

تأثیرپذیری رژیم سیلاب از تغییرات بارش و کاربری زمین در آبخیز چشمه کیله

علی نصیری خیایو^۱، مهدی وفاخواه^{۲*}، سید حمیدرضا صادقی^۲

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

۲. استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت ۱۳۹۹/۰۸/۰۴، تاریخ تصویب ۱۳۹۹/۱۱/۳۰)

چکیده

ارزیابی تأثیر تغییرات بارش و کاربری زمین بر سیلاب از مسائل اساسی در مدیریت آبخیز است. حال آنکه تأثیر هم‌زمان آنها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیرپذیری سیلاب از رژیم بارش و کاربری‌های زمین در آبخیز چشمه کیله تنکابن صورت پذیرفته است. برای انجام پژوهش حاضر از داده‌های پنج ایستگاه هواشناسی موجود در منطقه و آب‌سنجی هرات بر استفاده شد. ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۷ با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی در سامانه Earth Engine تهیه شد. سپس، برای بررسی تأثیرپذیری سیلاب نسبت به رژیم بارش از مؤلفه‌های بارش و دبی استفاده شد. به منظور برآورد کمی شاخص‌های سیلابی کمینه و بیشینه و منحنی تداوم جریان از نرم‌افزار IHA 7.1 و رویکرد EFC استفاده شد. بررسی تأثیر متغیرهای رژیم بارش بر سیلاب نشان داد روند معناداری در داده‌های بارش در دوره آماری وجود ندارد. از طرفی، سطح کاربری جنگل در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۱۹۸۴ حدود ۲۱/۲۵ درصد کاهش یافته، ولی کاربری‌های مرتع، کشاورزی و مناطق مسکونی به ترتیب ۲۴/۱۶، ۳۱۵/۰۰ و ۲۲۵/۴۷ درصد افزایش یافته است. درصد اختلاف شاخص‌های بیشینه ۱، ۳، ۷، ۳۰ و ۹۰ روزه، میزان دبی و بیشینه سیلاب سالانه در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۱۹۸۴ به ترتیب ۱۹۳/۱۷، ۱۵۶/۰۲، ۱۲۴/۸۷، ۷۷/۲۲، ۵۷/۹۳، ۱۹۷/۲۲ و ۲۰۷/۶۶ درصد افزایش داشته که نشان‌دهنده تأثیرپذیری شاخص‌های جریان سیلابی از تغییرات کاربری‌ها است. از نتایج پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات کاربری زمین آثار زیان‌باری بر حفاظت منابع خاک و آب و به‌طبع، بر تعادل اکولوژیک و هیدرولوژیک حوضه آبخیز دارد.

کلیدواژگان: اکوهیدرولوژی، حفاظت خاک و آب، رژیم بارش، شاخص‌های سیلابی، مدیریت سیلاب.

مقدمه

درک پویایی کاربری زمین برای پیش‌بینی تغییرات آینده و تسهیل طراحی فعالیت‌های توسعه پایدار آبخیز برای حفظ سیمای سرزمین^۱ ضروری است [۱]. آرایش طبیعی فرایندهای انتقال آب و رسوب از حوضه‌های آبخیز به سمت پایین‌دست، متأثر از دخالت‌های انسانی است. مهم‌ترین مداخله انسانی در چنین آبخیزهایی، تغییرات کاربری زمین^۲ است. تغییر کاربری زمین و گسترش شهرسازی، پتانسیل تولید سیلاب را در حوضه‌های آبخیز به علت افزایش اوج و حجم دبی بیشتر کرده و زمان رسیدن دبی به اوج را نیز کاهش می‌دهد [۲ و ۳]. در نتیجه، دست‌اندازی در محیط‌های طبیعی، حضور ساختارهای متعدد و نبود مقررات مناسب برای محافظت از این محیط‌ها، شرایط رویداد سیلاب فراهم می‌شود [۴ و ۵]. در یک بوم‌سازگان^۳ طبیعی، بهره‌برداری از زمین و ایجاد تغییر در شرایط به‌ویژه پوشش گیاهی و کاربری زمین آن بوم‌سازگان، بر پاسخ‌های هیدرولوژیک^۴ مانند جاری شدن سیلاب و میزان فرسایش و رسوب منطقه تأثیرگذار است، زیرا کاربری زمین و پوشش زمین از عوامل اصلی در مطالعات منابع آب، فرسایش و رسوب آبخیز هستند [۶-۸]. تخمین زده شده است که حدود ۶۴ درصد کشورهای [۱۰-۱۲]. در سال‌های اخیر تغییرات گسترده‌ای در شیوه آرایش کاربری‌های مختلف صورت پذیرفته است که در نتیجه آن وسعت زمین جنگلی کاهش و در مقابل، زمین مرتعی و مناطق مسکونی مستعد تولید سیلاب افزایش یافته است. سیلاب یک پدیده طبیعی است که همواره جوامع انسانی را تهدید می‌کند [۱۳ و ۱۴]. افزایش سیلاب در سال‌های اخیر بیانگر آن است که بیشتر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های ادواری و مخرب قرار دارند و ابعاد خسارت‌ها و تلفات جانی و مالی سیل افزایش یافته

است [۱۵]. علاوه بر این، رواناب محصول تعامل بین اقلیم و تغییر کاربری زمین در یک آبخیز است [۱۶]. تغییرات اقلیمی به طور مستقیم توزیع مکانی و تنوع زمانی^۵ بارش و همچنین، توزیع مکانی رواناب را تغییر می‌دهد [۱۷]. تغییر در کاربری زمین می‌تواند مستقیم منجر به تغییر در روند تولید رواناب شود [۱۸ و ۱۹]. تغییرات رواناب در یک منطقه منبع، به‌طور مستقیم بر معیشت گروداران^۶ در بخش‌های میان‌دست و پایین‌دست آبخیز تأثیر می‌گذارد. این امر برای آشکارسازی ویژگی‌های رواناب شبکه زه‌کشی و تکامل آن در برابر تغییر کاربری زمین و تغییر اقلیم بسیار مهم است [۲۰-۲۲]. رشد سریع جمعیت و افزایش تقاضا برای منابع غذایی و آب، همراه با تنوع زیاد بارش و فرایندهای هیدرولوژیک با تغییر منابع مختلف بیوفیزیکی، محیط زیست را بیشتر تضعیف می‌کند [۲۳].

گرچه پژوهش‌های انجام‌شده قبلی روش‌های قابل قبولی را به‌منظور بررسی تأثیر تغییر اقلیم و کاربری زمین بر سیلاب رودخانه ارائه می‌کنند، ولی در بیشتر مطالعات، تحلیل هم‌زمان رژیم بارش و سیلاب و نیز بررسی شاخص‌های چندگانه سیلابی و تأثیرپذیری آنها از کاربری‌های مختلف زمین نادیده گرفته شده است که می‌توانند در تحلیل مدیریت سیلاب در حوضه آبخیز مفید واقع شوند. در ارتباط با مطالعات صورت‌پذیرفته در خارج از کشور و طی سال‌های اخیر می‌توان به پژوهش Akter و همکاران (۲۰۱۸) در ۲۰ زیرآبخیز کشور بلژیک اشاره کرد که رفتار هیدرولوژیک آنها را به‌دلیل شهرسازی‌های اخیر بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد دبی اوج رواناب و رواناب کل به‌صورت بسیار معناداری بیشتر بوده است [۲۴]. همچنین، Lee و Brody (۲۰۱۸) اثر کاربری زمین را بر خسارت سیلاب در کره جنوبی بررسی کردند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد مناطق با کاربری مسکونی با سطح نفوذناپذیر و کاربری کشاورزی سبب افزایش خسارت سیلاب می‌شود [۲۵]. در پژوهشی دیگر، Shang و همکاران (۲۰۱۹) در رودخانه Upper Heihe تأثیرات تغییر کاربری زمین و اقلیم را بر رواناب سطحی بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد تغییر اقلیم ۸۷/۱۵ درصد و تغییر کاربری زمین ۱۲/۸۵ درصد در تغییرات

1. Landscape
2. Land Use Changes
3. Ecosystem
4. Hydrologic Responses

کاهش زمان تمرکز، زمان تأخیر و زمان تا اوج آب‌نمود و ضریب رواناب آبخیز شده است [۲۸].

بررسی سوابق پژوهش‌ها نشان می‌دهد ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری زمین و رژیم اقلیم بر هیدرولوژی و رژیم سیلاب از مسائل اساسی در مدیریت آبخیز است [۲۹]. تغییر کاربری زمین به‌عنوان یکی از چالش‌های عمده در قرن حاضر مطرح است و برخی حتی اعتقاد به شدیدتر بودن آن نسبت به پدیده تغییر اقلیم دارند [۳۰]. برآورد نتایج حاصل از تغییرات پوشش گیاهی و پوشش زمین یکی از موضوعات اخیر در مدل‌های هیدرولوژیک شده است [۳۱] و می‌تواند برای برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از پروژه‌های منابع آب داخلی و برای هشدار زودهنگام سیلاب ضروری باشد [۳۲ و ۳۳].

آبخیز چشمه کیله یکی از حوضه‌های آبخیز بحرانی در غرب مازندران از نظر مسئله سیلاب است. آبخیز یادشده در سال‌های اخیر تحت تأثیر سیلاب، خسارت‌های فراوانی را متحمل شده است. تخریب زمین زراعی و باغی، از بین رفتن دام و مسکن و همچنین، زیرساخت‌های عمومی مانند شبکه راه‌ها و پل‌های ارتباطی، نمونه‌هایی از سیلاب در این آبخیز است. سیلاب بزرگی در آبخیز چشمه کیله در سال‌های اخیر (۱۳۹۰) رخ داد که خسارت آن حدود ۱۸۰ میلیارد ریال اعلام شده است [۳۴]. از آنجا که طی سال‌های اخیر، سیلاب خسارت‌های درخور توجهی بر ساکنان آبخیز چشمه کیله وارد ساخته و عوارض اقتصادی و اجتماعی زیادی بر جوامع شهری و روستایی این آبخیز تحمیل کرده است که به‌طبع، ضرورت انجام پژوهش حاضر را نشلن می‌دهد. همچنین، با توجه به اهمیت و تأثیر فراوان رژیم بارش و کاربری زمین بر رژیم سیلاب در مناطق مختلف جهان، در پژوهش حاضر به بررسی اثر تغییرات مؤلفه رژیم بارندگی و کاربری زمین بر رژیم سیلاب آبخیز چشمه کیله در دوره آماری ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

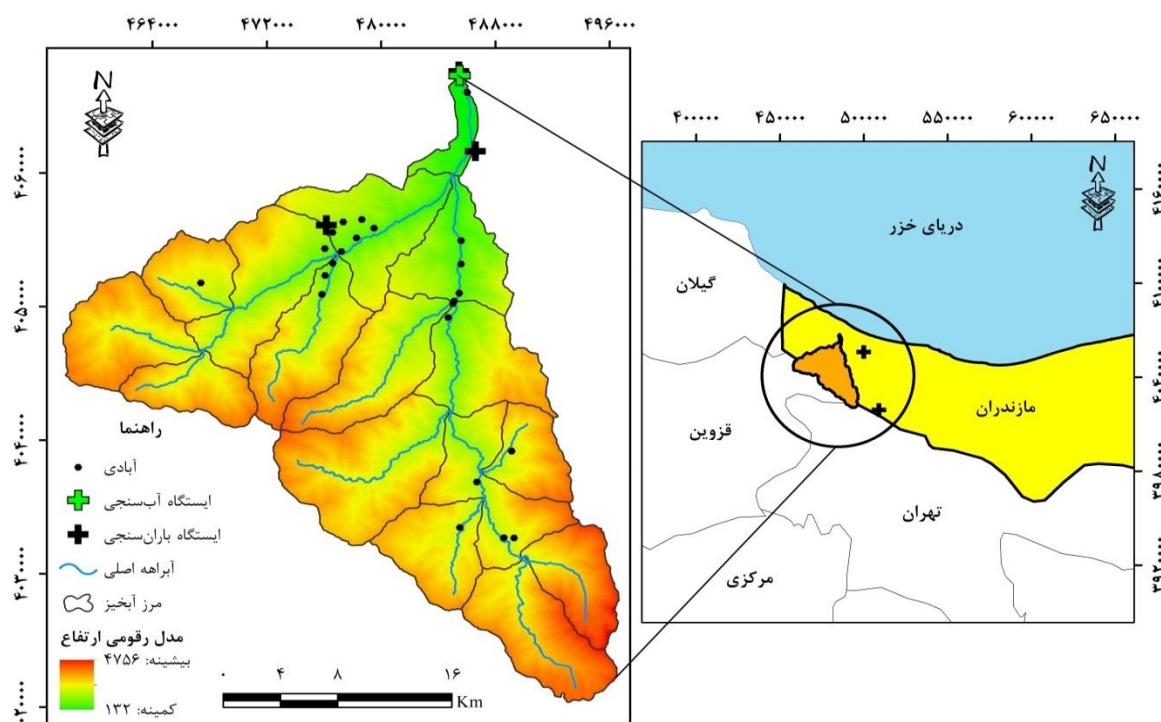
منطقه مطالعه شده

حوضه آبخیز رودخانه چشمه کیله با وسعتی برابر ۷۷۳ کیلومترمربع یکی از آبخیزهای سیلابی منطقه غرب استان مازندران است که در جنوب شهرستان تنکابن در موقعیت

رواناب سطحی مؤثر بوده است که بیانگر تأثیر بیشتر مؤلفه اقلیم نسبت به کاربری زمین بوده است [۲۲]. در پژوهشی دیگر، Hu و همکاران (۲۰۲۰) اثر تغییر کاربری زمین بر رواناب سطحی در یک منطقه شهری در چین از دوره ۱۹۸۴-۲۰۱۹ با استفاده از مدل SCS-CN را مطالعه کردند. نتیجه بررسی آنها نشان داد روند تغییرات رواناب سطحی با روند زمین‌های نفوذناپذیر در منطقه مرکزی یکن سازگار است که طی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۹ افزایش و طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ کاهش یافته است. همچنین، تجزیه و تحلیل همبستگی نشان داد تغییرات در رواناب سطحی در مقایسه با همبستگی رواناب با سایر انواع کاربری‌های زمین با تغییرات در سطوح نفوذناپذیر به‌شدت مرتبط بوده است [۱۲]. در ارتباط با مطالعات صورت‌گرفته در داخل کشور نیز می‌توان به پژوهش یاری و همکاران (۱۳۹۸) در ارتباط با بررسی نقش تغییر کاربری زمین در سیلاب و نوسانات سطح آب زیرزمینی در بخشی از حوضه آبخیز قره‌سو واقع در اردبیل اشاره کرد. نتایج مطالعه یادشده نشان داد طی دوره مطالعه شده، مساحت کاربری جنگل، زراعت آبی و زمین بایر کاهش و کاربری مرتع، زراعت دیم و مناطق مسکونی افزایش داشته که سبب افزایش دبی اوج و حجم سیلاب به‌ترتیب ۹/۴۹ و ۶/۶۷ درصد شده است [۲۶]. در پژوهشی دیگر، محمودی و همکاران (۱۳۹۸) در رودخانه کشف‌رود، اثر تغییر کاربری زمین را بر آب‌نمود سیلاب تحلیل کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد به‌علت تغییرات کاربری زمین که برای کاهش مساحت مراتع متوسط و افزایش مساحت مراتع فقیر اتفاق افتاده است، متوسط شماره منحنی آبخیز در این مدت از ۷۷/۵ به ۷۸/۴ افزایش یافته است. همچنین، نتایج شبیه‌سازی نشان داد میزان دبی اوج و حجم سیلاب حوضه کشف‌رود طی دوره مطالعه شده به‌طور متوسط به‌ترتیب ۱۵/۲ و ۱۳/۷ درصد افزایش یافته، ولی زمان رسیدن به دبی اوج آب‌نمود سیلاب تغییری نداشته است [۲۷]. سلطانی و همکاران (۱۳۹۹) در حوضه آبخیز خرم‌آباد با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS اثر تغییر کاربری را بر افزایش رواناب بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد تغییر کاربری صورت‌گرفته در منطقه به‌ویژه کاهش زمین جنگلی و افزایش مناطق مسکونی و شهری سبب افزایش دبی اوج، حجم رواناب،

بستر آن تا نزدیکی دریا دارای شیب تند و سنگلاخی است. طول رودخانه ۸۰ کیلومتر است که قسمت اعظم آن کوهستانی، مرتفع و پوشیده از جنگل و دارای ژریم بارانی و برفی است [۳۵]. ظرفیت‌های بالای اراضی حاشیة رودخانه و محدودیت اراضی مناسب در آبخیز سبب شده است که بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی در کناره رودخانه تمرکز یابند که به شدت تحت تأثیر سیلاب قرار دارند [۳۶]. موقعیت کشوری و استانی منطقه مطالعه شده در شکل ۱ ارائه شده است.

جغرافیای ۵۰ درجه، ۲۳ دقیقه و ۸ ثانیه تا ۵۰ درجه، ۵۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه، ۱۹ دقیقه و ۴۶ ثانیه تا ۳۸ درجه، ۵۲ دقیقه و ۳۶ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع قله علم‌کوه با ۴۷۵۶ متر و حداقل ارتفاع ۱۳۲ متر از سطح دریا است. ارتفاع متوسط وزنی ۱۹۱۱/۵ متر از سطح دریا و شیب متوسط وزنی ۵۶/۵ درصد است. رودخانه چشمه‌کیله از رودخانه‌های مهم بزرگ آبخیز ساحلی دریای خزر است و در شهرستان تنکابن قرار دارد. رودخانه چشمه‌کیله آب دائمی دارد و



شکل ۱. موقعیت حوضه آبخیز (بالا) و نماهایی از حوضه آبخیز (پایین) چشمه‌کیله در ایران و استان مازندران

استخراج شاخص‌های جریان سیلابی (۱۹۸۴، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۷) مشخص شد. سپس، نقشه‌های کاربری زمین سه دوره با کاربست سامانه Google Earth Engine و نیز الگوریتم طبقه‌بندی جنگل تصادفی^۱ [۳۷] تهیه شد.

روش‌شناسی پژوهش

برای انجام پژوهش حاضر از داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی گل‌علی‌آباد، هرات‌بر، دلیر، شانه‌تراش و دینار سرا و ایستگاه آب‌سنجی هرات‌بر - چشمه‌کیله استفاده شد که مشخصات ایستگاه‌های یادشده در جدول ۱ ارائه شده است. ابتدا سال‌های مطالعه‌شده کاربری زمین و نیز

1. Random Forest

جدول ۱. خصوصیات ایستگاه‌های هواشناسی و آب‌سنجی در محدوده آبخیز چشمه کیله

| نام ایستگاه | نوع ایستگاه | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | ارتفاع (متر) | دوره آماری مشترک |
|-------------|-------------|---------------|---------------|--------------|------------------|
| هرات‌بر | آب‌سنجی | ۵۰° و ۵۰' | ۳۶° و ۴۵' | ۱۴۰ | ۱۹۸۴-۲۰۱۷ |
| هرات‌بر | باران‌سنجی | ۵۰° و ۵۰' | ۳۶° و ۴۵' | ۱۲۰ | ۱۹۸۴-۲۰۱۷ |
| دلیر | باران‌سنجی | ۵۱° و ۶' | ۳۶° و ۱۹' | ۲۰۰۰ | ۱۹۹۸-۲۰۱۷ |
| گل‌علی‌آباد | باران‌سنجی | ۵۰° و ۵۱' | ۳۶° و ۴۲' | ۲۵۰ | ۱۹۹۸-۲۰۱۷ |
| شانه‌تراش | باران‌سنجی | ۵۰° و ۴۴' | ۳۶° و ۳۹' | ۱۷۰۰ | ۱۹۹۸-۲۰۱۷ |
| دینار‌سرا | باران‌سنجی | ۵۱° و ۰۰' | ۳۶° و ۳۹' | ۵۰۰ | ۱۹۹۸-۲۰۱۷ |

و سیلاب بزرگ^۷ است. همچنین، با استفاده از نرم‌افزار شاخص‌های تغییر هیدرولوژیک، منحنی تداوم جریان سالانه در ایستگاه آب‌سنجی هرات‌بر ترسیم شد.

در ارتباط با طول دوره آماری در پژوهش حاضر، توضیح این نکته ضروری است که چون در منطقه مطالعه شده فقط ایستگاه باران‌سنجی هرات‌بر دارای طول دوره آماری یکسان (۱۹۸۴-۲۰۱۷) با آب‌سنجی هرات‌بر داشت، بنابراین برای تحلیل اثر رژیم بارش از داده‌های ایستگاه باران‌سنجی یادشده استفاده شد. ولی به دلیل اینکه در محدوده مطالعه شده، ایستگاه‌های هواشناسی دیگری هم وجود داشت، از پهنه‌بندی تیسن برای تعیین بارش مؤثر در منطقه بهره گرفته شد و آثار ترکیبی رژیم بارش و کاربری زمین بر سیلاب حوضه آبخیز چشمه کیله در سال‌های مختلف تحلیل شد.

$$\bar{P}_r = \frac{P_i}{\bar{P}} \quad (1)$$

$$\bar{Q}_r = \frac{q_i}{\bar{q}} \quad (2)$$

$$P_r^{max} = \frac{P_i^{max}}{P_{max}} \quad (3)$$

$$Q_r^{max} = \frac{q_i^{max}}{q_{max}} \quad (4)$$

که در آن، \bar{P}_r رژیم بارش میانگین، \bar{Q}_r رژیم دبی میانگین، P_r^{max} رژیم بارش بیشینه، Q_r^{max} رژیم دبی بیشینه، P_i بارش سالانه، \bar{P} میانگین بلندمدت بارش، q_i دبی سالانه، \bar{q} میانگین بلندمدت دبی، P_i^{max} بارش بیشینه سالانه، P_{max} میانگین بلندمدت بارش بیشینه، q_i^{max} دبی بیشینه سالانه و

همچنین، سطوح کاربری‌های مختلف زمین که شامل پنج دسته پهنه آبی، اراضی جنگلی، اراضی مرتعی، اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی استخراج شدند. به منظور تهیه نقشه‌های کاربری زمین سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۰۱ از تصاویر مربوط به ماهواره Landsat 5 سنجنده TM و نیز برای تهیه نقشه کاربری زمین سال ۲۰۱۷ از تصویر ماهواره Landsat 8 سنجنده OLI استفاده شد. برای بررسی صحت نقشه‌های کاربری تولیدشده تعداد مناسبی از داده‌های تعلیمی از محیط Google Earth Engine تهیه شد و در نهایت، صحت نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری زمین با استفاده از ارزیابی صحت ارزیابی شدند. همچنین، برای بررسی تأثیرپذیری رژیم سیلاب از رژیم بارش و دبی از آمار بارش میانگین و بیشینه سالانه، دبی میانگین و بیشینه سالانه استفاده شد و با استفاده از این متغیرها، رژیم بارش و رژیم دبی بر اساس روابط ۱ تا ۴ تحلیل شد. در ادامه، برای بررسی روند هر یک از متغیرهای بارش و دبی از نرم‌افزار ProUCL و آزمون من‌کندال و تخمین‌گر شیب سن [۳۸] استفاده شد و روند شاخص‌های مربوط به بارش و دبی آزمایش شد. به منظور برآورد کمی شاخص‌های جریان سیلابی از نرم‌افزار تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک^۱ [۳۹ و ۴۰] و رویکرد مؤلفه‌های جریان محیط زیستی^۲ [۴۱ و ۴۲] استفاده شد. در پژوهش حاضر، شاخص‌های جریان سیلابی شامل دبی بیشینه^۱، ۳، ۷، ۳۰ و ۹۰ روزه، میزان بالارفت دبی^۳ و مقدار بیشینه سیلاب سالانه و نیز مؤلفه‌های جریان محیط زیستی شامل جریان حدی کمینه^۴، جریان کمینه^۵، پالس بالای جریان^۶

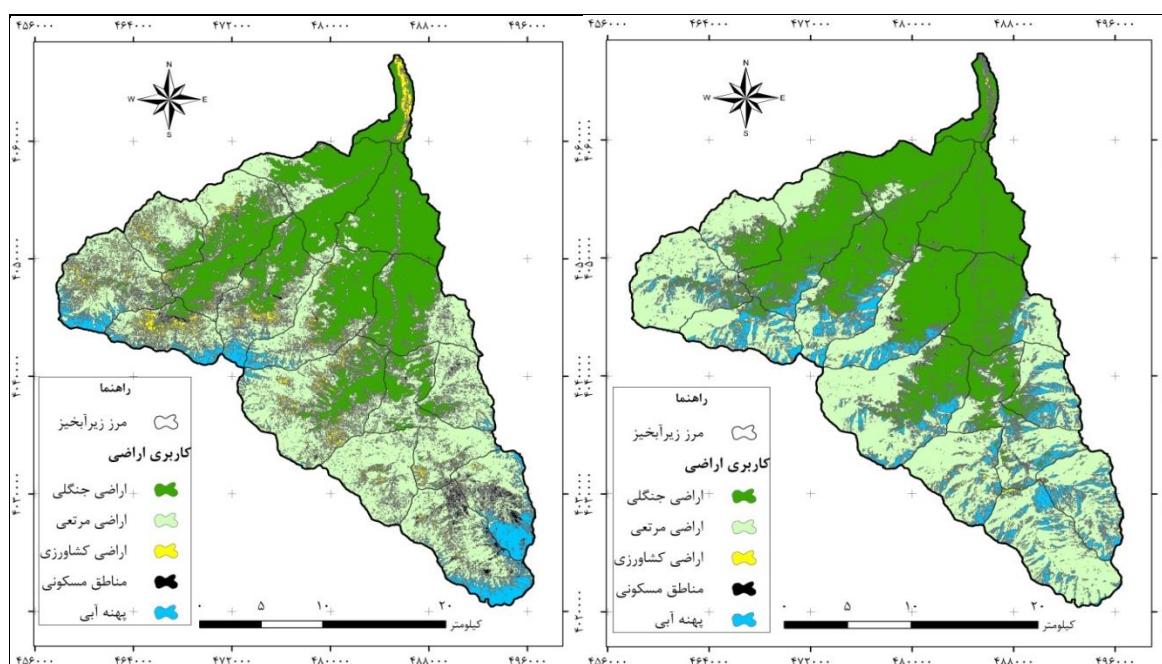
1. Indicators of Hydrologic Alteration (IHA)
2. Environmental Flow Components (EFCs)
3. Rising Rate
4. Extreme Low Flow
5. Low Flow
6. High Flow Pulse

مختلف زمین در دوره‌های مطالعه‌شده در آبخیز چشمه کیله را نشان می‌دهد. نمودار ستونی مربوط به درصد فراوانی کاربری‌های مختلف زمین در آبخیز چشمه کیله در شکل ۵ ارائه شده است. یافته‌های مربوط به روند تغییرات متغیرهای بارش و دبی و نیز بررسی تغییرات رژیم بارش میانگین و بیشینه و نیز دبی میانگین و بیشینه مطابق با جدول ۳ است.

\bar{q}_{max} میانگین بلندمدت دبی بیشینه است. واحد تمام متغیرهای بارش میلی‌متر و دبی مترمکعب بر ثانیه مد نظر قرار گرفت.

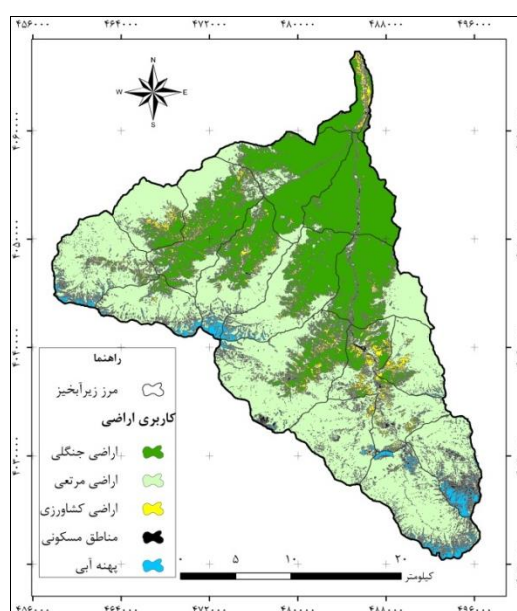
یافته‌های پژوهش

نقشه کاربری زمین مربوط به آبخیز چشمه کیله در سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۷ به ترتیب در شکل‌های ۲ تا ۴ ارائه شده است. جدول ۲ نیز مساحت کاربری‌های



شکل ۳. کاربری اراضی چشمه کیله در سال ۲۰۰۱

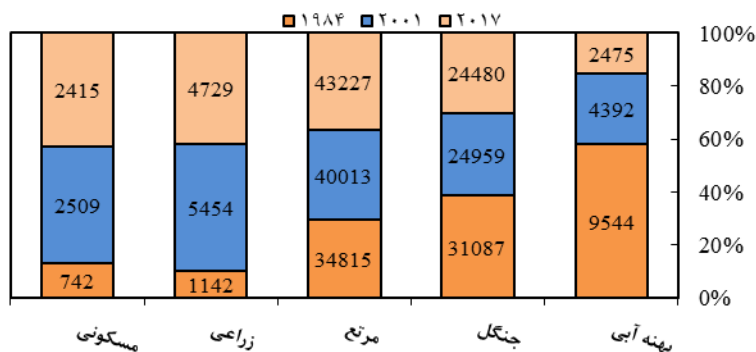
شکل ۲. کاربری اراضی چشمه کیله در سال ۱۹۸۴



شکل ۴. کاربری اراضی آبخیز چشمه کیله در سال ۲۰۱۷

جدول ۲. مساحت (هکتار) کاربری‌های مختلف زمین در آبخیز چشمه کیله، تنکابن، استان مازندران

| نوع کاربری | ۱۹۸۴ | ۲۰۰۱ | ۲۰۱۷ | ضریب تغییرات (%) |
|--------------|-------|-------|-------|------------------|
| پهنه آبی | ۹۵۴۴ | ۴۳۹۲ | ۲۴۷۵ | ۶۶/۸۳ |
| زمین جنگلی | ۳۱۰۸۷ | ۲۴۹۵۹ | ۲۴۴۸۰ | ۱۳/۷۳ |
| زمین مرتعی | ۳۴۸۱۵ | ۴۰۰۱۳ | ۴۳۲۲۷ | ۱۰/۷۹ |
| زمین کشاورزی | ۱۱۴۲ | ۵۴۵۴ | ۴۷۲۹ | ۶۱/۱۶ |
| مناطق مسکونی | ۷۴۲ | ۲۵۰۹ | ۲۴۱۵ | ۵۲/۶۴ |



شکل ۵. نمودار ستونی درصد فراوانی کاربری‌های مختلف زمین در آبخیز چشمه کیله

جدول ۳. روند تغییرات متغیرهای بارش و دبی در ایستگاه‌های باران‌سنجی و آب‌سنجی آبخیز چشمه کیله

| متغیر | سطح معناداری | آماره من کندال | روند |
|---------------------|--------------|----------------|-------|
| بارش میانگین سالانه | ۰/۰۶ | -۵۲ | کاهشی |
| بارش بیشینه سالانه | ۰/۴۶ | -۴ | کاهشی |
| دبی میانگین سالانه | ۰/۰۲ | -۱۴۴ | کاهشی |
| دبی بیشینه سالانه | ۰/۰۷ | -۱۰۵ | کاهشی |
| رژیم بارش میانگین | ۰/۰۶ | -۵۱ | کاهشی |
| رژیم دبی میانگین | ۰/۰۲ | -۱۴۴ | کاهشی |
| رژیم بارش بیشینه | ۰/۰۶ | -۵ | کاهشی |
| رژیم دبی بیشینه | ۰/۰۷ | -۱۰۳ | کاهشی |

در ارتباط با تغییرات مساحت‌های کاربری‌های مختلف زمین در آبخیز چشمه کیله می‌توان گفت که مساحت پهنه آبی در دوره‌های مطالعه‌شده روند کاهشی داشته است. همچنین، کاربری جنگل نیز در سال ۱۹۸۴ حدود ۳۱۰۸۷ هکتار بوده، ولی طی زمان روند کاهشی داشته، به‌طوری که در سال ۲۰۰۱ حدود ۲۴۹۵۹ هکتار بوده و در سال ۲۰۱۷ به ۲۴۴۸۰ هکتار رسیده است. ولی در مقابل زمین مرتعی حالت افزایشی داشته و از سال ۱۹۸۴ با مقدار ۳۴۸۱۵ هکتار به ۴۳۲۲۷ هکتار در سال ۲۰۱۷ رسیده است. زمین کشاورزی و مناطق مسکونی نسبت به سایر کاربری‌ها رفتار متفاوتی داشته‌اند، به‌طوری که از سال

۱۹۸۴ به ۲۰۰۱ روند افزایشی داشته و پس از آن، حالت کاهشی اندکی داشته است که این امر را می‌توان این‌طور توجیه کرد که در یک منطقه، مساحت زمین کشاورزی و مناطق مسکونی با رابطه کاملاً مستقیم با معیشت آبخیزنشینان محلی تا یک حد ثابتی می‌تواند توسعه یابد (جدول ۲ و شکل ۵).

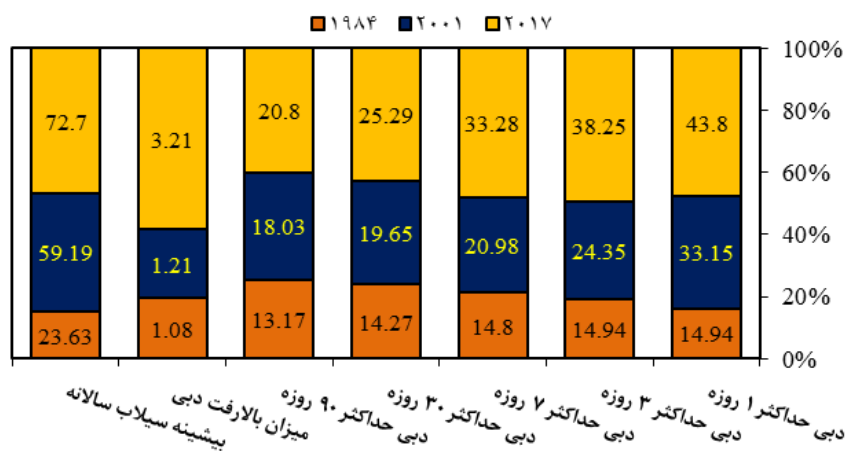
برای بررسی آثار متغیرهای بارش بر رژیم سیلاب در منطقه مطالعه‌شده از نرم‌افزار ProUCL برای تحلیل روند متغیرهای بارش میانگین سالانه، بارش بیشینه سالانه، دبی میانگین سالانه، دبی بیشینه سالانه، رژیم بارش میانگین، رژیم دبی میانگین، رژیم بارش بیشینه و رژیم دبی بیشینه

شاخص دبی بیشینه ۱ روزه در سال ۱۹۸۴ از ۱۴/۹۴ به مقدار ۴۳/۸ متر مکعب بر ثانیه در سال ۲۰۱۷ رسیده است. همچنین، دبی بیشینه ۳ روزه هم در سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۷ به ترتیب ۱۴/۹۴، ۲۴/۳۵ و ۳۸/۲۵ متر مکعب بر ثانیه است. شاخص‌های دبی بیشینه ۷، ۳۰ و ۹۰ روزه هم روند افزایشی طی دوره آماری را نشان می‌دهند. مقدار نوسانات افزایشی دبی هم از مقدار ۱/۰۸ به ۳/۲۱ در سال ۲۰۱۷ رسیده است. بیشترین افزایش در بین شاخص‌های جریان سیلابی مطالعه‌شده در پژوهش حاضر مربوط به بیشینه سیلاب سالانه است که به‌رغم کاهش متوسط بلندمدت دبی جریان، افزایش زیادی داشته است، به طوری که از مقدار ۲۳/۶۳ در سال ۱۹۸۴ به ۷۲/۷ متر مکعب بر ثانیه در سال ۲۰۱۷ رسیده است. همچنین، منحنی تداوم جریان (FDC) مربوط به ایستگاه آب‌سنجی هرات بر چشمه کیله در شکل ۷ ارائه شده است.

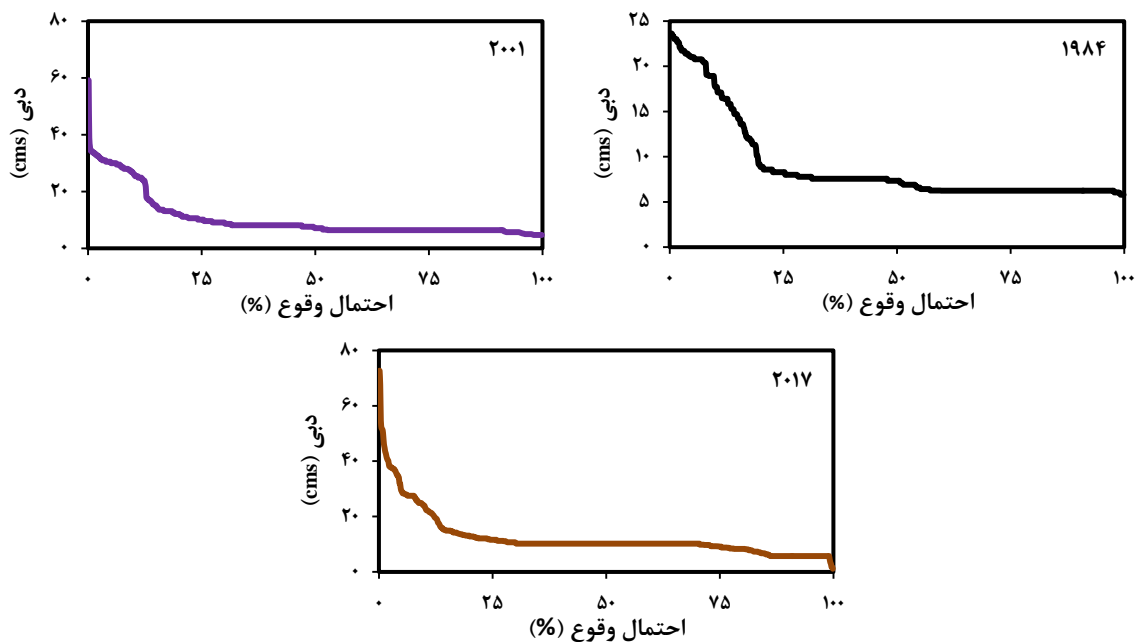
استفاده شد. بر اساس یافته‌های ارائه‌شده در جدول ۳ می‌توان گفت که هیچ‌یک از متغیرهای یادشده روند معناداری نداشته است. البته، شایان یادآوری است که به‌جز متغیرهای دبی میانگین سالانه و رژیم دبی میانگین که حالت افزایشی داشته‌اند، سایر متغیرها روند کاهشی طی دوره مطالعاتی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷ را نشان می‌دهند. همچنین، جدول ۴ نشان‌دهنده مقادیر کمی شاخص‌های جریان سیلابی در دوره‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۷ در محل ایستگاه آب‌سنجی هرات بر چشمه کیله است. نمودار ستونی مربوط به درصد فراوانی شاخص‌های جریان سیلابی در آبخیز چشمه کیله در شکل ۶ ارائه شده است. با توجه به مقادیر کمی شاخص‌های جریان سیلابی در جدول ۴ و شکل ۶ می‌توان گفت که تمامی شاخص‌هایی که نشان‌دهنده وضعیت سیلابی رودخانه چشمه کیله هستند، طی دوره آماری ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ روند افزایشی داشته است.

جدول ۴. مقادیر شاخص‌های جریان سیلابی (مترمکعب بر ثانیه) در آبخیز چشمه کیله، تنکابن، استان مازندران

| شاخص‌های سیلابی | ۱۹۸۴ | ۲۰۰۱ | ۲۰۱۷ | ضریب تغییرات (%) |
|-----------------------|-------|-------|-------|------------------|
| دبی بیشینه ۱ روزه | ۱۴/۹۴ | ۳۳/۱۵ | ۴۳/۸ | ۴۷/۶۵ |
| دبی بیشینه ۳ روزه | ۱۴/۹۴ | ۲۴/۳۵ | ۳۸/۲۵ | ۴۵/۳۷ |
| دبی بیشینه ۷ روزه | ۱۴/۸ | ۲۰/۹۸ | ۳۳/۲۸ | ۴۰/۸۷ |
| دبی بیشینه ۳۰ روزه | ۱۴/۲۷ | ۱۹/۶۵ | ۲۵/۲۹ | ۲۷/۹۲ |
| دبی بیشینه ۹۰ روزه | ۱۳/۱۷ | ۱۸/۰۳ | ۲۰/۸ | ۲۲/۲۸ |
| نوسان‌های افزایشی دبی | ۱/۰۸ | ۱/۲۱ | ۳/۲۱ | ۶۵/۱۳ |
| بیشینه سیلاب سالانه | ۲۳/۶۳ | ۵۹/۱۹ | ۷۲/۷ | ۴۸/۹۰ |



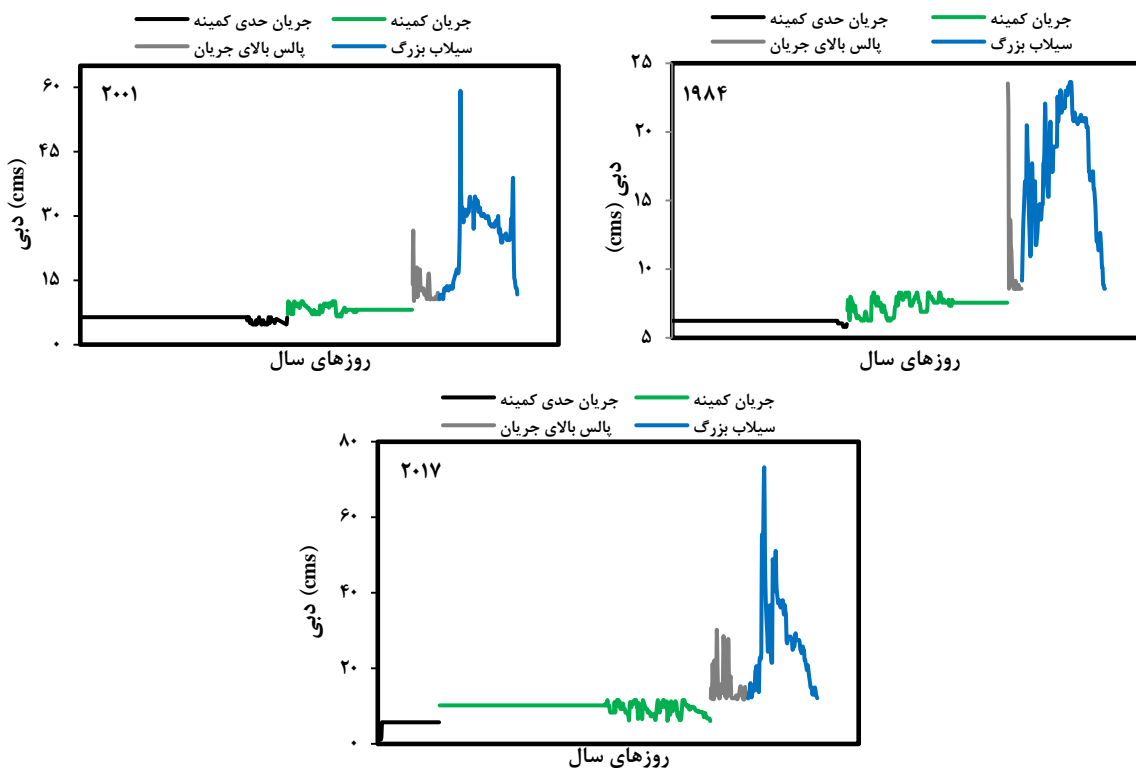
شکل ۶. نمودار ستونی درصد فراوانی شاخص‌های جریان سیلابی در آبخیز چشمه کیله



شکل ۷. منحنی تداوم جریان حوضه آبخیز چشمه کیله

نسبت به سال ۱۹۸۴ است (شکل ۷). نتایج مربوط به مؤلفه‌های جریان محیط زیستی شامل جریان حدی کمینه، جریان کمینه، پالس بالای جریان و سیلاب بزرگ مطابق با شکل ۸ و جدول ۵ است.

منحنی‌های FDC در سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۷ نشان می‌دهند در ۵۰ درصد روزهای سال، دبی به ترتیب ۷/۳۴، ۷/۱۱ و ۱۰/۲ متر مکعب بر ثانیه است که نشان‌دهنده حالت افزایشی دبی جریان در سال ۲۰۱۷



شکل ۸. تغییرات مؤلفه‌های جریان محیط زیستی در آبخیز چشمه کیله در سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸

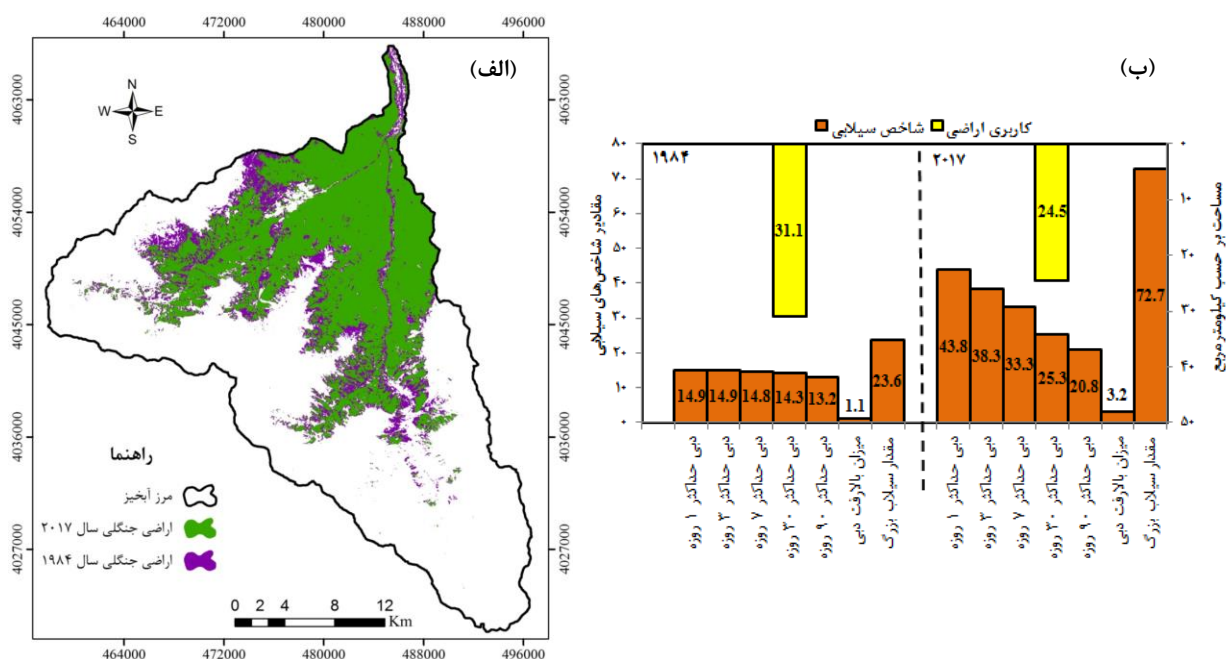
جدول ۵. مقادیر سالانه مؤلفه‌های جریان محیط زیستی (m³/s) در آبخیز چشمه کیله

| سال | | | ۱۹۸۴ | | | ۲۰۰۱ | | | ۲۰۱۷ | | |
|----------------------------|--|--|-------|--------|---------|-------|--------|---------|-------|--------|---------|
| مؤلفه‌های جریان محیط زیستی | | | حداقل | حداکثر | میانگین | حداقل | حداکثر | میانگین | حداقل | حداکثر | میانگین |
| جریان حدی کمینه | | | ۵/۸ | ۶/۲ | ۶/۲ | ۴/۷ | ۶/۴ | ۶/۲ | ۱/۱ | ۵/۷ | ۵/۵ |
| جریان کمینه | | | ۶/۳ | ۸/۳ | ۷/۴ | ۶/۶ | ۱۰/۱ | ۸/۳ | ۶ | ۱۱/۶ | ۹/۸ |
| پالس بالای جریان | | | ۸/۶ | ۲۳/۵ | ۱۰/۳ | ۱۰/۶ | ۲۶/۶ | ۱۲/۷ | ۱۱/۸ | ۳۰/۲ | ۱۴/۸ |
| سیلاب بزرگ | | | ۸/۶ | ۲۳/۶ | ۱۷/۶ | ۱۰/۶ | ۵۹/۲ | ۲۴/۸ | ۱۲ | ۷۲/۷ | ۲۷ |

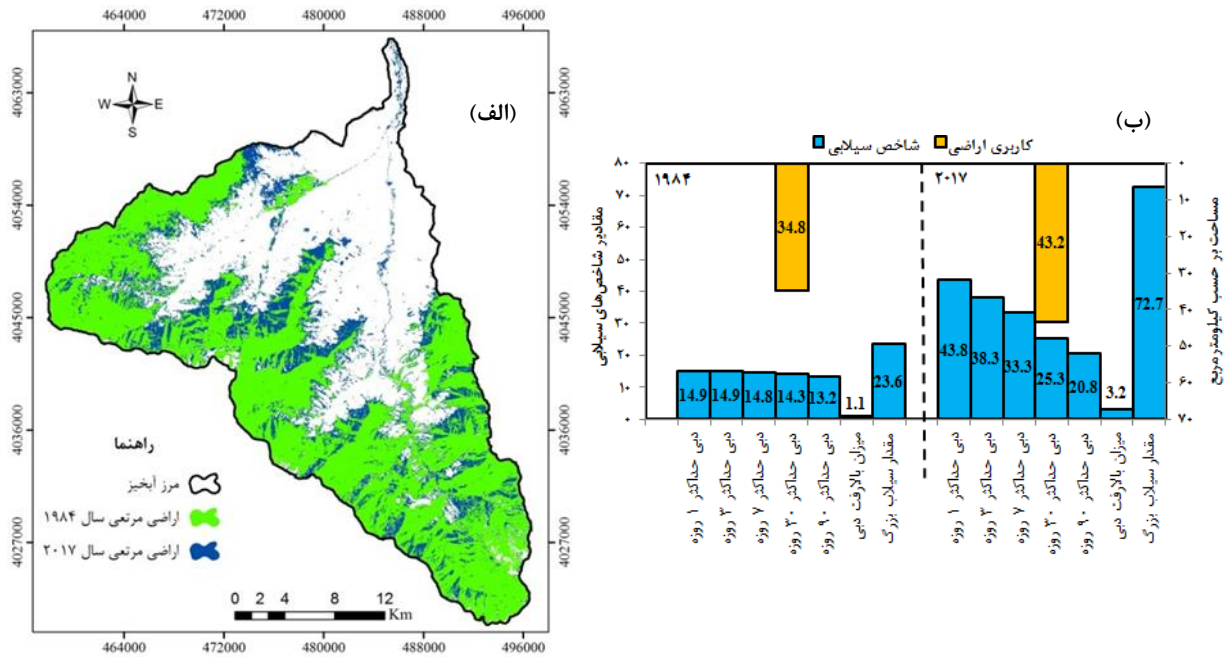
بر اساس نتایج نمودارهای شکل ۸ و همچنین، مقادیر شاخص‌های ارائه‌شده در جدول ۵ می‌توان گفت که شاخص‌های مربوط به جریان کمینه در سال‌های مطالعه شده تغییرات چندانی را نشان نمی‌دهند، ولی این در حالی است که مقادیر شاخص‌های بیشینه و سیلابی دچار تغییرات زیادی طی زمان شده‌اند. بر اساس مقادیر جدول ۵ می‌توان این‌گونه بیان کرد که در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۱۹۸۴، شاخص‌های جریان کمینه به‌طور متوسط ۲۱/۸ درصد دچار تغییر شده‌اند، ولی این در حالی است که شاخص‌های جریان سیلابی حدود ۵۰ درصد دچار تغییر شده‌اند که این تغییر فقط به‌صورت افزایشی بوده است. تغییرات ترسیمی کاربری‌های جنگل و مرتع و نیز نمودار ستونی مربوط به خروجی شاخص‌های

جریان سیلابی در محل ایستگاه آب‌سنجی هرات‌بر چشمه کیله در دوره‌های آماری ۱۹۸۴ و ۲۰۱۷ در شکل‌های ۹ و ۱۰ ارائه شده است.

شکل ۹- الف نشان‌دهنده تغییرات کاربری جنگل در دوره‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۱۷ است که رنگ آبی مربوط به سال ۱۹۸۴ و رنگ سبز نشان‌دهنده وسعت کاربری جنگل در سال ۲۰۱۷ است که با توجه به شکل می‌توان گفت که میزان کاربری جنگل در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۱۹۸۴ پی‌روی دارد و روند کاهشی را نشان می‌دهد. همچنین، شکل ۹- ب هم نمودار ستونی مربوط به شاخص‌ها جریان سیلابی است که با توجه به آن، می‌توان این‌گونه توجیه کرد که در سال ۱۹۸۴ که کاربری جنگل در منطقه غالب بود، مقادیر شاخص‌های سیلابی حالت



شکل ۹. (الف) تغییرات کاربری جنگل؛ (ب) مقادیر شاخص‌های سیلابی آبخیز چشمه کیله در دوره‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۱۷



شکل ۱۰. الف) تغییرات کاربری مرتع؛ (ب) مقادیر شاخص‌های سیلابی آبخیز چشمه کیله در دوره‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۱۷

سیلاب، آمایش نامناسب سرزمین و توسعه شهری در مناطق مستعد سیلاب، احداث زیرساخت‌های مصنوعی و برهم زدن تعادل و پویایی طبیعی رودخانه‌ها، تغییر کاربری زمین و در نتیجه، کاهش نفوذپذیری در مناطق مستعد سیلاب و در نهایت، تغییر اقلیم و تأثیر منفی آن بر الگو و شدت بارندگی سبب افزایش سیلاب در دهه‌های اخیر شده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر رژیم بارش و کاربری‌های مختلف زمین در دوره‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۱، ۲۰۱۷ بر شاخص‌های جریان سیلابی در حوضه آبخیز چشمه کیله صورت پذیرفت. نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده تأثیرپذیری شاخص‌های دبی بیشینه ۱، ۳، ۷، ۳۰ و ۹۰ روزه، میزان بالارفت دبی و بیشینه سیلاب سالانه از کاربری‌های مختلف زمین در دوره‌های مختلف است. تحلیل نتایج رژیم بارش بر رژیم سیلاب نشان داد هیچ روند معناداری خاصی در متغیرهای بارش میانگین سالانه، بارش بیشینه سالانه، دبی میانگین سالانه، دبی بیشینه سالانه، رژیم بارش میانگین، رژیم بارش بیشینه و رژیم دبی بیشینه وجود ندارد. همچنین، تغییرات سالانه رژیم بارش و دبی میانگین و بیشینه نشان می‌دهد رژیم دبی بیشینه فقط در سال ۲۰۰۲ افزایش چشم‌گیری داشته است و در سایر سال‌های مطالعه شده حالت سینوسی داشته است. سایر متغیرهای ارائه شده مانند رژیم بارش بیشینه، رژیم بارش میانگین و رژیم دبی میانگین حالت

متعادل‌تری داشته‌اند، ولی در سال ۲۰۱۷ و با کاهش وسعت زمین‌های جنگلی شاخص‌های سیلابی افزایش یافته است. از طرفی، شکل ۱۰- الف و ۱۰- ب همین مقادیر را برای کاربری مرتع در منطقه مطالعه شده نشان می‌دهد رنگ زرد زمین‌های مرتعی سال ۱۹۸۴ و رنگ آبی برای سال ۲۰۱۷ است که به خلاف کاربری جنگل، کاربری مرتع روند افزایشی داشته و به طبع، با افزایش کاربری مرتع و کاهش کاربری جنگل، شاخص‌های سیلابی در دوره ۲۰۱۷ روند افزایشی به خود گرفته است. این امر در داده‌های دبی روزانه ایستگاه آب‌سنجی هرات‌بر چشمه کیله هم مشاهده شده است که مقادیر دبی روزانه در خروجی آبخیز چشمه کیله از سال‌های ۱۹۸۴ به سمت سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۷ روند افزایشی داشته است، به طوری که در سال ۱۹۸۴ مقادیر دبی ۴۹ تا ۷۳ متر مکعب بر ثانیه ثبت نشده است. این در حالی است که در سال ۲۰۱۷ مقادیر بیش از ۵۰ متر مکعب بر ثانیه به وفور دیده می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

مدیریت سیلاب به معنای طراحی، برنامه‌ریزی، تعیین سیاست‌های جدید و هماهنگی، تسهیل، افزایش آگاهی، کمک و تقویت سیاست‌های موجود است. عوامل مختلفی مانند ازدیاد جمعیت و توسعه اقتصادی در مناطق مستعد

- Pattern. *Watershed Engineering and Management*. 2015; 7(1): 15-26 (In Persian).
- [2]. Nirupama N, Simonovic SP. Increase of flood risk due to urbanization: A Canadian example. *Natural Hazards*. 2007; 40: 25-41.
- [3]. Saghafian B, Farzjoo H, Bozorgy B, Yazdandoost F. Flood intensification due to changes in land use. *Water Resource Management*. 2008; 22: 1051-1067.
- [4]. Derafshi Kh, Khaledi Sh, Shaebaninia H, Mehrjoonezhad A. The study of land use changes and modeling of precipitation runoff using HEC-HMS model, Case Study: Babolrood basin. *Environmental Erosion Research*. 2016; 4(20): 30-44 (In Persian).
- [5]. Guzha AC, Rufino MC, Okoth S, Jacobs S, Nobrega RLB. Impacts of land use and land cover change on surface runoff, discharge and low flows: Evidence from East Africa. *Journal of Hydrology*. 2018; 15: 49-67.
- [6]. Sadeghi SHR, Salavati B, Telvari A. Effects of land use change on annual runoff in Garan watershed, Kordistan province. *Journal of Watershed Engineering and Management*. 2010; 2(2): 111-115 (In Persian).
- [7]. Vafakhah M, Javadi MR, Njafi Maj J. Effect of Land Use Changes on Runoff Depth in Chalousrud Watershed. *Iranian Journal of Ecohydrology*. 2015; 2(2): 211-220 (In Persian).
- [8]. Kumar N, Singh SK, Singh VG, Dzwairo B. Investigation of impacts of land use/land cover change on water availability of Tons River Basin, Madhya Pradesh, India. *Modeling Earth Systems and Environment*. 2018; <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0425-1>.
- [9]. Mei C, Liu J, Wang H, Shao W, Xia L, Xiang C, Zhou J. Modelling the ability of source control measures to reduce inundation risk in a community-scale urban drainage system. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*. 2018; 379: 223-229.
- [10]. Yang L, Feng Q, Yin Z, Wen X, Si J, Li C, Deo R. Identifying separate impacts of climate and land use/cover change on hydrological processes in upper stream of Heihe River, Northwest China. *Hydrological Processes*. 2017; 31: 1100-1112.
- [11]. Berihun M, Tsunekawa A, Haregeweyn N, Meshesha D, Adgo E, Tsubo M, et al. Hydrological responses to land use/land cover change and climate variability in contrasting agro-ecological environments of the Upper Blue Nile basin, *Science of the Total Environment*. 2019; 689: 347-365.

متعادل تری طی دوره آماری دارند. همچنین، در بین متغیرهای تحلیل رژیم بارش و دبی فقط رژیم دبی میانگین حالت افزایشی را نشان می‌دهد. از طرفی، مقادیر کاربری‌های پهنه آبی، جنگل، مرتع، کشاورزی و مناطق مسکونی دچار تغییرات وسیعی در منطقه چشمه کیله شده‌اند. به گونه‌ای که مقادیر کاربری‌های پهنه آبی و جنگل در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۱۹۸۴ به ترتیب ۷۴/۰۶ و ۲۱/۲۵ درصد کاهش داشته است، ولی کاربری‌های مرتع، کشاورزی و مناطق مسکونی به ترتیب ۲۴/۱۶، ۳۱۵ و ۲۲۵/۴۷ درصد افزایش داشته است. همچنین، درصد اختلاف شاخص‌های جریان بیشینه ۱، ۳، ۷، ۳۰ و ۹۰ روزه، میزان بالارفت دبی و بیشینه سیلاب سالانه در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۱۹۸۴ به ترتیب ۱۹۳/۱۷، ۱۵۶/۰۲، ۱۲۴/۸۷، ۷۷/۲۲، ۵۷/۹۳، ۱۹۷/۲۲ و ۲۰۷/۶۶ درصد افزایش داشته است که این نشان‌دهنده تأثیرپذیری شاخص‌های جریان سیلابی از تغییرات کاربری‌های مختلف است که به طبع، با کاهش مساحت کاربری جنگل (سلطانی و همکاران، [۲۸]) و افزایش کاربری‌های مرتعی، کشاورزی (همخوانی با نتایج LEE و Brody، [۲۵]) و مناطق مسکونی (همخوانی با پژوهش Acter و همکاران، [۲۴]) و در نتیجه آن، افزایش نواحی نفوذناپذیر سطحی، میزان سیلاب افزایش داشته است که با نتایج Hu و همکاران [۱۲] در یک راستاست. این در حالی است که تحلیل رژیم بارش و تأثیر آن بر رژیم سیلاب نشان داد هیچ روند خاصی در متغیرهای بارش مشاهده نشده است که با یافته‌های Shang و همکاران [۲۲] مبنی بر تأثیرپذیری رواناب از متغیرهای اقلیمی، همخوانی ندارد. به طور کلی، در تبیین مسئله حاضر می‌توان گفت که اگر تغییرات کاربری زمین به صورت مدیریت نشده باشد، آثار زیان‌باری را در زمینه حفاظت خاک و آب در پی خواهد داشت که مهم‌ترین آن بر هم خوردن تعادل هیدرولوژیک در آبخیز است. بنابراین، برای جلوگیری از هدررفت خاک و آب باید سناریوهای مدیریتی اعمال شده بر آبخیز به صورت هوشمندانه ارائه شود و برای مدیریت بهینه سیلاب، برقرار ساختن ارتباط مناسب بین کاربری‌های مختلف و توانایی زمین، امری حیاتی است.

منابع

- [1]. Sadeghi SHR, Mostafazadeh R, Sadoddin A. Response of Sedimentgraphs and Sediment Rating Loops to Land Use Type and Spatial

- [12]. Hu Sh, Yunyun F, Zhang T. Assessing the Effect of Land Use Change on Surface Runoff in a Rapidly Urbanized City: A Case Study of the Central Area of Beijing. *Land*. 2020; 9(17): 1-15.
- [13]. Jongman B, Winsemius HC, Aerts JC, de-Perez EC, van-Aalst MK, Kron W, et al. Declining vulnerability to river floods and the global benefits of adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2015; 1-10.
- [14]. Ogie RI, Carole-Adam P, Perez A. Review of structural approach to flood management in coastal megacities of developing nations: current research and future directions. *Journal of Environmental Planning and Management*, Taylor & Francis (Routledge): STM, Behavioural Science and Public Health Titles. 2019; 1-21.
- [15]. Talebi A, Eslami Z, Abbasi A. Comparing prioritization from flooding of sub-basins using HEC-HMS model and experimental methods in Eskandari Watershed. *Journal of Watershed Engineering and Management*. 2019; 11(2): 336-343 (In Persian).
- [16]. Wang R, Kalin L, Kuang W, Tian H. Individual and combined effects of land use/cover and climate change on Wolf Bay watershed streamflow in southern Alabama. *Hydrological Processes*. 2014; 28: 5530–5546.
- [17]. Zhang L, Srinivasan R, Bai ZK. Analysis of streamflow response to climate variability and land use change in the Loess Plateau region of China. *CATENA*. 2017; 154: 1–11.
- [18]. Liu JY, Zhang Q, Deng XY, Ci H, Cheng XH. Quantitative analysis the influences of climate change and human activities on hydrological processes in Poyang Basin. *Journal of Lake Sciences*. 2016; 28: 432–443.
- [19]. Birkinshaw SJ, Guerreiro SB, Nicholson A, Liang Q, Quinn P, Zhang L, et al. Climate change impacts on Yangtze River discharge at the Three Gorges Dam. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2017; 21: 1911–1927.
- [20]. Ma L, Liu TX, Ma L, Sun M, Ding T, Xin XH. The effect of climate change and human activities on the runoff in the upper and middle reaches of the Liaohe River, Inner Mongolia. *Journal of Glaciology*. 2017; 3: 470–479.
- [21]. Gao C, Ruan T. The influence of climate change and human activities on runoff in the middle reaches of the Huaihe River Basin, China. *Journal of Geographical Sciences*. 2018; 28: 79–92.
- [22]. Shang X, Jiang X, Jia R, Wei Ch. Land Use and Climate Change Effects on Surface Runoff Variations in the Upper Heihe River Basin. *Water*. 2019; 11(344): doi:10.3390/w11020344.
- [23]. Dibaba WT, Demissie TA, Miegel K. Watershed Hydrological Response to Combined Land Use/Land Cover and Climate Change in Highland Ethiopia: Finchaa Catchment. *Water*. 2020; 12(1801): 1-25.
- [24]. Akter T, Quevauviller P, Eisenreich SJ, Vaes G. Impacts of climate and land use changes on flood risk management for the Schijn River, Belgium. *Environmental science & policy*. 2018; 89:163-175.
- [25]. Lee Y, Brody SD. Examining the impact of land use on flood losses in Seoul, Korea. *Land Use Policy*. 2018; 70: 500-509.
- [26]. Yari M, Soltani-Gerdefaramarzi S, Ghasemi M. Investigation of the Effect of Land Use Changes on Flood Hydrograph and Fluctuations of Groundwater Level in Part of Ghareh Souh Basin. *Geography and Environmental Hazards*. 2019; 31: 41-58 (In Persian).
- [27]. Mahmoodi M, Honarmand M, Naseri F, Mohammadi S. The Effect of Land Use Changes on the Flood Hydrograph in the Kashaf-Rood River by Analyzing of SCS-CN Results. *Journal of Water and Soil*. 2020; 34(1): 43-54 (In Persian).
- [28]. Soltani S, Mokhtari F, Mohit P, Kalhor A. Investigation of the effect of land use change on runoff increase using HEC-HMS hydrological model in Khorramabad watershed. *Desert Ecosystem Engineering*. 2020; 9(27) (In Persian).
- [29]. Nie W, Yuan Y, Kepner W, Nash MS, Jackson M, Erickson C. Assessing impacts of landuse and landcover changes on hydrology for the upper San Pedro watershed. *Journal of Hydrology*. 2011; 407(1-4): 105-114.
- [30]. Shanani Hoveyze SM, Zarei H, Ramezani H. The Effect of Land-Use Changes on Flood Hydrograph (Case Study: Abolabbas Basin). *Journal of Irrigation Science and Engineering*. 2016; 40(1): 1-11 (In Persian).
- [31]. Yang X, Ren L, Singh VP, Liu X, Yuan F, Jiang S. et al. Impacts of land use and land cover changes on evapotranspiration and runoff at Shalamulun river watershed, China. *Hydrology Research*. 2012; 43(1/2): 23–37.
- [32]. Du J, Qian L, Rui H, Zuo T, Zheng D, Xu Y, et al. 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*. 2012; 464–465(0): 127-139.
- [33]. Percival SE, Gaterell M, Hutchinson D. Effective flood risk visualization. *Natural Hazards*. 2020; 104: 375-396.
- [34]. General Department of Natural Resources and Watershed Management of Mazandaran Province- Nowshahr. Report of glacial flood in the area of Sehezar Forest Park, Tonekabon city. 2011; 1-10.
- [35]. Abbaspour R, Hedayatifard M, Alizadeh Sabet HR, Hasanzadeh H, Mesgharan Karimi J. Estimation of biological and water quality indicators of CheshmehKileh Tonekabon river using large communities of benthic invertebrates and physical and chemical factors of water. *Environmental science and engineering*. 2014; 1(2): 59-73.
- [36]. Ramezanzadeh M, Badri A. Explaining the Socio-Economic Structures of Resilience of Local Communities to Natural Disasters with Emphasis on Flood (Case Study: CheshmehKileh Tonekabon and Sard Abroud Kelardasht Tourism Basins). *Geographical Association of Iran*. 2014; 12(40): 109-131.
- [37]. Phan TN, Kuch V, Lehnert LW. Land Cover Classification using Google Earth Engine and Random Forest Classifier—The Role of Image Composition. *Remote Sensing*. 2020; 12(2411): 1-22.
- [38]. Kateb F, Mostafazadeh R. Survey of Discharge and Sediment Changes Using Mann-Kendall Test in Nir Basin, Ardabil Province. *First International Conference and Fourth National Conference on Natural Resources and Environment*. 2019; 1-10.
- [39]. Nasiri Khiavi A, Mostafazadeh R, Esmali-Ouri A, Ghafarzadeh O, Golshan M. Alteration of hydrologic flow indicators in Ardabil Balikhouchai River under combined effects of change in climatic variables and Yamchi Dam construction using Range of Variability Approach. *Watershed Management and Engineering*. 2019; 11(4): 851-865.
- [40]. Yuqin G, Pandey KM, Huang X, Suwal N, Bhattarai KP. Estimation of Hydrologic Alteration in Kaligandaki River Using Representative Hydrologic Indices. *Water*. 2019; 11(688): 1-15.
- [41]. Khosravi Gh, Sadodin A, Ownegh M, Bahreman A, Mostafavi H. Classification and identification of changes in river flow regime using the Indicators of Hydrologic Alteration (IHA) Case study: (The Khormarud River-Tilabad Watershed- Golestan Province). *Iranian Journal of Ecohydrology*. 2019; 6(3): 651-671.
- [42]. Morid R, Shimatani Y, Sato T. Impact assessment of climate change on environmental flow component and water temperature-Kikuchi River. *Journal of Ecohydraulics*. 2018; 4(2): 88-105.