

تحلیل سیلابهای منطقه‌ای حوزه آبریز کارون

Regional generalization of flood characteristics in Karun river basin

علی ولی خوجینی *

چکیده

آنالیز منطقه‌ای سیلابها اقدامی برای تعمیم داده‌ها از نقاط مشخص و محدود به تمام سطح یک منطقه می‌باشد. در واقع هدف، دستیابی به روشی است که بتواند در هر نقطه‌ای از منطقه مورد مطالعه، حتی در نقاط فاقد آمار برآوردی از سیلاب با هر دوره برگشت مورد نظر ارائه دهد. برای این منظور ابتدا یک منطقه، همگن (بر اساس شواهد جغرافیایی) انتخاب، در محدوده آن ایستگاههای آب‌سنجی شناسائی و آنهایی که آمار بیش از ۶ سال داشته‌اند انتخاب گردیده‌اند. پس از تکمیل صحت آمار نسبت به تکمیل و تطویل آن اقدام شده و دوره پایه مشترک ۲۹ ساله ایجاد گردیده است. داده‌های دورافتاده حذف شده و آنالیز فراوانی نقطه‌ای برای ایستگاههای طولانی مدت انجام و توزیع لوگ‌نرمال دو پارامتری مناسب منطقه تشخیص داده شده است. آزمون همگنی به روش لانگ بین و آنالیز سیلابهای منطقه‌ای برای ۳۵ ایستگاه صورت گرفته است. به علاوه سعی گردیده است روابطی بین سیلاب‌ها و مشخصه‌های حوزه‌های آبریز جستجو گردد. مشخصه‌های حوزه‌های آبریز که برای آنالیز منطقه‌ای انتخاب شده‌اند (مساحت، شیب آبراهه، فاکتور شکل، متوسط باران سالانه، ارتفاع ایستگاه آب‌سنجی و تراکم زهکشی) به کمک نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و مشخص کردن محدوده حوزه‌های آبریز بدست آمده است. همچنین در آنالیز منطقه‌ای سیلاب‌ها از روش فولر، سیل نمایه و همبستگی چندگانه استفاده شده است. بررسی حاضر در انتها منتج به معادلاتی برای تخمین مقادیر سیلاب حداکثر سالانه و لحظه‌ای در منطقه مورد مطالعه با دوره بازگشت‌های مختلف گردیده است و پیشنهاداتی برای ادامه مطالعه ارائه شده است. به منظور شناخت بیشتر از حوزه آبریز کارون ابتدا شمای کلی هیدرولوژی آن به اختصار از نظر گذشته و سپس به روش مطالعه و نتایج حاصل اشاره شده است.

واژه‌های کلیدی: سیلاب، حوزه آبریز، آب‌سنجی، هیدرولوژی، تخمین سیل

* - دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج - ایران

مقدمه

ودر حال حاضر نیز از آن بهره‌برداری می‌شود رودخانه کارون است.

تحلیل منطقه‌ای سیلاب‌ها اقدامی برای تعمیم داده‌ها از نقاط مشخص و محدود (ایستگاههای اندازه‌گیری شده) به تمام سطح یک منطقه می‌باشد. برای این کار روش‌های متعددی وجود دارد که در این بررسی مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روشها

شمای کلی هیدرولوژی منطقه مورد مطالعه

منابع آبهای سطحی خوزستان دارای ارزش والایی در اقتصاد ایران میباشند و شامل رودخانه‌های اصلی کارون، دز، کرخه و زهره است که میانگین حجم سالانه آبهای سطحی منطقه معادل $3 \times 10^9 (m^3)$ برآورد گردیده است و حداقل آن به $2 \times 10^9 (m^3)$ و حداکثر به $3 \times 10^9 (m^3)$ می‌رسد (۱، ۶).

موقعیت طبیعی و جغرافیایی کارون و دز

حوزه آبریز رودخانه کارون که بین طول‌های جغرافیایی $(48^\circ, 4')$ تا $(51^\circ, 55')$ شرقی و عرض‌های $(30^\circ, 25')$ تا $(34^\circ, 6')$ شمالی واقع گردیده است، پرآب‌ترین رودخانه ایران بوده و دارای مساحتی بالغ بر ۶۵۷۲۱ کیلومتر مربع تا دهانه خلیج فارس می‌باشد.

این رودخانه متشکل از دوزیرحوزه عمده به نام‌های دز و کارون به ترتیب با مساحت‌های 21720 Km^2 و 39050 Km^2 است. رودخانه کارون از کوه‌های زاگرس در ۷۵ کیلومتری جنوب غربی اصفهان سرچشمه گرفته و به سوی جنوب غربی جریان می‌یابد. این رودخانه پس از عبور از مناطق کوهستانی و دره‌های گوناگون و طی مسیر ۴۰۰ کیلومتری، در منطقه گتوند وارد دشت

اهمیت آب و خاک در زندگی بشر و اقتصاد جامعه و نقش آن در شکل‌گیری اجتماعات و رشد تمدن‌های بشری برکسی پوشیده نیست، همچنین مضرات و مشکلات ناشی از عدم کنترل آبها (سیلابها و خشکسالی) برای همه واضح است. اهمیت و نقش حیاتی آب در صحنه حیات اجتماعی و اقتصادی ایران وقتی بهتر درک می‌گردد که به شرایط اقلیمی ایران، استراتژی در رسیدن به خودکفائی نسبی در محصولات کشاورزی و نیز اهمیت آب در رشد و توسعه بخش‌های مختلف توجه نمائیم. بادر نظر گرفتن نیازهای جامعه کنونی ما و نیازهای آتی آن، لزوم تدوین و اجرای برنامه‌های عمرانی و تلاش مستمر و پیگیر در راستای برنامه‌ها، از اهم فعالیت‌های لازم جهت دستیابی به اهداف مذکور می‌باشد.

جلگه خوزستان که به دلیل شرایط اقلیمی مناسب، وجود رودخانه‌های دائمی و پرآب و اراضی مستعد کشاورزی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد، نظر مسئولین راجهت استفاده از این امکانات برای نیل به خودکفایی به خود معطوف داشته است. شناخت منابع آب و خاک این جلگه از جمله: قابلیت‌ها و استعدادهای آن و نیز محدودیت‌های منابع آب و خاک جهت برنامه‌ریزی‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی ضروری است. خوشبختانه مطالعات عمده‌ای جهت شناخت منابع آب و خاک این منطقه انجام شده است. ناگفته نماند که این جلگه با توجه به وجود رودخانه‌های پرآب از قدیم‌الایام مورد حمله سیلاب‌های بزرگ با اثرات تخریبی زیادی قرار گرفته و همواره خسارات جانی و مالی فراوانی به بار آورده است. مهمترین رودخانه‌ای که در تأمین آب مورد نیاز این جلگه می‌تواند نقش داشته باشد

در منطقه کوهستانی (جلگرد) به بیش از ۱۵۰۰ میلیمتر و در ناحیه دشت به کمتر از ۲۰۰ میلیمتر هم می‌رسد.

رژیم جریان

رژیم جریان رودخانه‌های کارون و دز تابع منابع آب آنها می‌باشد. این منابع عبارتند از: برف، باران و منابع کارستی که نقش عمده‌ای در تنظیم جریان آب این رودخانه‌ها دارند.

جهت روشن شدن وضعیت رژیم جریان، رژیم طبیعی رودخانه‌های مذکور در ایستگاههای گتوند (کارون) وتله‌زنگ (دز) در جدول ۱ برای دوره مشاهده نشان داده شده است (۲).

خوزستان شده و در محلی به نام بندقیر بارودخانه دز، مجموعاً کارون اصلی را تشکیل می‌دهند.

عمده‌ترین شاخه‌های رودخانه کارون: خرسان، آب و نک، بازفت و شور هستند و هم‌چنین عمده‌ترین شاخه‌های رودخانه دز: بختیاری و سزار می‌باشند.

بارندگی

دوره بارندگی در حوزه، معمولاً از آبان ماه تا خردادماه بوده و از خردادماه تا آبان‌ماه دوره خشک می‌باشد. میانگین بارش سالانه در حوزه حدود ۵۸۰ میلیمتر است در حالی که مقدار بارش

جدول ۱ - رژیم جریان طبیعی رودخانه کارون در ایستگاههای گتوند وتله‌زنگ (۲)

Table 1 - Natural flow of Karun river in Gotvand and Tal e zang stations (2)

ضریب تغییرات Coefficient of variation	متوسط دبی سالانه (m ³ /s)			نام رودخانه River
	حداقل Min	میانگین Mean	حداکثر Max	
	0.32	198	439	
0.33	128	271	511	دز (تله‌زنگ) Dez (Tal e zang)

اسفند ماه ۱۳۱۶ (m³/s) ۷۷۰۰
در اینجا هرچند مختصر راجع به برخی از سیلاب‌های عمده ثبت شده کارون اطلاعی به شرح جدول ۲ ارائه می‌گردد (۳).

آنالیز سیلابها

معمولاً دوره پربابی در حوزه کارون از اوایل آبان‌ماه هر سال آغاز و تا آخر اردیبهشت ماه سال بعد ادامه می‌یابد.

سیلابهای بزرگ ثبت شده کارون

متأسفانه اطلاعات و آمار دقیقی از سیلابهای تاریخی رودخانه کارون در دست نیست با این حال میزان طغیان‌های گذشته برآورد شده رودخانه کارون در گذار لندر به شرح زیر برآورد گردیده است (۴):

بهمین ماه سال ۱۳۰۲ (m³/s) ۱۰۰۰۰۰

اسفند ماه ۱۳۰۷ (m³/s) ۸۵۰۰

جدول ۲ - برخی از سیلابهای عمده ثبت شده کارون و دز (۳)

Table 2- Historical events of Karun and Dez rivers(3)

Discharge (m ³ /s) دبی	River رودخانه	Date تاریخ
4661	Karun(Godar landar) کارون(گدارلندر)	3/1/69 ۱۳۴۷/۱۱/۱۵
4099	Karun(Ahwaz) کارون (اهواز)	29/3/72 ۱۳۵۱/۱/۶
3500	Karun(Pol e shaloo) کارون (پل شالو)	29/10/86 ۱۳۶۵/۹/۹
5657	Karun(Gotvand) کارون(گتوند)	29/10/86 ۱۳۶۵/۹/۹
2740	Dez(Tal e zange) دز (تله زنگ)	29/10/88 ۱۳۶۷/۹/۹

سیلاب‌هایی که در اوایل دوره پربابی اتفاق می‌افتد به تنهایی از بارندگی و طغیان‌های آخر دوره عموماً از رگبار و ذوب برف توأم ناشی می‌شوند. سیلابهای اول دوره دارای حجم کم، زمان پایه کوتاه و تغییرات سریع دبی، بالعکس طغیان‌های آخر دوره پربابی دارای حجم زیاد، زمان پایه طولانی و تغییرات تدریجی دبی می‌باشند.

روش مطالعه

جهت نیل به اهداف مطالعه برحسب مورد و ضرورت، نظرات و روش‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته است که تسلسل آن در شکل ۱ نشان داده شده است.

انتخاب ایستگاه‌های آب سنجی

از فهرست ایستگاه‌های آب سنجی موجود در حوزه آبریز دز و کارون، جمعاً ۳۵ ایستگاه جهت آنالیز آماری انتخاب گردیده است (جدول ۳، ۳a). در واقع ایستگاه‌هایی که جریان آب آنها تحت تأثیر سدهای کارون و دز واقع است به دلیل نداشتن رژیم طبیعی و همچنین تمام ایستگاه‌هایی که مدت آمارشان کوتاه و کمتر از ۶ سال بود حذف شده‌اند.

کنترل، تصحیح، بازسازی و تطویل آمار

آمار مشکوک با مقادیر همزمان مربوط به

ایستگاه‌های مجاور و یا با آمار بارش مولد آن مورد مقایسه و کنترل قرار گرفته و برحسب مورد تصحیح و یا حذف گردیده‌اند.

بعد از تکمیل سری دبی‌های سیلاب متوسط روزانه براساس آمار موجود، برای آنالیز منطقه‌ای یک دوره پایه آماری مشترک انتخاب گردید. انتخاب این دوره پایه آماری مشترک به منظور کاهش دادن تأثیرات غیر یکنواختی زمانی سری‌های آماری موجود می‌باشد.

پس از انتخاب دوره آماری مشترک، آمار ایستگاه‌های کوتاه مدت بایستی تکمیل می‌گردید. برای این منظور ایستگاه‌های مبنا در بازسازی آمار سایر ایستگاه‌ها، با استفاده از همبستگی بکار برده شد (جدول ۳ و ۳a).

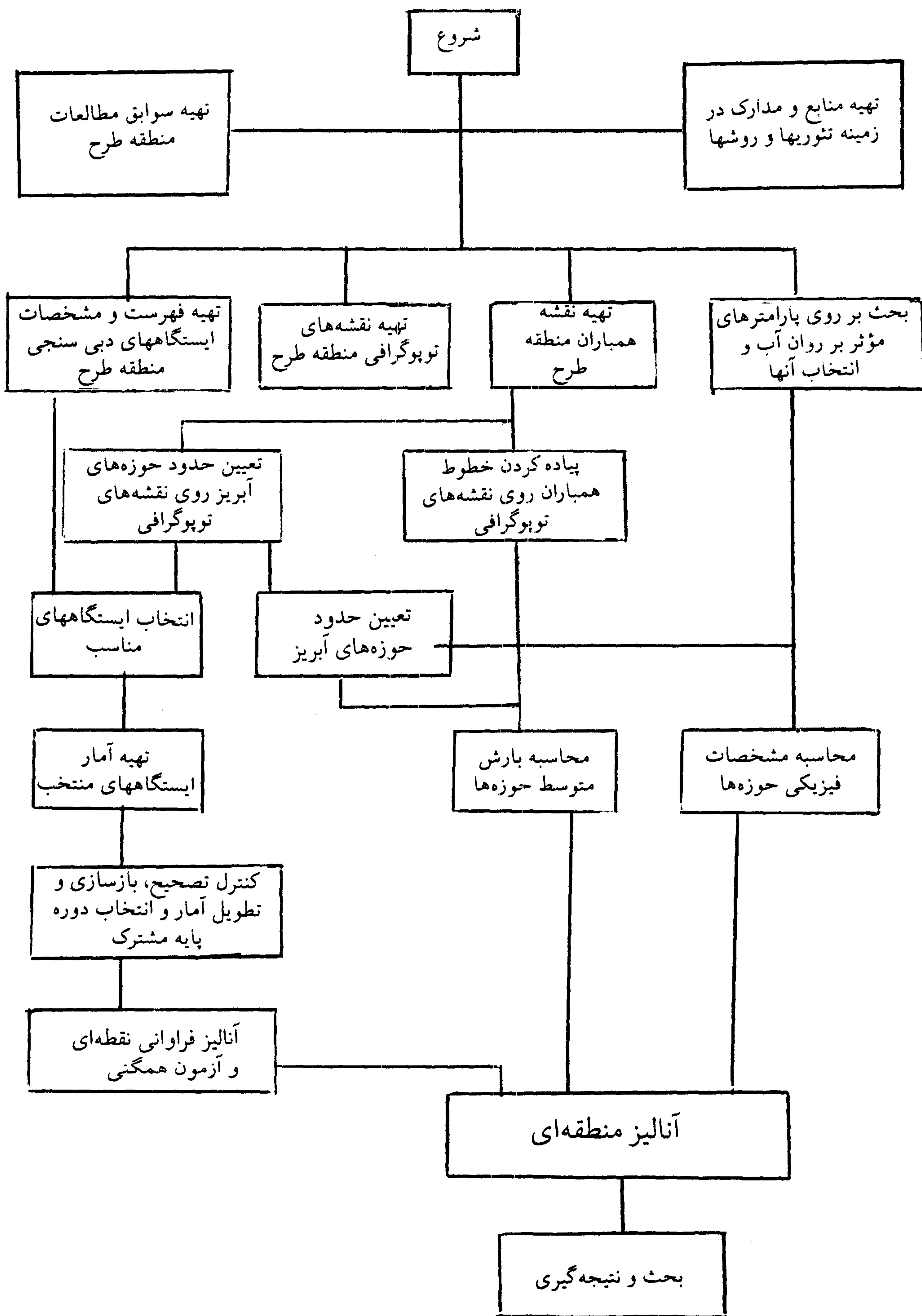
آنالیز نقطه‌ای سیلاب‌ها

قبل از آنالیز منطقه‌ای سیلاب‌ها تجزیه و تحلیل سیلاب‌ها در ایستگاه‌های اندازه‌گیری دبی ضرورت داشت. توزیع‌های مورد استفاده برای اینکار عبارت بودند از:

نرمال^۱، لوگ نرمال دو پارامتری^۲، لوگ نرمال سه

1- Normal

2- Two- Parameter log - normal



شکل ۱ - شمای عملیات انجام گرفته

Fig 1. Flow chart

ایستگاه از ۳۵ ایستگاه دارای آمار مشاهده شده‌ای بیش از ۱۶ سال و بقیه (۱۳ ایستگاه) دارای آمار مشاهده شده به طول ۶ تا ۱۲ سال هستند. در تمام طول بررسی، یکبار برای کل ایستگاهها و یکبار برای ۲۲ ایستگاه (با آمار بیش از ۱۶ سال) محاسبات انجام گرفته و با یکدیگر مقایسه شده‌اند تا در صورت بروز اربیی زیاد در داده‌های تطویل یافته موضوع مشهود گردد.

نتایج

آنالیز منطقه‌ای روشی است جهت گسترش اطلاعات، که به کمک آن به دو هدف می‌توان دست یافت. اول: ایجاد آمار برای هر نقطه بدون آمار در داخل منطقه مورد نظر، دوم: کنترل آمار موجود در یک ایستگاه، داده‌های هر ایستگاه معمولاً تعدادشان کم است و امکان اربب بودن دارند. اما وقتی آنالیز منطقه‌ای مورد نظر باشد، داده‌ها همه ایستگاهها در آنالیز شرکت می‌کنند و در نتیجه گرچه دقت در جزئیات هم کم می‌شود ولی احتمال خطای کل کاهش پیدا می‌کند. آنالیز منطقه‌ای با استفاده از روش سیل نمایه^۷ می‌تواند معادلاتی را برای سیلاب منطقه‌ای ارائه دهد و این امکان را فراهم سازد تا در هر نقطه‌ای از منطقه مورد نظر به راحتی بتوان تخمینی از سیلاب رابدست آورد (۹، ۱۰)، (شکل ۲ و ۳).

از روی این شکل می‌توان برای دوره

پارامتری^۱، گامای دو پارامتری^۲، پیرسن نوع ۳^۳، لوگ پیرسن نوع ۳^۴، گامبل^۵ که همگی از نوع توزیع های آماری پیوسته هستند. کنترل نیکوئی برازش به کمک توزیع کی دو^۶ و مقایسه نتایج بدست آمده از کاربرد توزیع های مختلف به کمک آمار متوسط نسبی انحرافات صورت گرفته است. به این ترتیب توزیع لوگ نرمال دو پارامتری به عنوان توزیع مناسب برای منطقه مورد مطالعه شناخته شد.

بررسی همگنی ایستگاهها

برای انجام آنالیز منطقه‌ای، معمولاً سعی می‌گردد که یک ناحیه ظاهراً همگن انتخاب و بررسی و محاسبات بعدی برای این ناحیه صورت گیرد. اما صرفاً توجه به موقعیت جغرافیائی منطقه و وضعیت جبهه‌های هوا و... ممکن است دقیقاً همگنی ایستگاه‌های موجود در منطقه را نتواند تعیین نماید. لذا به عنوان کنترل آماری از روش آزمون همگن لانگ بین استفاده گردیده است. برای این منظور ابتدا با استفاده از توزیعی که برازش بهتری دارد (با استفاده از لوگ - نرمال دو پارامتری) مقادیر سیلاب هر ایستگاه به ازاء دوره برگشت‌های معین محاسبه می‌گردد. سپس سیلاب ۱۰ ساله هر ایستگاه به میانگین سیلاب سالانه تقسیم و میانگین این نسبت‌ها معین میشود. حاصل ضرب این میانگین در سیلاب متوسط سالانه مشخص و دوره برگشت آن معلوم می‌گردد و همچنین مقادیر محدوده اطمینان آن به ازاء ۹۵٪ احتمال محاسبه می‌شود. بالاخره این دوره برگشت در مقابل تعداد سالهای آماری روی فرم تست همگنی مربوطه برده می‌شود. اگر نقاط بدست آمده در داخل محدوده اطمینان بیافتد همگنی ایستگاهها مورد تأیید قرار می‌گیرد. بدین ترتیب کلیه ۳۵ ایستگاه همگن شناخته شدند. بیست و دو

1- Three - Parameter log normal

2- Two - parameter gamma

3- Pearson type 3

4- Log pearson type 3

5- Gumbel

6- Chi - square

7- Index Flood Method

جدول ۳ - طول آمار مشاهده و تطویل شده ایستگاههای آب سنجی حوزه آبریز کارون

Table 3 - Observed and estimated annual long term discharge at various Karun river stations

Ne	N	r	ایستگاه اصلی Main station	ایستگاه-رودخانه River- Station	ردیف ST.NO
19	29	0.60	Pol e Shaloo پل شالو	Shoor-Batound شور - بتوند	۱
29	29	-		Karun-Pol e Shaloo کارون - پل شالو	۲
18	29	0.50	Pol e Shaloo پل شالو	Bohlool-Batound بهلول - بتوند	۳
21.6	29	0.97	Shah mokhtar شاه مختار	Bashar-Yasouge بشار - یاسوج	۴
17.4	29	0.54	Dehkadeh shahid دهکده شهید	Bashar-Shah mokhtar بشار - شاه مختار	۵
17.7	29	0.80	Dehkadeh shahid دهکده شهید	Kerick-Pol e kuloo کریک - پل کلو	۶
23.3	29	0.88	Shah mokhtar شاه مختار	Bashar-Darshahi بشار - دارشاهی	۷
20.5	29	0.80	Bashar-Batary بشار - بطاری	Kabkian-Batary کبکیان - بطاری	۸
14.6	29	0.74	Dehkadeh shahid دهکده شهید	Bashar-Batary بشار - بطاری	۹
18	29	0.85	Dehkadeh shahid دهکده شهید	Bashar-Pataveh بشار - پاتاوه	۱۰
24.3	29	0.44	خرسان - بارز Khersan-Barez	ماربره - دهکده شهید Marbereh-Dehkadeh shahid	۱۱
15.3	29	0.69	Bashar-Pataveh بشار - پاتاوه	Marbareh-Kata ماربره - کتا	۱۲
14.2	29	0.71	Dehkadeh shahid دهکده شهید	Marbareh-Marbaran ماربره - ماربران	۱۳
13.2	29	0.89	کارون - ارمند Armand - Karun	آق‌بلاغ - گذار کبک Aghbolaghe-Godar kabk	۱۴
28.5	29	0.89	Pol e Shaloo پل شالو	Karun-Armand کارون - ارمند	۱۵
13.2	29	0.81	Solegan سولگان	Zaroo-Shahre kord ذرو - شهرکرد	۱۶
13.6	29	0.89	Solegan سولگان	Sarab-Babaheidar سراب - بابا حیدر	۱۷
14	29	0.87	Karun-Armand کارون - ارمند	Solegan - Solegan سولگان - سولگان	۱۸
18.7	29	0.64	Pol e Shaloo پل شالو	Bazoft-Morghak بازفت - مرغک	۱۹
28.4	29	0.80	Pol e Shaloo پل شالو	Khersan-Barez خراسان - بارز	۲۰

مقدار مشاهده شده

N تعداد کل داده‌های موجود:

تعداد مقادیر پیک تخمین داده شده

مقدار تخمین زده شده

Ne طول مؤثر داده‌ها:

از IB: long - Bin

جدول ۳a - طول آمار مشاهده و تطویل شده ایستگاههای آب سنجی حوزه آبریز دز

Table 3a - Observed and estimated annual long term discharge at various Dez river stations

Ne	N	r	ایستگاه اصلی Main station	ایستگاه-رودخانه River- Station	ردیف ST.NO
29	29	-		سزار - سپیددشت Sezar-Sepid dasht	۱
29	29	-		سزار - سپیددشت Sezar-Sepid dasht	۲
13.1	29	0.78	سزار - سپیددشت Sezar-Sepid dasht	سزار - تنگ پنج Sezar-Tange panj	۳
29	29	-		بختیاری - تنگ پنج Bakhtiary-Tange panj	۴
29	29	-		دز - تله‌زنگ Dez-Tale zange	۵
28.0	29	0.86	سزار - سپیددشت Sezar-Sepid dasht	تیره - درود Teereh-Dorood	۶
24.5	29	0.85	ماربره - دره تخت Marbareh-Darre e takht	ازنا - چم‌زمان Azna-Cham zaman	۷
22	29	0.78	دره تخت - دره تخت Darre e takht-Darre e takht	کمندان - کمندان Kamandan-Kamandan	۸
28	29	0.78	کمندان - کمندان Kamandan -Kamandan	دره تخت - دره تخت Darre e takht-Darre e takht	۹
26	29	0.85	چم‌زمان Chamzaman	ماربره - دره تخت Marbareh-Darreh e takht	۱۰
29	29	0.92	ماربره - دره تخت Darre e takht-Marbareh	ماربره - درود Marbareh- Dorood	۱۱
28	29	0.76	سرخاب - کشور Sorkhab-Keshvar	سبزه - چم چیت Sabzeh-Chamchit	۱۲
24.7	29	0.76	آب سبز - چم چیت Absabz-Chamchit	سرخاب - کشور Sorkhab-Keshvar	۱۳
15.3	29	0.87	تیره - درود Teereh-Dorood	تیره - دوخواهران Teereh-Do khaharan	۱۴
10	29	0.81	دره تخت - دره تخت Darre e takht-Darre e takht	سپیددشت - واسک Sepid dasht- Vasak	۱۵

مقدار مشاهده شده

تعداد کل داده‌های موجود: N

تعداد مقادیر بیک تخمین داده شده

مقدار تخمین زده شده

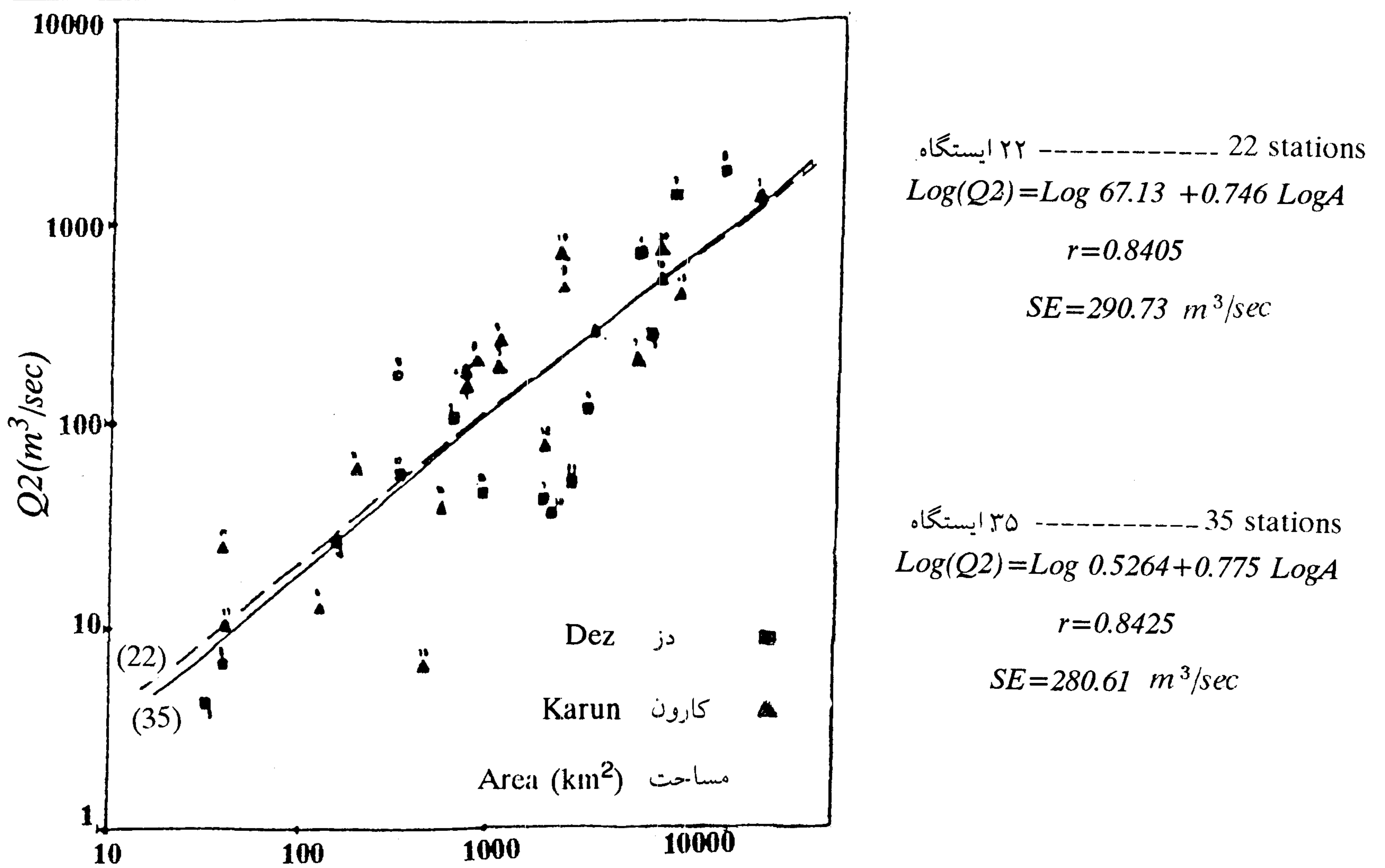
طول مؤثر داده‌ها: Ne

از IB: long - Bin

متعلق به رژیم طبیعی بوده و همچنین از نظر هیدرولوژیکی که به کمک روش‌های آماری انجام میگیرد همگن باشند.

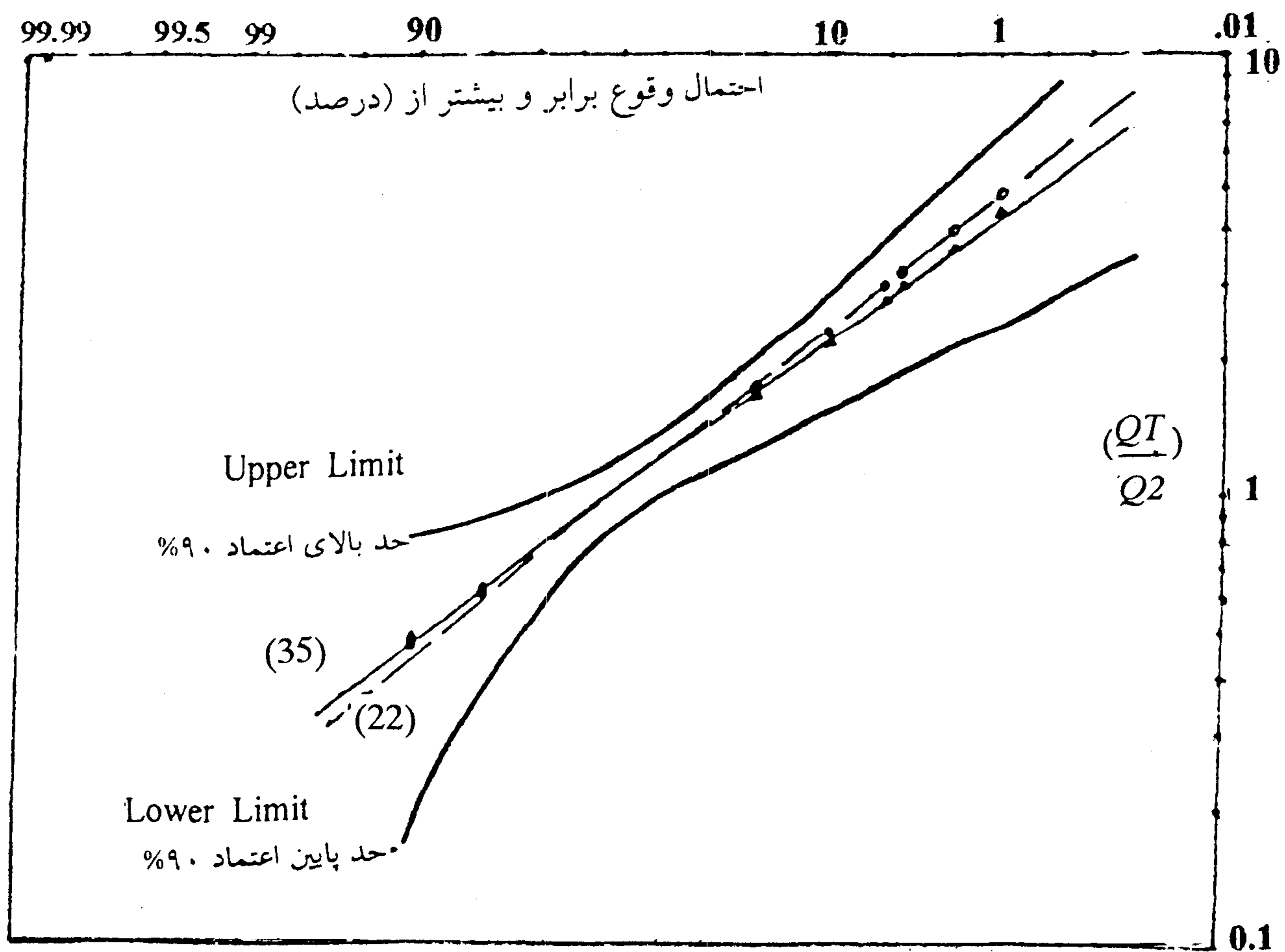
در روش همبستگی چندگانه پارامترهای

برگشت‌های مختلف در حدود اطمینان ۹۰ درصد نسبت $\frac{Q_1}{Q_2}$ را تعیین و سپس مقدار Q را برای هر دوره بازگشت مشخص نمود. آمار سیلاب ایستگاههای آب سنجی بکاررفته در این آنالیز باید



شکل ۲ - رابطه دبی سیلاب متوسط سالانه و مساحت

Fig 2. Variation of mean annual flood discharge with the watershed area



شکل ۳ - منحنی فراوانی منطقه‌ای حوزه آبریز کارون

Fig 3. Karun regional flood frequency curve

برای یک دوره آماری طویل شده ۳۶ ساله (۷۰-۱۳۳۴) مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد (۵). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های سیلاب فرمول فولر (از روش‌های تجربی) به صورت زیر مورد تحقیق قرار گرفته است:

$$Q_T/Q_2 = a + b \ln T$$

مقادیر a و b و سایر مشخصات همبستگی فوق یکبار برای ۲۲ ایستگاه (با ۶۲۹ داده) و یک بار برای ۳۵ ایستگاه (با ۱۰۰۳ داده) بدست آمده در جدول ۶ نشان داده شده است.

با استفاده از روش سیل نمایه (۸، ۹) تابع Q_2 (سیلاب متوسط روزانه) برحسب مساحت (A) مطابق شکل ۲ برای هر دوسری تعداد ایستگاه‌ها و همچنین منحنی فراوانی منطقه‌ای یعنی $Q_T/Q_2 = f(T)$ بدست آمده که در شکل (۳) با حدود ۹۰٪ اعتماد رسم شده است (۷).

در روش همبستگی چندگانه معادلات همبستگی بین هرکدام از متغیرهای وابسته با متغیرهای مستقل (مشخصه حوزه‌های آبریز) برقرار گشته است و برای هرکدام از متغیرهای وابسته، معادلات همبستگی متعدد با چند متغیر مستقل بدست آمده است. این روابط به شرح زیر برای دبی‌های سیلابی بادوره‌های برگشت ۲، ۷۰، ۵۰ و ۱۰۰ ساله برقرار شده است:

$$Q_T = K A^a \quad (\text{الف})$$

$$Q_T = K A^a P^b \quad (\text{ب})$$

$$Q_T = K A^a P^b C^c S^d \quad (\text{ج})$$

$$Q_T = K A^a P^b E^e D^f \quad (\text{د})$$

$$Q_T = K A^a P^b C^c S^d E^e D^f \quad (\text{ه})$$

که در آنها، Q_T دبی سیلابی، K ثابت معادله و A, P, S, C, E, D به ترتیب: مساحت، باران متوسط سالانه، شیب آبراهه، فاکتور شکل، ارتفاع ایستگاه و تراکم زهکشی هستند. a, b, c, d, e, f و نیز

منتخب برای شرکت در آنالیز منطقه‌ای برخی به‌عنوان متغیرهای مستقل (مساحت شیب آبراهه، فاکتور شکل، متوسط باران سالانه، ارتفاع ایستگاه و تراکم زهکشی) و برخی به‌عنوان متغیر وابسته (دبی‌های سیلابی با دوره بازگشت ۲، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰) سال در معادلات شرکت داده شده‌اند. حدود مشخصه‌های حوزه‌های آبریز که به‌عنوان متغیرهای مستقل در آنالیز شرکت داده شده‌اند، در جدول ۴ آمده است. برآورد دبی سیلاب لحظه‌ای از دبی متوسط روزانه

وقتی سری آمار موجود یک ایستگاه آب سنجی دارای سیلاب لحظه‌ای بوده، اما کوتاه‌تر از سری آماری دبی‌های متوسط روزانه باشد (یعنی برای برخی از سالها دبی متوسط روزانه وجود دارد ولی دبی اوج لحظه‌ای ثبت نشده است). در هر ایستگاه میتوان با برقرار نمودن همبستگی بین سری دبی‌های سیلاب لحظه‌ای (Q_p) و دبی متوسط روزانه (Q_d) رابطه‌ای بین این دو متغیر بدست آورد. به شرط معنی دار بودن ضریب همبستگی با اعمال این رابطه میتوان برای سالهای فاقد آمار دبی اوج لحظه‌ای این مقادیر را از روی دبی متوسط روزانه تخمین زد. در اینجا سعی گردید رابطه همبستگی بین دبی‌های حداکثر روزانه (Q_d) و سیلاب حداکثر لحظه‌ای نظیر آن (Q_p) برای یک ایستگاه نمونه (کارون در پل شالو) که دارای آمار طولانی ۳۳ ساله بوده بدست آورد (شکل شماره ۴).

آنالیز فراوانی سیلابهای حداکثر لحظه‌ای

در بررسی حاضر سعی گردید داده‌های سیلابهای لحظه‌ای ۱۲ ایستگاه از محل سدها و ایستگاههای هیدرومتری به شرح جدول شماره ۵

جدول ۴- حدود مشخصه‌های حوزه آبریز و مستقل شرکت کننده در آنالیز (۲، ۶)

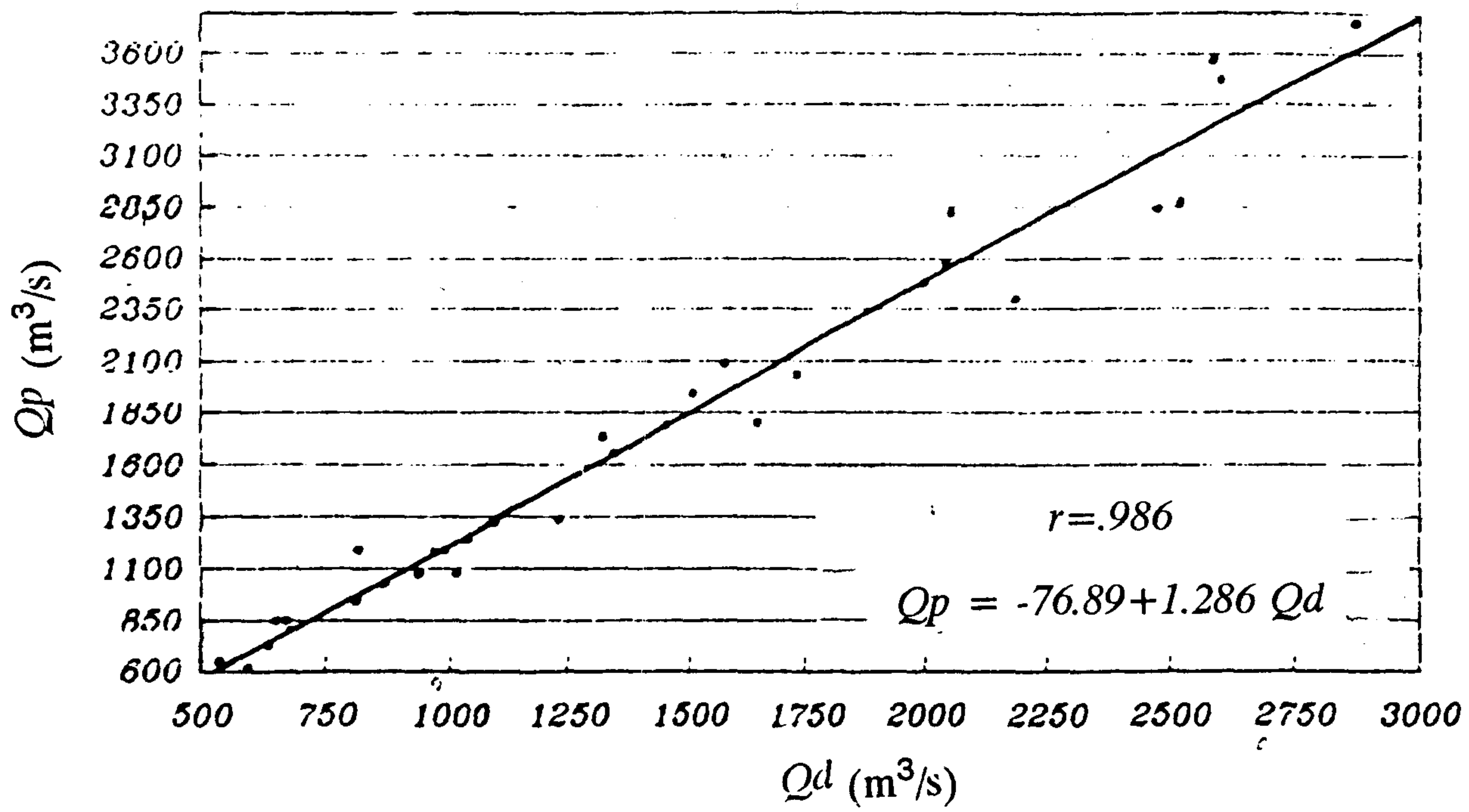
Table 4 - The characteristics of catchment areas in flood analysis

حدود متغیر			متغیر مستقل
Limit of variable			Independent variable
حداکثر	متوسط	حداقل	
max	mean	min	
23400	3288.11	32	مساحت (کیلومتر مربع) Area (km ²)
1050	631.31	370	متوسط باران سالانه (میلیمتر) Mean annual rain fall (mm)
0.82	0.465	0.21	فاکتور شکل حوزه Shape factor
22	2.65	0.4	شیب آبراهه اصلی (%) Main channel slope
2310	1381.71	105	ارتفاع ایستگاه آب سنجی (متر) Elevation of hydrologic station(m)
0.55	0.31	0.17	تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومتر مربع) Drainage density (Km/Km ²)

جدول ۵ - نام ایستگاههای آنالیز سیلابهای لحظه‌ای

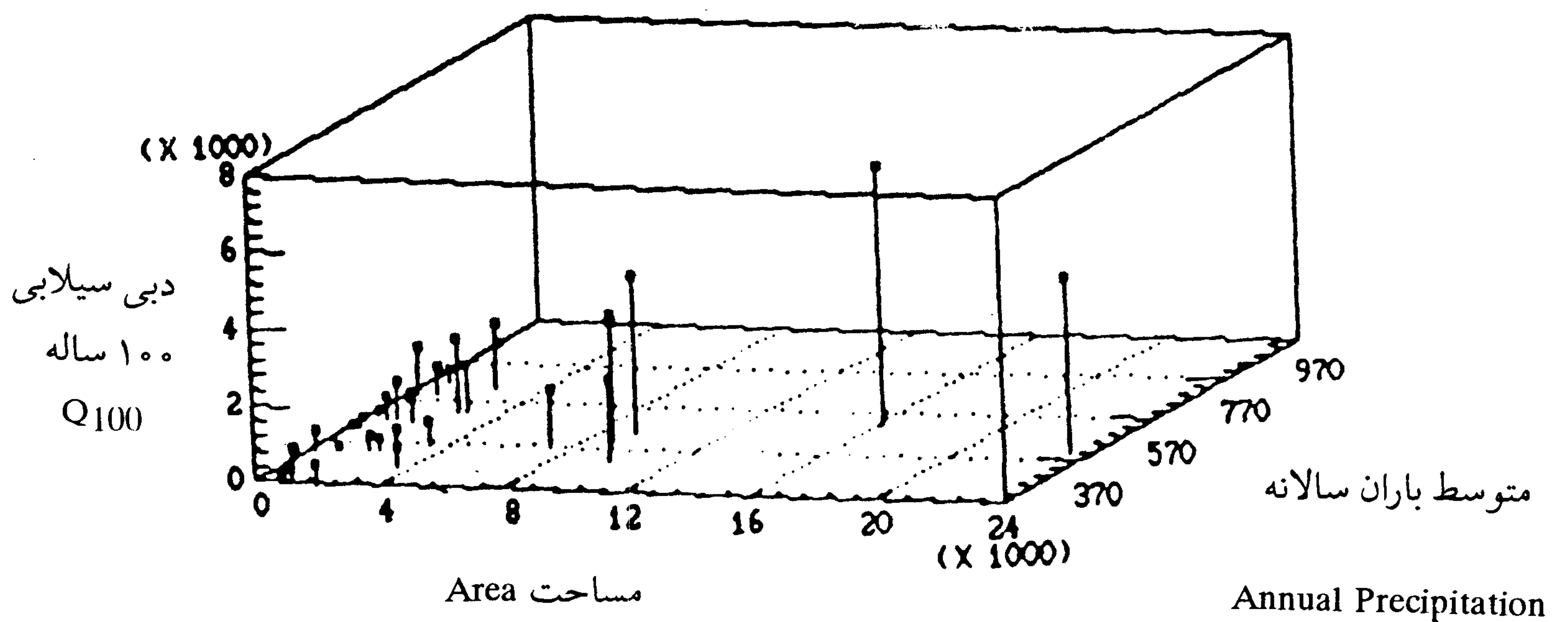
Table 5 - Names of the stations for instantaneous flood analysis

سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	سد	
سد بازفت ۱	بازفت مرغک	جمع کتاو پاتاوه	سد خرسان ۴	سد خرسان ۳	سد خرسان ۲	سد خرسان ۱	سد کارون ارمند	سد کارون ۵	سد کارون ۴	سد کارون پل شالو	سد کارون ۱	سد کارون ۲	سد کارون ۳	سد کارون ۴	سد کارون ۵	سد کارون ۶	سد کارون ۷	سد کارون ۸	
Bazuft1	Morghak-Bazuft	Jame Kata and Pataveh	Khersan4	Khersan3	Khersan2	Khersan1	Karun Armand	Karun5	Karun4	Karun Pole-shaloo	Karun1	Karun2	Karun3	Karun4	Karun5	Karun6	Karun7	Karun8	
1788	2174	7501	7885	8324	9006	9015	10020	10111	12813	24363	24363	24363	24363	24363	24363	24363	24363	24363	24363
											مساحت حوزه آبریز Drainage area (KM ²)								



شکل ۴ - رابطه بین دبی سیلاب حداکثر لحظه‌ای و دبی متوسط سیلاب روزانه در رودخانه کارون، ایستگاه پل شالو

Fig 4. Relation between maximum instantaneous flood and maximum daily flood for Karun river at Pol e shalu



شکل ۵ - نمایش سه بعدی پراکنش داده‌ها - دبی سیلابی در مقابل مساحت و متوسط باران سالانه

Fig 5. Plot of Q_{100} Vs drainage area and annual precipitation

جدول ۶ - مقادیر a و b برای ۲۲ و ۳۵ ایستگاه

Table 6 - The coefficients a and b for 22 and 35 stations

ایستگاه Station	a	b	ضریب همبستگی (r) Coefficient of correlation
۲۲ ایستگاه 22 stations	0.2293	0.8169	0.8907
۳۵ ایستگاه 35 stations	0.2917	0.7506	0.8890

همگی مقادیر ثابت می‌باشند.

سپس باتوجه به ماتریس‌های ضرائب همبستگی و ماتریس‌های ضرائب همبستگی جزئی و تغییر فیزیکی این ضرائب و نیز نتایج حاصله از مقایسه معادلات همبستگی مناسب‌ترین آن انتخاب شده است. بالاخره باتوجه به داده‌های موجود معادله زیر پیشنهاد گردیده است:

$$\ln Q_{Tr} = a \ln A + b \ln p + c$$

که مقادیر a ، b و c و همچنین مقادیر متوسط مربع انحرافات، اشتباه معیار برآورد (غیر لگاریتمی) و ضرائب همبستگی برای بازگشت

مختلف در جدول ۷ نشان داده شده است. نمایش سه بعدی پراکنش داده‌های دبی سیلابی (۱۰۰ ساله) در مقابل مساحت و متوسط باران سالانه که به‌عنوان مثال در شکل ۵ آمده که بخوبی نمایانگر همبستگی موجود میباشد.

نتایج حاصل از آنالیز منطقه‌ای سیلابهای لحظه‌ای در جدول ۸ برحسب فراوانی نسبی آنها برحسب دوره برگشت داده شده است.

منحنی سیلابهای منطقه‌ای حاصل عیناً به منحنی سیلاب منطقه‌ای نظیر آن که قبلاً با دبی‌های روزانه بدست آمده بود منطبق می‌باشد.

جدول ۷ - ضرائب معادلات همبستگی

Table 7 - Coefficients of regression equations

Tr	a	b	c	MSSE	SE	r
2	0.8271	1.9261	-13.3651	0.514	187.2	0.8932
20	0.8198	1.4243	-9.1230	0.454	387.9	0.9009
50	0.8029	1.5273	-9.3668	0.733	1268.8	0.8485
100	0.8181	1.2234	-7.4183	0.471	562.8	0.8972

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این بررسی به‌طور ساده عبارتست از:

- توزیع لوگ نرمال دو پارامتری باتوجه به آزمون‌ها انجام شده آماری توزیع مناسب برای

سیلابهای منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

- رابطه بین دبی میانگین سیلاب سالانه و مساحت حوزه آبریز مشخص گردید (شکل ۳).

- منحنی فراوانی سیلابهای منطقه‌ای که فرم کلی معادله آن بصورت $Q_T/Q_2 = f(T)$ می‌باشد

جدول ۸ - نسبت $QT/Q2$ برای دوره‌های برگشتTable 8 - $QT/Q2$ for various recurrence interval

10000	1000	100	50	10	5	2	دوره برگشت (سال)
							Recurrence interval (years)
13.5	8.2	4.5	3.9	2.3	1.7	1	نسبت $QT/Q2$

هستند. هرگونه خللی در این آمار و ارقام می‌تواند در نتیجه آنالیز تأثیر گذارد. دقت در تمامی مراحل تهیه آمار، توجه به استانداردهای موجود و تجربه اندوزی در جهت رساندن کیفیت آمار به حد مطلوب می‌تواند صحت داده‌ها را تضمین نماید.

باتوجه به پراکنش ایستگاه‌های دبی سنجی در سطح منطقه، محدوده کاربرد معادلات بدست آمده در حوزه آبریز کارون، بالادست پل شالو به اضافه حوزه‌های آبریز رودخانه‌های شور و بهلول و در حوزه آبریز در بالادست تله‌زنگ بجز حوزه آبریز رودخانه تیره می‌باشد. از محدوده حوزه آبریز رودخانه تیره (شاخه اصلی و شاخه‌های آن) به دلیل کوتاه بودن طول آمار و یا عدم امکان تطویل آمار، هیچ ایستگاهی در آنالیز شرکت داده نشده است.

برای ادامه مطالعات در همین منطقه پیشنهاداتی به شرح زیر ارائه می‌گردد:

۱ - افزایش تعداد ایستگاه‌های شرکت کننده در آنالیز

۲ - بررسی باقیمانده‌های معادلات همبستگی بر روی نقشه‌های جغرافیایی و زمین‌شناسی و احیاناً دخالت ضرائب منطقه‌ای (جغرافیایی و ژئولوژیکی) در معادلات به همراه ایجاد نقشه‌های خطوط هم ضریب منطقه‌ای

۳ - بررسی منطقه‌ای سیلاب‌ها در دو دسته حوزه‌های کوچک و حوزه‌های بزرگ

پس از آزمون همگنی برای منطقه مورد مطالعه تعیین گردید (شکل ۳ و جدول ۸).

- ضرائب معادله فولر که شکل کلی معادله فراوانی سیلابهای منطقه‌ای می‌باشد برآورد شد جدول (۶).

- در روش همبستگی چندگانه معادلات مناسب منطقه نتیجه گردید. در این مورد عدم کفایت آمار برای تعیین بعضی از روابط مورد بحث قرار گرفته است.

- به طور کلی می‌توان گفت که نیل به دو هدف تعیین فراوانی سیلاب هر حوزه فاقد آمار در داخل محدوده مورد مطالعه و کنترل آمار سیلاب در ایستگاه صورت گرفته است.

بسیار مشاهده می‌شود که در بررسی‌های هیدرولوژی حوزه‌های آبریز فاقد آمار از معادلات تجربی و یا معادلات مصنوعی استفاده می‌شود تا جائیکه گاهی برآورد صورت گرفته کلاً متکی بر هیچ پایه قابل اعتمادی نیست. در این صورت نه تنها از لحاظ مقدار بلکه از لحاظ دوره برگشت هم، نه می‌توان حدود اعتمادی برای آن تعریف نمود و نه می‌توان گفت که برآورد به چه درصدی از احتمال وقوع منسوب است. در حالیکه کاربرد آنالیز منطقه‌ای به منظور تخمین آمار در حوزه‌های فاقد آمار می‌تواند مقادیری با حدود اعتماد و دوره بازگشت معین ارائه دهد.

آمار ثبت شده در ایستگاه‌ها، مبنای آنالیز

۶ - توجه به حوزه‌هایی که سیلاب آنها صرفاً ناشی از ذوب برف است و تفکیک سیلاب‌های ناشی از ذوب برف و رگبارها در بررسی سیلابهای منطقه‌ای

۴ - افزودن حوزه‌های آبریز کرخه، جراحی و زهره به آنالیز منطقه‌ای سیلاب‌ها
۵ - تهیه نقشه همباران برای حداکثر بارش ۲۴ ساعته و شرکت دادن حداکثر بارش ۲۴ ساعته در آنالیز منطقه‌ای سیلاب

۴ - گزارش فنی طغیان رودخانه‌های کارون و کرخه، ۱۳۴۷، وزارت آب و برق، سازمان آب و برق خوزستان بهمن‌ماه. اهواز.
۵ - گزارش مطالعات تولید انرژی برقابی حوزه آبریز رودخانه کارون، مرحله شناخت، ۱۳۷۴. شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، مردادماه.
۶ - محاسبه مقدماتی بیلان آبی رودخانه‌های خوزستان در وضعیت فعلی و آینده ۱۳۶۴، سازمان آب و برق خوزستان، واحد آب.

References

منابع مورد استفاده

۱ - بررسی منابع آب و خاک حوزه جنوب غربی ایران ۱۳۶۴، خلاصه گزارش کمیته آب جهاد سازندگی. جلد ۱.
۲ - گزارش هیدرولوژی و هواشناسی حوزه آبریز رودخانه کارون ۱۳۶۴، سازمان آب و برق خوزستان، نشریه شماره ۶، مردادماه.
۳ - گزارش سیلاب فروردین ماه ۱۳۵۱ خوزستان - ۱۳۵۱ شرکت سهامی سازمان آب و برق خوزستان، دیماه. اهواز.

7 . Drayton RS(1980) A Regional Analysis of River Floods and Low-flow in Malavi. Institute of Hydrology, England.
8 . Kite GW (1985) Frequency and Risk Analysis in Hydrology. Water Resources publications, Forth Collins, Colorado,U. S.A.

9 . Riggs , HC (1985) Stream Flow Characteristics, Elsevier .
10 . Riggs, HC (1982) Regional Analysis of Stream Flow Characteristics, US. Geological Survey .