

## برآورد سیلاب در حوضه رودخانه وربند لارستان

دکتر محمد رضا ثروتی

دانشیار گروه جغرافیا دانشگاه شهید بهشتی

عبدالرسول قنبری

فارغ التحصیل دوره دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان

### چکیده:

سیل یکی از زیانبارترین بلاهای طبیعی است که همواره خسارت جانی و مالی فراوانی را به همراه دارد. در توسعه فیزیکی شهرها و مناطق وابسته به آنها، پیش بینی و برآورد سیلابها، بسیار مهم است. مهمترین مشکل در برآورد سیلابها و طغیان های استثنایی رودخانه ها، نبود آمار کافی و نتیجتاً عدم ارزیابی مناسب جریان و مقدار آن می باشد. یکی از روش های برآورد سیلاب در مناطق فاقد آمار، استفاده از روش مدل سازی سیلاب است. در این نوشتار، دبی حداکثر لحظه ای، در حوضه آبریز رودخانه وربند لارستان با استفاده از نرم افزار Smada مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به نتایج حاصله، پارامترهای مساحت حوضه و طول آبراهه اصلی بیشترین تاثیر، در ایجاد سیلاب منطقه به عهده دارند. و چنانچه از روش تجزیه خوشه ای به جای روش لانگبین در تعیین مناطق همگن استفاده شود، مدل بدست آمده دارای دقت بیشتر و خطای کمتری خواهد بود.

واژه گان کلیدی: مدل سازی سیلاب، حوضه آبریز، رودخانه، وربند لارستان، تجزیه خوشه ای، روش لانگبین.

### مقدمه:

ضرورت حفظ و نگهداری از منابع آبی ایجاب می کند که، برآورد دبی اوج سیلاب، به عنوان یک امر مهم در مهار سیلاب ها مورد بررسی قرارگیرد. مشکل اساسی در این بررسی، کمبود و یا حتی نبود آمار و اطلاعات مورد نیاز می باشد. با بکارگیری روش تحلیل منطقه ای (مدل سازی) سیلاب، می توان تا حدودی این مشکل را برطرف نمود.

تحلیل منطقه ای سیلاب شامل دو بخش است: در بخش نخست عرصه های همگن تعیین می شوند. در بخش دوم مدل تحلیل منطقه ای سیلاب برای مناطق همگن استخراج و معرفی می گردد. این مدل ها در بر گیرنده خصوصیات محلی و ضرایب منطقه ای حوضه می باشد. از جمله مطالعات انجام گرفته در این زمینه می توان به مطالعات کراف و رانتز<sup>۱</sup> (1988) در کالیفرنیا، لاوگان و تونگ<sup>۲</sup> در آکلند شمالی<sup>۳</sup>، میمیکو و گوردیوس<sup>۴</sup> در یونان (1989) و شاهی نژاد (۱۳۸۱) در ایران اشاره کرد.

هدف عمده این نوشتار، استخراج مدلی منطقی و قابل قبولی است که بین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه رودخانه وربند لارستان و دبی های سیلاب حداکثر لحظه ای با دوره های برگشت مختلف، رابطه مناسبی برقرار سازد. همچنین یک سری مقایسه، بین روش های اعمال شده در تعیین مدل منطقه ای سیلاب، از قبیل تعیین مناطق همگن برای حوضه های با اقلیمی خشک، انجام گرفته است. جهت انجام این کار با استفاده از نرم افزار Smada، به تحلیل فراوانی روی داده های سیلاب پرداخته شده و برای تعیین مناطق همگن، از روش های همگنی لانگبین و تجزیه خوشه ای استفاده گردید. سپس از روش تحلیل منطقه ای و روش رگراسیون چندگانه، جهت تعیین یک ارتباط منطقی و مناسب، بین دبی سیلاب و ویژگیهای فیزیوگرافی حوضه ها استفاده شده است.

### موقعیت و خصوصیات جغرافیائی منطقه مورد مطالعه :

شهر لار با مختصات جغرافیائی ۲۷ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع متوسط ۸۰۰ متر نسبت به سطح دریا، واقع در جنوب استان فارس، مرکز سیاسی لارستان است. در یک دوره آماری ۵۰ ساله (ایستگاه سینوپتیک فرودگاه بین المللی لارستان، ۱۹۵۷-۲۰۰۶)، متوسط بارش این شهر ۲۲۰ میلی متر بوده که بیش از ۷۰٪ این بارش مربوط به دوره سرد سال و فعالیت جریانات غربی و مدیترانه ای و ۱۸٪ آن، حاصل هجوم موسمی های جنوب شرقی، به منطقه است. که این نوع بارش، همراه با طوفان، رعد و برق، و رگبار هایی است که سیلابهای شدیدی را به همراه دارد. و در بیشتر مواقع باعث طغیان رودخانه های منطقه می شود. و آب این منبع حیاتی را، به معضلی مزمن و گریبانگیر بدل می کند که حاصل آن تخریب، ویرانی و یا حتی مرگ می باشد.

براساس روش تقسیم بندی اقلیمی کوپن، این شهر دارای اقلیمی از نوع BWh یعنی بیابانی جنب حاره ای گرم (استپ عرض پائین - یمه خشک گرم) می باشد. بارش سالیانه کم و تبخیر زیاد، در بیشتر ایام سال محدودیت مصرف را در رابطه با منابع آب ایجاد نموده است. در حالی که افزایش جمعیت، بویژه رشد بالای ۳٪ در نقاط شهری (فرمانداری لارستان، ۱۳۸۲)، نیاز به آب را، در منطقه تشدید می کند. توان انسان در حال حاضر در افزایش بارش منطقه

<sup>1</sup>Cruft and Rants

<sup>2</sup>Lawgun and Toong

<sup>3</sup>North Auckland

<sup>4</sup>Mimikou and Gordios

ای، چندان زیاد نیست، بنابراین به نظر میرسد بهترین راه چاره آن است که، از باران و رطوبت موجود به طرز صحیح استفاده بعمل آید.

رودخانه وربند که احتمالاً هسته اولیه شهر لار در کناره های آن ایجاد شده، در حیات شهر قدیمی لار، نقش بسیار مهمی داشته اما طغیان ها و سیلاب های خطرناک آن، بویژه در طی بارش های تابستانی، همواره صدماتی به شهر و اراضی پیرامون خود، وارد ساخته است. با شناسائی و پیش بینی طغیان های آن، می توان علاوه بر جلوگیری از خسارت، در استفاده بهینه و بیشتر از سیلاب های این رودخانه، برنامه ریزی نمود.

منطقه مورد مطالعه شامل حوضه آبریز دشت لار می باشد، که در جنوب شرقی استان فارس، و در بخش مرکزی لارستان قرار گرفته، و جزء زیر حوضه آبریز رودخانه کل (شور) به شمار می آید. رودخانه کل (شور) که محدوده های وسیعی از شرق استان فارس، شمال هرمزگان، قسمت هایی از جنوب استان کرمان و سرتاسر ناحیه شرقی لارستان را زهکشی می کند (نقشه ۱)، خود جزء زیر حوضه خلیج فارس و دریای عمان طبقه بندی شده است (وزارت نیرو، ۱۳۷۰). یکی از سرشاخه های مهم رودخانه کل که از محدوده سیاسی لارستان سرچشمه می گیرد، رودخانه وربند است که گستره ای بین  $26^{\circ}34'27''$  تا  $27^{\circ}47'40''$  عرض شمالی و  $53^{\circ}57'39''$  تا  $54^{\circ}33'22''$  طول شرقی را با مساحتی نزدیک به  $905/27$  کیلومتر مربع را پوشش می دهد. حدود  $38$  درصد مساحت حوضه رودخانه وربند ( $341/02$  کیلومتر مربع) کوهستان و مابقی ( $564/25$  کیلومتر مربع) را دشت و نواحی پست تشکیل می دهد (نقشه ۲).

بلندترین نقطه حوضه مورد مطالعه (در جنوب غرب)، با ارتفاع  $2057$  متر و پست ترین نقطه (در خروجی حوضه)، از سطح دریا  $752$  متر ارتفاع دارد. به تبعیت از روند چین خوردگی های منطقه، شکل حوضه در جهت مدارات گسترش یافته است. این حوضه خود به  $9$  زیر حوضه؛ تنگ اسد، تنگ خور، گراش، تنگ لاغر، تنگ گانی، تنگ حر، فاریاب، بیغ شلو و تنگ گروه تقسیم می شود (نقشه های ۳، ۴، ۵، ۶). مشخصات کمی هر کدام از این زیر حوضه های در جدول ارائه شده است.

### پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی تال جامع علوم انسانی

#### معرفی زیر حوضه های محدوده مطالعاتی:

**زیر حوضه گراش:** آبراهه اصلی این زیر حوضه، از ارتفاعات جنوبی حوضه، سرچشمه می گیرد. و از سمت غرب به طرف شرق جریان یافته و پس از مشروب نمودن نخلستان های مسیر خود وارد دشت گراش شده، و ضمن آبیاری مزارع، در سطح دشت پنخس می گردد (یگانه، ۱۳۷۴). و در سالهای پر آبی، آبهای اضافی، از سمت شرق حوضه خارج شده و به زیر حوضه تنگ لاغر می ریزد. در محل اتصال این دو زیر حوضه، بندی قدیمی به نام مشکال وجود دارد، که آب جمع آوری شده توسط آن جهت آبیاری نخلستان های اطراف استفاده می شود.

**زیر حوضه تنگ لاغر:** آبراهه اصلی این زیر حوضه، از ارتفاعات ملک تیر سرچشمه گرفته، و از جنوب به شمال جریان می یابد (یل، ۱۳۷۷). در محل خروجی این زیر حوضه (دره ناغ)، در سال ۱۳۲۷ بندی به ارتفاع  $20$  متر، احداث

شده است. این بند با ایجاد تاخیر در زمان تمرکز، مانع از پیوستن همزمان سیلابهای زیر حوضه گراش و لاغر به سیلابهای دره اناغ می گردد. و تا حدودی، شهر قدیم لار را از خطر سیلابهای طغیانی در امان نگه می دارد.

**زیر حوضه تنگ گروه:** این زیر حوضه در شرق زیر حوضه تنگ لاغر قرار دارد. و آبراهه اصلی آن مانند مسیل تنگ لاغر از دامنه شمالی کوه ملک تیر سرچشمه می گیرد (ناظمی، ۱۳۷۸). جهت جریان اصلی این زیر حوضه نیز، از جنوب به سمت شمال است. و در نزدیکی روستای باین، با ایجاد قوسی به سمت شرق تغییر مسیر داده و سرانجام وارد صحرای ندا می گردد.

**زیر حوضه تنگ اسد:** این زیر حوضه در سمت شرق زیر حوضه تنگ گروه قرار دارد. با توجه به جهت جریان و توپوگرافی متفاوت منطقه، این رودخانه در مسیر خود، دو مخروط افکنه، یکی در جنوب و دیگری در شمال حوضه تشکیل می دهد. هسته اولیه شهر جدید لار، روی مخروط افکنه شمالی این زیر حوضه بنا نهاده شده است (قنادی، ۱۳۷۶). در طی طغیان این رودخانه، در سال ۱۳۴۳، و ایجاد خسارت فراوان به قسمتهای از شهر جدید لار، در مسیر آن سیل بندی احداث شد، و جریان سیلابها به طرف دو مسیر خاص هدایت گردید. مسیری در غرب و مسیر دیگر، در شرق شهر طراحی شد. مسیر غربی، در جهت شمال جریان یافته و سرانجام در پائین دست در حد فاصله میان دو شهر قدیم و جدید، با آبهای تنگ گروه یکی شده و ضمن آبیاری زمین های کشاورزی، در اراضی پست دشت لار، جمع می گردد. شاخه شرقی نیز، پس از طی حاشیه شرقی شهر و آبیاری نمودن اراضی پیرامون، سرانجام در نواحی پست شمالی شهر جدید جمع می گردد.

**زیر حوضه تنگ خور:** مسیل اصلی این زیر حوضه از دامنه های جنوبی کوه ملک تیر سرچشمه می گیرد. پس از عبور از شهر خور و آبیاری مزارع و نخلستان های آن، سرانجام در جهت شرق به مسیر خود ادامه داده و در نزدیکی روستای براک به رودخانه وربند می پیوندد (یل، ۱۳۷۷).

**زیر حوضه تنگ گانی:** این زیر حوضه در شرق تنگ خور واقع شده و آبراهه اصلی آن از کوه آبی (در طاقدیس گچ) سرچشمه می گیرد. شهرک صنعتی لار، روی مخروط افکنه بزرگ این زیر حوضه بنا شده است. طغیان این زیر حوضه، علاوه بر شهرک صنعتی، بخش های از فرودگاه بین المللی لارستان را نیز تهدید می کند (مهندسین مشاور جنوب، ۱۳۸۳).

**زیر حوضه تنگ حر:** موقعیت این زیر حوضه در گوشه شمال شرقی حوضه اصلی، قرار دارد. جریان آب در این تنگ غربی، شرقی و حاصل زهکشی دامنه های جنوبی طاقدیس کورده و بخش هایی از طاقدیس سفید می باشد. احتمالاً گسل خوردگی باعث انحراف مسیر آن به طرف جنوب شده است. و سرانجام، در بالاتر از بست فاریاب به رود وربند می ریزد.

**زیر حوضه بیغ شلو:** آبراهه اصلی این زیر حوضه جریانی کاملاً مخالف رودخانه اصلی (وربند) و دیگر زیر حوضه ها دارد، چراکه جهت جریان آن شرقی غربی است. این آبراهه پس از حفر نمودن بستر و تشکیل مئاندری زیبا در ناحیه

پوزه خلعت پوشان بوسیله قوسی ارتباط خود را با رودخانه وربند برقرار می سازد. این آبراهه که درحین عبور از دشت پشته سنگر شعبات فراوانی را دریافت و در نهایت در محدوده دشت اناغ، به تبعیت از گسلش گچستان ( میدان اسب دوانی) در مسیر خلاف جریان قبلی، همچون دیگر شاخه ها، در جهت غرب به شرق جریان می یابد.

**زیر حوضه بست فاریاب:** این زیر حوضه از نظر وسعت دومین، و از لحاظ ناهمواری، کم ارتفاع ترین زیر حوضه رودخانه وربند محسوب می شود. اراضی پست و هموار، بیشترین محدوده آن را، پوشش می دهد. در واقع، بسیاری از زیر حوضه های فوق الذکر از جمله، تنگ اسد، گروه، خور، کانی و تنگ حر در این زیر حوضه به رودخانه وربند متصل می شوند.

### روش تحقیق :

در مناطقی که آمار و اطلاعات مربوط به سیلابها موجود باشد، برآورد حداکثر دبی لحظه ای روزانه با دوره برگشت های مختلف، امکان پذیر است. ولی در حوضه های فاقد آمار و یا دارای آمار محدود، نمی توان از توزیع های آماری در این مورد استفاده کرد. از جمله روش هایی که در حال حاضر برای پیش بینی سیلاب در مناطق فاقد آمار استفاده می شوند، می توان به روشهای همچون سیل نمایه، معادلات تجربی، شبکه مربع، رگرسیون چندگانه و روند یابی سیل اشاره نمود.

از میان روش های فوق، روش رگرسیون چندگانه با توجه به سادگی و دقت قابل قبول، برای برآورد سیلاب در محدوده مورد مطالعه استفاده شد. در این روش به تحلیل فراوانی سیلاب پرداخته، و با توجه به روشهای همگنی لانگین و تجزیه خوشه ای، مناطق همگن تعیین و بالاخره با استفاده از روشها و نرم افزارهای آماری و رگرسیون چندگانه، مدل های مناسب برای تخمین سیلاب برگزیده و معرفی گردید. شایان ذکر است، که نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ منطقه و نرم افزار آماری SPSS همواره مورد استفاده بوده است.

### استخراج داده ها، نتایج و بحث :

#### کنترل و تکمیل آمار :

در این نوشتار برای تکمیل داده ها از روش رگرسیون و همبستگی بین حوضه های همجوار و همگن و نیز ارتباط بین عوامل هیدرولوژیک استفاده شده است. شایان ذکر است که بدون ارزیابی صحت داده ها، انجام دادن تحلیل های پیچیده آماری نتایج قابل اعتمادی را به دست نخواهد داد. لذا قبل از تجزیه و تحلیل داده ها لازم است از کیفیت آنها اطمینان حاصل نمود. در این مقاله برای بررسی همگنی و کیفیت داده ها، از روش ساده دقیق و غیر گرافیکی ران تست ( علیزاده، ۱۳۸۲) استفاده شد.

### آنالیز فراوانی سیلابها و انجام آزمون :

به طور کلی در تحلیل فراوانی سیلاب ها می توان از سه فرض استفاده نمود که عبارتند از :

الف) داده های مورد تجزیه و تحلیل ، پیشامدهای تصادفی هستند .

ب) فرایند های طبیعی مورد بحث نسبت به زمان ایستا هستند .

ج) پارامترهای جامعه از نمونه قابل برآورد است

در این نوشتار از متداول ترین توزیع های مورد استفاده در هیدرولوژی برای داده های سیلاب، همچون توزیع نرمال یا گوس، توزیع لوگ نرمال دو پارامتری، توزیع لوگ نرمال سه پارامتری، توزیع گامای دو پارامتری، توزیع پیرسون تیپ سه، توزیع لوگ پیرسون تیپ سه، توزیع گامبل ، استفاده شده است.

لازم به ذکر است که در برآورد پارامترهای توزیع های فوق الذکر، از روش گشتاورها و حداکثر درستنمایی، استفاده گردیده است. برای محاسبه پارامترهای مربوط به توزیع های یاد شده در بالا و دبی با دوره برگشت های مختلف، از نرم افزار Smada استفاده شد. پس از محاسبه انواع توزیع ها و تعیین مقادیر دبی با دور برگشت های مختلف از آزمون نکویی برازش جهت مقایسه مشاهدات با تخمین های آماری و بالاخره تعیین توزیع آماری مناسب برای هر یک از زیرمجموعه های منطقه مورد مطالعه، استفاده گردید. بطور کلی آزمون های نکویی برازش با روش هایی همچون روش کلاسیک ( شامل آزمون های مربع کای و کلموگروف - اسمیرنوف )، روش ترسیمی، چشمی و روش آماره انحرافات نسبی، صورت می گیرد .

جهت کنترل اولیه توزیع ها از آمار مربع کای و کلموگروف ، اسمیروف استفاده شد و در نهایت روش آماری انحرافات نسبی برای تعیین توزیع نهائی ( منتخب ) مورد استفاده قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است . در جدول ۲، برای هر زیر حوضه سه توزیع اول، بترتیب بهترین، نشان داده شده اند. و می توان گفت که، در مجموع توزیع لوگ پیرسون تیپ سه، در کل حوضه برازش تقریباً مناسبی، به داده های سیلابی اندازه گیری شده، داده است.

### عوامل موثر بر رواناب خروجی حوضه آبریز :

خصوصیات فیزیوگرافی حوضه از قبیل مساحت، محیط، شیب متوسط آبراهه اصلی و ... که در تولید سیلاب های لحظه ای موثرند ، برای زیر حوضه های منطقه مورد مطالعه، بررسی، محاسبه و در جدول ۱ ذکر شده است .

### بررسی همگن بودن زیر حوضه های منطقه مورد مطالعه :

در انجام یک آنالیز منطقه ای ، باید به این نکته توجه داشت که منطقه مورد مطالعه از نظر عواملی که در آنالیز سیلاب موثر هستند باید دارای یک خصوصیات همگن باشند . روش های مختلفی برای تعیین گروه های همگن در هیدرولوژی مطرح است که می توان آنها را به صورت زیر دسته بندی نمود :

الف) روش های مبتنی بر عکس العمل هیدرولوژیکی حوضه ها (روش لانگبین)

ب) روش های مبتنی بر خصوصیات حوضه ها (روش تجزیه خوشه ای)

ج) روش های مبتنی بر مرزهای جغرافیائی

در این نوشتار از هر سه روش برای تعیین مناطق همگن استفاده شده است. در روش لانگبین از میان زیر حوضه های منطقه مورد مطالعه، زیر حوضه گراش، ناهمگن تشخیص داده شد و بقیه زیر حوضه ها در یک گروه همگن قرار گرفت. اما در روش تجزیه خوشه ای با استفاده از پارامترهای فیزیکی، به ویژه زمان تمرکز و شیب، زیر حوضه ها به دو گروه همگن تقسیم شد که گروه اول شامل زیر حوضه های تنگ اسد، تنگ خور، تنگ گروه و تنگ حر و گروه همگن دوم شامل زیر حوضه های تنگ لاغر، گراش، تنگ گانی، فاریاب و بیغ شلو می باشد. با توجه مرزهای جغرافیائی تقریباً تمامی زیر حوضه ها از یک گروه همگن مشابه برخوردار می باشند.

### تحلیل منطقه ای :

در حال حاضر به دلیل عدم امکانات در اکثر کشورها، تعداد حوضه های فاقد ایستگاه و یا حوضه هایی با دوره آماری کوتاه، نسبتاً فراوان یافت می شود. لذا جهت رفع مشکل برآورد دبی سیلابی برای این مناطق از روش تحلیل منطقه ای سیلاب استفاده می شود.

درجه موفقیت یک آنالیز منطقه ای به درجه استقلال نمونه ها و پارامترهای انتخابی، شکل مناسب مدل بر ای منطقه، بکارگیری مشخصه های مناسب رواناب، کم بودن مقدار تغییرات ناشی از شانس در داده ها بستگی دارد (USASE.1981).

کراف و رانتز<sup>۱</sup> (1988) روش های گوناگونی را برای تحلیل سیلاب منطقه ای بکار گرفته اند. و روش رگرسیون چند گانه را برای پیش بینی سیلاب، مناسب تر معرفی نموده اند.

در مطالعه حاضر برای تحلیل منطقه ای سیلاب، از روش رگرسیون چند گانه استفاده شد، در این روش، می توان یک عامل وابسته (مثلاً دبی) را به چند عامل مستقل (مثل خصوصیات فیزیکی حوضه) به نوعی ارتباط داد. در ابتدای مدل سازی باید توجه داشت که، لزوماً چه متغیرهایی باید وارد مدل شوند و ضمناً، شکل مدل انتخابی چگونه باشد. حتی المقدور بایستی سعی شود تا متغیرهای انتخابی برای مدل بیشترین سهم را در تولید سیلاب داشته و درعین حال کمترین وابستگی را نسبت به هم داشته باشند. در انتخاب شکل مدل باید دقت کرد که، علاوه برسادگی، از دقت زیادی، دربرآورد سیلاب نیز برخوردار باشد. در این مقاله از سه مدل خطی، لگاریتمی و توانی در مدل بندی سیلاب استفاده شد که شکل معادلات به صورت ذیل است :

$$Q = a + bX_1 + cX_2 + \dots$$

<sup>1</sup>ruff and Rants

$$Q = a + bLn X_1 + cLn X_2 + \dots$$

$$Q = a X_1^b X_2^c \dots$$

در این معادلات  $Q$  دبی رواناب  $a$  و  $b$  و  $c$  ضریب های ثابت معادله،  $X_1$  و  $X_2$  مشخصه فیزیوگرافیک حوضه آبریز می باشد. برای ساختن مدل های فوق از روش گام به گام استفاده شده است. در این روش ابتدا پارامترهایی که بیشترین ارتباط را با متغیر وابسته دارند، وارد مدل می شوند. سپس سطح معنی داری هر یک از متغیرهای باقیمانده بررسی و به ترتیب، مناسب ترین پارامترها، وارد مدل می شوند. این روند همچنان ادامه می یابد، تا بهترین مدل با ضریب تبیین بالاتر و خطای معیار برآورد کمتر بدست آید

در ابتدا براساس معادلات فوق و روش گام به گام، یکسری مدل های اولیه به دست آمد که شامل مدل های یک پارامتری تا چهار پارامتری بودند. در مرحله بعد براساس ضریب تبیین، سطح معنی داری مدل، سادگی مدل و در دسترس بودن پارامترهای مدل گزینش نهائی انجام گردید. نتایج حاصل در جداول ۴، ۵ و ۳ ارائه شده است. در مدل های به دست آمده، پارامترهای مساحت حوضه ( $A$ )، طول آبراهه اصلی ( $Lr$ ) و شیب متوسط حوضه ( $Sb$ ) بیشترین تاثیر را در تولید سیلاب دارند. همچنین جهت بیان منطقی سیلاب، مدل توانی، بیشتر از مدل های خطی و نیمه لگاریتمی برای منطقه مناسب است.

### تحلیل خطا:

به منظور برآورد خطای حاصل از مدل برآورد سیلاب، از تحلیل خطا استفاده می گردد. که برای انجام این کار از روش میانگین خطا استفاده شده است. در این روش ابتدا درصد خطا محاسبه شد و سپس میانگین درصد خطا به عنوان میانگین خطای مدل مورد استفاده قرار گرفت.

$$E_i = \left| \frac{Q_o - Q_E}{Q_o} \right| \times 100$$

$$ME = \frac{1}{n} \sum E_i$$

در این معادلات  $E_i$  درصد خطا،  $ME$  درصد خطای میانگین  $Q_o$  دبی مشاهده شده و  $Q_E$  دبی برآورد شده و  $n$  تعداد ایستگاهها می باشند.

در مقایسه خطای میانگین تخمین سیلاب معلوم گردید که چنانچه از روش لانگین برای آزمون همگنی حوضه ها استفاده گردد، برآورد سیلاب با خطای زیادتری همراه خواهد بود. این امر ناشی از آن است که در روش همگنی لانگین، زیر حوضه های منطقه مورد مطالعه، کلاً به صورت یک گروه همگن مورد قبول واقع شدند. درحالیکه در روش



تجزیه خوشه ای کلیه زیر حوضه ها به دو گروه همگن تقسیم گردیدند. شکل ۷، در صد خطای متوسط تخمین سیلاب، برای دوره های بازگشت ۲۰، ۲۰۰، ۱۰۰۰ ساله در منطقه مورد مطالعه، نشان می دهد.

### نتیجه گیری :

تحلیل فراوانی وقوع سیلاب به منظور طراحی تاسیساتی که در مناطق سیل خیز قرار گرفته، بسیار ضروری است. بدین منظور تخمین دقیقتر حداکثر دبی سالانه و حداکثر سیل محتمل منطقه لازم می باشد. یکی از پارامترهایی که در تعیین حداکثر سیل محتمل نقش اساسی ایفا می کند، دبی اوج می باشد. از آنجائیکه در بسیاری از مناطق کشور ایستگاههای هیدرومتری وجود ندارد، لذا استفاده از روش تحلیل منطقه ای، اجتناب ناپذیر است. از مجموع تحقیقات گذشته و بررسی انجام گرفته در این نوشتار، در رابطه با حوضه رودخانه وربند لارستان می توان چنین استنتاج نمود که:

(-) بیشتر زیر حوضه ها از توزیع لوگ پیرسون تیپ سه (LP III) پیروی می کنند .

(-) در روش تجزیه خوشه ای، از پارامترهای فیزیو گرافی از جمله: زمان تمرکز، شیب متوسط آبراهه و شیب متوسط حوضه برای تعیین مناطق همگن استفاده شد. در نهایت تمام زیر حوضه ها به دودسته همگن تقسیم گردیدند. دسته اول شامل زیرحوضه های تنگ اسد، تنگ خور، تنگ گروه، تنگ حر؛ و دسته دوم، زیر حوضه های بیغ شلو، لاغر، گراش، گانی و فاریاب را شامل شدند .

(-) در روش همگنی لانگبین تمام زیر حوضه ها به استثنای زیر حوضه گراش، همگن محسوب می شوند. این امر گرچه بررسی سیلاب را آسان می کند، ولی از دقت تخمین دبی سیلاب می کاهد .

(-) در مدل سازی سیلاب های منطقه مورد مطالعه از سه مدل خطی، نیمه لگاریتمی و توانی استفاده شد که در این میان مدل توانی از دقت عمل بیشتری برخوردار بودند .

(-) از مدل های به دست آمده برای دوره برگشت مختلف معلوم می شود که پارامترهای مساحت حوضه (A)، و طول آبراهه اصلی (Lr) از اهمیت بیشتری در مدل بندی سیلاب برخوردار هستند. همچنین شیب متوسط حوضه (Sb) و شیب آبراهه اصلی (Sr) از پارامترهای مهم بوده و می توانند در بهبود مدل نقش داشته باشند .

(-) اگرچه استفاده از پارامترهای تمرکز، در بهبود مدل موثر است؛ ولی خود تابع پارامترهای هندسی حوضه بوده که تاثیر آنها در مدل ملحوظ شده است. بنابراین حضور زمان تمرکز در مدل ضروری به نظر نمی رسد .

(-) این نوشتار روشن ساخت که در روش لانگبین، مدل ها، یک پارامتری و تابعی از سطح می باشند. در این روش، گرچه تخمین سیلاب با خطای بیشتر همراه است، ولی کاربرد مدل بندی سیلاب را در عمل از سادگی قابل توجهی برخوردار می سازد .

(-) مدل ها معمولا از ضریب تبیین بالایی برخوردار هستند. چنانچه از روش تجزیه خوشه ای برای تعیین همگنی حوضه استفاده شود تمام مدل ها از ضریب تبیین بالایی (بیشتر از ۹۳٪) برخوردارند؛ و در صورتیکه از روش لانگبین

استفاده شود، این ضریب بین ۰/۸۴۳ تا ۰/۹۲۴ متغیر است. و نشانگر آن است که بهره گیری از روش مدل بندی بسیار مطلوب و رضایت بخش می باشد.

(-) با توجه به شکل ۷ می توان نتیجه گرفت که در صورت استفاده از روش تجزیه خوشه ای در تعیین مناطق همگن می توان به مدل های دقیق تری دست یافت.

جدول (۱): خصوصیات فیزیکی زیر حوضه های رودخانه وربند لارستان

Sr	Sb	Rb	D	Tc (h)	b (Km)	B (Km)	Cc	Fs	Lr (Km)	ΔE (m)	ELm (m)	ELM (m)	LW (Km)	P (Km)	A (Km <sup>2</sup> )	زیر حوضه
۹,۸	۲۳	۲۳۱	۲۶۲	۱۰۰,۸	۱,۸۳	۱۲,۲۹	۱,۲۹	۰,۲۸۱	۱۱,۵	۱۱۳۰	۸۲۷	۱۵۵۷	۹	۲۸,۷۵	۲۲,۸	تنگ اسد
۱۰,۵	۱۸	۶,۸	۲۲۰	۰,۸۹۷	۲,۷۳	۷,۶۱	۱,۱۷	۰,۳۷۹	۸	۸۳۱	۸۰۷	۱۶۲۸	۷,۲۵	۲۰,۷۵	۲۰,۸۷	تنگ خور
۲,۲	۷	۱۰,۸۱	۱,۸۵	۲,۱۸	۶,۸۵	۳۳,۱۸	۱,۲۸	۰,۳۳۸	۲,۵	۱۱۶۶	۸۹۱	۲۰,۵۷	۲۳	۸۰,۳۵	۲۳,۰۷۵	گراش
۵,۵	۱۳	۳,۷۸	۱,۷۶	۰,۹۳	۳,۳۲	۱۸,۰۵	۱,۵۳	۰,۲۶۶	۱۷,۷۵	۹۸۹	۹۰,۸	۱۸۹۷	۱۵,۲۵	۳۳	۶۱,۸	تنگ لافر
۷,۳	۱۵	۲,۲۳	۲,۶۶	۱,۹۲	۲,۲۷	۶,۷	۱,۲۹	۰,۳۳۹	۷,۷۸	۵۷۳	۸۰,۴	۱۳۷۸	۶,۶	۱۸	۱۵,۲۲	تنگ گروه
۶,۱	۱۲	۶,۹۱	۲,۰۵	۱,۳۷	۳,۸۷	۱۱,۵۱	۱,۲۹	۰,۳۹۵	۱۳,۵	۸۳۱	۸۱۷	۱۶۲۸	۹,۵	۳۱	۳۲,۷۳	تنگ کانی
۶,۲	۱۱	۵,۰۳	۱,۳	۲,۰۷	۸,۰۸	۱۶,۳۳	۱,۱۹	۰,۷۲۳	۲۰,۵	۱۲۲۵	۷۵۲	۱۹۹۷	۱۳,۵	۲۹	۱۳۲,۰۷	قاریاب
۱۱	۲۳	۵,۱۳	۲,۲۸	۰,۹۱	۲,۲۵	۹,۶۶	۱,۳۳	۰,۲۶۹	۹,۶	۱۰۹۹	۸۹۸	۱۹۹۷	۹	۲۳	۲۱,۸۲	تنگ حر
۶,۳	۱۲	۷,۷۹	۲,۰۳	۱,۸۶	۳,۵۳	۱۵,۱۶	۱,۲۳	۰,۲۷۳	۱۹	۹۲۲	۸۵۵	۱۷۹۷	۱۳	۳۷,۵	۵۳,۶۵	تنگ شلو

واحدهای جدول:  
 مساحت A = محیط P/طول آنجیز LW/ ارتفاع ماکزیم ELM - ارتفاع اختلاف ارتفاع AE/طول آبراه اصلی Lr/ضریب شکل F/s  
 ضریب کردی C/c=طول مستطیل معادل B/عرض مستطیل معادل = بازمان تمرکز c = تراکم زمکنی D=نسبت انقباض R/b=ضریب متوسط حوضه Sb  
 ضریب آبراه اصلی - Sr

جدول ۲: نتایج آزمون برازندگی توابع توزیع دبی های حداکثر لحظه ای و چگونگی انتخاب بهترین توزیع

نام زیر حوضه	توزیع	درجه آزادی	مربع کای	مربع کای شاخص	کلموگروف - اسمیرنوف	کلموگروف - اسمیرنوف شاخص
تنگ اسد	LP III (M.Ind)*	1	0.923	3.84	0.062	0.259
	2LN(M.)	2	0.923	5.99	0.062	0.259
	P III (M)	1	0.923	3.84	0.062	0.259
تنگ خور	LP III (M.Ind)*	1	2.846	3.84	0.100	0.259
	P III (M)	1	9.769	3.84	0.123	0.259
	2PG(Max.LH)	2	2.846	5.99	0.100	0.259
تنگ لاغر	LP III (M.Ind)*	1	0.154	3.84	0.031	0.259
	2LN(M.)	2	0.923	5.99	0.031	0.259
	3LN(M.)	1	2.076	3.84	0.054	0.259
گراش	LP III (M.Ind)*	1	0.538	3.84	0.054	0.259
	GU(Max.LH)	2	5.923	5.99	0.138	0.259
	3LN(M.)	1	6.692	3.84	0.005	0.259
تنگ گانی	2PG(M.)*	2	3.615	5.99	0.092	0.259
	GU(M.)	2	2.846	5.99	0.085	0.259
	LP III (M.Ind)	1	4.769	3.84	0.092	0.259
تنگ گروه	LP III (M.Ind)*	1	0.923	3.84	0.031	0.259
	2LN(M.)	2	4.00	5.99	0.138	0.259
	3LN(M.)	1	7.076	3.84	0.138	0.259
فاریاب	LP III (M.Ind)*	1	3.00	3.84	0.031	0.259
	P III (M)	1	0.538	3.84	0.054	0.259
	2PG(M.)	2	2.846	5.99	0.085	0.259
تنگ حر	LP III (M.Ind)*	1	3.230	3.84	0.069	0.259
	2PG(M.)	2	3.230	5.99	0.069	0.259
	2PG(Max.LH)	2	1.692	5.99	0.069	0.259
بیغ شلو	LP III (M.Ind)*	1	0.154	3.84	0.015	0.259
	2LN(M.)	2	0.538	5.99	0.062	0.259
	2PG(Max.LH)	2	4.769	5.99	0.138	0.259

توضیح:

(۱) LP III = لوگ پیرسون تیپ سه ، P III = پیرسون تیپ سه ، 2PG = گامای دوپارامتری ، 2LN = لوگ نرمال دوپارامتری ، 3LN = لوگ نرمال سه پارامتری ، GU = گامبل ، M. = روش گشتاورها ، - مستقیم ، M.Dr = روش گشتاورها - غیرمستقیم و Max.LH = روش حداکثر درستمنائی .

(۲) جهت پذیرش توزیع مورد نظر ، عدد مربع کای و کلموگروف - اسمیرنوف محاسبه شده بایستی از مقدار شاخص کمتر باشد .

(۳) ستون سوم توزیع منتخب را نشان می دهد که بهترین توزیع با علامت \* مشخص گردیده است .

جدول (٥) مدل‌های پیشنهادی برآورد سیلاب (روش خوشه‌ای-گروه همگن دوم)

ضریب تیین	مدل‌های پیشنهادی برای تخمین سیلاب	دوره برگشت
0.989	$Q_2 = 0.322L_r^{1.600} S_b^{-0.760}$	2
0.981	$Q_5 = 0.492L_r^{1.606} S_b^{-0.645}$	5
0.931	$Q_{10} = 0.010L_r^{2.291}$	10
0.964	$Q_{20} = 0.040L_r^{2.036} S_r^{-0.643}$	20
0.962	$Q_{25} = 0.050L_r^{2.006} S_r^{-0.673}$	25
0.935	$Q_{50} = 0.097L_r^{1.918} S_r^{-0.760}$	50
0.930	$Q_{100} = 0.177L_r^{1.836} S_r^{-0.838}$	100
0.983	$Q_{200} = 106.660Fg^{9.376} S_b^{-0.765}$	200
0.980	$Q_{500} = 0.0004A^{-5.975} P^{11.362} S_b^{-0.836}$	500
0.975	$Q_{1000} = 0.0003A^{-6.645} P^{12.418} S_b^{-0.855}$	1000

جدول (٤) مدل‌های پیشنهادی برآورد سیلاب (روش خوشه‌ای-گروه همگن اول)

ضریب تیین	مدل‌های پیشنهادی برای تخمین سیلاب	دوره برگشت
0.975	$Q_2 = 0.009A^{2.886} L_r^{-2.105}$	2
0.984	$Q_5 = 0.015A^{2.876} L_r^{-2.073}$	5
0.989	$Q_{10} = 0.022A^{2.825} L_r^{-2.011}$	10
0.991	$Q_{20} = 0.031A^{2.756} L_r^{-1.932}$	20
0.991	$Q_{25} = 0.035A^{2.732} L_r^{-1.905}$	25
0.998	$Q_{50} = 0.051A^{2.648} L_r^{-1.813}$	50
0.979	$Q_{100} = 0.076A^{2.557} L_r^{-1.715}$	100
0.966	$Q_{200} = 0.112A^{2.458} L_r^{-1.610}$	200
0.978	$Q_{500} = 80.129 + 5.487A - 30.053L_r$	500
0.988	$Q_{1000} = 29.388 + 5.900A - 100.642T_c$	1000

جدول (٣) مدل‌های پیشنهادی برآورد سیلاب (روش لانگین)

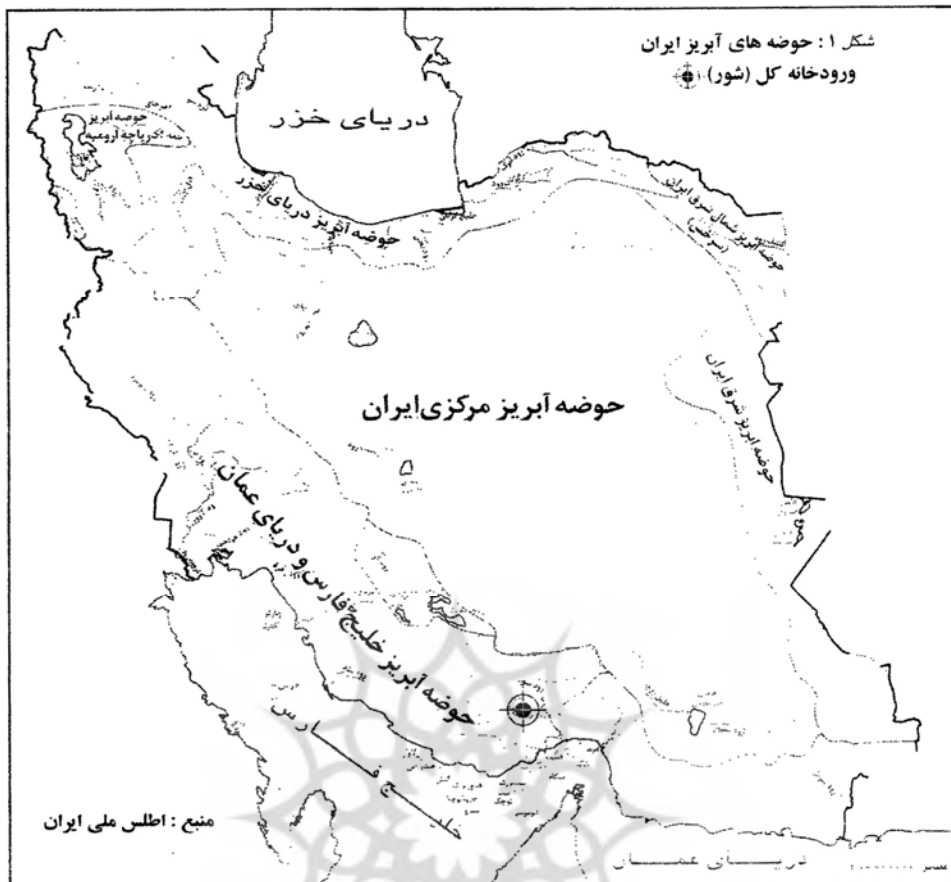
ضریب تیین	مدل‌های پیشنهادی برای تخمین سیلاب	دوره برگشت
0.843	$Q_2 = 0.210A^{0.899}$	2
0.885	$Q_5 = 0.351A^{0.918}$	5
0.904	$Q_{10} = 0.482A^{0.920}$	10
0.916	$Q_{20} = 0.653A^{0.918}$	20
0.919	$Q_{25} = 0.719A^{0.916}$	25
0.926	$Q_{50} = 0.963A^{0.911}$	50
0.928	$Q_{100} = 1.291A^{0.901}$	100
0.929	$Q_{200} = 1.702A^{0.893}$	200
0.923	$Q_{500} = 2.472A^{0.879}$	500
0.914	$Q_{1000} = 3.266A^{0.867}$	1000

توضیح:

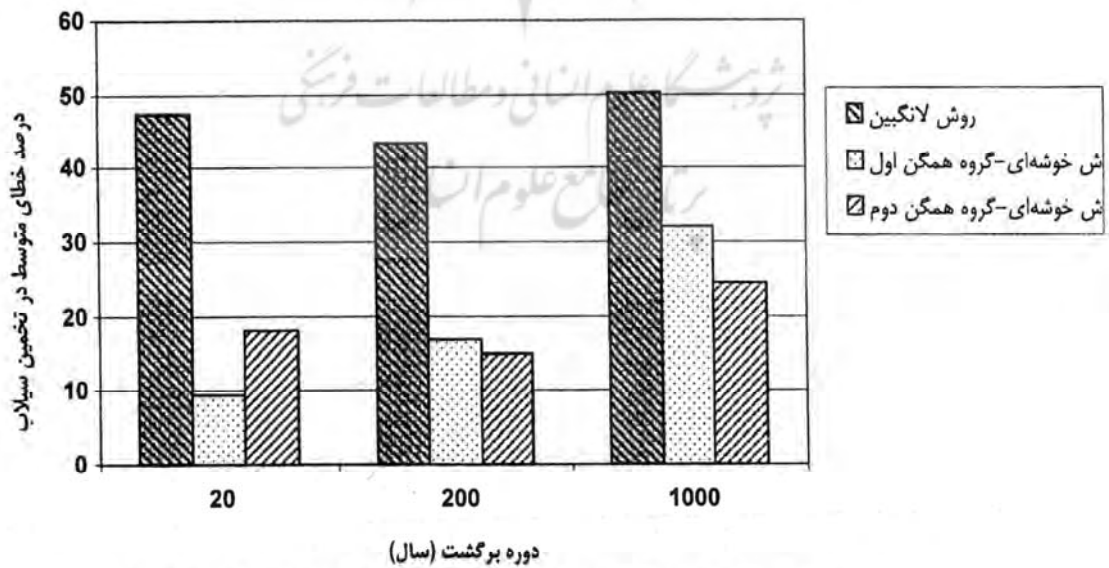
(١)  $A$  = سطح حوضه، کیلومتر مربع؛  $P$  = محیط حوضه، کیلومتر؛  $L_r$  = طول آبراهه اصلی، کیلومتر؛  $S_r$  = شیب متوسط آبراهه اصلی، درصد؛  $S_b$  = شیب متوسط حوضه، درصد؛  $F_g$  = ضریب گرولویوس،  $F_s$  = ضریب شکل و  $T_c$  = زمان تمرکز، ساعت.

(٢) گروه همگن اول شامل زیرحوضه‌های تنگ اسد، تنگ خور، تنگ ونگ ونگ حر می باشد.

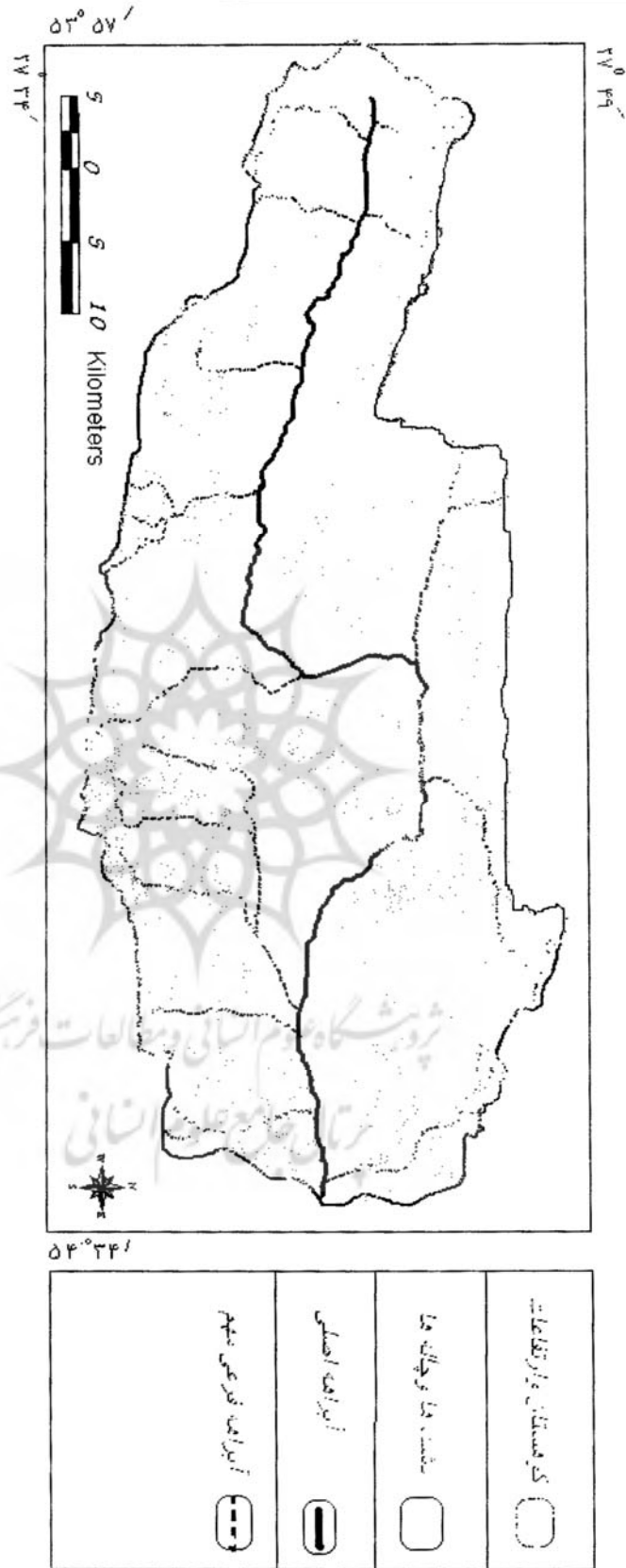
(٣) گروه همگن دوم شامل زیر حوضه‌های بیخ شلو، لاغر، گانی، گراش و فاریاب می باشد.



شکل ۱: حوضه های آبریز ایران

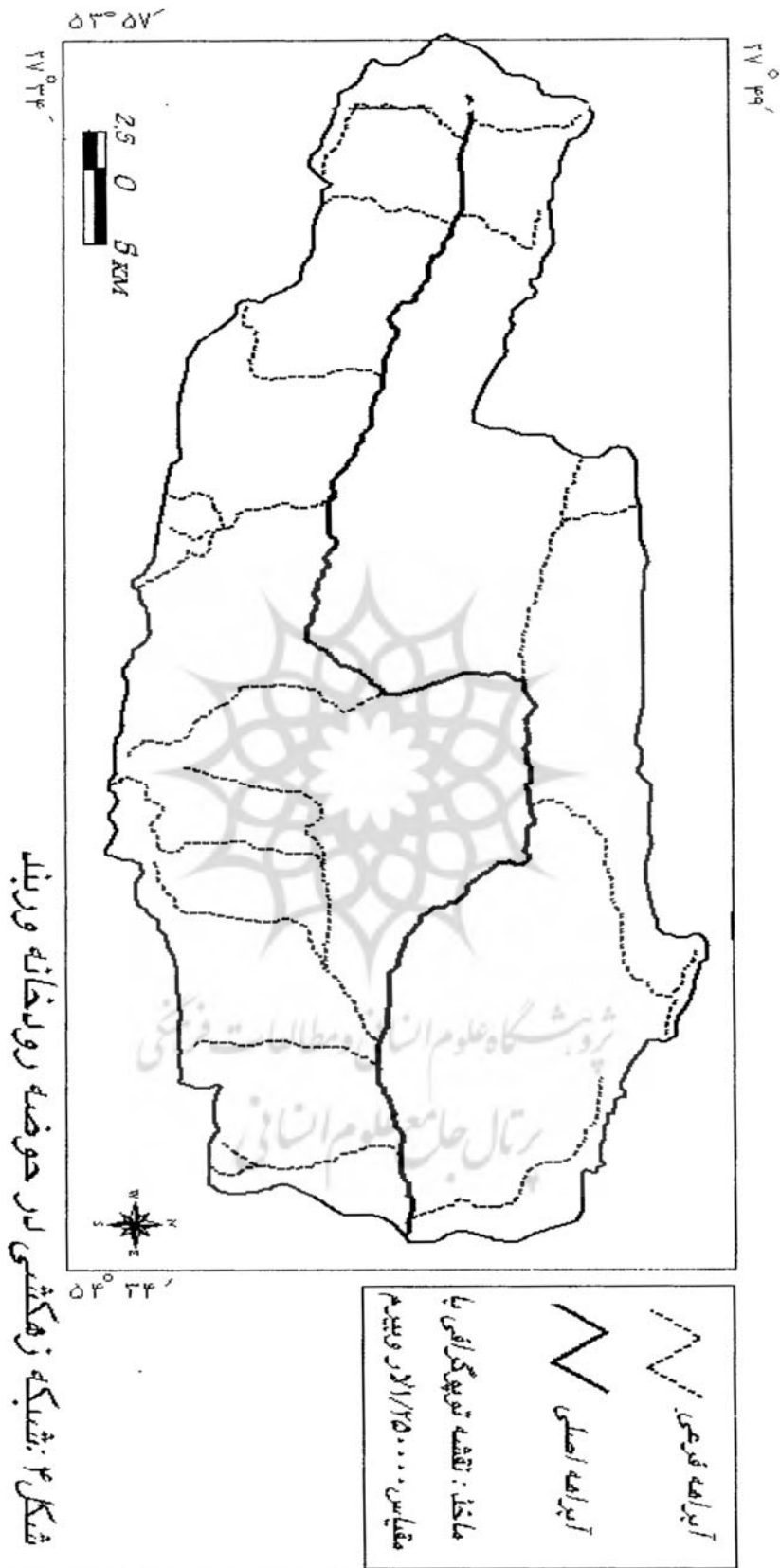


نمودار (۱) درصد خطای متوسط مدل‌های برآورد سیلاب برای دوره برگشت‌های مختلف

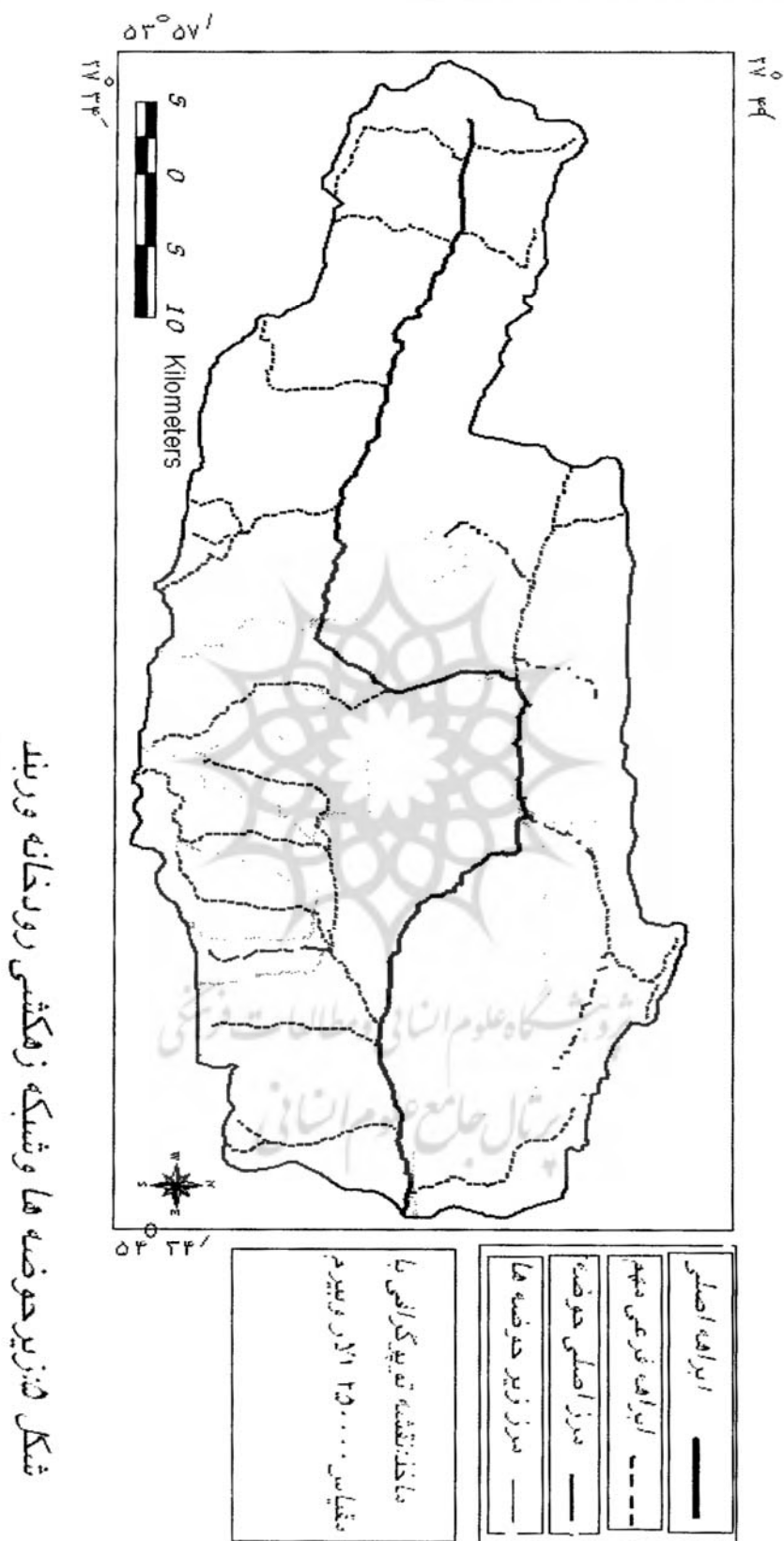


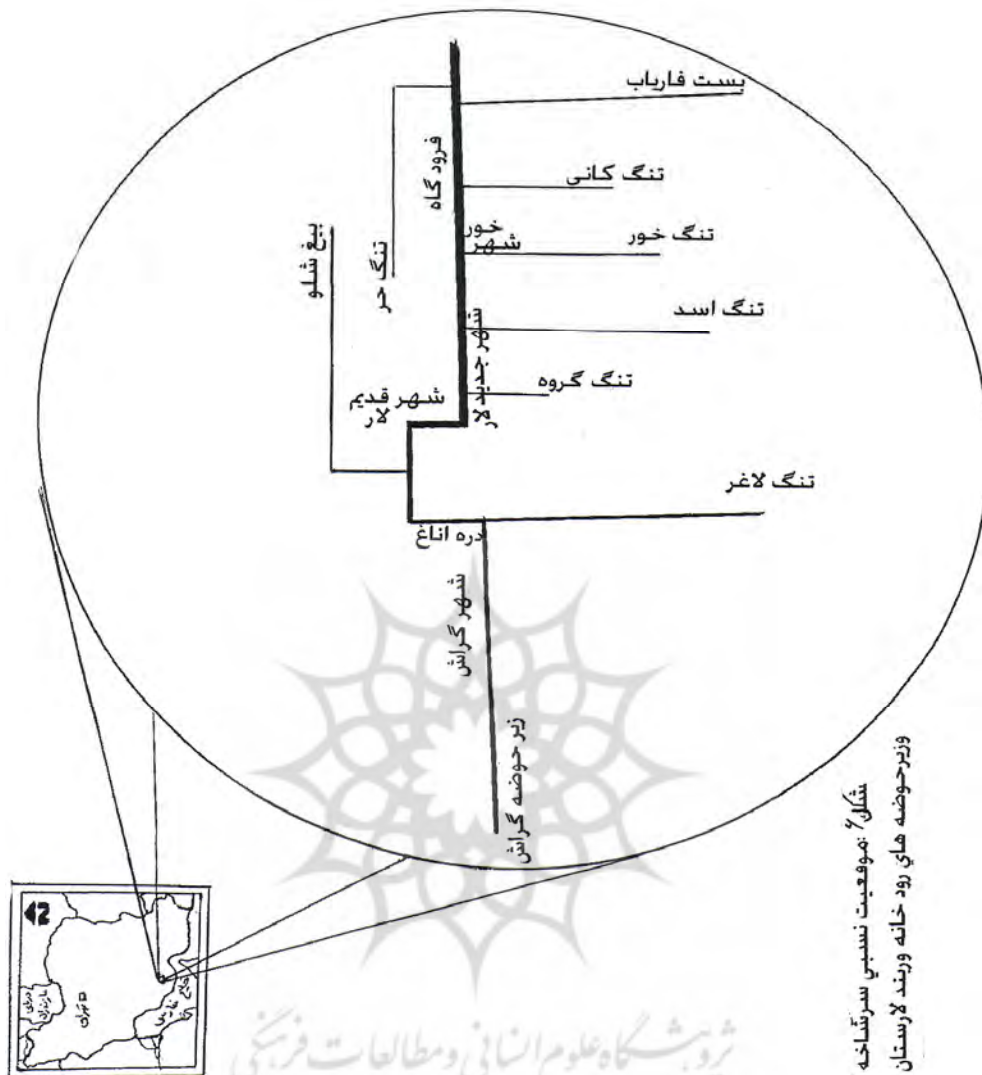
شکل ۳: نقشه تریپوگرافی و شبکه زهکشی در حوضه رودخانه وربند











## منابع

- ۱- اداره کل آبهای زیر زمینی وزارت نیرو . (۱۳۷۰). منابع آبهای زیر زمینی حوضه آبریز رودخانه کل (شور).
- ۲- ایستگاه سینوپتیک فرودگاه بین المللی لارستان . آمار های هوا شناسی مربوط به سالهای ۱۹۵۷ تا ۲۰۰۶ میلادی .
- ۳- سازمان نقشه برداری کشور.(۱۳۸۲). اطلس ملی ایران .نگارش دوم ،زمین شناسی.
- ۴- شاهی نژاد ، بابک. ( ۱۳۸۱ ) ، مدل بندی منطقه ای سیلاب حوضه دز . پایان نامه کارشناسی ارشد . دانشگاه ارومیه.
- ۵- علیزاده، امین.(۱۳۸۲). اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی .
- ۶- فرمانداری لارستان.(۱۳۸۲). تجزیه و تحلیل جمعیتی لارستان.
- ۷- قنادی ،رحمت .(۱۳۷۶). هیدرولوژی حوضه تنگ اسد لار . پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی لارستان .

- ۸- مهندسین مشاور جنوب.(۱۳۸۳). پهنه بندی سیلاب های موثر بر فرودگاه بین المللی لارستان .
- ۹- ناظمی ، علی رضا . (۱۳۷۸). نقش تغذیه مصنوعی در بهبود منابع آب شهر لار . پایان نامه کارشناسی ارشد . دانشگاه آزاد اسلامی لارستان.
- ۱۰- یگانه، اصلان.۱۳۷۴. هیدرواقليم حوضه رودخانه وربند و نقش آن در برنامه ریزی شهر لار . پایان نامه کارشناسی ارشد . دانشگاه آزاد اسلامی لارستان.
- ۱۱- یل ،داریوش (۱۳۷۷). ژئوهیدرولوژی حوضه وربند لارستان . پایان دوره کارشناسی ارشد . دانشگاه آزاد اسلامی لارستان.
- 12- Cruff , F.W. , and Rants , S.E. (1988) . " Comparison of methods used in flood frequency studies for Coastal basin in California" .USGS. water Supply
- 13- Lawgun, N. and Toong A.T. (1985). " Regional flood- frequency analysis of small catchment in North Auckland and coromandel "Journal of hydrology. Vol.24, No.2
- 14- Mimikou, M . and Gordios , J. (1989) . "Regional analysis of the mean annual flood and of flood frequency characteristics". proc. of the Baltimore sump., IAHS. Publ .191.
- 15- USASE, (1981) " Hydrologic engineering in planning ", U.S.Army crops of Engineer , The Hydrologic Engineering center .



