



بررسی تغییرات کاربری زمین و اثرات آن بر رژیم هیدرولوژیک حوضه‌های اصلی شهرستان بینالود

مقاله پژوهشی

صیاد اصغری سراسکانرود، فهیمه پورفرش زاده

دریافت: ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۰ / بازنگری: ۱۸ مرداد ۱۴۰۰ / پذیرش: ۲۰ مرداد ۱۴۰۰

دسترسی اینترنتی: ۲۷ مرداد ۱۴۰۰ / دسترسی چاپی: ۱ خرداد ۱۴۰۱

چکیده

است. با توجه به شواهد موجود از تغییرات کاربری زمین و همچنین رژیم هیدرولوژی رودخانه‌ها در زیرحوضه‌های کشف‌رود، تحقیق حاضر با هدف تشخیص و تعیین کم و کیف تغییرات کاربری زمین و ارتباط آن با تغییرات آب‌دهی حوضه‌های آبخیز شهرستان بینالود انجام گرفت تا رهنمودی برای مدیریت منابع آب و حفاظت منابع طبیعی در مقیاس حوضه‌ای باشد.

مواد و روش‌ها داده‌های مورد استفاده شامل؛ دبی میانگین ماهانه ایستگاه‌های هیدرومتری شامل سه ایستگاه زیربند گلستان، حصار و سرآسیاب شانندیز که طی سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۷ جمع‌آوری شده بود، تصاویر ماهواره‌ای لندست شامل ۴ تصویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ که در فصل بهار (ماه می) اخذ شده بودند. با توجه به وجود مقادیر پایین و نزدیک به صفر دبی متوسط ماهانه طی فصول تابستان و پاییز و تغییرات بسیار جزئی مقادیر مربوط، مقادیر دبی ماهانه دو فصل زمستان و بهار برای بررسی تغییرات رژیم هیدرولوژی انتخاب گردید. داده‌های مذکور قبل از ورود به آزمون همبستگی بر اساس روش کلموگراف- اسمیرنوف و در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد آزمون نرمالیته قرار گرفت. ابتدا تصحیح اتمسفری تصاویر بر اساس روش متداول FLAASH در محیط نرم‌افزاری ENVI انجام شد. سپس ترکیب باندهای مرئی سبز و قرمز و مادون قرمز نزدیک به

پیشینه و هدف تغییرات کاربری و پوشش زمین به عنوان یکی از مهم‌ترین تغییرات محیطی کره زمین محسوب می‌شود. این تغییرات به طرز پیچیده و پویایی با سایر تغییرات محیطی (گرم شدن زمین، خشکسالی، فرسایش و زوال اکوسیستم‌ها) پیوند و برهمکنش دارد. در این میان، اثرات تغییر کاربری زمین بر فرایندهای هیدرولوژی از اهم موضوعات و چالش‌های زیست‌محیطی پیش روست که به جهت شمول وابستگی کشاورزی و سایر فعالیت‌های مرتبط با آب به رودخانه‌ها، به یک نگرانی عمده در مدیریت حوضه آبریز تبدیل شده است، به طوری که ارزیابی اثرات بلندمدت تغییر کاربری و پوشش زمین بر رژیم هیدرولوژی از اهمیت اساسی در برنامه‌ریزی کاربری زمین و مدیریت منابع آب برخوردار است. برای مثال، افزایش رواناب ناشی از تبدیل جنگل به سایر پوشش‌ها به‌ویژه کشاورزی و نیز افزایش رواناب و دبی سیلابی برخاسته از گسترش کاربری شهری و مسکونی توسط محققین مختلف گزارش شده

صیاد اصغری سراسکانرود (✉) ^۱، فهیمه پورفرش زاده ^۲

۱. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق

اردبیلی، اردبیل، ایران

۲. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق

اردبیلی، اردبیل، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: s.asghari@uma.ac.ir

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.2.5.5>

روند کاهش دبی و در مقابل، ماه‌های بهار با روند افزایشی دبی طی دو دهه اخیر مواجه بوده‌اند. اما نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که رابطه معنی‌داری بین تغییرات مساحت کاربری‌های رخنمون سنگی، مرتع متوسط و مرتع ضعیف و تغییرات دبی در حوضه زیربند گلستان وجود دارد. در مقابل، روابط معنی‌داری بین مساحت کاربری‌ها و دبی‌های ماهانه در حوضه سرآسیاب به دست نیامد. عدم وجود روابط معنی‌دار ممکن است ناشی از تعداد کم نمونه‌ها (۴ سال) باشد که تبیین روابط را دشوار می‌سازد. به لحاظ چگونگی روابط متغیرها، وجود همبستگی مثبت بین مساحت سه کاربری مسکونی، رخنمون سنگی و بایر و دبی‌های فروردین و اردیبهشت و در مقابل، همبستگی منفی حاصل بین مساحت کاربری مرتع و دبی ماه‌های مذکور از نتایج این پژوهش بود.

نتیجه‌گیری کانون مهم تغییرات کاربری در دو حوضه مورد بررسی متوجه کاربری‌های مرتع و زمین بایر بوده است، به طوری که در دهه‌های گذشته، وسعت مراتع که نقش موثری در حفاظت منابع آب و خاک دارند، بسیار بیشتر از امروز بوده است. اما رفته‌رفته به دلیل عدم حفاظت از مراتع و دستبرد انسان در طبیعت و همچنین چرای بیش از حد دام‌ها، مراتع حوضه‌ها به سمت نواحی بالادست عقب نشسته و جای خود را به زمین‌های بایر و نواحی مسکونی داده است. وجود همبستگی مثبت بین مساحت سه کاربری مسکونی، رخنمون سنگی و بایر و دبی‌های فروردین و اردیبهشت اشاره به تسریع و تشدید فرایند تبدیل بارش به رواناب در اثر افزایش سطوح کاربری‌های نامبرده داشت. بنابراین بایستی از رشد و گسترش بی‌رویه و غیراصولی نواحی مسکونی و نیز زمین‌های بایر و رهاشده جلوگیری به عمل آورد. از طرفی، رابطه همبستگی منفی بین درصد وسعت مراتع و دبی ماهانه اشاره به اثر مثبت مراتع بر شرایط زیست‌محیطی حوضه‌ها در قبال فرایندهای رواناب و فرسایش تسریعی دارد که در نهایت، لزوم حمایت و حفاظت از پهنه‌های طبیعی را می‌طلبد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات کاربری، دبی، همبستگی، زیربند، سرآسیاب

صورت رنگی کاذب (۲-۳-۴ در لندست ۵ و ۷؛ ۳-۴-۵ در لندست ۸) ملاک عمل برای انجام طبقه‌بندی بر اساس الگوریتم حداکثر احتمال قرار گرفت. طبقات کاربری شامل؛ باغ، مسکونی، پهنه آبی، رخنمون سنگی، مرتع متوسط، مرتع ضعیف، و اراضی بایر. انتخاب نمونه‌های تعلیمی برای انجام طبقه‌بندی به کمک تصاویر گوگل ارث و نیز تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای و البته با آشنایی به منطقه مورد مطالعه بود. پس از انجام طبقه‌بندی، نسبت به صحت‌سنجی نقشه‌ها بر اساس آماره‌های صحت کلی و ضریب کاپا اقدام گردید. اما جهت آگاهی از ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و رژیم هیدرولوژیکی حوضه‌ها از آزمون همبستگی پیرسون دوطرفه در محیط نرم‌افزاری SPSS بهره گرفته شد. این آزمون در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و بین درصدهای مساحت هر کاربری (۷ کاربری) و مقادیر دبی ماهانه (۶ ماه) ایستگاه‌های هیدرومتری طی ۴ سال صورت گرفت.

نتایج و بحث نتایج اولیه حاکی از صحت خوب روش طبقه‌بندی برای تصاویر مورد استفاده بود، به طوری که ضرایب کاپا از ۰/۷۸ تا ۰/۹۵ متغیر بود. بر طبق نقشه‌های حاصل معلوم شد که بیشترین وسعت کاربری‌ها به مراتع و زمین بایر تعلق داشته و تغییرات و تبدیلات کاربری‌ها نیز عمدتاً بین این دو کاربری اتفاق افتاده است. کمینه درصد مساحت حوضه‌ها به کاربری پهنه آبی تعلق داشت که در بالاترین میزان خود به ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۱ درصد وسعت حوضه‌های آبخیز زیربند گلستان و سرآسیاب شاندریز را تحت اشغال خود داشت. به لحاظ تغییرات کاربری، کاهش سطح مراتع و افزایش زمین‌های بایر طی دهه‌های اول (۱۳۶۹-۱۳۷۹) و سوم (۱۳۸۹-۱۳۹۹) بسیار چشمگیر بوده است، به طوری که ۳۸ و ۱۳ درصد مراتع متوسط حوضه زیربند به ترتیب طی دو دهه مذکور کاهش یافته است. در مقابل، زمین‌های بایر این زیرحوضه با افزایش ۳۱ و ۱۵ درصدی طی این دو دهه روبه‌رو بوده‌اند. در کنار این تغییرات، افزایش ۸ درصدی وسعت سکونتگاه‌های انسانی به عنوان برجسته‌ترین تغییر کاربری زمین طی دهه دوم (۱۳۷۹-۱۳۸۹) در هر دو زیرحوضه مطرح بوده است. علاوه بر تغییرات کاربری زمین، بررسی تغییرات دبی ماهانه حوضه‌ها نشان داد که ماه‌های زمستان با

مقدمه

تغییرات کاربری و پوشش زمین به عنوان یکی از مهم‌ترین تغییرات محیطی کره زمین محسوب می‌شود (۱۷) و (۲۵)، که چالش‌های جدی را در قبال محیط زیست طبیعی و انسانی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه پیش آورده است (۷). این تغییرات به طرز پیچیده و پویایی با سایر تغییرات محیطی (گرم شدن زمین، خشکسالی، فرسایش و زوال اکوسیستم‌ها) پیوند و برهمکنش دارد. در این میان، اثرات تغییر کاربری زمین بر فرایندهای هیدرولوژی از اهم موضوعات و چالش‌های زیست‌محیطی پیش روست که به جهت شمول و ابستگی کشاورزی و سایر فعالیت‌های مرتبط با آب به رودخانه‌ها، به یک نگرانی عمده در مدیریت حوضه آبریز تبدیل شده است (۲)، به طوری که ارزیابی اثرات بلندمدت تغییر کاربری و پوشش زمین بر رژیم هیدرولوژی از اهمیت اساسی در برنامه‌ریزی کاربری زمین و مدیریت منابع آب برخوردار است (۳۰). بایستی دانست که اثرات گسترده تغییر کاربری زمین بر میزان رواناب و آب‌دهی حوضه‌های آبخیز به طرق مختلف خود را نشان داده و نیز بسته به تقویم آبی ممکن است متفاوت باشد. در این زمینه افزایش رواناب ناشی از تبدیل جنگل به سایر پوشش‌ها به‌ویژه کشاورزی (۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۸ و ۱۹)، و نیز افزایش رواناب و دبی سیلابی برخاسته از گسترش کاربری شهری و مسکونی (۵، ۱۰، ۲۲ و ۲۷)، به کرات توسط محقق مختلف گزارش شده است. از طرفی، ممکن است این تغییرات در فصول کم‌آبی به‌ویژه فصل تابستان که مصارف انسانی نیز بالاست، نمود چندانی نداشته و قابل تبیین نباشد. اما مطالعات در خصوص ارتباط تغییرات کاربری و پوشش زمین با فرایندهای محیطی از جمله هیدرولوژیکی نیازمند بهره‌گیری از دانش دورسنجی و پردازش تصاویر ماهواره‌ای است. دورسنجی و پردازش رقومی تصاویر ما را قادر به مشاهده، تشخیص، نقشه‌کشی، ارزیابی و پایش کاربری و پوشش زمین در گستره‌ای از مقیاس‌های فضایی و زمانی می‌سازد. در این بین، استفاده از داده‌های ماهواره لندست به خاطر رزولوشن فضایی (۳۰ متر)، دوره بازدید (۱۶ و ۸ روزه)

و پوشش فضایی وسیع (۱۸۵ در ۱۸۵ کیلومتر) برای طبقه‌بندی پوشش زمین به صورت یک رویه عمومی درآمده است (۹). پیشینه کاربرد این تصاویر در مقیاس‌های مختلف سیاره‌ای، منطقه‌ای و محلی نشان از قابلیت خوب آن‌ها در پایش تغییرات سطح زمین دارد (۱، ۳، ۴، ۱۲، ۲۰ و ۲۹). اهمیت چندجانبه اثرات تغییر کاربری و پوشش زمین بر رژیم هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز باعث گردیده تا مطالعات گسترده‌ای در سرتاسر جهان بر اساس مدل‌های فیزیکی و ریاضی- آماری شبیه‌ساز انجام شود. سیریونگ‌زیتانن و تائسومبات (۲۴) چگونگی تاثیر تغییر پوشش زمین بر ضریب رواناب و سیلاب‌ها را در حوضه رودخانه Ping تایلند طی سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۵ بررسی نمودند. نتایج حاصل نشانگر کاهش ضریب رواناب با افزایش زمین‌های کشاورزی و جنگل‌های دست‌خورده بود. سانپال و همکاران (۲۱) جهت بررسی اثرات تغییر کاربری زمین بر دبی پیک زیرحوضه‌های رودخانه Konar واقع در شرق هند از شماره منحنی (CN) استفاده کردند. وجود همبستگی خطی مثبت معنی‌دار بین تغییرات کاربری زمین و بزرگای سیلاب‌ها از نتایج مهم این تحقیق بود. ویلد و گبره‌مریم (۲۶) در بررسی اثرات دینامیک کاربری و پوشش زمین بر پاسخ هیدرولوژیکی حوضه Tekeze واقع در شمال اتیوپی به این نتیجه دست یافتند که تغییر پوشش زمین از مرتع به کشاورزی و زمین لخت باعث افزایش دبی متوسط سالانه به میزان ۶ درصد شده است. بلیهو و همکاران (۲) جهت ارزیابی اثرات تغییر کاربری زمین بر جریان رودها در حوضه Gidabo کشور اتیوپی از ابزار ArcSWAT استفاده کردند. پایش تغییرات طی سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ نشان داد که افزایش ۶۰ درصدی زمین‌های کشاورزی و ۲۹ درصدی نواحی مسکونی منجر به افزایش ۹/۲ درصدی رواناب سطحی شد. سینها و همکاران (۲۳) با استفاده از مدل‌ساز تغییر زمین (LCM) و مدل ارزیابی آب و خاک (SWAT) به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و کاربری زمین بر رواناب سطحی در حوضه Kadalundi کشور هند پرداختند. نتایج پیش‌بینی نشان از افزایش میانگین رواناب سالانه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۵۰ در اثر

و کیفی منابع آب در اثر بروز تغییرات اقلیمی و دخالت‌های انسانی در قالب تغییرات کاربری زمین روبه‌رو هستند. رودهای جریان‌یافته در این زیرحوضه‌ها نقش موثری در تامین آب شهرهای طبقه و شان‌دیز داشته و در مسیر خود باغات را مشروب می‌سازند. با توجه به شواهد موجود از تغییرات کاربری زمین و همچنین رژیم هیدرولوژی رودخانه‌ها، به نظر می‌رسد که تغییرات عمدتاً معطوف مراتع منطقه بوده و کاهش مراتع موجب افزایش دبی حوضه‌ها شده باشد. تحقیق حاضر با هدف تشخیص و تعیین کم و کیف تغییرات کاربری زمین و ارتباط آن با تغییرات آب‌دهی زیرحوضه‌های مورد نظر انجام گرفت تا رهنمودی برای مدیریت منابع آب و حفاظت منابع طبیعی در مقیاس حوضه‌ای باشد.

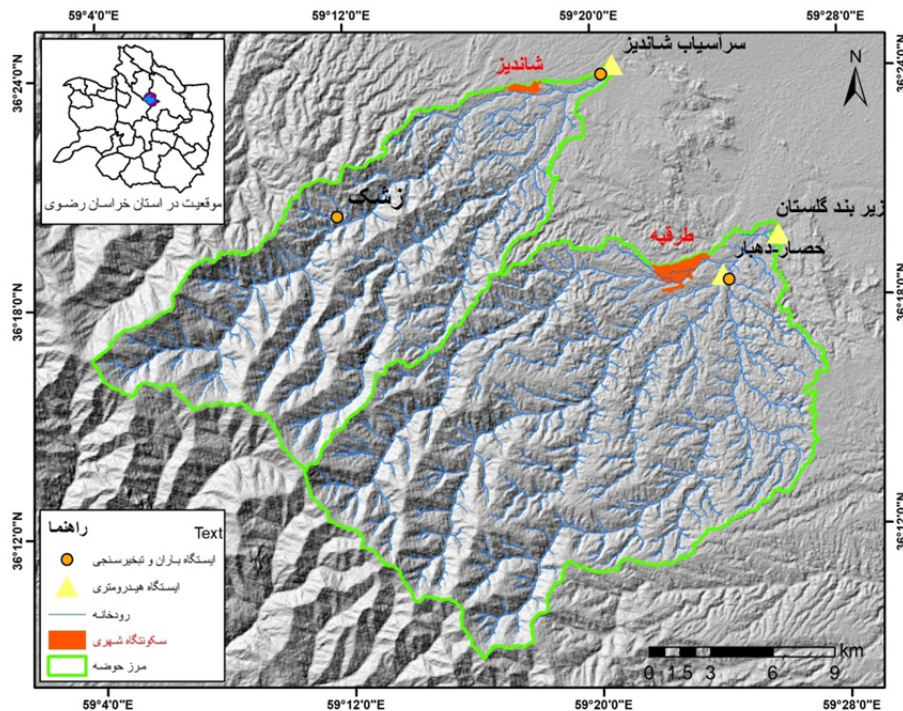
منطقه مورد مطالعه

حوضه‌های آبخیز زیربند گلستان و سرآسیاب شان‌دیز به ترتیب با مساحت ۳۱۳ و ۱۹۵ کیلومتر مربع در مرکز استان خراسان رضوی و حدود عرض‌های جغرافیایی $36^{\circ} 8' 39''$ تا $36^{\circ} 24' 15''$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $59^{\circ} 3' 38''$ تا $59^{\circ} 27' 28''$ شرقی قرار گرفته‌اند (شکل ۱). محدوده مورد مطالعه به لحاظ تقسیمات سیاسی در شهرستان بینالود و در حدفاصل شهرستان‌های مشهد، نیشابور، چناران واقع شده است. شهرهای طبقه و شان‌دیز که به ترتیب در پایین دست حوضه‌های زیربند و سرآسیاب شکل گرفته‌اند، جزو شهرهای توریستی استان خراسان رضوی محسوب می‌شوند. سرشاخه‌های حوضه‌های مورد مطالعه از ارتفاعات بینالود سرچشمه گرفته و رودها با راستای جنوب غربی-شمال شرقی جریان دارند که در نهایت به رودخانه بزرگ کشف‌رود می‌پیوندند. مقادیر ارتفاعی ۱۱۶۳ تا ۳۲۵۷ متر از سطح دریا در گستره حوضه‌ها دیده می‌شود. شیب محدوده مورد مطالعه نیز از صفر تا ۵۸ درجه متغیر بوده و متوسط آن ۱۸/۵ درجه می‌باشد. بارندگی متوسط منطقه ۲۸۰ میلی‌متر است. با وجود اقلیم نیمه‌خشک منطقه که با رواناب سطحی ضعیف همراه بوده و باعث شده تا رودها به صورت فصلی درآیند، شرایط

کاهش جنگل و افزایش زمین‌های کشاورزی داشت. اسفندیاری و همکاران (۶) طی مطالعه آثار هیدرولوژیک تغییر کاربری بر میزان رواناب سالانه در حوضه آبریز قره‌سو پی بردند که بر اثر افزایش مناطق مسکونی و کاهش جنگل‌ها و مراتع، مقدار رواناب تولیدی در حوضه به میزان متوسط ۱/۸ میلی‌متر افزایش یافته است. قاسمی امین و همکاران (۸) اثرات تغییر کاربری اراضی بر جریان روزانه رودخانه نوژیان را با استفاده از مدل‌های WetSpa و Clue-s بررسی نمودند. نتایج حاصل نشان داد که تبدیل جنگل و مرتع به زمین‌های کشاورزی موجب افزایش حجم رواناب سالانه، بیشینه و میانگین دبی، به ترتیب به میزان ۱۶/۲۰، ۱۱/۳۵ و ۹/۱۵ درصد شد. همچنین ایشان به رابطه معنی‌دار تغییر کاربری اراضی با دبی رودها دست یافتند. خداپنده‌لو و همکاران (۱۳) طی بررسی تغییرات کاربری و پوشش زمین در حوضه آبریز قره‌سو اردبیل طی سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۹۷ دریافتند که بیشترین تغییرات در تبدیل مرتع به زمین کشاورزی دیده می‌شود. نتایج حاصل نشانگر افزایش مساحت اراضی کشاورزی، مناطق انسان‌ساخت، اراضی بایر و پهنه‌های آبی و در مقابل، کاهش مساحت مراتع و جنگل‌ها بود. در یک جمع‌بندی از مطالعات انجام‌یافته می‌توان گفت که اولاً بیشتر محققین از قابلیت دید بهنگام، وسیع و مقرون به صرفه حاصل از به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای به‌ویژه ماهواره لندست بهره‌برده‌اند. ثانیاً عمده تغییرات عبارت از تبدیل مراتع و جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی و بایر بوده است که نشان از افزایش دخل و تصرفات آنتروپوژنیک مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه دارد. در این بین، به لحاظ روش‌شناختی کمبودی به لحاظ کشف تغییرات چنددوره‌ای (سه، چهار، پنج و یا حتی بیشتر) به جهت مقایسه با تغییرات دبی (با داده‌های واقعی، نه شبیه‌سازی‌شده) به‌ویژه در داخل کشور دیده می‌شود. پژوهش حاضر با در نظر گرفتن این خلاء و نیز با توجه به این که در حوضه‌های مورد مطالعه چنین بررسی انجام نشده است، مطرح گردید. حوضه‌های آبخیز سرآسیاب شان‌دیز و زیربند گلستان از زیرحوضه‌های کشف‌رود واقع در خراسان رضوی هستند که به مانند دیگر زیرحوضه‌های کشف‌رود با افت کمی

خشکسالی‌ها و نیز بهره‌برداری انسانی گسترده از ذخایر آبی حوضه‌ها باعث گردیده تا اوضاع نامناسب هیدرولوژیک در گستره حوضه‌ها برقرار گردد.

کوهستانی و اقلیم مرطوب در بالادست حوضه‌ها باعث تولید رواناب بیشتر در فصول پرآبی و بروز سیلاب‌های مخاطره‌بار می‌شود. از طرفی، تغییرات کاربری اراضی و وقوع



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه‌های مورد مطالعه

Fig. 1. The location of the catchments

منطقه با رزولوشن ۳۰ متر. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین، مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی در جدول ۲ آورده شده است. به دلیل واقع شدن ایستگاه زیربند گلستان بعد از سد زیربند و احتمال این که آمار این ایستگاه تصویر روشنی از تغییرات رژیم هیدرولوژیک حوضه به دست ندهد، در کنار ایستگاه مزبور و به عنوان ایستگاه کمکی، تغییرات دبی ماهانه ایستگاه حصار نیز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده

در انجام این پژوهش از داده‌های زیر استفاده شد؛ (۱) مقادیر دبی ماهانه و بارندگی ماهانه طی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۷ که از سازمان آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی اخذ گردید، (۲) تصاویر ماهواره‌ای لندست شامل ۴ تصویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ که از سایت USGS اخذ شد، (۳) مدل رقومی ارتفاع (DEM)

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

Table 1. Characteristics of the satellite images

گذر	ردیف	سری ماهواره	نام سنجنده	تاریخ اخذ به میلادی	تاریخ اخذ به شمسی
۱۵۹	۳۵	۸	OLI	۲۰۲۰/۵/۲۷	۱۳۹۹/۳/۷
۱۵۹	۳۵	۵	TM	۲۰۱۰/۶/۲۰	۱۳۸۹/۳/۳۰
۱۵۹	۳۵	۷	ETM	۲۰۰۰/۵/۲۸	۱۳۷۹/۳/۸
۱۵۹	۳۵	۵	TM	۱۹۹۰/۵/۲۵	۱۳۶۹/۳/۴

جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی منتخب

Table 2. Characteristics of the selected hydrometry and rainfall stations

نام ایستگاه	نام حوضه	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع ایستگاه از سطح دریا (متر)	سال تأسیس
سرآسیاب شاندیز	سرآسیاب شاندیز	هیدرومتری	۸-۲۴-۳۶	۴-۲۰-۵۹	۱۲۴۹	۱۳۵۱
زیربند گلستان	زیربند گلستان	هیدرومتری	۸-۱۹-۳۶	۳-۲۵-۵۹	۱۱۶۴	۱۳۴۵
حصار-دهبار	زیربند گلستان	هیدرومتری	۳۴-۱۸-۳۶	۱۰-۲۴-۵۹	۱۲۵۰	۱۳۵۴
زشک	سرآسیاب شاندیز	تبخیرسنجی	۱۹-۲۰-۳۶	۴۳-۱۱-۵۹	۱۸۳۲	۱۳۵۰
سرآسیاب شاندیز	سرآسیاب شاندیز	باران‌سنجی	۵۸-۲۳-۳۶	۲۱-۲۰-۵۹	۱۲۹۶	۱۳۴۲
حصار-دهبار	زیربند گلستان	باران‌سنجی	۲۷-۱۸-۳۶	۲۲-۲۴-۵۹	۱۲۵۱	۱۳۴۱

روش تحقیق

این تحقیق طی مراحل زیر انجام شد؛ الف) استخراج زیرحوضه‌ها. پس از گزینش ایستگاه‌ها نسبت به تشکیل پایگاه داده‌ای هر یک از آن‌ها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) اقدام گردید. سپس بر اساس موقعیت جغرافیایی دو ایستگاه زیربند گلستان و سرآسیاب شاندیز، حوضه‌های بالادست آن‌ها با استفاده از مدل رقومی ارتفاع و به کمک الحاقیه Archydro استخراج گردید. ب) گزینش و آماده‌سازی داده‌های دبی و بارش ماهانه. انتخاب سال‌های آماری با توجه به داده‌های موجود دبی و بارش منطبق بر تاریخ اخذ تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفت. از آن جایی که سه دوره زمانی برای بررسی تغییرات کاربری زمین مطرح بود، بنابراین داده‌های دبی و بارش ماهانه طی چهار سال شامل سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۷ شمسی مورد بررسی قرار گرفت. البته به دلیل عدم دسترسی به آمار سال‌های ۱۳۹۸ یا ۱۳۹۹ به آمار سال ۱۳۹۷ اکتفا شد. جهت انتخاب ماه‌های مورد نظر قرار بر این شد که فصول پرآبی (بهار) و کم‌آبی (تابستان) که اثرات تغییر

کاربری و پوشش زمین را، هم به جهت فصل کشت و کار و هم بروز دبی‌های اوج، بهتر نشان می‌دهند، انتخاب شود. اما با توجه به وجود مقادیر پایین و نزدیک به صفر دبی متوسط ماهانه طی فصول تابستان و پاییز و تغییرات بسیار جزئی مقادیر مربوط، مقادیر دبی ماهانه دو فصل زمستان و بهار برای بررسی تغییرات رژیم هیدروکلیمایی و تحلیل‌های آماری انتخاب گردید. قبل از بررسی ارتباط تغییرات دبی با تغییرات کاربری زمین، ارتباط زمانی تغییرات بارش حوضه‌ها با تغییرات دبی آن‌ها نیز از طریق ترسیم نمودارهای مربوط مورد ملاحظه قرار گرفت. در ضمن، داده‌های دبی ماهانه قبل از ورود به آزمون همبستگی مورد آزمون نرمال‌یته قرار گرفت. این کار بر اساس روش کلموگراف- اسمیرنوف و در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام گرفت. ج) گزینش و پردازش تصاویر ماهواره‌ای. در انتخاب تصاویر ماهواره‌ای سعی شد تا تصاویر مزبور عاری از محدودیت‌های پوشش ابری، فنولوژیکی و خطوط جافتاده باشد. درنهایت، تصاویر مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ میلادی (برابر با سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹

داده‌های مرجع به همان روش تهیه داده‌های تعلیمی و با همان تعداد نمونه برای هر کاربری اقدام گردید. در نهایت، پس از اطمینان از صحت طبقه‌بندی، هر یک از نقشه‌های چهارگانه به نوبت از محیط نرم‌افزار ENVI به محیط ArcGIS انتقال داده شد تا درصد مساحت هر کاربری در هر یک از سال‌های مورد بررسی محاسبه شود. (د) تحلیل همبستگی. جهت آگاهی از ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و رژیم هیدرولوژیکی حوضه‌ها از آزمون همبستگی پیرسون دوطرفه در محیط نرم‌افزار SPSS استفاده شد. این آزمون در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و بین درصدهای مساحت هر کاربری (۷ کاربری) و مقادیر دبی ماهانه (۶ ماه) ایستگاه‌های هیدرومتری طی ۴ سال صورت گرفت. در خصوص حوضه زیربند گلستان، تغییرات کاربری این حوضه نه تنها در ارتباط با تغییرات دبی ماهانه ایستگاه انتهایی مورد بررسی واقع شد، با تغییرات دبی ماهانه ایستگاه حصار نیز مورد تحلیل همبستگی قرار گرفت.

نتایج

تغییرات کاربری اراضی

نتایج حاصل از اعمال طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال در قالب نقشه‌های کاربری زمین طی چهار سال ارائه گردید (شکل ۲). همچنین، جدول ۳ نتایج صحت‌سنجی الگوریتم طبقه‌بندی برای تصاویر مورد استفاده را نشان می‌دهد. پس از اطمینان از صحت طبقه‌بندی اعمال‌شده، درصد مساحت کاربری‌ها در هر یک از نقشه‌های طبقه‌بندی محاسبه شد که به صورت نمودارهای مربوط (شکل‌های ۳ و ۴) به نمایش درآمده است. طبق نمودارهای مربوط معلوم می‌شود که در حوضه زیربند، بیشترین درصد مساحت در سال ابتدایی یعنی ۱۳۶۹ به مراتع متوسط (۶۷ درصد مساحت حوضه) اختصاص داشته است. اما در سه سال بعدی یعنی ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ طبقه زمین بایر با درصد مساحت به ترتیب ۴۰، ۳۸ و ۵۵ درصد، بیشترین مساحت از حوضه را به خود اختصاص داده است. پس از این دو کاربری، مراتع ضعیف از بیشترین درصد مساحت طی سال‌های مورد بررسی برخوردار بوده است.

و ۱۳۹۹ هجری شمسی) که همگی مربوط به ماه خرداد بودند، انتخاب گردید. با توجه به این که تمامی تصاویر اخذشده از نوع داده‌های سطح یک لندست (Level-1) بوده و از کیفیت و دقت مناسبی جهت پردازش سری زمانی برخوردار بودند، نیازی به تصحیح هندسی و رادیومتریک آن‌ها نبود. اما جهت تصحیح اتمسفری تصاویر مربوط از الگوریتم متداول FLAASH در محیط نرم‌افزاری ENVI بهره گرفته شد. از آن جایی که تصاویر لندست ۷ و ۸ (سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰) از باند پانکروماتیک ۱۵ متری برخوردارند، نسبت به بارزسازی و افزایش قدرت تفکیک فضایی باندهای دیگر (با رزولوشن ۳۰ متر) بر اساس این باند اقدام گردید. پس از انجام پیش‌پردازش‌های اولیه بر روی تصاویر مورد نظر، برش تصاویر بر اساس محدوده حوضه‌های مورد مطالعه صورت گرفت. سپس ترکیب باندهای مرئی سبز و قرمز و مادون قرمز نزدیک به صورت رنگی کاذب (۲-۳-۴ در لندست ۵ و ۷؛ ۳-۴-۵ در لندست ۸) ملاک عمل برای انجام طبقه‌بندی به روش نظارت‌شده و با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال انجام گردید. طبقات کاربری که بر اساس اطلاعات موجود از منطقه و بازبینی اولیه از طریق تفسیر چشمی انتخاب شد؛ باغ، مسکونی، پهنه آبی، رخنمون سنگی، مرتع متوسط، مرتع ضعیف، و زمین‌های بایر. انتخاب نمونه‌های تعلیمی برای انجام طبقه‌بندی به کمک تصاویر گوگل ارث و نیز تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای و البته با آشنایی به منطقه مورد مطالعه بود. به غیر از کاربری پهنه آبی که ۱۰ نمونه تعلیمی برای آن در نظر گرفته شد، برای هر کدام از سایر کاربری‌ها بالغ بر ۳۰ نمونه انتخاب شد. از آن جایی که در تهیه نقشه‌های منطقه‌ای و جهانی از تصاویر لندست، تولید نقشه‌های قابل اعتماد با صحت بالا مهم می‌باشد (۲۸). پس از انجام طبقه‌بندی، نسبت به صحت‌سنجی نقشه‌ها بر اساس آماره‌های صحت کلی و ضریب کاپا اقدام گردید. ضریب کاپا سنج‌های از توافق میان نقشه طبقه‌بندی‌شده و داده‌های مرجع زمینی است که مقادیر بالای ۰/۸ آن نشانگر صحت بالای طبقه‌بندی است (۱۱). در این تحقیق پس از اجرای طبقه‌بندی نسبت به تهیه

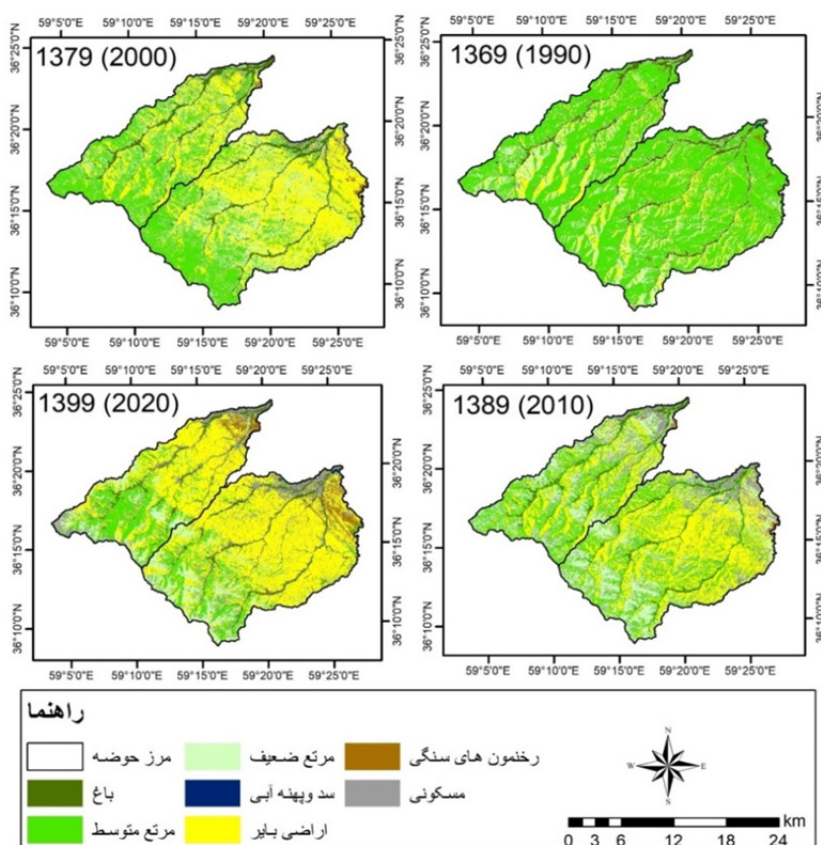
به نظر می‌رسد که تبدیل کاربری‌ها عمدتاً از مرتع به زمین بایر بوده است. افزایش کاربری مسکونی نیز طی سال‌های مورد بررسی قابل ملاحظه می‌باشد، به طوری که از نزدیکی‌های صفر درصد در سال ابتدایی تا ۱۲ درصد در سال انتهایی رسیده است.

درصد مساحت سایر کاربری‌ها قابل مقایسه با سه کاربری مذکور نیست. کمینه درصد مساحت حوضه به کاربری پهنه آبی تعلق دارد که به ترتیب ۰/۱۳، ۰/۰۱، ۰/۰۴ و ۰/۱۶ درصد مساحت کاربری‌ها را طی سال‌های مورد بررسی تحت اشغال خود داشته است. با این احتساب و با توجه به نقشه‌های مربوط

جدول ۳. نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

Table 3. Characteristics of the satellite images

سال تصویر	سنجده	صحت کلی (درصد)	ضریب کاپا
۱۳۹۹ (۲۰۲۰)	OLI	۹۲/۷۱	۰/۹
۱۳۸۹ (۲۰۱۰)	TM	۹۶	۰/۹۵
۱۳۷۹ (۲۰۰۰)	ETM ⁺	۸۳/۲۲	۰/۷۸
۱۳۶۹ (۱۹۹۰)	TM	۹۶/۵۴	۰/۹۵



شکل ۲. نقشه‌های کاربری اراضی حوضه‌های مورد مطالعه طی سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰

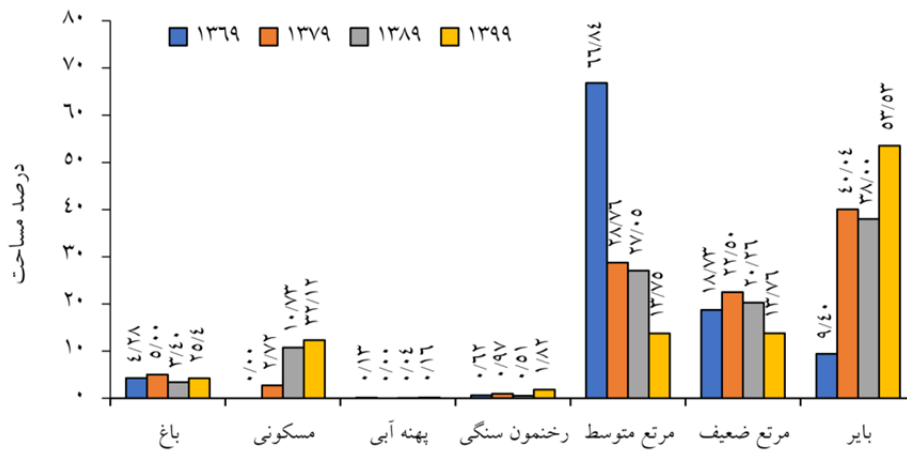
Fig. 2. Landuse maps of the catchments in 1990, 2000, 2010, 2020

زیربند این است که کاربری مرتع متوسط بر کاربری زمین بایر پیشی گرفته و به ترتیب ۶۱، ۴۲، ۳۴ و ۲۴ درصد مساحت

در مورد حوضه سرآسیاب شاندیز نیز وضعیت تقریباً مشابهی دیده می‌شود. تفاوت عمده این حوضه با حوضه

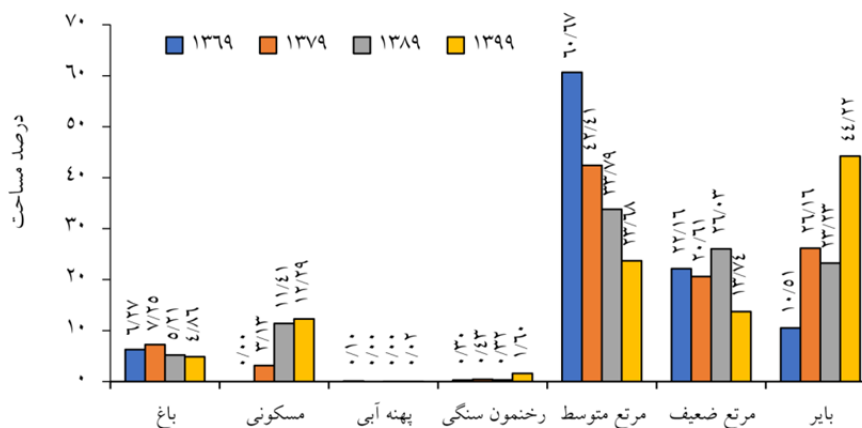
گسترش زمین‌های بایر، دست کم در سال‌های اخیر نشانگر تخریب مراتع و فروافت کمی و کیفی آن‌ها می‌باشد. در این حوضه نیز پهنه آبی از کمینه درصد مساحت حوضه (زیر ۰/۱ درصد) در بین سایر کاربری‌ها برخوردار بوده است. افزایش مساحت نواحی مسکونی که به ترتیب ۰/۱، ۳، ۱۱ و ۱۲ درصد مساحت حوضه را طی چهار سال آماری، تحت اشغال خود داشته است، همچون حوضه زیربند، بیانگر روند رو به رشد شهرنشینی در منطقه است. کاهش سطح باغات نیز طی سال‌های مورد بررسی از نکات درخور توجه بوده است.

حوضه را طی سال‌های مورد بررسی به خود اختصاص داده است. در مقابل، زمین بایر، تنها در سال پایانی یعنی ۱۳۹۹ از درصد مساحت بیشتری (۴۴ درصد) نسبت به مرتع متوسط برخوردار بوده و در سایر سال‌ها تقابلی با مرتع ضعیف داشته است. به طوری که در سال ابتدایی مرتع ضعیف (۲۲/۲ درصد) بر زمین بایر (۱۰/۵ درصد) غلبه داشته است. در سال دوم، این غلبه با زمین بایر (۲۶/۲ درصد) نسبت به مرتع ضعیف (۲۱ درصد) بوده است. در سال سوم بار دیگر مرتع ضعیف با اختصاص ۲۶ درصد مساحت حوضه نسبت به زمین بایر با ۲۳ درصد مساحت حوضه، پیشی گرفته است. در هر حال،



شکل ۳. نمودار درصد مساحت کاربری اراضی در حوضه زیربند گلستان طی چهار سال مورد بررسی

Fig. 3. Chart of the landuses percent area in Zirband Golestan catchment over the 4 years



شکل ۴. نمودار درصد مساحت کاربری اراضی در حوضه سرآسیاب شاندیز طی چهار سال مورد بررسی

Fig. 4. Chart of the landuses percent areas in Sarasyab Shandiz catchment over the 4 years

تنها دو کاربری پهنه آبی و مسکونی از روند افزایشی در مساحت تحت اشغال برخوردار بوده‌اند و سایر کاربری‌ها روند کاهشی را نشان می‌دهند. در این دهه، افزایش ۸ درصدی نواحی مسکونی نمود بارزتری دارد. در دهه سوم، هم مرتع متوسط و هم مرتع ضعیف روند کاهشی مساحت را نشان می‌دهند و سایر کاربری‌ها از روند افزایشی مساحت برخوردارند. کاهش ۱۳ درصدی مراتع متوسط و افزایش ۱۵ درصدی زمین‌های بایر نمود برجسته‌تری دارند.

جهت آگاهی بهتر و کامل‌تر از روند تغییرات کاربری اراضی در حوضه‌های مورد مطالعه، تغییرات منفی و مثبت مساحت کاربری‌ها در قالب دوره‌های آماری طبق جدول‌های ۴ و ۵ محاسبه و ارائه گردید. نگاهی به مقادیر مربوط در حوضه زیربند گلستان نشان می‌دهد که در دهه نخست به غیر از دو کاربری مرتع متوسط و پهنه آبی که با کاهش مساحت روبه‌رو بوده‌اند، سایر کاربری‌ها روند افزایشی داشته‌اند. در این بین، کاهش مساحت ۳۸ درصدی مراتع متوسط و افزایش ۳۱ درصدی زمین‌های بایر کاملاً برجسته می‌نماید. در دهه دوم،

جدول ۴. تغییرات دوره‌ای مساحت کاربری‌های زمین در حوضه زیربند گلستان

Table 4. Periodic area variations of the landuses in Zirband Golestan catchment

زیربند گلستان						
۱۳۸۹-۱۳۹۹		۱۳۷۹-۱۳۸۹		۱۳۶۹-۱۳۷۹		سال شمسی
۲۰۱۰-۲۰۲۰		۲۰۰۰-۲۰۱۰		۱۹۹۰-۲۰۰۰		سال میلادی
میزان تغییرات (درصد)	میزان تغییرات (کیلومتر مربع)	میزان تغییرات (درصد)	میزان تغییرات (کیلومتر مربع)	میزان تغییرات (درصد)	میزان تغییرات (کیلومتر مربع)	نوع کاربری
۰/۸۵	۲/۶۵	-۱/۶۰	-۵	۰/۷۲	۲/۲۶	باغ
-۱۳/۳۰	-۴۱/۶۳	-۱/۷۱	-۵/۳۶	-۳۸/۰۸	-۱۱۹/۱۶	مرتع متوسط
-۶/۴۹	-۲۱/۵۷	-۲/۲۵	-۷/۰۳	۳/۷۷	۱۱/۸۰	مرتع ضعیف
۰/۱۱	۰/۳۶	۰/۰۴	۰/۱۴	-۰/۱۳	-۰/۴۰	سد و پهنه آبی
۱۵/۵۳	۴۸/۶۰	-۲/۰۴	-۶/۳۹	۳۰/۶۴	۹۵/۸۸	اراضی بایر
۱/۳۱	۵/۸۹	-۰/۴۶	-۱/۴۳	۰/۳۵	۱/۱۰	رخنمون سنگی
۱/۵۹	۴/۹۷	۸/۰۱	۲۵/۰۷	۲/۷۲	۸/۵۲	مسکونی

بوده‌اند. افزایش ۸ درصدی نواحی مسکونی طی دهه دوم به مانند حوضه زیربند برجسته بوده است. همچنین کاهش ۸/۵ درصد مرتع متوسط نیز برجسته می‌نماید. اما در دهه پایانی و سوم، باغات و مراتع با کاهش مساحت روبه‌رو بوده و در مقابل بر مساحت زمین‌های بایر، رخنمون سنگی و نواحی مسکونی افزوده شده است. در این میان، کاهش ۱۴ درصدی مرتع ضعیف و افزایش ۲۱ درصدی زمین‌های بایر نمایان‌تر است.

اما تغییرات دوره‌ای مساحت کاربری اراضی در حوضه سرآسیاب بدین گونه بوده است که در دهه نخست، مراتع متوسط و ضعیف و نیز پهنه‌های آبی دچار کاهش مساحت شده‌اند. در مقابل، سایر کاربری‌ها با افزایش مساحت روبه‌رو بوده‌اند. در این میان کاهش ۱۸ درصدی مرتع متوسط و افزایش ۱۶ درصدی زمین‌های بایر برجسته‌تر است. در دهه دوم، تنها دو کاربری مرتع ضعیف و نواحی مسکونی با افزایش مساحت مواجه بوده‌اند و سایر کاربری‌ها به غیر از پهنه آبی که تغییری نکرده است، از روند کاهشی مساحت برخوردار

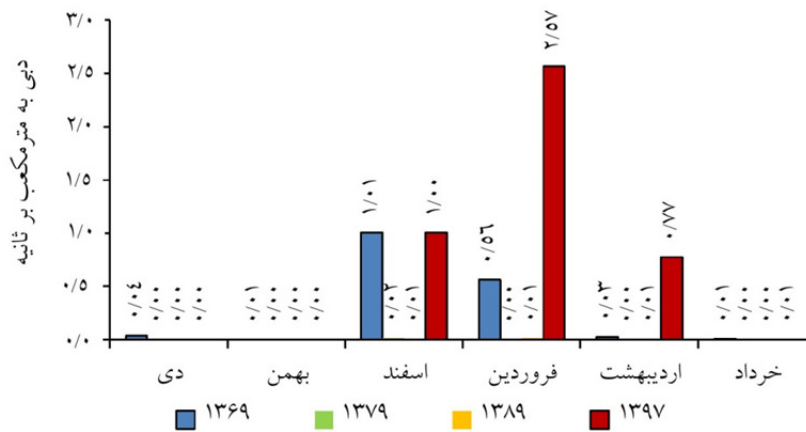
جدول ۵. تغییرات دوره‌ای مساحت کاربری‌های زمین در حوضه سرآسیاب شاندیز
Table 5. Characteristics of the satellite images Sarasyab Shandiz catchment

سرآسیاب شاندیز						
سال شمسی		سال میلادی				
۱۳۸۹-۱۳۹۹		۱۳۷۹-۱۳۸۹		۱۳۶۹-۱۳۷۹		
۲۰۱۰-۲۰۲۰		۲۰۰۰-۲۰۱۰		۱۹۹۰-۲۰۰۰		
میزان تغییرات	میزان تغییرات	میزان تغییرات	میزان تغییرات	میزان تغییرات	میزان تغییرات	نوع کاربری
(درصد)	(کیلومتر مربع)	(درصد)	(کیلومتر مربع)	(درصد)	(کیلومتر مربع)	
-۰/۳۴	-۰/۶۷	-۲/۰۴	-۳/۹۸	۰/۹۸	۱/۹۱	باغ
-۱۰/۱۱	-۱۹/۷۰	-۸/۶۲	-۱۶/۷۹	-۱۸/۲۵	-۳۵/۵۵	مرتع متوسط
-۱۲/۲۹	-۲۴/۲۹	۵/۴۲	۱۰/۵۶	-۱/۵۵	-۳/۰۱	مرتع ضعیف
۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۱۰	-۰/۱۹	سد و پهنه آبی
۲۰/۹۸	۴۰/۸۸	-۲/۹۳	-۵/۷۱	۱۵/۶۶	۳۰/۵۰	اراضی بایر
۱/۲۸	۲/۵۱	-۰/۱۱	-۰/۲۱	۰/۱۳	۰/۲۶	رخنمون سنگی
۰/۸۸	۱/۷۲	۸/۲۸	۱۶/۱۳	۳/۱۳	۶/۰۹	مسکونی

تغییرات دبی ماهانه

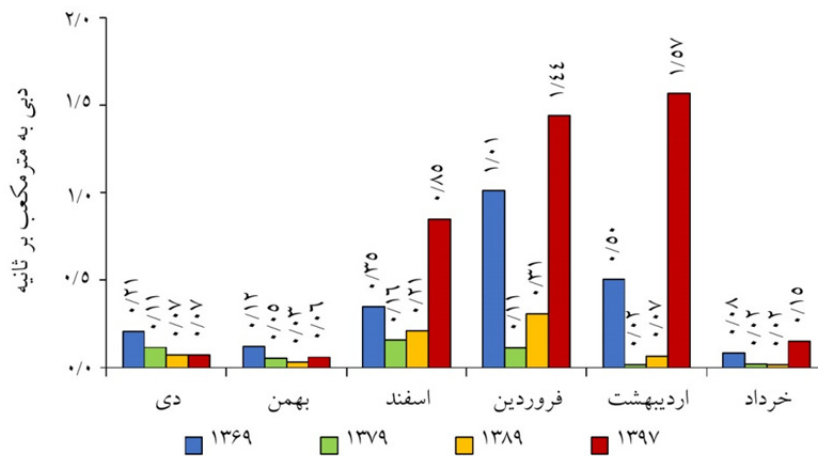
نمودارهای توالی ماهانه دبی (فصول زمستان و بهار) طی سال‌های مورد بررسی برای سه ایستگاه زیربند، حصار و سرآسیاب طبق شکل‌های ۵، ۶ و ۷ تهیه گردید. تغییرات دبی ماهانه نشان می‌دهد که ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت جزو پرآب‌ترین ماه‌ها بوده و نمود هیدرولوژیکی متفاوتی با سایر ماه‌ها دارند. پایین بودن دبی ماه‌های دی و بهمن به دلیل سرمای هوا و رخداد یخبندان؛ و افت ناگهانی میزان دبی جریان در گذر از اردیبهشت‌ماه به خردادماه با نزدیک شدن به فصل خشک و کم‌آبی تابستان قابل درک است. نکته مهم دیگر عبارت از نمود برجسته مقادیر دبی ماهانه در دو سال ابتدایی (۱۳۶۹) و انتهای (۱۳۹۷) نسبت به سایر سال‌هاست. در کل،

روند دوره‌ای دبی ماهانه را نمی‌توان بدون جداسازی فصلی مشخص نمود. در این راستا، چنان‌چه از دو ماه اسفند و خرداد که ماه‌های گذر و بینابین هستند، صرف نظر شود، می‌توان گفت که ماه‌های زمستان با روند کاهشی دبی و در مقابل، ماه‌های بهار با روند افزایشی دبی طی دو دهه اخیر مواجه بوده‌اند. چنین می‌نماید که طی سال‌های اخیر، وضعیت زمستان به سمت برتری‌تر شدن پیش رفته است، در حالی که وضعیت بهار، نشانه‌هایی از مرطوب‌شدگی را نشان می‌دهد. نمود خشکسالی‌های پیرامون سال ۱۳۷۹ در مقادیر دبی ماهانه حوضه سرآسیاب که کمترین میزان را در این سال نشان می‌دهد، روشن‌تر از حوضه زیربند می‌باشد.



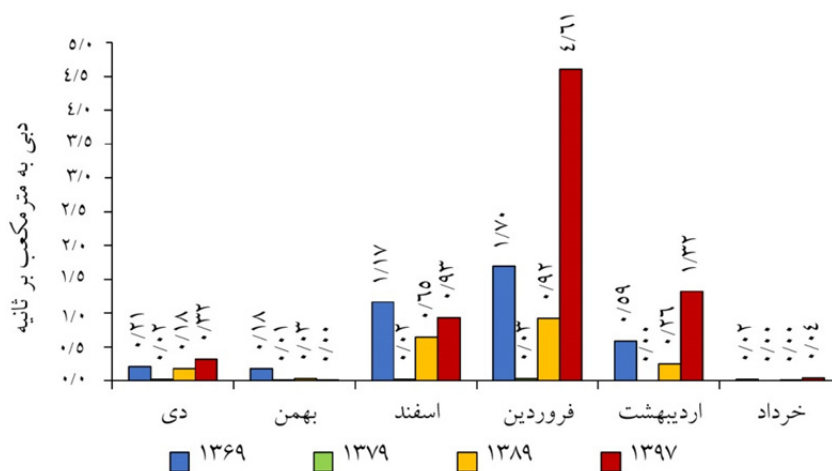
شکل ۵. نمودار تغییرات دبی ماهانه ایستگاه زیربند گلستان طی چهار سال مورد بررسی

Fig. 5. Chart of the monthly discharge variations in Zirband Golestan station over the 4 years



شکل ۶. نمودار تغییرات دبی ماهانه ایستگاه حصار طی چهار سال مورد بررسی

Fig. 6. Chart of the monthly discharge variations in Hesar station over the 4 years



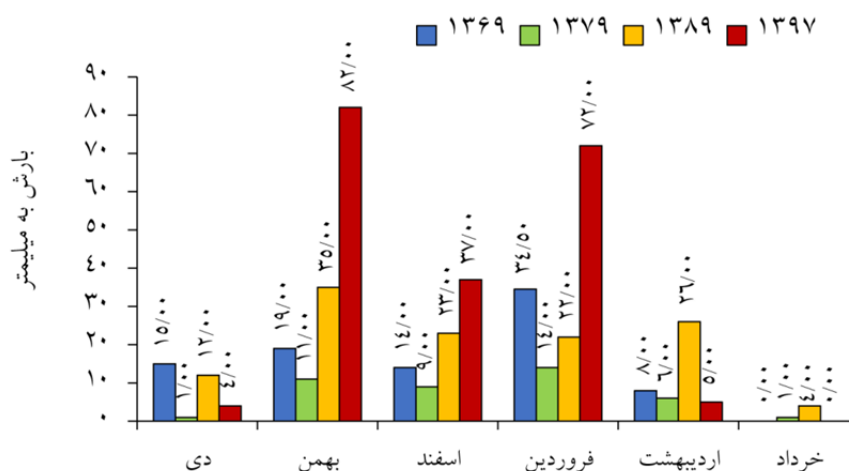
شکل ۷. نمودار تغییرات دبی ماهانه ایستگاه سرآسیاب شانديز طی چهار سال مورد بررسی

Fig. 7. Chart of the monthly discharge variations in Sarasyab Shandiz station over the 4 years

تغییرات بارش ماهانه

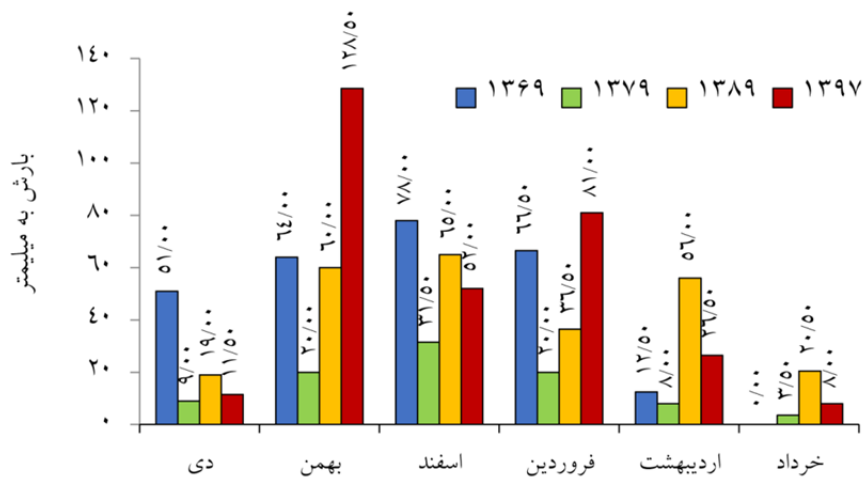
که دی ماه با روند کاهشی، بهمن ماه با روند افزایشی، ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت بدون روند مشخص و ماه خرداد با روند افزایشی جزئی مشخص می‌باشند. نکته مهم دیگر وقوع بارش قابل ملاحظه ماه‌های اسفند، اردیبهشت و خرداد در سال ۱۳۸۹ بوده است. در مقابل، در سال ۱۳۷۹، افت قابل ملاحظه بارش در بیشتر ماه‌ها رخ داده است که اشاره به بروز خشکسالی‌های زیان‌بار دهه ۱۳۶۹-۱۳۷۹ دارد. کمینه بارش‌های ماهانه طی چهار سال نیز به همین سال آبی اختصاص دارد. با این احتساب معلوم می‌شود که به لحاظ روند زمانی به غیر از دی ماه شباهتی بین دبی و بارش حوضه‌ها وجود ندارد. در مقابل، روند کاهشی دبی در بهمن ماه بر خلاف روند افزایشی بارش در ماه مذکور بوده است. البته ارتباط مقادیر بارش با مقادیر دبی به لحاظ روند تغییرات سالانه در حوضه زیربند گلستان (ایستگاه حصار) تا حدودی قابل پی‌گیری است. روند افزایشی بارش اواسط فصل زمستان تا اوایل بهار به تدریج و با ذوب برف‌ها در روند افزایشی دبی فصل بهار در حوضه مزبور نمود پیدا می‌کند. از طرفی، کاهش نگران‌کننده سطح مراتع در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۶۹ را می‌توان با کاهش مقادیر بارش در این سال که کمترین مقادیر را در بین چهار سال مورد بررسی به خود اختصاص داده‌اند، مرتبط دانست.

جهت بررسی تغییرات ماهانه بارندگی و روند آن از داده‌های سه ایستگاه باران‌سنجی حصار (حوضه زیربند گلستان)، سرآسیاب و زشک (حوضه سرآسیاب شان‌دیز) که آمار کامل و دقیقی داشتند، استفاده گردید. نمودارهای توالی ماهانه بارندگی در ایستگاه‌های مورد نظر طبق شکل‌های ۸ تا ۱۰ نشان می‌دهد که بیشینه بارندگی ماهانه در فصل زمستان و ماه بهمن دیده می‌شود. در مقابل، کمینه بارندگی ماهانه در فصل بهار و ماه خرداد رخ داده است. برودت بهمن ماه و نوع بارش که عمدتاً به صورت برف می‌باشد، باعث می‌شود که نمود بیشینه بارش در بیشینه دبی رودخانه‌ها آشکار نباشد. بر خلاف روند دبی ماهانه حوضه‌ها نمی‌توان یک جمع‌بندی از روند بارش ماهانه حوضه‌ها به لحاظ تفاوت فصلی ارائه داد، چرا که ماه‌های مختلف از روند متفاوتی با یکدیگر برخوردار هستند. این تفاوت بین دو حوضه نیز مشاهده می‌شود. در حوضه زیربند گلستان و ایستگاه حصار روند تغییرات بارش ماهانه طی سه دوره به این صورت بوده است که ماه‌های دی و خرداد با روند کاهشی، ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین با روند افزایشی روبه‌رو بوده‌اند. در حوضه سرآسیاب و ایستگاه‌های زشک و سرآسیاب، روند تغییرات بارش ماهانه طی سه دوره افت و خیزهای بیشتری نشان می‌دهد، به طوری



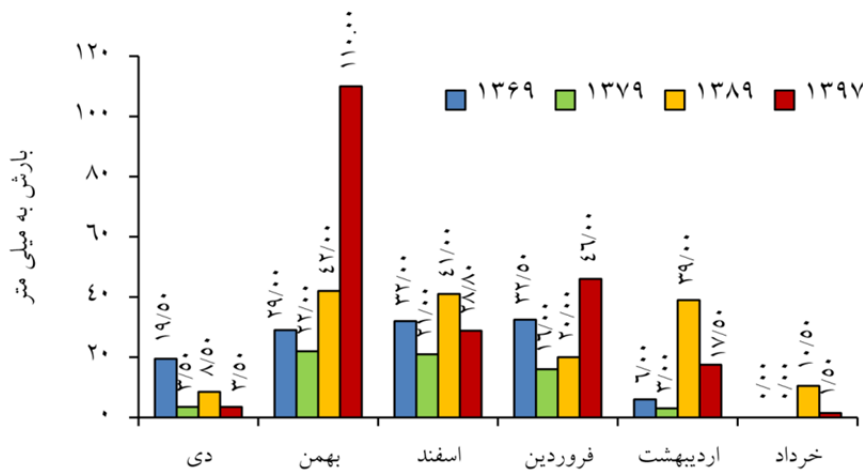
شکل ۸. نمودار تغییرات بارش ماهانه ایستگاه حصار طی چهار سال مورد بررسی

Fig. 8. Chart of the monthly rainfall variations in Hesar station over the 4 years



شکل ۹. نمودار تغییرات بارش ماهانه ایستگاه زشک طی چهار سال مورد بررسی

Fig. 9. Chart of the monthly rainfall variations in Zoshk station over the 4 years



شکل ۱۰. نمودار تغییرات بارش ماهانه ایستگاه سرآسیاب شاندیز طی چهار سال مورد بررسی

Fig. 10. Chart of the monthly rainfall variations in Sarasyab Shandiz station over the 4 years

داده‌های مورد بررسی نرمال بوده و از صلاحیت ورود به آزمون همبستگی پیرسون برخوردار هستند. همچنین مقادیر آماره آزمون نیز که در بازه $-1/96$ و $+1/96$ قرار گرفته‌اند، دلالت بر نرمال بودن داده‌ها دارد.

ارتباط تغییرات کاربری اراضی با رژیم هیدرولوژی

قبل از پرداختن به نتایج آزمون همبستگی، نتایج آزمون نرمالیت داده‌های دبی طی جدول‌های ۶ تا ۸ آورده شد. با توجه به سطح معنی‌داری حاصل برای داده‌های دبی ماهانه در هر سه ایستگاه که بالای $0/05$ می‌باشد، می‌توان گفت که

جدول ۶. نتایج آزمون کلموگروف - اسمیرنوف روی داده‌های دبی ماهانه ایستگاه زیربند گلستان

Table 6. Results of kolmogrov-smirnov test on monthly discharge data in Zirband Golestan station

ماه	مقدار آماره	سطح معنی داری
دی	۰/۸۸۳	۰/۴۱۷
بهمن	۰/۸۸۳	۰/۴۱۷
اسفند	۰/۶۱۳	۰/۸۴۷
فروردین	۰/۶۴۷	۰/۷۹۷
اردیبهشت	۰/۸۵۷	۰/۴۵۵
خرداد	۰/۴۵۴	۰/۹۸۶

جدول ۷. نتایج آزمون کلموگروف - اسمیرنوف روی داده‌های دبی ماهانه ایستگاه حصار

Table 7. Results of kolmogrov-smirnov test on monthly discharge data in Hesar station

ماه	مقدار آماره	سطح معنی داری
دی	۰/۵۲۲	۰/۹۴۸
بهمن	۰/۶۲۰	۰/۸۳۷
اسفند	۰/۶۰۹	۰/۸۵۲
فروردین	۰/۵۴۰	۰/۹۳۳
اردیبهشت	۰/۵۴۰	۰/۹۳۳
خرداد	۰/۵۴۸	۰/۹۲۵

جدول ۸. نتایج آزمون کلموگروف - اسمیرنوف روی داده‌های دبی ماهانه ایستگاه سرآسیاب شاندیز

Table 8. Results of kolmogrov-smirnov test on monthly discharge data in Sarasyab Shandiz station

ماه	مقدار آماره	سطح معنی داری
دی	۰/۵۰۸	۰/۹۵۹
بهمن	۰/۷۳۳	۰/۶۵۷
اسفند	۰/۴۳۰	۰/۹۹۳
فروردین	۰/۵۴۸	۰/۹۲۵
اردیبهشت	۰/۴۳۵	۰/۹۹۱
خرداد	۰/۵۴۱	۰/۹۳۲

زیربند گلستان. در این ایستگاه روابط معنی داری بین درصد مساحت سه کاربری رخنمون سنگی، مرتع متوسط و مرتع ضعیف و تغییرات دبی ماهانه حاصل شد. روابط معنی دار رخنمون سنگی در ماه‌های فروردین و اردیبهشت، مرتع متوسط در ماه‌های دی و بهمن، و مرتع ضعیف در ماه‌های فروردین و اردیبهشت به دست آمد. گذشته از این،

اما نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین درصد مساحت کاربری‌ها و مقادیر دبی ماهانه در چهار سال مورد بررسی طبق جدول‌های ۹ تا ۱۱ تنظیم گردید. در این جداول روابط معنی دار با خط تیره در زیر آن و همبستگی‌های قوی (بالای ۰/۷) به صورت خانه رنگی مشخص شد. کم و کیف روابط متغیرها به ترتیب ایستگاه‌ها به شرح ذیل بود؛ الف) ایستگاه

حفاظتی پوشش گیاهی مراتع در برابر وقوع رواناب سطحی بالا و دبی های اوج در فصل بهار دارد. گیرش و نفوذ آب باران توسط پوشش طبیعی مراتع مانع از بروز رخداد های حدی هیدرولوژیک می شود. برخلاف مراتع، زمین های بایر اثر معکوسی داشته و موجبات رواناب سطحی بیشتر را در فصل پربارش بهار فراهم می سازند. این زمین ها متشکل از خاک های ضعیف، رها شده و یا در معرض ساخت و سازی هستند که قابلیت نفوذ و حفاظتی خود را از دست داده و قادر به تخفیف اثرات سیلاب های بهاری نیستند. از طرفی، همبستگی منفی زمین بایر با دبی ماه های دی و بهمن نشان می دهد که با افزایش سطح زمین های بایر از میزان دبی رودها در زمستان طی سال های مورد بررسی کاسته شده است. گویا این زمین ها نیز در قبال رژیم هیدرولوژیکی زمستانه به مانند سطوح مصنوعی نواحی مسکونی و رخنمون های سنگی عمل می کنند.

همبستگی های قوی در خصوص کاربری های مسکونی، رخنمون سنگی، مرتع متوسط، مرتع ضعیف و زمین بایر دیده می شود. همبستگی منفی کاربری مسکونی با دبی ماه های دی و بهمن نشان می دهد که با افزایش سطوح مصنوعی شهری که در زمستان نسبت به سطوح طبیعی چون خاک و مرتع سردتر شده و سطوح یخ زده بیشتری را تولید می نمایند، رواناب سطحی کم شده و آب کمتری وارد آبراهه ها می شود. در مقابل، با شروع فصل بهار و گرم شدن محیط همین سطوح غیر قابل نفوذ باعث ایجاد رواناب سطحی بیشتر و سرازیر شدن سریع آب ها به داخل کانال رودخانه ها می شوند. وجود همبستگی مثبت دبی ماه های فروردین و اردیبهشت با کاربری مسکونی اشاره به این واقعیت دارد. در مورد رخنمون سنگی نیز همین جهات همبستگی منفی و مثبت صادق است. همبستگی منفی مراتع با دبی ماه های فروردین و اردیبهشت اشاره به اثر تعدیل کننده و

جدول ۹. نتایج آزمون همبستگی بین درصد مساحت کاربری ها و دبی ماهانه در ایستگاه زیربند

Table 9. Results of correlations between landuses area and monthly discharges in Zirband station

ایستگاه	کاربری	آماره	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
باغ	r	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸	۰/۰۶۲	۰/۰۲۶	۰/۰۱۱	-۰/۱۰۵
	Sig.	۰/۹۵۲	۰/۹۵۲	۰/۹۵۲	۰/۹۳۸	۰/۹۷۴	۰/۹۸۹	۰/۸۹۵
مسکونی	r	-۰/۷۱۵	-۰/۷۱۵	-۰/۷۱۵	-۰/۰۵۸	۰/۵۲۶	۰/۶۴۳	-۰/۲۳۶
	Sig.	۰/۲۸۵	۰/۲۸۵	۰/۲۸۵	۰/۹۴۲	۰/۷۷۴	۰/۳۵۷	۰/۷۶۴
زیربند	r	-۰/۳۶۳	-۰/۳۶۳	-۰/۳۶۳	۰/۵۴۵	۰/۹۶۲	۰/۹۹۱	۰/۲۱۶
	Sig.	۰/۶۳۷	۰/۶۳۷	۰/۶۳۷	۰/۴۵۵	۰/۰۳۸	۰/۰۰۹	۰/۷۸۴
گلستان	r	۰/۹۵۶	۰/۹۵۶	۰/۹۵۶	۰/۳۱۴	-۰/۴۰۸	-۰/۵۷۳	۰/۵۹۸
	Sig.	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۶۸۶	۰/۵۹۲	۰/۴۲۷	۰/۴۰۲
مرتع متوسط	r	۰/۰۶۰	۰/۰۶۰	۰/۰۶۰	-۰/۷۶۳	-۰/۹۷۹	-۰/۹۵۱	-۰/۵۴۱
	Sig.	۰/۹۴۰	۰/۹۴۰	۰/۹۴۰	۰/۲۳۷	۰/۰۲۱	۰/۰۴۹	۰/۴۵۹
مرتع ضعیف	r	-۰/۹۲۸	-۰/۹۲۸	-۰/۹۲۸	-۰/۲۳۶	۰/۴۸۰	۰/۶۳۷	-۰/۵۴۵
	Sig.	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۷۶۴	۰/۵۲۰	۰/۳۶۳	۰/۴۵۵

خرداد از روابط معنی داری برخوردار بود. طبق انتظار و با توجه به واقع شدن ایستگاه حصار در داخل حوضه زیربند، وجود همبستگی های قوی در خصوص کاربری های مسکونی، رخنمون سنگی، مرتع متوسط، مرتع ضعیف و زمین بایر

(ب) ایستگاه حصار-دهبار. روابط معنی دار بین درصد مساحت کاربری زمین و دبی های ماهانه در ایستگاه حصار تنها در مورد مراتع (متوسط و ضعیف) دیده می شود. مرتع متوسط در ماه دی، و مرتع ضعیف در ماه های اسفند، اردیبهشت و

مشاهده می‌شود. از سویی، تقریباً جهت همبستگی‌ها (مستقیم/معکوس) نیز همانند ایستگاه زیربند می‌باشد. بنابراین بر وجه تبیینی کم و کیف روابط متغیرها در حوضه زیربند به جهت شواهد بیشتر افزوده می‌شود.

جدول ۱۰. نتایج آزمون همبستگی بین درصد مساحت کاربری‌ها و دبی ماهانه در ایستگاه حصار

Table 10. Results of correlations between landuses area and monthly discharges in Hesar station

ایستگاه	کاربری	آماره	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
باغ	r	۰/۳۰۶	۰/۲۷۸	-۰/۰۳۷	-۰/۰۷۹	۰/۰۰۶	۰/۰۶۲	
	Sig.	۰/۶۹۴	۰/۷۲۲	۰/۹۶۳	۰/۹۲۱	۰/۹۹۴	۰/۹۳۸	
مسکونی	r	-۰/۸۹۸	-۰/۶۹۹	۰/۵۳۹	۰/۲۵۶	۰/۴۷۸	۰/۳۱۴	
	Sig.	۰/۱۰۲	۰/۳۰۱	۰/۴۶۱	۰/۷۴۴	۰/۵۲۲	۰/۶۸۶	
حصار - رخنمون سنگی	r	-۰/۴۷۱	-۰/۱۰۷	۰/۹۴۴	۰/۷۴۰	۰/۹۳۳	۰/۸۶۰	
	Sig.	۰/۵۲۹	۰/۸۹۳	۰/۰۵۶	۰/۲۶۰	۰/۰۶۷	۰/۱۴۰	
دهبار مرتفع متوسط	r	۰/۹۶۴	۰/۸۴۶	-۰/۳۸۰	۰/۰۲۴	-۰/۳۲۵	-۰/۱۴۲	
	Sig.	۰/۰۳۶	۰/۱۵۴	۰/۶۲۰	۰/۹۷۶	۰/۶۷۵	۰/۸۵۸	
مرتفع ضعیف	r	۰/۲۷۵	-۰/۱۲۲	-۰/۹۹۱	-۰/۹۲۶	-۰/۹۸۵	-۰/۹۵۴	
	Sig.	۰/۷۲۵	۰/۸۷۸	۰/۰۰۹	۰/۰۷۴	۰/۰۱۵	۰/۰۴۶	
بایر	r	-۰/۹۳۱	-۰/۷۸۵	۰/۴۴۸	۰/۰۴۷	۰/۳۹۸	۰/۲۲۳	
	Sig.	۰/۰۶۹	۰/۲۱۵	۰/۵۵۲	۰/۹۵۳	۰/۶۰۲	۰/۷۷۷	

هیدرولوژیکی رودخانه‌ها را بر هم زده است. افزایش رخنمون‌های سنگی طی سال‌های مورد بررسی باعث افزایش رواناب سطحی و ورودی آب رودها به‌ویژه در فصل بهار شده است. البته به دلیل مساحت کم رخنمون سنگی در حوضه‌های مورد مطالعه می‌توان انتظار داشت که اثرات کاربری مذکور چشمگیر نباشد. اما اثرات گسترش مراتع در کاهش دبی ماه‌های سیلابی در حوضه سرآسیاب نیز در قالب همبستگی‌های منفی آشکار است. برعکس، افزایش سطوح بایر با افزایش میزان دبی ماه‌های سیلابی همراه بوده است که به لحاظ زیست‌محیطی قابل تامل می‌باشد.

ج) ایستگاه سرآسیاب شاندریز. بر خلاف حوضه زیربند، در حوضه سرآسیاب، روابط معنی‌داری بین مساحت کاربری‌ها و دبی‌های ماهانه به دست نیامد. با این حال همبستگی‌های قوی در خصوص کاربری‌های باغ، رخنمون سنگی، و مرتفع ضعیف دیده می‌شود. کاربری‌های مسکونی، مرتفع متوسط و زمین بایر، هر کدام تنها یک رابطه قوی با تغییرات دبی ماهانه داشتند. بنابراین تفاوت قابل توجه دیگر این حوضه با زیرحوضه زیربند در خصوص روابط همبستگی باغات می‌باشد. گسترش باغات طی سه دهه با کاهش دبی ماهانه در حوضه سرآسیاب مرتبط بوده است. گویا استفاده باغات از آب‌های سطحی در این حوضه شایع بوده و تعادل رژیم

جدول ۱۱. نتایج آزمون همبستگی بین درصد مساحت کاربری‌ها و دبی ماهانه در ایستگاه سرآسیاب

Table 11. Results of correlations between landuses area and monthly discharges in Hesar station

ایستگاه	کاربری	آماره	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
سرآسیاب	باغ	r	۰/۸۸۳	۰/۱۹۷	۰/۵۹۰	۰/۷۳۶	۰/۷۱۴	۰/۵۷۸
		Sig.	۰/۱۱۷	۰/۸۰۳	۰/۴۱۰	۰/۲۶۴	۰/۲۳۶	۰/۴۲۲
	مسکونی	r	۰/۵۳۲	۰/۷۰۲	۰/۰۳۸	۰/۵۱۳	۰/۴۴۴	۰/۳۰۲
		Sig.	۰/۸۶۸	۰/۲۹۸	۰/۹۶۲	۰/۴۸۷	۰/۵۵۶	۰/۶۹۸
	رخنمون سنگی	r	۰/۷۱۲	۰/۴۴۴	۰/۲۸۱	۰/۹۲۴	۰/۸۸۹	۰/۸۷۷
		Sig.	۰/۲۸۸	۰/۵۵۶	۰/۱۷۹	۰/۰۷۶	۰/۱۱۱	۰/۱۲۳
	مرتع متوسط	r	۰/۳۷۳	۰/۸۷۹	۰/۱۹۷	۰/۵۰۲	۰/۴۱۹	۰/۳۲۱
		Sig.	۰/۶۲۷	۰/۱۲۱	۰/۸۰۳	۰/۴۹۸	۰/۵۸۱	۰/۶۷۹
	مرتع ضعیف	r	۰/۵۲۰	۰/۳۴۱	۰/۱۷۷	۰/۸۲۵	۰/۸۰۳	۰/۸۵۶
		Sig.	۰/۴۸۰	۰/۶۵۹	۰/۸۲۳	۰/۱۷۵	۰/۱۹۷	۰/۱۴۴
	بایر	r	۰/۴۱۲	۰/۸۰۷	۰/۱۴۵	۰/۶۶۵	۰/۵۹۴	۰/۵۵۸
		Sig.	۰/۵۸۸	۰/۱۹۳	۰/۸۵۵	۰/۳۳۵	۰/۴۰۶	۰/۴۴۲

بحث و نتیجه‌گیری

تاثیر تعیین‌کننده کاربری و پوشش زمین بر شرایط هیدرولوژی حوضه‌های آبخیز در فرایند تبدیل بارش به رواناب سطحی و زیرسطحی نمود پیدا می‌کند که به نوبه خود بر دبی جریان رودخانه‌ها تاثیرگذار می‌باشد. نتایج این تحقیق نیز نشان می‌دهد که تغییرات کاربری و پوشش زمین به طرق مختلف با تغییرات رژیم هیدرولوژیکی حوضه‌های زیربند و سرآسیاب طی ۳۰ سال اخیر مرتبط بوده است. تهیه نقشه‌های کاربری زمین علاوه بر آگاهی از انواع کاربری‌ها و تغییرات مساحت آن‌ها، کاربری‌های عمده و سهم هر یک از آن‌ها در تغییرات سه دهه را مشخص ساخت. در حوضه‌های مورد مطالعه حاکمیت با مراتع و زمین‌های بایر می‌باشد و تغییرات تبدیلات نیز بیشتر بین این دو کاربری اتفاق افتاده است. در سالیان دور، وسعت مراتع که نقش موثری در حفاظت منابع آب و خاک دارند، بسیار بیشتر از امروز بوده است. اما بتدریج به دلیل عدم حفاظت از مراتع و دستبرد انسان در طبیعت و همچنین چرای بیش از حد دام‌ها، مراتع حوضه‌ها به سمت نواحی بالادست عقب‌نشسته و جای خود را به زمین‌های بایر و نواحی مسکونی داده است. کاهش سطح مراتع به‌ویژه طی

دهه‌های اول (۱۳۶۹-۱۳۷۹) و سوم (۱۳۸۹-۱۳۹۹) بسیار چشمگیر بوده است، به طوری که ۳۸ درصد مراتع متوسط حوضه زیربند و ۱۸ درصد همین مراتع در حوضه سرآسیاب در دهه نخست دچار تنزل شده است. ویلد و گبره‌مریم (۲۶) نیز از تبدیل مراتع به زمین‌های لخت و غیرحاصلخیز خبر دادند. اسفندیاری و همکاران (۶)، قاسمی امین و همکاران (۸) و خدابنده‌لو و همکاران (۱۳) نیز به کاهش قابل‌توجه سطح مراتع اذعان نمودند. در مقابل کاهش وسعت مراتع، زمین‌های بایر که در برابر وقوع پدیده‌های زیان‌بار فرسایش و سیلاب آسیب‌پذیر هستند، با افزایش مساحت طی دهه‌های اول و سوم روبه‌رو بوده‌اند. افزایش ۳۱ و ۱۵ درصدی این کاربری به ترتیب در دهه اول و سوم برای حوضه زیربند و به همان منوال افزایش ۱۶ و ۲۱ درصدی این زمین‌ها در دو دهه مذکور در حوضه سرآسیاب می‌تواند عواقب وخیمی را به لحاظ اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیک دربر داشته باشد، چرا که کمبود آب در منطقه با توجه به بروز خشکسالی‌ها و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب حوضه‌ها به این مسئله دامن می‌زند. در کنار افزایش سطح زمین‌های بایر، افزایش پهناهای مسکونی مهم می‌نماید. این افزایش (۸ درصد) در دهه دوم

(۱۳۷۹-۱۳۸۹) به عنوان برجسته‌ترین تغییر کاربری زمین مطرح بوده و بیانگر روند رو به رشد شهرنشینی در این دهه است. گسترش سطوح غیرقابل نفوذ می‌تواند بر تولید رواناب سطحی بیشتر و بروز سیلاب‌های ناگهانی هم در داخل شهرها و هم در نواحی پیرامون آن‌ها موثر واقع شود. اهمیت این موضوع با توجه به نتایج حاصل از تغییرات رژیم فصلی حوضه‌های مورد مطالعه مبنی بر افزایش میزان دبی در ماه‌های فروردین و اردیبهشت طی دهه‌های اخیر و نیز شواهد موجود از بروز سیلاب‌های مخاطره بار در منطقه، بیشتر آشکار می‌شود. بررسی ارتباط مقادیر ماهانه دبی با مقادیر ماهانه بارش طی چهار سال آماری نشانگر این است که ارتباط بین این دو متغیر ناقص و نامشخص می‌باشد. در این زمینه، وجود روندهای متفاوت در ماه‌های مختلف مانع از تشخیص تفاوت فصلی شده و اشاره به پیچیدگی رخداد بارش در حوضه‌ها دارد. در هر حال ارتباط مقادیر بارش با مقادیر دبی به لحاظ روند تغییرات سالانه در حوضه زیربند گلستان (ایستگاه حصار) نسبت به حوضه سرآسیاب گویاتر است، به طوری که روند افزایشی بارش اواسط فصل زمستان تا اوایل بهار به تدریج و با ذوب برف‌ها در روند افزایشی دبی فصل بهار در حوضه مزبور نمود پیدا می‌کند. از طرفی، کاهش سطح مراتع در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۶۹ را می‌توان با بروز خشکسالی‌ها و کاهش مقادیر بارش در دهه مورد نظر مرتبط دانست. در همین راستا، ارتباط کاهش بارش با کاهش میزان رواناب در حوضه سرآسیاب همسویی بیشتری دارد. در هر حال، نظر به تغییرات زمانی و مکانی قابل ملاحظه بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک و این که ماهیت خطی رودها مانع از دریافت مستقیم بارش رخداده بر سطح حوضه شده و این ورودی عمدتاً در داخل فرایند پیچیده بارش - رواناب نمود پیدا می‌کند، برقراری ارتباط به صورت مستقیم و بلاواسطه مشکل می‌نماید. نتایج آزمون همبستگی نشان می‌دهد که رابطه معنی‌داری بین تغییرات مساحت کاربری‌های رخنمون سنگی، مرتع متوسط و مرتع ضعیف و تغییرات دبی حوضه زیربند گلستان وجود دارد. اما این روابط معنی‌دار در حوضه

سرآسیاب شان‌دیز یافت نشد. عدم وجود روابط معنی‌دار ممکن است ناشی از تعداد کم نمونه‌ها (۴ سال) باشد که تبیین روابط را دشوار می‌سازد. در هر حال، وجود روابط معنی‌دار بین تغییرات کاربری و رژیم هیدرولوژیکی حوضه زیربند در هم‌خوانی با نتایج سانیاال و همکاران (۲۱) و قاسمی امین و همکاران (۸) می‌باشد. نکته مهم دیگر در این خصوص این بود که به لحاظ فصلی، تعداد روابط معنی‌دار در فصل بهار بیشتر از فصل زمستان بود. ویلد و گبره‌مریم (۲۶) نیز دریافتند که حساسیت پاسخ هیدرولوژیکی ماه‌های با دبی بالا نسبت به سایر ماه‌ها در قبال تغییرات کاربری زمین، بیشتر بوده است. این حساسیت بالا نه تنها به دلیل بروز دبی‌های بالا در ماه‌های بهار نسبت به ماه‌های زمستان است، بلکه اشاره به تفاوت‌ها و نوسانات بیشتر دبی در فصل بهار دارد که تبیین این تغییرات را آسان‌تر و بارزتر می‌سازد. علاوه بر شدت همبستگی‌ها بین متغیرهای مورد مطالعه، جهت روابط همبسته بسیار مهم بوده و اقیاعات مفیدی از چگونگی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر رژیم هیدرولوژیکی حوضه‌های مورد مطالعه به دست داد. در وهله نخست، وجود همبستگی مثبت بین مساحت سه کاربری مسکونی، رخنمون سنگی و بایر و دبی ماه‌های فروردین و اردیبهشت اشاره به تسریع و تشدید فرایند تبدیل بارش به رواناب در اثر افزایش سطوح کاربری‌های نامبرده داشت. این نتایج با نتایج محققین قبلی هم‌خوانی دارد. ویلد و گبره‌مریم (۲۶) به افزایش دبی متوسط سالانه ناشی از تبدیل مراتع به زمین‌های لخت اذعان نمودند. همچنین، بلیهو و همکاران (۲۰۲۰) دریافتند افزایش ۲۹ درصدی نواحی مسکونی منجر به افزایش ۹/۲ درصدی رواناب سطحی شده است. اسفندیاری و همکاران (۶) نیز به افزایش مقدار رواناب در اثر افزایش مناطق مسکونی و کاهش مراتع در حوضه قره‌سو اشاره داشتند. غیرقابل نفوذ بودن و عدم نگهداشت آب توسط سطوح مصنوعی انسانی و رخنمون‌های سنگی و نیز نبود یا کمبود هوموس در زمین‌های بایر کم‌بازده، شرایط لازم برای وقوع رواناب بالا و کاهش زمان تمرکز جریان در داخل آبراهه‌ها را فراهم می‌سازد که تبعات زیان‌باری می‌تواند برای هر دو محیط

مورد نظر باشد، چرا که تغییرات کاربری و ژوشش زمین عمدتاً معطوف مراتع بوده و کاهش مراتع با افزایش دبی حوضه‌ها در ارتباط بوده است. اثرات تغییرات کاربری زمین بر تغییرات دبی حوضه‌ها در فصول پرآبی به جهت اقلیم نیمه‌خشک منطقه، مهم‌تر از فصول کم‌آبی بوده و در این زمینه افزایش نواحی مسکونی و زمین‌های بایر و تعویض آن‌ها با پوشش مراتع به جهت بروز فرسایش و سیلاب‌های خسارت‌بار نگران‌کننده است. بنابراین لزوم طرح و اجرای اقدامات حفاظت آب و خاک در داخل حوضه‌ها با رویکرد ممانعت از فروافت کمی و کیفی مراتع و کمک به احیای آن‌ها بایستی در اولویت برنامه‌های عمرانی و آمایشی قرار گیرد.

References

1. Aguirre-Gutiérrez J, Seijmonsbergen AC, Duivenvoorden JF. 2012. Optimizing land cover classification accuracy for change detection, a combined pixel-based and object-based approach in a mountainous area in Mexico. *Applied Geography*, 34: 29-37. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.10.010>.
2. Belihu M, Tekleab S, Abate B, Bewket W. 2020. Hydrologic response to land use land cover change in the Upper Gidabo Watershed, Rift Valley Lakes Basin, Ethiopia. *HydroResearch*, 3: 85-94. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hydres.2020.07.001>.
3. Cohen WB, Fiorella M, Gray J, Helmer E, Anderson K. 1998. An efficient and accurate method for mapping forest clearcuts in the Pacific Northwest using Landsat imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 64(4): 293-299.
4. Cohen WB, Goward SN. 2004. Landsat's Role in Ecological Applications of Remote Sensing. *Bioscience*, 54(6): 535-545. doi:[https://doi.org/10.1641/00063568\(2004\)054\[0535:LRIEAO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/00063568(2004)054[0535:LRIEAO]2.0.CO;2).
5. Du J, Qian L, Rui H, Zuo T, Zheng D, Xu Y, Xu CY. 2012. Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China. *Journal of Hydrology*, 464-465: 127-139. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.06.057>.
6. Esfandiary Darabad F, Beheshti Javid E, Fathi MH. 2015. Hydrological Impact Assessment of Land Use Change on Annual Surface Runoff at the Gharasoo Catchment by Using L-THIA Model. *Hydrogeomorphology*, 1(1): 59-73. doi:<https://doi.org/20.1001.1.23833254.1393.1.1.4.4>. (In Persian).
7. Ewane BE, Lee HH. 2020. Assessing land use/land cover change impacts on the hydrology of Nyong River Basin, Cameroon. *Journal of Mountain Science*, 17(1): 50-67. doi:<https://doi.org/10.1007/s11629-019-5611-8>.
8. Ghasemiamin N, Arman N, Zeinivand H. 2018. Investigation of land use changes effects on daily stream flow in Nojian Watershed by Clue-s and WetSpa models. *Watershed Engineering and Management*, 10(1): 14-27. doi:<https://doi.org/10.22092/ijwmse.2017.109329.1267>. (In Persian).
9. Gómez C, White JC, Wulder MA. 2016. Optical remotely sensed time series data for land cover classification: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 116: 55-72. doi:<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.03.008>.
10. Huang Hj, Cheng Sj, Wen Jc, Lee Jh. 2008. Effect of growing watershed imperviousness on hydrograph parameters and peak discharge. *Hydrological Processes: An International Journal*, 22(13): 2075-2085. doi:<https://doi.org/10.1002/hyp.6807>.
11. Jensen JR. 1996. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. vol Ed. 2. Prentice-Hall Inc. 318 p.
12. Kennedy RE, Townsend PA, Gross JE, Cohen WB, Bolstad P, Wang YQ, Adams P. 2009. Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects. *Remote Sensing of Environment*, 113(7): 1382-1396. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.07.018>.

13. Khodabandehlou B, Khavarian Nehzak H, Ghorbani A. 2019. Change detection of land use /land cover using object oriented classification of satellite images (Case study: Ghare Sou basin, Ardabil province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(3): 76-92. (In Persian).
14. Kiprotich P, Wei X, Zhang Z, Ngigi T, Qiu F, Wang L. 2021. Assessing the impact of land use and climate change on surface runoff response using gridded observations and swat+. *Hydrology*, 8(1): 48.
doi:<https://doi.org/10.3390/hydrology8010048>.
15. Li KY, Coe MT, Ramankutty N, Jong RD. 2007. Modeling the hydrological impact of land-use change in West Africa. *Journal of Hydrology*, 337(3): 258-268.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.01.038>.
16. Lyon SW, Laudon H, Seibert J, Mörth M, Tetzlaff D, Bishop KH. 2010. Controls on snowmelt water mean transit times in northern boreal catchments. *Hydrological Processes*, 24(12): 1672-1684.
doi:<https://doi.org/10.1002/hyp.7577>.
17. Olson JM, Alagarswamy G, Andresen JA, Campbell DJ, Davis AY, Ge J, Huebner M, Lofgren BM, Lusch DP, Moore NJ, Pijanowski BC, Qi J, Thornton PK, Torbick NM, Wang J. 2008. Integrating diverse methods to understand climate-land interactions in East Africa. *Geoforum*, 39(2): 898-911.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2007.03.011>.
18. Öztürk M, Coptly NK, Saysel AK. 2013. Modeling the impact of land use change on the hydrology of a rural watershed. *Journal of Hydrology*, 497: 97-109.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.05.022>.
19. Palamuleni LG, Ndomba PM, Annegarn HJ. 2011. Evaluating land cover change and its impact on hydrological regime in Upper Shire river catchment, Malawi. *Regional Environmental Change*, 11(4): 845-855.
doi:<https://doi.org/10.1007/s10113-011-0220-2>.
20. Roy DP, Wulder MA, Loveland TR, C.E W, Allen RG, Anderson MC, Helder D, Irons JR, Johnson DM, Kennedy R, Scambos TA, Schaaf CB, Schott JR, Sheng Y, Vermote EF, Belward AS, Bindschadler R, Cohen WB, Gao F, Hipple JD, Hostert P, Huntington J, Justice CO, Kilic A, Kovalsky V, Lee ZP, Lyburner L, Masek JG, McCorkel J, Shuai Y, Trezza R, Vogelmann J, Wynne RH, Zhu Z. 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145: 154-172.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001>.
21. Sanyal J, Densmore AL, Carbonneau P. 2014. Analysing the effect of land-use/cover changes at sub-catchment levels on downstream flood peaks: A semi-distributed modelling approach with sparse data. *CATENA*, 118: 28-40.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.01.015>.
22. Sheng J, Wilson JP. 2009. Watershed urbanization and changing flood behavior across the Los Angeles metropolitan region. *Natural Hazards*, 48(1): 41-57. doi:<https://doi.org/10.1007/s11069-008-9241-7>.
23. Sinha RK, Eldho T, Subimal G. 2020. Assessing the impacts of land use/land cover and climate change on surface runoff of a humid tropical river basin in Western Ghats, India. *International Journal of River Basin Management*: 1-12. doi:<https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1809434>.
24. Sriwongsitanon N, Taesombat W. 2011. Effects of land cover on runoff coefficient. *Journal of Hydrology*, 410(3): 226-238.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.09.021>.
25. Wang D, Gong J, Chen L, Zhang L, Song Y, Yue Y. 2012. Spatio-temporal pattern analysis of land use/cover change trajectories in Xihe watershed. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 14(1): 12-21.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.08.007>.
26. Welde K, Gebremariam B. 2017. Effect of land use land cover dynamics on hydrological response of watershed: Case study of Tekeze Dam watershed, northern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 5(1): 1-16.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.03.002>.
27. Woltemade CJ, Hawkins TW, Jantz C, Drzyzga S. 2020. impact of changing climate and land cover on flood magnitudes in the Delaware River Basin, USA. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 56(3): 507-527.
doi:<https://doi.org/10.1111/1752-1688.12835>.
28. Wu W, Zucca C, Karam F, Liu G. 2016. Enhancing the performance of regional land cover mapping. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 52: 422-432.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.07.014>.
29. Wulder MA, White JC, Cranny M, Hall RJ, Luther JE, Beaudoin A, Goodenough DG, Dechka JA. 2008. Monitoring Canada's forests. Part 1: Completion of the EOSD land cover project. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 34(6): 549-562. doi:<https://doi.org/10.5589/m08-066>.
30. Zhu C, Li Y. 2014. Long-Term Hydrological Impacts of Land Use/Land Cover Change From 1984 to 2010 in the Little River Watershed, Tennessee. *International Soil and Water Conservation Research*, 2(2): 11-21.
doi:[https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30002-2](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30002-2).



Study the landuse change and its effects on the hydrologic regime in main catchments of Binalood county

Sayyad Asghari Saraskanrood, Fahimeh Pourfarrash Zadeh

Received: 8 May 2021 / Received in revised form 9 August 2021 / Accepted: 11 August 2021
Available online 18 August 2021 / Available print 22 May 2022

Abstract

Background and Objective Land use/cover changes have been considered to be one of the most important parts of global environmental changes. These changes are complex and dynamic in relation to other environmental changes (global warming, drought, erosion, and ecosystem degradation). In this context, the impacts of land use/cover changes on hydrologic processes are one of the most important environmental issues and challenges, so the extent of dependency on agriculture and other water-related activities on streams has become a major concern in watershed management. So, Assessing long-term hydrological impacts of land use/land cover (LULC) change is of critical importance for land use planning and water resource management. For example, Increased runoff due to the conversion of forests to other land covers, especially agriculture, as well as increased runoff and flood discharge resulting from the expansion of urban and residential use has been repeatedly reported by various researchers.

The present study was aimed at identifying and determining the quantity and quality of land use changes and their relationship with flow discharge changes in catchments of Binalud county in order to guide water resources management and conservation of natural resources at the catchment scale, considering the evidence of land use changes as well as the hydrological regime variations in the catchments.

Materials and Methods The data used in this study were as follows: the average monthly discharge of hydrometric stations, including 3 stations of ZirbandGolestan, Hesar, and SarasyabShandiz that were collected during 1990, 2000, 2010, and 2018, and the Landsat satellite images, including 4 satellite images for the years 1990, 2000, 2010 and 2020, acquired in the spring (May). The monthly discharge values of two seasons, winter and spring, were selected to study hydrological regime changes, considering the low and close to zero values of the average monthly discharge during summer and autumn and very small variance in the relevant values. The data were tested for normality at the significance level of 0.05 before entering the correlation test based on the Smirnov-Kolmogorov method.

S. Asghari Saraskanrood(✉) ¹, F. Pourfarrash Zadeh ²

1. Associate Professor, Department of natural geography, Faculty of Humanities, University of Mohaghegh Ardabili, Iran
2. PhD. Student in Geomorphology, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

e-mail: s.asghari@uma.ac.ir

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.2.5.5>

In regard to satellite images, the processing steps were as follows: firstly, the atmospheric correction of the images was performed based on the conventional FLAASH method in the ENVI software environment. Then, the combination of visible green, red, and near-infrared bands in false color (4-3-2 in Landsat 5 and 7; 5-4-3 in Landsat 8) was used for classification based on the maximum likelihood algorithm. The land use classes were as follows: 1-garden, 2-residential, 3-water area, 4-rock outcrop, 5-moderate range, 6-poor range, and 7-barren land. The selection of training samples for classification was based on Google Earth images, visual interpretation of satellite images, and of course familiarity with the study area. After classification, the maps were validated based on general accuracy statistics and the Kappa coefficient. However, in order to know the relationship between land use changes and the hydrological regime of the catchments, Pearson two-way correlation test was used in the SPSS software environment. This test was performed at a significance level of 0.05 and between the percentages of the area of each land use and the monthly discharge values (6 months) of hydrometric stations during 4 year.

Results and Discussion Preliminary results showed good accuracy of the classification method of the images so that kappa coefficients ranged from 0.78 to 0.95. According to the maps, it is characterized that most area of the catchments belongs to rangelands and barren lands so the changes and conversions of land use occurred mainly between these two land uses. The minimum area percentage of the catchments belonged to the water areas, which at its highest proportion occupied 0.16% and 0.1% of the area of ZirbandGolestan and SarasyabShandiz catchments, respectively. Reagards to land use changes, a decrease in rangelands and the increase of barren lands during the first (1990-2000) and the third (2010-2020) decades have been very considerable, so that 38% and 13% of the moderate rangelands of the Zirband catchment have decreased during the two decades, respectively. In contrast, barren lands have grown by 31% and 15 % over the two decades. Along with these changes, the 8% increase in the area of settlements has been proposed as the most prominent land use change during the second decade (2000-2010) in the catchments. In addition to land use changes, a review of the monthly discharge variations in the catchments showed that the winter months have been experiencing a decreasing trend and, in contrast, the spring months have been experiencing an increasing trend of

discharge over the last two decades. The results of the correlation test showed that there are significant relationships between changes in areas of rock outcrop, moderate range, poor range, and discharge variations in the Zirband catchment. In contrast, no significant relationships were found between land uses and monthly discharges in the Sarasyab catchment. In regard to the quality of relationships, positive correlation between the areas of 3 land uses, including residential, rock outcrop, and barren land, and discharges in April and May, and in contrast, a negative correlation between rangeland areas and discharge of the mentioned months was another important result of the study. In general, the increase in human encroachment and occupation in the form of residential and barren land uses has increased the risks of the occurrence of flooding runoff. On the contrary, the rangeland expansion with its protective and moderating effect has reduced the occurrence of spring floods in the studied catchments.

Conclusion The results indicate that an important focus of land use change in the catchments has been on rangeland and barren land, so in the last decades, the area of rangelands, which play an effective role in protecting water and soil resources, has been much larger than today. However, due to the lack of protection of pastures and human encroachment on the environment, as well as overgrazing of livestock, the rangelands have gradually retreated to the upstream areas and were replaced by barren lands and residential areas. The existence of a positive correlation between the areas of the residential, rock outcrop, and barren land and discharges in April and May is indicative of acceleration and intensification of the rainfall-runoff process due to the increase in the areas of the land uses. Therefore, the irregular and sprawling growth and expansion of residential areas, as well as barren and abandoned lands, must be prevented. On the other hand, the negative correlation between the percentage area of rangeland and monthly discharge refers to the positive effect of rangelands on the environmental conditions of the catchments in the context of accelerated runoff and erosion processes, which ultimately requires the protection and preservation of natural areas. In general, more attention and focus on the effects of land use change on discharge variations in wet seasons due to the semi-arid climate of the region is necessary.

Keywords: Landuse change, Discharge, Correlation, Zirband, Sarasyab