

بررسی جریان رودخانه های شمال ایران

(حوزه آبریز دریای مازندران)

از هرمز پازوش

چکیده:

و محاسبه آبروجاده ها بررسی جریانهای میانگین و حداقل و حداکثر روزانه و ماهانه رودخانه ها مورد نیاز می باشد. در این مقاله رودخانه های حوزه شمال به صورت منطقه ای مورد مطالعه قرار گرفته است. مطالعات قبلی رودخانه های این منطقه بیشتر به بررسی جریان رودخانه مشخصی پرداخته اند (۲۰۱)* در بین مطالعات منطقه ای (۳ و ۴ و ۵) نیز آنکه شباهت بیشتری به مطالعه اخیر دارد، گرچه حاوی اطلاعات بسیار ارزنده ای در مورد رودخانه های شمال است اما فاقد تجزیه و تحلیل حداقلهای روزانه و ماهانه بوده و پیش بینی سیلابهای بادوره بازگشت معین نیز در آن انجام نشده است (۵).

در حوزه آبریز دریای مازندران که وسعت آن با پلانیمتری نقشه حوزه (۶) جمعا حدود ۱۸۰/۰۰۰ کیلومتر مربع برآورده شده و از حدود عرض جغرافیائی ۳۴ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۴۰ درجه و طول جغرافیائی ۴۴ درجه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه را می پوشاند، تعداد ۲۲۰ ایستگاه هیدرولوژی نصب شده است. در همین حوزه تعداد ایستگاههای باران سنج معمولی در حال حاضر ۲۰۳ و تعداد ایستگاههای باران سنج ذخیره ای ۲۰۹ می باشد (۷). باین ترتیب دیده می شود که به طور متوسط در هر ۸۵ کیلومتر مربع یک ایستگاه هیدرولوژی در این منطقه وجود دارد. در حدود ۲۰ درصد از ایستگاهها از نوع درجه یک و ۱۰ درصد درجه ۲ و بقیه (۷۰٪) درجه سه میباشند. آمار ایستگاههای هیدرولوژی منطقه از ۱ تا ۲۸ سال متغیر بوده و قدیمی ترین آمار مربوط به رودخانه لاردر پلور میباشد که از ۱۳۲۵ شروع می شود.

جریان رودخانه های واقع در حوزه آبریز دریای مازندران در این مقاله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و از این آشناخت اطلاعات سودمندی حاصل شده است. حوزه به مناطق مختلفی تقسیم شده و میانگین سالانه جریان رودخانه های واقع در هر منطقه در دوره آماری محاسبه و رودخانه های منظم تروسیلابی تر منطقه تعیین شده است و رابطه ای بین این میانگین و سطح حوزه آبریز آنها برقرار گشته است. آب نمود (هیدروگراف) سالانه رودخانه های مهم واقع در هر منطقه ترسیم شده و ماههای پرآب و کم آب این رودخانه ها مشخص شده اند. منحنی های جریان مدت (با احتمال آب دهی) ماهانه این رودخانه ها به صورت بی بعد معرفی گشته و بدین طریق منظم بودن نسبی رودخانه مهم منطقه مشخص شده است. حداقلهای روزانه و ماهانه جریان برخی از رودخانه های منظم و سیلابی منطقه مورد تجزیه و تحلیل فراوانی قرار گرفته و برای دوره های بازگشت تا ۱۰۰ سال این حداقلهای برون یابی شده اند. سیلابهای سالانه تعدادی از این رودخانه ها نیز مورد بررسی قرار گرفته و سیلابهای از ۲۰ تا ۱۰۰ ساله این رودخانه ها با روشهای نظری گامبل ولوک پیرسن پیش بینی شده اند. رابطه ای بین سیلابهای سالانه و پیک لحظه ای سیلابهای تعداد زیادی از رودخانه های مهم منطقه بدست آمده است.

۱- مقدمه:

در پروژه های آبرسانی و آبیاری و نیز در طرح پلها

۱- دانشیار گروه راه و ساختمان دانشکده فنی دانشگاه تهران.

* شماره های در پرانتز به شماره مراجع مربوط بوده که فهرست آن در آخر مقاله آمده است.

می‌گردد:

- ۱- حوزه آبریز ساحل شمال باختری.
- ۲- حوزه آبریز سفید رود.
- ۳- حوزه آبریز ساحل میانی.
- ۴- حوزه آبریز ساحل خاوری.

آبریز ساحل شمال باختری از استارا تا حدود مرداب بندرانزلی ادامه داشته و شامل رودخانه های کوچک و بزرگ می‌شود که کرگانرود بامیانگین ۲۰ ساله ۷/۵۴ متر مکعب ثانیه بزرگترین رودخانه در این حوزه بوده و سپس از آن شفاوردوناورود به ترتیب بامیانگینهای ۵/۸۷ متر مکعب ثانیه در عرض ۲۱ سال و ۴/۸۶ متر مکعب ثانیه در عرض ۱۱ سال قرار دارند. در منطقه تعدادی بالغ بر ۱۰ رودخانه کوچک نظیر مرداب (در استارا) پلاسی، حویق و دیناچال نیز جاری است که میانگین سالانه آنها از ۵/۳۵ تا کمتر از ۳ متر مکعب ثانیه متغیر بوده ولی بهر حال غالب این رودخانه هادر ماههای تابستان کم آب می‌باشند. مقایسه جریان رودخانه های ساحل باختری با رودخانه های مهم منطقه نشان می‌دهد که جریان غالب رودخانه هاهمبستگی خوبی با رودخانه کرگانرود داشته ولی همبستگی آنها با رودخانه شفاورد به هیچوجه قابل قبول نمی‌باشد. از این رو، در این مقاله کرگانرود به عنوان رودخانه ای که معرف حوزه آبریز ساحل باختری است معرفی می‌شود و حال آنکه قبلا از شفاورد به عنوان رودخانه معرفی این حوزه نام برده شده است (۵).

حوزه آبریز سفید رود از حدود مرداب بندرانزلی تا حدود ۵۰ درجه طول شرقی ادامه داشته و تقریباً تمامی دشت وسیع گیلان را پوشانده است. مهمترین رودخانه این منطقه سفید رود است که از بهم پیوستن دو رودخانه قزل اوزن و شاهرود تشکیل شده که از این دو، اولی شاخه بزرگتر بوده و رژیم سفید رود به آن شبیه تر می‌باشد. سفید رود در قسمت‌های پائین دست از طریق کانال فومن سبب تغذیه رودخانه های واقع در دشت فومنات شده و از این رو رودخانه های واقع در این دشت را از رژیم طبیعی خود خارج نموده است.

حوزه آبریز ساحل میانی دریای مازندران از حدود

به طور کلی تقریباً نیمی از رودخانه های منطقه آماری کمتر از ۱۵ سال دارند و میانگین طول آمار ایستگاههای واقع در منطقه حتی به ۱۵ سال نیز نمی‌رسد. اما رودخانه های مهم و پرآب منطقه غالباً آمار طولانی تری داشته و طول آمار بیشتر آنها بالغ بر ۲۰ سال می‌باشد. آمار جریان رودخانه ها در این حوزه و در دو حوزه آبریز دیگر ایران (حوزه های آبریز دریاچه های مرکزی و خلیج فارس) تا سال ۱۳۴۰ توسط " قسمت بررسی آبهای سطحی " بنگاه مستقل آبیاری برداشت شده و در نشریاتی بنام " آمار سالانه رودخانه های ایران " به چاپ رسیده است (۹۰۸). این آمار از سال ۱۳۴۰ تا ۱۳۴۴ بتوسط اداره هیدرولوژی (۱۰) و از سال ۱۳۴۴ به بعد توسط اداره کل آبهای سطحی وابسته به وزارت آب و برق برداشت و در نشریاتی به نام " آمار جریان رودخانه های ایران " که سالانه در سه جلد (یا سه قسمت) ، که قسمتی از آن مربوط به حوزه آبریز دریای مازندران می‌باشد، منتشر شده است (۱۱ تا ۱۶). دقت آمار جریان تا حدود ۱۳۴۰ غالباً " تقریبی و یا متوسط بوده و از این پس به تدریج بهبود یافته است. آمار گزارش شده در این نشریات منطقه ای را که بجز یک ایستگاه از طول جغرافیای ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۶ دقیقه و از عرض ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۱۶ دقیقه گسترش دارد پوشانده و از قسمتی از شرق منطقه که از طول ۵۶ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه امتداد داشته و بخشی از حوزه آبریز رودخانه اترک را شامل می‌شود تا سال ۱۳۵۱ آماری بچشم نمی‌خورد. رودخانه های واقع در قسمت اعظم این منطقه از طول ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۶ دقیقه در این مقاله مورد مطالعه قرار گرفته و در کلیه محاسبات مستقیم از آمار خام آنها از بدو شروع تا آخرین آمار قابل دستیابی (شهریور ۱۳۵۶) * استفاده شده است (۱۱ تا ۱۷).

۲- تقسیم حوزه به حوزه های آبریز مشابه با توجه به وضع آب و هوای منطقه و میزان بارندگی **

و سایر عوامل جوی و توپوگرافی حوزه آبریز دریای مازندران را می‌توان به مناطق یا حوزه های آبریز کوچکتری تقسیم بندی نمود. منطقه مورد مطالعه در این مقاله مشابه با آنچه در مرجع (۵) نیز آمده است به چهار حوزه به شرح زیر تقسیم

* در سالهای آبی ۵۷ - ۵۶ و ۵۸ - ۵۷ به علت تب و تاب انقلاب برداشت آمار به صورت مرتب انجام نشده است.

** بارش در حوزه از نوع کوهستانی و در اثر کوههای سربلند شمال ایران است. برخلاف نظر برخی جغرافی دانان، هرگاه ایمن کوهها وجود نداشتند نه تنها بارش در فلات مرکزی ایران معتدل نمی‌گشت بلکه منطقه شمال نیز پرباران نبود.

بوده و سالهای آبی ۳۹-۳۸ و ۵۶-۵۵ را می‌توان از سالهای آبی خشک به‌شمار آورد. به علاوه از بین این رودخانه‌ها، رودخانه‌های کرگانرود، قزل‌اوزن، شاهرود، چالوس، هراز و بابل که در حوزه‌های چهارگانه واقع شده و جریان آنها دارای تغییرات مختلفی می‌باشند انتخاب شده و در قسمت‌های بعد مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این تجزیه و تحلیل و نیز در کلیه تجزیه و تحلیلهای بعدی، به منظور یکنواخت نمودن نتایج سالهای با آمار ناقص کنار گذاشته شده و آمار آنها مورد استفاده قرار نگرفته است، چه استفاده از آمار ناقص، خواه این آمار مربوط به ماههای پرب آب و یا به ماههای خشک بوده باشد با میانگین سالانه جریان در آن سال تفاوت دارد. باین دلیل طول آمار رودخانه لار در پلور که از ۱۳۲۵ آغاز میگردد فقط ۲۶ سال ذکر شده است. چه پنج سال در این دوره آمار غیر کامل داشته است.

رابطه میانگین جریان هر رودخانه با سطح حوزه آبریز آن در هر یک از مناطق فوق مورد بررسی قرار گرفته و نتایجی باین شرح حاصل شده است. بین میانگین جریان غالب رودخانه‌های ساحل غربی چون لوندویل، چلوند، لیمیر، شیرآباد، خطبه سرا در ایستگاههایی به همین اسامی، و ناو رود در اسلم کرگانرود در ماشین‌خانه و شفارود در پیونل با سطح حوزه آبریز آنها رابطه زیر را می‌توان برقرار نمود.

$$Q \sim A^{0.695} \quad -2-$$

که در آن Q میانگین سالانه دبی برحسب متر مکعب ثانیه و A سطح حوزه برحسب کیلومتر مربع میباشد. در مورد رودخانه‌های ساحل میانی رابطه میانگین سالانه دبی با سطح حوزه به صورت:

$$Q \sim A^{0.645} \quad -3-$$

می‌باشد. رودخانه‌های پلرود در درازلات، شاهرود در لوشان، شیررود در شیررود، سموش و چشمه‌گیله در هرات بر، چالوس در پل زغال، لار در پلور، هراز در ۲۵ شهریور، بابل در بابل تقریباً "به‌خوبی از این رابطه پیروی می‌کنند. بین

* - چشمه‌گیله که از میان شهر شهسوار میگردد یکی از رودخانه‌های خوب و مهم منطقه است که متأسفانه آمار آن کوتاه بوده و از مهر ۱۳۴۸ شروع می‌شود و به همین علت از این رودخانه در مرجع (۵) نامی برده نشده است.
** - این رابطه خطی که ضرایب آن باروش حداقل مربعات حاصل شده است بطور ترسیمی با داده‌ها مطابقت نموده و نشان می‌دهد که بده رودخانه‌های چشمه‌گیله و چالوس بهم نزدیکند.

*** - سال آبی در ایران از اول مهر هر سال تا ۳۱ شهریور سال بعد گرفته شده و با سالهای شروع و ختم نامگذاری شده است. این سال در آمریکا از اول اکتبر هر سال تا ۳۱ سپتامبر سال بعد در نظر گرفته شده و در سالی که ختم میگردد نامگذاری میشود. سال آبی در انگلستان از اول سپتامبر هر سال تا ۳۱ اوت سال بعد و در چکسلواکی و برخی دیگر از کشورهای اروپای شرقی از اول نوامبر هر سال تا ۳۱ اکتبر سال بعد منظور میشود (۱۷ و ۱۸).

طول ۵۰ تا ۵۳ درجه امتداد داشته و رودخانه‌های مهمی چون پلرود، چشمه‌گیله، چالوس، لار، هراز و بابل را شامل می‌گردد. بزرگترین رودخانه این منطقه رودخانه هراز است که آمار آن در ایستگاه ۲۵ شهریور میانگین ۲۵ ساله ۳۴/۱۴ متر مکعب ثانیه را نشان داده است و پس از آن بابل و پلرود به ترتیب با میانگین‌های ۲۸ و ۱۸ ساله ۱۶/۳۶ و ۱۵/۷۵ متر مکعب ثانیه در مکانهای بعدی قرار دارند. در این ناحیه تعداد زیادی رودخانه کوچک نیز جاری است که میانگین بده آنها در دوره آمار از ۴۵/۰ تا کمتر از ۵ متر مکعب ثانیه متغیر بوده ولی بهر حال در فصل خشک تابستان عموماً "کم آب هستند و در جزء منابع آبی دایمی و مطمئن نمی‌توان آنها را منظور نمود. از بین رودخانه‌های ساحل میانی، رودخانه چالوس را به عنوان رودخانه معرف حوزه می‌توان نام برد. چه برخی از رودخانه‌های این منطقه و به ویژه چشمه‌گیله* با این رودخانه همبستگی خوبی ایجاد می‌کنند. همبستگی جریانهای ماهانه رودخانه چشمه‌گیله در دوره آمار (۸ سال) برحسب جریان رودخانه چالوس در ماههای نظیر را می‌توان با رابطه خطی:

$$Q_{CG} = 0.90 Q_C + 0.88 \quad \text{بیان نمود} \quad **$$

در حوزه ساحل خاوری که از حدود طول جغرافیایی ۵۲ تا ۵۶ درجه ادامه دارد رودخانه‌های کوچک و بزرگی جاری است که طالار، تجن، نکا و کرگانرود و قره سواهم آنها را تشکیل می‌دهند. بده میانگین رودخانه‌های کوچک این منطقه از کمتر از ۱/۰ متر مکعب ثانیه تا حدود نزدیک به ۳ متر مکعب ثانیه متغیر است. با استفاده از آمار منتشر شده و آمار سالهای آبی ۵۲-۵۳ تا ۵۶-۵۵ که هنوز انتشار نیافته است خصوصیات آبی کلیه رودخانه‌های مهم منطقه در جدول -۱- خلاصه شده است. در این جدول که رودخانه‌ها از باختر به خاور مرتب شده‌اند نام ایستگاه، سطح حوزه آبریز هر رودخانه، میانگین جریان در دوره آمار برده شده و سالهای کم آب و پرب آب هر رودخانه نیز همراه با جریان آن سال و نسبت این جریانها به میانگین محاسبه و خلاصه شده‌اند. چنانکه از این جدول برمی‌آید سال آبی*** ۴۸-۴۷ بطور بارز پرب آب‌ترین سال منطقه

جدول ۱- خصوصیات جریان رودخانه های مهم منطقه

نسبت حداقل به میانگین	نسبت حداکثر به میانگین	حداقل جریان سالانه		حداکثر جریان سالانه		میانگین جریان در دوره آمار		تعداد سالها	سطح حوزه آبریز Km^2	ایستگاه اندازه گیری	نام رودخانه
		سال وقوع	جریان m^3/s	سال وقوع	جریان m^3/s	لیتر ثانیه به کیلو متر مربع	متر مکعب ثانیه				
۰/۵۹	۱/۷۶	۳۹-۴۰	۴/۴۳	۴۷-۴۸	۱۳/۳۰	۱۳/۷۴	۷/۵۴	۲۰	۵۴۹	ماشینخانه	کرگانرود
۰/۵۵	۲/۶۳	۴۴-۴۵	۷۰/۵۰	۴۷-۴۸	۳۳۸/۰۷	۲/۷۱	۱۲۸/۶۷	۱۴	۴۹۳۰۰	کیلوان	قزل اوزن
۰/۴۴	۲/۳۸	۲۸-۳۹	۵۷/۹۱	۴۷-۴۸	۳۰۹/۹۴	۲/۳۲	۱۳۰/۲۳	۲۶	۵۶۲۰۰	رودبار	سفید رود
۰/۴۰	۳/۶۰	۲۸-۳۹	۱۵/۱۷	۴۷-۴۸	۱۳۶/۴۶	۷/۴۸	۳۷/۹۲	۲۳	۵۰۷۰	لوشان	شاهرود
۰/۲۶	۱/۵۹	۵۵-۵۶	۴/۱۳	۴۷-۴۸	۲۵/۰۴	۹/۱۳	۱۵/۷۵	۱۸	۱۷۲۵	درازلات	پلرود
۰/۶۴	۱/۳۴	۵۵-۵۶	۷/۹۵	۵۰-۵۱	۱۶/۶۷	۱۲/۸۴	۱۲/۴۶	۸	۹۷۰	هرات بر	چشمه گله
۰/۶۸	۱/۶۴	۴۰-۴۱	۸/۹۶	۴۷-۴۸	۲۱/۴۶	۸/۴۳	۱۳/۱۱	۲۵	۱۵۵۵	پل ذغال	چالوس
۰/۵۳	۱/۶۶	۳۹-۳۰	۱۸/۰	۴۷-۴۸	۵۶/۷۱	۸/۳۶	۳۴/۱۴	۲۵	۴۰۸۶	۲۵ شهرپور	هراز
۰/۵۳	۱/۸۷	۳۹-۳۰	۶/۹	۴۷-۴۸	۲۴/۳۵	۱۰/۴۲	۱۳/۰۲	۲۶	۱۲۵۰	پلور	لار
۰/۴۶	۱/۵۳	۵۳-۵۴	۷/۶۰	۳۸-۳۹	۲۵/۰۱	۱۱/۴۴	۱۶/۳۶	۲۸	۱۴۳۰	بابل	بابل
۰/۲۸	۲/۲۹	۳۶-۳۷	۳/۷۳	۴۷-۴۸	۳۰/۸۰	۱/۳۲	۱۳/۴۳	۲۵	۱۰۲۰۰	پهلویدز	گرگان

متفاوتی می باشد) در شکل - ۲ - مشاهده شده است. با توجه باین شکل دیده می شود که روخانه کرگانرود (و نیز سایر رودخانه های مهم واقع در ساحل غربی) دارای دو کمینه ماهانه می باشند که یکی در زمستان و دیگری در تابستان اتفاق افتاده ولی بهر حال کمینه ماهانه جریان در تابستان کمتر از کمینه زمستانه است. جریان آب در این رودخانه هادارای دو پیک نیز می باشد که یکی در اول فصل بهار (فروردین) و دیگری در ماههای شهریور و مهر اتفاق می افتد. علت پیک اول ذوب برفها و پیک دوم که کمتر از پیک اولی است بلرندگی زیاد منطقه است چه ماههای مهر و شهریور به ترتیب پرباران ترین ماههای این منطقه می باشند. تغییرات جریان رودخانه های چالوس، هراز (و مشابه چشمه گله) یک بیشینه و یک کمینه را نشان می دهد. کمینه جریان ماهانه این رودخانه ها عموماً "در ماههای دی و بهمن و بیشینه

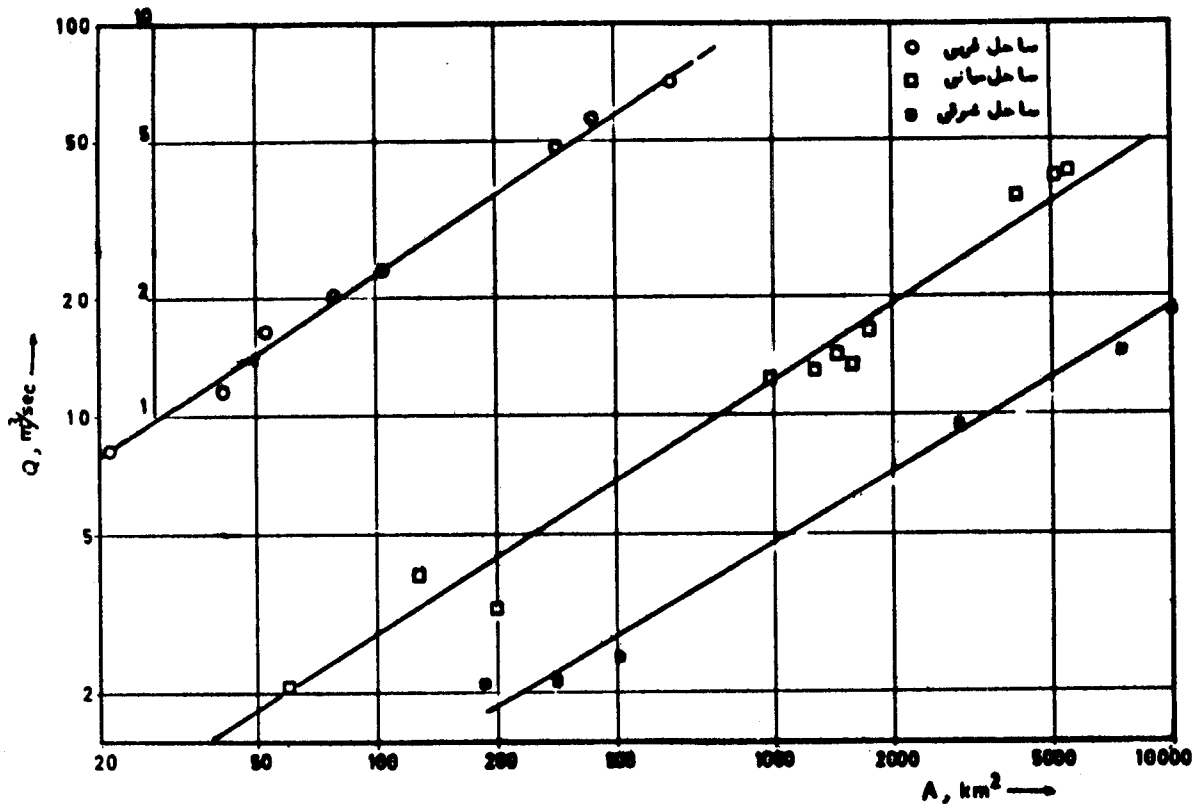
میانگین جریان رودخانه های طالار در کیاکلا، گرگان در ایستگاههای سنگرسوار و پهلویدز، نرماب در پس پشته، چهل چای در لزوره، اوغان در گالیکش واقع در ساحل شرقی با سطح حوزه آبریز آنها رابطه ای به صورت:

$$Q \sim A^{0.595} \quad (4)$$

برقرار گشته است. این رابطه بادقتی بهتر از ۱۰٪ با داده ها مطابقت دارد، نتایج حاصل در مورد هر یک از سه ناحیه فوق در شکل - ۱ - خلاصه شده است.

۳- تغییرات میانگین ماهانه بده و احتمال آبدهی:

میانگین ماهانه بده تعدادی از رودخانه های مهم منطقه در دوره آمار محاسبه شده و نتایج برای رودخانه های چالوس، هراز، کرگانرود و بابل (که چنانکه بیان شد از رودخانه های مهم منطقه بوده و بده آنها دارای تغییرات



شکل ۱-۱- رابطه میانگین بده رودخانه‌های منطقه با سطح حوزه آبریز هر یک (به منظور یکسان بودن طول آمار میانگین بده از سال ۴۴-۴۵ به بعد محاسبه شده است)

به درصد در محور افقی و جریان نسبی رودخانه که در این مقاله به صورت نسبت جریان ماهانه به میانگین جریان در دوره آمار تعریف گشته است در محور قائم برده شده اند. منحنی های احتمال آبدهی (و یا بده کلاسه ماهانه) عده دیگری از رودخانه های منطقه نیز در مرجع (۵) آمده است. اما در مقاله حاضر منحنی های احتمال آبدهی بصورت بی بعد معرفی گشته اند و برتری این نحوه معرفی در این است که رودخانه های باده مختلف را می توان در یک شکل نشان داده و هم چنین مناسب بودن نسبی هر یک را به وجه بهتری بایکدیگر مقایسه نمود. مثلاً " به طوریکه از این شکل برمی آید بده ماهانه رودخانه های بابل، جالوس، کرگانرود و هراز به ترتیب با احتمال ۳۱، ۳۳/۵، ۳۸، ۴۶ درصد با میانگین بده همین رودخانه هادر دوره آمار برابر است. به علاوه این شکل نشان میدهد که رودخانه جالوس* با کمترین حداکثر

ماهانه در اواخر اردیبهشت و اوایل خرداد اتفاق می افتد. جریان رودخانه بابل با جریان سایر رودخانه های منطقه تفاوت داشته و به هر حال به جریان رودخانه های واقع در ساحل باختری شبیه تر است. جریان این رودخانه دو بیشینه و دو کمینه را نشان می دهد که بیشینه اولی در ماه های مهر و آبان اتفاق افتاده و به بارندگی شدید در منطقه مربوط بوده و بیشینه دوم که حداکثر سالانه است در فروردین ماه اتفاق می افتد و از ذوب برفها ناشی می شود. دو کمینه نیز در ماه های آذر و مرداد دیده می شوند که در این مورد کمینه تابستانی از کمینه زمستانی بسیار پائین تر است.

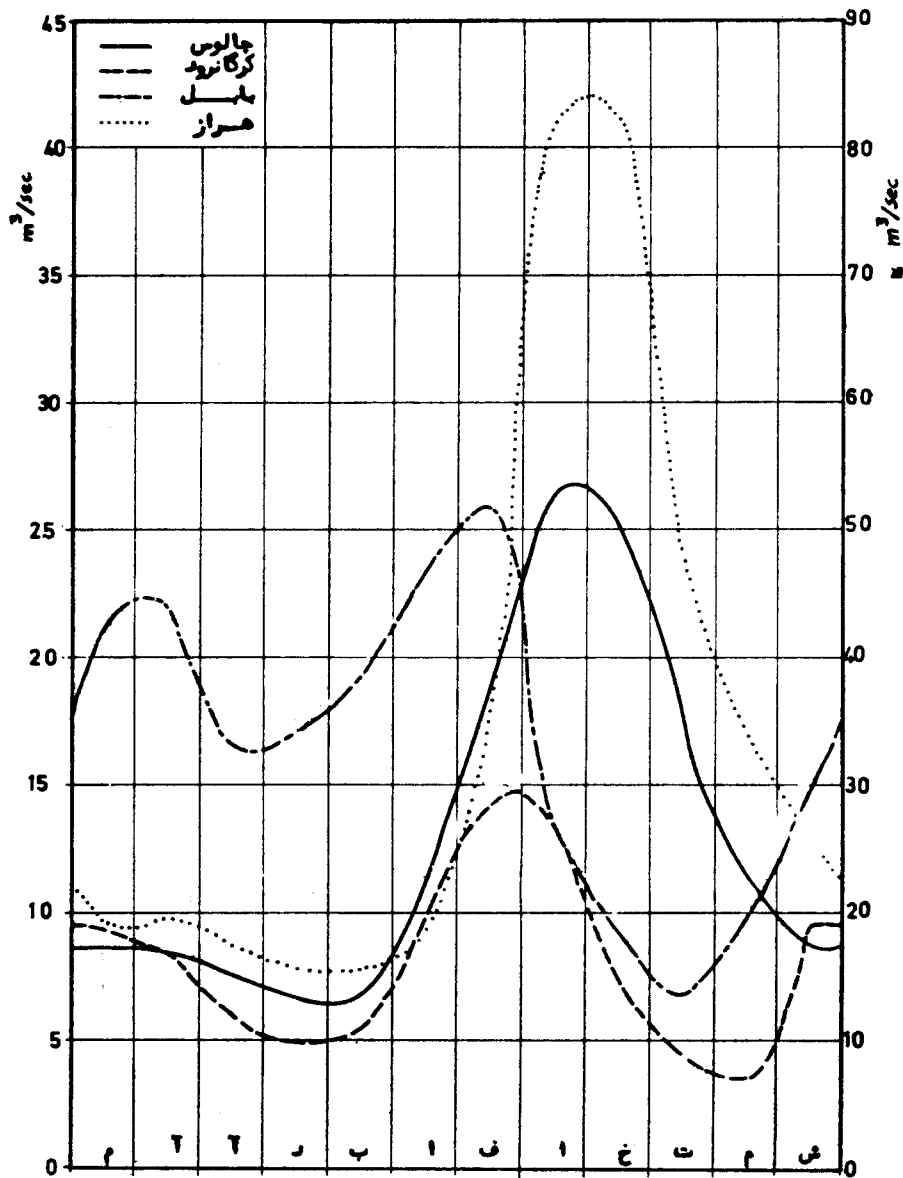
در مورد چهار رودخانه فوق الذکر بده های ماهانه در دوره آمار به صورت نزولی مرتب و احتمال وقوع هر جریان محاسبه گردیده و نتایج حاصل بصورت بی بعد در شکل ۳-۳- نشان داده شده است. در این شکل احتمال آبدهی رودخانه

* - این رودخانه در واقع یکی از منظم ترین رودخانه های منطقه را تشکیل میدهد. مطالعه مؤلف نشان داده است که رودخانه منظم دیگر منطقه رودخانه چشمه گپله در (هرات بر) است که متاسفانه آمار آن کوتاه بود و در این مقاله نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آن ذکر نگردید.

و بیشترین حداقل نسبی منظم ترین رودخانه از بین چهار رودخانه فوق از نظر جریانهای ماهانه می باشد. نتایج مهم حاصل از این بررسی در جدول ۲- خلاصه شده است که جریانهای با احتمال ۹۰٪، ۵۰٪ و ۱۰٪ را نشان می دهد. جریان با احتمال ۹۰٪ جریانی است که دبی ماهانه ۹۰٪ از مواقع (حدوداً ۱۱ ماه از سال) از آن تجاوز می کند، جریان ۵۰٪ جریانی است که بده های ماهانه در ۶ ماه از سال از آن تجاوز کرده و جریان ۱۰٪ فقط در ۱۰٪ از ماهها تجاوز می شود.

۴- حداقل جریانهای روزانه و ماهانه:

از بررسی آثار رودخانه های منطقه چنین نتیجه شده است که حداقل جریان روزانه و ماهانه عموماً "در فصول تابستان و یازمستان اتفاق افتاده و کمتر در سایر فصول دیده می شود. در مورد رودخانه های چالوس و هراز حداقل جریانهای روزانه و ماهانه در زمستان و در مورد رودخانه های کرگانرود و بابل در فصل تابستان و معمولاً "در ماههای تیر و پامرداد دیده شده است. علاوه بر این چهار رودخانه، حداقلهای



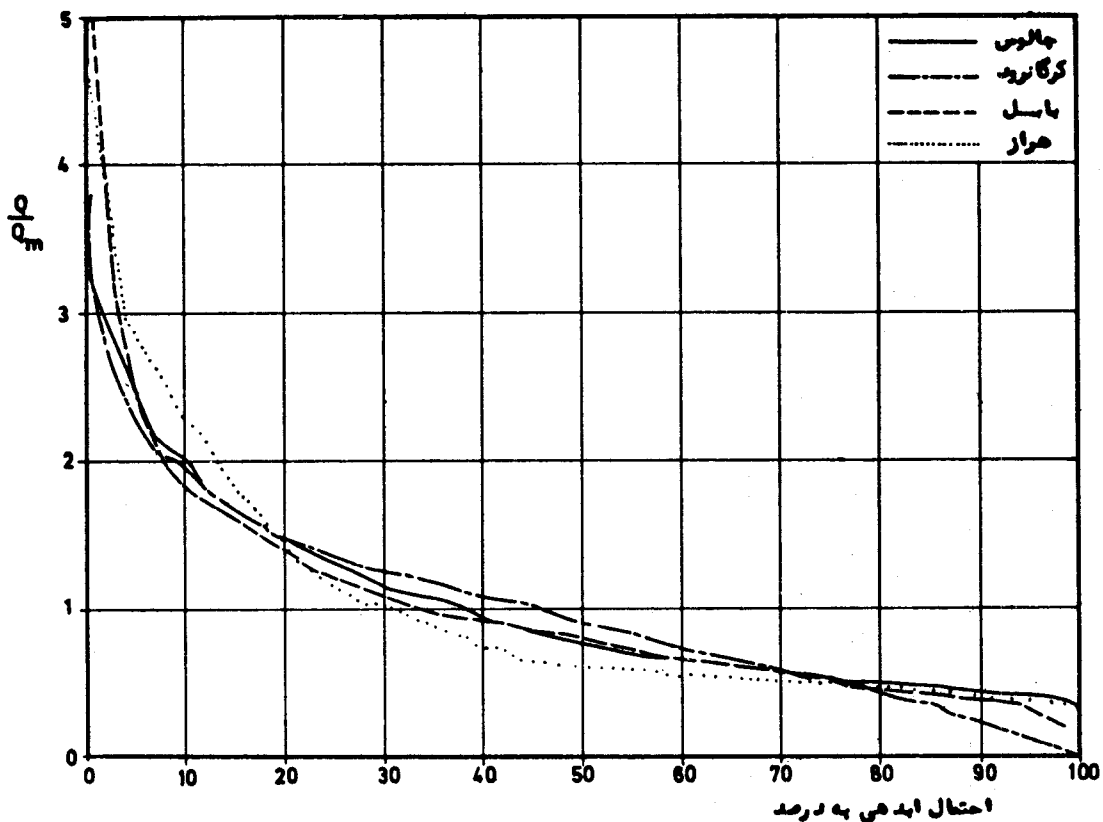
شکل ۲- تغییرات میانگین بده ماهانه برخی از رودخانه های مهم منطقه

در عرض سال (* دبی رودخانه هراز)

جدول ۲- احتمال آبدهی (مطلق و نسبی) ماهانه*

%۱۰		%۵۰ (۶ ماهه)		%۱۰		احتمال رودخانه
RQ	Q	RQ	Q	RQ	Q	
۰/۴۲	۵/۵	۰/۷۳	۹/۶	۱/۹۱	۲۵/۹	چالوس
۰/۴۰	۱۳/۸	۰/۶۰	۲۰/۷	۲/۲۷	۷۸/۲	هراز
۰/۴۰	۳/۰۱	۰/۸۰	۶/۰	۱/۷۹	۱۳/۴۶	کرگانرود
۰/۲۱	۳/۴۷	۰/۹۰	۱۴/۷۲	۱/۹۹	۳۲/۵	بابل

* Q به متر مکعب بر ثانیه، Q_m میانگین جریان در دوره آمار و $RQ = Q / Q_m$



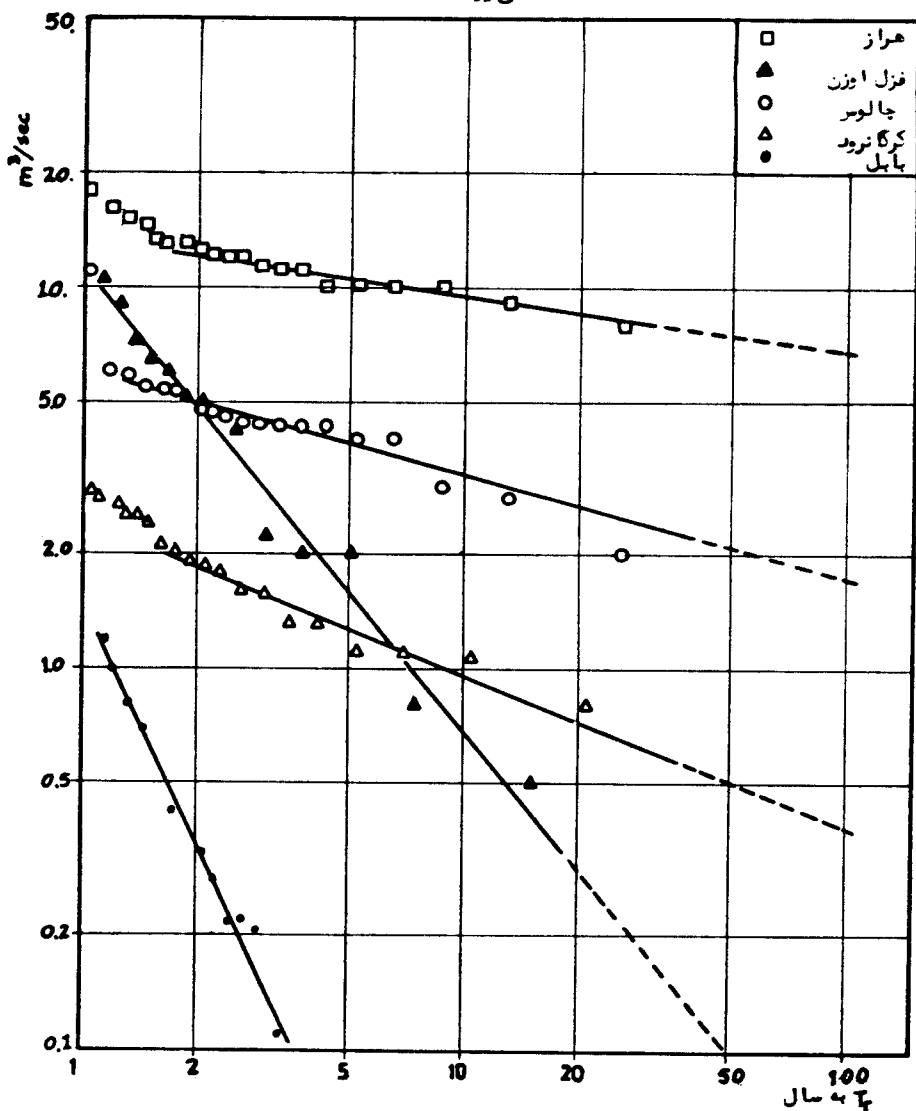
شکل ۳- منحنی های آبدهی نسبی ماهانه رودخانه های

کرگانرود، چالوس، هراز و بابل
(در دوره آمار)

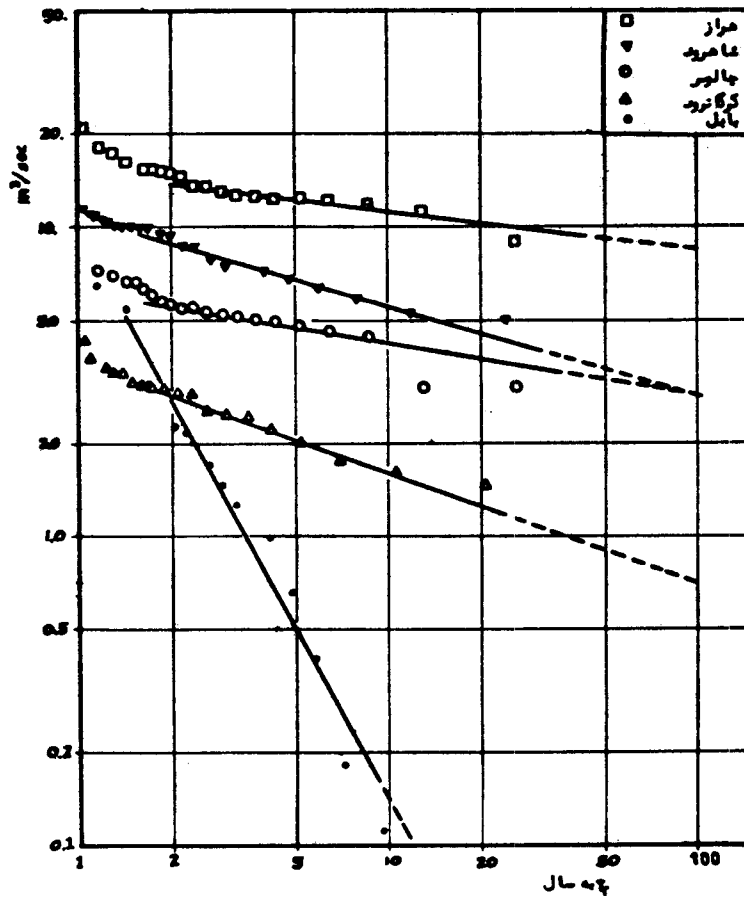
که در آن N دوره آمار به سال و m درجه آمار به ترتیب صعودی است محاسبه و نتایج حاصل در روی کاغذهای لوگ-لوگ (شکلهای ۵۴) برده شده است. چنانکه این شکلها نشان می دهند خطوط راستی از داده ها می توان عبور داده و به کمک آنها حداقلهای روزانه و ماهانه تا ۱۰۰ سال دوره بازگشت را برون یابی نمود. نتایج حاصل برای دوره های بازگشت ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ سال در جدول ۳- خلاصه گشته اند. چنانکه از این جدول برمی آید رودخانه هراز دارای بالاترین حداقلهای روزانه و ماهانه در بین تمامی رودخانه شمال بوده و بابل یکی از خشکترین و نامطمئن ترین رودخانه های منطقه بشمار می رود.

روزانه رودخانه قزل اوزن در ایستگاه کیلوان و حداقل ماهانه رودخانه شاهرود در لوشان نیز مورد مطالعه قرار گرفت. حداقل جریان این دو رودخانه در ماههای مرداد، شهریور مهر پراکنده بوده ولی بیشتر در مهر ماه اتفاق افتاده است. حداقل های روزانه و ماهانه رودخانه های نامبرده در هر سال، در دوره آمار برداری، از آمار موجود استخراج و مورد تجزیه و تحلیل فراوانی قرار گرفت. دوره بازگشت نیز با استفاده از فرمول وی بال:

$$T_r = \frac{N + 1}{m} \quad - ۵ -$$



شکل ۴- پیش بینی حداقل بده های روزانه برخی از رودخانه های مهم منطقه ه.



شکل ۵- پیش بینی حداقل بده های ماهانه برخی از رودخانه های مهم منطقه .

جدول ۳- حداقل بده های روزانه و ماهانه (متر مکعب بر ثانیه)

حداقل ماهانه			حداقل روزانه			Tr به سال رودخانه
۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰۰	۵۰	۲۰	
۸/۵	۹/۲	۱۰/۰	۶/۷۵	۷/۵	۸/۵	هرات
۲/۹۰	۳/۲۵	۳/۷۵	۱/۷۰	۲/۲۰	۲/۷۰	چالوس
۲/۸۵	۳/۵	۴/۵	-	-	-	شاهرود
۰/۷۰	۰/۹۰	۱/۲۵	۰/۳۸	۰/۵۰	۰/۷۲	کرگانرود
-	-	-	۰/۰	۰/۰	۰/۳۰	قزل اوزن
۰/۰	۰/۰	۰/۰ (خشک)	۰/۰	۰/۰	۰/۰ (خشک)	بابل

جریان همین رودخانه هاسیلابی ترین و آرام ترین رودخانه های مهم منطقه را تشکیل می دهند. نسبت های نظیر در مورد رودخانه های بابل و چالوس به ترتیب ۴۴ و ۱۳ می باشند. آمار سیلابهای لحظه ای رودخانه های منطقه فقط

از سال آبی ۴۷ - ۴۶ به بعد و آنهم بطور ناپیوسته در دسترس بوده و برای حزیه و تحلیل فراوانی که در مورد سیلابهای روزانه انجام شد مناسب نمی باشند. آمار موجود نشان می دهند که اکثر سیلابهای لحظه ای بین ۵ تا ۵۰ درصد بیش از سیلابهای روزانه هستند. این آمار در شکل ۶ - برده شده و از بین آنها خط مستقیمی رسم شده است. این خط بین سیلابهای لحظه ای و سیلابهای روزانه رابطه:

$$Q_{PI} = 1.20 Q_{PD}$$

را برقرار می سازد. این رابطه با دقت ۱۵٪ برای تعداد زیادی از رودخانه های مهم منطقه جز رودخانه بابل یکسان است. در مورد رودخانه بابل داده ها از رابطه مشابهی منتها با ضریب ۱/۶۰ بجای ۱/۲۰ پیروی می نماید. ایستگاههایی که آمار آنها در شکل ۶ - آمده است بجز دو مورد مجهز به لیمیگراف بوده و سیلاب روزانه، میانگین جریان در عرض ۲۴ ساعت می باشد. ولی برای ایستگاههای درجه دو که قرائت اشل معمولاً روزی دوبار صورت می گیرد، زمان وقوع پیک سیل و نیز روش به کار رفته در برون یابی سیلابها در رابطه سیل روزانه و پیک لحظه ای موثر خواهند بود. و غالباً " بده تخمین شده از بده واقعی کمتر است (۱۹). روشهای تعیین سیلابها در مقالاتی از جمله (۲۲) مرورشده و در اینجا از ذکر آنها خود داری می گردد.

۵ - سیلابهای روزانه - رابطه سیلابهای روزانه و

لحظه ای:

حداکثر بده روزانه غالباً رودخانه های منطقه (از جمله هراز، چالوس، چشمه گیله، شاهرود و قزل اوزن) عموماً "به علت ذوب شدن برفها در فصل بهار و خصوصاً" در اردیبهشت ماه اتفاق می افتد. این حداکثر در مورد برخی از رودخانه های منطقه و خصوصاً "رودخانه های واقع در ساحل باختری دوماههای مهر و آبان اتفاق افتاده و مطابقت با حداکثر بارندگی در منطقه دارند. کرگانرود و شفارود جزء این دسته از رودخانه ها قرار دارند.

سیلابهای روزانه رودخانه های کرگانرود، شاهرود، چالوس، هراز و بابل از آمار موجود بصورت رشته سالانه استخراج و با روش نظری گامبل و لوگ پیرسن مورد بررسی قرار گرفتند و به کمک این بررسی سیلابهای ۲۰ تا ۱۰۰ ساله برون یابی گردیدند. شدت جریان سیل در این دوره به ترتیب با روابط ۶ و ۷ داده می شوند.

$$X = \bar{X} + K_1 \sigma \quad -6-$$

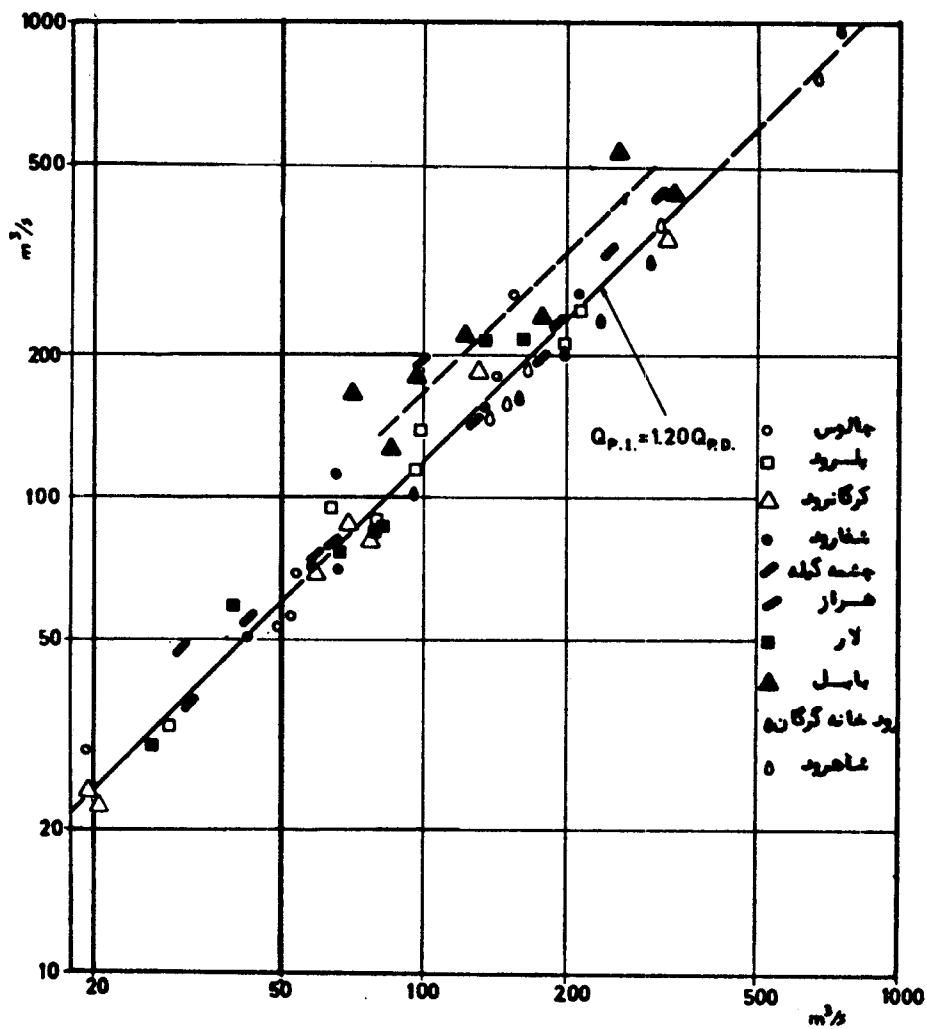
$$\log X = \log \bar{X} + K_2 \sigma_{\log X} \quad -7-$$

در روابط فوق X و σ به ترتیب میانگین و انحراف معیار هر رشته از سیلابها بوده و $\sigma_{\log X}$ و $\bar{\log X}$ نیز میانگین و انحراف معیار لگاریتم سیلابها می باشند. ضرایب ثابت K_1 و K_2 نیز بستگی به دوره بازگشت و عواملی دیگر دارد و از جداولی می توان آنها را استخراج نمود (۲۱ و ۱۸).

نتایج محاسبات در جدول ۴ - خلاصه شده اند. به طوریکه از این جدول دیده می شود نتایج حاصل از روشهای نظری گامبل و لوگ پیرسن برای دوره بازگشت ۲۰ سال به یکدیگر نزدیک هستند. اما برای دوره بازگشت ۵۰ سال و بیشتر روش لوگ پیرسن برای رودخانه های سیلابی در روش گامبل برای رودخانه های آرام سیلابهای بزرگتری را پیش بینی می نماید. با توجه به ارقام مندرج جدول ۴ - دیده می شود که رودخانه های شاهرود و بابل از سیلابی ترین رودخانه های منطقه هستند. اما به طور نسبی، رودخانه های کرگانرود و هراز با سیلاب های ۱۰۰ ساله ای به ترتیب معادل با ۵۸ و ۱۰/۵ برابر میانگین

جدول ۴- پیش بینی سیلابهای روزانه با روشهای نظری گامبل و لوگ پیرسن

روش لوگ پیرسن			روش گامبل			Tr به سال رودخانه
۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰۰	۵۰	۲۰	
۷۱۵	۶۱۵	۴۷۵	۷۱۵	۶۳۰	۵۲۰	بابل
۵۳۵	۳۸۵	۲۳۰	۳۸۵	۳۳۵	۲۶۵	کرگانرود
۳۲۰	۲۹۰	۲۴۵	۳۶۰	۳۲۰	۲۷۰	هراز
۱۸۰	۱۵۰	۱۱۵	۱۶۵	۱۴۵	۱۲۰	چالوس
۱۱۵۰	۸۷۵	۶۰۰	۹۶۰	۸۴۵	۶۸۵	شاهرود



شکل ۶- رابطه سیلابهای لحظه ای بارزانه رودخانه های مهم منطقه .

خلاصه و نتیجه گیری

حوزه آبریز دریای مازندران بادست کم* ۲۲۰ ایستگاه هیدرولوژی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و منطقه به چهار ناحیه که از نظر خصوصیات جریان تا حدودی مشابهند تقسیم بندی شده و جریان رودخانه های مهم در این نواحی با تغییرات سالانه آن در دوره آمار داده شده است. دیده شده است که جریان برخی از رودخانه ها در هر ناحیه همبستگی خوبی با یکدیگر ایجاد می نماید. تغییرات میانگین جریان رودخانه ها با سطح حوزه آبریز آنها نشان می دهد که این تغییرات برای رودخانه های ساحل باختری و میانی از رودخانه های خاوری تا حدودی تندتر است. از تغییرات جریان رودخانه ها در ماههای سال چنین نتیجه می شود که ماههای کم آب و پر آب رودخانه ها در نواحی مختلف متفاوت بوده و کمترین جریان ماهانه در ساحل باختری در تابستان و در ساحل میانی در زمستان جاری شده و بیشترین جریان ماهانه عموماً در بهار اتفاق می افتد. به علاوه رودخانه چالوس در بین سایر رودخانه ها منظم ترین جریان ماهانه را داشته است. پیش بینی کمینه جریانهای روزانه و ماهانه برخی از رودخانه های مهم برای دوره بازگشت تا ۱۰۰ سال نشان می دهد که رودخانه های چالوس و هراز دارای حداقلهای نسبی قابل توجهی بوده و از مطمئن ترین منابع آبی آزاد منطقه بشمار می روند. از بررسی سیلابها چنین نتیجه می شود که بطور نسبی کرگانرود سیلابی ترین رودخانه منطقه و هراز یکنواخت ترین آنها را تشکیل می دهند. با توجه به مطالب فوق هراز و چالوس با کوچکترین سیلاب ۱۰۰ ساله و با کوچکترین تغییرات در جریانهای ماهانه و هر دو با بیشترین کمینه روزانه و ماهانه منظم ترین رودخانه های منطقه می باشند. از مطالعه سیلابهای لحظه ای در این مقاله نتیجه شده است که این سیلابها را از حاصل ضرب سیلابهای روزانه در ضریبی که برای تعداد زیادی از رودخانه های منطقه (بجز بابل) یکسان و برابر ۱/۲۰ است می توان بدست آورد.

لازم به تذکر است که گرچه طول آمار در دقت نتایج حاصل از برون یابی حداقلهای روزانه و ماهانه و خصوصاً در پیش بینی سیلابها موثر می باشد ولی استفاده از نتایج بدست

آمده در این مقاله در طرحهای مهندسی کاملاً "رضایت بخش خواهد بود. هم چنین باید توجه داشت که علاوه بر بررسیهای کمی آب نظیر مطالعه حاضر مسائل کیفی آب حائز اهمیت است. بسزای بوده و با توسعه بهره برداری از منابع آب انجام اقداماتی برای حفظ کیفیت آنها بسیار ضروری است. در غیر اینصورت، در آینده ای نزدیک، علاوه بر مشکلات کمی آب با مسایل جدی کیفی آب نیز روبرو خواهیم بود.

* - چه ممکن است نام برخی از ایستگاهها در مرجع (۷) نیامده باشد (از جمله ایستگاه آستانه بر روی سفیدرود).

