دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

روند تغییرات ضریب سیلابی در ایستگاه‌های هیدرومتری استان اردبیل

رئوف مصطفی‌زاده[۱] و سونیا مهری[۲]

۱- استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی،
(نویسنده مسوول: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۶

چکیده

سیل یک رویداد سریع و مخرب است که هر ساله در نقاط مختلف جهان و کشور باعث بروز خسارات جانی و مالی محسوس و نامحسوس فراوان می‌شود. این تحقیق با هدف ارزیابی روند و تغییرات زمانی و مکانی ضریب سیلابی در رودخانه‌های استان اردبیل، با استفاده از دبی روزانه ۲۲ ایستگاه هیدرومتری در طول یک دوره ۲۱ ساله، بین سال‌های (۱۳۶۹ تا ۱۳۹۰) انجام گرفت. ابتدا مقادیر ضریب جریان سیلابی با برآورد و کم نمودن جریان پایه به روش حداقل محلی محاسبه شد. روند تغییرات زمانی ضریب جریان سیلابی در ایستگاه‌های هیدرومتری با استفاده از آزمون ناپارامتری من–کندال تعیین شد. سپس دوره آماری موجود به دوره‌های ۵ ساله تقسیم شد و تغییرات مقادیر ضریب جریان سیلابی در دوره‌های مختلف مورد تحلیل قرار گرفت. هم‌چنین وجود تفاوت در بین مقادیر ضریب سیلابی دوره‌های مختلف با استفاده از آزمون آماری کروسکال والیس (Kruskal-Wallis) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمون آماری تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$)، را در بین مقادیر ضریب سیلابی در دوره‌های مختلف نشان داد. تغییرات ضریب جریان سیلابی حاکی از وجود تشابه الگوی تغییرات مکانی در دوره‌های مختلف بود و بیش‌ترین تغییرات متغیر مذکور در دوره مطالعاتی مربوط به محدوده‌های شمال و شمال شرقی و غرب استان می‌باشد. بیش‌ترین ضریب سیلابی مربوط به ایستگاه اکبرداوود به میزان ۰/۸ که در پنج سال اخیر، مشاهده شد. براساس نتایج تحلیل روند، از مجموع ۲۲ ایستگاه مورد مطالعه در استان اردبیل، ٦ ایستگاه روند افزایشی و یک ایستگاه روند کاهشی را در داده‌های ضریب سیلابی نشان دادند و در بقیه ایستگاه‌ها روند افزایشی معنی‌دار نبوده است. روند افزایشی در مقادیر ضریب سیلابی می‌تواند در اثر افزایش بارش و یا ناشی از تغییر کاربری اراضی و افزایش شدت بهره‌برداری از مراتع باشد که باعث افزایش توان تولید رواناب به‌صورت جریان سطحی و در نتیجه افزایش در روند ضریب سیلابی در آمار ایستگاه‌های مورد مطالعه شده است.

واژه‌های کلیدی: آزمون من–کندال، تغییرات مکانی، روند تغییرات زمانی، ضریب جریان سیلابی، استان اردبیل

مقدمه

سیلاب‌ها را می‌توان یکی از پیچیده‌ترین بلایای طبیعی به‌حساب آورد که برای مدیریت جامع مهار و کاهش خسارات سیل قبل از هر چیز باید مناطق سیل‌خیز در درون حوزه تعیین شوند. زیرحوزه‌هایی اولویت بیشتری دارند که دارای شرایط بحرانی بوده و یا نزدیک به رودخانه اصلی یا تاسیسات عمومی (مخازن سدهای ذخیره‌ای، سدهای انحرافی و سایر سازه‌ها) که حفظ آن‌ها ضروری است، باشند. در همین راستا، تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر پتانسیل سیل‌خیزی می‌تواند در مدیریت بهتر حوزه موثر باشد(۲۳). سیل به‌عنوان یک واقعیت طبیعی و آسیب‌رسان، همواره جزیی از خطرات و وقایع جوامع بشری در دنیا و به‌ویژه کشور ایران بوده است (۱۹). وقوع سیلاب یکی از خطراتی است که همیشه ساکنان حاشیه رودخانه‌ها را تهدید می‌نماید. به لحاظ اینکه سیلاب علاوه بر تخریب تاسیسات احداثی در مسیر رودخانه‌ها، می‌تواند باعث تاسیسات زیر بنایی و بروز خسارات جانی و مالی می‌گردد (۱). لذا تحلیل تغییرات مکانی و زمانی وقوع سیلاب‌ها اهمیت به‌سزایی در مطالعات مدیریت بحران و برنامه‌ریزی منابع آب پیدا کرده است (۳). این تحلیل فقط به‌عنوان وسیله‌ای برای کم‌کردن خطرها به‌کار نمی‌رود، بلکه از آن برای بالا بردن کارایی طرح‌ها نیز استفاده می‌شود. یکی از روش‌های متداول به‌منظور تحلیل سری‌های زمانی داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی، بررسی وجود یا عدم وجود روند در آن‌ها، ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت‌های انسانی می‌باشد. روش‌های آماری متعددی جهت تحلیل روند سری‌های زمانی ارائه شده‌اند که شامل دو دسته پارامتری و ناپارامتری هستند. در این بین، روش‌های ناپارامتری به‌دلیل وجود نواقص آماری در سری‌های داده‌های هیدرومتئورولوژی و عدم پیروی بیش‌تر این سری‌ها از یک توزیع آماری ویژه، همچون توزیع نرمال برای استفاده از روش پارامتریک رگرسیون خطی، از کاربردی نسبتاً گسترده‌تر و چشمگیرتر نسبت به روش‌های پارامتری برخوردارند (۲۸). آزمون ناپارامتریک من–کندال از جمله روش‌های بررسی تغییر روند داده‌ها می‌باشد که اولین بار به‌وسیله من (۱۹۴۵) استفاده شد و سپس در سال ۱۹۷۵ کندال آن را بسط داده و توزیع آماری آزمون را بدست آورد. آزمون ناپارامتریک من–کندال تابع توزیع مشخصی برای سری داده‌ها فرض نمی‌کند، در حالی‌که قدرت تشخیص آن نیز به اندازه آزمون‌های پارامتریک است (۱۷). از نقاط قوت روش من–کندال می‌توان به بیش‌ترین توانایی ذاتی در تحلیل داده‌ها و مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع خاصی پیروی نمی‌کند، اشاره نمود (۹،۲۱). هم‌چنین این آزمون نسبت به دیگر آزمون‌های روند برای تعیین روند سری‌های زمانی هیدرولوژی مناسب‌تر می‌باشد. بدیهی است مطالعه منابع آب در هر منطقه‌ای یکی از ضروریات مهم در برنامه‌ریزی‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع به‌شمار می‌رود. مطالعات متعددی در خصوص تغییرات ضریب سیل‌خیزی انجام شده است. در این راستا از جمله ایزانلو و

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]

همکاران (۱۳) در تحقیقی به مقایسه سه روش مدل هیدرولوژیکی بارش–رواناب، تحلیل فراوانی سیلاب و معادله تجربی کریگر، دیکن و فانینگ در برآورد دبی بیشینه سیلاب حوزه آبخیز کوشک آباد در خراسان رضوی پرداختند به این نتیجه رسیدند که روش تحلیل فراوانی تفاوت قابل توجهی در برآورد دبی بیشینه سیلاب در مقایسه با دو روش دیگر داشته است. ولی نتایج برآورد معادله‌های تجربی به کار گرفته شده نیز به‌دلیل کالیبره شدن با شرایط منطقه، قابل استناد با مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS برای حوضه مورد مطالعه است. زارع‌گاریزی و همکاران (۲۹) در آبخیز چهل‌چای استان گلستان به ارزیابی روند تغییرات بلند مدت کیفیت آب رودخانه چهل‌چای با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتریک (من–کندال و کندال فصلی) از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۷ پرداختند. نتایج پژوهش ایشان، نشان داد که هفت متغیر (سدیم، کلرید، ASR، سولفات، پتاسیم، EC و TDS) روند افزایشی معنی‌دار دارند، چهار متغیر بدون روند هستند و تنها یک متغیر (بی‌کربنات) روند کاهشی معناداری دارد. آهنی و همکاران (۴) به‌منظور تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب در حوزه‌های آبخیز سفیدرود بزرگ و ارس از دو گروه اساسی روش‌های تحلیل خوشه‌ای (خوشه‌بندی سلسه مراتبی و خوشه‌بندی افرازی) و الگوریتم گشتاور خطی استفاده نمودند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که روش‌های تحلیل خوشه‌ای، از کارامدترین روش‌های منطقه‌بندی حوزه‌های آبخیز به‌منظور تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب هستند.هم‌چنین نتایج ارزیابی وضعیت همگنی و اجرای تحلیل فراوانی منطقه‌ای که با استفاده از الگوریتم گشتاور خطی انجام داده بودند، فاکتورهای ترکیب طول و عرض جغرافیایی و مساحت سطح زهکشی به‌عنوان بهترین فاکتورها برای منطقه‌بندی حوزه‌های آبخیز سفید رود بزرگ و ارس معرفی شدند.

کالبرگ (۱۶) در بررسی سیلاب‌های شدید به این نتیجه رسید که غیر از حالت‌های محدود، سیلاب‌های شدیدی که در حوضه‌های بزرگ اتفاق می‌افتد، در نتیجه بارندگی بوده و تاثیر انسان در منطقه از اهمیت کمتری برخوردار بوده است. فودی و همکاران (۹) در منطقه‌ای در غرب مصر از مدل به‌منظور برآورد دبی بیشینه سیل زیرحوضه‌ها استفاده نمودند؛ نتایج اجرای مدل نشان‌دهنده این بود که دو زیرحوضه در معرض دبی پیک بیش از ۱۱۵ متر مکعب در ثانیه بوده، به‌عنوان مناطق حساس محسوب می‌شوند. آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری روند تغییرات دما، بارش و دبی را در حوضه تاریم در چین توسط زو و همکاران (۲۷) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آن‌ها نشان داد که سری‌های زمانی دما دارای روند معنی‌دار افزایشی بوده و داده‌های بارش نیز افزایش یافته است. اگرچه سری‌های زمانی دبی در بالادست رودخانه دارای روند افزایشی معنی‌داری بوده ولی در بیش‌تر مسیر رودخانه این روند کاهشی است. جیانگ و همکاران (۱۴) روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه را در حوضه رودخانه یانگ‌تسه در دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج تحقیق ایشان یک روند مثبت معنی‌دار را در داده‌های بارندگی فصل تابستان نشان داد. هم‌چنین نشان دادند که دبی رودخانه در بیش‌تر ایستگاه‌ها در دوره آماری ۴۰ سال به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. کالیک و همکاران (۱۵) با تحقیق بر روی وجود روند به ترتیب در دبی و رژیم رودخانه‌ها در کانادا پرداختند که نتایج، وجود روند کاهشی در دبی رودخانه‌های کانادا را نشان داد. هالبرت و همکاران (۱۰) در جنوب شرقی فرانسه به مقایسه دو روش محلی و منطقه‌ای در تجزیه و تحلیل فراوانی سیل‌های شدید منطقه مورد مطالعه پرداختند، نتایج ارائه شده براساس سری‌های اندازه‌گیری شده برای روش محلی و استفاده از روش مونت کارلو–مارکوف برای روش منطقه‌ای نشان داد که سطح نسبتاً محدودی از ناهمگنی منطقه، روش منطقه‌ای را تحت تاثیر قرار می‌دهد. هم‌چنین نتایج در هر دو روش نشان داد که جمع‌آوری اطلاعات و ترکیب آن‌ها برای مطالعات فراوانی سیل ضروری است. در نهایت روش مونت کارلو–ماکوف به‌عنوان یک ابزار دقیق برای تجزیه و تحلیل فراوانی سیل در منطقه مورد مطالعه معرفی شد. رهامن و همکاران (۲۰)با استفاده از روش MAKESENS روند آب‌های زیرزمینی و در منطقه Barin بنگلادش را که مستعد خشکسالی است، مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج مطالعات ایشان در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ به‌طور متوسط روند کاهشی در سطح آب‌های زیرزمینی را نشان داد. هم‌چنین حداکثر و حداقل عمق آب‌های زیرزمینی ۴/۷۳ متر و ۴/۵۱ متر است، و نرخ فعلی سطح آب‌های زیرزمینی ۱/۸۲ و ۱/۵ که رو به کاهش بوده، علت این کاهش نیز افزایش دو برابری برداشت از آب‌های زیرزمینی در اواخر دهه هشتاد به بعد دانستند. استان اردبیل طی سال‌های اخیر، با پایین آمدن سطح آب‌های زیرزمینی بر اثر برداشت‌های غیر اصولی از منابع آب روبرو بوده است. به‌طوری‌که این رخداد منطقه را به‌سوی بحران کمبود منابع آب در آینده به پیش می‌برد هم‌چنین در استان اردبیل طی ۱۶ سال گذشته (۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱) حدود ۳۰۰ بلای جوی و اقلیمی رخ داده، که سیل با وقوع ۱۴۰ مورد بیش‌ترین رخداد را داشته و روند این رخدادها در سطح منطقه به‌صورت افزایش می‌باشد (۱۱). بررسی روند تغییرات دبی رودخانه در مدیریت منابع آب، پیش‌بینی خشکسالی‌های آتی و برنامه‌ریزی برای زهکشی و آبیاری دارای اهمیت می‌باشد. براساس مرور منابع می‌توان گفت که تحقیقات موجود در خصوص ارزیابی روند وقوع سیل یا براساس دبی‌های حداکثر سالانه و یا براساس حجم کل جریان رواناب انجام شده است، در حالی که ارزیابی رواناب سطحی سریع با تفکیک دبی پایه جریان از مواردی است که تحقیق حاضر را از سایر مطالعات متمایز می‌نماید. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی روند تغییرات زمانی ضریب سیلابی در یک دوره ۲۱ ساله و الگوی تغییرات ضریب سیلابی در ایستگاه‌های مختلف هیدرومتری در استان اردبیل است.

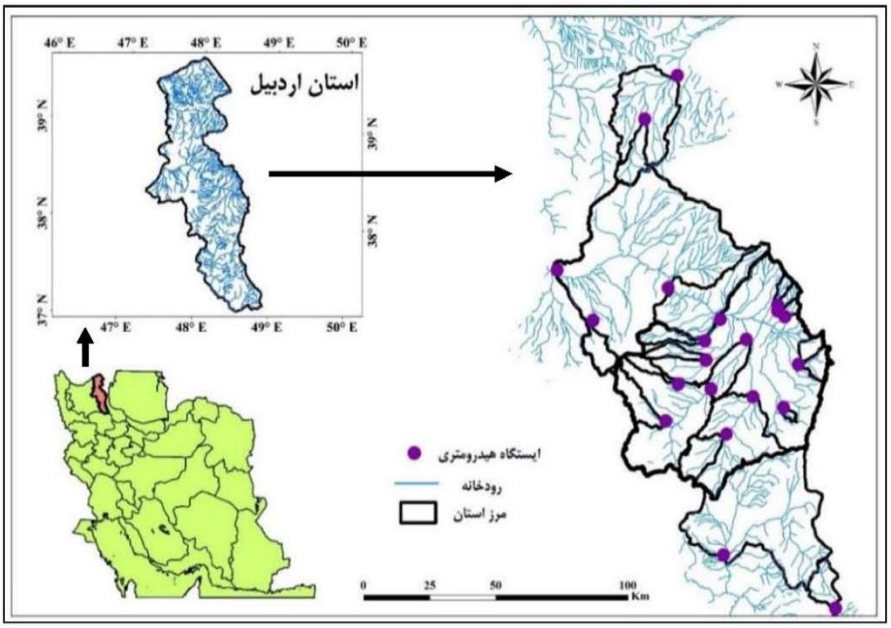
مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

استان اردبیل در شمال‌غربی فلات ایران بین مختصات ´۴۵ °۳۷ تا ´۴۲ °۳۹ عرض شمالی و ´۳ °۴۷ تا ´۵۵ °۴۸

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]

طول شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است که از شمال با جمهوری آذربایجان همسایه بوده از قسمت شرق با استان گیلان از جنوب با استان زنجان و از غرب با استان آذربایجان شرقی هم‌جوار است. استان اردبیل جزء نواحی سردسیر کوهستانی محسوب می‌شود و میزان نزولات جوی در استان اردبیل به‌طور متوسط بین ۲۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر در سال در بخش‌های مختلف استان نوسان دارد. در این مطالعه از آمار دبی جریان روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری با دوره آماری ۲۱ ساله از سال آبی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۰ واقع در آبخیزهای استان اردبیل استفاده شده است. بعد از بررسی آمار و برطرف کردن نواقص آماری، از متوسط مقادیر ضریب سیلابی برای تحلیل روند و تغییرات آن در رودخانه‌های استان اردبیل استفاده گردید. در شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در استان اردبیل نشان شده است. هم‌چنین در جدول (۱) مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هیدرومتری انتخابی ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب استان اردبیل

Figure 1. Location of the selected river gauge stations in Ardabil Province

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در تحلیل تغییرات ضریب جریان سیلابی استان اردبیل

Table 1. Characteristics of river gauge stations in flood flow coefficient analysis in the Ardabil Province

ردیف	علامت اختصاری	محدوده مطالعاتی	نام رودخانه	نام ایستگاه	مساحت حوضه (کیلومترمربع Km^2)
۱	S1	اردبیل	بالخلوچای	پل الماس	۱۰۷۰
۲	S2		قره‌سو	سامیان	۴۰۰۴
۳	S3		نیرچای	نیر	۲۵۶
۴	S4		قره‌سو	آلادیزگه	۲۲
۵	S5		نمین‌چای	نمین	۴۴
۶	S6	مشکین شهر	قره‌سو	دوست‌بیگلو	۷۳۱۱
۷	S7		قره‌سو	ارباب‌کندی	۴۸۰۰
۸	S8	خلخال	فیروزآبادچای	فیروزآباد	۱۵۱۵
۹	S9	اردبیل	قوری‌چای	کوزه‌تپراقی	۸۱۲/۵
۱۰	S10		بالخلوچای	گیلانده	۱۶۳۸
۱۱	S11		هیرچای	هیر	۱۷۸
۱۲	S12	اردبیل	ویلادرق‌چای	ویلادرق	۹۴
۱۳	S13		شهریورچای	باروق	۹۶
۱۴	S14		سقزچی‌چای	ایریل	۸
۱۵	S15		نرگس‌چای	ننه‌کران	۴۰
۱۶	S16		سولاچای	سولا	۴۴
۱۷	S17		یدی‌بولیک‌چای	عموقین	۱۱۰
۱۸	S18		آغ‌چای	شمس‌آباد	۱۲۸
۱۹	S19	مشگین شهر	خیاوچای	پل سلطانی	۹۸
۲۰	S20	مغان	برزندچای	احمدکندی	۱۵۷
۲۱	S21		ساریقمیش	اکبرداود	۷۱۰
۲۲	S22	خلخال	شاهرود	دورود	۱۵۸

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]

روش تحقیق

جهت انجام پژوهش حاضر، از داده‌های دبی روزانه ۲۲ ایستگاه هیدرومتری با طول دوره آماری ۲۱ ساله، از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۰ استفاده شده است.



شکل ۲- نمودار جریانی تعیین روند ضریب سیلابی در ایستگاه‌های هیدرومتری استان اردبیل
Figure 2. Stage diagram of flood coefficient determination at hydrometric stations of Ardabil province

ابتدا ضریب جریان سیلابی با تفکیک جریان پایه به روش حداقل محلی و برنامه‌نویسی در نرم‌افزار اکسل محاسبه شد. سپس متوسط مقادیر ضریب جریان سیلابی ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در مقیاس زمانی ماهانه محاسبه شد و با تقسیم‌بندی آمار موجود به دوره‌های پنج ساله (۱۸،۸،۳)، تغییرات زمانی آن در ایستگاه‌های هیدرومتری مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. هم‌چنین وجود تفاوت در بین مقادیر ضریب جریان سیلابی در دوره‌های مختلف پنج ساله با استفاده از آزمون آماری کروسکال والیس[1] با نرم‌افزار SSPS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آزمون کروسکال-والیس آزمونی ناپارامتریک می‌باشد که هم‌ارز آزمون پارامتریک تجزیه و تحلیل واریانس[2] است. به بیان بهتر در این آزمون به بررسی تفاوت بین مقادیر یک متغیر در بین چند جامعه مستقل پرداخته می‌شود. از آن‌جا که این آزمون معمولا در سطح خطای ۵ درصد در نظر گرفته می‌شود، برای استنباط تفاوت بین نمونه‌ها باید سطح معنی‌داری کم‌تر از ۰/۰۵ باشد. برای تعیین تغییرات مکانی مقادیر ضریب سیلابی در ایستگاه‌های مختلف و نیز اینکه ایستگاه‌ها به‌صورت متوالی روی رودخانه‌های اصلی قرار گرفته‌اند، از روش وزنی معکوس فاصله برای ارزیابی تغییرات مقادیر بین ایستگاه‌ها استفاده شد. سپس برای تشخیص وجود روند در مقادیر ضریب سیلابی ایستگاه‌ها در طول دوره آماری از آزمون‌های آماری تشخیص روند استفاده گردید. جهت تشخیص روند در داده‌های آب و هواشناسی از آزمون‌های مختلف پارامتری و غیرپارامتری استفاده می‌شود. آزمون‌های من-کندال[3] و همبستگی پیرسون[4] از دسته آزمون‌های غیرپارامتری است. سازمان جهانی هواشناسی (WMO)، آزمون من-کندال را برای بررسی و تشخیص روند در سری‌های زمانی اقلیمی اکیداً توصیه می‌کند. در روش من-کندال، داده‌ها به ترتیب زمان وقوع مرتب شده و تعیین روند براساس مراحل و فرمول‌های زیر انجام می‌گیرد (۳۰،۲۱).

ابتدا آماره S برای آزمون من-کندال بدست می‌آید و سپس $sign$ که تابع علامت بوده تعیین می‌گردد.

$$S=\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n} sign(x_i - x_j)$$
$$sign(\theta)=\left[+1\ if\ \theta>0,\ \ 0\ if\ \theta=0,\ -1\ if\ \theta<0\right] \quad (۱)$$

که در آن n تعداد مشاهدات سری و Xi و Xj به‌ترتیب داده‌های iام و jام سری هستند.

برای متغیرهای تصادفی مستقل و دارای توزیع یکنواخت و بدون گره (دو یا چندین داده با مقادیر عددی مساوی) میانگین و واریانس S به‌صورت زیر است:

$$E(S)=0 \quad and \quad Var(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}=\sigma^2 \quad (۲)$$

n<10

اگر در سری داده‌ها گره وجود داشته باشد مقدار واریانس از رابطه زیر محاسبه خواهد شد:

$$Var(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{m} t_i(i)(i-1)(2i+5)}{18} \quad (۳)$$

n>10

1- Kruskal-wallis
2- ANOVA
3- Mann–Kendall
4- Pearson correlation

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]

که در آن n تعداد داده‌های مشاهده‌ای، m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t نشان‌دهنده فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد.

بطوریکه t_i تعداد گره با ظرفیت i را نشان می‌دهد. برای مثال در یک سری داده فقط دو عدد با مقادیر مساوی وجود داشته باشد یک گره با ظرفیت دو $(t_2 = 1)$ خواهیم داشت. اگر تعداد داده‌های یک سری بیش ار ۱۰ عدد باشد S از توزیع نرمال تبعیت خواهد کرد و مقدارمعیار آماری استاندارد (Z) به‌صورت زیر خواهد بود:

$$Z_s = \left[\frac{S-1}{\sigma} \; if \; S > 0,\; 0 \; if \; S = 0,\; \frac{S+1}{\sigma} \; if \; S < 0 \right] \quad (۴)$$

ر یک آزمون دو طرفه جهت روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد.

$$|MK| \leq Z_{\upsilon/2} \quad (۵)$$

برای بررسی روند معنی‌داری داده‌ها چنان‌چه مقادیر مطلق MK بدست آمده از آزمون من کندال از عدد ۱/۹۶ بزرگ‌تر باشد، آن‌گاه در سطح ۵ درصد روند داده‌ها معنی‌دار خواهند بود و چنانچه مقدار MK از عدد ۲/۵۶ بزرگ‌تر باشد، آنگاه در سطح ۱ درصد نیز معنی‌دار خواهند بود.

درصورت مثبت بودن آماره MK، روند سری داده‌ها صعودی و درصورت منفی بودن آن، روند نزولی درنظر گرفته می‌شود.

بنابراین در یک آزمون دوطرفه برای تشخیص روند در سطح اعتماد α فرض صفر رد خواهد شد اگر مقدار Zs بزرگ‌تر یا مساوی Z جدول باشد. در این آزمون‌ها فرض صفر (H_0)، یکنواختی توزیع و مستقل بودن داده‌ها در سری زمانی است و فرض مقابل (H_1)، روند افزایشی یا کاهشی است. در این روش داده‌ها به‌ترتیب زمان وقوع مرتب می‌شوند و هر داده با تمام داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود (۱۰، ۲۶).

تخمین شیب خط روند با روش تخمین‌گر سن:

تخمین شیب خط روند توسط سن (۱۹۶۸) برای تشخیص روند در یک سری زمانی داده‌ها ارائه شد. این روش، یک روش ناپارامتری است که با استفاده از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی، یک شیب میانه را برای سری زمانی داده‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌کند. در روش سن برای هر دو جفت داده متوالی یک شیب محاسبه می‌شود. شیب‌های محاسبه شده تشکیل یک سری زمانی می‌دهند که میانه آن‌ها شیب خط روند را نشان می‌دهد.

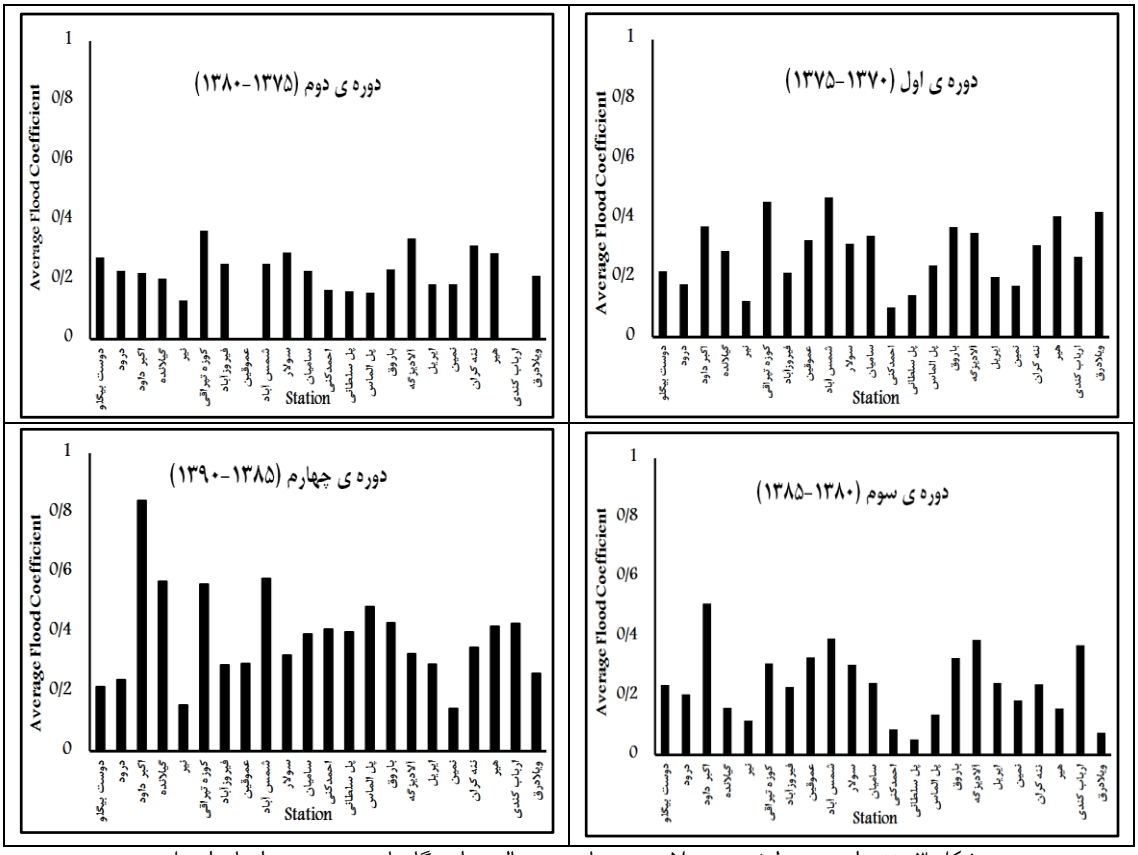
$$\beta = Median\left(\frac{x_j - x_i}{j - l}\right) \quad (۶)$$

که در آن β برآوردگر شیب خط روند و Xj مقدار مشاهده jاُم xi مشاهده i اُم می‌باشد j یک واحد زمانی بعد از l می‌باشد. مقادیر مثبت منفی β نشان‌دهنده روند افزایشی (کاهشی) در سری داده‌هاست (۲۲،۵).

نتایج و بحث

متوسط مقادیر ضریب سیلابی با یک دوره آماری ۵ ساله مشترک در بین ایستگاه‌های منتخب در طول دوره آماری محاسبه و نتایج در شکل (۳) ارائه شده است. در این پژوهش، با استفاده از آزمون ناپارامتری من–کندال وجود روند در مقادیر ضریب سیلابی در هریک از ایستگاه‌ها به‌طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج بدست آمده از این آزمون به‌صورت نمودار ترسیم گردید. سپس برای نمایش بهتر و نیز ارزیابی کلی منطقه نتایج بدست آمده با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار به‌صورت نقشه نمایش داده شد. لازم به ذکر است که برای محاسبه آماره‌های آزمون من–کندال برای ایستگاه‌های مورد مطالعه از نرم‌افزار MAKESENS استفاده گردید (۲۰،۶).

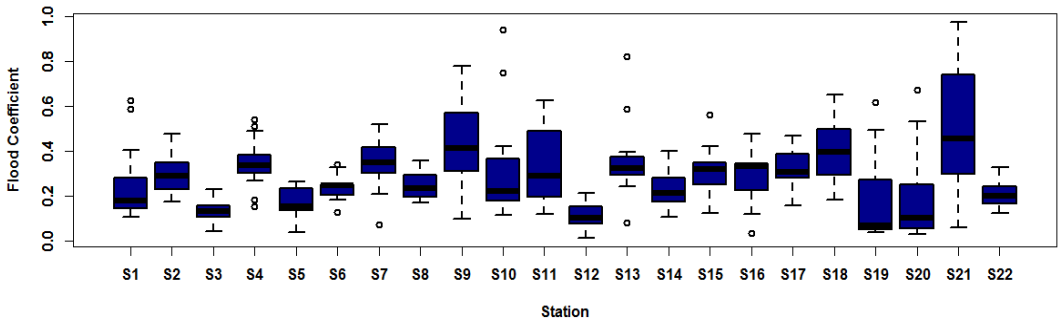
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]



شکل ۳- تغییرات متوسط ضریب سیلابی دوره‌های پنج ساله در ایستگاه‌های هیدرومتری استان اردبیل

Figure 3. Variations of average flood coefficient in five-year periods at hydrometric stations of Ardabil province

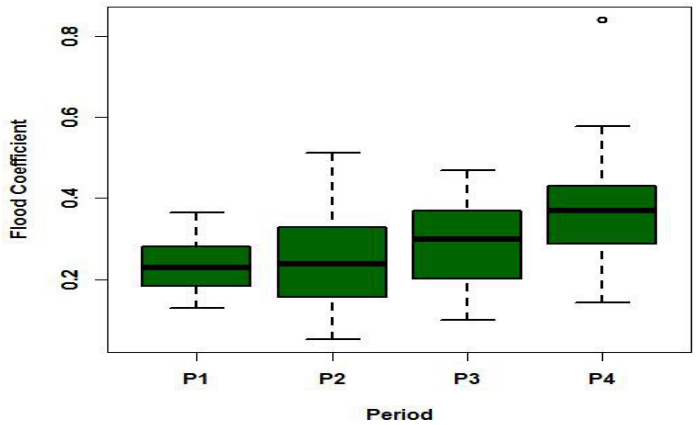
با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۳، در دوره‌های مورد مطالعه مقادیر ضریب سیلابی رو به افزایش بوده و شدت افزایش ضریب در پنج سال اخیر یا دوره ۴ بیش‌تر بوده است. هم‌چنین بیش‌ترین ضریب سیلابی مربوط به همین دوره و به‌میزان ۰/۸ در ایستگاه اکبرداوود مشاهده شد. براساس نتایج آزمون کروسکال والیس با مقدار P-value = 0/002 بین مقادیر ضریب سیلابی در دوره‌های مختلف تفاوت معنی‌دار وجود دارد. در ادامه نمودار جعبه‌ای تغییرات ضریب سیلابی در ۲۲ ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه و هم‌چنین در دوره‌های ۵ ساله نیز در شکل ۴ و ۵ ارائه شده است. نتایج تغییرات مکانی ضریب سیلابی با استفاده ار روش وزنی معکوس فاصله برای ۲۲ ایستگاه هیدرومتری استان اردبیل به ترتیب در شکل‌های ۶ تا ۹ ارائه شده است.



شکل ۴ – نمودار جعبه‌ای تغییرات ضریب سیلابی طی دوره‌های مطالعاتی در ۲۲ ایستگاه هیدرومتری منتخب در استان اردبیل

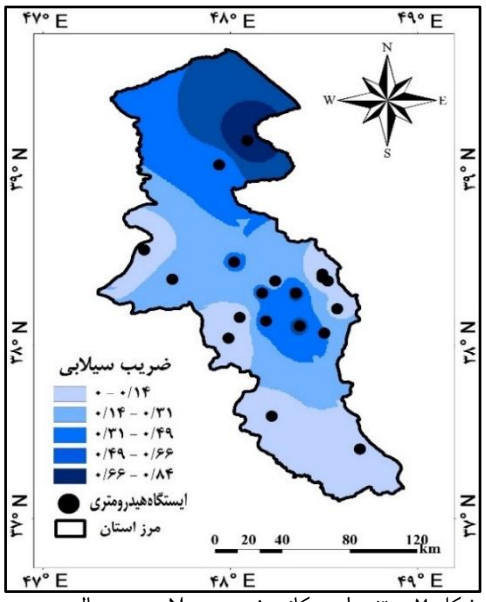
Figure 4. Box plot of flood coefficient variability during the study periods in 22 selected hydrometric stations of Ardebil province

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]



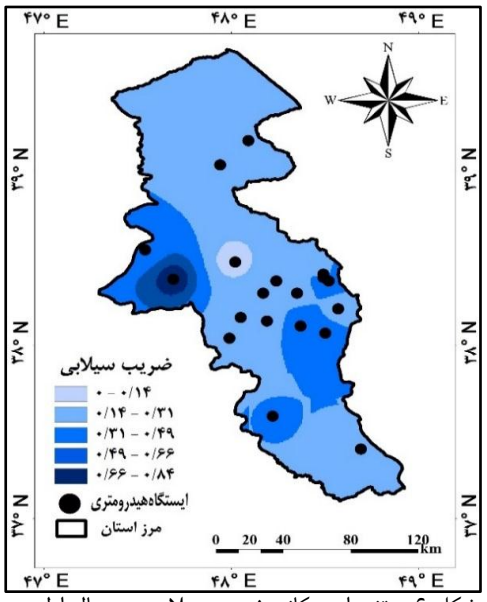
شکل ۵- نمودار جعبه‌ای تغییرات ضریب سیلابی طی دوره‌های ۵ ساله در ایستگاه‌های منتخب استان اردبیل

Figure 5. Box plot of flood coefficient variability during five years periods in selected hydrometric stations of Ardebil province



شکل ۶ – تغییرات مکانی ضریب سیلابی پنج ساله اول در ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب استان اردبیل

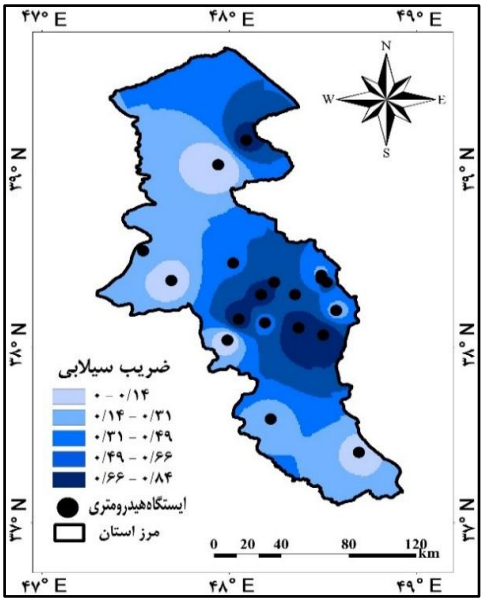
Figure 6. Spatial variation of first five years flood coefficient of selected hydrometric stations in Ardabil province



شکل ۷ – تغییرات مکانی ضریب سیلابی پنج ساله دوم در ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب استان اردبیل

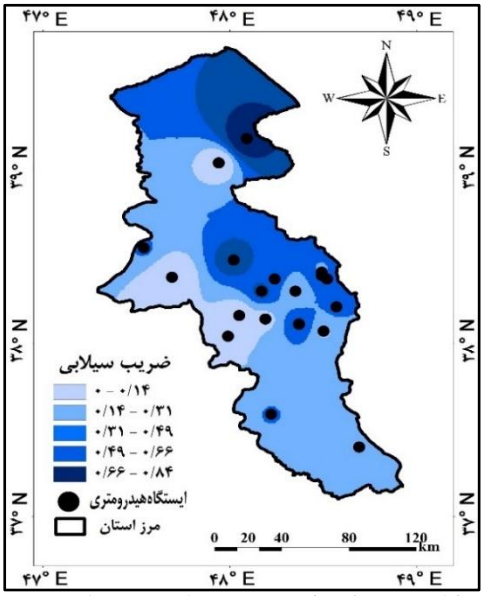
Figure 7. Spatial variation of second five years flood coefficient of selected hydrometric stations in Ardabil province

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]



شکل ۸- تغییرات مکانی ضریب سیلابی پنج ساله سوم در ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب استان اردبیل

Figure 8. Spatial variation of third five years flood coefficient of selected hydrometric stations in Ardabil province

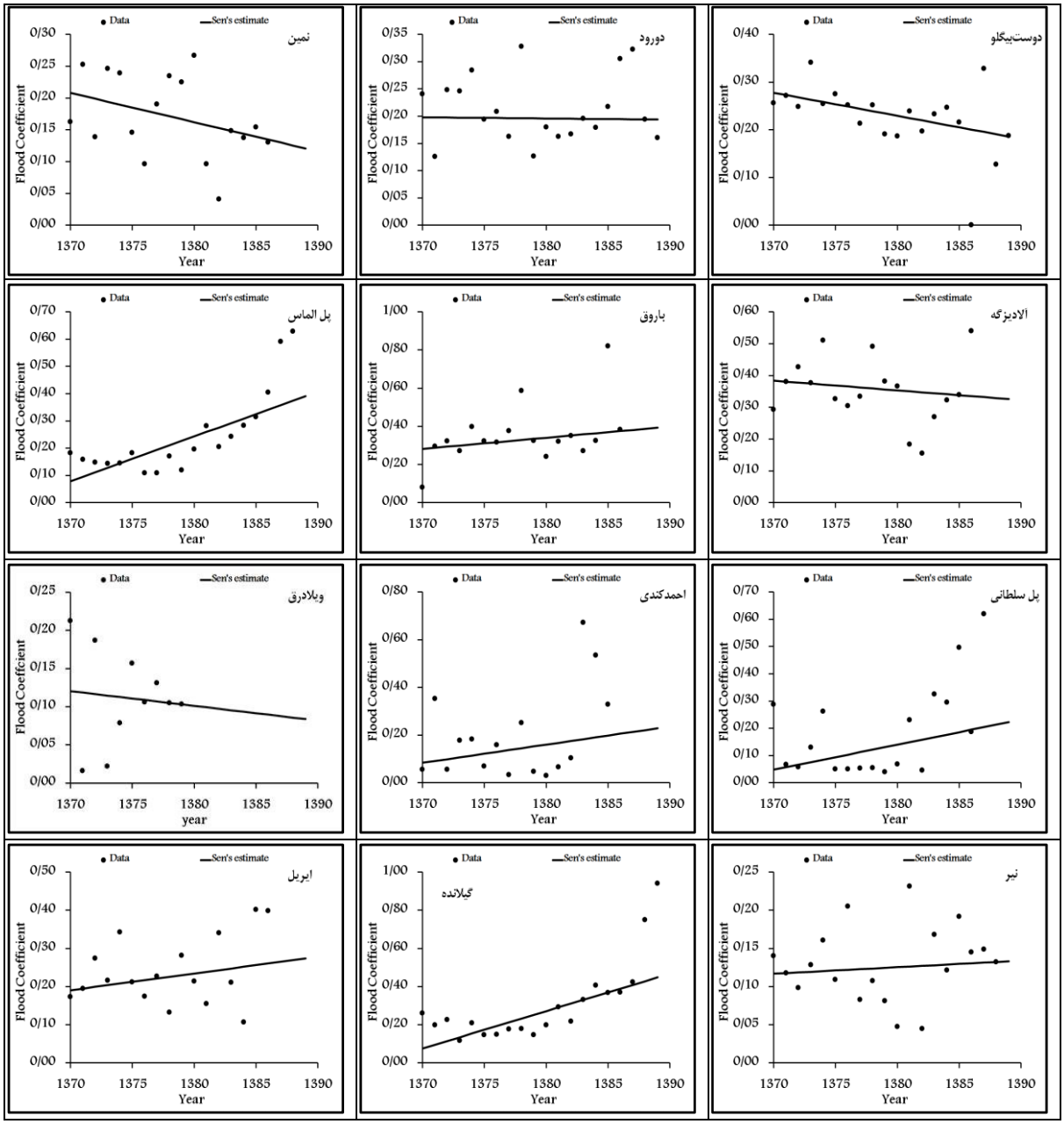


شکل ۹- تغییرات مکانی ضریب سیلابی پنج ساله چهارم در ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب استان اردبیل

Figure 9. Spatial variation of fourth five years flood coefficient of selected hydrometric stations in Ardabil province

با توجه به شکل‌های ۶ تا ۹ در همه دوره‌های پنج ساله منتخب روند افزایشی ضریب سیلابی در ایستگاه‌های هیدرومتری مختلف استان مشهود است اما بیش‌ترین تغییرات ضریب سیلابی در پنج ساله اخیر یا (دوره چهارم ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰) مشاهد شد. هم‌چنین در سه دوره دوم، سوم و چهارم بیش‌ترین افزایش مقادیر ضریب سیلابی در محدوده‌های شمال، شمال‌شرقی و مرکزی استان مشاهده شد. این درحالی است که بیش‌ترین کاهش در پنج سال دوم و تقریبا در کل استان قابل مشاهده است. هم‌چنین در این پژوهش، روند تغییرات ضریب سیلابی در ایستگاه‌های هیدرومتری استان اردبیل با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال مورد ارزیابی قرار گرفته، و نتایج آن در شکل ۱۰ ارائه شده است.

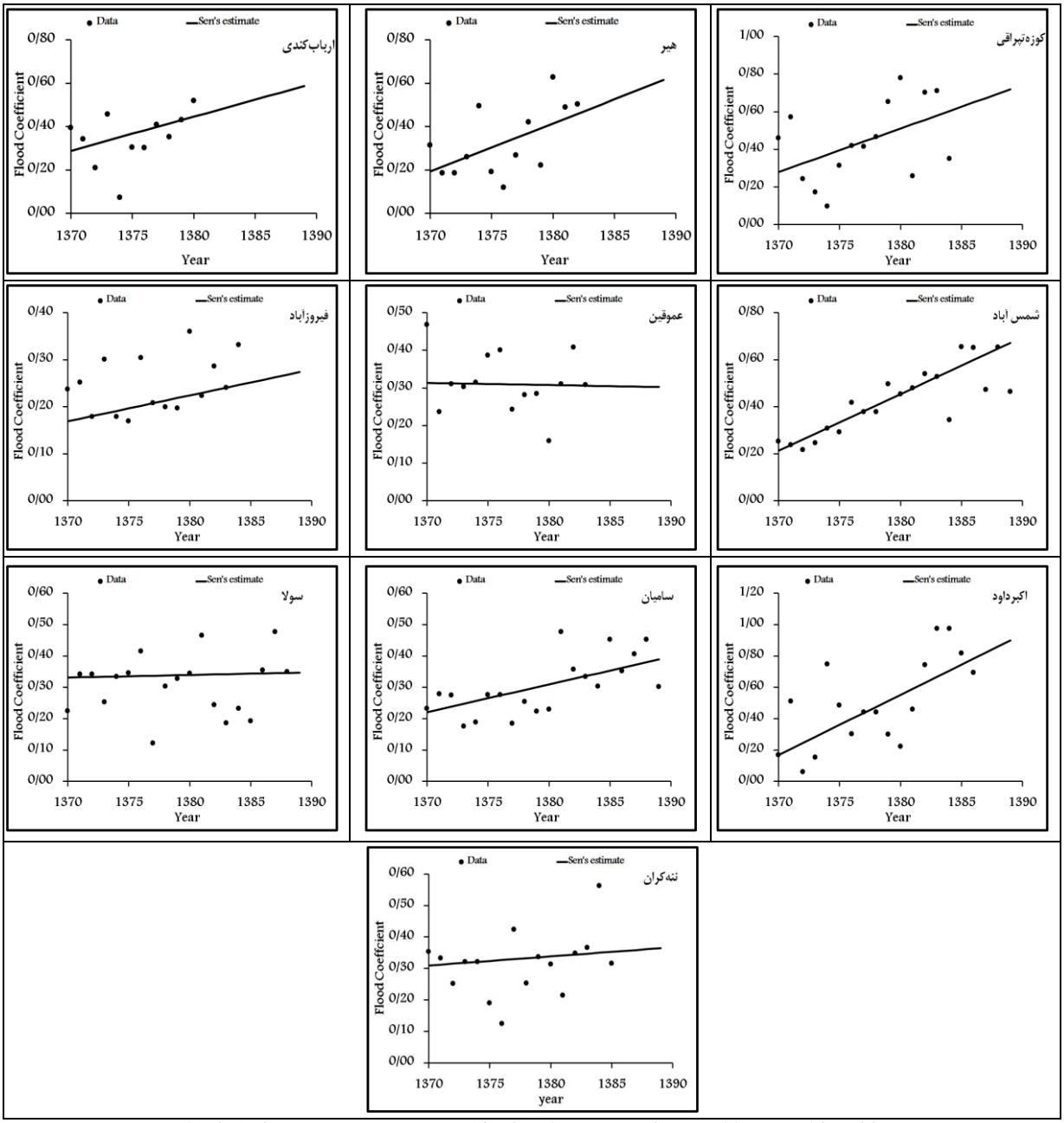
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]



شکل ۱۰- تحلیل روند سالانه ضریب سیلابی ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در استان اردبیل

Figure 10. Trend analysis of annual flood coefficient of selected hydrometric stations in Ardebil province

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]



ادامه شکل ۱۰- تحلیل روند سالانه ضریب سیلابی ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در استان اردبیل

Count Figure 10. Trend analysis of annual flood coefficient of selected hydrometric stations in Ardebil province

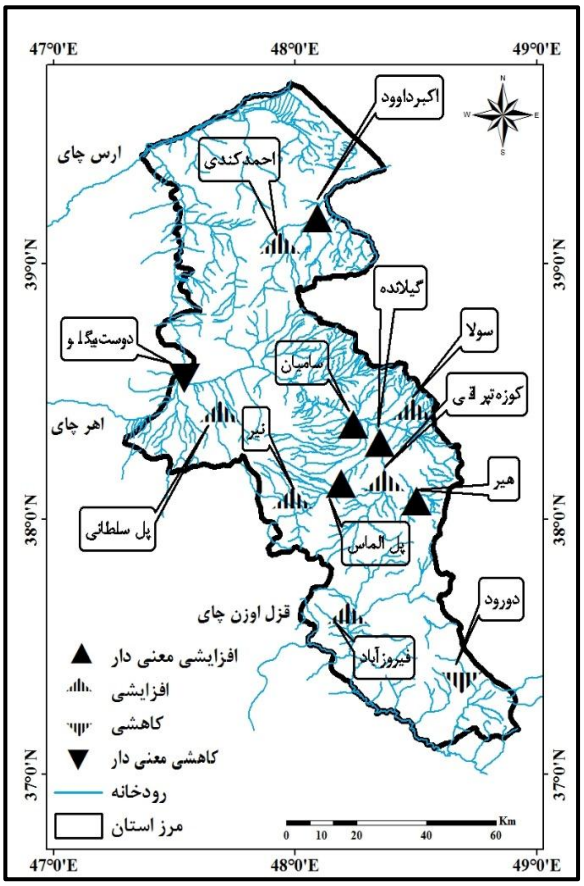
با مقایسه نتایج ارائه شده در شکل ۱۰ ضریب سیلابی جریان در بسیاری از ایستگاه‌ها اندازه‌گیری شده، افزایش یافته است. از مجموع ۲۲ ایستگاه آزمون شده در دوره آماری مورد مطالعه نشان می‌دهد که ۱۱ ایستگاه روند مثبت و ۲ ایستگاه روند منفی داشته است. در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد بعضی از آن‌ها مثل ایستگاه‌های اکبرداوود، گیلانده، سامیان، پل الماس و هیر از نظر آماری روند افزایشی و ایستگاه دوست‌بیگلو روند کاهشی معنی‌دار داشتند و بقیه از نظر آماری بدون روند یا معنی‌دار نیستند. هم‌چنین در ادامه، نتایج آزمون‌های من-کندال و سن در جدول ۲ ارائه شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]

جدول ۲- نتایج آزمون‌های من-کندال (Z) و سن (Q) برای ضریب جریان سیلابی سالانه در ایستگاه‌های هیدرومتری استان اردبیل (۱۳۶۹-۱۳۹۰)، *وجود* روند در سطح ۹۵ درصد؛ ** وجود روند در سطح ۹۹ درصد

Table 2. Results of Man-Kendall (Z) and Sen's (Q) tests for annual flood coefficient in hydrometric stations of Ardabil province (1991-2011).**Trend at α=0.01 level of significance; *Trend at α=0.05 level of significance

ایستگاه	Z	Q	Q m ax95	B	B m ax95
دوست بیگلو	-۲/۸۲**	-۰/۰۰۵	-۰/۰۰۱	۰/۲۸	۰/۲۵
دورود	-۰/۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۲۰	۰/۱۳
اکبرداود	۲/۲۷*	۰/۰۳۸	۰/۰۶۴	۰/۱۷	-۰/۰۴
گیلانده	۳/۶۷**	۰/۰۲۰	۰/۰۲۹	۰/۰۸	-۰/۰۲
نیر	۰/۳۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۱۲	۰/۰۸
کوزه‌تپراقی	۱/۵۸	۰/۰۲۳	۰/۰۵۶	۰/۲۸	۰/۰۳
فیروزآباد	۱/۱۹	۰/۰۰۵	۰/۰۱۲	۰/۱۷	۰/۱۴
عموقین	-۰/۲۲	-۰/۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۳۱	۰/۲۵
شمس‌آباد	۳/۹۰**	۰/۰۲۴	۰/۰۲۸	۰/۲۱	۰/۱۷
سولا	۰/۶۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۳۳	۰/۲۲
سامیان	۲/۶۶**	۰/۰۰۹	۰/۰۱۶	۰/۲۲	۰/۱۲
احمدکندی	۰/۸۶	۰/۰۰۸	۰/۰۳۵	۰/۰۸۴	-۰/۰۳۸
پل سلطانی	۱/۴۰	۰/۰۰۹	۰/۰۳۱	۰/۰۴۸	-۰/۱۰
پل الماس	۳/۶۴**	۰/۰۱۶	۰/۰۲۹	۰/۰۷۸	-۰/۰۶۴
باروق	۱/۶۹*	۰/۰۰۶	۰/۰۲۶	۰/۲۸	۰/۱۶
آلادیزگه	-۰/۵۴	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۰	۰/۳۸	۰/۲۷
ایریل	۰/۷۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱۵	۰/۱۹	۰/۱۴
نمین	-۱/۵۲	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۲۰	۰/۱۳
نئه‌کران	۰/۶۳	۰/۰۰۳	۰/۰۱۸	۰/۳۰	۰/۱۵
ویلادرق	-۰/۳۶	-۰/۰۰۲	۰/۰۱۸	۰/۱۲	۰/۰۰۳
هیر	۰/۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰	۰
اربابکندی	۰/۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰	۰



شکل ۱۱- روند سالانه ضریب سیلابی در ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در استان اردبیل

Figure 11. Trend of annual flood coefficient of selected hydrometric stations in Ardebil province

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]

با توجه به شکل ۱۱ نتایج آزمون من–کندال نشان داده که روند تغییرات ضریب جریان سیلابی در برخی نقاط کاهشی و در برخی دیگر افزایشی بوده است که روند افزایشی در سطح استان فراوانی بیش‌تری نسبت به روند کاهشی داشته است. البته روندهای کاهشی بیش‌تر در ایستگاه‌های هیدرومتری بالادست و روندهای افزایشی در ایستگاه‌های هیدرومتری پایین دست منطقه مورد مطالعه مشاهده شده است.

اطلاع از روند تغییرات ضریب سیلابی برای تحلیل تغییر رفتار رودخانه‌ها و اولویت‌بندی مناطق سیل‌خیز ضروری است. این تحقیق با هدف تعیین روند و تغییرات زمانی و توزیع مکانی مقادیر ضریب سیلابی جریان در تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری واقع بر روی رودخانه‌های استان اردبیل انجام شده است. بدین منظور از داده‌های دبی روزانه ۲۲ ایستگاه هیدرومتری واقع برروی رودخانه‌های استان اردبیل با طول دوره آماری ۲۱ ساله استفاده گردید. هم‌چنین برای ارزیابی وجود روند از آزمون ناپارامتری من–کندال استفاده شد در روش‌های ناپارامتری اساس کار بر تفاوت داده‌های مشاهداتی است به گونه‌ای که این روش‌ها مستقل از توزیع آماری سری زمانی بوده و مناسب‌تر از روش‌های پارامتری است. این روش برای آزمون فرض تصادفی بودن توالی داده‌ها در مقابل وجود روند استفاده می‌گردد (۲۱). نتایج نشان داد که ضریب سیلابی در تمام ایستگاه‌ها در طول دوره مورد مطالعه افزایشی است. البته میزان افزایش ضریب سیلابی در پنج سال اخیر (دوره چهارم) چشم‌گیرتر است. هم‌چنین با توجه به شکل ۳ مقادیر ضریب سیلابی در چهار دوره مورد مطالعه در ایستگاه‌های مختلف متغیر بوده، و در کل روند افزایشی داشته است، که نتایج آزمون ناپارامتریک کروسکال والیس با ($p<۰/۰۵$) آن مقدار ۰/۰۰۲ است که این آزمون آماری تفاوت معنی‌دار را در بین مقادیر ضریب سیلابی در دوره‌های مختلف نشان داد، بیش‌ترین افزایش در مقادیر ضریب در پنج سال اخیر می‌باشد. تغییرات مکانی ضریب سیلابی هم روند افزایشی را در تعدادی از ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح استان نشان می‌دهد البته بیش‌ترین پراکندگی ضریب سیلابی در سطح استان در پنج ساله اخیر (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰) مشهود است، و این روند افزایشی بیش‌تر در مناطق شمال، شمال‌شرقی، مرکزی و درصد ناچیزی از قسمت غرب استان قابل مشاهده است. هم‌چنین در بین نقشه تغییرات مکانی ضریب سیلابی در دوره‌های مختلف اختلاف قابل توجهی وجود دارد که نشان می‌دهد روند افزایشی ضریب سیلابی بیش‌تر از روند کاهشی است. لازم به ذکر که این روند افزایشی در تعدادی از ایستگاه‌ها را می‌توان با موقعیت ایستگاه که برروی رودخانه‌های پرآب و سرشاخه‌های اصلی قرار داشته و مقدار دبی زیادی دارند، توجیه نمود. دلیل دیگر بالابودن ضریب سیلابی را می‌توان با شیب بالای آبخیزها، مقدار رواناب سطحی زیاد و ضریب سیلابی زیاد مرتبط دانست. از طرفی هم این افزایش می تواند با افزایش بارش در منطقه مرتبط باشد، از طرفی با تغییر کاربری اراضی، افزایش شدت بهره‌برداری از مراتع، می‌توان گفت که توان تولید رواناب به‌صورت جریان سطحی افزایش پیدا نموده است که باعث افزایش در روند ضریب سیلابی در آمار ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه مورد مطالعه شده است. که با نتایج دراپلا و دراپلاوا (۶) در خصوص توجیه محل قرارگیری ایستگاه‌های دارای روند افزایشی بر روی رودخانه اصلی همسویی دارد. در این پژوهش، روند در هر ایستگاه به‌صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به شکل ۱۰ ضریب سیلابی در بیش‌تر سری‌های زمانی سالانه مورد مطالعه روند افزایشی داشته، که این روند فقط در تعدادی از ایستگاه‌ها در سطوح ۹۹ و ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. در بررسی سری‌های سالانه ضریب سیلابی از مجموع ۲۲ ایستگاه مورد مطالعه ۱۱ ایستگاه دارای روند افزایشی و ۲ ایستگاه روند کاهشی داشته است. البته از مجموع ایستگاه‌های دارای روند افزایشی و کاهشی فقط روند ایستگاه‌های اکبرداود، گیلانده، سامیان، پل الماس، هیر و دوست‌بیگلو از نظر آماری معنی‌دار است، که با نتایج پژوهش وفاخواه (۲۵)، شاندکنی و کابندا (۲۳) در خصوص وجود روند در بین مقادیر ضریب سیلابی هم راستا است. براساس نتایج به دست آمده به‌طور کلی می‌توان این نتیجه را گرفت که ضریب سیلابی جریان در اکثر ایستگاه‌های هیدرومتری افزایش یافته است. به‌طوری که در تمام طول دوره مورد مطالعه ایستگاه‌های که روند افزایشی را نشان می‌دهند بیش از روند کاهشی آن‌هاست. از طرف دیگر فقط در تعدادی از این ایستگاه‌ها روند از نظر آماری معنی‌دار بوده و در مابقی بدون روند یا بدون معنی است. بیش‌ترین تغییرات متغیر مذکور در دوره مطالعاتی مربوط به ایستگاه‌های واقع در محدوده‌های شمال و شمال‌شرقی و غرب استان می‌باشد. دلیل افزایش ضریب سیلابی را می‌توان با تغییرات بارش، تغییر کاربری اراضی و افزایش شدت بهره‌برداری از مراتع، نسبت داد که با افزایش توان تولید رواناب به‌صورت جریان سطحی باعث افزایش در روند ضریب سیلابی در آمار ایستگاه‌های مورد مطالعه شده است. هم‌چنین نتایج دو آزمون ناپارامتریک و پارامتریک کاملا با هم مطابقت دارند، و تفاوت معنی‌دار در بین ضریب سیلابی و افزایش مقادیر ضریب را در دوره‌های مختلف تایید می‌کنند. هم‌چنین تحلیل روندهای معنی‌دار در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که بیش‌ترین افزایش در مقادیر ضریب سیلابی در دوره چهارم (پنج ساله اخیر) و محدوده‌های مرکزی استان مشاهد شده است. بررسی روند تغییرات ضریب سیلابی می‌تواند در برنامه‌ریزی کنترل سیلاب و اقدامات آبخیزداری در جهت کاهش خسارات پدیده سیل مورد استفاده قرار گیرد. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق روند افزایشی در مقادیر ضریب سیلابی در ایستگاه‌های هیدرومتری استان اردبیل را مورد تایید قرار داده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]

منابع

1. Abdollahzadeh, A., M. Ownegh, A. Sadoddin and R. Mostafazadeh. 2016. Constraints to residential land use development arising from flood and runoff coefficient in a land use planning framework, case study: Ziarat Watershed, Golestan Province. Watershed Engineering and Management, 8(2): 221-235 (In Persian).
2. Addor, N., S. Nikolova and J. Seibert. 2016. Simulated discharge trends indicate robustness of hydrological models in a changing climate. Geophysical Research Abstracts, 18, EGU2016-10421-1, EGU2016.
3. Asiabi-Hir, R., R. Mostafazadeh, M. Raoof and A. Esmali-Ouri. 2015. River health, importance and applications. Extension and Development of Watershed Management, 3(11): 17-22 (In Persian).
4. Ahani, A., S. Emamgholizadeg, S.S. Mousavi Nadoushani and Kh. Azhdari. 2015. Regional flood frequency analysis by hybrid cluster analysis and l-moment, Journal of Watershed Management Research, 6(12): 11-20 (In Persian).
5. Ansari, M., Gh. Noor and S. Fotohi. 2016. Investigation of temperature precipitation and flow trend using noparametric Mann-Kendall (case study: Kaju River in Sistan and Baluchestan). Journal of Watershed Management Research, 7(14): 152-157 (In Persian).
6. Drapela, K. and I. Drapelva. 2011. Application of Mann–Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bily Kriz (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997-2010. Beskydy, 4(2): 133-146.
7. Farokhnia, A. and S. Morid. 2014. Assessment of the effects of temperature and precipitation variations on the trend of river flows in Urmia Lake watershed. Journal of Water and Wastewater, 3: 86-97 (In Persian).
8. Freeman, G.J. 2002. Looking for recent climatic trends and patterns in California's central sierra. PACLIM Conference Proceedings, pp: 35-48.
9. Foody, G.M., E.M. Ghoneim and W.N. Amell. 2004. Predicting location sensitive to flash flooding in arid environment. Journal of Hydrology, 292: 48-58.
10. Halbert, K., C.C. Nguyen, O. Payrastre and E. Gaume. 2016. Reducing uncertainty in flood frequency analyses: A comparison of local and regional approaches involving information on extreme historical floods. Journal of Hydrology, doi: 10.1016/j.jhydrol.2016.01.017.
11. Hamati, R., S. Mohammadi, L. Aslanian and B. Nikjo. 2012. Role system warning fast wireless telecommunication bed (HVF) in management risk Climate disaster Ardebil Province. 2st National Conference on Crisis Management, 1-8., Tehran, Iran (In Persian).
12. Hazbavi, Z. and S.H.R. Sadeghi. 2013. Analysis of spatial trend of rainfall erosivity in iran. 1st International Conference on Environmental Crisis and its Solutions, 434-440, Kish, Iran (In Persian).
13. Isanloo, H. and M. Vafakhah. 2011. Comparison of different methods of peak flood discharge estimation in Khorasan Razavi Province. Watershed Engineering and Management, 3(3): 177-186 (In Persian).
14. Jiang, T., B. Su and H. Hartmann. 2007. Temporal and spatial of precipitation and river flow in the Yangtze River Basin, 1961-2000. Geomorphology, 85: 143-154.
15. Khaliq, M.N., T.B.M.J. Ouarda, P. Gachon, L. Sushama and A. St-Hilaire. 2009. Identification of hydrological trends in the presence of serial and cross correlations: Areview of flow selected methods and their application to annual regimes of Canadian rivers. Journal of Hydrology, 368(1-4): 117-130.
16. Kleeberg, H.B. 1996. Extreme floods cause and influences. Zeitschrift Tur Kulturtechnic and Ianxentqic, 87: 103-107.
17. Lettenmaier, D.P., E.F. Wood and J.R. Wallis. 1994. Hydro-climatological trends in the Continental United States, 1948-88. Journal of Climate, 7: 586-60.
18. Loliyana, V.D and P.L. Patel. 2015. Trend analysis of climatic variables and their impact on stream flow using Nam model. E-proceedings of the 36th. IAHR World Congress, 28June - 3July, The Hague, the Netherlands, 10p.
19. Najafi, A. and M. Nasri. 2010. Effective factors in flood of Esfahan - Sirian watershed employing factor analysis method. Geography and Planning Environmental, 20(4): 101-118 (In Persian).
20. Rahman, A.S., M.D. Kamruzzaman, S.C. Jahan and Q.H. Mazumder. 2016. Long – Term trend analysis of water table using MAKESENS model and sustainability of groundwater resources in drought Prond Barind area, NW Bangladesh. Journal Geological Society of India, 87: 1-15.
21. Salmi, T., A. Maatta, P. Anttila, T. Ruoho-Airola and T. Amnell. 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates – the EXCEL template application MAKESENS. Publications on air quality 31, Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 35p.
22. Sen, P.K. 1968. Estimates of the regression coefficients based on Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association, 63: 1379-1389.
23. Shandukani, N and T.A. Kabanda. 2013. Trend and variability assessment of rainfall in Vhembe South Arica. Journal of Human Ecology, 42(2): 171-176.
24. Shaabani Bazneshin, A., A. Emadi and R. Fazloula. 2016. Investigation the flooding potential of basins and determination flood producing areas (case study: Neka basin), Journal of Watershed Management Research, 7(14): 20-28 (In Persian).
25. Vafakhah, M. 2012. Analysis rainfall and discharge trend in Kashafrood watershed. Geography and Development Iranian Journal, 10(29): 77-90 (In Persian).
26. Sheikh, V.B., A. Babai and Y. Mooshakhian. 2009. Trend analysis of precipitation regime in the Gorganroud Basin. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 3(8): 29-38 (In Persian).
27. Xu, C.Y., Y.N. Chen and J.Y. Li. 2004. Impact of climate change on water resources in the Tarim River Basin. Water Resource Management, 18: 439-458.
28. Yue, S and P. Pilon. 2004. A comparison of the power of the t test, Mann-Kendall and bootstrap tests for trend detection. Hydrological Sciences Journal, 49(1): 21-37.
29. Zaregarizi, A., A. Sadoddin, Sh. Vahed berdi and A.R. Salmanmahiny. 2012 Long-term trend analysis of water quality variables for the Chehelchay River (Golestan Province). Iranian Water Research Journal 6(10): 155-165 (In Persian).
30. Zhang, A., Ch. Zheng and S. Wang. 2015. Analysis of stream flow variations in the Heihe River Basin, northwest China: trends, abrupt change, driving factor and ecological influences. Journal of Hydrology Regional Studies, 3: 106-124.
31. http://www.fallahtafti.blogfa.com, Management Studies-Water Resources Unit Daily discharge data.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]

Trends in Variability of Flood Coefficient in River Gauge Stations of Ardabil Province, Iran

Raoof Mostafazadeh[1] and Sonia Mehri[2]

1- Assistant Professor, Dept. of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran, (Corresponding Author: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir)
2- Graduated M.Sc. Student in Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran
Received: May 14, 2016 Accepted: January 25, 2017

Abstract

Flood as a rapid and destructive event causes great human and economic losses in Iran and around the world, annually. This study aimed to assess the temporal trend and spatial changes of flood coefficient of Ardabil Province rivers using daily discharge of 22 hydrometric stations over a 22-year (1991 to 2011) of recorded data. The flood coefficient amount was calculated after subtracting the defined base flow resulted from the local minima technique. The non-parametric Mann-Kendall test was used to detect the temporal tend in the time series values. The recorded data length were divided into 5-year periods and the variations of changes of flow rate in different periods were analyzed. The significant differences were determined by using the Kruskal-Wallis statistical test. The results showed that changes of flood coefficient was significant ($p<0.05$) between different periods. The spatial changes of flood coefficient variation coefficient showed a similar spatial pattern in different studied periods and the highest variability were defined at North-East and West parts of the study area. The highest rate of flood coefficient was observed in Akbardavood station with the value of 0.8 in the fourth sub-period. According to the results of trend analysis, there is an increasing significant temporal trend in 6 stations, and one station had decreasing trend, while other stations had increasing trend with no statistical significance. The increasing trend of flood coefficient can be related to rainfall variations and land use change along with intensified use of extensive rangelands areas which increases the potential runoff and surface flow resulting increase in the flood coefficient in the studied statistics.

Keywords: Ardabil Province, Flood Coefficient, Mann-Kendall, Spatial Variations, Trend Temporal Variations

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.13.5]

[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.82]