۳ توسط کارشناسان معاونت فنی و آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری مازندران- ساری در سطح ۲٦۰/٦۹ هکتار راه‌اندازی شد. دو حوضه از لحاظ خصوصیات فیزیکی و مرفولوژیک مانند شیب و ارتفاع و شکل، شرایط تقریباً یکسانی دارند و از این جهت درست انتخاب شده‌اند.

مسأله مورد توجه که شرایط پروژه و مقایسه دو حوضه را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده است، دخالت در هر دو حوضه نمونه و شاهد و تغییرات شدید کاربری و استفاده غیر اصولی از اراضی (شکل ٤) به‌ویژه به‌واسطه افزایش شدید ارزش اراضی است؛ به‌طوری‌که در حوضه نمونه تغییرات کاربری در حدی است که در مواقعی ارقام مربوط به دبی و رسوب بیشتر از حوضه شاهد ثبت شده است. همچنین حوضه شاهد که در عمل نباید دخالتی در آن صورت گیرد، نیز دست‌کاری شده و حتی طرح جنگل‌داری در آن اجراشده است؛ لذا، دو حوضه زوجی فعلی عملاً نمی‌توانند واقعیت نقش عملیات حفاظت خاک و اهداف حوضه‌های زوجی را منعکس و تبیین نمایند و باید برای مکان‌یابی حوضه‌های زوجی جدید که محصور باشند، اقدام شود یا روند تغییرات موجود را کنترل کرد.

شکل ٤- شخم در جهت شیب در دامنه مشرف به آبراهه حوضه نمونه کسیلیان و بند کنترل فرسایش و رسوب

ایستگاه هواشناسی منطقه مورد مطالعه در خارج از محدوده حوضه‌های زوجی و در داخل حوضه معرف کسیلیان در مکانی به نام "کله" (Kaleh) مستقر شده است که کلیه داده‌های مربوط به خصوصیات اقلیمی را در دو گام زمانی ۱۰ دقیقه‌ای و نیم‌ساعته ثبت می‌کند. این ایستگاه به دو نوع باران‌سنج خودکار (ثبات)، دکل ده متری مجهز به سنسور سرعت و جهت باد، سنسورهای رطوبت‌سنج (هوا و خاک)، تشعشع‌سنج، دماسنج (هوا و خاک) و تبخیرسنج و ادوات برف‌سنجی (سنسور، بالشتک و اشل) که همگی دارای دیتالاگر یا متصل به آن هستند، مجهز می‌باشد.

با توجه به بررسی‌های انجام‌یافته بر روی آمار ثبت‌شده با ادوات مذکور ملاحظه می‌شود در مواقعی داده‌هایی ثبت می‌شود که با بروز اختلال در سنسورها و ادوات همراه است؛ خرابی سنسور رطوبت نسبی هوا در سال‌های ۲۰۱٤ و ۲۰۱۵، خرابی سنسورهای تبخیرسنجی، رطوبت در عمق ۵۰ سانتی‌متری و درجه حرارت در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک در زمان‌های مختلف نمونه‌هایی از این دست هستند.

شش پلات فرسایش و رسوب با ابعاد یکسان در زمین‌های زراعی رهاشده و شش پلات با ابعاد یکسان در اراضی جنگلی حوضه‌های نمونه و حوضه شاهد استقرار یافت؛ برای هر کاربری سه پلات در حوضه نمونه و سه پلات در حوضه شاهد. در آغاز پاییز ۱۳۹۰ از این پلات‌ها استفاده شد. برای حفاظت از اثرات تخریبی انسان، خوک‌ها، موش‌ها و دیگر جانوران پلات‌های داخل حوضه نمونه محصور شدند. مخازن پلات‌های زراعی حوضه نمونه از بشکه‌های ۲۲۰ لیتری و مخازن دیگر پلات‌ها به شکل مکعب مستطیل (۲×۰/۵×۰/۵) و به حجم ۵۰۰ لیتر بود. پلات‌های عرصه‌های جنگلی حوضه زوجی کسیلیان عملاً از آغاز سال ۱۳۹۱ قابل‌استفاده شد و قبل از این سال با مشکلاتی مانند ترمیم مخازن مواجه شد که علت اصلی آن عدم امکان حمل آسان آن‌ها برای اصلاح درب و شیر خروجی بود.

پلات‌های زراعی حوضه‌های نمونه و شاهد از لحاظ شیب تقریباً یکسان بوده، اما شیب عرصه پلات‌های جنگلی در حوضه نمونه بیشتر از حوضه شاهد بود. مشکل دیگر در مورد این پلات‌ها این بود که برای ارزیابی درست اثر مدیریت جنگل روی فرسایش و پتانسیل تولید رسوب و رواناب، پلات مستقلی در هریک از عرصه‌های جنگل‌کاری شده، جنگل طبیعی و لخت درنظر گرفته نشد.

مسئله مهم دیگر، عدم کارآیی کرت‌های جنگلی است؛ چراکه ابعاد پلات‌ها، برای پایش رواناب و رسوب در جنگل با توجه به سطح تاج پوشش درختان، مناسب نبود. برای این که اثر درختان در کاهش تولید رواناب و رسوب بررسی گردد، باید سطح پلات‌ها به‌اندازه‌ای انتخاب می‌شد که سطح تاج پوشش درختان در داخل پلات قرار گیرد، نه این که در عرصه مابین درختان احداث شود؛ بنابراین یک پلات با عرض حدود یک متر برای مطالعات در عرصه جنگلی مناسب نیست (شکل ۵). ضمناً تجربه نشان داده است که استقرار و برآورد رواناب و رسوب در اراضی جنگلی به‌دلیل شرایط توپوگرافی، وجود لاشبرگ و وضعیت دسترسی، مشکل بوده و دارای خطای بیشتری خواهد بود.

شکل ۵- استقرار و ابعاد نامناسب پلات‌ها در عرصه‌های جنگلی

مشکل دیگری که در اندازه‌گیری رسوب پلات‌ها به‌طور جزیی دیده شد، بروز خطا به‌دلیل عدم پوشش قسمت مثلثی انتهای پلات‌ها (پایاب پلات‌ها) بود؛ بنابراین قسمتی از رواناب ذخیره‌شده در مخازن پلات‌ها مربوط به رواناب ناشی از بارش بر روی سطح مثلثی بتنی انتهای پلات‌ها است (شکل ٦ راست). هرچند که تأثیر این مشکل در اندازه‌گیری‌ها معنی‌دار نبوده است، اما می‌شد با احداث محافظ فلزی قسمت خروجی (پایاب) پلات‌ها را پوشاند. ضمناً بهتر بود که خروجی پلات‌ها تیز نباشد و با کمی انحنا به شکل قیف به لوله انتقال متصل شود.

قطع ارتباط بین پلات‌ها از مخازن در اثر یخبندان و ترک‌خوردگی و شکسته شدن لوله‌های انتقال و جدا شدن محل اتصال آن‌ها با مخازن، یا انسداد ورودی لوله‌های انتقال (شکل ٦ چپ) مشکل تکراری است که کار اندازه‌گیری و ثبت رواناب و رسوب را سخت و با خطا همراه می‌کند.

شکل ٦- انسداد ورودی لوله‌های انتقال رواناب و رسوب از پلات‌ها به مخازن پلات‌های فرسایش و رسوب (راست) و عدم پوشش پایاب آن (چپ)

بررسی آمار در عرصه جنگلی نشان می‌دهد که داده‌های ثبت‌شده از پلات‌ها در بعضی موارد دچار مشکل ناشی از خطای انسانی است؛ مثلاً حجم مخازن جمع‌آوری رسوب ۵۰۰ لیتر است، درصورتی‌که مقدار حجم استحصال آب و رسوب در برخی از روزها بیش از ۵۰۰ لیتر گزارش شده است که قابل قبول و مورد اعتماد نیست. این مورد ممکن است به‌دلیل قرائت دیرهنگام و در هنگامی‌که مخازن پرشده است، اتفاق افتاده باشد؛ ممکن است پس از پر شدن مخزن، بارندگی و رواناب دیگری به‌وقوع پیوسته باشد که بدون شک به‌دلیل پر بودن مخزن، رسوبات ناشی از این بارندگی لحاظ نمی‌شود. همچنین در

روزهایی که میزان بارندگی و مجموع بارش پنج روز قبل صفر بوده است، رواناب و رسوب ثبت شده است. آمارها نشان می‌دهد که در طول آن روز و پنج روز قبل از آن، بارشی اتفاق نیفتاد. از طرفی دمای خاک و دمای محیط، بیانگر آن است که برفی هم وجود نداشته است (جدول ۲) و نشان می‌دهد کارشناس ثبت داده، چند روز پس از وقوع بارش مقادیر رواناب و رسوب را اندازه‌گیری نموده است و اگر قبل از وقوع بارش بعدی اقدام به اندازه‌گیری نکرده باشد در واقع رواناب و رسوب تجمعی را اندازه‌گیری و ثبت نمود. شایسته بود همیشه پس از وقوع هر رگبار یا بارش نسبت به ثبت مقادیر رواناب و رسوب آن اقدام می‌شد و بلافاصله مخزن برای قرائت بعدی تخلیه می‌شد. از طرفی متأسفانه در برخی از روزهایی که بارندگی شدیدی اتفاق افتاده است، در همان روز به آماربرداری از پلات‌ها اقدام شد (انطباق زمان بارندگی و زمان ثبت آمار پلات مؤید این موضوع است) که موجب حذف تأثیر بارندگی آن روز در فرسایش می‌شود (خطا در ثبت واقعی داده‌ها). مثلاً در روز ۱۲ مهر ۱۳۹۰ مقدار بارندگی روزانه ۱۲/۵ میلی‌متر بود ولی در اواسط همان روز داده پلات ثبت شد (همین‌طور در روزهای ۷ آبان و ۵ دی ۱۳۹۰).

جدول ۲- ثبت مقادیر رواناب و رسوب (متوسط سه پلات) در روزهای فاقد بارش و برف در ایستگاه کله

تاریخ برداشت نمونه	بارش ایستگاه (میلی‌متر)	بارش ۵ روز ایستگاه (میلی‌متر)	دمای هوای ایستگاه (سانتی‌گراد)	دمای ۵۰ سانتی‌متر خاک (سانتی‌گراد)	بارش سودکلا (میلی‌متر)	بارش ۵ روز سودکلا (میلی‌متر)	میانگین حجم رواناب شاهد (لیتر)	غلظت رسوب شاهد (گرم در لیتر)	میانگین حجم رواناب نمونه (لیتر)	غلظت رسوب نمونه (گرم در لیتر)
۹۰/۱۲/۲۴	۰	۱۸/۲	۱۲/۹	۳/۵	۰	۱۴	۲۰/۰۰	۱/۷۹	۴۹/۲۳	۰/۴۴
۹۱/۰۱/۱۵	۰	۰	۱۰/۳	۷/۴	۰	۰	۲۴/۳۳	۰/۸۹	۲۲/۵۴	۰/۴۲
۹۱/۰۲/۱۰	۰	۰/۳	۱۱/۶	۱۱/۴	۰	۱	۱۵/۰۰	۳/۴۰	۱۵/۷۴	۱/۱۳
۹۱/۰۲/۲۶	۰	۰/۲	۱۷/۱	۱۴/۴	۰	۰	۵/۶۷	۶/۵۰	۵/۰۸	۱/۵۹
۹۱/۱۱/۰۲	۰	۰	۳/۹۳	۶/۲	۰	۰	۷/۸۸	۰/۴۰	۲۴/۴۶	۰/۱۶
۹۱/۱۱/۲۳	۰	۰	۱۰/۴۱	۶/۶۴	۰	۰	۱۷/۱۷	۰/۴۸	۱۲/۵۹	۰/۷۹
۹۲/۰۱/۱۵	۰	۳/۹	۸/۰۶	۹/۵۹	۰	۰	۰/۰۰	۰/۰۸	۵/۱۱	۰/۰۸
۹۲/۰۲/۱۰	۰	۰/۳	۱۳/۷۲	۱۰/۸۲	۰	۰	۸/۰۰	۰/۲۲	۳/۶۴	۰/۲۴

اگر ریزش‌های جوی به‌صورت برف بود (اواخر پاییز تا اواخر زمستان)، قرائت حجم رواناب داخل مخازن انتهای پلات‌ها برحسب درجه حرارت محیط با تأخیر انجام می‌گرفت، به‌طوری‌که برف انباشته‌شده در پلات‌ها کاملاً ذوب شده و رواناب ناشی از ذوب برف به مخازن هدایت شده که این خود موجب بروز خطا در اندازه‌گیری‌ها است.

پلات‌های داخل جنگل فاقد جاده ماشین‌رو بوده و از اواخر پاییز تا اوایل فروردین نیز دسترسی به آن‌ها به‌علت برف سنگین (عموماً بیش از ۰/۵ متر) با خطراتی همراه بود.

متأسفانه امکان نصب باران‌سنج در عرصه‌های زراعی رهاشده و حد فوقانی جنگل حوضه زوجی وجود نداشته است و همین عامل سبب گردید که تعیین بعضی از خصوصیات مانند ضریب رواناب به‌درستی امکان‌پذیر نباشد و به‌ناچار از بارش محل ایستگاه کله استفاده شود.

عواملی مانند موش صحرایی نیز با ایجاد سوراخ‌های متعدد در عرصه و فرار آب دقت آماربرداری را کاهش می‌دهند که با تمهیداتی در عرصه تا حد زیادی از اثر سوء موش‌ها جلوگیری شد. مشکل دیگر در کاهش دقت داده‌ها این است که

نمونه‌های رسوب به آزمایشگاه داده نمی‌شد و با امکانات موجود در آزمایشگاه ساختمان حوضه معرف (ترازو و آون) غلظت رسوب تعیین می‌شد. لازم به ذکر است که دقت ترازوی مورد استفاده در حوضه معرف کسیلیان مناسب نبوده و در حد ۰/۱ گرم است. چنین به‌نظر می‌رسد که در عمل، برای استقرار پلات‌های فرسایش و رسوب نیاز و الزامی به راه‌اندازی حوضه‌های زوجی (شاهد و نمونه) نبوده، روی دامنه‌ای از یک حوضه می‌توان تأثیر مدیریت دامنه در قالب عملیات آبخیزداری را مورد بررسی قرار داد.

در سال ۱۳۷٤ در خروجی حوضه‌های نمونه و شاهد کسیلیان ایستگاه‌های هیدرومتری به شکل فلوم مدل H با حوضچه آرامش USBR احداث و آماربرداری با نصب اشل و لیمنوگراف شروع شد و در سال‌های بعد دیتالاگر سطح‌سنج مدل تالیمیدس[1] جایگزین لیمنوگراف شد (شکل‌های ۲ و ۷). اما، عملاً فقط ارتفاع رواناب اندازه‌گیری می‌شود نه دبی؛ چراکه با توجه به تغییرات بسیار ناچیز ارتفاع آب در فلوم، لیمنوگراف‌های نصب‌شده دقت چندانی در ثبت داده نداشتند و لذا، آماربرداری از جریان آب روی سرریز به‌روش دستی در دو نوبت صبح و عصر صورت گرفته است (شکل ۸).

شکل ۷- فلوم‌های احداث‌شده در خروجی حوضه‌های نمونه (راست) و شاهد (چپ) و ابعاد آن

شکل ۸- خواندن ارقام مربوط به ارتفاع یا عمق رواناب به‌روش دستی و با استفاده از اشل (فلوم حوضه شاهد)

1- THALIMIDS

یکی از مشکلات استفاده از ابزار ثبت میزان رواناب این بود که در اثر ورود جانورانی مانند مار و موش و قرار گرفتن بر روی شناور به‌اشتباه داده رواناب ثبت می‌شد. مسأله مهم دیگر این است که ورودی فلوم‌ها با کف آبراهه هم‌تراز نبوده و حدود ۵۰ سانتی‌متر از کف آبراهه بالاتر است؛ لذا جریان‌های کوچک (کمتر از ۵۰ سانتی‌متر) به‌دلیل عدم ورود به فلوم قرائت نمی‌شود (شکل ۹). به‌علاوه تاکنون هنگام تخلیه رسوبات از حوضچه داخل فلوم به‌اشتباه رسوبات آورده شده در پشت فلوم هم برداشت می‌شد و این اختلاف ارتفاع همچنان برقرار بود. پیشنهاد شد به‌طریقی ارتفاع فلوم با کف آبراهه هم‌تراز گردد و بهترین کار این است که رسوبات انباشته‌شده در پشت فلوم هرگز برداشت و تخلیه نشود یا بتن شود تا کف بستر قبل از فلوم و کف فلوم هم‌تراز باشد.

شکل ۹- اختلاف ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری بستر آبراهه قبل از فلوم و کف فلوم (نمای قبل از فلوم حوضه نمونه)

آنچه مسلم است انتظار می‌رود که حوضه نمونه دارای رواناب و رسوب کمتری نسبت به حوضه شاهد باشد؛ اما مقایسه ارقام ثبت‌شده این مطلب را منعکس نمی‌کند. نتایج بررسی و مقایسه داده‌ها در دو فلوم حوضه‌های نمونه و شاهد در سال‌های متوالی نشان می‌دهد که رواناب ثبت‌شده در حوضه نمونه برای یک واقعه رگبار مشابه (شدت و مدت بارش یکسان و توزیع مکانی یکنواخت) بیش از حوضه شاهد بوده است. دلایل کسب چنین نتیجه‌ای می‌تواند موارد زیر باشد:

۱- خطای اندازه‌گیری رواناب و رسوب حوضه‌ها در فلوم‌ها (خطای اندازه‌گیری) و تله افتادن در ورودی مخزن و عدم ورود رسوب در مخزن رسوب‌گیر به‌دلیل اختلاف ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری بین بستر آبراهه‌ها و کف فلوم‌ها و طراحی نامناسب فلوم‌ها برای اندازه‌گیری جریان‌های حداقل.

۲- یکسان نبودن کاربری اراضی دو حوضه شاهد و نمونه به‌ویژه برابر نبودن مساحت زراعت دیم و تراکم پوشش مرتعی دو حوضه (جدول ۱)؛ در سطح حوضه نمونه، اراضی زراعت دیم با شخم در جهت شیب مشاهده می‌شود؛ اما در سطح حوضه شاهد، در شرایط کنونی زراعت دیم تقریباً وجود ندارد و اراضی باغی با اشکوب زیرین مرتعی مشاهده می‌شود. حتی مقایسه دبی ویژه یا رواناب ویژه دو حوضه، نیز نتایج منطقی به‌همراه نداشته است.

۳- برابر نبودن درصد تاج پوشش گیاهی دو حوضه در اراضی مرتعی یا زراعت رهاشده؛ کاملاً مشهود است که اراضی حوضه شاهد دارای پوشش مرتعی مناسب‌تری از اراضی مرتعی یا زراعی رهاشده حوضه نمونه هستند و در حوضه نمونه به‌جز محل استقرار ۳ پلات فرسایش و رسوب که قرق شده است، نه‌تنها عملیات حفاظت دامنه‌ای صورت نگرفت، بلکه تغییرات کاربری یا استفاده نادرست از اراضی (مانند شخم در جهت شیب) بیشتر از حوضه شاهد بوده است.

٤- عدم ثبت آبدهی چشمه‌های مستقر در سطح حوضه‌ها؛ شواهد و مدارک دلالت بر وجود چشمه با آبدهی قابل‌توجه در سطح حوضه‌های زوجی، به‌ویژه در حوضه نمونه دارد؛ بنابراین، همزمان با ثبت رواناب در ایستگاه هیدرومتری باید آبدهی چشمه‌ها و به‌خصوص آن سهم از آبدهی که به آبراهه اصلی می‌ریزد، مشخص و اندازه‌گیری شود. ممکن است در طول سال یا وقوع یک رگبار بخشی از رواناب یا آبدهی حوضه، مربوط به آب چشمه بالادست باشد.

توصیه ترویجی

- با توجه به بررسی‌های انجام‌یافته بر روی آمار هواشناسی ملاحظه شد در بعضی مواقع به‌دلیل بروز اختلال در سنسورها و ادوات، خطای ثبت داده اتفاق می‌افتد؛ لذا به واسنجی و بازبینی غالباً فصلی توصیه می‌شود. یا در مواقعی بر اثر بروز شبنم‌های صبحگاهی داده بارش توسط باران‌سنج ثبت می‌شود که لازم است این خطاها تشخیص داده شود و اصلاح گردد. داشتن دانش و تجربه در استفاده از این داده‌ها و در تشخیص صحت و سقم آن ضروری است.
- با توجه به این که در حال حاضر برخی از پایش‌ها مانند پلات‌های فرسایش و رسوب و پین‌های اندازه‌گیری فرسایش سطحی، شیاری و آبراهه‌ای صورت نمی‌گیرد، انتظار می‌رود ابتدا قبل از انجام هرگونه عملیات حفاظت دامنه‌ای با استفاده از ابزارهای جدید اقدام شود و سپس با انجام عملیات حفاظت دامنه‌ای در حوضه نمونه پایش و مقایسه با لیزر اسکن را ادامه داد.
- در هر حال استقرار و اندازه‌گیری پلات‌ها در مکان‌های جدید پیشنهاد می‌شود؛ به‌طوری‌که پلات‌های جنگلی با ابعاد بهینه احداث گردند و برای اراضی جنگلی در صورت امکان زیرحوضه‌های کوچک بسیار مناسب است. در صورت استقرار دوباره پلات‌های فرسایش و رسوب باید به این نکته توجه گردد که به‌دلیل عدم یکنواختی پراکنش ذرات رسوب در آب مخزن (حتی با هم زدن) و باقی ماندن قسمتی از رسوبات در انتهای مخازن، مقدار رسوب برآوردشده کمتر از واقعیت است و لذا بهتر است در خارج از فضای پلات‌ها پین‌های زوجی مستقر شود تا با قرائت و استفاده از آن دقت اندازه‌گیری افزایش یابد. با پیکه‌کوبی و استقرار میدان‌های پین در جهت شیب در عرصه واحدهای همگن پلات‌های زوجی می‌توان فرسایش سطحی و شیاری را پایش کرد. همچنین اگر هدف از این پلات‌ها ارزیابی اثر جنگل‌کاری است، باید یک پلات در عرصه جنگل‌کاری شده، یک پلات در عرصه جنگل طبیعی و یک پلات در عرصه لخت (همگی با شرایط مشابه توپوگرافی، زمین‌شناسی و بارش) پیاده گردد تا بدین شکل اثر جنگل‌کاری روی فرسایش و پتانسیل تولید رسوب و رواناب به‌درستی دیده شود.
- در حال حاضر اصلاح سرریز فلوم‌های خروجی حوضه‌های نمونه و شاهد برای امکان اندازه‌گیری دبی‌های پایین ضروری است. همچنین اندازه‌گیری دبی رواناب، هم‌زمان به دو روش حجمی (برای جریان‌های با دبی کوچک و استفاده از کیسه‌های برزنتی) و استفاده از سرریز فلوم و رابطه کالیبره شده آن قابل انجام است. برای اندازه‌گیری به روش حجمی که دقیق‌ترین و آسان‌ترین روش برای دبی‌های پایین است، می‌توان جریان را به وسط کانال سرریز هدایت و با در نظر داشتن اختلاف ارتفاع در خروجی سرریز امکان اندازه‌گیری حجمی به‌خصوص با کیسه‌های برزنتی ٦٠ لیتری فراهم نمود. نمونه‌برداری از رسوب معلق پس از هر بارش با نمونه‌بردار دستی در خروجی حوضه‌های زوجی جهت مقایسه فرسایش و رسوب حوضه‌ها می‌تواند کمک شایانی نماید.
- پایش و اندازه‌گیری‌ها باید با برنامه مشخص صورت گیرد؛ مثلاً اندازه‌گیری آبدهی و میزان رسوب در خروجی فلوم‌ها در ابتدا و انتهای یک واقعه بارش (در چند مرحله تا رسیدن به مقدار جریان پایه). برآورد آبدهی چشمه‌های موجود در سطح حوضه‌ها هم‌زمان با ثبت آبدهی حوضه‌های زوجی با توجه به تأثیر آن در میزان دبی خروجی، از ضروریات است.

– پروژه پایش حوضه‌های معرف زوجی کسیلیان به‌عنوان تجربه‌ای موفق برای برنامه‌ریزی مکان‌یابی و طراحی جدید استقرار و راه‌اندازی این نوع حوضه‌ها با بهره‌گیری از نتایج و بروندادهای به‌دست آمده می‌باشد؛ چراکه با توجه به ضعف‌ها و چالش‌های موجود مانند عدم کنترل تغییرات در دو حوضه شاهد و نمونه و همچنین عدم وجود برنامه‌های حفاظتی و مدیریتی، عملاً پروژه فعلی خاتمه‌یافته است و لازم است برای آغاز پروژه جدید در سایر حوضه‌های زوجی برنامه‌ریزی شود.

فهرست منابع

آقابیگی امین، س. و فتاحی، ب. ۱۳۹۶. بررسی پوشش گیاهی و برخی خصوصیات خاک بر رفتار هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زوجی گنبد همدان). نشریه مرتع، ۱۱ (۱): ۲۳-۱۳.

جعفری تختی، ا.، کوهپایه، ن.، بابایی، ع.، عامری‌سیاهویی، ف. و آتش‌دهقان، م. ۱۳۹۷. بررسی اثرات فعالیت‌های آبخیزداری در پیشگیری و مهار سیل حوزه آبخیز معرف و زوجی دهگین در استان هرمزگان. مجموعه مقالات هفتمین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، تهران، اول و دوم اسفند ۱۳۹۷، ۱۰۲۶-۱۰۳۳.

Bates, C.G. and Henry, A.J. 1928. Forests and streamflow at Wagon Wheel Gap, Colorado. Final Report, Monthly Weather Review Supplement, 30: 1-79.

Dymond, S.F., Richardson, P.W., Webb, L.A., Keppeler, E.T., Arismendi, I., Bladon, K.D., Cafferata, P.H., Dahlke, H.E., Longstreth, D.L., Brand, P.K., Ode, P.R., Surfleet, C.G. and Wagenbrenner, J.W. 2021. A Field-Based Experiment on the Influence of Stand Density Reduction on Watershed Processes at the Caspar Creek Experimental Watersheds in Northern California Front. For. Glob. Change, 4: 691732. doi: 10.3389/ffgc.2021.691732.

Gholami, V., Sahour, M. and Hadian Amri, M.A. 2021. Soil erosion modeling using erosion pins and artificial neural networks. Catena. 196, htpps:// doi.org/10.1016/j.catena.2020.104902.

Hewlett, J.D. 1982. Principles of forest hydrology. University of Georgia Press, Athens.

Ssegane, H., Amatya, D.M., Chescheir, G.M., Skaggs, W.R., Tollner, E.W., and Nettles, J.E. 2013. Consistency of hydrologic relationships of a paired watershed approach. American Journal of Climate Change, 2: 147-164.