پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال سیزدهم، شماره ۳، زمستان ۱۴۰۳
صص. ۶۴-۴۶

بررسی روابط کمی بین پوشش جنگلی و متغیرهای هیدروژئومورفیک در حوضه‌های آبخیز تالش

فهیمه پورفراش‌زاده – دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی.
عقیل مددی * – استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی.
صیاد اصغری سراسکانرود – استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۴/۰۸ تائید نهایی: ۱۴۰۳/۰۹/۱۶

چکیده

جنگل‌ها نقش مهمی در حفظ ثبات و تعادل نظام حوضه‌های رودخانه‌ای از طریق تنظیم رژیم هیدروژئومورفیک و جلوگیری از وقوع آستانه‌های هیدرولوژیک مخاطره‌بار دارند. آگاهی از تاثیر پوشش جنگلی بر تغییرات آبدهی و رسوبدهی حوضه‌های آبخیز می‌تواند رهنمودی برای برنامه‌های حفاظت آب و خاک در راستای توسعه پایدار نظام‌های رودخانه‌ای باشد که حفظ کارکردهای حیاتی رودخانه‌ها را تضمین می‌نماید. پژوهش حاضر با هدف شناخت روابط پوشش جنگلی با متغیرهای دبی جریان و دبی رسوب در حوضه‌های منطقه تالش انجام گرفت. آگاهی از روابط کمی میان متغیرهای مورد بررسی از طریق تحلیل‌های همبستگی و رگرسیونی میسر شد. این پژوهش در سه مرحله انجام گرفت: الف تحلیل آمار توصیفی متغیرها ب- کشف تغییرات مکانی پوشش جنگلی ج- تحلیل آماری روابط پوشش جنگلی با دبی اب و رسوب. نتایج اولیه نشان داد که بیشترین آبدهی و رسوبدهی در حوضه‌های بزرگ رخ داده است. همچنین، میزان پوشش جنگلی حوضه‌های کوچک شمالی بیشتر از حوضه‌های بزرگ جنوبی است. نتایج حاصل از آزمون همبستگی نشان داد که روابط معنی‌داری بین درصد پوشش جنگلی و دبی جریان حوضه‌ها وجود داشت. ضرایب همبستگی به ترتیب برای دبی‌های متوسط، بیشینه و کمینه برابر با ۰/۵۷-، ۰/۵۸-، ۰/۴۶- بوده و حکایت از نقش مشخص و مثبت جنگل در جلوگیری از رواناب‌های سریع و فرساینده داشت. در مقابل، روابط میان درصد پوشش جنگلی و رسوبدهی در حوضه‌های مورد مطالعه معنی‌داری نبوده و ضرایب همبستگی حاصل برای رسوبدهی متوسط، بیشینه و کمینه به ترتیب برابر با ۰/۰۷-، ۰/۰۵-، ۰/۰۶- حاصل شد که نشانگر رابطه ضعیف همبستگی میان این دو متغیر بود. با این حال، عمل تفکیک حوضه‌ها به صورت حوضه-های بزرگ (مساحت بالای ۱۰۰ کیلومترمربع) و کوچک (مساحت کمتر از ۱۰۰ کیلومترمربع) باعث شد تا روابط همبستگی میان پوشش جنگلی و رسوبدهی حوضه‌ها علی‌رغم غیرمعنی‌دار بودن، بهبود یابد، به‌طوری‌که ضرایب همبستگی در حوضه‌های کوچک برای رسوبدهی متوسط، بیشینه و کمینه به ترتیب برابر با ۰/۶۵۶-، ۰/۶۰۶-، ۰/۳۳۹ حاصل شد. با توجه به روابط معنی‌دار حاصل، امکان ارائه معادلات رگرسیونی پیش‌بین از دبی متوسط و دبی بیشینه ماهانه حوضه‌ها بر اساس درصد پوشش جنگلی آن‌ها میسر شد. به‌علاوه چنین نتیجه گرفته شد که حوضه‌های کوچک، انعکاس ملموس‌تر و سریع‌تری از فرایندهای تولید و انتقال رسوب در داخل حوضه‌های آبخیز به دست داده و نمایانگر بهتری از روابط بین پوشش گیاهی و رسوبدهی هستند.

واژگان کلیدی: جنگل، دبی آب، دبی رسوب، همبستگی، تالش.

---

* نویسنده مسئول: E-mail: aghil48madadi@yahoo.com

مقدمه

رودخانه‌ها یکی از اجزاء مهم و پویای محیط طبیعی هستند که حیات موجودات زنده را تضمین می‌نمایند. تأمین آب لازم برای مصارف مختلف کشاورزی، صنعت و آشامیدن از اهم استفاده بشری از رودخانه‌هاست. در این اثناء تداوم و ثبات حیات حوضه‌های رودخانه‌ای به گذر آب و انتقال رسوب در آن‌ها وابسته است. همان‌گونه که کسب اطلاعات درباره جریان رود برای بسیاری از کاربردهای عملی مانند تخصیص آب، برنامه‌ریزی بلندمدت، عملیات مدیریت حوضه، پیش‌بینی سیلاب، بهینه‌سازی تولید برق آبی، طراحی سازه‌های هیدرولیکی و ... لازم و حیاتی است (سوین[۱] و همکاران، ۲۰۱۷، ۴۲۱). مقدار رسوب حمل‌شده توسط رودخانه‌ها از جنبه‌های مختلف مانند حفظ سلامت خاک، پایداری مخازن آب، آلودگی محیط زیست، و حفاظت از منابع طبیعی دارای اهمیت است (مشرام[۲] و همکاران، ۲۰۲۰، ۴۵۶۱). با این اوصاف، جهت برنامه‌ریزی و استفاده صحیح و پایدار از منابع آب و خاک در داخل حوضه‌های رودخانه‌ای، آگاهی از تغییرات مکانی عناصر هیدروژئومورفیک (دبی آب، دبی رسوب) و عوامل تعیین‌کننده این تغییرات مهم می‌نماید، چرا که از یک طرف وقوع دبی‌های بالا منجر به افزایش ریسک سیل، زمین‌لغزش، و فرسایش در چشم‌اندازهای طبیعی شده و از طرف دیگر، انتقال مقادیر زیاد رسوبات ممکن است موجب افزایش قدرت تخریبی سیل، تغییر مجرا و بستر رود، پر شدن مخازن ذخیره آب، انسداد شبکه‌های آبیاری و افت کیفی آب شود. این پیامدهای زیان‌بار ناشی از رخداد وقایع حدی هیدرولوژیک که ارتباط نزدیکی با تغییر کاربری و پوشش زمین دارد، از مسائل مهم حوضه‌های آبخیز ایران محسوب می‌شود. گسترش فعالیت‌های انسان در طبیعت، کاربری‌های نامناسب اراضی و بهره‌برداری بی‌رویه و غیراصولی از منابع طبیعی، عرصه‌های وسیعی از کشور را در معرض تخریب اراضی قرار داده است که نتیجه آن بروز عواملی چون افزایش سیلاب‌ها، فرسایش و کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش تولید، بیکاری و پیامدهای منفی اقتصادی- اجتماعی شده است (طالبی و همکاران، ۱۳۹۴، ۴۸). ایران از نظر حجم فرسایش خاک در میان کشورهای منطقه، رتبه نخست و در جهان، رتبه دوم را دارد (کاویان و صفری، ۱۳۹۲: ۱۱۲). در ایران سالانه حدود دو میلیارد تن از خاک‌های حاصل‌خیز زراعی و مرتعی، در اثر بهره‌برداری نادرست و بارندگی شسته شده، از دست می رود. این فرسایش عملاً به شکل تخریب سالانهٔ ۴۰ تا ۵۰ هزار هکتار زمین زراعی و صدها هزار هکتار از زمین های مرتعی و جنگلی نمود می‌یابد (رنجبر، ۱۳۸۸: ۲۱). مطالعات عرب خدری طی سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۹۳، و ۱۴۰۰ نیز دلالت بر اهمیت مسئله فرسایش و رسوبدهی در رودخانه‌های ایران دارد. طبق تحقیقات مذکور میزان فرسایش سالانه ایران حدود یک میلیارد تن و میانگین فرسایش ویژه ۶۰۰ تن در کیلومتر مربع در سال برآورد شده است. به‌علاوه، وی عامل پوشش گیاهی را جزو مهم‌ترین عوامل دخیل در فراسایش و رسوبدهی در ایران دانستند. مسئله فرسایش و رسوبدهی جدا از موضوع سیل نبوده و معمولا در جایی که خاک در اثر برچینی پوشش گیاهی بی‌حفاظ شده و در معرض فرسایش قرار می‌گیرد، قدرت تخریبی سیلاب بیشتر می‌شود، چرا که حجم عظیمی از مواد مسلح را با خود به همراه دارد. سیلاب در ایران هر ساله خسارات ملی و جانی زیادی را به بار می‌آورد. تنها در دهه اخیر به طور متوسط هر ساله ۴۳ سیل در کشور رخ داده که میانگین حدود ۱۴۰ نفر کشته در هر سال به همراه داشته است (اسعدی و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین بایستی دید که پوشش گیاهی چه نقشی در فرایند فرسایش و سیلاب دارد.

یکی از عوامل مهم و موثر در مقدار و شدت رواناب و فرسایش عبارت از پوشش گیاهی به‌ویژه در قالب فرماسیون جنگلی است. پوشش گیاهی به سه طریق بر رواناب و رسوبدهی تاثیر می‌گذارد: ۱- پوشش گیاهی بالای زمین قادر به کاهش اثر فرسایش پاشمانی از طریق تضعیف انرژی گرانی قطرات باران و نگهداشت بخشی از بارندگی است. ۲- لاشبرگ سطحی قادر به تقویت ساختار خاک، افزایش زبری سطح و گیرش مقداری از بارش است. ۳- سیستم ریشه گیاهان قادر به کاهش

[۱] Swain

[۲] Meshram

رواناب و تقویت پایداری خاک به واسطه تقویت تخلخل و نفوذ خاک است (دو[۱] و همکارن، ۲۰۱۳، ۴۴). مطالعات مختلف اشاره به نقش کلیدی جنگل‌ها در چرخه آب، حفاظت خاک و حفاظت از زیستگاه‌ها داشته (طبرزدی و همکاران، ۱۳۹۷، ۹۹۸) و نشان می‌دهد که افزایش یا کاهش پوشش جنگلی نقش موثری در تغییرات رژیم هیدرژئومورفیک رودخانه‌ها داشته است. با از میان رفتن فزایندهٔ مراتع و جنگل‌ها، هر سال بشر شاهد افزایش جریان آب‌های سطحی در مقیاس وسیع‌تری بوده است (شیخ‌بیگلو اسلام، ۱۴۰۰: ۲۸) بنابراین بایسته است تا از نقش و اهمیت پوشش جنگلی در تغییرات مکانی آبدهی و رسوبدهی حوضه‌های آبخیز آگاهی لازم و کافی کسب شود. این موضوع که تغییرات مساحت پوشش جنگلی باعث کاهش یا افزایش میزان دبی آب و دبی رسوب رودخانه‌ها می‌شود، به جهت حفاظت و حمایت از پوشش جنگلی آگاهی‌بخش خواهد بود. همچنین، در صورت وجود روابط معکوس بین پوشش جنگلی از یک طرف و میزان آبدهی و رسوبدهی حوضه‌ها از طرف دیگر، کشف و تعیین شدت و ضعف این ارتباط جهت آگاهی از اثر تخفیفی و تعدیلی جنگل در بروز وقایع حدی (بالاتر از متوسط) آبدهی و رسوبدهی لازم می‌نماید.

نظر به اهمیت مطالعات بین‌رشته‌ای و شناخت برهمکنش‌ها میان اجزاء مختلف زیستی و غیرزیستی حوضه‌های رودخانه‌ای در راستای پایداری و تداوم محیط زیست طبیعی و انسانی، پژوهش حاضر قصد دارد تا از کم و کیف روابط اکوهیدرولوژیک در حوضه‌های آبخیز تالش آگاهی یابد. در سال‌های اخیر بروز فرسایش خاک و سیلاب‌های خطرناک در سطح منطقه فزونی گرفته و باعث وارد ساختن خسارات هنگفت به ابنیه و زمین‌های کشاورزی گردیده است. نمونه آشکار آن سیل شهریورماه سال ۱۴۰۲ بود که خسارت ۱۰۰ میلیارد تومانی به منطقه تالش وارد ساخت (خبرگزاری مهر، ۱۴۰۲). بنابراین آگاهی از کم و کیف ارتباط پوشش جنگلی با تغییرات میزان آبدهی و رسوبدهی حوضه‌ها محسوس می‌باشد. انتظار می‌رود نتایج پژوهش رهنمودی برای حفاظت و حمایت از پوشش جنگلی در جهت توسعه پایدار منابع آب و خاک در منطقه باشد.

پیشینه پژوهش

به طور کلی در مطالعات تغییرات محیطی، ادبیات وسیعی در خصوص رابطه پوشش گیاهی و جنگل‌ها با تغییرات رواناب و رسوبدهی دیده می‌شود. اکثر محققین در صدد برقراری روابط آماری کیفی و کمی بین متغیرهای فوق بوده‌اند. با این حال، برخی از آن‌ها هر نوع پوشش گیاهی را در تغییرات مکانی آبدهی و رسوبدهی دخیل دانسته‌اند و برخی دیگر فقط یک نوع پوشش گیاهی را اعم از زمین کشاورزی، جنگل یا مرتع وارد مدل‌های برآورد دبی و رسوب کرده‌اند. از طرفی در نوع استفاده از متغیر پوشش گیاهی نیز بین محققین تفاوت‌هایی دیده می‌شود. برخی از شاخص گیاهی و تراکم پوشش گیاهی در تبیین تغییرات مکانی متغیرهای هیدروژئومورفیک سود جسته‌اند و برخی دیگر از درصد مساحت پوشش گیاهی برای این کار بهره گرفته‌اند.

از محققینی که بررسی اثرات پوشش گیاهی بر تغییرات مکانی آبدهی و رسوبدهی را مدنظر داشتند می‌توان به مولینا[۲] و همکاران (۲۰۰۸)، ژائو[۳] و همکاران (۲۰۱۶)، نجفیان و همکاران (۱۳۸۹)، و طالبی و همکاران (۱۳۹۴) اشاره کرد. مولینا و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه عوامل موثر بر تغییرات مکانی رسوبدهی در حوضه Paute اکوادور به برتری عامل پوشش گیاهی نسبت به عوامل زمین‌شناسی و توپوگرافی در این خصوص اذعان نمودند. عامل پوشش گیاهی به تنهایی توانست بیش از ۵۷ درصد تغییرات رسوب دهی را توضیح دهد و یک رابطه نمایی منفی مابین پوشش گیاهی و میزان رسوب دهی وجود داشت. ژائو و همکاران (۲۰۱۶) برتری عوامل پوشش گیاهی و توپوگرافی نسبت به عوامل آشفتگی انسانی را در تولید رسوب در فلات لسی چین مورد آزمون قرار دادند. ایشان با استفاده از مقادیر رسوب‌دهی در ۴۶ حوضه اندازه‌گیری به این

---

[۱] Du

[۲] Molina

[۳] Zhao

نتیجه رسیدند که یک همبستگی معنی‌داری بین میزان بار رسوبی و درصد پوشش گیاهی حوضه‌های آبخیز وجود دارد. نجفیان و همکاران (۱۳۸۹) طی پژوهشی که با هدف شناخت بهتر نقش پوشش گیاهی در کنترل فرسایش خاک و تولید رواناب و رسوب در اراضی مرتعی منطقه سوادکوه مازندران انجام دادند، پی بردند که کمترین مقدار رواناب و رسوبدهی در اراضی با بیشترین تراکم گیاهی رخ داده بود. نتیجه این بررسی نشانگر روند غیرخطی معکوس بین درصد پوشش گیاهی و بار رسوب بود. طالبی و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی اثر کابری اراضی فعلی و بهینه روی رسوب‌دهی حوزه شور و شیرین شیراز به این نتیجه دست یافتند که عامل پوشش گیاهی در شرایط بهینه نقش برجسته‌ای در کاهش دبی آب و دبی رسوب دارد.

از محققینی که به نوع فرماسیون گیاهی را در تحلیل اثرات پوشش گیاهی بر تغییرات مکانی آبدهی و رسوبدهی توجه داشتند و به نوعی مطالعه دقیق‌تری انجام دادند می‌توان به یانگ[۱] و همکاران (۲۰۰۴)، دو[۲] و همکاران (۲۰۱۳)، سم[۳] و خوی[۴] (۲۰۲۲)، ثقفیان و همکاران (۱۳۸۴)، فرخزاده و همکاران (۱۳۸۷)، اتحادی ابری و همکاران (۱۳۹۸)، و کریمی و همکاران (۱۴۰۱) اشاره کرد. یانگ و همکاران (۲۰۰۴) ضمن بررسی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر جریان رسوب معلق رودخانه یانگ تسه به اثرات پوشش گیاهی نیز در این خصوص توجه نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که فعالیت‌های انسانی قبل از دهه ۱۹۶۰ به تدریج موجب افزایش جریانات رسوب شده و به دنبال آن بعد از این دهه به سرعت موجب کاهش آن گردیده است. چنین آشکار شد که تغییرات پوشش جنگلی به صورت جنگل‌زدایی به افزایش میزان دبی سیلابی و رسوبدهی رودخانه منجر شده است. دو و همکاران (۲۰۱۳) طی تحلیل آماری روابط پوشش گیاهی با میزان دبی و رسوبدهی حوضه رودخانه جینشا در کشور چین به رابطه معکوس بین پوشش گیاهی و آبدهی و رسوبدهی دست یافتند. در این راستا، پوشش جنگلی قادر به تبیین ۲۴ درصد و ۱۷ درصد واریانس به ترتیب آبدهی و رسوبدهی حوضه مورد مطالعه بود. سم و خوی (۲۰۲۲) طی بررسی اثر تغییرات زمانی پوشش زمین بر میزان دبی و رسوبدهی در حوضه رودخانه مکونگ پی بردند که همبستگی مثبت معنی‌داری بین پوشش زمین کشاورزی و میزان دبی و رسوبدهی وجود دارد. در مقابل، پوشش جنگلی از همبستگی منفی با میزان دبی و رسوبدهی برخوردار بود. ثقفیان و همکاران (۱۳۸۴)، جهت تجزیه و تحلیل منطقه‌ای رسوب در ۲۰ حوضه واقع در جنوب غرب ایران به کمک پردازش تصاویر ماهواره ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی به تجزیه و تحلیل عاملی پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که درصد اراضی جنگلی و مراتع خوب (شاخص پوشش گیاهی بزرگتر از ۴/ .) رابطه معکوسی با تولید رسوب و انتقال ان داشته‌اند. فرخزاده و همکاران (۱۳۸۷) طی بررسی اثرات عوامل زمین‌شناسی و پوشش گیاهی بر شیب منحنی‌های سنجه رسوب و به عبارتی شدت رسوبدهی در حوضه‌های مختلف کشور به اثرات تخفیفی پوشش گیاهی جنگلی بر تولید رواناب و رسوبدهی پی بردند. نتایج تحقیق نشان داد که درصد اراضی جنگلی از رابطه معکوسی با رسوبدهی برخوردار بود. اتحادی ابری و همکاران (۱۳۹۸) جهت مطالعه اثرات پوشش گیاهی بر میزان رواناب و تولید رسوب در حوزه آبخیز جنگل خیرود واقع در نوشهر از عملیات میدانی و پلات‌گذاری استفاده کردند. نتایج ایشان نشان داد که با تغییر پوشش گیاهی جنگلی، میزان رواناب و رسوب خروجی افزایش یافت. کریمی و همکاران (۱۴۰۱) یک منشأیابی از رسوب معلق در حوضه آبخیز واز استان مازندران به ثمر رساندند. ایشان به این نتیجه رسیدند که در بین انواع پوشش زمین (جنگل، مرتع، کشاورزی، رودکناری)، کمترین رسوب تولیدی متعلق به پوشش جنگلی بود.

منطقه مورد مطالعه

[۱] Yang

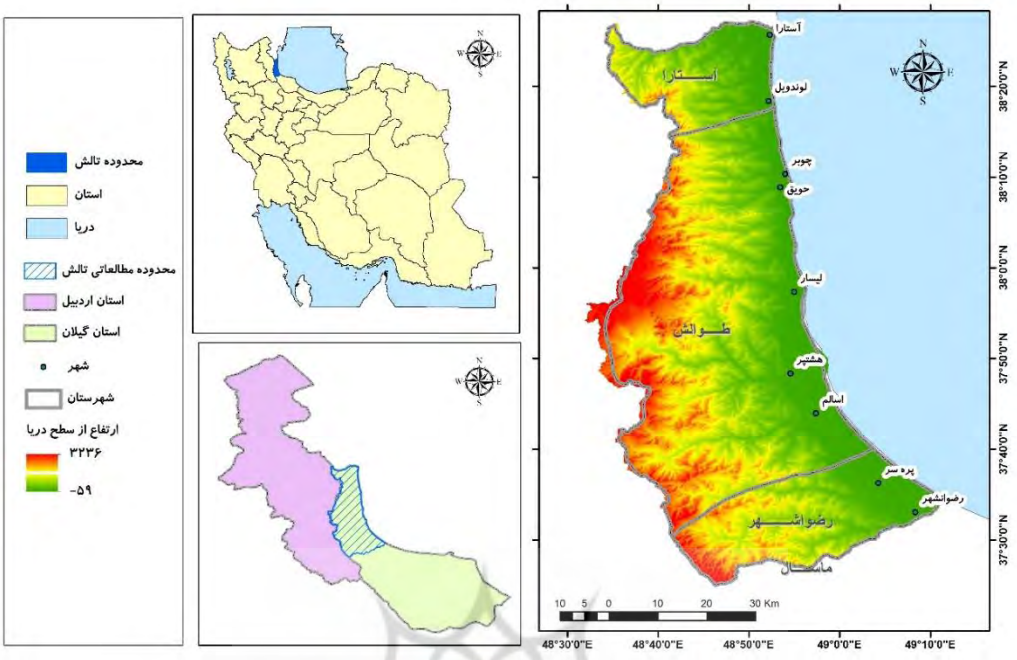
[۲] Du

[۳] Sam

[۴] Khoi

منطقه تالش که با عنوان محدوده مطالعاتی تالش در تقسیمات آب منطقه‌ای شناخته می‌شود، با مساحت ۳۲۰۷ کیلومترمربع در عرض‌های جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی واقع گردیده است (شکل ۱). از لحاظ تقسیمات سیاسی، منطقه تالش در نیمه شمالی استان گیلان قرار گرفته و از شمال، شرق و غرب به ترتیب با کشور آذربایجان، استان اردبیل و دریای خزر هم‌جوار است. شهرهای آستارا، لیسار، هشتپر و رضوانشهر از مراکز عمده جمعیتی منطقه هستند که در قسمت جلگه‌ای و ارتفاعات پایین ۱۰۰ متر از سطح دریا استقرار یافته‌اند. به لحاظ توپوگرافی بیشتر منطقه به واحد کوهستان تعلق دارد که با امتداد جنوبی – شمالی تا مرز ایران و آذربایجان کشیده شده است. بلندترین این کوه‌ها ۳۲۳۶ متر ارتفاع دارند. جلگه تالش که که شرق منطقه را شامل می‌شود، بر روی تشکیلات آبرفتی حاصل از فعالیت فرسایشی رودخانه‌های منتهی به دریای خزر بنا شده است. این جلگه در قسمت شمالی باریک بوده و عرضی بین ۲ تا ۳ کیلومتر دارد، اما رفته‌رفته در جنوب پهن‌تر شده و عرضی بین ۶ تا ۸ کیلومتر پیدا می‌کند. پست‌ترین نقطه تالش در این جلگه، ۵۹ متر پایین‌تر از سطح دریاهای آزاد قرار دارد. دوری و نزدیکی به دریای خزر و نحوه پراکنش و امتداد ارتفاعات از عوامل مهم و تعیین‌کننده در اقلیم این منطقه هستند. تغییرات ارتفاعی قابل‌توجه در یک مسافت کوتاه باعث تنوع اقلیمی شدید گردیده و مجاورت با پهنه آبی خزر به عنوان منبع رطوبتی، باعث تعدیل شرایط اقلیمی شده است (ساری صراف و همکاران، ۱۳۸۸، ۶۸). در کل منطقه، حاکمیت با درجات مختلف اقلیم مرطوب بوده و منحنی‌های همبارش ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌متر با روند افزایشی تقریبا غربی- شرقی اشاره به بارندگی بالای این منطقه دارد. افزایش دما از سمت رشته کوه تالش در غرب به سمت نوار ساحلی دریای خزر در شرق با دامنه ۴ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشهود است. این شرایط توپوکلیمایی حاکم بر منطقه از طریق هوازدگی بیوفیزیکی و بیوشیمایی شرایط لازم را برای گسترش خاک‌های ضخیم و حاصلخیز و به دنبال آن تشکیل جنگل‌های انبوه و نیمه‌انبوه فراهم ساخته است. این جنگل‌ها که از حاشیه جلگه تالش شروع شده و تا ارتفاعات ۲۰۰۰ متری پراکنش دارند، نقش مهمی در جلوگیری از رخداد فرایندهای رواناب سریع و فرساینده داشته و حفظ تعادل زیست‌محیطی منطقه را بر عهده دارند. زون ساختمانی تالش از ساختمان شکسته و چین‌های فشرده‌ای برخوردار بوده و رودخانه‌ها به عنوان عامل برتر فرسایش در دره‌های عمیق و پرپیچ و خمی جریان دارند. دبی رودها در اواخر پاییز و زمستان اوجی را ثبت نموده و در اواخر بهار و اوایل تابستان کاهش می‌یابد. قدرت فرسایشی و سیلابی بالای رودها منبعث از شرایط توپوکلیما و زمین‌ساختی منطقه تالش، نشانگر حساسیت حوضه‌های آبخیز منطقه در برابر دخالت‌های آنتروپوژئومورفیک و تغییر شرایط اکوهیدرولوژیکی آن‌هاست.

پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه تالش

مواد و روش پژوهش

پژوهش حاضر به لحاظ هدف از نوع کاربردی و از نظر روش از نوع همبستگی می‌باشد. جامعه تحقیق شامل محدوده مطالعاتی تالش و جامعه نمونه شامل ۱۲حوضه آبخیز مهم این محدوده بود. انتخاب حوضه‌ها بر اساس داشتن اندازه‌گیری-های طولانی و قابل اعتماد ایستگاه‌های هیدرومتری بوده و حتی‌الامکان پراکنش مناسب حوضه‌ها در سطح منطقه نیز درنظر گرفته شد. داده‌های مورد استفاده شامل آمار دبی و رسوب متناظر ایستگاه‌های هیدرومتری از یک طرف و تصاویر ماهواره‌ای رقومی شامل مدل رقومی ارتفاعی سنجنده استر و تصویر لندست ۸ بود. ابزارهای تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات شامل سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، گوگل ارث، تحلیل آماری SPSS و صفحه گسترده Excel بود.

جهت بررسی روابط کمی بین متغیرهای هیدروژئومورفیک (دبی آب/رسوب) و پوشش جنگلی چهار مرحله طبق شکل ۲ طی گردید به ترتیب شرح داده شده است.

شکل ۲: فلوچارت مراحل تحقیق

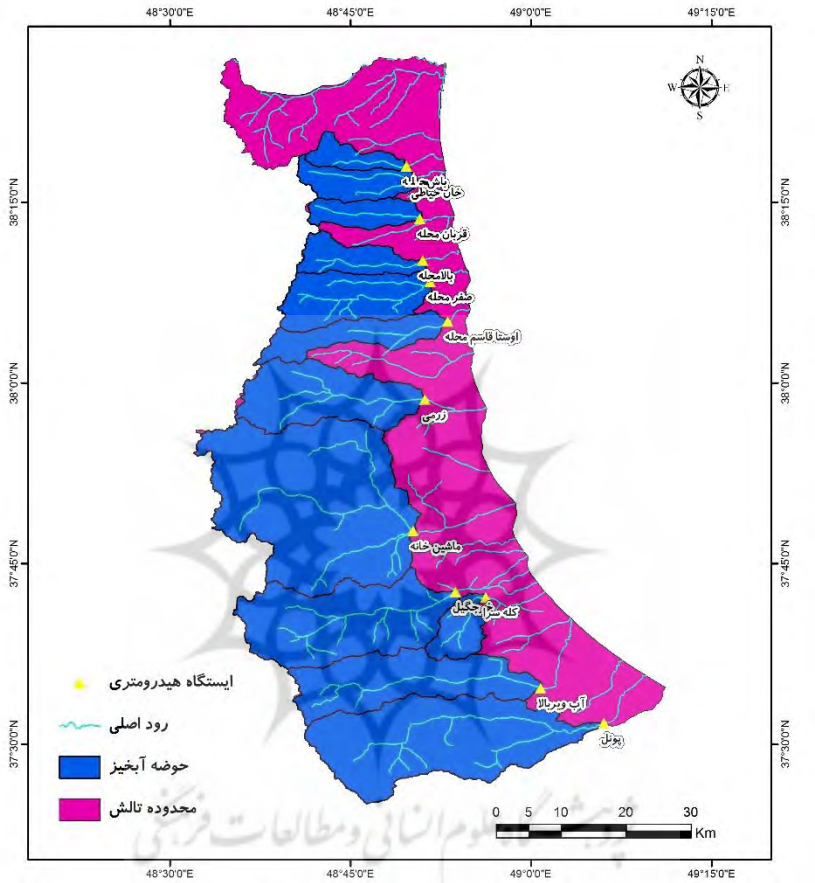
آماده‌سازی و آزمون کفایت آماری داده‌ها. پس از اخذ داده‌های خام دبی و بار رسوبی از سازمان آب منطقه‌ای نسبت به انتخاب ایستگاه‌های دارای آمار کافی و صحیح اقدام شد. ۱۲ ایستگاه هیدرمتری طوری انتخاب شدند که حوضه‌های اصلی را دربرداشته و نیز در حاشیه جلگه ساحلی به سمت جنگل‌ها بودند. مشخصات ۱۲ حوضه منتخب در جدول ۱ آورده شد. همچنین شکل ۳ موقعیت ایستگاه‌ها و حوضه‌های بالادست آن‌ها را نشان می‌دهد. بالطبع دور بودن ایستگاه‌ها از مراکز تجمع انسانی می‌تواند نمود صریح و واقع‌بینانه‌تری از اثرات جنگل بر فرایندهای رواناب و فرسایش حوضه‌ها ارائه دهد. گذشته از این، جهت نمایش وضعیت کنونی حوضه‌ها به لحاظ اکوهیدرولوژیکی، به داده‌های آخرین سال آماری ثبت‌شده که سال آبی ۱۳۹۹–۱۴۰۰ بود، اکتفا شد. قبل از محاسبه میانگین ماهانه دبی و رسوبدهی ایستگاه‌های هیدرومتری، آزمون همگنی داده‌ها به روش ران[۱] جهت آگاهی از تصادفی بودن داده‌های نمونه صورت گرفت. تمامی این محاسبات در محیط نرم‌افزاری اکسل صورت گرفت.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری و حوضه‌های آبخیز در محدوده مطالعاتی تالش

نام ایستگاه	نام رودخانه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	مساحت حوضه (کیلومترمربع)
آب‌ویر بالا	دیناچال	۳۷-۳۴-۴۲	۴۹-۰۰-۵۱	۲۰۲/۳
اوستاقاسم محله	شیرآباد	۳۸-۰۶-۰۶	۴۸-۵۴-۰۸	۶۴/۱
باش‌محله	لوندویل	۳۸-۱۸-۳۷	۴۸-۵۲-۱۱	۳۷/۴
بالامحله	چوبر	۳۸-۱۰-۵۴	۴۸-۵۳-۳۶	۶۱/۹
پونل	شفارود	۳۷-۳۱-۴۷	۴۹-۰۶-۰۵	۳۴۸/۶
خان‌حیاطی	چلوند	۳۸-۱۷-۰۷	۴۸-۵۰-۱۶	۶۱/۶
خرجگیل	ناورود	۳۷-۴۲-۴۱	۴۸-۵۳-۴۴	۲۶۴/۸
زرمی	لیسار	۳۷-۵۸-۳۶	۴۸-۵۱-۱۱	۱۷۴/۹

[۱] Run Test

صفرمحله	حویق	۳۸-۰۸-۲۴	۴۸-۵۱-۳۷	۱۲۶/۸
قربان محله	لمیرچای	۳۸-۱۳-۴۰	۴۸-۵۰-۴۳	۵۱/۶
کله‌سرا	خاله‌سرا	۳۷-۴۲-۰۸	۴۸-۵۶-۱۷	۴۹/۲
ماشین‌خانه	کرگانرود	۳۷-۴۷-۴۲	۴۸-۵۰-۱۱	۵۲۸/۱



شکل ۳: موقعیت حوضه‌های آبخیز تالش

استخراج پوشش جنگلی. جهت محاسبه درصد پوشش جنگلی حوضه‌های آبخیز از پردازش تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به گذر ۱۶۶ و ردیف ۳۴ که در ۳ ژوئن سال ۲۰۲۲ میلادی (۱۳ خردادماه سال ۱۴۰۱ هجری شمسی) اخذ شده بود، استفاده گردید. در انتخاب تصاویر ماهواره‌ای مناسب سعی شد اولا با توجه به وقوع بیشترین سبزینگی منطقه در ماه‌های خرداد و تیر (شاه‌زیدی، ۱۴۰۲، ۱۷۴) تصویر مورد نظر از این ماه‌ها باشد. ثانیا سال آماری اخذ تصویر نزدیک به سال آماری داده‌های دبی و بار رسوبی باشد. در نهایت، با درنظر گرفتن برخی محدودیت‌های تصاویر از جمله پوشش ابری، تصویر مورد نظر انتخاب شد. تصویر منتخب از نوع سطح دو لندست (Level-2) بوده و نیازی به تصحیح هندسی و رادیومتریک نداشت. جهت انجام طبقه‌بندی تصویر مربوط از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال[1] به لحاظ دقت بالای آن در تفکیک جنگل از غیرجنگل کمک گرفته شد. جهت این کار، ادغام سه باند سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک (۲-۳-۴) تصویر لندست در محیط نرم‌افزاری Envi در دستور کار قرار گرفت. اما جهت انجام طبقه‌بندی نیاز به نمونه‌های تعلیمی بود که به کمک تصاویر Google Earth و در تطبیق با نقشه‌های توپوگرافی و NDVI منطقه با پراکنش مناسب تهیه

[1] Maximum likelihood classification

شد. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از ۳۰۰ نقطه تعلیمی (۱۰۰ نقطه برای طبقه جنگل و ۲۰۰ نقطه برای طبقه غیرجنگل) انجام گرفت. در تهیه و انتخاب نمونه‌های تعلیمی سعی شد نمونه‌ها در مرکز توده‌های جنگلی پیوسته بوده و در داخل نوارهای باریک پوشش جنگلی یا حاشیه جاده‌ها قرار نگرفته باشد. از آن جایی هیچ طبقه‌بندی تا زمانی که دقت آن مورد ارزیابی قرار نگرفته است، تکمیل نیست، نیمی از نقاط تعلیمی برای انجام طبقه‌بندی و نیمی دیگر برای ارزیابی صحت آن مورد استفاده قرار گرفت.

– **آزمون همبستگی و رگرسیون**. پس از اطمینان از تصادفی‌بودن داده‌های میانگین ماهانه دبی و رسوبدهی، و نیز محاسبه درصد پوشش جنگلی حوضه‌ها، آزمون روابط همبستگی بین متغیرهای پوشش جنگلی و دبی آب و دبی رسوب در محیط نرم‌افزاری SPSS انجام گرفت. در مورد متغیرهای هیدروژئومورفیک هم مقادیر میانگین و هم مقادیر حدی (بیشینه و کمینه) مدنظر قرار گرفت. سطح معنی‌داری روابط همبستگی برابر با ۰/۰۵ و کمتر درنظر گرفته شد. در گام آخر، آن دسته از متغیرها که از روابط معنی‌داری با یکدیگر برخوردار بودند، وارد آزمون رگرسیون دومتغیره شدند. آزمون روابط رگرسیونی جهت رسیدن به معادله پیش‌بین رفتار یک متغیر از روی یک متغیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. متغیر مستقل یا پیشگو در این جا عبارت از درصد پوشش جنگلی بوده و متغیرهای وابسته یا برآوردی عبارت از دبی جریان و دبی رسوب بود.

بحث و یافته‌ها

نتایج حاصل از مراحل مختلف انجام تحقیق به ترتیب مورد کنکاش و بحث قرار گرفت که در ذیل می‌آید:

گام اول. تحلیل آمار توصیفی دبی آب و دبی رسوب

آماره‌های توصیفی مربوط به میانگین ماهانه دبی و رسوبدهی جهت آگاهی از نحوه توزیع و تغییرات آن‌ها در بین حوضه‌های آبخیز طبق جدول (۲) محاسبه گردید. با این که تفاوت حوضه‌های آبخیز به لحاظ مساحت قابل‌توجه می‌باشد، اما از لحاظ دبی جریان تفاوت قابل‌توجهی بین حوضه‌ها دیده نمی‌شود. در این رابطه، ارقام انحراف معیار دبی‌های متوسط، کمینه و بیشینه نشانگر یک همگنی در حوضه‌های آبخیز تالش است، هرچند که این همگونی به لحاظ دبی بیشینه کمتر می‌شود. بالاترین (۵/۵ مترمکعب بر ثانیه) و پایین‌ترین (۰/۹ مترمکعب بر ثانیه) دبی متوسط ماهانه به ترتیب به ایستگاه‌های ماشین‌خانه و بالامحله تعلق دارد. با درنظر گرفتن ارقام دبی‌های بیشینه و کمینه می‌توان گفت که کمترین دبی ماهانه (۰/۱ مترمکعب بر ثانیه) در دو ایستگاه بالامحله و اوستاقاسم محله ثبت شده است. در مقابل، بیشترین دبی ماهانه (۱۰/۵ مترمکعب بر ثانیه) در ایستگاه ماشین‌خانه رخ داده است. در حوضه‌های مورد مطالعه، معمولا بیشترین دبی آب در اواخر پاییز مشاهده شده و کمترین آن نیز در اوایل تابستان رخ می‌دهد. بر خلاف متغیر دبی، نوسانات و تفاوت‌های قابل‌توجهی در میزان رسوبدهی ماهانه، هم در بین فصول و هم مابین حوضه‌های آبخیز مشاهده می‌شود. مقادیر چشمگیر آماره‌های واریانس و انحراف معیار در مربوط به متغیرهای رسوبدهی متوسط و بیشینه اشاره به ناهمگونی و عدم تجانس منطقه‌ای به لحاظ بار رسوبی خروجی از حوضه‌ها دارد. پایین‌ترین و بالاترین رسوبدهی متوسط سالانه به ترتیب برابر با ۰/۵ و ۳۶۱۷ تن در روز در ایستگاه‌های کله‌سرا و خرجگیل ثبت شده است. با درنظر گرفتن ارقام دبی‌های بیشینه و کمینه می‌توان گفت که کمترین رسوبدهی ماهانه (۰/۰۱ تن در روز) در دو ایستگاه پونل و اوستاقاسم محله ثبت شده است. در مقابل، بیشترین رسوبدهی ماهانه (۷۰۸۴۵ تن در روز) به ایستگاه خرجگیل تعلق دارد. به لحاظ نحوه توزیع ماهانه رسوبدهی بیشترین بار رسوب عموما در ماه‌های آبان و آذر از حوضه‌ها خارج می‌شود. ماه‌های تیر و مرداد کمترین رسوبدهی ماهانه را دارند.

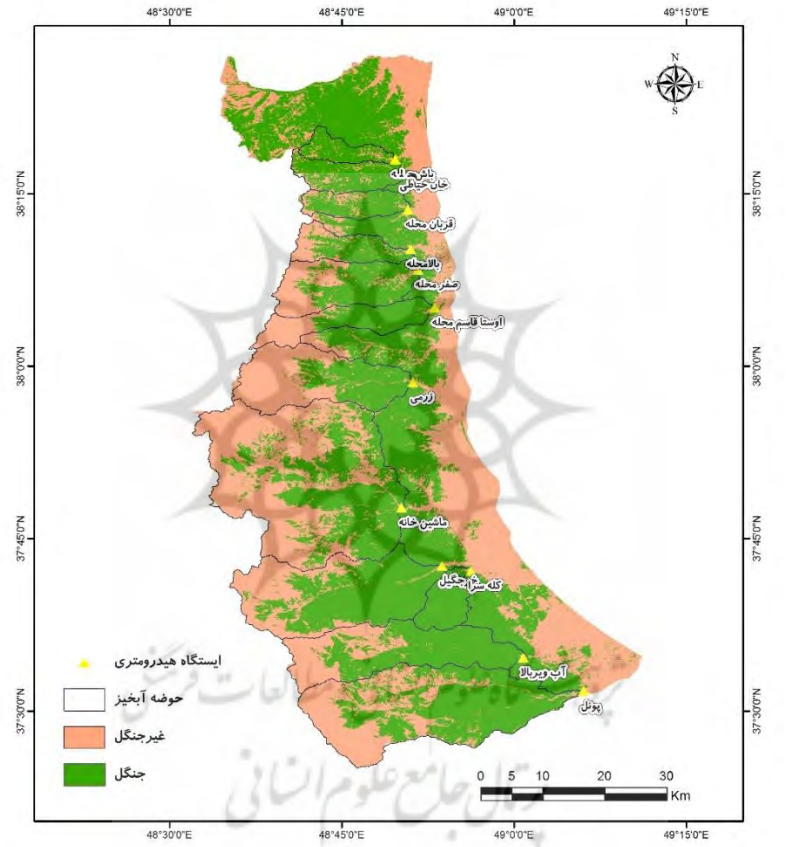
جدول ۲: آمار توصیفی دبی (مترمکعب بر ثانیه) و رسوبدهی (تن در روز) ماهانه در ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده تالش

متغیر	میانگین	میانه	کمینه	بیشینه	واریانس	انحراف معیار

دبی متوسط	۲/۱	۱/۴	۰/۹	۵/۵	۲/۲	۱/۵
دبی کمینه	۰/۷۴	۰/۶	۰/۱	۱/۸	۰/۴۱	۰/۶۴
دبی بیشینه	۴/۱	۲/۸	۱/۷	۱۰/۵	۸/۵	۲/۹
رسوبدهی متوسط	۳۳۸	۹/۹	۰/۴۷	۳۶۱۷	۱۰۷۲۹۰۶	۱۰۳۶
رسوبدهی کمینه	۳/۶	۰/۱۶	۰/۰۱	۳۸/۱	۱۱۸/۲	۱۰/۹
رسوبدهی بیشینه	۶۲۶۸	۷۶/۳	۱/۶	۷۰۸۴۵	۴۱۴۳۲۳۴۳۲	۲۰۳۵۴

گام دوم. طبقه‌بندی پوشش جنگلی

نتایج طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای به روش حداکثر احتمال در قالب دو کلاس جنگل/غیرجنگل ارائه شد (شکل ۴).



شکل ۴: نقشه پوشش جنگلی منطقه تالش در سال ۲۰۲۲ میلادی

با توجه به این که طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در دو کلاس مشخص جنگل و غیرجنگل انجام شد و در انتخاب نمونه‌های تعلیمی نیز دقت لازم صورت گرفت، انتظار می‌رفت که نتایج طبقه‌بندی از صحت بالایی برخوردار باشد. نتایج حاصل نیز دلالت بر این واقعیت داشت، به طوری‌که صحت کلی و ضریب کاپای طبقه‌بندی تصویر به ترتیب برابر با ۹۷/۱۴ درصد و ۰/۹۴ به دست آمد. نکته جالب توجه در نقشه پوشش جنگلی، تطابق آن با نقشه طبقات ارتفاعی است. مرز بالایی جنگل در کوهستان‌های تالش در ارتفاع ۲۰۰۰ متری از سطح دریاست (ساری صراف، ۱۳۸۸، ۶۹). به دلیل ارتفاع کمتر خط‌الرأس حوضه‌های شمالی (عمدتا پایین ۲۰۰۰ متر) نسبت به حوضه‌های میانی و جنوبی، قسمت عمده حوضه‌های شمالی پوشیده از جنگل می‌باشد.

پس از تهیه نقشه پوشش جنگلی منطقه از طریق تقاطع تصویر حاصل با لایه حوضه‌های آبخیز، درصد پوشش جنگلی برای هر یک از حوضه‌ها محاسبه شد. نتایج این محاسبات در جدول (۳) آورده شد. بیشینه و کمینه درصد پوشش جنگلی

به ترتیب در حوضه‌های خاله‌سرا (۹۹٪) و کرگانرود (۴۰/۹٪) دیده می‌شود. این در حالی است که حوضه خاله‌سرا بعد از حوضه لوندویل کمترین مساحت را در بین سایر حوضه‌ها دارد. اما حوضه کرگانرود از بالاترین مساحت در بین حوضه‌های تالش برخوردار است.

جدول ۳: مقادیر درصد پوشش جنگلی در حوضه‌های آبخیز تالش

نام ایستگاه	نام حوضه	مساحت حوضه (کیلومترمربع)	مساحت جنگل (کیلومترمربع)	درصد پوشش جنگلی
آب‌ویر بالا	دیناچال	۲۰۲/۳	۱۲۹/۵	۶۴
اوستاقاسم محله	شیرآباد	۶۴/۱	۵۲/۶	۶۱/۳
باش‌محله	لوندویل	۳۷/۴	۳۱/۲	۸۳/۵
بالامحله	چوبر	۶۱/۹	۳۷/۸	۶۱/۱
پونل	شفارود	۳۴۸/۶	۲۰۱/۷	۵۷/۹
خان‌حیاطی	چلوند	۶۱/۶	۴۹/۸	۸۰/۹
خرجگیل	ناورود	۲۶۴/۸	۱۷۰/۳	۶۴/۳
زرمی	لیسار	۱۷۴/۹	۷۱/۷	۴۱
صفرمحله	حویق	۱۲۶/۸	۷۱/۱	۵۶/۱
قربان محله	لمیرچای	۵۱/۶	۳۸/۸	۷۵/۲
کله‌سرا	خاله‌سرا	۴۹/۲	۴۸/۶	۹۹
ماشین‌خانه	کرگانرود	۵۲۸/۱	۲۱۶/۱	۴۰/۹

گام سوم. تحلیل همبستگی و رگرسیون

نتایج آزمون تصادفی بودن داده‌های دبی و رسوبدهی ماهانه نشان داد که میزان .Sig آزمون برای داده‌های دبی و رسوبدهی تمامی ایستگاه‌ها بالاتر از ۰/۰۵ بوده و و پیش‌شرط لازم برای آزمون روابط همبستگی و رگرسیونی فراهم است. برقراری روابط همبستگی دوسویه بین متغیر پوشش جنگلی و متغیرهای دبی و رسوبدهی حوضه‌ها، نوع و شدت روابط کمی بین متغیرهای مورد بررسی را روشن ساخت (جدول ۴). نتایج حاصل نشان می‌دهد که روابط معنی‌داری بین پوشش جنگلی و دبی جریان حوضه‌ها وجود دارد. این روابط معنی‌دار تنها در خصوص دبی کمینه برقرار نیست. این موضوع دور از انتظار نیست، چرا که تفاوت میان حوضه‌های آبخیز به لحاظ دبی‌های کمینه ماهانه ناچیز بوده و تبیین موضوع را دشوار می‌سازد. با این حال ضریب همبستگی حتی در خصوص دبی کمینه نیز ضعیف نبوده و نشانگر اثر مشخص جنگل بر رواناب و آبدهی حوضه‌های آبخیز تالش است. وجود رابطه معکوس بین درصد پوشش جنگلی و دبی حوضه‌ها دلالت بر نقش حفاظتی جنگل در نگاهداشت آب حاصل از بارندگی و تعدیل فرایند بارش- رواناب و جلوگیری از بروز سیلاب‌های مخاطره‌بار است.

جدول ۴: نتایج آزمون همبستگی بین درصد پوشش جنگلی و دبی و رسوبدهی ماهانه حوضه‌ها در منطقه تالش

متغیر وابسته		دبی متوسط	دبی بیشینه	دبی کمینه	رسوبدهی متوسط	رسوبدهی بیشینه	رسوبدهی کمینه
درصد پوشش جنگلی	R	-۰/۵۷۱	-۰/۵۸۲	-۰/۴۶۱	-۰/۰۶۸	-۰/۰۴۵	-۰/۰۶۳
	Sig.	۰/۰۵۱	۰/۰۴۷	۰/۱۳۱	۰/۸۳۳	۰/۸۸۹	۰/۸۴۷

بر خلاف روابط معنی‌دار میان پوشش جنگلی و دبی، روابط میان پوشش جنگلی و رسوبدهی در حوضه‌های مورد مطالعه معنی‌داری نیست. با این که ضرایب همبستگی، منفی بوده و نشانگر نقش مثبت و حفاظتی پوشش گیاهی در کنترل فرسایش و کاهش رسوبدهی است، با این حال ارقام خیلی‌پایین ضرایب اشاره به رابطه ضعیف بین متغیرهای مذکور دارد.

وجود چنین رابطه‌ای میان پوشش جنگلی و بار رسوبی حوضه‌های آبخیز را می‌توان از جهات مختلف تبیین و مورد بازبینی قرار داد. اصولا ماهیت نامنظم و پیچیده تولید و انتقال رسوب، برقراری روابط میان میزان رسوبدهی و متغیرهای محیطی موثر بر آن را دشوار می‌نماید. در این بین، مساله ذخیره و حرکت مجدد رسوب در بین راه مشکلات زیادی در فهم رفتار رسوب معلق به وجود می‌آورد. کارهای پیشین نشان داده است که میزان رسوبات فرسوده عمدتا از طریق عدم پوشش زمین محافظ تعیین می‌شود، در حالی که تحویل رسوب به رودخانه از طریق رسوبات فرسوده درجا و روابط میان منبع رسوب و رودخانه‌ها تعیین می‌شود (شی [۱]و همکاران، ۲۰۱۴، ۲۰۰). بنابراین به نظر می‌رسد که مدلسازی تغییرات مکانی رسوبدهی حوضه‌ها از طریق کاستن فاصله میان منبع رسوب‌زایی و مجرای رودها بهبود یابد. تفکیک حوضه‌های کوهستانی و دشتی یا حوضه‌های بزرگ و کوچک از همدیگر یکی از راهکاری موثر در این زمینه بوده است. علاوه بر این بایستی دانست که رابطه بین پوشش گیاهی و رسوبدهی حوضه‌های آبخیز پیچیده و غیریکنواخت است، و از این رو احتمالا استفاده از روابط غیرخطی، تبیین روابط را کامل‌تر و روشن‌تر سازد (اصغری سراسکانرود و جدیدالاسلامی قلعه نو، ۱۴۰۱، ۶۵). محققینی چون مولینا و همکاران (۲۰۰۸)، اویانگ[۲] و همکاران (۲۰۱۰)، و نجفیان و همکاران (۱۳۸۹) به مفید بودن روابط غیرخطی در روابط میان پوشش گیاهی و بار رسوبی حوضه‌ها اذعان داشتند. نکته مهم دیگری که نبایستی از آن غافل شد، تعدد عوامل دخیل در تولید رسوب و انتقال آن به خروجی حوضه‌هاست. این عوامل شامل عوامل طبیعی جون اقلیم، توپوگرافی، زمین‌شناسی و پوشش گیاهی و ... از یک سو و عوامل انسانی چون کاربری اراضی، تاسیسات مهندسی، کشاورزی و ... است. برهمکنش پیچیده و پویا بین عوامل مذکور گاها مدل‌سازی تغییرات مکانی رسوبدهی را مشکل می‌سازد.

مساحت حوضه‌ها یکی از اساسی‌ترین عواملی است که می‌تواند کم و کیف روابط بین متغیرهای محیطی را تحت‌الشعاع خود قرار دهد، به‌طوری که حتی از این عامل به عنوان متغیر گمراه‌کننده نیز یاد کرده‌اند. جهت آگاهی از تاثیر این متغیر بر روابط بین پوشش جنگلی و متغیرهای هیدروژئومورفیک و تبیین بهتر موضوع پیچیدگی فرایندهای رواناب و فرسایش، آزمون همبستگی دیگری بین سه متغیر مورد مطالعه و متغیر مساحت حوضه‌ها انجام شد. نتایج تحلیل همبستگی واقعیات مهمی را در این زمینه آشکار ساخت. طبق آماره‌های حاصل در جدول (۵) معلوم می‌شود که اولا با افزایش مساحت حوضه‌ها میزان پوشش جنگلی آن‌ها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. ثانیا مساحت حوضه‌ها اثر قاطعی بر تغییرات دبی آن‌ها داشته و رابطه کاملا مستقیمی بین این دو متغیر وجود دارد. ثالثا این که با افزایش مساحت حوضه‌ها میزان رسوبدهی آن‌ها نیز افزایش می‌یابد، هر چند که بار دیگر به خاطر همان موضوع پیچیدگی فرایند ذخیره و انتقال رسوب، این رابطه معنی‌دار نیست. رابطه منفی که بین مساحت حوضه با درصد پوشش جنگلی وجود دارد، اشاره به همان خط فوقانی جنگل یا درختمرز در منطقه تالش دارد. این رابطه چنین قابل توجیه است که با افزایش مساحت حوضه‌ها، خط‌الرأس آن‌ها عقب‌تر نشسته و از ارتفاع ۲۰۰۰ متری که مرز جنگل است، فراتر می‌رود. از نگاهی دیگر می‌توان گفت که با افزایش مساحت حوضه‌ها بر درصد زمین‌های برهنه یا رخنمون سنگی در بالادست حوضه‌ها افزوده می‌شود. بنابراین فرایند تبدیل بارش به رواناب سریع‌تر صورت گرفته و شدت مورفوژنز در دامنه‌های عاری از پوشش گیاهی و قسمت‌های پرشیب مجرای رودخانه افزایش می‌یابد. رابطه کاملا مستقیم بین مساحت و دبی در حوضه‌های مورد مطالعه تأییدی بر این واقعیت است. حتی افزایش میزان رسوبدهی حوضه‌ها با افزایش مساحت آن‌ها نیز علی‌رغم معنی‌دار نبودن می‌تواند در تکمیل روابط اولی (مساحت حوضه– درصد جنگل) باشد.

جدول ۵: نتایج آزمون همبستگی بین مساحت حوضه و درصد پوشش جنگلی و دبی و رسوبدهی ماهانه آن‌ها در منطقه تالش

[۱] Shi

[۲] Ouyang

متغیر وابسته		درصد پوشش جنگلی	دبی متوسط	دبی بیشینه	دبی کمینه	رسوبدهی متوسط	رسوبدهی بیشینه	رسوبدهی کمینه
مساحت حوضه	R	-۰/۶۵۶	۰/۹۵۶	۰/۹۶۳	۰/۸۹۵	۰/۲۲۷	۰/۲۱۴	۰/۲۶۸
	Sig.	۰/۰۲۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۴۷۸	۰/۵۰۴	۰/۳۹۹

در ادامه تحلیل‌های همبستگی و با توجه به نتایج حاصل، این سوال پیش آمد که آیا عمل تفکیک حوضه‌ها می‌تواند بهبودی در روابط پوشش جنگلی با رسوبدهی حوضه‌ها حاصل نماید یا خیر؟ بنابراین حوضه‌های مورد مطالعه به دو گروه اول (مساحت بالای ۱۰۰ کیلومترمربع) و دوم (مساحت کمتر از ۱۰۰ کیلومترمربع) تقسیم شدند. آزمون روابط همبستگی بین پوشش جنگلی و متغیرهای دبی و رسوبدهی حوضه‌ها به تفکیک دو گروه در جدول (۶) آورده شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که این بار، شدت روابط بین درصد پوشش جنگلی و دبی حوضه‌ها کاهش یافته است. در مقابل، روابط بین درصد پوشش جنگلی و رسوبدهی حوضه‌ها بهبود یافته و ضرایب همبستگی بالایی (بزرگ‌تر از ۰/۶) مخصوصا در حوضه‌های کوچک مشاهده می‌شود. علی‌رغم این بهبود در روابط دوسویه، هیچ کدام از روابط معنی‌دار نیست. این موضوع در خصوص متغیر وابسته دبی نیز صدق می‌کند. یکی از دلایل اصلی عدم معنی‌داری روابط همانا تعداد کم نمونه‌هاست که در هر گروه به ۶ نمونه رسیده است. فارغ از این موضوع، افزایش شدت همبستگی مابین درصد پوشش جنگلی و رسوبدهی در حوضه‌های کوچک نسبت به حوضه‌های بزرگ مهم می‌نماید. این واقعیت از جهات مختلف قابل تبیین است. حوضه‌های کوچک تمامی فرایندهای مربوط به فرسایش و انتقال رسوب را با یکدیگر پیوند داده و ناهمگنی فضایی عوامل کنترل‌گر رسوبدهی در داخل چنین حوضه‌هایی نسبتا محدود است. بنابراین این حوضه‌ها مقیاس ایده‌الی برای شناسایی عوامل کنترل‌گر رسوبدهی ارائه می‌دهند (مولینا و همکاران، ۲۰۰۸، ۱۷۸). از طرفی، حوضه‌های بزرگ تمایل به داشتن نسبت بیشتری از شیب‌های ملایم همراه با مقادیر کمتر فرسایش خاک و افزایش فرصت‌های ذخیره رسوب به سمت پایین‌دست دارند (ریمزویچز، ۲۰۱۷، ۶۸۰). در نهایت، عموما حوضه‌های کوچک نسبت به صدمه‌دیدن اراضی و افزایش نرخ فرسایش حساسیت زیادی دارند و واکنش آن‌ها سریع است. با افزایش سطح حوضه آبخیز و حرکت رسوب از بالادست و زمان پیمایش موجود، این واکنش کندتر می‌شود (وروانی و همکاران، ۱۳۸۰: ۲۳۰). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که حوضه‌های کوچک انعکاس ملموس‌تر و سریع‌تری از فرایندهای فرسایش و انتقال رسوب در داخل حوضه‌های آبخیز به دست داده و در این‌گونه حوضه‌ها مدلسازی روابط رسوبدهی با سایر متغیرهای حوضه‌ای آسان‌تر است.

جدول ۶: نتایج آزمون همبستگی بین درصد پوشش جنگلی و دبی و رسوبدهی ماهانه به تفکیک حوضه‌های بزرگ (گروه اول) و کوچک (گروه دوم) در منطقه تالش

متغیر وابسته			دبی متوسط	دبی بیشینه	دبی کمینه	رسوبدهی متوسط	رسوبدهی بیشینه	رسوبدهی کمینه
درصد پوشش جنگلی	گروه اول	R	-۰/۲۶۶	-۰/۱۹۵	۰/۰۱۴	۰/۴۲۴	۰/۴۴۸	۰/۴۲۴
		Sig.	۰/۶۱۰	۰/۷۱۱	۰/۹۷۹	۰/۴۰۳	۰/۴۰۳	۰/۴۰۳
	گروه دوم	R	-۰/۱۷۱	-/۴۰۹	۰/۲۶۷	-۰/۶۵۶	-۰/۶۰۶	۰/۳۳۹
		Sig.	۰/۷۴۶	۰/۴۲۱	۰/۶۰۹	۱۵۷	۰/۲۰۳	۰/۵۱۱

پس از آن که مشخص شد روابط همبستگی معنی‌داری بین متغیر مستقل و متغیر وابسته وجود دارد، می‌توان اقدام به برآورد یا تخمین متغیر وابسته از روی متغیر مستقل نمود. نتایج آزمون‌های همبستگی نشان داد که روابط معنی‌دار بین

درصد پوشش جنگلی به عنوان متغیر مستقل و دبی متوسط و دبی بیشینه ماهانه به عنوان متغیرهای وابسته در حالتی که تفکیک حوضه‌ها صورت نگرفته باشد، برقرار است. بنابراین آزمون روابط رگرسیونی بین این متغیرها انجام شد. آماره‌های حاصل از تحلیل رگرسیونی طبق جدول (۷) مشاهده می‌شود. در مدل رگرسیونی مربوط به دبی متوسط ماهانه، ۳۲ درصد واریانس متغیر وابسته توسط متغیر مستقل قابل تبیین است. در مدل دوم، ۳۳ درصد از واریانس دبی بیشینه ماهانه توسط درصد پوشش جنگلی قابل توضیح است، با این که میزان خطای تخمین در رابطه رگرسیونی پوشش جنگلی با دبی متوسط در مقایسه با دبی بیشینه کمتر است، لیکن رابطه رگرسیونی پوشش جنگلی با دبی بیشینه از مربعات رگرسیون بالاتر و درنتیجه آماره F بالاتری نسبت به رابطه دبی متوسط برخوردار است. خطای کمتر مدل رگرسیونی دبی متوسط تاحدودی مربوط به میانگین بودن مقادیر این متغیر و تعدیل داده‌های کرانی است، در حالی که مدل رگرسیون دبی بیشینه با توجه به این که معرف بهتری از واقعیات هیدرولوژیکی است و نقش پوشش جنگلی در جلوگیری از رخداد مقادیر کرانی واضح‌تر است، از کارایی نسبتا بیشتری نسبت به مدل مربوط به دبی متوسط برخوردار می‌باشد.

جدول ۷: آماره‌های مدل رگرسیونی پیش‌بین از دبی‌های متوسط و حداکثر ماهانه در حوضه‌های آبخیز تالش

متغیر وابسته	ضریب تعیین (R^2)	خطای استاندارد برآورد (SE)	مجموع مربعات رگرسیون (SSR)	مجموع مربعات باقیمانده (SSE)	آماره F
دبی متوسط	۰/۳۲۱	۱/۳۱	۷/۵۹	۱۷/۱	۴/۴۴
دبی بیشینه	۰/۳۳۵	۲/۴۹	۳۱/۲۱	۶۱/۹	۵/۰۴

در هر حال، با این نتایج می‌توان گفت که امکان برآورد متغیرهای دبی متوسط و دبی بیشینه ماهانه بر اساس متغیر درصد پوشش جنگلی در حوضه‌های آبخیز تالش وجود دارد. مدل‌های رگرسیونی حاصل بدین قرارند:

(۱) معادله رگرسیونی برآورد دبی متوسط ماهانه

$$Dmean = 5 / 275 - 0 / 049\ Fcp$$

(۲) معادله رگرسیونی برآورد دبی بیشینه ماهانه

$$Dmax = 10 / 626 - 0 / 099\ Fcp$$

در معادلات فوق، Dmean دبی متوسط، Dmax دبی بیشینه ، Fcp درصد پوشش جنگلی می‌باشد. بالا بودن شیب خط رگرسیون معادله دوم نسبت به معادله اول نشانگر اثر بیشتر پوشش جنگلی بر دبی بیشینه حوضه‌هاست که دست کم به لحاظ مخاطره سیل، حائز اهمیت فراوانی است.

درکل، نتایج این مطالعه نشان داد که پوشش جنگلی نقش موثری در تغییرات مکانی دبی آب و دبی رسوبی حوضه‌های آبخیز دارد. از نظر جهت روابط دوسویه مابین متغیرهای مورد بررسی مبنی بر کاهش دبی و رسوبدهی حوضه‌ها با افزایش مساحت جنگل آن‌ها می‌توان گفت که نتایج حاصل با نتایج بسیاری از محققین از جمله یانگ و همکاران (۲۰۰۴)، دو و همکاران (۲۰۱۳)، سم و خوی (۲۰۲۲) ، فرخزاده و همکاران (۱۳۸۷)، اتحادی ابری و همکاران (۱۳۹۸)، کریمی و همکاران (۱۴۰۱) همخوانی دارد. به لحاظ اثر بیشتر پوشش جنگلی بر دبی جریان نسبت به دبی رسوبی می‌توان گفت که نتایج اصل با نتایجی که دو و همکاران (۲۰۱۳) بدان دست یافتند، همخوانی دارد. این امر به دلیل همان اثر مستقیم بارش بر دبی رودخانه‌ها در مناطق مرطوب و نقش آشکار جنگل در گیرش و نفوذ آب حاصل از نزولات جوی به داخل خاک می‌باشد. در حالی که منشأ رسوبات متفاوت بوده و عوامل متعددی هم در رسوب‌زایی و هم انتقال آن موثرند. ماهیت پیچیده خود رسوب و ذخیره و حرکت مجدد آن در داخل آبراهه‌ها نیز مزید بر علت شده و باعث نمود اثر غیرمستقیم جنگل بر رسوبدهی حوضه‌های رودخانه‌ای می‌شود.

گام چهارم: دستاورد مطالعه؛ مدیریت و ساماندهی حوضه رودخانه‌ای

اهمیت منابع آب‌وخاک و وابستگی تام زندگی بشر به آن‌ها باعث اهمیت یابی روزافزون آگاهی از تغییرات مکانی مؤلفه‌های زیستی و غیرزیستی حوضه‌های آبخیز در جهت حل مسائل زیست‌محیطی و ارائه رهنمودهای ویژه تعادل‌بخشی به نظام‌های رودخانه‌ای شده است. از نیمه دوم قرن بیستم و با افزایش فشار فزاینده بر محیط زیست، گرایش شدیدی به مدیریت اکوسیستم‌های رودخانه‌ای به‌وجود آمد. ناکارآمدی رویکردهای جزئی‌نگر و بخشی در قبال مدیریت بهینه حوضه‌های رودخانه‌ای باعث تغییر جهت به سمت رویکردهای کل‌نگر و بین‌رشته‌ای شد. اهمیت این رویکردها از آن جهت بود که هم‌زمان، مؤلفه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی سیستم‌های رودخانه‌ای و روابط متقابل بین آن‌ها را موردتوجه و کنکاش قرار می‌داد. پیوند و همکاری بین‌رشته‌ای سه دانش اکولوژی، ژئومروفولوژی، و هیدرولوژی و دانش در جهت آگاهی و شناخت بهتر نظام حوضه‌های آبخیز می‌تواند به‌عنوان نمونه‌ای بارز از این تغییر رویه علمی باشد. اکوهیدروژئومورفولوژی به عنوان دانش بین‌رشته ای نوپا و آینده‌نگر در حال ثبیت جایگاه خود در قرن بیست و یکم برای مدیریت و حفاظت اکوسیستم‌های رودخانه‌ای است. اهمیت و کاربرد این رویکردها و پارادایم‌ها از ماهیت نظام حوضه‌های رودخانه‌ای برمی-خیزد. هر حوضه آبخیز یک مجموعه سازمند و یکپارچه‌ای است که از اجزای زیستی و غیر زیستی و برهمکنش میان این اجزاء درهم‌بافته تشکیل یافته است. آنچه در این‌جا مهم می‌نماید، عبارت از فرایندهای رخ‌داده در داخل حوضه‌های آبخیز منبعث از برهمکنش میان اجزای زیستی و غیر زیستی است که پیشرانه جریان مواد و انرژی درون آبراهه‌ها و نهایتاً رودخانه اصلی است. آب، رسوب و عناصر مغذی، موادی هستند که چرخه حیات اکوسیستم‌های آبی و خشکی را در داخل حوضه‌ها تداوم و ارتقاء بخشیده و در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی تغییر می‌یابند. ارتباط متقابل بین ویژگی‌های هیدرولوژی، ژئومورفولوژی و پوشش گیاهی تعیین‌کننده تغییرات زمانی و مکانی نقل‌وانتقال مواد در داخل حوضه‌های آبریز هستند. بنابراین می‌توان گفت که مدیریت و ساماندهی بهتر حوضه‌های رودخانه‌ای مستلزم آگاهی از برهمکنش پیچیده و پویا بین متغیرهای درون‌حوضه‌ای و درون‌کانالی آن‌هاست.

در بررسی روابط بین سه عنصر آب، رسوب و گیاه در داخل یک حوضه آبخیز می‌توان این سه عنصر را در سیستم رودخانه‌ای به عنوان برونداد زیرسیستم‌های هیدرولوژیک، ژئومورفولوژیک و اکولوژیک قلمداد نمود. در این بین، گیاهان به عنوان نماینده تغییرات محیطی و فصل مشترک اتمسفر، هیدروسفر و لیتوسفر، نقش مهمی در برقراری تعادل و تنظیم سیستم‌های رودخانه‌ای دارند. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که پوشش جنگلی نقش مثبتی در کاهش رواناب و رسوب خروجی از حوضه‌های آبخیز تالش دارد. در این بین، نقش حفاظتی جنگل در نگاهداشت آب حاصل از بارندگی و تعدیل فرایند بارش–رواناب و جلوگیری از بروز سیلاب‌های مخاطره‌بار آشکارتر بوده و بایستی در در طرح‌های سامان‌دهی حوضه‌های رودخانه‌ای بدان توجه کافی داشت. این موضوع در خصوص دبی‌های بیشینه بیشتر اهمیت می‌یابد، چرا که این دبی‌ها عموما در فصل پاییز و هنگامی رخ می‌دهند که سبزینگی کم بوده و تاج پوشش جنگلی کاهش یافته است. هر چند روابط بین پوشش جنگلی و رسوبدهی در حوضه‌های مورد مطالعه به دلیل ماهیت پیچیده تولید و انتقال رسوب روشن نیست، با این حال بایستی دانست که حتی اگر غلظت‌های رسوب معلق یک مؤلفه طبیعی از اکوسیستم‌های آبی باشند، غلظت‌های بالای رسوب معلق می‌تواند به‌واسطه حمل مقادیر زیادی از آلاینده‌ها تهدیدی برای زندگی آبی باشد و ممکن است به کیفیت آب آسیب برساند. تاثیر بیشتر جنگل‌ها در کاهش رسوبدهی حوضه‌های کوچک واقع در شمال منطقه به لحاظ حفظ کیفیت آب رودها و تداوم حیات زیستمندان رودخانه‌های تالش باارزش و امیدوارکننده است. اما اهمیت این موضوع در حوضه‌های بزرگ که از آبدهی و رسوبدهی بیشتری برخوردارند و در عین حال پوشش جنگلی آن‌ها کمتر از حوضه‌های کوچک است، بیشتر می‌باشد. شواهد موجود از وقوع فرسایش و سیلاب در سطح حوضه‌های بزرگ میانی تالش چون کرگانرود و شفارود تاکید بر توجه ویژه به اقدامات ابخیزداری و ترویج اصول صحیح بهره‌برداری از مراتع و جنگل‌ها در این حوضه‌ها دارد. در همین راستا، جلوگیری از تبدیل جنگل به سایر پوشش‌ها و جنگل‌زدایی بایستی در رأس برنامه‌های حفاظت آب و خاک و

جنگل‌داری قرار بگیرد. به لحاظ آرایش فضایی، موفقیت در طرح‌های ساماندهی حوضه‌های رودخانه‌ای وابستگی ویژه‌ای با حفظ و استرداد جنگل‌های واقع در بالادست و ناحیه رودکناری (Riparian Zone) دارد. بالادست حوضه‌های بزرگ تالش به دلیل فراروی از خط درختمرز، عاری از جنگل بوده و به صورت مراتع متوسط و یا رخنمون‌های سنگی است، بنابراین رواناب‌های فرساینده اسان‌تر قادر به حمل رسوبات در این بخش هستند. از طرفی، جنگل‌های واقع در دره‌های اصلی که به عنوان جنگل‌های ناحیه بافر ساحلی شناخته می‌شود، به لحاظ اکوهیدروژئومورفیک بسیار ارزشمند هستند. این جنگل‌ها جریان انرژی، مواد مغذی و مبادلات زیستی مابین اکوسیستم‌های آبی و خشکی را تنظیم نموده و در نتیجه به عنوان اکوتون‌های کارکردی تعریف شده‌اند. با توجه به رابطه مستقیمی که بین مساحت حوضه و متغیرهای هیدروژئومورفیک در حوضه‌های مورد مطالعه حاصل گرید، می‌توان فهمید که ناحیه فوق توان لازم خود را برای تنظیم جریان رود و رسوب وارده به مجراهای رودخانه‌ای از دست داده است. تدوین اصول منظم و مدون جهت جلوگیری از جنگل‌زدایی در بخش بافر ساحلی و حفظ حریم رودخانه‌ها بر اساس یک برنامه پایش مداوم تغییرات این ناحیه می‌تواند گام مهمی در حفظ تعادل و ثبات حیات نظام رودخانه‌ای داشته باشد.

نتیجه‌گیری

شناخت روابط دوسویه بین فرایندهای رواناب و انتقال رسوب از یک طرف و پوشش گیاهی از طرف دیگر به جهت حفاظت و حمایت از اکوسیستم‌های رودخانه‌ای در راستای توسعه پایدار منابع آب و خاک، ضرورت قرن حاضر محسوب می‌شود. این آگاهی ما را قادر می‌سازد تا فهم خود از واکنش این سیستم‌ها در برابر سناریوهای تغییر اقلیم و مدیریتی را نیز ارتقاء بخشیم. پژوهش حاضر با درنظر گرفتن این ضرورت‌ها کوشید تا با نگاه علمی و دقیق به تحلیل روابط کمی بین پوشش جنگلی حوضه‌ها و میزان دبی و رسوبدهی آن‌ها در منطقه تالش بپردازد. در همین راستا علاوه بر مقادیر دبی و رسوبدهی متوسط ماهانه از مقادیر دبی و رسوبدهی حدی (کمینه و بیشینه) ماهانه نیز استفاده گردید تا پویایی زمانی متغیرها نیز جهت تبیین بهتر و کامل‌تر برهمکنش‌ها درنظر گرفته شود. نتایج حاصل از تحلیل‌های همبستگی نشان می‌دهد که روابط معنی‌داری بین پوشش جنگلی و دبی جریان حوضه‌ها وجود دارد. وجود رابطه معکوس بین این دو متغیر نشانگر نقش مشخص جنگل در کاهش رواناب و بروز سیلاب‌های خطرناک در حوضه‌های تالش است. در مقابل، روابط میان پوشش جنگلی و رسوبدهی در حوضه‌های مورد مطالعه معنی‌داری نیست. این نتیجه گرچه نشان می‌دهد ما قادر به ارائه مدل پیش‌بین از تغییرات مکانی رسوبدهی بر اساس درصد پوشش جنگلی در حوضه‌های آبخیز تالش نیستیم، اما وجود رابطه معکوس بین درصد پوشش جنگلی و رسوبدهی حوضه‌ها دلالت بر نقش حفاظتی جنگل در در تعدیل فرایند بارش– رواناب– فرسایش و ارتقاء کیفیت زیست‌محیطی سامانه‌های آبخیز می‌باشد. قبل از هر چیزی بایستی دانست که متغیر پوشش جنگلی به عنوان یک متغیر تعدیل‌گر یا واسط بین ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم حوضه آبخیز به شمار می‌رود، بنابراین احتمال دارد که نقش مستقیم جنگل بر رواناب و رسوبدهی از طریق تحلیل آماری به آسانی قابل دریافت نباشد. در همین زمینه، عوامل مختلف طبیعی و انسانی وجود دارند که ممکن است نسبت به عامل پوشش جنگلی، نقش موثرتری در تغییرات رسوبدهی حوضه‌ها داشته باشند. از طرفی، ماهیت نامنظم و پیچیده تولید و انتقال رسوب در این زمینه دخالت زیادی دارد. موضوع ذخیره و حرکت مجدد رسوب در قسمت‌های مختلف حوضه آبخیز و تاخیر زمانی که دبی رسوب نسبت به دبی آب دارد، امر مدلسازی میزان رسوبدهی حوضه‌ها را دشوارتر می‌سازد. از این رو، تمسک به روابط خطی که در این جا بدان استناد شد، ممکن است قادر به تبیین واریانس رسوبدهی نباشد. در هر حال، عمل تفکیک حوضه‌های بزرگ و کوچک از همدیگر نشان داد که از این طریق می‌توان تا حدودی از پیچیدگی روابط بین پوشش گیاهی جنگلی و میزان بار رسوبی حوضه‌ها کاست. تغییر ضرایب همبستگی از ضعیف به متوسط بین درصد پوشش جنگلی و رسوبدهی حوضه‌ها مخصوصا در حوضه‌های کوچک نشانگر این مطلب است که این حوضه‌ها مقیاس ایده‌الی برای شناسایی عوامل کنترل‌گر

رسوبدهی (عامل پوشش گیاهی) بوده و به لحاظ حساسیت بیشتر نسبت به حوضه‌های بزرگ در برابر تغییرات پوشش زمین و تخریب اراضی، از واکنش سریع‌تر رواناب و رسوبدهی برخوردارند.

با توجه به کشف رابطه مستقیم مساحت حوضه‌ها با متغیرهای هیدروژئومورفیک (دبی آب و دبی رسوب) آن‌ها و نیز رابطه معکوس مساحت حوضه‌ها با درصد پوشش جنگلی آن‌ها می‌توان چنین استنباط نمود که نقش جنگل در حفاظت منابع آب و خاک حوضه‌های کوچک نسبت به حوضه‌های بزرگ آشکارتر و بیشتر بوده و حوضه‌های بزرگ بدین لحاظ در اولویت اقدامات حفاظتی و حمایتی آبخیزداری می‌باشد. در کل، نظر به اهمیت شرایط اکوهیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز تالش در توصیه می‌شود جلوگیری از افت کمی و کیفی جنگل‌ها و کمک به احیای آن‌ها در اولویت برنامه‌های عمرانی و آمایشی قرار گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش تحت حمایت مادی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) برگرفته شده از طرح شماره «۴۰۲۳۹۷۵» انجام شده است. فلذا بایسته است تا از ایشان کمال تشکر به جا آورده شود.

منابع

- اتحادی ابری، م.، مجنونیان، ب.، ملکیان، ا.، و جورغلامی، م.، ۱۳۹۸. تأثیر پوشش گیاهی بر میزان رواناب و تولید رسوب در مقیاس پلات درحوزه آبخیز جنگل خیرود، مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، دوره ۷۲، شماره ۱، صص ۱۴-۱.
- اسعدی، ر.، کرمی، م.، و جعفری، غ.، ۱۳۹۴. بررسی عوامل عمده تشدید خسارات ناشی از سیل در ایران و روش‌های کنترل آن، دهمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه،ا هواز.
- اصغری سراسکانرود، ص.، و جدیدالاسلامی قلعه‌نو، م.، ۱۴۰۱. مدل‌سازی منطقه‌ای روابط بین رسوب‌دهی و پوشش گیاهی در حوضه‌های آبخیز کوهستان سبلان. جغرافیای طبیعی، سال ۴، شماره ۵۵، ۷۵-۶۳.
- ثقفیان، ب.، قرمز چشمه، ب.، و سمیعی، م.، ۱۳۸۴. تجزیه‌وتحلیل منطقه‌ای رسوب معلق بر مبنای پردازش تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل‌های *GIS*. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران: مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
- خبرگزاری مهر، ۱۴۰۲. خسارت ۱۰۰ میلیارد تومانی سیل به تالش، مورخ ۱۴۰۲/۶/۳۰، *mehrnews.com/x335F6*
- رنجبر م.، ۱۳۸۸. آبخیزداری (برای دانشجویان رشته جغرافیا)، نشر آییژ، تهران.
- ساری صراف، ب.، رجایی، ع.ا.، و مصری علمداری، پ.، ۱۳۸۸. بررسی رابطه بین بارش و توپوگرافی در دامنه‌های شرقی و غربی منطقه کوهستانی تالش، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۰، شماره ۳۵، صص ۸۴-۶۳.
- شاه‌زیدی، س.، ۱۴۰۱. تحلیل ژئوآنتروپوژنیک پوشش گیاهی ارتفاعات تالش، جلگه‌ها و دشت‌های پیرامون، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ۱۲، شماره ۱، صص ۱۸۰-۱۵۲.
- شیخ‌بیگلو اسلام، ب.، ۱۴۰۰. شواهد و پیامدهای رویداد سیل در ایران از پیش از تاریخ تاکنون، مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، دوره ۱، شماره ۱، صص ۴۰-۲۴.
- علیزاده، ا.، ۱۳۹۴. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد.
- طالبی، ع.، سوزنده‌پور، س.ف.، دستورانی، م.ت.، کریمیان، ع.ا.، و سلطانی، م.، ۱۳۹۴، بررسی اثر کابری اراضی در شرایط فعلی و بهینه روی رسوب‌دهی حوزه (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شور و شیرین شیراز) .علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، شماره ۷۲، صص ۴۷- ۵۵.
- طبرزدی، ا.، جورغلامی، م.، مقدم‌نیا، ع.، مجنونیان، ب.، عطارد، پ.، ۱۳۹۷. ارزیابی اثر پوشش جنگلی بر پارامترهای کمی و کیفی رواناب در حوزهٔ آبخیز پارک جنگلی چیتگر تهران، مرتع و آبخیزداری، دوره ۷۱، شماره ۲، صص ۱۰۱۱-۹۹۷.

- عرب‌خدری م.، ۱۳۸۴. بررسی رسوبدهی معلق حوزه‌های آبخیز ایران. تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۱، شماره ۲، صص ۶۰-۵۱.
- عرب‌خدری، م.، ۱۳۹۳. مروری بر نرخ فرساش آبی و تولید رسوب در ایران، ترویج و توسعه آبخیزداری، دوره ۲، شماره ۴ ، صص ۳۰-۲۳.
- عرب‌خدری، م.، ۱۴۰۰. وضعیت فرسایش آبی و رسوبدهی ایران، واکاوی آماری و مقایسه‌ای. پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دوره ۶، شماره ۲، صص ۱۵۶-۱۳۹.
- فرخزاده، ب.، آذرخشی، م.، مهدوی، م.، سلاجقه، ع.، ۱۳۸۷. بررسی منطقه‌ای منحنی سنجه رسوب در اقالیم مختلف ایران، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۱، شماره۱، صص ۱۲-۱.
- کاویان ع.ا.، و صفری ع.، ۱۳۹۲. تعیین مدل مناسب برای برآورد رسوبدهی با استفاده از روش‌های آماری، مطالعه موردی: حوزه آبخیز بابلرود. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۳، شماره ۳۰، صص ۱۳۰-۱۱۱.
- کریمی، ن.، غلامی، ل.، کاویان، ع.ا.، و خالدی درویشان، ع.ا.، ۱۴۰۱. تعیین سهم ویژه منابع رسوب معلق در آبخیز واز با استفاده از ویژگی‌های ژئوشیمیایی. اکوهیدرولوژی، دوره ۹، شماره ۴، صص ۷۱۸-۷۰۵.
- گرامی لوشابی، زهرا.، عرب‌خدری، محمود.، اسدی، حسین.، و بیات، رضا.، ۱۳۹۵. تأثیر نوسانات زمانی فرسایندگی باران بر تغییرات فصلی رسوب‌دهی معلق (مطالعه ی موردی: حوزه کسیلیان). مدیریت حوزه آبخیز، شماره ۱۴، صص ۱۶۷-۱۷۶.
- نجفیان، ل.، کاویان، ع.ا.، قربانی، ج.، و تمرتاش، ر.، ۱۳۸۹. اثر فرم رویشی و مقدار پوشش گیاهی بر تولید رواناب و رسوب اراضی مرتعی منطقه سوادکوه مازندران. مرتع، سال ۴، شماره ۲، صص ۳۴۷-۳۳۴.
- وروانی ج.، فیض‌نیا س.، مهدوی م.، و عرب‌خدری م. ۱۳۸۰. بررسی رسوب‌دهی سرشاخه‌های اصلی سد وشمگیر رودخانه گرگانرود، همایش ملی مدیریت ارضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک: مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان مرکزی, مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری ، صص ۲۳۳-۲۱۹.

- *Du, J., & Shi, C. X., 2013. Modeling and analysis of effects of precipitation and vegetation coverage on runoff and sediment yield in Jinsha River Basin. Water Science and Engineering, 6(1), pp. 44-58.*
- *Molina, A., Govers, G., Poesen, J., Van Hemelryck, H., De Bièvre, B. and Vanacker, V., 2008. Environmental factors controlling spatial variation in sediment yield in a central Andean mountain area. Geomorphology, 98(3-4), pp.176-186.*
- *Sam, T. T., & Khoi, D. N., 2022. The responses of river discharge and sediment load to historical land-use/land-cover change in the Mekong River Basin. Environmental Monitoring and Assessment, 194(10), pp. 700.*
- *Meshram, S.G., Singh, V.P., Kisi, O., Karimi, V. and Meshram, C., 2020. Application of artificial neural networks, support vector machine and multiple model-ANN to sediment yield prediction. Water Resources Management, 34(15), pp.4561-4575.*
- *Ouyang, W., Hao, F., Skidmore, A. K., & Toxopeus, A. G., 2010. Soil erosion and sediment yield and their relationships with vegetation cover in upper stream of the Yellow River. Science of the Total Environment, 409(2), pp. 396-403.*
- *Rymszewicz A., Bruen M., O'Sullivan J.J., Turner J.N., Lawler D.M., Harrington J.R., Conroy E., Kelly-Quinn M., 2018. Modelling spatial and temporal variations of annual suspended sediment yields from small agricultural catchments, Science of the Total Environment, 619, pp. 672-684.*
- *Shi, Z.H., Huang, X.D., Ai, L., Fang, N.F. and Wu, G.L., 2014. Quantitative analysis of factors controlling sediment yield in mountainous watersheds. Geomorphology, 226, pp.193-201.*

- *Swain, J.B., & Patra, K.C., 2017. Stream flow estimation in ungauged catchments using regionalization techniques. Hydrology, 554, pp. 420-433.*
- *Yang, S.L., Shi, Z., Zhao, H.Y., Li, P., Dai., S.B., and Gao, A., 2004. Effects of human activities on the Yangtze suspended sediment flux into the estuary in the last century. Hydrology and Earth System Sciencies, 8(6), pp. 1210-1216.*
- *Zhao, J., Vanmaercke, M., Chen, L., & Govers, G., 2016. Vegetation cover and topography rather than human disturbance control gully density and sediment production on the Chinese Loess Plateau. Geomorphology, 274, pp. 92-105.*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی