مدل‌سازی آماری سیلاب با استفاده از خصوصیات فیزیوگرافی در حوضه بازُفت

دکتر هوشمند عطایی
استادیار دانشگاه پیام نور اصفهان

ثریا علیجانی علیجانوند
کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی
دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد

چکیده

در این مقاله ضمن معرفی اجمالی حوضه بازُفت از زیر حوضه‌های رود کارون، به بحث در خصوص پیش‌بینی دبی‌های سیلابی با راه‌های متفاوت پرداخته شده است که هر یک از این روشها نیازمند یکسری داده‌ها برای آن مناطق می‌باشد. با توجه به کمبود آمار در اکثر حوضه‌ها و زیرحوضه‌های کشور، راه‌حل‌هایی پیشنهاد شده که نیاز کمتری به آمار هیدرولوژیکی داشته باشند. یکی از راه‌حل‌ها، مدل‌بندی سیلاب‌هاست که با داشتن داده‌های ثابت فیزیوگرافی حوضه می‌توان اقدام به تخمین و برآورد سیلاب حوضه‌های فاقد آمار نمود. زیرحوضه‌های بازُفت ضمن دارا بودن پتانسیل بالای تولید سیلاب در بسیاری از موارد با مشکل کمبود آمار مواجه هستند. با وجود اطلاعات فیزیوگرافی و نقشه‌های رقومی منطقه و به کمک داده‌های موجود آماری در ۳۰ حوضه مطالعه شده (نگاره ۳) امکان برقراری روابط منطقی بین خصوصیات فیزیوگرافی و دبی‌های سیلابی با دوره برگشت‌های متفاوت در هر زیرحوضه بررسی می‌شود و از طرفی برای سهولت کاربری‌های بعدی و به منظور قابلیت به روز نمودن اطلاعات و روابط یافت شده هر زیر حوضه، تشکیل یک بانک اطلاعاتی GIS ضروری به نظر می‌رسد. به منظور کنترل و مهار سیلاب، اطلاع از دبی سیلاب (با دوره‌های برگشت متفاوت) به عنوان مهمترین پارامتر معرف سیلاب، از اهمیت خاصی برخوردار است. برای تخمین سیلاب در حوضه‌هایی که طول دوره آماری کوتاهی دارند برقراری رابطه منطقه‌ای بین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه یا هر زیرحوضه منطقی به نظر می‌رسد. پس از تطویل و تکمیل آمار، به کمک نرم افزار SMADA توزیع‌های مختلف آماری بر داده‌ها برازش داده شده است. مقادیر پیش‌بینی شده حاصل از توزیع‌های آماری (لوگ پیرسون تیپ۳، پیرسون تیپ۳، گامبل) و داده‌های مشاهداتی برای شناخت مناسبترین توزیع از آزمون در حداقل مربعات استفاده شد و برای هر ایستگاه یک توزیع انتخاب گردید. به کمک این توزیع‌ها دبی با دوره برگشت‌های متفاوت ۲ تا ۱۰۰۰ساله برآورد گردید. سپس با استفاده از رگرسیون خطی و غیرخطی چند متغیره و به کمک نرم‌افزار Minitab روابطی بین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه (همچون مساحت، محیط، شیب متوسط حوضه، طول آبراهه اصلی و ضریب شکل) و دبی‌های پیش‌بینی شده با دوره برگشت‌های مختلف برقرار گردید، که نتایج ذیل حاصل شد. در مدل‌های برآورد دبی با دوره برگشت کوتاه مدت، پارامترهای بیشتری در مدل پیش‌بینی سیلاب دخیل می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: مدل‌بندی سیلاب، خصوصیات فیزیوگرافی، توزیع‌های آماری، بازُفت.

مقدمه

لزوم کاربرد هیدرولوژی در پروژه‌های تأسیسات آبی و ساختمانی امری مسلم گردیده است، زیرا اجرای طرح‌های این گونه تأسیسات نیاز به مطالعات و تجزیه و تحلیل داده‌های آبهای سطحی و زیرزمینی و همچنین مطالعات فیزیکی و مورفولوژیکی حوضه‌های آبخیز دارد. بنابراین هر گونه فعالیتی در اجرای طرح‌های کشاورزی و عمرانی می‌بایست همراه با مطالعات هیدرولوژی باشد *(ضیایی، حجت الله، ۱۳۸۰)*. در این خصوص مسئله پیش‌بینی دبی‌های سیلابی حائز اهمیت خاصی است. به همین دلیل مطالعات زیادی در سال‌های اخیر در این زمینه انجام شده است. با این حال بسیاری از این تحقیقات با مشکلاتی نظیر کمبود آمار محدودیت‌های زمانی، مکانی و یا اقتصادی مواجه می‌باشند. تحقیق درباره منابع آبی و پیدا کردن روش‌های مناسب جهت استفاده بهینه از آب و کم کردن ضرر و زیان‌های ناشی از سیلابها ما را در توسعه و برنامه‌ریزی منطقه‌ای کمک می‌نماید. امروزه لزوم حفظ و نگهداری از منابع آبی و بهره‌برداری هرچه معقولانه‌تر و علمی‌تر از آنها در فصل بارندگی به ویژه سال‌های پرآبی که آبهای سطحی و سیلابی افزایش می‌یابند امری مسلم و ضروری است.

یکی از روش‌های متداول تعیین دبی سیلابی در نواحی بدون اطلاعات و داده‌های هیدرومتری استفاده از فرمول تجربی است اما این فرمولها عموماً برای مناطق خاصی ارائه و تنظیم شده‌اند و کاربرد آنها در محل‌های دیگر نیاز به کالیبره کردن مدل داشته و با احتیاط زیاد بایستی همراه باشد.

برای تعیین دبی، طراحی بیش از ٤٠ مدل مختلف در مأخذ در دسترس می‌باشد *(Muterja K.n,2001)* اما هریک از این مدلها با توجه به شرایط منطقه موردنظر تنظیم گردیده‌اند و اگر بخواهیم برای منطقه دیگری استفاده کنیم باید ضرایب آنها را با توجه به شرایط منطقه بدست آوریم. یکی دیگر از مشکلات استفاده از فرمول‌های تجربی این است که این فرمول‌ها به طور صریح عامل دوره بازگشت را نشان نمی‌دهند.

مدل‌بندی سیلاب‌ها در حقیقت ایجاد یک رابطه قابل قبول است بین مشخصه‌های فیزیوگرافی و دبی‌های سیلابی اندازه‌گیری شده در یک منطقه و بالاخره استفاده از این رابطه‌ها برای تخمین دبی‌های سیلابی زیرحوضه‌های فاقد آمار این منطقه.

هدف از این تحقیق برقراری رابطه‌های منطقه‌ای بین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه بازُفت و دبی‌های سیلابی با دوره برگشت‌های مختلف می‌باشد. این رابطه در نهایت به کمک تجزیه و تحلیل آماری به مدل‌های

منطقه‌ای تبدیل خواهند شد. آن گاه در این نوشتار به ارزیابی این رابطه جهت نمایاندن قابلیت یا عدم قابلیت آنها در برآورد دبی سیلاب‌های زیرحوضه‌های فاقد آمار در حوضه بازُفت پرداخته می‌شود.

طی این تحقیق منابع جمع‌آوری داده‌های هیدرولوژیکی شناسایی شده، روش‌های تکمیل و تطویل داده‌ها فراگرفته می‌شود، علاوه براین توزیع‌های آماری و روش بردازش توزیع و تناسب هر توزیع از طریق آزمون‌های آماری برقرارشده و با استفاده از روش‌های آماری رابطه رگرسیون بین مشخصات فیزیوگرافی و سیلاب با دوره‌های برگشت مختلف برقرار می‌گردد.

پیشینه تحقیق

شرکت مهندسین مشاور یکم *(شرکت مهندسین مشاور یکم، جلد هشتم،۱۳۸۲)* مطالعات احیاء اراضی کشاورزی حوضه کارون را انجام داده که جلد هشتم آن اختصاص به منابع آب و هیدرولوژی دارد. در این تحقیق برای بعضی از مناطق دبی‌های طرح برآورد شده است.

اسلامیان *(اسلامیان،۱۳۷۹)* در سال ٦٩ طی تحقیق بر روی حوضه کارون، روش‌های فولر، لانگبین، سنگال و همبستگی را با استفاده از دبی‌های ماکزیمم سالانه برای حوضه کارون مورد بررسی قرار دارد و نتیجه گرفت که روش همبستگی آماری و روش سنگال برای تخمین دبی طرح مناطق کوهستانی ایران مناسب است.

اسدی *(اسدی،۱۳۸۵)* به منظور بررسی هیدرولوژی سرشاخه‌های کارون از خصوصیات آب و هوای منطقه استفاده کرد. او با استفاده از مطالعات بارش روزانه حداکثر سیل متحمل و تغییرات آبهای سطحی حوضه‌های آبخیز کوهرنگ، بازُفت، ماربران و ارمند پارامترهای هیدرواقلیم حوضه رودخانه کارون را تعیین کرد. جلالی *(جلالی،۱۳۸۲)* در تحقیق خود اقدام به بررسی همبستگی دبی حداکثر متوسط روزانه و دبی ماکزیمم لحظه‌ای رودخانه‌های دز در ایستگاه تله زنگ، کارون در ایستگاه سد کارون و مارون در ایستگاه بهبهان نمود و مدلی را جهت برآورد دبی اوج با دوره‌های بازگشت مختلف ارائه کرد.

روانبخش *(روانبخش، ۱۳۷۷)* در بررسی سیستم رودخانه کارون به تجزیه و تحلیل سیلاب‌های لحظه‌ای در شاخه‌های اصلی رودخانه کارون، خرسان، بازفت، ونک و دز پرداخته و از چند روش تحلیل منطقه‌ای جهت تعیین پارامترهای هیدرولوژیک هر حوضه استفاده کرد.

مهندسین مشاور جاماب *(شرکت مهندسین مشاور جاماب، ۱۳۷۸)* که مجری طرح جامع آب کشور درحوضه کارون و دز بوده است مطالعات زیادی بر روی این حوضه انجام داده و نقشه‌های ۱۲۵۰۰۰۰ این منطقه را نیز تهیه کرده است. دبی‌ها پیش‌بینی شده و ضرایب محاسبه گردیده است.

ایزدبخش و همکاران *(ایزدبخش، ۱۳۸۰)* درحوضه‌های آبخیز غرب ایران به این نتیجه رسیدند که پارامترهای طول آبراهه اصلی، تراکم زهکشی و زمان تمرکز بیشترین تأثیر را در تولید دبی داشتند و هرچه دوره بازگشت افزایش یابد میزان خطای برآورد مدل‌ها نیز افزایش می‌یابد. مدل‌های انتخابی حداکثر دبی میانگین روزانه برای ۱۱ حوضه منطقه غرب ایران (آفرینه، پل چره، پل دختر، پل کاشکان، پل کهنه، دو آب، دواب مرگ، سپید دشت، قورباغستان، هلیلان، یالفان) پیشنهاد شده‌اند.

حسام و مفتاح حلقی *(حسام،۱۳۷۸)* مدل سیلاب منطقه‌ای حوضه آبخیز گرگانرود را ارائه داده‌اند. در این مدل آمار ۱۲ ایستگاه هیدرومتری حوضه در تعیین مدل نقش داشته‌اند و مناسبترین توزیع آماری منطقه لوگ پیرسون تیپ۳ می‌باشد.

خانجانی و همکاران *(خانجانی، ۱۳۷۷)* مدل بندی سیلاب‌های حوضه جازموریان را انجام داده‌اند. این تحقیق در ۸ ایستگاه هیدرومتری منطقه انجام گردیده است و متغیرهای شیب متوسط حوضه، مساحت، شیب متوسط آبراهه اصلی، ارتفاع متوسط حوضه، ارتفاع ایستگاه و ضریب گراولیوس در مدل‌بندی شرکت داده شدند.

ریگز *(Riggs,1999)* ده روش تحلیل منطقه‌ای سیلاب را در ایالات متحده آمریکا مورد بررسی قرار دارد. این محقق سپس به تعیین مهمترین پارامترهای مؤثر بر دبی سیلاب پرداخته و نتیجه گرفت که سطح حوضه مهمترین و مؤثرترین پارامتر در تولید سیلاب می‌باشد.

استامی و هس *(Stamey, T.C. and G.W. hess,2004)* روش‌های مختلف تخمین دبی‌های سیلابی با دوره‌های مختلف بازگشت را برای رودخانه‌های ایالت جورجیای آمریکا به کار بردند. آنها نتیجه گرفتند که سطح حوضه معنی‌دارترین متغیر مرتبط با دبی سیلاب می‌باشد. در نتیجه منطقه به چهار قسمت نسبتاً همگن طبقه‌بندی و روابط تناسب سیل برای هر منطقه تعیین گردید.

بسیاری از توزیع‌های احتمالی برای آنالیز سیلاب حداکثر سالانه پیشنهاد شده‌اند.معمول‌ترین آنها که در کشور کانادا استفاده می‌شوند عبارتند از توزیع لوگ نرمال سه پارامترلوگ پیرسون تیپ سه و توزیع گامبل *(Journal of Hydrology 210,1998)*

کراف و رانتر *(USA,Baton Rouge,2007)* روش‌های گوناگون را برای تحلیل سیل‌های منطقه‌ای بررسی نموده و این گونه نتیجه گرفتند که روش رگرسیون چندگانه برای پیش‌بینی سیلاب بهتر از روش‌های دیگر است.

روش رگرسیون چندگانه در واقع دبی‌ها را از روی متغیرهای مستقل حوضه تخمین زده و باقی مانده‌ها را به عنوان عامل شانس به حساب می‌آورد.*(قربانی گلزاری‌نژاد،۱۳۸۲)*

اکرمن *(Acreman,1994)* رابطه‌ای برای محاسبه حداکثر دبی میانگین روزانه با استفاده از داده‌های ٦٨ ایستگاه هیدرومتری در اسکاتلند پیشنهاد نمود.

مواد و روش‌ها

الف: مواد

جمع‌آوری نقشه‌ها، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات و آمار ایستگاه‌های هیدرومتری (۳۰ ایستگاه) و گزارش‌های موجود.(نگاره۵)

– تطبیق و تنظیم عکس‌ها، نقشه‌ها و تصاویر و تعیین محدوده مطالعاتی، جمع‌آوری اطلاعات توصیفی مربوط به نقشه‌ها.

روش تحقیق

روش تحقیق توصیفی با گردآوری اطلاعات پیرامون فرضیه به صورت جمع‌آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها و مطالعات کتابخانه‌ای، سپس تجزیه و تحلیل و توصیف و نتیجه‌گیری انجام شد.

جمع‌آوری داده‌های مربوط به دبی ماکزیمم روزانه زیرحوضه‌های مربوط به بازُفت و داده‌های موجود مربوط به دبی سیلابی هر ایستگاه در خروجی هر زیرحوضه جمع‌آوری گردید.

تطویل، تکمیل و بازسازی داده‌های فوق: داده‌های جمع‌آوری شده مورد ارزیابی و تجزیه از لحاظ بازسازی، صحت و تکمیل قرار گرفت.

انجام آزمون مناسب برای تصادفی بودن و همگنی داده‌های بازسازی شده (ران تست).

برازش توزیع مختلف بر داده‌های دبی بازسازی شده هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه (انتخاب توزیع آماری مناسب برای دبی‌های سیلابی) و آزمون آماری مناسب برای انتخاب توزیع بهینه به کمک نرم‌افزارSMADA

مناسب‌ترین توزیع به کمک آزمون‌های آماری مثل روش‌های گلموگروف –اسمیرنوف یا کای اسکور انتخاب شد.

انجام آزمون‌های آماری و رگرسیون به کمک نرم افزار MINITB و بر آورد دبی با دوره بازگشت‌های ۲،۵،۱۰،۲۵،۵۰،۱۰۰،۲۰۰،۵۰۰،۱۰۰۰ سال

تعیین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌ها به کمک نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ و گزارشات مختلف قبلی و خصوصیات و مشخصه‌های فیزیوگرافی هر زیرحوضه از مراکز و یا از روی نقشه‌های رقومی و منابع اطلاعاتی جمع‌آوری شده این خصوصیات شامل طول آبراهه اصلی، شیب متوسط حوضه، زمان تمرکز، ضریب گرد وارگی و...

رابطه منطقی بین دبی‌های برآورد شده مربوط به توزیع انتخابی (با دوره برگشت‌های متفاوت) و خصوصیات فیزیوگرافی به کمک روش‌های رگرسیونی برقرار شده و برقراری رابطه رگرسیون خطی و غیرخطی بین خصوصیات فیزیوگرافی و دبی‌های با دوره برگشت مختلف.

آزمون آماری مناسب و استفاده‌ای مناسب بین روابط رگرسیون مناسب برای برآورد دبی براساس خصوصیات فیزیوگرافی و اطلاعات فوق در قالب یک فایل GIS مرتب و آماده‌سازی شده و تهیه بانک اطلاعات به کمک نرم‌افزار Arcview.

موقعیت و وسعت بازُفت

حوضه فوق در طول جغرافیایی ۴۸/۷ و ۴۹ تا ۳۱/۷ و ۵۰ و عرض جغرافیایی ۳۷ و ۳۱ تا ۳۸/٤ و ۳۲ است. حوضه آبخیز بازُفت از نظر سیاسی در منتهی‌الیه مرز غربی استان چهارمحال و بختیاری و مرز شرقی استان خوزستان واقع شده است و بخش اعظم آن به استان چهار محال و بختیاری تعلق دارد.

رود بازفت بخش شمالی حوضه رودخانه کارون را زهکشی می‌نماید. این رودخانه به دلیل وضع خاص توپوگرافی دارای شاخه‌های متعدد نبوده و در حقیقت از یک شاخه اصلی و انشعابات کوچک تشکیل گردیده است. طول رودخانه از منتهی‌الیه حوضه تا محل الحاق به کارون ١٤٦ کیلومتر است. جهت جریان این رودخانه از شمال غربی به جنوب شرقی بوده و در بالادست محل الحاق رود خرسان این رودخانه به کارون می‌پیوندد.

نام بازُفت در این حوضه از رودخانه دائمی بازفت گرفته شده که از بخش شمال غربی به سمت جنوب شرقی امتداد دارد. این رودخانه دارای چندین آبراهه فرعی (شاخه) می‌باشد که هر یک از یکی از ارتفاعات منطقه منشاء گرفته‌اند و از مهمترین آنها می‌توان آب شنگی، آب شرمک، آب تشنوی، آب نازی، آب ترکی و آب شلیل را نام برد.

راه‌های دستیابی به حوضه آبخیز بازُفت از طریق استان چهارمحال و بختیاری از دو راه گردنه چری در بخش شمالی و راه سرخون در بخش جنوبی می‌باشد. از طریق استان خوزستان نیز دو راه دهدز در بخش جنوبی و راه گردنه لپد که به مسجد سلیمان منتهی می‌شود را دارا می‌باشد. فاصله چمن گلی(مرکزیت دهستان بازُفت) تا شهرکرد (مرکزاستان) حدود ٢٤٠ کیلومتر است. وسعت منطقه مورد مطالعه ٢١٧١٥٢ هکتار می‌باشد که رودخانه بازُفت در آن جریان دارد.

این زیرحوضه در حوضه رودخانه کارون قرار دارد. مساحت آن برابر ٢٢٣٣ کیلومترمربع است. این زیرحوضه به شکل یک نوار کم عرض ولی باطول زیاد از قسمت شمال غرب تا جنوب غرب استان امتداد یافته است. زیرحوضه بازفت بصورت یک حوضه مرزی بین استان چهارمحال و بختیاری و استان خوزستان بوده و در حدود ٤١٧ کیلومترمربع از مساحت آن در محدوده استان خوزستان قرار دارد. این زیر حوضه منطقه‌ای کاملاً کوهستانی و از نظر مورفولوژی به شکل دره‌ای بزرگ با کوه‌های سربه فلک کشیده در طرفین آن می‌باشد. شبکه آبراهه‌ای این زیر حوضه بصورت درختی است و جهت عمومی جریان آبهای سطحی در راستای شمال غرب به جنوب شرق می‌باشد. میزان بارندگی در آن نسبتاً در حد بالایی است. نوع ریزش‌های جوّی در ارتفاعات عمدتاً به شکل برف و در قعر دره به صورت ریزش باران می‌باشد. از نظر آب و هوایی شرایط ناهمسانی براین حوضه حاکم است، به گونه‌ای که بخش ابتدایی و میانه آن در قلمرو مناطق سردسیری و بخش انتهایی آن (خروجی حوضه) در قلمرو مناطق گرمسیری قرار دارد. بخش قابل توجهی از سطح حوضه را جنگل پوشانیده است. گونه غالب درختان جنگلی بلوط است. کاربری اراضی در آن عمدتاً بهره‌برداری به عنوان مرتع و زراعت است. از اراضی واقع شده در ارتفاعات پایین و کوهپایه‌ها به عنوان زمین‌های زراعی بصورت کشت دیم و از سایر قسمت‌های آن به عنوان اراضی مرتعی استفاده می‌شود. بافت اجتماعی منطقه، روستایی– عشایری است.

پایین‌ترین نقطه ارتفاعی حوضه با ارتفاعی در حدود ٨٤٠ متر واقع شده و مرتفع‌ترین نقطه این منطقه با ٤٤٢٠ متر ارتفاع می‌باشد. منطقه فوق دارای میانگین ارتفاعی ٢١٥٦ متر می‌باشد. مساحت کل این زیر حوضه ٢٢٣٣ کیلومترمربع و محیط آن ٣٠٤٧ کیلومتر است، که نسبت آن به استان ١٣/٥ درصد و نسبت به حوضه اصلی ٥/٢٤ درصد می‌باشد. طول بزرگترین آبراهه ١٦٤ کیلومتر و شیب حوضه ٦٤ درصد است.

میانگین دبی سالانه ٧٥/٨ m^3/s و دبی متوسط روزانه حداکثر m^3/s ١٦٩٣ و حداقل ١١/٤ m^3/s و حداکثر دبی لحظه‌ای ٢٣٩٠ m^3/s و غلظت گل آلودگی ٠/٢١٢ gr/lit و رسوبات سالانه حداقل ٧٣ هزارتن و حداکثر ٣٤٣٩ هزار تن و به طور میانگین ٦٨٦ هزارتن می‌باشد.

تعداد کل روستاها در زیر حوضه بازُفت ٩٤ روستا با ١١٥٨٤ نفر ساکن می‌باشد که ١٠٠درصد روستایی‌اند. ٢١٦٩٠٠ هکتار آن مرتع و٩٨٧٠٠ هکتار جنگلی و ٢٤٣٠٠ هکتار آن به صورت کشاورزی می‌باشد. از نظر دوران‌های

جدول ۱: اطلاعات هواشناسی حوضه آبخیز بازُفت

پارامتر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
بارندگی	۶/۹	۶۵/۵	۱۳۹/۴	۱۵۰/۱	۱۴۵/۹	۱۲۷/۲	۸۸/۱	۴۰/۶	۱/۵	۰	۰/۸	۰	۷۶۶
متوسط حداکثر درجه حرارت	۲۴/۵	۱۸/۲	۱۱/۱	۶/۵	۵/۶	۷/۶	۱۲	۱۸/۵	۲۵	۳۰/۱	۳۱/۳	۲۹/۴	
متوسط حداقل درجه حرارت	۵	۱/۱	-۳/۲	-۶/۵	-۸	-۵/۴	-۱	۳/۹	۷/۹	۱۰/۹	۱۱/۸	۹/۳	
متوسط درجه حرارت	۱۵/۱	۹/۷	۳/۵	-۰/۴	-۱/۶	۱/۲	۵/۷	۱۱/۴	۱۶/۷	۲۰/۵	۲۱/۹	۲۰/۲	۱۰/۳
روزهای یخبندان	۶	۲۱	۲۹	۳۰	۲۱	۲۴	۶	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۷

جدول ۲: اقلیم‌های حوضه آبخیز بازُفت (به روش‌های مختلف)

اقلیم به روش‌های مختلف				ارتفاع(m)	مناطق تابع
دومارتن	آمبرژه	گوسن	کوپن		
بسیار مرطوب	اقلیم ارتفاعات	استپی سرد	اقلیم ارتفاعات	>۳۰۰۰	مناطق تابع اقلیم چلگرد
			اقلیم معتدل سرد با تابستان خنک و خشک	۲۲۰۰-۳۰۰۰	
مرطوب	نیمه مرطوب سرد	مدیترانه‌ای گرم و خشک	اقلیم نیمه گرمسیری با تابستان بسیار گرم و خشک	<۲۲۰۰	منابع تابع اقلیم لردگان

زمین‌شناسی ۳۰۹ کیلومترمربع مربوط به دوران اول زمین‌شناسی، ٦٤٧ کیلومترمربع مربوط به دوران دوم، ١٤٥٥ کیلومترمربع مربوط به دوران سوم و ٦٠ کیلومترمربع مربوط به دوران چهارم زمین‌شناسی است. (نگاره‌های ۱-۳)

بحث

در هیدرولوژی مهندسی راه‌های مختلفی برای محاسبه و یا برآورد سیلاب طرح یک پارامتر وجود دارد. در این پژوهش سعی گردیده تا با ایجاد روابطی بین سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف و پارامترهای فیزیوگرافی معادلات منطقی و مناسبی برای تخمین سیلاب ارائه نماید. این معادلات برای زیر حوضه‌های فاقد آمار در منطقه کارکرد بسیار مفیدی دارند. لذا بایستی شرایط موجود منطقه بررسی و مناسبترین رابطه و یا روش جهت تخمین و یا برآورد سیلاب با پارامتر موردنظر انتخاب شود.

در حوضه بازُفت ۳۰ ایستگاه هیدرومتری وجود دارد که برای مدل‌بندی سیلاب مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای انتخاب ایستگاه‌های هیدرومتری موردنظر عوامل زیر مورد توجه قرار گرفت.

الف: تعیین مناسبترین دوره آماری

برای بررسی یک پژوهش آماری علمی نظیر مدل‌بندی سیلاب‌ها لزوماً بایستی از دوره مشترک آماری استفاده نمود. با توجه به آمار موجود و نظر به اهمیت شرکت دادن تعداد بیشتری از ایستگاه‌ها در مدل‌بندی سیلاب، در این پژوهش طول دوره پایه آماری ۲۰ سال انتخاب گردید.

ایستگاه‌های اصلی بازفت به عنوان ایستگاه مبنا انتخاب شد سپس با توجه به آمار موجود برای سال‌های فاقد آمار در بعضی از ایستگاه‌ها و ضمن سنجش آنها با آمار ایستگاه‌های فوق‌الذکر با روش رگرسیون اقدام به بازسازی و تطویل آمار گردید. متعاقب آن ارزش آماری داده‌های بازسازی شده با استفاده از روش ارزیابی داده‌ها تطویل شده است.

ب: همگنی داده‌ها

در تحلیل‌های پیچیده آماری اطمینان از همگنی و استقلال داده‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. لذا در این تحقیق با استفاده از آزمون (ران تست) همگن بودن داده‌ها مورد بررسی قرارگرفت و چند ایستگاه توسط آزمون مذکور تأیید و بعنوان ایستگاه منتخب برای ادامه کار انتخاب گردیدند.

قابل ذکر است که داده‌های مربوط به ایستگاه‌های منتخب در سطح اعتماد ۹۵% همگن می‌باشند.

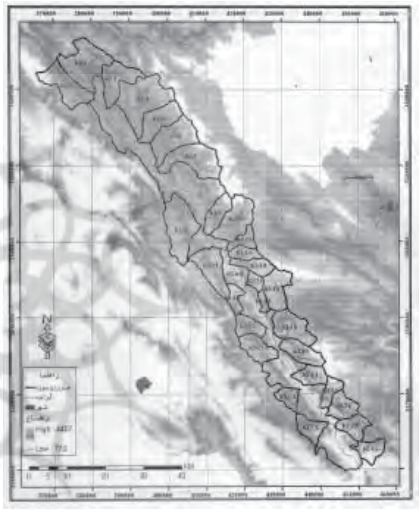
تجزیه و تحلیل فراوانی ایستگاه‌های مورد مطالعه

جهت تخمین سیلاب با دوره برگشت‌های دو تا هزار ساله آمار ۲۰ ساله یاد شده با توزیع‌های آماری مختلف برازش داده شد. جهت نیل به این هدف از نرم‌افزار SMADA استفاده گردید. این نرم‌افزار قابلیت آزمون شش توزیع آماری نرمال، لوگ نرمال، لوگ نرمال ۲ پارامتره، پیرسون تیپ۳، لوگ پیرسون تیپ۳ و گامبل را دارا می‌باشد. لذا در این پژوهش داده‌های هر یک از ایستگاه‌های منتخب جهت انتخاب بهترین توزیع و برآورد سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی داده‌ها ابتدا داده‌های ایستگاه‌ها با شش توزیع فوق برازش داده شدند و مقادیر پیش‌بینی شده توسط شش توزیع محاسبه گردید. مقادیر پیش‌بینی و محاسبه شده به کمک روش‌های کای مربع و کلموگروف- اسیمرنوف آزمون گردید. نتایج آزمون برای اکثر ایستگاه‌ها بیش از یک توزیع را برازش می‌داد. برای انتخاب بهترین برازش از روش حداقل مربعات استفاده شد و مناسب‌ترین

توزیع برای هر ایستگاه انتخاب گردید که در نتایج آمده است.

مدل‌بندی سیلاب‌ها

برای مدل‌بندی ابتدا باید به دو پرسش مهم پاسخ داد: نخست آن که چه متغیرهایی باید وارد مدل شوند؟ دوم آن که شکل مدل انتخابی چگونه باشد؟ در پاسخ به پرسش اول مقدمتاً باید گفت که در بسیاری از موارد دسته متغیرهایی که می‌بایست در مدل گنجانده شوند از پیش تعیین شده نیستند. بنابراین باید متغیرهایی وارد مدل شوند که بیشترین سهم را در تولید سیلاب داشته و نیز کمترین وابستگی را نسبت به هم داشته باشند. در انتخاب شکل مدل باید دقت کرد مدلی انتخاب شود که علاوه بر سادگی بهترین برآورد سیلاب را از داده‌های گزارش شده ارائه دهد. *(ایزدبخش، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پنجم، شماره دوم، ۱۳۸۰)*

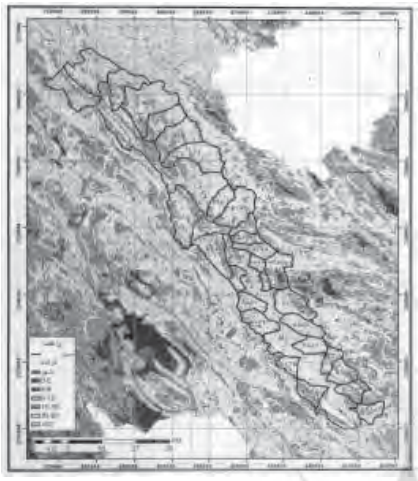


نگاره ۱: مدل رقومی ارتفاعی زمین

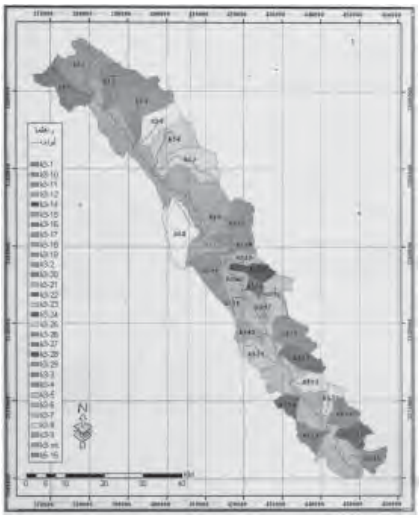
هدف از این پژوهش استفاده از پارامترهای فیزیوگرافی در تخمین سیلاب برای حوضه‌های فاقد آمار می‌باشد. لذا با استفاده از رگرسیون و ضمن کاربرد داده‌های فیزیوگرافی به عنوان متغیرهای مستقل مدل‌بندی سیلابهای حوضه بازُفت انجام پذیرفت. داده‌های فیزیوگرافی در نظر گرفته شده در مدل‌بندی عبارتنداز:

مساحت(A) برحسب کیلومترمربع، محیط (P) برحسب کیلومتر، حداقل ارتفاع حوضه(Hmin) یا ارتفاع ایستگاه هیدرومتری بر حسب متر، حداکثر ارتفاع آبراهه اصلی (Hmax) برحسب متر، شیب متوسط حوضه(Smw) برحسب متر بر کیلومتر، طول آبراهه اصلی (Lriver) برحسب کیلومتر، ضریب گراولیوس(Gr)، ضریب شکل هورتون (Rf)، ضریب شکل (Sw)، ضریب گردواری(Rc)، زمان تمرکز(Tc) برحسب ساعت، عرض مستطیل معادل(Relo) برحسب کیلومتر، طول مستطیل معادل (Rela) برحسب کیلومتر

برای محاسبه تعدادی از خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ استفاده شد. ابتدا محل قرار گرفتن ایستگاه‌های منتخب بعنوان نقطه خروجی هر یک از زیرحوضه‌ها در نظر گرفته شد و حوضه آبخیز هر یک از این ایستگاه‌ها بسته شد. مساحت، محیط و طول آبراهه اصلی از نقشه و با کمک نرم‌افزار Autocad بدست آمد برای محاسبه زمان تمرکز از فرمول چاو استفاده گردید. حداکثر ارتفاع آبراهه اصلی با توجه به نقشه و امتداد آبراهه اصلی در حوضه بدست آمد. ضرایب شکل و دیگر پارامترها با استفاده از فرمول‌های مربوطه محاسبه گردید.



نگاره ۲: نقشه شیب بازُفت



نگاره ۳: زیرحوضه‌های حوضه بازُفت

مدل برای دبی ۲ تا ۱۰۰۰ ساله ساخته شد که در اینجا یک مورد ۲ ساله برای نمونه آورد شده است. (نگاره۵)

مدل برای دبی ۲ ساله در زیرحوضه بازفت:

$$Q2 = 0.656\ AREA + 0.296\ SLOPE\text{-}AVE \qquad R2 = 49.06 \qquad (۱)$$

براساس نتایج جدول(۳) و با توجه به مقدار، P– مقدار کوچکتر از ۰/۰۵ می‌توان گفت این مدل معنی‌دار است.

براساس نتایج جدول(٤) و با توجه به مقادیر P– مقدار مربوط به آزمون معنی‌داری پارامترهای مساحت و شیب به عنوان دو متغیر مستقل در مدل دبی ۲ ساله بازفت می‌توان نتیجه گرفت که ضرایب مربوطه در مدل معنی‌دار است. (به طور معنی‌داری با صفر اختلاف دارد.)

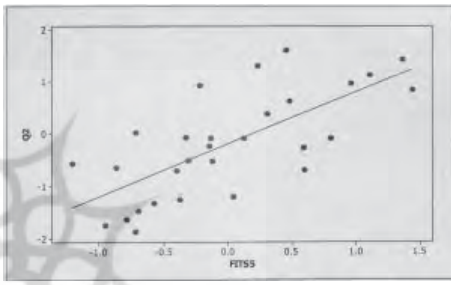
در نگاره(٤) مقادیر دبی ۲ ساله بازفت در مقابل مقادیر برازش شده از مدل فرمول(۱) به همراه خط رگرسیونی نشان داده شده است. واضح است که هرچه نقاط به خط نیمساز ربع اول نزدیکتر باشند برازش، مناسبتر است.

جدول ۳: آنالیز واریانس مربوط به مدل دبی ۲ ساله حوضه بازفت

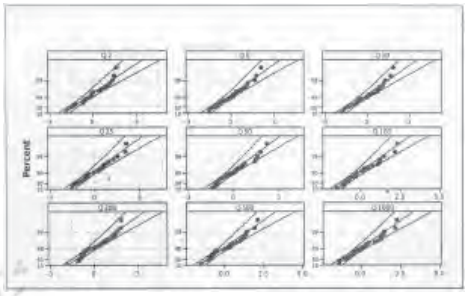
منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره آزمون	P- مقدار
رگرسیون	۲	۱۴/۲۵۸۲	۷/۱۲۹۱	۱۳	۰/۰۰
خطا	۲۷	۱۴/۸۰۵۲	۰/۵۴۸۳		
کل	۲۹	۲۹/۰۶۳۴			

جدول ۴: آزمون معنی‌داری برآورد ضرائب مدل دبی ۲ ساله حوضه بازفت

پارامتر	برآورد	خطای برآورد	آماره آزمون	P- مقدار
مساحت	۰/۶۵۶۱	۰/۱۴	۴/۶۹	۰/۰۰
شیب	۰/۲۹۶۱	۰/۱۴	۲/۱۲	۰/۰۴۴



نگاره۴: پراکنش مقادیر برازش شده در مقابل مقادیر دبی ۲ ساله در حوضه بازفت



نگاره۵: پراکنش مقادیر برازش شده در مقابل دبی ۲ تا ۱۰۰۰ ساله در حوضه بازفت

جدول ۵: مربوط به ارائه روابط ارتباط دهنده دبی با دوره برگشت مختلف به صورت تابعی از خصوصیات فیزیوگرافی بازفت

دوره برگشت	مدل‌های برآورد سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف
۲ ساله	Q2= 0.656 AREA+ 0.296 SLOPE-AVE
۵ ساله	Q5= 0.846 AREA+0.200 SLOPE-AVE
۱۰ ساله	Q10= 0.894 AREA+ 0.366 SLOPE-AVE
۲۵ ساله	Q25= 0.845 AREA+0.440 SLOPE-AVE
۵۰ ساله	Q50= 0.774 AREA+ 0.142 SLOPE-AVE
۱۰۰ ساله	Q100= 0.797 AREA+ 0.217 SLOPE-AVE
۲۰۰ ساله	Q200= 0.796 AREA+ 0.226 SLOPE-AVE
۵۰۰ ساله	Q500= 0.805 AREA+ 0.308 SLOPE-AVE
۱۰۰۰ ساله	Q1000= 0.823 AREA+ 0.270 SLOPE-AVE

در جدول(۵) مدلی مناسب‌تر است که میانگین مربعات خطای کوچکتری داشته باشد در این حالت میزان R^2 بالاتر و برازش مناسبتر است و همانطور که ملاحظه می‌گردد دبی با دوره برگشت ۱۰ ساله این خصوصیات را بیشتر دارا می‌باشد.

نتیجه

در مدل‌بندی سیلاب عامل دوره برگشت در نظر گرفته شد در تخمین سیلاب‌ها با دوره برگشتهای مختلف در حوضه بازفت (۵۰% از ایستگاه‌های منتخب) از توزیع لوگ پیرسون تیپ۳ پیروی می‌کردند و در اکثر ایستگاه‌های دیگر نیز توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ اگر بهترین برازش را نداشت ولی برازش خوبی می‌داد. برای اطمینان و دقت بیشتری برای هر دوره برگشت ۲ تا هزار ساله به تفکیک بین خصوصیات فیزیوگرافی و دبی برگشت‌های موردنظر رگرسیون چندگانه گرفته شد.

ضمن استفاده از (minitab) برای مدل‌بندی سیلاب‌های بازفت از دو نوع مدل خطی و مدل غیرخطی استفاده گردیده است. در این پژوهش مدل خطی برای تمام دوره برگشت‌ها ضریب تبیین(R^2) بهتری نسبت به مدل غیرخطی داشت. شایان ذکر است که برتری مدل خطی نسبت به مدل غیرخطی توسط استدینگر و هینز برای ۱۴۵ حوضه در ایالات متحده آمریکا نیز نتیجه‌گیری شده بود. ***(Journal of Hydrology 210,1998)***

با توجه به نرم‌افزار (minitab) نحوه بهینه‌سازی مدل به روش قدم به قدم بشرح زیر انجام گردید. در این روش ابتدا پارامترهایی که بیشترین ارتباط را با متغیر وابسته دارند وارد مدل گردیدند. سپس سطح معنی‌داری هر یک از متغیرهای باقی مانده بررسی شد و مناسب‌ترین پارامترها وارد مدل گردید. این روند همچنان ادامه یافت تا بهترین مدل با ضریب تبیین بالاتر و خطای معیار برآورد کمتر بدست آمد.

نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در تخمین سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف در هر زیر حوضه مورد استفاده قرار گیرد. چرا که در اکثر مطالعات عمرانی، کشاورزی، فنی و مهندسی اطلاع از دبی سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف کاربرد فراوان دارد. خصوصاً این که برآوردها به استناد خصوصیات فیزیوگرافی هر حوضه انجام شده است.

نتایج این تحقیق به لحاظ ماهیت کاربردی بودن آن عمدتاً می‌تواند

در مراکز و شرکت‌هایی که فعالیت‌های مشاوره‌ای در طرح‌های عمرانی، کشاورزی، فنی و مهندسی ارائه می‌دهند مورد استفاده قرار گیرد و همچنین کارفرمایان نیز می‌توانند برای تعریف پروژه‌های جدید با نظارت بر عملکرد طرح‌های در حال مطالعه یا بهره‌برداری، از آن استفاده کنند؛ ضمن آن که از جنبه کاربری‌های آموزشی خصوصاً در مبحث کاربرد GIS در علم هیدرولوژی می‌تواند کاربرد داشته باشد.

منابع و مآخذ

۱-ضیایی، حجت الله، کاربرد قوانین آماری در هیدرولوژی مهندسی، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۰.

۲-قربانی گلزاری نژاد، م. بررسی مدل‌های منطقه‌ای سیلابها (مطالعه موردی در حوضه آبخیز آجی چای) پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۱۳۸۲.

۳-وزارت نیرو، بولتن کمیسیون آب، بهار ۱۳۸۳.

٤-نجمایی،م. هیدرولوژی مهندسی، جلداول و دوم، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۰.

٥- شرکت مهندسین مشاور یکم. مطالعه احیا اراضی کشاورزی حوضه کارون، جلد هشتم، منابع آب و هیدرولوژی، ۱۳۸۲.

٦- اسلامیان،س. کاربرد مدل‌های تجربی و احتمالاتی در برآورد جریان سطحی و دبی‌های اوج سیلاب برای حوضه‌های مرکزی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۹.

۷-اسدی، ع. بررسی هیدرولوژی سرشاخه‌های کارون، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته منابع آب، دانشگاه تهران، ۱۳۸۵.

۸-جلالی، ع. گزارش هواشناسی حوضه‌های کرخه، دز، کارون و زاینده‌رود، طرح جامع آب کشور،۱۳۸۲.

۹-روانبخش،ع. بررسی هیدرولوژی حوضه آبخیز کارون، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته منابع آب، دانشگاه تهران، ۱۳۷۷.

۱۰-شرکت مهندسین مشاور جاماب وابسته به وزارت نیرو، طرح جامع آب کشور حوضه آبخیز دز و کارون، ۱۳۷۸.

۱۱- ایزدبخش،م.س، اسلامیان.س، موسوی، مدلهای برآورد حداکثر دبی میانگین روزانه با برخورداری از ویژگی‌های فیزیوگرافیک برای حوضه‌های آبخیز غرب ایران، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پنجم، شماره دوم، ۱۳۸۰.

۱۲-موسوی، ه.ع. سپاسخواه، تخمین دبی حداکثر روزانه در حوضه‌های آبخیز فاقد آمار در استان فارس، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس، ۱۳٦۸.

۱۳-حسام،م.م، مفتاح حلقی. ارائه مدل سیلاب منطقه‌ای حوضه آبخیز گرگانرود. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۷۸.

۱٤- خانجانی، م. ع، بارانی.ح، گل محمدی. مدل‌بندی سیلاب‌های منطقه‌ای رودخانه‌ها در حوضه جازموریان استان کرمان، پنجمین سمینار مهندسی رودخانه، ۱۳۷۷.

۱٥- موحددانش،ع.ا، فاخری. مدل‌بندی سیلاب‌های منطقه‌ای در شرق دریاچه ارومیه اولین سمینار مهندسی رودخانه، ۱۳٦۹.

۱٦- اوربان،ج(ترجمه هادی خطیبی). روش آنالیز فرکانس سیلاب رودخانه‌ها، تحلیل فراوانی سیلاب رودخانه کشف رود در ایستگاه آق دربند، وزارت نیرو، امور نظارت و برنامه‌ریزی آب، ۱۳۸٥.

۱۷- موحد دانش، ع. هیدرولوژی آبهای سطحی ایران انتشارات سمت، ۱۳۸۳.

۱۸- افشین، ی. رودخانه‌های ایران، جلد اول، وزارت نیرو، شرکت مهندسین مشارو جاماب، ۱۳۸۲.

۱۹- علیزاده، ا. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۸۳.

۲۰-کایت، ج. دبلیو(ترجمه بزرگ نیا،۱،۱.علیزاده، م. نقیب زاده، ح. خیابانی) تحلیل وقایع و ریسک در هیدرولوژی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ اول، ۱۳۸۲.

۲۱- مقدم،ر. تعیین دبی ماکزیمم لحظه‌ای در حوضه‌های آبخیز فاقد آمار سد زاینده‌رود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۷۸.

۲۲- باقری، ر. تعیین دبی ماکزیمم لحظه‌ای در حوضه‌های آبخیز فاقد آمار سد زاینده‌رود پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۲.

۲۳- عرب خدری،م. بررسی سیلاب‌های حداکثر حوضه‌های آبخیز شمالی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۷۸.

24- Sanyu Consulting in a Corporation. The Study on watershed management Plan for Karoon river in Islamic Republic of December 2000.

25- Riggs, H.C. Regional Analysis of Stream Flow characteristics, Techniques of water Resources, investigations, USGS Publication, Book4, 1999.

26- Stamey, T.C. and G.W. hess. Techniques for Estimating Magnitude Frequency of Floods in Rural Basins in Georgia. Water Resources investigation Report 93-4016, USGS Publications, 2004.

27- Moore, R.j. Combined Regional Flood Frequency Analysis and Regression Catchments Characteristics Maximum Likelihood Estimation. Proceedings of the international Symposium on Frequency and Risk Analysis, Louisiana Siate University. Baton Rouge, USA, 2007.

28- Caunti, P. and U. Moisello. Methods for Estimating the peak Dischrge. Proceedings of the international Symposium on Flood Frequency and Risk Analysis, Louisiana state University, Baton rouge,USA,2004.

29- Heinz D.F. and J.R. Stedinger. Using Regional Regressing Within index Flood Procedures and an Empirical Bayesian Estimator. Journal of Hydrology 210. 1998.

30- Cunnane, C. Statistical Disteibution for Flood Frequency Analysis. WMO NO.718,2002.

31- Acreman, M.C. Predicting of Peak flows on Small Watersheds in Oergon for in Culvert Design. Water Resoure. Buul. 30(10), 1994.

32- Mimikou, M. and J. Gordios. Regional Analysis of the Mean Annual Flood and of Flood Frequency Characteristics, pore of the Baltimore symp, IAHS. Publ. 191, 2000.

33- Varshney, R. S. Engineering Hydrology. Second Ed, New Delhi, India, 1979.

34- Movahed- Denesh. A. Determination of Equation Q=f (h) Using the data Obtained from Velocity measurements. The 15th Iranian Mathematics Confrence, Shiraz Iran, 2004.

35- Movahed-Danesh, A. Mathematical of Regional Floods. 19 th Iranian Mathematical Conference Rasht. Iran 2003.

36- Muterja K.n. Applied Hydrology. MC Graw Hill.2001.

37- Lenard, k. and R. pere. Finding Groups in Data-an introduction to Cluster Analysis. John Wiley and Sons inc, 1998.

38- Charles, H. Statistical Methods in Hydrology. The lowa State University Press, Ames, LOWA,USA, 2003.