

## پیش بینی بیشترین بده سیلاب در حوضه آبخیز بختگان فارس

هما رزمخواه<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۸۸/ ۱۱ / ۲۵ تاریخ پذیرش: ۸۹/ ۸ / ۱۸

### چکیده

رود کر همه ساله حجم قابل توجهی از آب را به درون جلگه مرودشت و در نهایت دریاچه بختگان روانه می‌سازد. از دیرباز برنامه‌های وسیع بهره‌برداری از جریان‌های سطحی این رود با هدف‌های مشخص کشاورزی، ذخیره‌سازی آب، تامین آب مشروب و غیره تهیه و به مورد اجرا گذاشته شده‌اند. از آنجا که در مطالعات آشناسی غالب حوضه‌ها با کمبود داده‌های ثبت شده رواناب مواجه هستیم، برای محاسبه بدهی سیلاب، ناچار به استفاده از روش‌های غیرمستقیم، از جمله روابط تجربی ارائه شده در دیگر کشورها هستیم. نظر به این که استفاده از روابط فوق در ایران بدون واسنجی با مقادیر مشاهداتی خطای زیادی را در تخمین بدهی بیشینه سیلاب ایجاد می‌کند، در تحقیق حاضر برخی شبیه‌های تجربی، نظیر هورتون و فولر واسنجی شده‌اند. به دلیل عدم همگنی شرایط آشناسی زیرحوضه‌ها، قبل از تحلیل سیلاب، تفکیک زیرحوضه‌ها به مناطق همگن انجام گردید. استفاده از توزیع‌های آماری برای پیش‌بینی بدهی بیشینه سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف نیز در ایستگاه‌های آبنجی موجود در منطقه صورت گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌های سیلاب قبل و بعد از احداث سد درودزن، اثر احداث سد مزبور را بر تغییر رژیم (وضعیت) آماری جریان بررسی می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** بیشترین بدهی سیلاب، پیش‌بینی، توزیع آماری، رود کر.

۱- هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.

homarazmkhah@gmail.com

## مقدمه

می‌توان اثرات احداث آنها را بر توزیع‌های آماری بده سیلاب این رود مشاهده نمود.

در این زمینه هادیانی (۱۳۷۷) در تحقیقی، منطقه غرب استان مازندران را به کمک روش‌های مختلف آماری تحلیل سیلاب و با بهره‌گیری از روابط منطقه‌ای، مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. جمالی (۱۳۸۰) ده شبیه تجربی پیش‌بینی بده بیشینه سیلاب را در حوضه‌های آبخیز بزرگ و اصلی ایران شامل: دریاچه خزر، خلیج فارس و دریای عمان، دریاچه ارومیه و چاله‌ها و کویرهای مرکزی ایران واسنجی کرد. صدقی و همکاران نیز (۱۳۸۵) به تحلیل سیلاب‌های حوضه آبخیز میانی کارون پرداختند. در این تحقیق ساختار شبیه تبدیل بده بیشینه روزانه به مقادیر بده بیشینه سیلاب ارائه گشته، توزیع‌های احتمالی بده بیشینه سیلاب از جمله نرمال، لوگ نرمال، پیرسون، پیرسون تیپ ۳ و گامبل بررسی و توزیع مناسب با هر یک از ایستگاه‌های آسنجی انتخاب گردید. همچنین، روابط بده، مساحت، دوره بازگشت مقادیر بده سیلاب برای تخمین بده بیشینه سیلاب در حوضه‌های مشابه فاقد آمار واسنجی گشت.

رستمی و اکبرپور (۱۳۸۵) نیز با استفاده از جریان متوسط سالانه رود کارون در محل ایستگاه پل شالو اقدام به تعیین سال‌های خشک و مرطوب کردند. به این منظور، ابتدا با استفاده از بررسی خطای بین مقادیر محاسباتی و مشاهداتی، رابطه بلوم به‌عنوان بهترین رابطه تجربی انتخاب گردید. سپس با استفاده از آزمون بهترین برازش در روش گشتاورهای خطی، توزیع گاما از بین توزیع‌های دو پارامتری (فراسنجی) و توزیع لجستیک تعمیم یافته از بین توزیع‌های سه فراسنجی به‌عنوان بهترین توزیع آماری برای ایستگاه پل شالو برگزیده شد. در نهایت، توزیع پنج فراسنجی ویکبای<sup>۱</sup> به دلیل خطای پایین به‌عنوان توزیع موردنظر برای تحلیل انتخاب گردید. در همین سال، شفیعی و شیرزاد نیز به تحلیل منطقه ای سیلاب با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) در حوضه ماسال واقع در استان گیلان، پرداختند. هدف از این مقاله ارائه یک شبیه کاربردی جهت تحلیل منطقه‌ای سیلاب با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای برآورد بده‌های

رودخانه کر از دیرباز به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین رودهای استان فارس همه‌ساله حجم قابل توجهی از آب را به‌درون جلگه مرودشت و در نهایت دریاچه بختگان، روانه می‌سازد. از دیرباز، برنامه‌های وسیع بهره‌برداری از جریان‌های سطحی این رود با هدف‌های مشخص کشاورزی، ذخیره‌سازی آب، تامین آب مشروب تهیه و بعضاً به مورد اجرا گذاشته شده‌اند. بدیهی است که مطالعات آشناسی برای هریک از طرح‌های مزبور در مقیاس‌های مختلف انجام گردیده و طبیعتاً، با توجه به شرایط طرح، بهره‌برداری و ایمنی موردنظر در سازه‌ها، ابعاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی و اهمیت تامین آب شرب، معیارهای خاصی برای طراحی تاسیسات و سازه‌های مربوطه در نظر گرفته می‌شوند. اصلی‌ترین داده موردنیاز طراحی‌های فوق بده سیلاب است (صفوی، ۱۳۸۵). از آن‌جا که در بیشتر حوضه‌های آبخیز ایران با کمبود داده‌های ثبت شده آشناسی روبرو هستیم، برای محاسبه بده سیلاب ناچار به استفاده از روش‌های غیرمستقیم از جمله روابط تجربی ارائه شده در دیگر کشورها می‌باشیم. استفاده از این روابط در ایران، بدون واسنجی داده‌ها با مقادیر مشاهداتی، خطای زیادی در تخمین بده بیشینه سیلاب ایجاد می‌کند که در مواقعی خطرناک است و گاهی موجب صرف هزینه‌های بی‌مورد در ساخت سازه‌های آبی می‌شود. باتوجه به این موضوع، در تحقیق حاضر شماری از شبیه‌های تجربی که اغلب برای حوضه‌های فاقد آمار مورد استفاده قرار می‌گیرند، از جمله شبیه هورتون و فولر، واسنجی خواهد شد. به دلیل عدم همگنی شرایط آشناسی زیرحوضه‌ها، قبل از تحلیل سیلاب، تفکیک زیرحوضه‌ها به محیط‌های همگن ضروری است.

استفاده از توزیع‌های آماری نیز از بهترین روش‌ها برای پیش‌بینی سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف است که در بیشتر طرح‌های اجرایی از آن استفاده می‌گردد (اسلامیان و سلطانی کوپایی، ۱۳۸۱). در این تحقیق، تجزیه و تحلیل آمار واقعی و احتمالی بده سیلاب در قالب مقادیر بده بیشینه در ایستگاه‌های آسنجی موجود در منطقه انجام می‌گردد. همچنین، با تجزیه و تحلیل داده‌های سیلاب قبل و بعد از بنای سدهای موجود در طول این مسیر

تاسکرا و همکاران (۱۹۸۷) به منظور استفاده از روابط وایازی منطقه‌ای در مناطق فاقد ایستگاه، با استفاده از روش مونت کارلو به مقایسه نتایج حاصل از اجرای روش حداقل مربعات اصلاح شده و اصلاح نشده پرداختند. نتایج نشان دادند که روش حداقل مربعات<sup>۴</sup> اصلاح شده (GLS)، به طور قابل ملاحظه‌ای روابط وایازی را بهبود می‌بخشد.

احمدی و همکاران (۱۹۸۸) به ارزیابی توزیع‌های آماری برای تحلیل بسامد سیلاب پرداختند. در این تحقیق توزیع‌های آماری لوگ پیرسون تیپ ۳، توزیع مقادیر حد<sup>۵</sup> و توزیع لوگ نرمال با کاربرد روش حداقل مربعات، با توزیع لوگ لوجستیک<sup>۶</sup> مقایسه گردید.

فین (۱۹۸۹) بسته نرم‌افزاری بنام CAL<sup>۷</sup> را برای تحلیل بسامد سیلاب با توزیع گامبل معرفی کرد. این شبیه‌ساز قادر به بررسی و تخمین فراسنج‌های توزیع آماری گامبل، نیکویی برازش و روابط مورد نیاز برای محاسبه وقایعی با دوره بازگشت مورد نظر بود.

بویی و همکاران (۱۹۹۳) به مقایسه توزیع‌های آماری پرداختند. در این مقاله انواع توزیع‌های آماری مورد استفاده در تحلیل‌های سیلاب بررسی شده، راهکارهای موثر در مقایسه توزیع‌های آماری معرفی گشت.

ووگل و همکاران (۱۹۹۳) نیز با استفاده از نمودار ال - مومنت<sup>۸</sup> (گشتاور) به انتخاب بهترین توزیع آماری قابل برازش بر داده‌های سیلاب در ۶۱ ایستگاه استرالیا پرداختند.

موونا و همکاران (۱۹۹۳) مقایسه‌ای بین تخمینگرهای آماری احتمالاتی<sup>۹</sup> مورد استفاده در تحلیل سیلاب به عمل آوردند. در این تحقیق پنج تخمینگر آماری بنام‌های PT1, PT2, ET, QT و VK-C-AC، با استفاده از روش گشتاورها، با اعمال بر سه نوع داده منطبق بر توزیع گوسی<sup>۱۰</sup>، چولگی منطبق بر توزیع سه فراسنجی گاما و توزیع گوسی مختلط، با یکدیگر مقایسه گردیدند.

بیشینه لحظه‌ای سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف در حوضه فوق و مقایسه آن با شبیه‌سازی بود که نشان‌دهنده برتری شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به شبیه‌های وایازی بود.

در همین سال، شیبانی و همکاران نیز به منظور تحلیل منطقه‌ای سیلاب به بررسی روابط غیرخطی چند متغیره در روش شاخص سیلاب در زیرحوضه‌های فاقد آمار رود بشار پرداختند. در این تحقیق، به منظور برآورد بده سیلاب از روش شاخص سیلاب<sup>۱</sup> استفاده شد تا خطاهای بده سیلاب طرح در مقایسه با روش‌های تجربی دیگر به حداقل رسانده شود.

شیردرا و همکاران (۱۹۸۱)، به منظور واسنجی روابط تجربی، به منطقه‌بندی بده بیشینه جریان با استفاده از تخمین فراسنج‌های توزیع لوگ نرمال به روش ترکیبی پرداختند. با توجه به حساسیت روش‌های سنتی، از رابطه وایازی واسنجی شده، مبتنی بر خصوصیات حوضه، نظیر مساحت و بارندگی حاصل از توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳، روشی برای به حداقل رسانیدن انحراف داده‌ها ارائه شد.

بویشاند و همکاران (۱۹۸۴) به بررسی فراسنج بیشینه جریان به‌عنوان متغیری دو حالتی پرداختند. با توجه به همبستگی تئوری (انگاره) مقادیر حد دو متغیره با توزیع توام مقادیر بیشینه در دو ایستگاه مختلف، از این انگاره برای اجرای روش سال - ایستگاه<sup>۲</sup> برای مقادیر بیشینه جریان استفاده شد. به این منظور، تابعی وابسته به توزیع مقادیر بیشینه جریان، از سری زمانی داده‌های همزمان دو ایستگاه (دو متغیره) معرفی گردید. نتایج بیانگر وابستگی مقادیر این تابع به مقدار بارش و فاصله ایستگاه‌ها بودند.

هوشیا و همکاران نیز (۱۹۸۴) به تخمین چارک‌های توزیع لوگ نرمال با استفاده از روش مونت کارلو و تقریب درجه اول پرداختند. به این منظور، با استفاده از چولگی و مجموع مربعات خطای حاصل از روش مونت کارلو در سه حالت اجرا با فرایندهای بیشترین میزان شباهت، روش گشتاورها و تخمینگر<sup>۳</sup> کرانه پایین چندکها، عملکرد سه فرایند نیز مقایسه گردید.

4 Generalized Least Squares (GLS)  
5 Generalised Extreme Value (GEV)  
6 Log-Logestic  
7 Computer Assisted Learning  
8 L-Moment  
9 Tail Probability  
10 Gaussian

1Flood Index  
2 Station - Year  
3 Quantile-Lower-Bound

شبهه HUP با استفاده از سامانه پیش‌بینی OFS سازمان هواشناسی ملی برای حوضه سرشاخه تولید ۱۴۳۰ کیلومتر مکعب آب صورت گرفت.

کیم و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از شبهه‌ساز مونت کارلو به مقایسه چندکهای سیلاب شبهه‌های فراسنجی و غیرفراسنجی در ایستگاه گوان واقع در کشور کره پرداخته، به منظور لحاظ کردن عدم قطعیت‌های درخواستی از شبهه و یا خطای موجود در داده‌ها، محاسبات چگالی کرنل را برای برازش توزیع آماری بر داده‌های موجود انجام داده و عوامل موثر بر عدم قطعیت در شبهه را تعیین کردند.

ریس و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از روش زنجیره مارکوف- مونت کارلو- بایسین<sup>۲</sup> به ارزیابی احتمالات چارکها و فراسنج‌های توزیع آماری لوگ نرمال و لوگ پیرسون تیپ سه پرداختند.

میتوسکا و همکاران (۲۰۰۶)، به منظور برازش مناسب‌ترین توزیع آماری بر داده‌های بیشینه جریان، از سه روش بیشترین لگاریتم شباهت (فرایند K)، تابع چگالی تبدیل مقیاس (فرایند QK) و روش اختلاف بیشترین شباهت و گشتاور (فرایند R) استفاده کردند. این تحقیق با استفاده از توزیع‌های آماری گاما، لوگ نرمال، و بیبال<sup>۳</sup> و پخشی<sup>۴</sup>، بر ۳۹ سری زمانی با دوره ۳۷ سال صورت گرفت.

بونیا و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی مطابقت برخی از توزیع‌های آماری با آب نگار واحد مصنوعی پرداختند. در این بررسی پتانسیل (توان) ۴ توزیع آماری معروف دو فراسنجی گاما، سه فراسنجی بتا، دو فراسنجی و بیبال و تک فراسنجی کای اسکویر برای حصول به آب‌نگار واحد مورد بررسی قرار گرفتند. طبق نتایج اخذ شده، توزیع‌های آماری گاما و کای اسکویر از رفتار مشابهی برخوردار بودند. کاربرد داده‌های واقعی نشان داد که توزیع‌های آماری بتا و و بیبال در پیش‌بینی آب نگار، انعطافی بیش از توزیع‌های آماری گاما و کای اسکویر نشان می‌دهند.

ویلمسا و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از تابع متغیر تدریجی<sup>۵</sup> به اصلاح چولگی تحلیل مقادیر حد حاصل از

میروویچ و همکاران (۱۹۹۸) به بررسی بسامد و حجم وقایع سیلابی در نگو اسرائیل پرداختند. به این منظور، شبهه ناحیه‌ای برای محاسبه بسامد و مقدار رواناب در منطقه خشک نگو ارائه گشت. در این شبهه شمار وقایع سیلابی در سال، زمان تمرکز بیشترین بده مشاهده شده، توزیع آماری بده بیشینه و حجم سیلاب در رابطه و ایازی منطقه‌ای بین مساحت حوضه و مقدار بده با دوره بازگشت ۱۰ تا ۱۰۰ ساله منظور گشت.

گاتز چاک و همکاران (۱۹۹۸) به استخراج توزیع آماری بیشینه جریان با استفاده از توزیع آماری حجم بارندگی، ضریب رواناب و هیدروگراف (آب‌نگار) واحد پرداختند. در این تحقیق از داده‌های ۱۷ ایستگاه در سوییس با آب نگارهای ثبت شده استفاده گردید. نتایج نشان دادند که مشخصه‌های آب نگار واحد متغیر بوده و حجم باران با توجه به زمان آن از توزیع گاما و ضریب رواناب از توزیع بتا، پیروی می‌کند.

یو و همکاران (۱۹۹۹) به تحلیل فراوانی سیلاب با استفاده از توزیع توام گامبل پرداختند. در این تحقیق از توزیع‌های آماری گامبل و مقادیر حد دو متغیره (مقادیر مرزی گامبل) برای تحلیل توزیع احتمالی توام بیشینه- حجم جریان و زمان- حجم جریان استفاده شد. با توجه به توزیع مقادیر مرزی، متغیرهای تصادفی فوق، تابع احتمالی شرطی استخراج گردید.

کریستوفوویچ و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از پردازشگر آشناسی احتمالاتی HUP به واسنجی شبهه‌ی برای پیش‌بینی رقوم سطح آب رود در احتمالات مختلف پرداخت. HUP مولفه‌ای از سیستم (سامانه) پیش‌بینی است، مبتنی بر نظریه بایسین<sup>۱</sup> که قادر به پیش‌بینی کوتاه مدت رقوم سطح آب رود در احتمالات مختلف بر مبنای پیش‌بینی احتمالاتی مقدار بارندگی می‌باشد. این پردازشگر تحت دو حالت اجرا می‌گردد، یکی وقوع بارندگی در مدت زمان معلومی در آینده و دیگری عدم وقوع بارندگی در این بازه زمانی (این جا ۲۴ ساعت). تحت هر فرض معلوم، سری زمانی رقوم آب رود (این جا در گام‌های زمانی ۲۴ ساعت) با استفاده از زنجیره مارکوف با توزیعی متغیر، شبهه‌سازی می‌گردد. محاسبات و تایید

2 Bayesian Markov Chain Mont Carlo (MCMC)

3 Weibull

4 Convective

5 Slowly Varying Function

1 Bayesian

دارند. این حوزه از سه حوضه سیوند، حوضه بسته دشت بکان و حوضه اصلی کر تا محل ایستگاه پل خان، تشکیل شده و دارای مساحتی بالغ بر ۱۶۶۸۵ کیلومتر مربع می‌باشد. سد درودزن بر روی رود کر احداث شده و از سال ۱۳۵۰ مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. همچنین، سدهای مخزنی تنگ براق (ملاصدرا) روی شاخه تنگ براق و سیوند روی شاخه سیوند احداث گردیده‌اند. از پائین دست پل خان تا دریاچه بختگان بندهای سنتی شامل بندامیر، فیض آباد، تیلکان، موان، حسن آباد و جهان آباد وجود دارند که برخی مثل بندامیر و فیض آباد در دست ترمیم بوده و شماری نیز مانند بند تیلکان و موان ترمیم شده‌اند (مطالعات پایه، ۱۳۷۹).

### رژیم آبدهی

حوضه آبخیز رود کر در دامنه‌های مشرف به شرق کوه زاگرس در شمال استان فارس گسترده است. بلندترین نقطه این آبخیز با ارتفاع ۳۷۴۹ متر از سطح دریا در شمال غربی آن واقع است. در بخش شمالی و شمال غربی این آبخیز تشکیلات آهکی گسترش داشته و بدین جهت سرشاخه‌های رود کر در این بخش جریان دایمی دارند (روستایی و عبداللهی، ۱۳۸۷). توده‌های اصلی باران‌زای منطقه را توده‌های مدیترانه‌ای تشکیل می‌دهند. به علاوه توده‌های باران‌زای موسمی اقیانوس هند نیز اثر ناچیزی در ریزش‌های سالانه دارند. رودهای حوضه دارای یک دوره کم‌آبی از خرداد و یک دوره پر آبی از آبان الی اردیبهشت می‌باشد (رزمخواه، ۱۳۸۵).

تغییرات فصلی رژیم آبدهی رودهای حوضه درودزن مثل تغییرات ماهانه و سالانه آن عمدتاً تحت تاثیر رژیم آب و هوایی منطقه می‌باشد. به علاوه، عوامل دیگری نظیر نوع خاک و زمین‌شناسی منطقه، سطح حوضه، ارتفاع و هیپسومتری منطقه و بالاخره نوع و تراکم پوشش گیاهی نیز اثرات زیادی بر تغییرات فصلی جریان رود می‌گذارد. در مجموع بیش از ۶۰٪ جریان سالانه رود در دو فصل زمستان و بهار اتفاق می‌افتد. در پاره‌ای از رودها نظیر شورخارستان، بارندگی سالانه حوضه در اواخر پاییز، زمستان و اوایل بهار رخ می‌دهد (شسبیری و همکاران، ۱۳۸۶).

توزیع GPD پرداخت. توزیع‌هایی نظیر  $^1GPD$  و  $^2EXP$  توسط مقادیر مرزی بیشینه<sup>۲</sup> یا سری‌های جزئی<sup>۴</sup> حاصل از سری‌های زمانی واسنجی می‌شوند. بر مبنای نظریه مقادیر حد، مقادیر بیشینه بر منحنی توزیع مماس شده، محدودیت داده‌های پایه توزیع آماری سبب ایجاد چولگی می‌گردند. شبیه ارائه شده با استفاده از داده‌های باران - رواناب چهار کشور واسنجی شد و در نهایت عوامل موثر بر چولگی توزیع در واسنجی تعیین گردیدند.

گریفیس و استدینگر (۲۰۰۷) به کاربرد وایازی GLS در تحلیل منطقه‌بندی آشناسی پرداختند. وایازی GLS اغلب به‌عنوان تابعی از خصوصیات حوضه برای تخمین چارکها و سایر فراسنج‌های آماری در حوضه‌های فاقد ایستگاه به کار می‌رود. از آن‌جا که در مطالعات قبلی صورت گرفته به‌وسیله سازمان زمین‌شناسی امریکا<sup>۵</sup>، از تاثیر عدم قطعیت‌ها صرف‌نظر شده بود، در این تحقیق با استفاده از داده‌های ۱۶۲ ایستگاه در کارولینای شمالی، روابط منطقه‌ای با لحاظ نمودن عدم قطعیت‌ها ارائه شدند.

### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رود کر بین طول شرقی ۵۱ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی واقع است. رود کر از بهم پیوستن رودهای تنگ براق و شور شیرین در بالادست روستای آب ماهی تشکیل شده و پس از طی مسیری به طول تقریبی ۲۰۰ کیلومتر به دریاچه بختگان می‌ریزد. شکل ۱ نمایی از موقعیت حوضه آبریز رود کر و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های آبسنجی را در حوضه مزبور نشان می‌دهد. از نظر تقسیم بندی کلی هیدرولوژی ایران، حوضه آبریز رود کر بخشی از حوضه آبریز دریاچه بختگان را تشکیل می‌دهد و در اطراف آن حوضه‌های آبریز دریاچه مهارلو (جنوب)، زاینده رود، کویرهای ابرقو و هرات (شمال)، دریاچه بختگان، طشک و کویر قطروئیه (شرق) و رودهای زهره و کارون (غرب) وجود

- 1 Generalized Pareto Distribution
- 2 Exponential
- 3 Peak Over Threshold (POT)
- 4 Partial Duration Series (PDS)
- 5 USGS

و شیرین و دزدکرد از آن جمله‌اند. در مناطق انتهایی حوضه درودزن، جریان فصلی رود کر برآیند جریان فصلی حوضه‌های بالادست آن منطقه و در واقع منعکس‌کننده مجموع تغییرات فصلی کلیه سر شاخه‌های بالایی است (گزارش هیدروکلیماتولوژی).

در حوضه‌های مرتفع برفگیر، ماه‌های با بیشترین جریان رود تاخیر زمانی دو ماهه‌ای با ماه‌هایی با بیشترین بارندگی دارند. در این حوضه‌ها بیشترین بارندگی در زمستان به صورت برف نازل شده و زیادترین جریان رود مربوط به بهار می‌باشد. این تاخیر زمانی به علت اختلاف زمان نزول برف و ذوب آن است. حوضه‌های رودهای شور



شکل ۱. نمایی از موقعیت حوضه آبریز رود کر و موقعیت جغرافیایی ایستگاهها (مطالعات پایه، ۱۳۷۹).

ایستگاه‌های موجود تنها داده‌های ایستگاه‌های چم ریز، جمال بیگ شیرین و سفید دهکده را کافی دانست.

### بازسازی داده‌های مفقود

جهت تکمیل و تطویل آمار ایستگاه‌ها از روش وایازی استفاده گردید. بدین منظور پس از بررسی ضرایب همبستگی انواع روابط وایازی برآزش داده شده هر ایستگاه با ایستگاه‌های مجاور در منطقه مورد مطالعه، از رابطه وایازی با بالاترین ضریب همبستگی حاصله استفاده گردید. جدول ۲ نتایج روابط وایازی حاصله را جهت بازسازی داده‌های هر ایستگاه نشان می‌دهد.

### مواد و روش‌ها

در این بخش به شرح مراحل صورت گرفته در این تحقیق خواهیم پرداخت.

### مشخصات آبخیز ایستگاه‌ها

گزارشی از مشخصات آبخیز و طول مدت آماری داده‌های آبخیز ایستگاه‌های منطقه در جدول ۱ آورده شده است.

### آزمون بررسی کفایت داده‌ها

اولین گام در تحلیل داده‌های آماری، بررسی کفایت داده‌های موجود است. آزمون کفایت ماکوس از بین

جدول ۱- مشخصات آبخش‌های ایستگاه‌های منطقه.

سال‌های آمار وجود	طول شاخه اصلی (کیلومتر)	ارتفاع متوسط (متر)	محیط حوضه (کیلومتر)	مساحت حوضه (کیلومتر مربع)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	رود	ایستگاه
1343-80	132.6	2367	401.13	3360.2	30--28	51--06	کر	چم ریز
1349-80	34.75	2499.6	117.75	376.3	30--36	51--59	شور و شیرین	جمال بیگ شیرین
1348-64	30.5	2267.6	336.5	2258.5	30--38	52--03	کر	تنگ براق
1343-80	60.88	2276.6	705.8	14725	29--51	52--47	کر	پل خان
1370-81	225.7	2384.3	564.25	7730.6	30--06	53--04	سیوند	رحمت آباد
1353-77	31.25	2395.1	86	207.4	30--21	52--10	تنگ بستانک	منجان
1353-80	23	2312	63.75	152.5	30--36	51--58	خارستان	جمال بیگ
1353-64	25.13	2536.5	73	137.5	30--33	51--53	چوبخله	چوبخله
1353-80	53.25	2429	136.38	620.4	30--39	52--07	گاوگدار	سفید دهکده
1353-80	100.25	2350.5	243.88	1618.1	30--39	52--07	سفید	دهکده سفید
1353-64	20	2718.9	48.5	121.6	30--31	51--55	مارگان	مارگان
1338-80	253.75	2343.5	604.25	8753.8	30--02	52--58	سیوند	دشتبال
1354-77	26.4	2349.3	52.1	186.2	30--15	52--15	تنگ شول	بادامک
1338-64	41.6	2373.8	64.6	345.5	30--10	52--38	مایین	ضرغام آباد
1346-80		2366.8	420	2450	30--12	52--26	کر	سد درودزن

جدول ۲- ایستگاه‌های مرتبط جهت بازسازی داده‌ها.

ایستگاه	رود	ایستگاه مرتبط حاصله
جمال بیگ شیرین	شور و شیرین	چمریز
تنگ براق	کر	سفید دهکده گاوگدار
پل خان	کر	چمریز
رحمت آباد	سیوند	ضرغام آباد مایین
منجان	تنگ بستانک	چمریز
جمال بیگ	خارستان	چمریز
چوبخله	چوبخله	جمال بیگ خارستان
سفید دهکده	گاوگدار	چمریز
تنگ براق	دزدکرد	چمریز
دهکده سفید	سفید	دهکده سفید گاوگدار
مارگان	مارگان	جمال بیگ شیرین
دشتبال	سیوند	بادامک
بادامک	تنگ شول	چمریز
ضرغام آباد	مایین	دشتبال سیوند
سد درودزن	کر	چمریز
تنگ براق	دزدکرد	چمریز





آشناسی حوضه و داده‌های سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف، روابط تجربی متداول از جمله دیکن، کریگر، فانینگ، انگلیز، کوتان، مایر، جونگ بهادر، هورتون، USGS، فولر و پتی، نیز روابط وایازی خطی جمعی و وایازی ضربی مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به دو شاخه<sup>۲</sup> اصلی تشخیص داده شده، می‌توان دو سری (گروه) رابطه برای این منطقه به دست آورد. به دلیل شمار اندک ایستگاه‌های موجود در شاخه دوم، رحمت‌آباد سیوند، دشتبال سیوند و پل‌خان که مطابق با نتایج این تحلیل تحت تاثیر غالب جریان رود سیوند نسبت به شاخه اصلی رود کر می‌باشند، روابط وایازی معنی‌داری برای این منطقه حاصل نگردید و روابط کالیبره شده برای کل ایستگاه‌های منطقه با قبول درصدی از خطا به دست آمد.

#### بررسی روابط تجربی مانینگ، کوتان و مایر

جدول ۴ نتایج واسنجی روابط مانینگ، کوتان و مایر را با شکل کلی  $Q_p = \alpha(A)^\beta$  جهت تخمین بده اوج سیلاب در کل منطقه نشان می‌دهد. در این رابطه  $Q_p$ ، دبی اوج سیلاب بر حسب متر مکعب در ثانیه،  $A$ ، مساحت حوزه بر حسب کیلومتر مربع و  $\alpha$  و  $\beta$  ضرایب معادله می‌باشند.

#### بررسی رابطه تجربی کریگر

در واسنجی رابطه تجربی کریگر به معادله  $Q_p = 130(0.386A)^{0.894}(0.386A)^{-0.08}$  رابطه وایازی معنی‌داری حاصل نگردید.

#### بررسی رابطه تجربی هورتون

در واسنجی رابطه تجربی هورتون به معادله  $Q_p = 71.2(T)^{0.25}(A)^{-0.05}$  با در نظر گرفتن شکل  $Q_p = b(T)^c(A)^d$  برای بده اوج ویژه نتایجی مطابق با جدول ۵ حاصل گردید که در آن  $A$  مساحت حوزه بر حسب کیلومتر مربع،  $T$  دوره بازگشت سیل بر حسب سال و  $Q_p$  دبی ویژه سیل بر حسب مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع می‌باشد.

#### آزمون همگنی داده‌ها

بررسی همگنی داده با کاربرد آزمون ران<sup>۱</sup>، (علیزاده، ۱۳۸۵)، کلیه ایستگاه‌ها را قبل و بعد از تطویل آمار، همگن نشان داد. شایان ذکر است که ایستگاه مارگان قبل از بازسازی به دلیل کمبود داده قابل بررسی نبود.

#### برازش توزیع آماری مناسب بر داده‌ها

به منظور برازش بهترین توزیع آماری بر داده‌های هر ایستگاه، توزیع‌های نرمال، لوگ نرمال ۲ و ۳ فراسنجی، پیرسون و لوگ پیرسون تیپ ۳ و گامیل مورد بررسی قرار گرفتند (شیبانی و همکاران، ۱۳۸۵). نتایج حاصله، با توجه به آزمون گرافیکی (ترسیمی) برازش داده شده با کاربرد نرم‌افزار SMADA و فراسنج کای اسکویر محاسبه شده (رضایی پزند، ۱۳۸۰)، در نرم‌افزار Excel، برای ایستگاه‌های منجان و جمال بیگ توزیع لوگ نرمال سه فراسنجی و برای سایرین لوگ پیرسون تیپ ۳ را مناسب‌ترین توزیع آماری برازش داده شده، شناخت.

#### بر آورد بده اوج سیلاب

نتایج برآورد بده اوج سیلاب با دوره‌های بازگشت ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله با کاربرد نرم‌افزار SMADA در جدول ۳ مشاهده می‌شوند.

#### تعیین مناطق همگن

به منظور تعیین مناطق همگن آشناسی جهت واسنجی روابط تجربی برآورد سیلاب آزمون تحلیل خوشه‌ای صورت پذیرفت (سمیعی و همکاران، ۱۳۸۵). این تحلیل به روش اتصال وارد با تابع میزان شباهت توان دوم فاصله اقلیدسی با کاربرد نرم افزار SPSS صورت پذیرفت. شکل ۲ نمودار درختی حاصل از این گروه‌بندی را نشان می‌دهد.

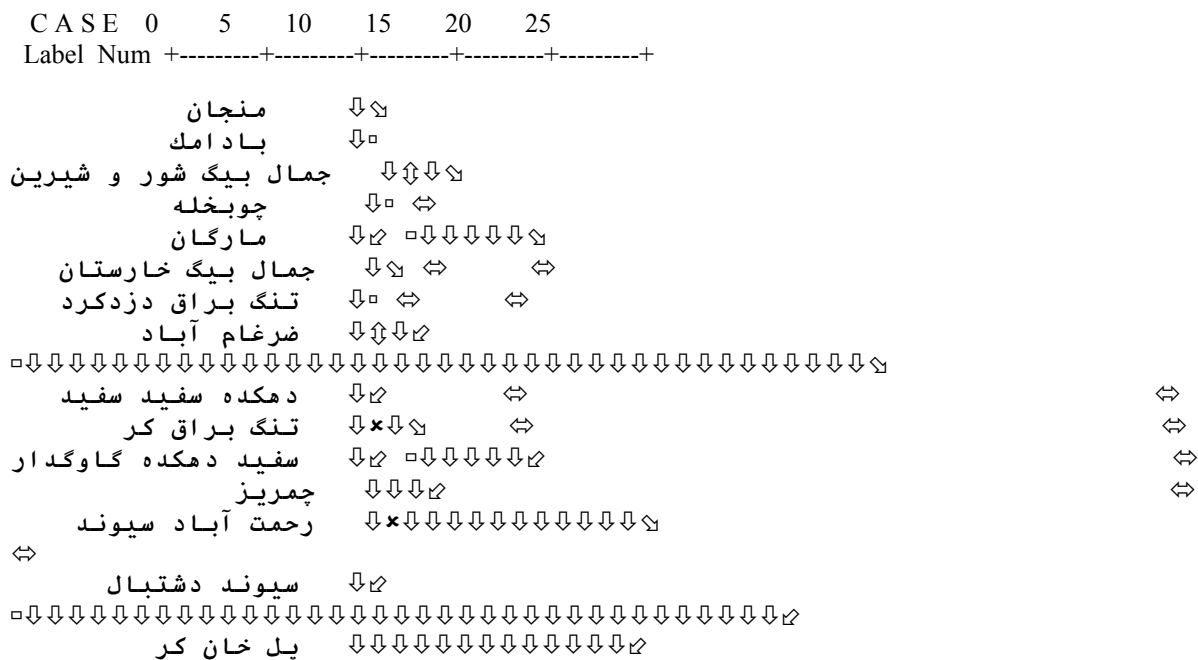
#### واسنجی روابط تجربی

جهت واسنجی روابط تجربی جهت تخمین بده اوج سیلاب در مناطق فاقد آمار، ابتدا با استفاده از فراسنج‌های



## Dendrogram using Ward Method

## Rescaled Distance Cluster Combine



شکل ۲- نمودار درختی حاصل از آزمون بررسی همگنی آبشناسی ایستگاهها.

جدول ۳- مقادیر بده اوج سیلاب پیش بینی شده.

بده اوج پیش بینی شده سیلاب با دوره های بازگشت مختلف (متر مکعب بر ثانیه)								رود	ایستگاه
Q(200)	Q(100)	Q(50)	Q(25)	Q(10)	Q(5)	Q(3)	Q(2)		
1615.22	1462.55	1294.8	1111.4	844.2	622.9	449.4	304	کر	چم ریز
279.4	264.3	246	223.9	187.1	151.8	120	89.7	شور و شیرین	جمال بیگ شیرین
417.1	366.5	314.3	260.6	188.2	133	92.7	60.8	کر	تنگ براق
1938.3	1770.6	1583.5	1375.3	1064.9	801	589	406.5	کر	پل خان
1500	914.2	550.6	326.2	157.1	86.1	52.6	33.5	سیوند	رحمت آباد
191.2	156.6	125.8	98.4	66.9	46.1	32.3	21.8	تنگ بستانک	منجان
656.9	508.4	381.8	274.6	159.2	89	45.4	14.7	خارستان	جمال بیگ
238	193	153.3	118.7	80	55.2	39.1	27.2	چوبخله	چوبخله
413	346.6	283.2	223.2	150.1	100.1	66.7	42.1	گاوگدار	سفید دهکده
75.4	72.2	68.2	63.3	54.7	46.2	38.2	30.1	دزدکرد	تنگ براق
286.2	243	199.8	157.5	104.1	66.9	42.2	24.6	سفید	دهکده سفید
37.1	35.7	33.8	31.5	27.1	22.6	18.2	13.9	مارگان	مارگان
2700.5	1601.5	920.9	508.5	211.7	97.5	49.3	25	سیوند	دشتبال
233.5	196.6	161.1	127.3	85.8	57.3	38.1	24	تنگ شول	بادامک
222.7	189.1	155.5	122.3	80.2	51	31.7	18.1	مایین	ضرغام آباد

جدول ۴- نتایج واسنجی روابط مانینگ، کوتان و مایر.

T	$\alpha$	$\beta$	$R^2$
2	0.5342	0.6482	0.41
3	0.8323	0.6417	0.42
5	1.34	0.6256	0.44
10	2.28	0.6	0.49
25	3.83	0.59	0.6
50	5.1	0.58	0.71
100	6.39	0.59	0.79
200	7.77	0.6	0.76

$\alpha$  و  $\beta$  ضرایب واسنجی شده معادله می باشند.

#### جدول ۵- نتایج واسنجی رابطه هورتون.

	b	c	D	$R^2$
Qp/A	6.64	0.4	-0.7	0.46
Qp	0.905	0.414	0.594	0.76

b, c و d ضرایب واسنجی شده معادله می باشند.

#### جدول ۶- نتایج واسنجی رابطه فولر.

	b	c	D	e	f	g	h	$R^2$
0.03<b<2.8	0.03	-15.27	0.28	1.85	0.46	0.1	-2	0.46
With out b Bond	-345.8	0.59	0.024	-0.06	0.07	-192.82	-68	0.75

b, c, d, e, f, g و h ضرایب واسنجی شده معادله می باشند.

پیشرو<sup>۱</sup> در نرم افزار SPSS برای کلیه متغیرها، نتایجی مطابق با جدول ۷ حاصل گشت.

#### بررسی رابطه وایازی ضربی

از دیگر روابطی که به منظور برآورد بده اوج سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف مورد امتحان قرار گرفت، رابطه وایازی ضربی بود (صالحی و همکاران، ۱۳۸۵). بدین منظور ابتدا رابطه وایازی ضربی با لحاظ کلیه متغیرها امتحان گردید. نتایج رابطه معنی‌داری را با لحاظ کلیه فراسنج‌ها نشان نداد. به منظور استخراج فراسنج‌های مهم جهت لحاظ در رابطه ضربی از تحلیل تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده گردید. این تحلیل با استخراج شماری فراسنج مستقل از میان کل فراسنج‌های وابسته موجود که ترکیب خطی از فراسنج‌های موجود هستند، شاخص‌های آشناسی موثر بر پیش‌بینی بده اوج سیلاب را استخراج می‌کند. آزمون تجزیه به مولفه‌های اصلی با کاربرد SPSS، چهار مولفه را به‌عنوان مولفه‌های اصلی بیانگر درصد اعظم

#### بررسی رابطه تجربی فولر

در واسنجی رابطه تجربی فولر به معادله  $Q_{max} = Q_{PT} (1 + 2.66A^{-0.03})$  و  $Q_{PT} = CA^{0.8} (1 + 0.3474 \ln T)$  با در نظر گرفتن شکل  $Q_{max} = Q_{PT} (f + gA^h)$  و  $Q_{PT} = bA^c (d + e \ln T)$  برای حالت  $0.03 < b < 2.8$  و حالت کلی نتایجی مطابق با جدول ۶ حاصل گشت. در این معادله ها T دوره بازگشت سیل بر حسب سال، C ضریب ثابتی که مقدار آن بسته به شیب و پوشش حوزه بین ۰/۰۳ تا ۲/۸ متغیر است، A مساحت حوزه بر حسب کیلومتر مربع و  $Q_{max}$  حداکثر دبی لحظه‌ای بر حسب مترمکعب در ثانیه است.

#### بررسی رابطه وایازی خطی جمعی

به منظور برآورد بده با دوره‌های بازگشت مختلف روابط وایازی خطی جمعی نیز مورد بررسی قرار گرفتند (چاوشی و یزدانی، ۱۳۸۵). پس از بررسی وایازی خطی جمعی

شامل فراسنج‌های  $H_{ave}$  و  $H_{50}$ ، مولفه اصلی سوم با بیان ۱۱٪ از واریانس کل داده‌ها شامل  $G_s$  می‌باشد. با توجه به فراسنج‌های لحاظ شده در مولفه‌های اصلی استخراجی از سایر فراسنج‌ها نظیر  $Re$ ،  $Si$ ،  $H_{max}$ ،  $H_{min}$  و  $R_c$  صرف‌نظر گردید. از بین معادلات ضربی بررسی شده، معادلات ارائه شده در جدول ۱۰ جهت بررسی بده اوج سیلاب حاصل گشت.

واریانس داده‌ها، استخراج کرد. نتایج این تحلیل در جدول ۸ مشاهده می‌شود.

جدول ۹ ضرایب هر یک از فراسنج‌های مولفه‌های اصلی استخراج چرخش یافته را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌گردد، مولفه اصلی اول استخراجی چرخش یافته با بیان ۴۹٪ از کل واریانس داده‌ها شامل فراسنج‌های  $L_c$ ،  $L_m$ ،  $B$ ،  $L$ ،  $P$ ،  $A$  و  $T_c$ ، مولفه اصلی دوم استخراجی با بیان ۱۷٪ از کل واریانس

جدول ۷- نتایج حاصل از بررسی وایزی خطی جمعی.

T	Model (مدل)	Const. (ضریب ثابت)	$T_c$ (زمان تمرکز)	Save basin (شیب میانگین حوزه)	$H_{min}$ (ارتفاع حداقل)	P (محیط حوزه)	$L_m$ (طول شاخه اصلی)	$R^2$	Adjusted $R^2$
2	Coeff. (ضریب)	-339.17	23.71	17.743	-	-	-	0.81	0.775
	Sig. (معنی داری)	0.003	0	0.005	-	-	-	-	-
3	Coeff.	-476.73	34.14	24.985	-	-	-	0.81	0.78
	Sig.	0.003	0	0.006	-	-	-	-	-
5	Coeff.	-615.18	45.93	32.24	-	-	-	0.82	0.787
	Sig.	0.004	0	0.007	-	-	-	-	-
10	Coeff.	-734.16	59.75	38.315	-	-	--	0.83	0.802
	Sig.	0.006	0	0.01	-	-	-	-	-
25	Coeff.	-725.43	73.63	37	-	-	-	0.85	0.822
	Sig.	0.02	0	0.034	-	-	-	-	-
50	Coeff.	1202.9	60.73	-	-0.68	-	-	0.87	0.848
	Sig.	0.064	0	-	0.04	-	-	-	-
100	Coeff.	-27.05	-	-	-	2.4	-	0.82	0.805
	Sig.	0.793	-	-	-	0	-	-	-
200	Coeff.	-43.78	-	-	-	-	8.4	0.84	0.827
	Sig.	0.737	-	-	-	-	0	-	-

جدول ۸- مولفه‌های اصلی استخراجی.

Rotation Sums of Squared Loadings (مجموع مربعات مولفه‌های چرخش یافته)			Extraction Sums of Squared Loadings (مجموع مربعات مولفه‌ها)			Comp. (مولفه‌ها)
Cum. % درصد تجمعی	% of Var. درصد تغییرات	Total (کل)	Cum. % درصد تجمعی	% of Var. درصد تغییرات	Total (کل)	
48.848	48.848	8.304	54.160	54.160	9.207	1
65.848	17.000	2.890	69.545	15.384	2.615	2
76.915	11.067	1.881	78.751	9.207	1.565	3
85.957	9.042	1.537	85.957	7.206	1.225	4

جدول ۹- ضرایب فراسنج‌ها در مولفه‌های اصلی استخراجی چرخش یافته

Component (مولفه‌ها)				
4	3	2	1	
1.769E-15	3.852E-15	2.588E-15	4.271E-16	T
.102	.037	-.079	.982	A
-.055	.208	-.153	.956	P

.064	.421	.412	.698	H <sub>MAX</sub>
-.247	-.005	.933	-.169	H <sub>AVE</sub>
-.182	.004	.941	-.103	H <sub>50</sub>
-.755	-.181	.334	-.474	H <sub>MIN</sub>
-.012	.927	-.050	.060	G <sub>S</sub>
-.066	.228	-.155	.947	L
.035	.039	-.125	.981	B
-.093	.163	-.114	.965	L <sub>M</sub>
.036	.037	-.107	.979	L <sub>C</sub>
.348	-.295	.673	-.515	SI
.486	-.093	.344	-.745	S <sub>AVE</sub> BAS.
.643	-.115	-.231	-.427	RE
.225	-.754	.338	-.319	RC
-.136	.097	-.140	.904	TC

جدول ۱۰- نتایج حاصل از بررسی رابطه وایازی ضربی.

معادله	c	d	e	F	R <sup>2</sup>
$Q_p = cA^d T^e$	۱.۳۳	۰.۵۵	۰.۴۲	-	۰.۷۸
$Q_p = cA^d T^e t_c^f$	۲.۲۹	۰.۳۶۹	۰.۴	۰.۴۲۴	۰.۷۹۵
$Q_p = cA^d T^e g_s^f$	۰.۶	۰.۵۸	۰.۴۲	۰.۸۶	۰.۷۸۶
$Q_p = cA^d T^e (g_s t_c)^f$	۱.۶۸	۰.۳۱	۰.۴	۰.۶۱	۰.۸
$Q_p = c(ATg_s t_c)^d$	۱.۴۷	۰.۴	-	-	۰.۸
$Q_p = c(ATg_s t_c P)^d$	۰.۴۵	۰.۳۴	-	-	۰.۷۹
$Q_p = c(ATg_s t_c PS_{ave\ bas})^d$	۰.۲	۰.۳۵	-	-	۰.۸
$Q_p = c(ATg_s t_c PS_{ave\ bas} L_m)^d$	۰.۱۲	۰.۳	-	-	۰.۷۸

جدول ۱۱- نتایج آزمون مقایسه آماری T-Test.

Sig. (2-tailed) (معنی داری دو طرفه)	Df (دامنه آزادی)	t (مقدار)	Paired Differences (مقایسه جفتی)				Mean (میانگین)	Std. Dev. (انحراف معیار)	Std. Error Mean (میانگین خطای استاندارد)	Mean (میانگین)
			95% Confidence Interval (حدود اطمینان ۹۵٪)		Upper (بالایی)	Lower (پایینی)				
			Upper (بالایی)	Lower (پایینی)						
.625	8	-.508	177.73	-278.04	98.82	296.47	-50.15	Var 1 Var 2 (متغیرهای ۱ و ۲)		

به منظور بررسی تاثیر احداث سد درودزن بر نوع توزیع سیلاب برازش داده شده از داده‌های ایستگاه پل خان، واقع

بررسی تاثیر احداث سد درودزن بر رژیم آماری جریان رود

مقاله حاضر حاصل یک طرح پژوهشی است. بدین وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، بابت حمایت از طرح فوق قدردانی می‌گردد.

#### منابع

- ۱- اسلامیان، س. و سلطانی کوپایی، س.، ۱۳۸۱، تحلیل فراوانی سیل، انتشارات ارکان.
- ۲- جمالی، ع.، ۱۳۸۰، بررسی حساسیت شماری از روشهای تجربی آبخیزشناسی برآورد بده اوج سیلاب نسبت به سطح حوضه در برخی از حوضه‌های آبخیز ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، آبخیزداری، به راهنمایی محمد مهدوی، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- چاوشی، س. و یزدانی، م.، ۱۳۸۵، بررسی و مقایسه روش‌های مختلف برآورد سیلاب در استان اصفهان، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده رود، دانشگاه شهرکرد.
- ۴- رزمخواه، ه.، ۱۳۸۵، کاربرد تکنیک‌های تشخیص الگو در ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب رود کر، طرح پژوهشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.
- ۵- رستمی، ر. و اکبرپور، م.، ۱۳۸۵، بررسی ترسالی‌ها و خشکسالی‌های رود کارون بر اساس آب‌دهی، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رود، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۶- روستایی، ر. و، عبدالهی ک.، ۱۳۸۷، بررسی الگوهای زمانی و مکانی بارش با نمایه SPI در استان فارس تا پایان سال ۱۳۸۶ شمسی، پایان‌نامه کارشناسی، به راهنمایی هما رزمخواه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.
- ۷- رضایی پژند، ح.، ۱۳۸۰، کاربرد آمار و احتمال در منابع آب، انتشارات سخن گستر، چاپ اول.
- ۸- سمیعی، م.، ثقفیان، ب. و مهدوی، م.، ۱۳۸۵، تحلیل منطقه‌ای شدت خشکسالی آبخیزشناسی در حوضه‌های آبخیز استان تهران، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۹، شماره ۱.
- ۹- شیرینی، م.، حسین زاده خنجی، ا. و موسوی، م.، ۱۳۸۶، تحلیل سیلاب‌های حوضه بختگان فارس، پایان‌نامه کارشناسی، مهندسی آب، به راهنمایی هما رزمخواه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.

در پایین‌دست سد درودزن که از داده‌های آماری کامل‌تری برخوردار بود، استفاده گردید. جدول ۱۱ نتایج آزمون مقایسه آماری T-Test را با کاربرد نرم‌افزار SPSS، نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول ۱۱ مشاهده می‌شود، به دلیل این که سطح معنی‌داری<sup>۱</sup> میزان تغییرات متغیر بده اوج قبل و بعد از بهره‌برداری از مخزن بیش از ۰.۰۵ می‌باشد، تغییر معنی‌داری در میانگین داده‌ها قبل و بعد از بهره‌برداری از مخزن مشاهده نمی‌گردد. این نتیجه می‌تواند به دلیل حجم خالی جهت ذخیره سیلاب در مواقع بحرانی و سیاست‌های بهره‌برداری از مخزن باشد.

برازش توزیع آماری بر داده‌های بده اوج سیلاب مرتبط با قبل و بعد از احداث سد درودزن با کاربرد روش ذکر شده نیز در هر دو حالت، توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ را به عنوان مناسبترین توزیع آماری شناخت. مشاهده می‌شود که توزیع آماری برازش داده شده بر داده‌های بده اوج سیلاب قبل و بعد از احداث سد تفاوتی حاصل نکرد. این پدیده می‌تواند ناشی از یکنواختی الگوی برداشت آب از رود و دیگر دلایل ذکر شده باشد.

#### بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق بانک اطلاعاتی مقادیر بده بیشینه سیلاب سالانه تکمیل و تطویل گردید که می‌تواند در مطالعات آتی مورد استفاده واقع شود. مقادیر بده بیشینه پیش‌بینی شده در هر ایستگاه با دوره‌های بازگشت مختلف، با استفاده از مناسب‌ترین توزیع آماری برازش یافته، قابل استفاده در مطالعات آبخیزشناسی طراحی‌ها می‌باشد. روابط تجربی واسنجی شده نیز جهت پیش‌بینی بده بیشینه سیلاب در مناطق همگن فاقد آمار استفاده می‌گردد. در تحلیل تجزیه به مولفه‌های اصلی، فراسنج‌های مهم موثر بر مقادیر بده بیشینه جریان استخراج گردید. نتایج تحلیل آماری داده‌های ایستگاه پل خان قبل و پس از بهره‌برداری از سد درودزن بیانگر عدم تاثیر معنی‌دار احداث سد بر رژیم آماری جریان سیلاب رود بود که می‌تواند بیانگر نقش سیاست‌های بهره‌برداری از مخزن در این مهم باشد.

#### سپاسگزاری

- frequency analysis, *Journal of Hydrology*, 98(3-4): 205-224.
- 20- Bhunya, P. K., Berndtsson, R., Ojha, C.S.P. and Mishra, S. K., 2007, Suitability of Gamma, Chi-square, Weibull, and Beta distributions as synthetic unit hydrographs, *Journal of Hydrology*, 334(1-2): 28-38.
- 21- Bobée, B., Cavadias, G., Ashkar, F., Berniera, J. and Rasmussen, P., 1993, Towards a systematic approach to comparing distributions used in flood frequency analysis, *Journal Of Hydrology*, 142(1-4): 121-136.
- 22- Buishand, T. A., 1984, Bivariate extreme-value data and the station-year method, *Journal of Hydrology*, 69(1-4): 77-95.
- 23- Gottschalk, L. and Weingartner, R., 1998, Distribution of peak flow derived from a distribution of rainfall volume and runoff coefficient, and a unit hydrograph, *Journal of Hydrology*, 208(3-4): 148-162.
- 24- Griffis, V. W. and Stedinger, J. R., 2007, The use of GLS regression in regional hydrologic analyses, *Journal of Hydrology*, 344(1-2): 82-95.
- 25- Hoshia, K., Stedinger, J. R. and Burges, S. J., 1984, Estimation of log-normal quantiles: Monte Carlo results and first-order approximations, *Journal of Hydrology*, 71(1-2): 1-30.
- 26- Kim, K. D. and Heo, J. H., 2002, Comparative study of flood quantiles estimation by nonparametric models, *Journal of Hydrology* 260(1-4): 176-193.
- 27- Krzysztofowicz, R. and Herrb, H. D., 2001, Hydrologic uncertainty processor for probabilistic river stage forecasting: precipitation-dependent model, *Journal of Hydrology*, 249(1-4): 46-68.
- 28- Meirovich, L., Ben-Zvi, A., Shentsis, I. and Yanovich, E., 1998, Frequency and magnitude of runoff events in the and Negev of Israel, *Journal of Hydrology*, 207(3-4): 204-219.
- 29- Mitoseka, H. T., Strupczewska, W.G. and Singh, V.P., 2006, Three procedures
- ۱۰- شفيعی، م. و شیرزاد، م.، ۱۳۸۵، تحلیل منطقه‌ای سیلاب توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)، مطالعه موردی حوضه ماسال استان گیلان، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی عمران.
- ۱۱- شیبانی، ح.، روزخس، ب. و سهیلی، م.، ۱۳۸۵، به‌کارگیری روابط غیرخطی چندمتغیره در روش شاخص سیلاب حوضه‌های فاقد آمار، حوضه آبریز رود بشار، همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده رود، شهرکرد.
- ۱۲- صالحی، م.، رستم افشار، ن. و شیردلی، ع.، ۱۳۸۵، تحلیل منطقه‌ای سیلاب به روش همبستگی چندگانه (MRM) با استفاده از نرم‌افزار SPSS، مطالعه موردی منطقه جنوب حوضه آبریز دریاچه ارومیه، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رود، اهواز، دانشگاه شهید چمران.
- ۱۳- صدقی ح.، بهنیا ع. و دماوندی نژاد، ا.، ۱۳۸۵، تحلیل سیلاب‌های حوضه آبریز میانی کارون، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود، دانشگاه شهرکرد.
- ۱۴- صفوی، ح.، ۱۳۸۵، هیدرولوژی مهندسی، چاپ اول، انتشارات ارکان.
- ۱۵- علیزاده، ا.، ۱۳۸۵، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ نوزدهم، انتشارات دانشگاه امام رضا.
- ۱۶- گزارش هیدروکلیماتولوژی حوضه آبریز کر علیا، مطالعات آب‌های سطحی، سیروس سالاری، شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس، بوشهر و کهکیلویه و بویراحمد، وزارت نیرو.
- ۱۷- مطالعات پایه، هیدرولوژی تکمیلی، مطالعات توجیهی طرح ساماندهی رود کر در استان فارس، ۱۳۷۹، مهندسین مشاور حاسب فارس، سازمان آب منطقه‌ای فارس، بوشهر، کهکیلویه و بویراحمد.
- ۱۸- هادیانی، ا.، ۱۳۷۷، تعیین روابط منطقه‌ای سیلاب‌های غرب استان مازندران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، آبخیزداری، به راهنمایی حسن محسنی ساروی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- 19- Ahmada, M. I., Sinclair, C. D. and Werritty, A., 1988, Log -logistic flood



- 34- Taskera, G. D. and Stedinger, Jerry R., 1987, Regional regression of flood characteristics employing historical information, *Journal of Hydrology*, 96(1-4): 255-264.
- 35- Vogel, R. M., McMahon, T. A. and Chiew, F. H. S., 1993, Floodflow frequency model selection in Australia, *Journal of Hydrology*, 146: 421-449.
- 36- Willemsa, P., Guillou, A. and Beirlant, J., 2007, Bias correction in hydrologic GPD based extreme value analysis by means of a slowly varying function, *Journal of Hydrology*, 338(3-4): 221-236.
- 37- Yue, S., Ouarda, T. B. M. J., Bobée, B., Legendre, P. and Bruneau, P., 1998, The Gumbel mixed model for flood frequency analysis, *Journal of Hydrology*, 226(1-2): 88-100.
- for selection of annual flood peak distribution, *Journal of Hydrology*, 323(1-4): 57-73.
- 30- Moona, Y., Lalla, U. and Bosworth, K., 1993, A comparison of tail probability estimators for flood frequency analysis, *Journal of Hydrology*, 151(2-4): 343-363.
- 31- Phien, H. N., 1978, A computer assisted learning package for flood frequency analysis with the Gumbel distribution, *Advances in Engineering Software*, 11(4): 206-212.
- 32- Reis, D. S., Stedinger, Jr. and Jerry R., 2005, Bayesian MCMC flood frequency analysis with historical information *Journal of Hydrology*, 313(1-2): 97-116.
- 33- Shradera, M. L., Rawls, W. J., Snyder, W. M. and McCuena, R. H., 1981, Flood peak regionalization using mixed-mode estimation of the parameters of the log-normal distribution, *Journal of Hydrology*, 52(3-4): 229-237.