

کلید واژه‌ها: سیلاب، هیدروگراف، بارندگی، دبی، ایستگاه هیدرومتری تمر.

مقدمه

افزایش جمعیت و محدودیت منابع آب سطحی و زیرزمینی، مدیریت بهینه در بهره‌برداری از منابع آب را به یک امر ضروری تبدیل نموده است. در این راستا بررسی روند تغییرات دما، بارندگی و دبی به مدیریت بهینه منابع آب کمک شایانی می‌نماید. همچنین در سال‌های اخیر پدیده سیل یکی از رویدادهای هیدرواقليمی و از جدی‌ترین بلايای طبیعی است که جوامع بشری را مورد تهدید قرار می‌دهد. فراوانی وقوع سیل در چند دهه اخیر باعث شده است که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های ادواری و مخرب قرار گیرد و تلفات جانی و مالی آن بنحو چشمگیری افزایش یابد. از دلایل افزایش سیلاب‌های مخرب می‌توان به کاهش نزولات جوی جامد و تغییر آن به مایع در اثر تغییرات اقلیمی از جمله افزایش میانگین دمای هوا در دهه‌های اخیر اشاره نمود. مزید بر این، به دلیل تخریب شدید منابع طبیعی چه به صورت بهره‌برداری بی‌رویه از جنگل‌ها و مراتع و چه به شکل تغییر کاربری اراضی و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی نامناسب یا ساخت بی‌رویهی مناطق مسکونی، سبب شده که سیلاب‌ها سال به سال چه از دیدگاه تعداد وقوع و چه از دیدگاه شدت خسارات، افزایش یابند. که این عوامل، بررسی روند دبی رودخانه‌ها، بارندگی روی حوضه‌های آبریز، سیلاب‌های منطقه و هیدروگراف سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف، را به امری مهم تبدیل نموده است [۴، ۶، ۱۰ و ۱۵].

بنا به اهمیت موضوع، تاکنون پژوهش‌های ارزشمندی در مورد فرآیند هیدرولوژیکی صورت گرفت، که از این میان می‌توان به روبسن و همکاران [۱۶] اشاره نمود آنان با مطالعه روند و تغییرات سیلاب‌های کشور انگلستان با روش‌های رگرسیون و ضریب اسپیرمن در دوره آماری ۱۹۹۰-۱۹۴۰ نتیجه‌گیری نمودند که رفتار جریان‌های سیلابی در مقیاس ملی هیچ‌گونه روند مشخصی را نشان نمی‌دهد ولی تغییرات سالانه سیلاب‌ها نوسانات منظمی را نشان می‌دهد که تحت تاثیر نوسانات اقلیمی می‌باشد. دوگلاس و همکاران [۵] روند سیلاب‌ها و جریان‌های کمینه، در ایالات متحده آمریکا را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که هیچ‌گونه روند مشخصی برای جریان‌های سیلابی وجود ندارد ولی جریان‌های کمینه، روند صعودی را برای نواحی مشخصی از ایالات متحده آمریکا نشان می‌دهند. برن و حق‌النور [۳]

مدلسازی و تحلیل تغییرات رژیم هیدرولوژیکی رودخانه‌ها (مطالعه موردی: رودخانه گرگانرود، ایستگاه هیدرومتری تمر)

سعید فرزین^۱، فروغ علی‌زاده صنمی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۲

چکیده

بارندگی، دما، دبی و سیلاب از پارامترهای مهم در بین پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژی هستند که پیش‌بینی و شناسایی رفتار آن‌ها برای مدیریت منابع آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش برای بررسی تغییرات رژیم هیدرولوژیکی رودخانه گرگان رود در ایستگاه هیدرومتری تمر، از آمار ۴۴ ساله ایستگاه هیدرومتری تمر از سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۹۱ با استفاده از نرم افزارهای GIS، ILWIS 2.1 و SMADA مدل‌سازی و تحلیل گردید. سپس، مشخصات فیزیکی حوضه، اقلیم، دما، بارش، روند آبدهی، سیلاب و هیدروگراف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اقلیم منطقه در حال تغییر به سوی آب و هوای گرم و خشک می‌باشد که از اثرات آن می‌توان به کاهش باران و افزایش دما، افزایش شدت بارش و افزایش دبی‌های اوج منطقه اشاره نمود. از سوی دیگر، بررسی میانگین دبی‌های ماهانه و سالانه نشان‌دهنده روند نسبتاً ضعیف افزایشی این پارامتر در حوضه مذکور می‌باشد که با وضعیت جهانی تغییر اقلیم در نیمکره شمالی و عرض‌های ۳۰ درجه که عمدتاً خشک‌تر شده‌اند، مطابقت دارد. با بررسی سیلاب‌های حوضه آبریز تمر مشخص گردید بیشترین سیلاب‌ها مربوط به ماه‌های آبان، اسفند، فروردین و اردیبهشت؛ به ترتیب با فراوانی وقوع ۱۴، ۱۲، ۱۲ و ۱۲ مورد در طول دوره آماری ۱۰ ساله می‌باشند. در نهایت با آنالیز چند سیلاب مهم ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری تمر، هیدروگراف واحد حوضه مشخص شد و با ارزیابی عامل زمان تمرکز و الگوی توزیع زمانی بارش، هیدروگراف سیلاب با دوره‌های بازگشت ۲ لغایت ۲۰۰۰ ساله تعیین گردید.

۱. نویسنده مسئول و استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان. سمنان،

پست الکترونیک: Saeed.farzin@semnan.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه علم و صنعت ایران.

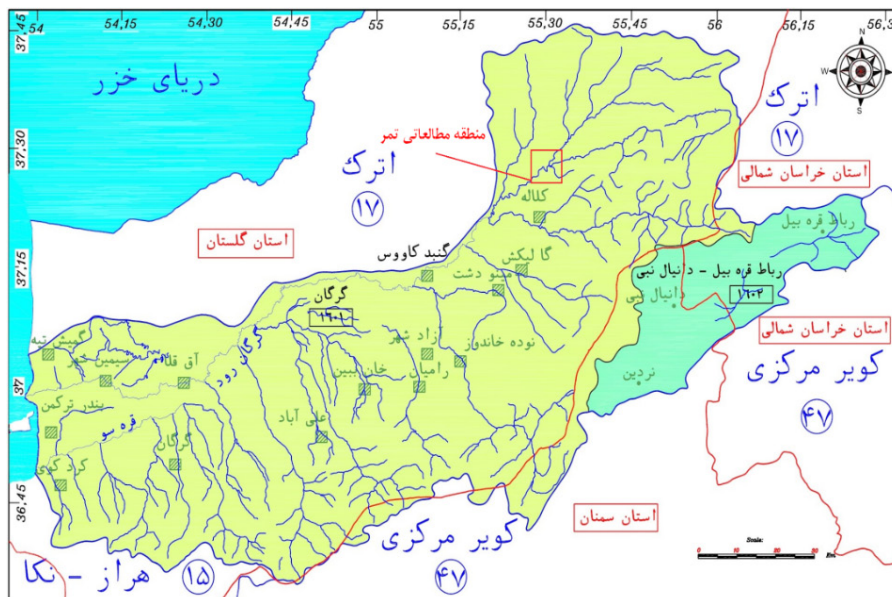
روند ۱۸ فاکتور هیدرولوژیکی از جمله دبی متوسط سالانه، حداکثر دبی روزانه و دبی‌های متوسط ماهانه را برای ۲۴۸ حوزه آبخیز کشور کانادا که دارای شرایط به نسبت طبیعی (یعنی میزان مداخله در شرایط هیدرولوژیکی آن‌ها کمتر از ۱۰ درصد می‌باشد) بودند، مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها با استفاده از روش ناپارامتری من-کندال بیان نمودند که برای روندهای معنی‌دار مشاهده شده، تغییرات شدید مکانی وجود دارد که به صورت غیریکنواخت توزیع گردیده است. با توجه به گزارش هیئت بین‌الدول [۱۴]، پیش‌بینی می‌گردد که به علت تغییرات اقلیمی ناشی از گرم شدن جهانی کره زمین، تا اواسط قرن ۲۱ آبدهی متوسط سالانه رودخانه‌ها در عرض‌های بالا و مناطق گرمسیری حدود ۴۰-۱۰ درصد افزایش می‌یابد و در عرض‌های میانی و مناطق مرطوب حدود ۳۰-۱۰ درصد کاهش می‌یابد. جیانگ و همکاران [۷]، روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه را در حوزه رودخانه یانگ‌تسه در دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۶۱ مورد بررسی قرار دادند؛ نتایج پژوهش آنان نشان داد دبی رودخانه در بیشترین ایستگاه‌ها در دوره آماری ۴۰ ساله دارای افزایش معنی‌داری بوده است. موران و همکاران [۱۲] به بررسی روند تغییرات رژیم هیدرولوژیکی رودخانه‌ای، در یک دوره ۴۵ ساله در شمال اسپانیا پرداختند. نتایج ایشان مشخص کرد که رژیم هیدرولوژیک رودخانه به سمت کاهش حجم رواناب و در مقابل افزایش دبی پیک سیلابی متمایل گشته است. بیرسان و همکاران [۲] به بررسی روند جریان در حوزه رومانی در دوره آماری ۳۰ ساله (۲۰۰۵-۱۹۷۶) پرداخته و نشان دادند در مقیاس ماهانه روند جریان نوسانی بوده است اما در مقیاس سالانه روند جریان نزولی بوده است. زلناکوا و همکاران [۲۰]، به بررسی روند دبی جریان کم در ایستگاه‌های شرق رودخانه اسلواکی پرداختند و نشان دادند روند واضحی در جریان حوزه آبریز رودخانه اسلواکی وجود ندارد. از جمله مطالعاتی که در داخل کشور صورت گرفته است می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود. جاوری [۶] تغییرات زمانی دما و بارش در ایران را با استفاده از آزمون‌های آماری به صورت مدل‌های ثابت و متغیر بررسی نمود و نشان داد که تغییرات زمانی بارش و دما تنوع بیشتری را داشته که این تغییرات در قالب حرکات تصادفی، تغییرات روند دار و نوسانات فصلی و دوره‌ای پایدار می‌شوند. محمدی و همکاران [۱۳] به بررسی هیدروکلیماتولوژی سیلاب‌های فراگیر حوزه گرگانرود پرداختند و نتیجه گرفتند اقلیم منطقه در حال به سوی آب و هوای گرم و خشک می‌باشد. همچنین با استخراج داده‌های پنج سیلاب مخرب در حوزه گرگانرود و با استفاده از تحلیل سینوپتیکی، الگوی آغاز و همزمان رخداد این سیلاب‌ها را ارائه نمودند. نیک قوجق و یارمحمدی [۱۰]، داده‌های هواشناسی و دبی رودخانه زیارت در استان گلستان را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که دبی دارای روند کاهشی می‌باشد. سرحدی و همکاران [۱۹] در پژوهشی آنالیز سیل خیزی منطقه جیرفت را با استفاده از مدل دبی آستانه مورد ارزیابی قرار دادند. آنان توابع توزیع لوگ پیرسون تیپ سه، لوگ نرمال سه پارامتری به عنوان توابعی که بهترین برازش‌ها را برای ایستگاه مورد

مطالعه نشان می‌دهد، معرفی نمودند. شیخ و همکاران [۱۸] به بررسی روند تغییرات رژیم بارش حوزه آبخیز گرگانرود پرداختند و نتیجه گیری نمودند که در ایستگاه‌های تمر، تنگه و گنبد روند افزایشی در داده‌های بارندگی سالانه وجود دارد. نساجیان‌زواره و همکاران [۱۱] در پژوهشی به بررسی و تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب در بخشی از حوزه آبریز مرکزی پرداختند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که سه منطقه همگن در حوزه آبخیز مرکزی وجود دارد و بهترین دبی شاخص، برای حوزه نامبرده، دبی با دوره بازگشت دو سال است. شیخ و همکاران [۱۷]، روند تغییرات متغیرهای هیدرولوژیکی حوزه آبخیز اترک را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که دبی حداکثر لحظه‌ای در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه روند صعودی داشته است در حالی که دبی متوسط روزانه در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه روند نزولی را نشان می‌دهد. رحیمی و همکاران [۱۵] به بررسی روند تغییرات دبی کل و دبی پایه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه پرداختند و نتیجه گرفتند در مقیاس سالانه، میانگین دبی پایه و دبی کل، روند نزولی داشته اما حداکثر دبی پایه و حداکثر دبی کل هیچ روندی ندارد. بهره‌مند و همکاران [۴] به تحلیل روند تغییرات بلند مدت بارندگی و دبی در غرب دریاچه ارومیه پرداختند. نتایج پژوهش‌های آنان نشان داد که بارش در برخی ایستگاه‌های این حوزه بدون روند و در برخی دیگر دارای روند کاهشی است. اما دبی در بیشتر موارد دارای روند کاهشی معنی‌داری می‌باشد. انتخاب ایستگاه مناسب در بررسی مطالعات مذکور نیز اهمیت بسزایی دارد، زیرا بهره‌گیری از این مطالعات در زمینه‌هایی همچون بررسی تغییرات اقلیم، ذخیره و تلفاتی که در حوزه صورت می‌گیرد بسیار پیچیده است، همچنین بررسی پدیده‌ای مثل تغییر اقلیم ممکن است ناشی از فرآیندهای پیچیده ناشناخته‌ای باشد که تمام این عوامل اهمیت انتخاب محل و تعداد مناسب سال‌های آماری مطلوب برای بررسی دقیق مطالعات مزبور را روشن می‌سازد. به همین دلیل در انجام پژوهش حاضر از داده‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی ایستگاه تمر، که ایستگاه قدیمی و معتبر استان گلستان می‌باشد، استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

برای انجام پژوهش حاضر، ابتدا شناسنامه اطلاعات آب و هوایی و هیدرومتری پنج ایستگاه، از سازمان آب منطقه‌ای و هواشناسی استان گلستان تهیه گردید. پس از بررسی صحت داده‌ها، از بین پنج ایستگاه، ایستگاه آبسنجی تمر به دلیل طول دوره آماری کافی (۴۴ سال)، پراکنش مناسب مکانی و نزدیکی از میان پنج ایستگاه، انتخاب گردید. با استفاده از آمار و اطلاعات هواشناسی ثبت شده، نوع اقلیم منطقه مشخص گردید. سپس به بررسی بارندگی، دبی رودخانه و سیلاب پرداخته شد.

معرفی منطقه مورد مطالعه: برای بررسی روند بارندگی، آبدهی رودخانه، سیلاب، هیدروگراف سیلاب و تجزیه و تحلیل آن از بین ایستگاه‌های آبسنجی حوزه آبریز گرگانرود، ایستگاه تمر بعلت



شکل ۱- موقعیت شماتیک حوضه آبریز گرگانرود [۸]

Figure 1. Gorganrood watershed schematic position

روابط مورد استفاده

محاسبه زمان تاخیر حوضه و زمان تمرکز: در روش SCS زمان تاخیر از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۱]:

$$t_{lag} = \frac{L^{0.8}(s+1)^{0.7}}{1900y^{0.5}} \quad (1)$$

که در آن t_{lag} : زمان تاخیر حوضه بر حسب ساعت، L : طول رودخانه اصلی بر حسب فوت، y : متوسط شیب حوضه (درصد) و S : نمایه نگهداشت آب در داخل حوضه (اینچ) است. پس از محاسبه t_{lag} ، زمان تمرکز حوضه (t_c) از معادله $t_c = 1.67t_{lag}$ محاسبه می‌شود.

طبقه بندی اقلیمی دومارتن: دومارتن با تغییراتی در فرمول ترانسو و جایگزین کردن عامل تبخیر با نمایه‌ای از دمای هوا، فرمول ۲ را پیشنهاد نمود [۱].

$$I = \frac{P}{T+10} \quad (2)$$

که I ضریب دومارتن، P متوسط بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر و T متوسط دمای سالانه بر حسب درجه سانتی‌گراد است. اقلیم نمای آمبرژه: علاوه بر ضریب اقلیمی دومارتن، از اقلیم نمای آمبرژه مطابق رابطه (۳) برای تعیین نوع اقلیم استفاده می‌گردد.

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2} \quad (3)$$

که در آن Q_2 ضریب اقلیمی آمبرژه، P بارندگی سالانه (میلی‌متر)، M متوسط حداکثرهای دما در گرم‌ترین ماه سال (درجه کلونین) و m متوسط حداقل‌های دما در سردترین ماه سال (درجه کلونین) می‌باشد. توزیع لوگ پیرسون تپ ۳: معادله اساسی توزیع چگالی پیرسون تپ ۳ که برای اولین بار توسط فوستر این توزیع را برای محاسبه حداکثر سیل لحظه‌ای بکار برد به صورت زیر می‌باشد:

علت نزدیکی، طول دوره آماری کافی ((از سال آبی ۱۳۴۹-۱۳۴۸ تا سال آبی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ (۴۴ سال)) و پراکنش مناسب مکانی انتخاب گردیده است. شکل (۱) منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. منطقه مطالعاتی تمر بر روی رودخانه‌های زاو، ساری‌سو از شاخه اصلی رودخانه گرگانرود قرار دارد و دارای ۵۵ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی، ۳۷ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی می‌باشد، مساحت حوضه آبخیز ۱۵۲۴/۸ کیلومترمربع است و دارای تجهیزات اشل، لیمینوگراف و پل تلفریک می‌باشد [۸].

از نظر پوشش گیاهی، سراسر ارتفاعات و کوهپایه‌ها و دشت از رستنی‌ها پوشیده شده است که علت آن بارندگی و رطوبت زیاد و درجه حرارت مناسب می‌باشد. پوشش گیاهی حوزه آبریز گرگانرود در جنوب و شرق به سبب مجاورت با جنگل گلستان مترام بوده ولی پوشش قسمت شمالی آن بسیار اندک می‌باشد.

نرم‌افزارهای مورد استفاده

Arc GIS: نرم‌افزاری است بسیار آسان برای که به کاربران این امکان را می‌دهد که به سادگی اطلاعات مکانی و داده‌های توصیفی را برای ایجاد نقشه‌ها، جداول و نمودارها به کار گیرند. ILWIS 2.1: این نرم‌افزار به طور همزمان برای مطالعات سنجش از دور و GIS کاربرد دارد. از قابلیت‌های آن می‌توان به ترسیم نقشه شیب، جهت شیب و ... اشاره نمود.

Smada: این نرم‌افزار دارای بخش‌های مختلفی است که از برخی از آن‌ها می‌توان در تحلیل‌های اقلیمی بهره گرفت، یکی از آن‌ها نرم‌افزار توزیع آماری Distrib 2.0 است که با آن می‌توان سری زمانی داده‌ها را با شش توزیع، احتمال رخداد و دوره بازگشت آن‌ها را بدست می‌آورد.

می‌شود. نرم‌افزار GIS یک برنامه کامپیوتری برای مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات مکانی می‌باشد که قابلیت جمع‌آوری، ذخیره، تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیای را دارد. همچنین برای تهیه شیب حوضه، با استفاده از یک دستگاه رقوم‌گر، خطوط میزان در منطقه مورد مطالعه میان‌یابی می‌گردد، سپس با استفاده از نرم‌افزار ILWIS 2.1 اختلاف ارتفاع در محیط GIS محاسبه می‌شود.

نتایج و بحث

از آنجا که معیارهای مربوط به مشخصات فیزیکی حوزه آبریز رودخانه‌ها نیز اثر تعیین‌کننده‌ای در مطالعات هیدرولوژیکی دارند، ۱۶ پارامتر فیزیوگرافی شامل مساحت حوضه آبریز (کیلومتر مربع)، محیط حوضه آبریز (کیلومتر)، حداکثر ارتفاع حوضه (متر)، ارتفاع متوسط حوضه (متر)، ارتفاع میانه حوضه (متر)، حداقل ارتفاع حوضه (متر)، ضریب گراولوس، طول مستطیل معادل (کیلومتر)، عرض مستطیل معادل (کیلومتر)، طول شاخه اصلی رودخانه (کیلومتر)، طول شاخه اصلی L_c (کیلومتر)، شیب خالص شاخه اصلی (درصد)، شیب متوسط حوضه (درصد)، مشخصات جغرافیایی مرکز ثقل حوضه (طول، عرض، ارتفاع) (متر) به کمک نرم‌افزارهای Arc GIS و ILWIS و زمان تمرکز حوضه (ساعت) و زمان تأخیر (ساعت) به روش SCS محاسبه و استخراج گردیدند؛ در جدول (۱) مشخصات فیزیکی حوزه آبریز گرگانرود ارائه گردیده است.

$$f(x) = \left(\frac{1}{\Gamma(b)}\right) (\lambda^b (x-c)^{b-1} e^{-\lambda(x-c)}) \quad (4)$$

در معادله (۴)، $b = \left(\frac{2}{C}\right)^2$ و $C = \frac{\sigma}{\sqrt{b}}$ می‌باشد. که در آن σ : انحراف از معیار داده‌ها، C : ضریب چولگی داده‌ها که توصیه می‌شود. در این حالت با لگاریتم گرفتن از معادله (۴)، معادله به تابع توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ تبدیل می‌شود.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جوی

شش تابع توزیع آماری (نرمال، لوگ نرمال ۲ پارامتری، لوگ نرمال ۳ پارامتری، پیرسون تیپ ۳، لوگ پیرسون تیپ ۳ و گمبل تیپ ۱) با استفاده از نرم‌افزار Smada و با داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه آبسنجی تمر پردازش داده شدند و سپس با توجه به میزان میانگین مربعات انحراف نسبی، توابع توزیع آماری برای ایستگاه مورد نظر اولویت‌بندی گردیدند و در نهایت با توجه به نمرات برای هر توزیع و همچنین درصد رتبه‌های دریافت شده، بهترین تابع توزیع آماری برای منطقه مشخص گردید و دبی با دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از مناسب‌ترین تابع توزیع آماری استخراج شد.

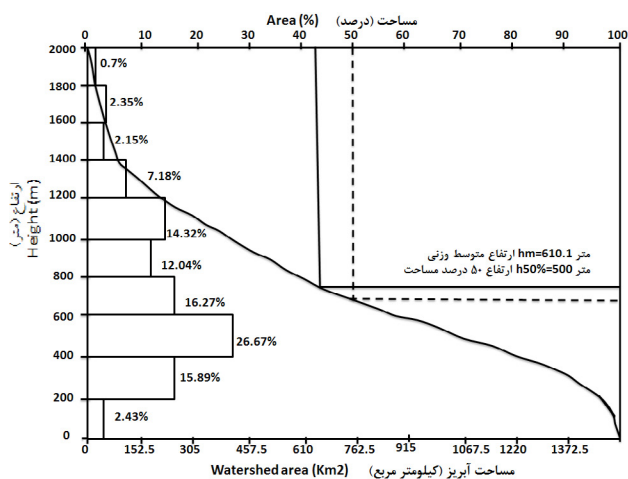
منحنی هیپسومتری و آلتیمتری: نحوه توزیع ارتفاعات در حوضه‌ها معمولاً با دو نمودار که بنام‌های منحنی‌های ارتفاعی معروفند (هیپسومتری و آلتیمتری) ترسیم می‌شوند. برای ترسیم نمودار هیپسومتری و آلتیمتری حوضه مورد مطالعه، از طریق گزینه Hypsometry مدل رقومی ارتفاعی توسط نرم‌افزار GIS فراخوانی

جدول ۱- پارامتر فیزیوگرافی حوضه آبریز تمر

Table 1. Physiographic parameter in Tamar watershed

ردیف	مشخصات حوضه	ردیف
No.	Profile watershed	Tamar- Gorganrod river
1	مساحت حوضه آبریز (کیلومتر مربع)	2212.8
2	محیط حوضه آبریز (کیلومتر)	224.6
3	حداکثر ارتفاع حوضه (متر)	2000
4	ارتفاع متوسط حوضه (متر)	610.1
5	ارتفاع میانه حوضه (متر)	500
6	حداقل ارتفاع حوضه (متر)	100
7	ضریب گراولوس	1.3
8	طول مستطیل معادل (کیلومتر)	86.8
9	عرض مستطیل معادل (کیلومتر)	25.5
10	طول شاخه اصلی رودخانه (کیلومتر)	101.6
11	طول شاخه اصلی L_c (کیلومتر)	24.8
12	شیب خالص شاخه اصلی (درصد)	0.7
13	شیب متوسط حوضه (درصد)	12.99
14	مشخصات جغرافیایی مرکز ثقل حوضه	55-42-71 37-36-7 511.7
		طول (m) عرض (m) ارتفاع (متر) Height (m)
15	زمان تمرکز حوضه (ساعت)	9.1
16	زمان تأخیر (ساعت)	5.5

به شکل ۳ می‌توان اظهار کرد که حوضه در مرحله جوانی به سر می‌برد که مؤید فعالیت تکتونیکی بالا در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین تحذب در منحنی نشان دهنده غلبه فعالیت نو زمین‌ساختی حوضه بر فعالیت‌های فرسایشی است که در حالی که تقعر در منحنی نشان‌دهنده غلبه فعالیت‌های فرسایشی بر فعالیت نو زمین‌ساختی است. با توجه به نوع شکل نیز می‌توان گفت که این حوضه از نظر نو زمین‌ساختی وضعیتی فعال دارد. همچنین بررسی منحنی آلتیمتری نشان می‌دهد بیشترین درصد مساحت حوضه در تراز ۴۰۰ تا ۶۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد.

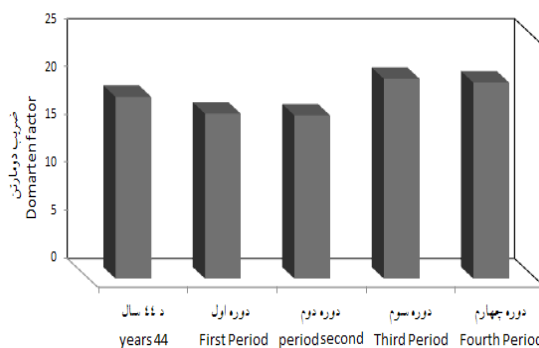


شکل ۳- منحنی هیپسومتری و فرکانس آلتیمتری رودخانه گرگانرود

Figure 3. hypsometric curve and altimetry frequency in Gorganrood River

بررسی نوسانات میانگین بارش و دمای سالانه به منظور شناخت خصوصیات بارش و دما از نمودار بارش-دمای سالانه استفاده گردید. در شکل ۴ خطوط منحنی مربوط به نوسانات سالانه دما و بارش، و خطوط شیب دار مربوط به روند خطی بارش و دما می‌باشد. بر این مبنای، بررسی شکل ۴ مبین این موضوع می‌باشد که روند افزایشی ضعیفی در سری سالانه دما و بارش وجود دارد اما شدت این روند افزایشی برای پارامتر بارندگی سالانه بیشتر است؛ از طرفی اگر این دو فراسنج دما و بارندگی با هم در نظر گرفته شوند روند خشک شدن آب و هوا را نشان می‌دهد که با نتایج شیخ و همکاران [۱۸] که به بررسی روند تغییرات رژیم بارش حوضه آبریز گرگانرود پرداختند، همسو می‌باشد. همچنین تحلیل نمودار نشان می‌دهد بیشترین بارش سالیانه طی این سال‌ها به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۷۶ و ۱۳۸۱ می‌باشد و بیشترین دما سالیانه نیز مربوط به سال ۱۳۵۹ و ۱۳۸۰ می‌باشد.

از طریق داده‌های ۴۴ ساله بارش و دمای سالانه، ضریب متوسط دومارتن، عدد ۱۸/۹۴ بدست می‌آید که در محدوده اقلیمی نیمه خشک قرار دارد. اما در این بخش، دوره آماری ۴۴ ساله به چهار گروه ۱۱ ساله تقسیم گردید، بطوری که آب و هوای دوره اول، با ضریب ۱۷/۱۹ از نوع نیمه خشک، دوره دوم با ضریب ۱۷/۰۱ نیز از نوع نیمه خشک، اما دوره سوم و چهارم با ضرایب ۲۰/۸۲ و ۲۰/۴۳ در آب و هوای مدیرانه‌ای واقع شدند (شکل ۲). که این مساله بیانگر آن است که در تقسیم بندی‌های ۱۱ ساله روند نوسانات اقلیمی منطقه به سوی مرطوب شدن پیش می‌رود؛ اما در طول دوره آماری به سمت خشک تر شدن پیش می‌رود. که از اثرات آن می‌توان به کاهش باران و افزایش دما، افزایش شدت بارش و دبی‌های اوج منطقه اشاره نمود.



شکل ۲- ضریب دومارتن برای تغییرات ۲۹ ساله اقلیم

Figure 2. Do marten factor for 29 years' climate changes

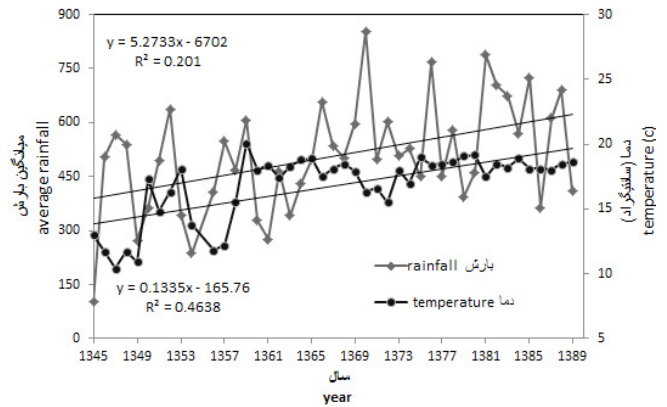
همچنین آب و هوا و اقلیم منطقه مورد مطالعه را بر مبنای اقلیم نمای آمبرژه می‌توان از نوع خشک سرد تا نیمه مرطوب سرد طبقه‌بندی نمود. دمای هوا در این محدوده از غرب به شرق افزایش و از شمال به جنوب روند کاهش داشته و رطوبت هوا نیز عمدتاً به فاصله گرفتن از دریای مازندران کاهش می‌یابد. ریزش‌های جوی در محدوده مطالعاتی تحت تاثیر سیستم‌های کلی جوی و همچنین توده‌های باران‌زایی است که عمدتاً منشا خزری دارند.

پروفیل طولی و منحنی هیپسومتری و آلتیمتری با توجه به اهمیت توزیع مساحت در ارتفاعات مختلف و نقشی که این پارامتر در رژیم جریان سطحی به عهده دارد، با استفاده از نقشه توپوگرافی رقومی منطقه در محیط ArcView منحنی هیپسومتری همراه با فرکانس آلتیمتری در شکل ۳ ترسیم و ارائه گردید. از طریق منحنی هیپسومتری بدست آمده با منحنی‌های نظری می‌توان وضعیت زمین حوضه را مشخص کرد. در منحنی‌های هیپسومتری، مرحله جوانی: با برش‌های عمیق و برجستگی‌های ناهموار و ناصاف؛ مرحله بلوغ: با بروز فرآیندهای ژئومورفیک تقریباً به طور متوازن و متعادل و مرحله پیری با چشم اندازهای نزدیکی به سطح اساس با برجستگی‌های بسیار هموار شده، توصیف می‌شود [۹]. با توجه

۱۰ درصد افزایش می‌یابد و در عرض‌های میانی و مناطق مرطوب خشک حدود ۳۰-۱۰ درصد کاهش می‌یابد، همسو می‌باشد. بررسی نمودار نشان می‌دهد که بیشترین دبی اوج سالانه مربوط به سال ۱۳۷۶ و کمترین مربوط به سال‌های ۱۳۵۵ و ۱۳۶۱ می‌باشد.

برای نشان دادن نوسانات دبی اوج در ایستگاه هیدرومتری تمر از حوضه گرگانرود در بازه‌های زمانی مورد مطالعه، میانگین دبی اوج حوضه دوره آماری ۴۴ ساله به چهار گروه ۱۱ ساله تقسیم، سپس مقایسه گردید (شکل ۶). نتایج بیانگر آن است که میانگین دبی در سال‌های اخیر (دوره سوم و چهارم) در حال افزایش می‌باشد و این حالت می‌تواند شرایط سیلابی را تشدید کند که می‌توان علت بیشتر بودن مقدار میانگین دبی دوره سوم و چهارم را مربوط به وقوع سیل‌های سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ حوضه گرگانرود دانست.

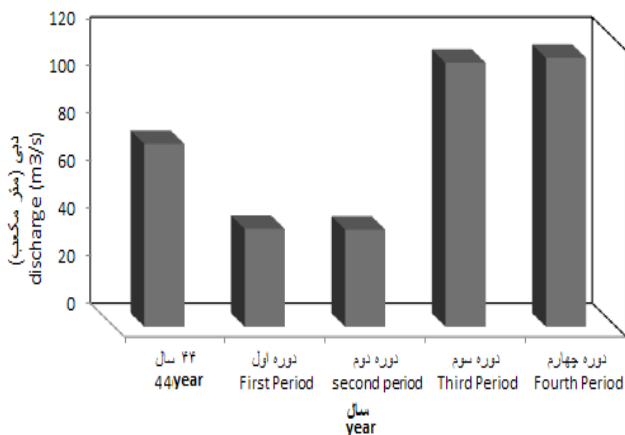
در ادامه، با استفاده از آمار و اطلاعات موجود در ایستگاه آب‌سنجی محدوده مورد مطالعه، توزیع آبدهی ماهانه و فصلی نیز مورد بررسی قرار گرفت. شکل‌های ۷ الی ۱۳، که به صورت نمونه آورده شدند، مقادیر آبدهی ماهانه دوره آماری (۱۳۹۱-۱۳۴۸) رودخانه گرگانرود در ایستگاه هیدرومتری تمر را نشان می‌دهد. در برخی ماه‌ها از جمله ماه‌های فصل بهار و تابستان تغییر رژیم آبدهی به وضوح مشخص است و آبدهی ماهانه اسفند ماه روند کاهشی دارد. بر مبنای شکل‌ها رودخانه گرگانرود در ایستگاه هیدرومتری تمر، در فروردین سال ۱۳۶۰، اردیبهشت سال‌های ۱۳۵۰، ۱۳۶۰ و ۱۳۷۰، خرداد و خرداد سال‌های ۱۳۵۰، ۱۳۵۹ و ۱۳۷۰، مرداد سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۳، شهریور سال‌های ۱۳۵۷ و ۱۳۶۲، مهر سال ۱۳۷۸، آبان سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۷۵، آذر سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۸۳، دبی سال‌های ۱۳۵۸، ۱۳۷۳ و ۱۳۸۲، بهمن سال‌های ۱۳۵۹ و ۱۳۸۲ و اسفند سال‌های ۱۳۵۸ و ۱۳۸۲ دارای بیشترین دبی ماهانه بوده است.



شکل ۴- نمودار تغییرات دما و بارش سالانه

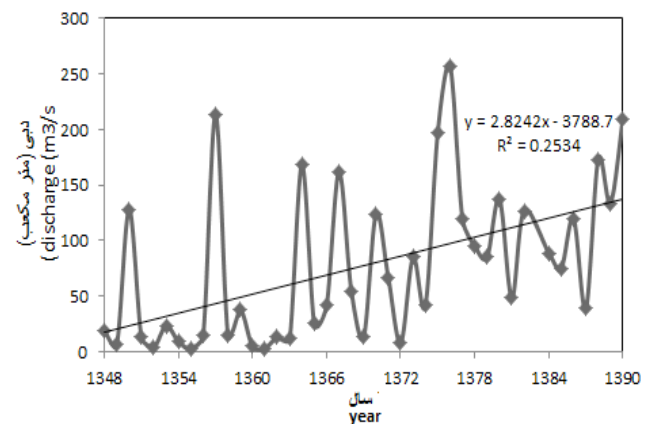
Figure 4. annual rainfall and temperature graph

بررسی نوسانات هیدرولوژیکی ایستگاه هیدرومتری تمر یکی از مهمترین عوامل در تشدید سیلاب‌ها، نوسانات هیدرولوژیکی حوضه آبخیز می‌باشد. قطعاً اگر بارندگی اتفاق نیافتد سیلی ایجاد نمی‌شود، پس در درجه اول، وقوع سیل به بارندگی وابسته است؛ از طرفی هر بارشی منجر به ایجاد سیل نمی‌شود. بنابراین منشا بسیاری از سیلاب‌های عظیم بارندگی‌هایی است که به صورت رگبارهایی با شدت زیاد، تداوم نسبتاً طولانی، تکرارهای متوالی و یا در سطح وسیعی از حوضه رخ می‌دهد و سبب نوسانات دبی اوج می‌شود. در شکل ۵ روند تغییرات حداکثر دبی اوج سالانه نشان داده شده است که نشان دهنده روند نسبتاً ضعیف افزایشی این پارامتر در حوضه مذکور می‌باشد که با گزارش هیات بین‌الدول [۱۴] که پیش‌بینی نمودند که به علت تغییرات اقلیمی نشای از گرم شدن جهانی کره زمین، تا اواسط قرن ۲۱ آبدهی متوسط سالانه رودخانه‌ها در عرض‌های بالا و در مناطق گرمسیری حدود ۴۰-



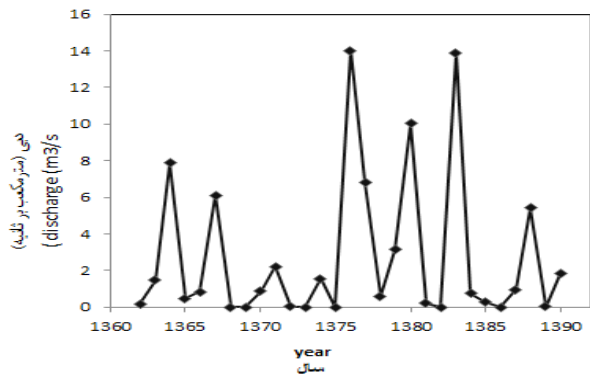
شکل ۶- مقایسه مقادیر میانگین دبی در چهار بازه ۱۱ ساله

Figure 6. Comparison between average discharges of four periods of 11 years

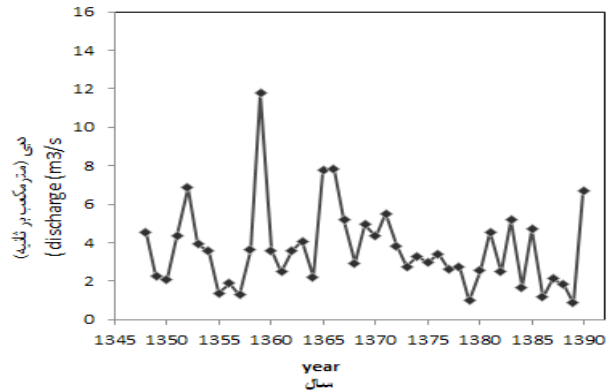


شکل ۵- نوسانات سالانه دبی اوج حوضه آبریز

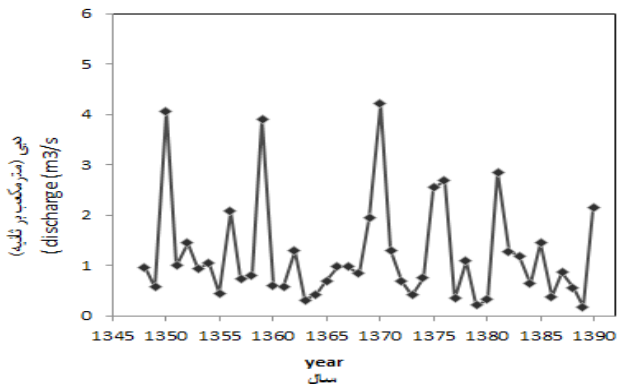
Figure 5. watershed peak discharge fluctuation



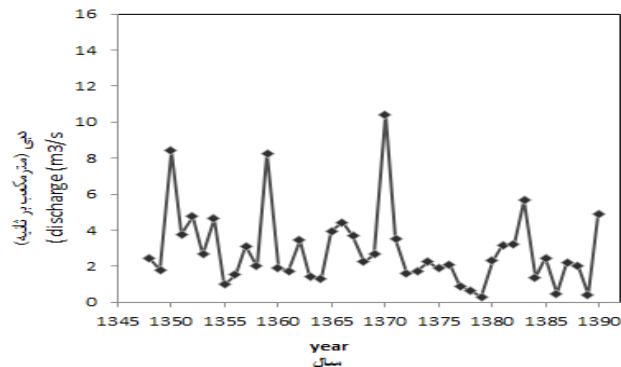
شکل ۱۰- نمودار آبدهی تیرماه
Figure 10. July discharge Chart



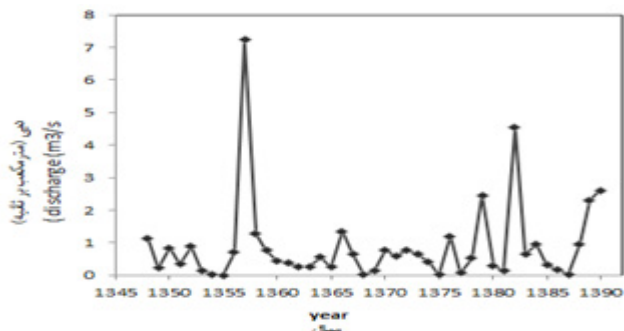
شکل ۷- نمودار آبدهی فروردین ماه
Figure 7. April discharge Chart



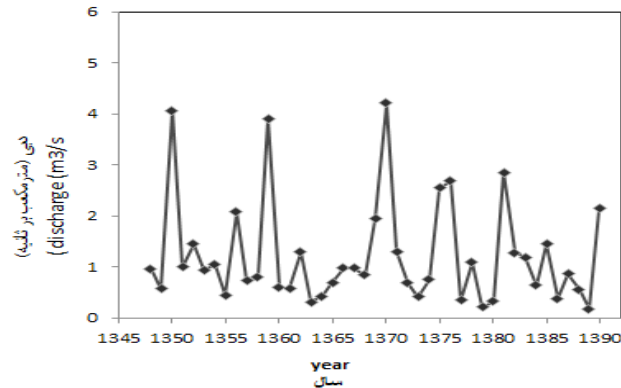
شکل ۱۱- نمودار آبدهی مرداد ماه
Figure 11. August discharge Chart



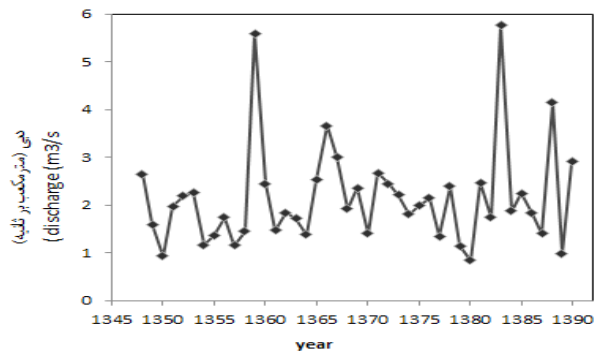
شکل ۸- نمودار آبدهی اردیبهشت ماه
May discharge Chart. Figure 8



شکل ۱۲- نمودار آبدهی شهریور ماه
Figure 12. September discharge Chart



شکل ۹- نمودار آبدهی خرداد ماه
Figure 9- June discharge Chart



شکل ۱۳- نمودار آبدهی اسفند ماه
Figure 13. January discharge Chart

با بررسی آمار دبی روزانه ایستگاه هیدرومتری تمر، سیلاب‌های روزانه استخراج شد و فراوانی ماه‌های آن مشخص گردید (جدول ۲). نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که بیشترین سیلاب و دبی پیک حوضه به ترتیب در ماه‌های آبان، اسفند، فروردین و اردیبهشت رخ داده است.

تجزیه و تحلیل دبی‌های پیک لحظه‌ای: برای تجزیه و تحلیل حداکثر دبی‌های لحظه‌ای از نرم‌افزار Smada استفاده شد. این نرم‌افزار با استفاده از شش توضیح آماری متداول در هیدرولوژی بهترین برازش منحنی داده‌ها را انجام می‌دهد و مقادیر دوره برگشت مختلف را به دست می‌آورد. جدول (۳) نتایج تجزیه و تحلیل‌های انجام شده توسط نرم‌افزار Smada را نشان می‌دهد.

انتخاب روش مناسب تجزیه و تحلیل سیلاب‌ها: با استفاده از آمار ۴۴ ساله دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه هیدرومتری تمر، و با

استفاده از شش تابع توزیع آماری نرمال، لوگ نرمال ۲ پارامتری، لوگ نرمال ۳ پارامتری، پیرسون تیپ ۳، لوگ پیرسون تیپ ۳ و گمبل تیپ ۱ نرم‌افزار Smada، مقادیر دبی سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف استخراج گردید. بررسی داده‌های خروجی نرم‌افزار Smada و مقایسه آن با دبی حداکثر لحظه‌ای دوره آماری، حاکی از تفاوت چشمگیر مقدار دبی می‌باشد. لذا انتخاب یک تابع مناسب که بتواند به طور صحیح مقادیر دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف، امری ضروری است. با توجه به تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته، و براساس نمودار خروجی نرم‌افزار Smada، و منطبق شدن بیش از ۹۰ درصد مقادیر حداکثر لحظه‌ای واقعی و محاسبه شده، توزیع آماری لوگ پیرسون تیپ ۳ به عنوان بهترین توزیع آماری انتخاب شد (شکل ۱۴). که با پژوهش سرحدی و همکاران [۱۹] که آنالیز سیل خیزی منطقه جیرفت را با استفاده از مدل دبی آستانه مورد

جدول ۲- فراوانی ماهانه سیلاب ایستگاه هیدرومتری تمر در طول سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۱

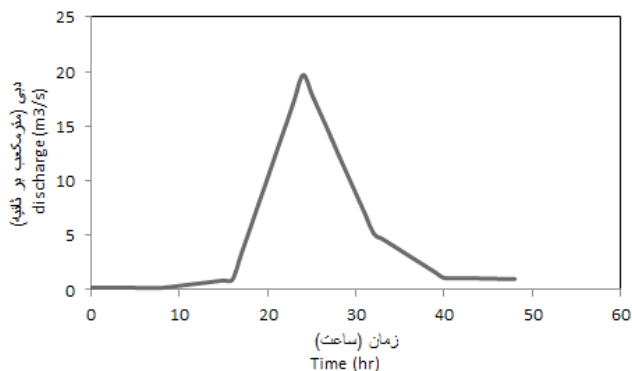
Table 2- Monthly frequency of floods during years 1381-1391 in Tamar hydrometric station

ماه											دوره Time	ایستگاه تمر Tamar Station	tamer
شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان			
September	August	July	June	may	April	March	February	January	December	November	October		
10	6	8	8	12	12	12	7	7	7	14	11	91-81	

جدول ۳- مقادیر سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف ایستگاه آبسنجی تمر

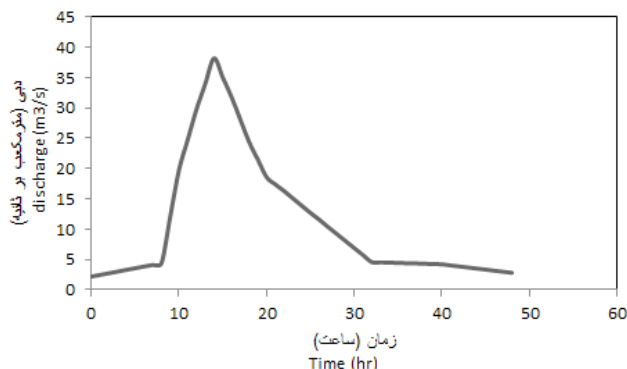
Table 3. Values of flood with different return periods in Tamar hydrometric station

دوره بازگشت Return period									توزیع آماری Statistical distribution
200	100	50	25	10	5	3	2		
259.09	241.61	222.5	201.25	168.35	137.48	108.73	78.5	نرمال Normal	
421.01	347.81	282.28	223.81	156.24	111.52	81.46	58.55	لوگ نرمال ۲ پارامتر 2Parameter Log Normal	
309.1	279.11	248.3	216.3	171.70	133	100.92	70.41	لوگ نرمال ۳ پارامتر 3Parameter Log Normal	
622.3	515.19	413.80	319.11	206.09	131.37	83.25	49.54	لوگ پیرسون تیپ ۳ Peason Type III	
321.64	289.02	255.52	220.08	172.09	131.69	98.38	67.59	پیرسون تیپ ۳ Peason Type III	
333.20	259.91	258.48	220.78	169.95	129.73	97.78	68.97	گمبل تیپ ۱ Gumbel Type I	



شکل ۱۶- سیلاب مورخ ۱۳۸۹/۰۶/۲۴ لغایت ۱۳۸۹/۰۶/۲۵ در ایستگاه هیدرومتری تمر

Figure 16. dated 24.06.1389 till 25.06.1389 floods in Tamar Hydrometric station

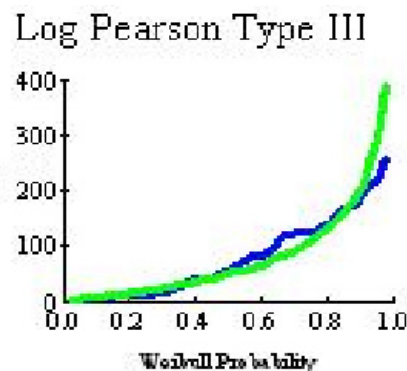


شکل ۱۷- سیلاب مورخ ۱۳۸۵/۰۶/۲۲ لغایت ۱۳۸۵/۰۶/۲۳ در ایستگاه هیدرومتری تمر

Figure 17. dated 22.06.1385 till 23.06.1385 floods in Tamar Hydrometric station

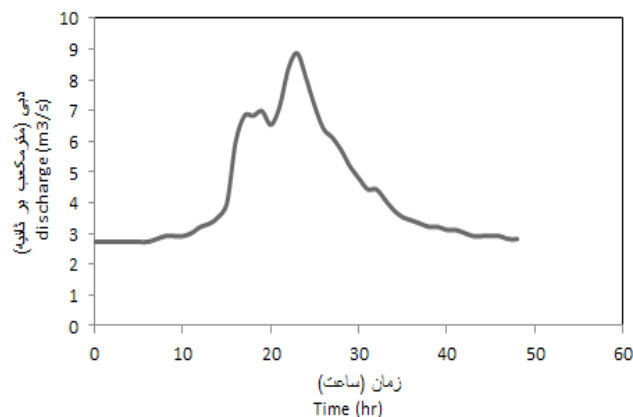
برای ایستگاه آب سنجی محدوده مطالعاتی، در ابتدا دبی پایه برآورد گردید سپس از نمودار کسر گردید در نهایت هیدروگراف شاخص بی بعد گردید. برای این کار محور طولی نمودار به $\frac{T}{T_p}$ و محور عمودی به $\frac{q}{q_p}$ تقسیم شد. سپس هیدروگراف سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف با استفاده از نسبت دبی به دبی پیک و زمان به زمان پیک ترسیم گردید (شکل‌های ۱۸ تا ۲۰).

به منظور راستی آزمایی توزیع آماری لوگ پیرسون تیپ سه در محاسبه هیدروگراف سیلاب، سیلاب‌های ثبت شده ایستگاه هیدرومتری تمر با مقادیر خروجی توزیع آماری لوگ پیرسون تیپ سه مورد مقایسه قرار گرفت. برای دوره بازگشت کمتر از ۲۰۰ سال، مقادیر واقعی سیلاب و محاسبه شده با توزیع آماری تقریباً برابر هستند اما برای دوره بازگشت‌های بالاتر این اختلاف برابر ۱۶ درصد می‌باشد.



شکل ۱۴- توزیع آماری در ایستگاه هیدرومتری تمر

Figure 14. Statistical distribution in Tamar Hydrometric station



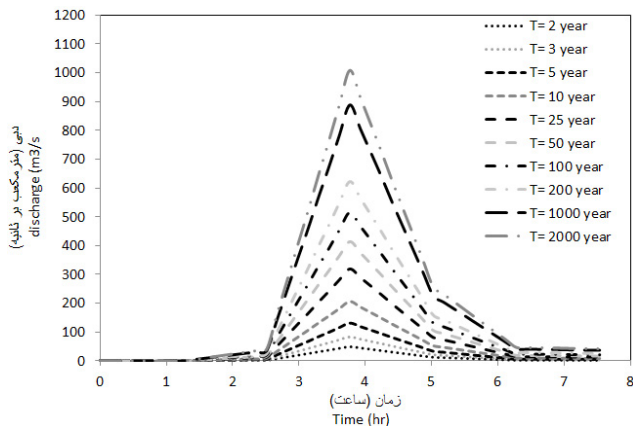
شکل ۱۵- سیلاب مورخ ۱۳۸۸/۱۲/۰۸ لغایت ۱۳۸۸/۱۲/۰۹ در ایستگاه هیدرومتری تمر

Figure 15. dated 08.12.1388 till 09.12.1388 floods in Tamar Hydrometric station

ارزیابی قرار دادند، در یک راستا می‌باشد. آنان نیز تابع لوگ پیرسون تیپ سه را به عنوان بهترین تابع معرفی کردند.

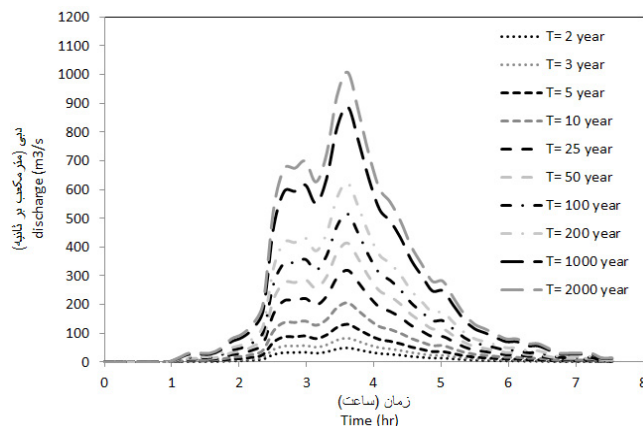
محاسبه هیدروگراف شاخص ایستگاه هیدرومتری تمر: با توجه به آمار موجود قرائت دبی و اشل ساعتی سیلاب مربوط به ایستگاه هیدرومتری تمر و بررسی‌های انجام شده بر روی سیلاب‌هایی (۱۱۱ سیلاب از تاریخ ۱۳۸۱/۷/۳۰ الی ۱۳۹۱/۶/۱۶) که اتفاق افتاده است، و پس از بررسی‌های اولیه هیدروگراف سیلاب تاریخ‌های ۱۳۸۸/۱۲/۰۸ لغایت ۱۳۸۸/۱۲/۰۹، ۱۳۸۹/۰۶/۲۴ لغایت ۱۳۸۹/۰۶/۲۵ و ۱۳۸۵/۰۶/۲۲ لغایت ۱۳۸۵/۰۶/۲۳ به عنوان هیدروگراف‌های شاخص انتخاب گردید (شکل‌های ۱۵ تا ۱۷).

استخراج هیدروگراف سیلاب‌ها با دوره برگشت مختلف: برای بدست آوردن هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف



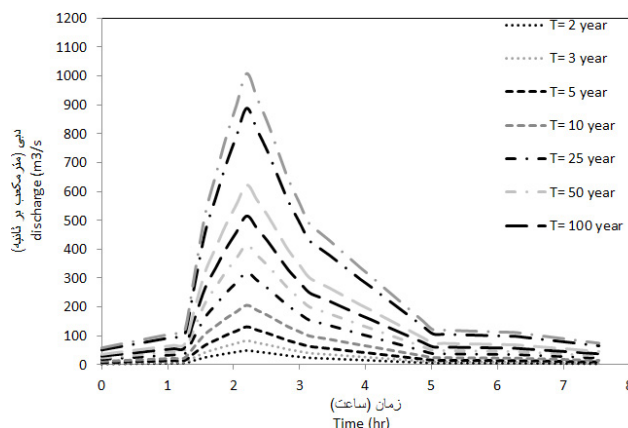
شکل ۲۰- هیدروگراف سیلاب‌ها با دوره بازگشت‌های مختلف ایستگاه هیدرومتری تمر

Figure 20. The floods hydrograph with different return period in Tamar hydrometric station



شکل ۱۹- هیدروگراف سیلاب‌ها با دوره بازگشت‌های مختلف ایستگاه هیدرومتری تمر

Figure 19. The floods hydrograph with different return period in Tamar hydrometric station



شکل ۲۱- هیدروگراف سیلاب‌ها با دوره بازگشت‌های مختلف ایستگاه هیدرومتری تمر

Figure 21. The floods hydrograph with different return period in Tamar hydrometric station

مشخص گردید که حوضه از نظر نوع زمین ساختی، وضعیتی فعال دارد و بیشترین درصد مساحت حوضه در تراز ۴۰۰ تا ۶۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد. همچنین نتایج تحلیل بیانگر ارتباط مشخص بین فرآیندهای هیدرولوژیکی بارش و دبی با یکدیگر می‌باشد. از طرفی بررسی روند تغییرات حداکثر دبی اوج سالانه نشان دهنده روند نسبتاً ضعیف افزایشی این پارامتر در حوضه مذکور می‌باشد؛ که روند توزیع آبدهی ماهانه و فصلی در برخی ماه‌ها از جمله ماه‌های فصل بهار و تابستان به وضوح مشخص است. برای تجزیه و تحلیل سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف از شش تابع توزیع آماری استفاده شد. که توزیع آماری لوگ پیرسون تیپ سه به عنوان بهترین توزیع آماری انتخاب شد. سپس از میان ۱۱۱ سیلاب ایستگاه هیدرومتری تمر، سه هیدروگراف شاخص انتخاب گردید و هیدروگراف سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف با استفاده از نسبت دبی به دبی پیک و زمان به زمان پیک ترسیم گردید.

نتیجه‌گیری

دما، بارش و دبی از عناصر اصلی شناخت اقلیم و هیدرولوژی حوضه می‌باشند. دانستن روند تغییرات این پارامترها برای پیش‌بینی گرمایش جهانی، خشکسالی و سیل و ... برای مدیریت تولید محصول در آینده و مدیریت منابع آب و جلوگیری از ایجاد بحران در آینده مورد نیاز است. در این پژوهش به منظور بررسی تغییرات رژیم هیدرولوژیک رودخانه گرگانرود در محدوده حوضه ایستگاه هیدرومتری تمر، از آمار ۴۴ ساله ایستگاه هیدرومتری از سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۹۱ از نرم افزارهای GIS، ILWIS 2.1 و SMADA برای مدلسازی و تحلیل استفاده گردید. با بررسی آماری عناصر آب و هوایی و اقلیم‌نمای آمبرژه و ضریب اقلیمی دوما رتن مشخص گردید که اقلیم منطقه در حال تغییر به سوی آب و هوای گرم و خشک می‌باشد که از اثرات آن می‌توان به کاهش باران و افزایش دما، افزایش شدت بارش و افزایش دبی‌های اوج منطقه اشاره نمود. با بررسی عوامل فیزیوگرافی حوضه و منحنی‌های هیپسومتری و آلتیمتری

- 12- Moran Tejedan E. López Moreno, J.A. Ceballos Barbancho, A. and Vicente Serrano, S.M. 2011. River Regimes and Recent Hydrological Changes in the Duero Basin (Spain). *Journal of Hydrology* 404: 241-258.
- 13- Mohammadi, H. Shakor, A. Khoshakhlagh, F. and Roshan, Gh. 2007. Invention Hydrometeorological floods Gorganroud watershed. *Geotaphical Sciences Applied Research*, 8: 49-73. (In Persian)
- 14- Parry, M.L. Canziani, O.F. Palutikof, J.P. van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. 2007. *Climate Change 2007-Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, Pp: 1-16.
- 15- Rahimi, L. Dehghani, A. A. Ghorbani, Kh. and Abdolhosseini, M. 2014. Investigation of total and base flow trend in Arazkuseh hydrometric station (Gorganroud Watershed in Golestan Province). *J. of Water and Soil Conservation*. 21(2): 173-189. (In Persian).
- 16- Robson, A.J. Jones, T.K. Reed, D.W. and Bayliss, A. 1998. A study of national trend and variation in UK floods. *Int. J. Clim.* 18: 165-182.
- 17- Sheikh, V.B. Bahremand, A. and Mooshakhian, Y. 2011. A comparison of trends in hydrologic variables in the Atrak River basin using non-parametric trend analysis tests. *J. Water Soil Cons.* 18: 2. 1-23. (In Persian).
- 18- Sheikh, V.B. Babaei, A. and Mooshakhian, Y. 2009. Trend Analysis of precipitation Regime in the Gorganroud Basin. *J. watershed management science & engineering*. 3: 8. 29-39. (In Persian).
- 19- Sarhadi, A. Soltani, S. Khajedin, S. J. and Modarres, R. 2008. Flood Potential Analysis in Jiroft Area by Peak over Threshold Model (POT). *J watershed management science and engineering*. 2(3): 30-36.
- 20- Zelenakova M. Purcz P. Solakova T. and Demeterova B. 2012. Analysis of trends of low flow in river station in eastern Slovakia. *J. LX.* 5: 265-274.
- 1- Alizadeh, a. 2009. *Principles of Applied Hydrology*. Publication of Imam Reza. 872 pages. (In Persian).
- 2- Birsan, M.V. Zaharia, L. Chendes, V. and Branescu, E. 2012. Recent trends in stream flow in Romania (1976-2005). *J. Rom. Rep. Phys.* 64(1): 275-280.
- 3- Burn, H.B. and Hag Elnur, M.A. 2002. Detection of hydrologic trends and variability. *J. Hydrol.* 255: 107-122
- 4- Bahremand, A. Hamdami, Gh. And Saniyi, E. 2013. Long-Term Changes Trend Analysis in Rainfall and Discharge in West Lake Urmia. *Journal of Watershed Management Research* 4(8): 43-57. (in Persian).
- 5- Douglas, E.M. Vogel, R.M. and Kroll, C.N. 2000. Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation. *J. Hydrol.* 240: 90-115.
- 6- Javari, M. 2003. Changes in temperature and rainfall in iran. *Geography phd thesis*. Tehran University.) in Persian.(
- 7- Jiang, T. Su, B. and Hartmann, H. 2007. Temporal and spatial trends of precipitation and river flow in the Yangtze River Basin, 1961-2000. *J. Geomorphol.* 85: 143-154.
- 8- Khazaei Moughani S. Najafinejad A. Azimmohseni M. and Sheikh V. B. 2013. Spatial and Seasonal Variation of Suspended Sediment in Different Stations of Gorganroud River, Golestan Province. *Journal of Watershed Management Research*. 4(7):1-15. (In Persian with English abstract).
- 9- Keller, E. A. and Pinter, N. 2002. *Active tectonics earthquake uplift and landscape*. Prentice Hall Publisher, New Jersey.
- 10- Nik Ghogagh, Y. and Yarmohamadi, M. 2008. Assessment of climate change and its impact on surface water resources (case study ziyarat river in Golestan Province). P 484, In: Hassanzade, Y. (eds.) *Third Conference on Water Resources Management*, Faculty of civil engineering Tabriz - Iran.) in Persian.(
- 11- Nassajian Zavareh, M. H. Vafakhah, M. and Telvari, A. R. 2010. Regional Flood Frequency Analysis in the Part of Large Central Watershed of Iran. *J. watershed management science & engineering*. 4:11. 49-53

Abstract

Modeling and Analyzing of Hydrological Regime Trend of Rivers (Case Study: Gorganrood River, Tamar Hydrometric Stations)

S.Farzin¹ and F. Alizadeh Sanami²

Received: 2015/08/11 Accepted: 2017/02/20

Precipitation, Temperature, runoff and floods are some of important parameters among climatic and hydrological parameters for forecasting and determination of their behavior in water resources management. In this research, for investigation of change in hydrological regime of Gorganrood River in Tamar gaging station, the 44 years of hydrological data during 1969-2012 were used to model by GIS, ILWIS 2.1 and SMADA. Then, physical characteristics of watershed, temperature, precipitation, runoff trends, floods and discharge hydrograph were evaluated. The results show that the climate of the region will change to dried climate based on increase in temperature and reduction in precipitation, an increase in rainfall intensity and an increase in peak flow. On the other hand, the average monthly and annual discharge show the small increase which is in accordance to world climate change in Northern hemisphere and 30 degree latitude. Based on floods in Tamar gaging station, the biggest floods are in month of November, March, April and May during the period of 10 years with frequency of 14, 12, 12, and 12, respectively. Based on several recorded flood in Tamar gaging station, unit hydrograph of watershed was determined. Flood hydrographs with return period of 2 to 2000 years were determined based on time of concentration and time distribution pattern of rainfall.

Keywords: Floods, Hydrograph, Rainfall, Discharge, Tamar hydrometric station

1- Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Semnan university, Semnan. Corresponding author, Email: Saeed.farzin@semnan.ac.ir

2- Ph.D. student of water and Hydraulic Structures, Iran University of Science and Technology. Forough_alizadeh@civileng.iust.ac.ir