جغرافیا و توسعه شماره ۳۹ تابستان ۱۳۹۴
وصول مقاله : ۱۳۹۱/۰۵/۰۷
تأیید نهایی : ۱۳۹۲/۰۴/۰۹
صفحات : ۲۱۰-۱۹۵

بررسی ویژگی‌های رژیم جریان و رسوب در حوزه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک
مطالعه موردی: استان لرستان

دکتر سمانه پورمحمدی[1]، دکتر محمدتقی دستورانی[2]

چکیده

با توجه به اینکه بخش وسیعی از سطح ایران دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است بررسی رفتار رودخانه‌های حوزه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله کارهای اساسی و مهم در کشور می‌باشد. از عمده‌ترین ویژگی‌های متفاوت مناطق خشک با مناطق مرطوب متفاوت بودن عوامل اقلیمی از جمله مقدار و الگوی بارش می‌باشد. این مسأله می‌تواند باعث تغییرات رژیم جریان و رژیم رسوب و نسبت‌های آنها در این مناطق گردد. همچنین مسیل‌های موقتی مناطق خشک که جریان در آنها محدود به فصول پر باران و مرطوب می‌باشد بر روی رژیم جریان و رسوب تأثیر بسزایی دارد. در این تحقیق با بررسی آماری دبی جریان‌ها در منطقه‌ی خشک و نیمه‌خشک غرب کشور سعی شده تأثیر اقلیم روی رژیم جریان و رسوب بررسی گردد. بدین منظور اقدام به برآورد دبی‌های سیلابی با دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از بهترین توزیع آماری برازش شده در ۲۱ ایستگاه هیدرومتری شد. سپس با استفاده از منحنی سنجه رسوب مقادیر رسوب در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید. در گام بعدی رژیم جریان و رژیم رسوب محاسبه و به بررسی رابطه رژیم جریان و رژیم رسوب در دوره بازگشت‌های مختلف با مساحت زیر حوزه‌های بالادست پرداخته شد. نتایج این تحقیق ارقام بالای نسبت رژیم جریان و رسوب در دوره بازگشت‌های بالا در اغلب ایستگاهها را نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که رابطه‌ی مساحت زیر حوزه‌های بالا دست هر ایستگاه با افزایش نسبت رژیم جریان و رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت‌های بالا افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: رژیم جریان، رژیم رسوب، اقلیم خشک و نیمه‌خشک، مساحت.

۱- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری مؤسسه تحقیقات آب (محقق مرکز ملی تحقیقات و مطالعات باروری ابرها) (نویسنده مسؤول) s.poormohammadi@yahoo.com
۲- دکتری آبخیزداری (مهندسی رودخانه) دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد dastorani@um.ac.ir

مقدمه

مسلماً ویژگی‌های جریان در مناطق خشک و مرطوب به شدت تابع ویژگی‌های اقلیمی این مناطق از جمله مدت و زمان وقوع بارش‌ها می‌باشد. سیلاب‌هایی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک اتفاق می‌افتد معمولاً مشکل‌ساز بوده و بسیار مخرب‌تر از سیلاب‌هایی است که در مناطق مرطوب رخ می‌دهد. علت این پدیده را می‌توان در اقلیم حاکم بر این مناطق جستجو نمود. بارندگی‌های مخرب در مناطق خشک که منجر به تند سیل‌ها در این مناطق می‌شوند از نوع بارش‌های کنوکسیونی، بوده که به علت ضریب رواناب بالا در مناطق خشک و شدت زیاد بارش‌های کنوکسیونی هیدروگراف این سیلاب‌ها دارای شیب تند در شاخه صعودی و نزولی و زمان پایه کوتاه و دبی پیک بالا می‌باشد.

در این مناطق در شاخه صعودی هیدروگراف برداشت رسوبات و در شاخه نزولی هیدروگراف فرایند رسوبگذاری انجام می‌شود. در تحقیقی که توسط نانسون و همکاران انجام شد به ترتیب از سیلاب‌های تک اوجی به چند اوجی و فصلی از شیب شاخه صعودی کاسته شده و به زمان پایه نیز افزوده می‌شود *(Nanson et al, 1996: 21)* جریان‌های سیلابی در مناطق خشک از جنبه‌های مختلف قابل تفکیک هستند: اولاً هیدرولیک جریان و ضریب زبری در برخی از رودخانه‌ها و مسیل‌ها بطور قوی تحت تأثیر پوشش گیاهی است که در کف مسیل‌ها رشد می‌کنند و از رطوبت موجود در رسوبات کف استفاده می‌نمایند. در این حالت بسته به وضعیت تراکم و پوشش ایجاد شده در کف مسیل‌ها زبری افزایش قابل ملاحظه داشته و سرعت جریان را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. این مطلب سبب می‌شود که در یک سطح مشخص وضعیت سرعت جریان در بخش‌های مختلف مقطع عرضی بسیار متفاوت و ناهمگن باشد *(Dunkerley,1992:443)*. ثانیاً در مناطق خشک طبیعتاً کاهش بارندگی سالانه عموماً کاهش میزان رواناب را به دنبال دارد و با کاهش قابل توجه میزان بارندگی تغییرات یا به عبارتی نامنظم بودن تولید رواناب در طیّ سال افزایش قابل توجهی می‌یابد *(Tooth, 2000:67)*. علاوه بر آن در رابطه با تغییرات مکانی رواناب و بارندگی در مناطق خشک می‌توان گفت برای هر سطح مشخص حوزه‌ی آبخیز دامنه‌ی تغییرات وسیعی از میزان کل رواناب تولیدی را می‌توان در نظر گرفت *(Frostick et al, 1977:24)* . این‌مسأله باعث چولگی بالایی در منحنی توزیع‌فراوانی سیلاب می‌گردد و موجب می‌شود که منحنی‌های فراوانی سیل معمولاً پرشیب باشند که این شیب تند به علت چند نمونه اندک از دبی‌های سیلابی بسیار بالا ایجاد می‌شود *(McDermott, 1983: 114)*. هر چند بطور کلی جریان غالب در حوزه‌های آبخیز مناطق خشک جریان رواناب سریع است، ولی یکنواختی الگوی آن نیز از نقطه‌ای به نقطه دیگر بسیار کم است. این عدم یکنواختی وضعیت رواناب در حوزه‌های آبخیز در مناطق خشک اغلب به دلیل عدم یکنواختی نوع خاک از نظر نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آن است که خود معلول‌عمق، ساختمان و فرسایش‌پذیری خاک‌ها می‌باشد. عمده‌ترین منبع بار کف در رودخانه‌های مناطق خشک مواد سست و گسسته بستری است که براحتی توسط جریان انتقال میابد و این برداشت نیز عمدتاً در طول شاخه صعودی هیدروگراف سیل اتفاق می‌افتد. البته در طول شاخه نزولی هیدروگراف سیلاب نیز حجم قابل توجه ای از این بار کف برداشت شده رسوب‌گذاری می‌گردد این فرآیند برداشت و رسوب‌گذاری بار کف در هر دو نوع رودخانه‌های با بستر ماسه ای و رودخانه‌های با بستر گراول و قلوه‌سنگ اتفاق می‌افتد. نکته مشخص این‌که

توزیع اندازه رسوبات معلق به صورت سیستماتیک با دبی و سرعت جریان تغییر می‌کند.

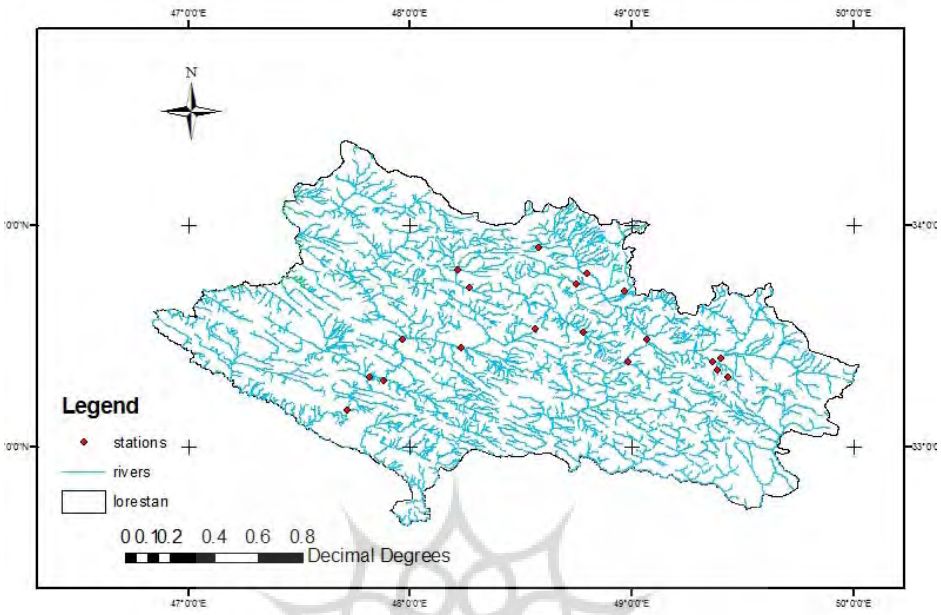
ممکن است این مشخصه‌های مربوط به دینامیک انتقال رسوب معلق منعکس کننده این واقعیت باشد که در مسیل‌ها (رودخانه‌های موقت) ذرات رسوبی با هر اندازه جهت انتقال فراهم بوده و در نتیجه وضعیت انتقال بیشتر توسط تغییرات محیط هیدرولیکی دیکته می‌شود تا توسط محدودیت‌های مربوط به فراهم بودن رسوب *(Frostick et al, 1977: 24)*. علاوه بر عوامل هیدرولیکی، انتقال‌رسوب معلق در برخی رودخانه‌های مناطق خشک شدیداً تحت تأثیر تغییرات شیمیایی سیلاب است، بخصوص در رودخانه‌هایی که ذرات رسوبی ریز را که از حوزه‌هایی که خاک آنها درصد بالایی از سدیم قابل تبادل دارد، حمل می‌کند. در این حالت تغییرات در غلظت الکترولیت در حین جریان سیلاب باعث تغییر در فازهای دیسپرس شدن و فولکوله شدن می‌گردد و روی انتقال بار معلق تأثیر می‌گذارد *(Imeson & Verstraten,1981:251)*. هر چند تغییرات زمانی و مکانی یک خصوصیت مشخص در فرآیندهای رودخانه‌ای در تمام محیط‌ها است، ولی این خصوصیت در مناطق خشک به شکل ویژه‌ای بارز می‌باشد.در مناطق خشک الگوی نامشخص و نامطمئن بارندگی، تأثیر پوشش گیاهی بر رواناب دامنه‌ها و انتقال رسوب و نیز آثار تلفات انتقال به مفهوم این است که تغییرات بسیار شدید زمانی و مکانی سرمشق و معیار اغلب جنبه‌های هیدرولوژی و ژئومورفولوژی رودخانه‌ای می‌باشد. فرایند عمل بسیاری از شبکه‌های رودخانه‌ای مناطق خشک به شکل قابل ملاحظه‌ای ناپیوسته (گسسته و بدون ادامه) است و رودخانه‌ها گاهی اوقات با مشخصه فقدان تعادل بین فرآیند و شکل مواجه هستند. ولی بررسی‌های پراکنده‌ی موجود نشان می‌دهد که این رودخانه‌ها حجم بسیار بالایی از رسوب را در هنگام وقوع جریان‌های سیلابی به همراه دارد، که هم شامل بار معلق قابل توجه و هم بار کف بالا می‌باشد. این موضوع نشان‌دهنده‌ی آن است که هم دامنه‌های لخت و کم پوشش این مناطق آمادگی زیادی را برای فرسایش و تولید رسوب دارند و هم کف و کناره مسیل‌ها در حین جریان‌های سیلابی بار رسوبی فراوانی را تولید می‌نمایند *(Leopold et al, 1964; Hassan, 1990:481)*

در همین راستا پورمحمدی و همکاران طیّ تحقیقی روی تغییرات رژیم جریان در مناطق خشک و نیمه‌خشک و مرطوب و نیمه‌مرطوب به این نتیجه رسیدند که اعداد مربوط به رژیم جریان در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار بالاتر از مناطق مرطوب می‌باشد *(پورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۷: ۵۶)*.

با توضیحات ذکر شده رفتار رودخانه‌های مناطق خشک و نیمه خشک به شدت تحت تأثیر اقلیم حاکم بر منطقه و رژیم‌های بارشی آن می‌باشد. لذا بررسی رفتارهای رودخانه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک (نسبت‌دبی‌ها با دوره‌ی‌بازگشت مختلف به‌دبی میانگین) در کشور ایران امری ضروری جهت مدیریت پایدار حوزه‌های آبخیز می‌باشد. هدف از تحقیق حاضر بررسی رژیم‌جریان و رسوب،همچنین رفتار رودخانه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک در بخشی از کشور (استان لرستان) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

همه‌ی ایستگاههای مورد مطالعه در منطقه‌ی خشک و نیمه‌خشک غرب کشور و از نظر تقسیمات سیاسی در استان لرستان واقع شده‌اند. منطقه‌ی مطالعاتی و پراکنش ایستگاهها بر روی نقشه‌ی آبراهه‌های استان قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱: پراکنش ایستگاههای هیدرومتری روی نقشه آبراهه‌های استان لرستان

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

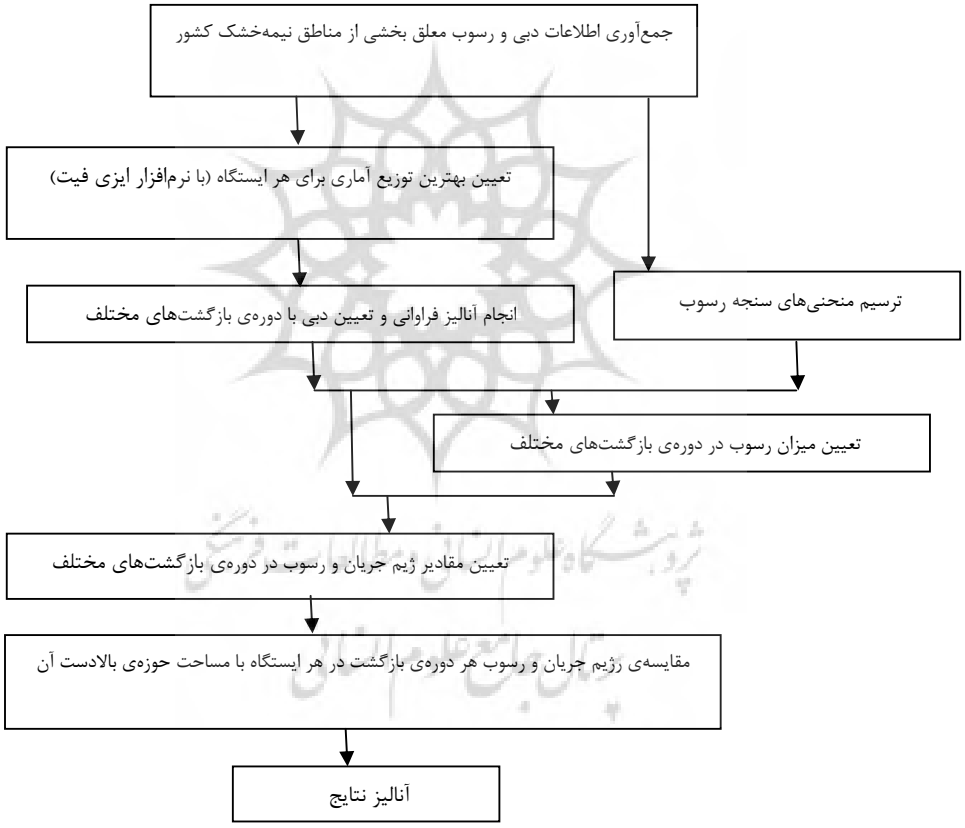
جدول ۱ مشخصات و دوره‌ی آماری ایستگاههای مطالعاتی به همراه مساحت حوزه‌ی بالادست و ارتفاع آنها را نشان می‌دهد. با توجه به جدول، دوره‌ی آماری استفاده شده در این تحقیق از سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۴ به مدت ۲۰ سال بوده است. بزرگترین مساحت حوزه مربوط به ایستگاه پل دختر به بزرگی ۱۹۴۰ کیلومتر مربع و کمترین مساحت حوزه، مربوط به ایستگاه کمندان به بزرگی ۳۵ کیلومتر مربع می‌باشد. بیشترین ارتفاع ایستگاه هیدرومتری مربوط به ایستگاه کمندان به مقدار ۲۰۸۰ متر از سطح دریا و کمترین ارتفاع مربوط به ایستگاه برآفتاب به مقدار ۷۶۰ متر از سطح دریا می‌باشد.

جدول ۱: مشخصات و دوره‌ی آماری ایستگاههای مطالعاتی

ردیف	نام ایستگاه	دوره آماری (سال)	مساحت (کیلومتر مربع)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	ردیف	نام ایستگاه	دوره آماری (سال)	مساحت (کیلومتر مربع)
۱	هرود	۸۴-۶۴	۲۷۰	۱۷۷۰	۱۱	سراب سفید	۸۴-۶۴	۶۴/۶
۲	کاکا رضا	۸۴-۶۴	۱۱۴۸	۱۵۳۰	۱۲	ونایی	۸۴-۶۴	۶۰/۴
۳	سراب صید علی	۸۴-۶۴	۷۷۳	۱۵۲۰	۱۳	رحیم آباد	۸۴-۶۴	۱۰۰
۴	دو آب ویسیان	۸۴-۶۴	۳۶۷۰	۹۶۰	۱۴	بیاتون	۸۴-۶۴	۱۲۰
۵	چم انجیر	۸۴-۶۴	۱۵۹۰	۱۱۴۰	۱۵	دورود	۸۴-۶۴	۳۴۰۰
۶	آفرینه-کشکان	۸۴-۶۴	۶۷۰۰	۸۲۰	۱۶	چم زمان	۸۴-۶۴	۲۰۱۰
۷	چولهول	۸۴-۶۴	۸۰۰	۸۰۰	۱۷	کمندان	۸۴-۶۴	۳۵
۸	برآفتاب	۸۴-۶۴	۱۱۰۸	۷۹۰	۱۸	دره تخت	۸۴-۶۴	۳۶
۹	پل دختر	۸۴-۶۴	۹۱۴۰	۶۵۰	۱۹	ماربره	۸۴-۶۴	۲۶۵۵
۱۰	مروک	۸۴-۶۴	۹۷۳	۱۵۶۰	۲۰	چم چیت	۸۴-۶۴	۳۴۶
					۲۱	تنگ محمد	۸۴-۶۴	۲۲۳

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

در شکل۲ مراحل مختلف تحقیق حاضر نشان داده شده است. در تحقیق حاضر ابتدا اقدام به جمع آوری داده‌های دبی و رسوب ۲۱ ایستگاه مذکور شد، سپس اقدام به تعیین بهترین توزیع آماری برای تعیین دبی در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در نرم‌افزار ایزی‌فیت[۱] با بیش از ۶۰ توزیع آماری شد. در این تحقیق دبی در دوره‌ی بازگشت‌های ۲، ۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ محاسبه گردید. با تقسیم دبی‌های پیک به دست آمده در هر دوره بازگشت بر دبی میانگین هر ایستگاه مقادیر مربوط به رژیم جریان محاسبه شد. در گام بعدی با استفاده از منحنی سنجه رسوب یک خطی اقدام به برآورد مقادیر رسوب در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف شد و با تقسیم رسوبات پیک در هر دوره‌ی بازگشت به‌رسوب میانگین، مقادیر رژیم رسوب محاسبه گردید. در مرحله‌ی بعد اقدام به بررسی رابطه‌ی مساحت زیر حوزه‌ی بالادست هر ایستگاه هیدرومتری با رژیم جریان و رژیم رسوب شد و نهایتاً به تجزیه و تحلیل رابطه‌ی مساحت با رژیم رسوب و جریان پرداخته شد.



شکل ۲: مراحل انجام تحقیق

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

بحث

وضعیت رژیم جریان

در جدول۲ بهترین توزیع آماری برازش شده مربوط به دبی در هر ایستگاه نمایش داده شده است. همانطور که جدول نشان می‌دهد،دبی در ۴ ایستگاه هیدرومتری دهنو، مروک، چم چیت و دره تخت از توزیع آماری لوگ پیرسون پیروی می‌کند و مقادیر دبی مربوط به ۴ ایستگاه رحیم‌باد، بیاتون، کمندان، ماربره و برآفتاب

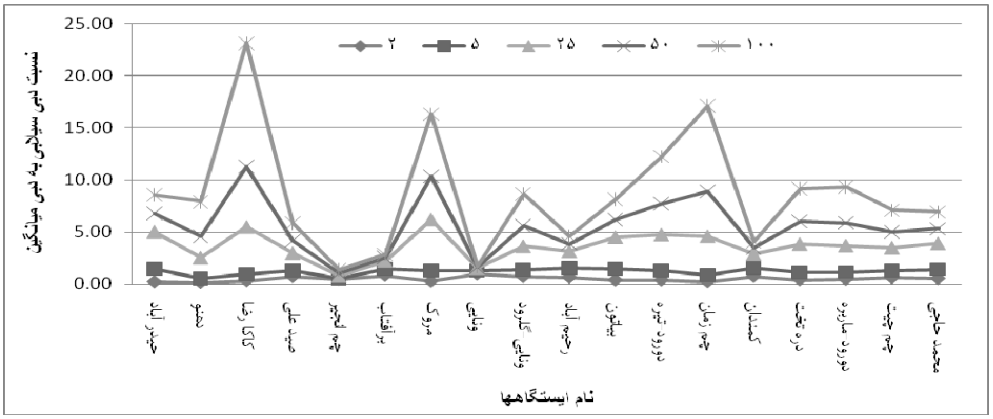
با توزیع آماری ویبول ۳ پارامتره برازش یافته است. ایستگاه ونانی از توزیع آماری لوگ لوجستیک تبعیت می‌کند، ایستگاه چم انجیر از توزیع آماری مقادیر حد تعمیم یافته و دبی در ایستگاه چم زمان از توزیع پرتو ۲ تبعیت می‌کند. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود ۸ ایستگاه باقیمانده از سایر توزیع‌های آماری که بطور معمول در گذشته در علوم هیدرولوژی استفاده نمی‌شده و جزء توزیع‌های جدید می‌باشد، تبعیت می‌نمایند. بنابراین می‌توان چنین بیان کرد که دبی‌های مربوط به ایستگاههای هیدرومتری موجود در مناطق خشک با وجود داشتن ویژگی‌های مشترک زیاد و نزدیک بودن به یکدیگر از توزیع‌های آماری متفاوت از یکدیگر پیروی می‌نمایند. در نتیجه اقلیم خشک منطقه و ویژگی‌های خاص اقلیمی مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله بارش‌های نامنظم از نظر زمانی و مکانی می‌تواند در نوع بهترین توزیع‌های آماری برازش شده در هر ایستگاه مؤثر باشد.

جدول۲: بهترین توزیع آماری برازش شده برای دبی در هر ایستگاه

نام ایستگاه	بهترین توزیع آماری	نام ایستگاه	بهترین توزیع آماری
دهنو	لوگ پیرسون	ونایی	لوگ لوجستیک
کاکا رضا	فرچت ۳ پارامتره	گلرود	جانسون SB
سراب صید علی	داگوم	رحیم آباد	ویبول سه پارامتره
دو آب	جانسون SB	بیاتون	ویبول سه پارامتره
چم انجیر	مقادیر حد تعمیم یافته	دورود	بر
آفرینه	فرچت ۳ پارامتره	چم زمان	پرتو۲
چولهول	بر	کمندان	ویبول سه پارامتره
برآفتاب	ویبول سه پارامتره	دره تخت	لوگ پیرسون
پل دختر	بر	ماربره	ویبول سه پارامتره
مروک	لوگ پیرسون	چم چیت	لوگ پیرسون
تنگ محمد حاجی	اینورز گوسین ۳ پارامتره		

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

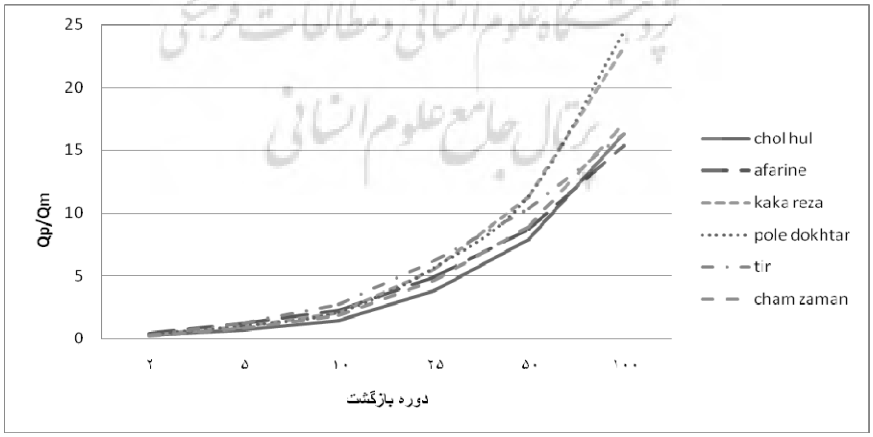
شکل ۳ نتایج مربوط به رژیم جریان با دوره‌ی بازگشت‌های ۲، ۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ را در ایستگاههای منطقه‌ی مطالعاتی نمایش می‌دهد. با توجه به نمودار، همانگونه که مشاهده می‌شود، رژیم جریان از دوره‌ی بازگشت‌های کم به دوره‌ی بازگشت‌های زیاد افزایش می‌یابد به‌طوری‌که در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال در اغلب ایستگاهها اعداد بسیار بزرگی مشاهده می‌شود.



شکل ۳: وضعیت رژیم جریان با دوره بازگشت‌های مختلف در هر ایستگاه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

در شکل ۴ تعدادی از ایستگاههایی که رژیم جریان در آنها بخوبی نشان‌دهنده‌ی ویژگی رودخانه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد آورده شده است. این ایستگاهها شامل: جول‌هول، آفرینه، کاکارضا، پل‌دختر، تیر و چم نظام می‌باشد. با توجه به نمودار رژیم جریان (که همان نسبت دبی پیک به دبی میانگین می‌باشد) در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال در این ۶ ایستگاه از عدد ۱۵ بالاتر بوده و به حدود ۲۵ در دو ایستگاه پل‌دختر و کاکا رضا می‌رسد که این امر نشان‌دهنده‌ی رگبارهای نامنظم و بارش‌های سیل‌آسا می‌باشد که در این مناطق ایجاد جریان‌های سیلابی می‌کند. به عنوان مثال در ایستگاه پل دختر نسبت دبی پیک به دبی میانگین ۲۵ برابر می‌باشد یعنی شدت بارش به گونه ای است که منجر به دبی سیلابی شده است که از حد نرمال ۲۵ برابر بزرگتر بوده است. این ویژگی مربوط به رژیم جریان در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد.

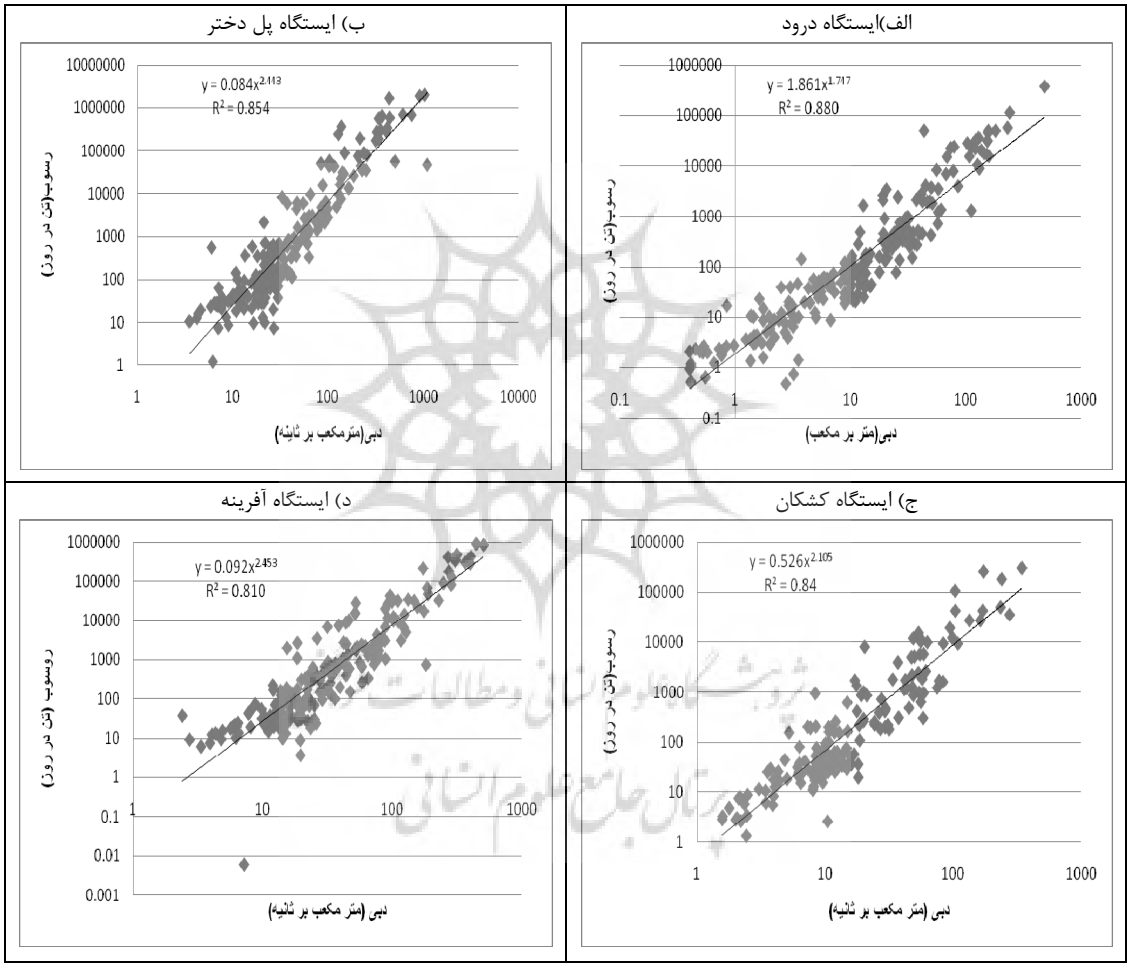


شکل۴: وضعیت رژیم جریان با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در ۶ ایستگاه منتخب (Qp دبی پیک با دوره بازگشت‌های مختلف است و Qm دبی میانگین می‌باشد)

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

رژیم رسوب

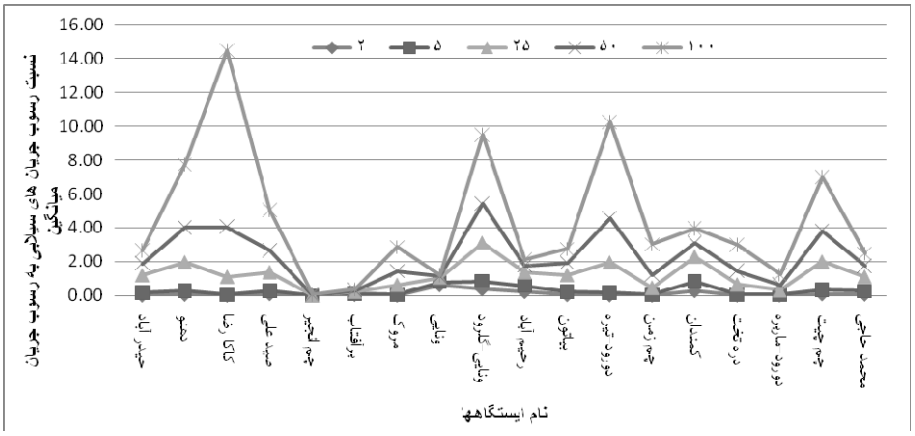
در شکل۴ منحنی سنجه‌رسوب بعضی از ایستگاههای موجود در منطقه‌ی مطالعاتی آورده شده است. این نمودارها مربوط به۴ ایستگاه دو رود، پل‌دختر، کشکان و آفرینه می‌باشد که به صورت رابطه‌ی لگاریتمی دبی و رسوبات معلق نمایش داده شده است. همانطور که در بخش مواد و روش‌ها گفته شد از روش یک خطی برای رسم منحنی سنجه رسوب استفاده شد، با توجه به نمودارها همبستگی‌های مناسبی بین دبی و رسوب در این ایستگاهها مشاهده می‌شود بطوری‌که ضریب R^2 در آنها بیش از ۸۰ درصد می‌باشد.



شکل۵: منحنی سنجه رسوب بعضی از ایستگاههای موجود در منطقه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

در شکل۶ مقادیر رژیم رسوب با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در ایستگاه‌های‌هیدرومتری موجود درمنطقه‌ی مطالعاتی نشان داده شده است. مقادیر رژیم رسوب در همه‌ی ایستگاهها از دوره‌ی بازگشت ۲ سال به سمت دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال افزایش می‌یابد که این میزان افزایش در بعضی از ایستگاهها قابل توجه می‌باشد.



شکل۶: مقادیر رژیم رسوب با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در هر ایستگاه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

در شکل ۷ مقادیر رژیم رسوب با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در بعضی از ایستگاههای منطقه که افزایش رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت‌های بالا را بهتر نشان داده است، آورده شده است. بطور کلی همگام با افزایش دبی میزان افزایش رسوبات معمولاً به صورت تصاعدی خواهد بود که این ویژگی بویژه در دو ایستگاه آفرینه و پل‌دختر به‌خوبی مشهود می‌باشد.

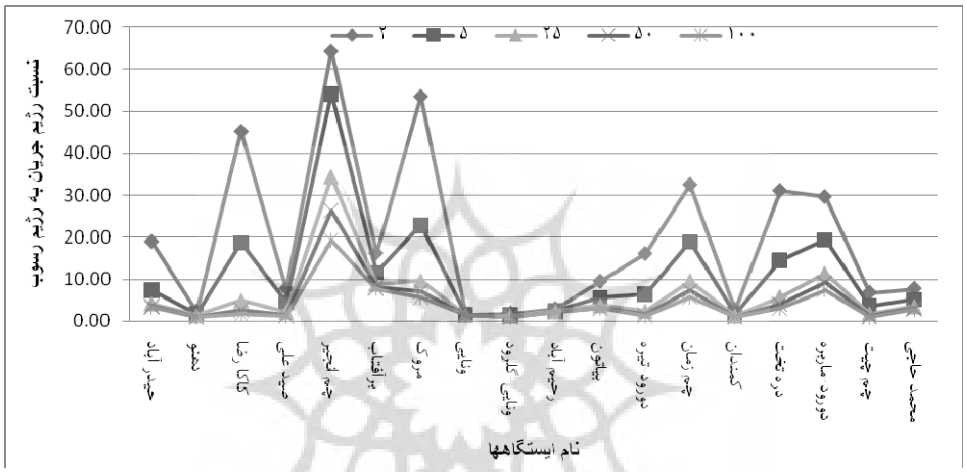
در ایستگاه پل‌دختر نسبت رسوب پیک به میانگین رسوب بیش از ۱۸۰ برابر شده است و در ایستگاه آفرینه این نسبت ۶۰ برابر است. این تغییرات نامنظم برداشت رسوب و مقادیر بالای رسوب پیک نسبت به رسوب میانگین از ویژگی‌های خاص مناطق خشک و نیمه‌خشک و متفاوت‌بودن رفتار رودخانه‌های مناطق خشک با مناطق مرطوب می‌باشد.

شکل۷: مقادیر رژیم رسوب با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در ایستگاههای منتخب (Sp عبارت است از میزان رسوب مربوط به دبی‌های پیک با دوره‌ی بازگشت مختلف و Sm میزان رسوب مربوط به دبی میانگین می‌باشد)

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

نسبت رژیم جریان به رژیم رسوب

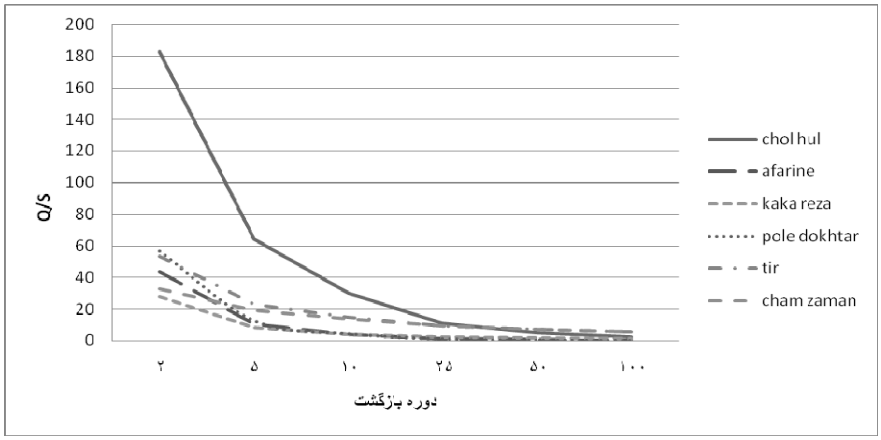
در شکل ۸ نسبت رژیم جریان به رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در ایستگاههای منطقه‌ی مطالعاتی نمایش داده شده است. همانطور که نمودار نشان می‌دهد این‌نسبت در دوره‌ی بازگشت‌های پایین اعدادبزرگ و در دوره‌ی بازگشت‌های بالا اعدادکوچکی را نشان می‌دهد. یعنی اختلاف رژیم جریان و رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت‌های پایین بسیار بیشتر از اختلاف آنها در دوره‌ی بازگشت‌های بالا می‌باشد. بنابراین مقادیر رژیم جریان و رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت‌های بالا به هم نزدیکتر می‌شود



شکل۸: نسبت رژیم جریان به رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

در شکل۹ نسبت رژیم جریان به رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در ایستگاههای منتخب نمایش داده شده است. روند نزولی نسبت رژیم جریان به رژیم رسوب از دوره‌ی بازگشت‌های پایین به دوره‌ی بازگشت‌های بالا در این نمودار کاملاً مشهود می‌باشد. این پدیده در ایستگاه چولهول از سایر ایستگاهها نمایان‌تر بوده بطوری‌که شیب نمودار شدید بوده و این نسبت از عدد حدود ۱۸۰ در دوره‌ی بازگشت ۲ سال به‌عدد حدود ۷ در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال می‌رسد. نسبت رژیم جریان به رژیم رسوب در سایر ایستگاهها نیز در دوره‌ی بازگشت دو سال بین ۲۰ تا ۶۰ برابر می‌باشد، در حالی‌که در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال به زیر عدد ۱۰ می‌رسد.

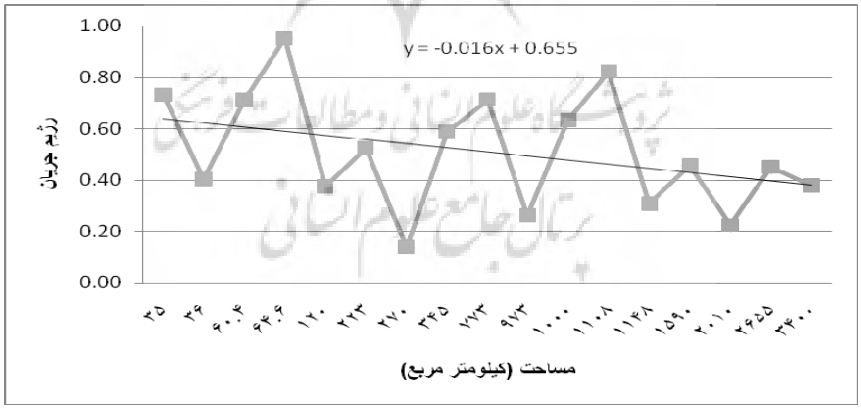


شکل ۹: نسبت رژیم جریان به رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در ایستگاههای منتخب

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

رابطه‌ی مساحت با رژیم جریان و رژیم رسوب

در شکل ۱۰ رابطه مساحت و رژیم جریان در دوره‌ی بازگشت ۲ سال نشان داده شده است. این نمودار از مساحت‌های کم به سمت مساحت‌های زیاد شروع شده است. این نمودار با ایستگاه کمندان با مساحت ۳۵ کیلومترمربع در حوزه‌ی بالادست شروع و به ایستگاه پل‌دختر با مساحت ۱۹۴۰کیلومتر مربع در حوزه‌ی بالادست پایان یافته است. هر چند که در این نمودار برای هرمساحت رژیم جریان با مقادیر مختلفی نمایش داده شده است و نمودار به شکل نوسانات زیاد است، ولی در کل روند نمودار منفی می‌باشد و شیب خط روند در معادله‌ی ایجاد شده منفی بوده و نزولی بودن نمودار را نمایش می‌دهد.

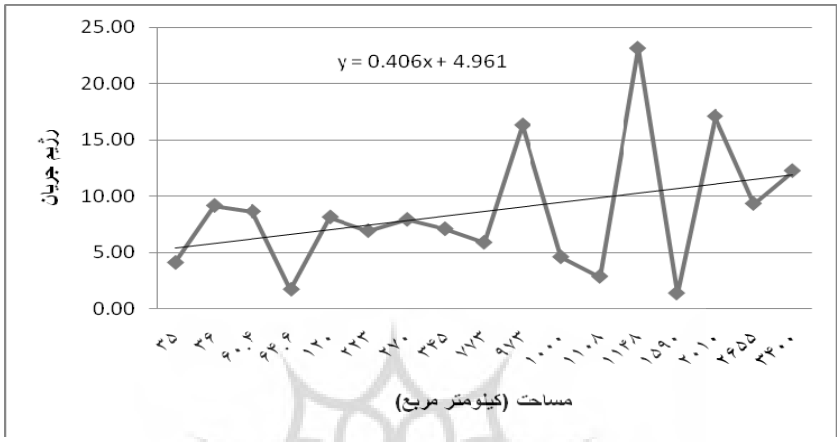


شکل۱۰: رابطه مساحت و رژیم جریان در دوره‌ی بازگشت ۲ سال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

در شکل ۱۱ رابطه‌ی مساحت و رژیم جریان در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال نشان داده شده است. این نمودار نیز مانند نمودار شماره‌ی ۱۰ از کمترین مساحت موجود در منطقه‌ی مطالعاتی شروع و به بیشترین مساحت حوزه‌ی موجود در منطقه‌ی مطالعاتی ختم شده است. با توجه به شکل نمودار روند افزایشی دارد یعنی با افزایش مساحت حوزه‌ها، افزایش رژیم جریان در ایستگاههای هیدرومتری در

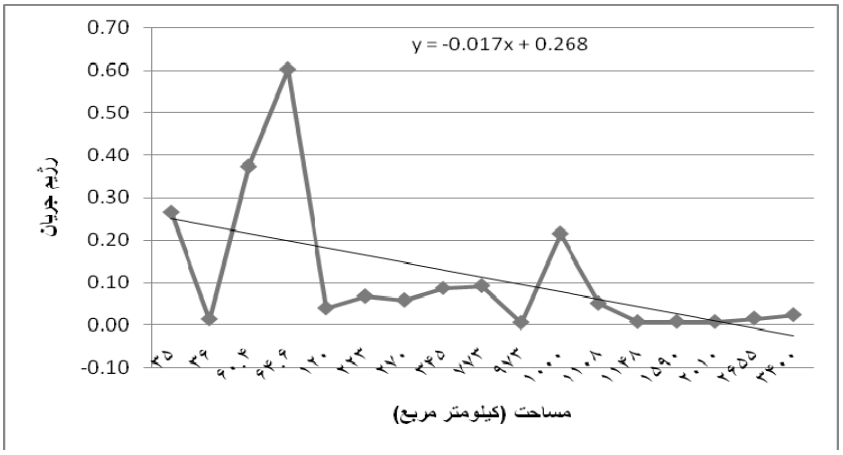
دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال رخ داده است. ضریب معادله‌ی نمودار نیز مثبت بودن روند نمودار را نشان می‌دهد. بنابراین روند افزایشی مساحت و رژیم جریان در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال برعکس روند نمودار قبل که رابطه رژیم جریان در دوره‌ی بازگشت ۲ سال و مساحت است، می‌باشد.



شکل ۱۱: رابطه مساحت و رژیم جریان در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

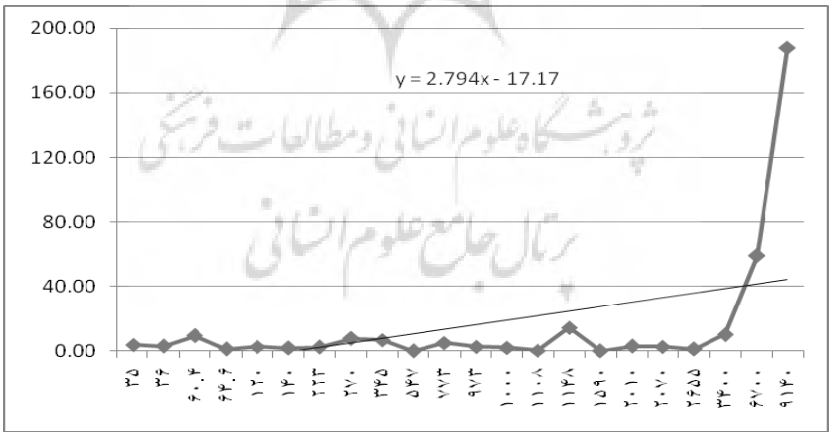
نمودارهای ۱۰ و ۱۱ نشان‌دهنده‌ی یکی از ویژگی‌های بارز رفتار رودخانه و رژیم جریان در اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. در نمودار ۱۰ که رابطه‌ی رژیم جریان و مساحت در دوره‌ی بازگشت‌های پایین می‌باشد، با افزایش مساحت رژیم جریان کاهش می‌یابد. علت این امر، کم بودن مقادیر رژیم جریان در دوره‌ی بازگشت‌های پایین می‌باشد. در مناطق خشک در شرایط کم بودن دبی رودخانه و مسیل‌ها، مساحت نقش کاهش‌دهنده و کم‌کننده‌ی دبی خروجی را ایفا می‌کند چراکه به علت مورفولوژی رودخانه‌های موجود در این مناطق و به علت بارش و رگبار ضعیف ایجاد شده هدر رفت جریان در طول مسیر آبراهه‌ها زیاد خواهد بود و هر چه مساحت بیشتر باشد به مقدار هدر رفت افزوده شده و در نتیجه رژیم جریان کاهش خواهد یافت. مناطق خشک و نیمه‌خشک در حالت دبی با دوره‌ی بازگشت‌های بالا تقریباً همچون رودخانه‌های مناطق مرطوب عمل کرده و با افزایش مساحت حوزه بالادست رژیم جریان افزایش می‌یابد چون تنها در حالت بارش‌های شدید و متدوام، جریانی در رودخانه‌ها و مسیل‌های مناطق‌خشک و نیمه‌خشک شکل می‌گیرد که افزایش‌مساحت،افزایش رژیم جریان را در پی خواهد داشت. در شکل۱۲ رابطه مساحت و رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت ۲ سال نمایش داده شده است. این نمودار همانند دو نمودار قبل، با ایستگاه کمندان با مساحت ۳۵ کیلومتر مربع در حوزه‌ی بالادست شروع و به ایستگاه پل‌دختر با مساحت ۱۹۴۰کیلومترمربع در حوزه‌ی بالادست پایان یافته است. در این نمودار همچون نمودار ۱۰ سیر نزولی دیده می‌شود یعنی با افزایش مساحت میزان رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت ۲سال کاهش می‌یابد. این روند کاهشی در انتهای نمودار از ایستگاه کاکارضا با مساحت ۱۱۴۸ تا ایستگاه پل دختر با مساحت ۱۹۴۰ در حوزه‌ی بالادست مشهودتر می‌باشد. شیب نمودار ۱۲ از نمودار ۱۰ که مربوط به رابطه رژیم جریان و مساحت می‌باشد بیشتر بوده و این نشان‌دهنده‌ی آن است که فاکتور مساحت تأثیرات بیشتری بر رسوبات معلق رودخانه‌ها دارد.



شکل۱۲: رابطه‌ی مساحت و رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت ۲ سال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

در شکل ۱۳ رابطه‌ی مساحت و رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال نمایش داده شده است. این نمودار نیز همچون نمودارهای قبلی از مساحت کم به زیاد در محور افقی نمایش داده شده است. برعکس نمودار شماره ۱۲ در این نمودار روند کاملاً صعودی بین مساحت و رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال مشاهده می‌شود. یعنی با افزایش مساحت میزان رژیم رسوب نیز افزایش می‌یابد. این مقدار افزایش در ایستگاه پل‌دختر بسیار زیاد بوده بطوری‌که مقادیر افزایش رژیم رسوب با افزایش مساحت را تحت تأثیر قرار داده است.

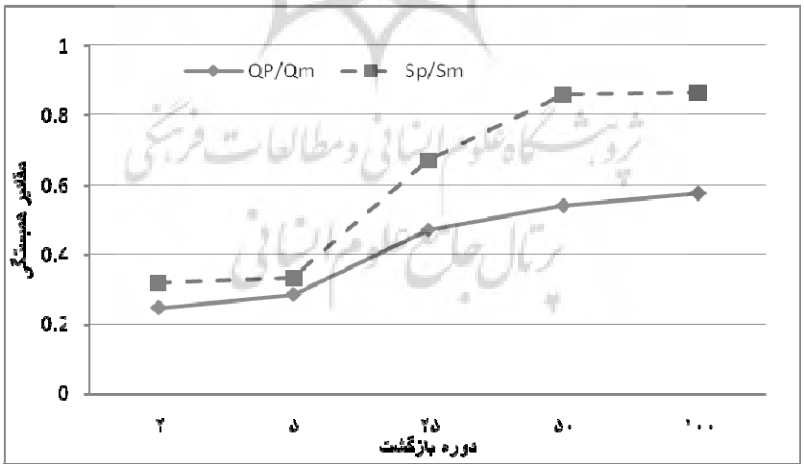


شکل ۱۳: رابطه‌ی مساحت و رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

همانطور که در ارتباط با رابطه‌ی مساحت و رژیم جریان در مناطق خشک و نیمه خشک بیان شد در رگبارهای کوتاه مدت و یا بارش‌های کم‌دوام و بطور کلی در زمان تشکیل جریانی با دبی‌های پایین به علت هدر رفت زیاد جریان در طول مسیر رودخانه و در محل پیوستن مسیل‌ها به یکدیگر، مساحت نقش معکوس را ایفا می‌کند. از آنجایی‌که رفتار رژیم رسوب نیز تحت تأثیر رژیم جریان بوده افزایش مساحت

باعث کاهش‌بار رسوبات در دوره‌ی بازگشت‌های پایین می‌شود و از طرف دیگر همانطور که قبلاً بیان شد افزایش یا کاهش رژیم جریان بر روی رژیم رسوب به صورت تصاعدی عمل می‌کند. نتیجتاً کاهش رژیم رسوب در دوره‌ی‌بازگشت‌های پایین با افزایش‌مساحت شدیدتر خواهد بود (مقایسه شکل‌های ۱۰ و ۱۲ این نکته را به صورت واضح نشان می‌دهد). همین امر در ارتباط با رابطه مساحت و رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت‌های بالا امکان‌پذیر می‌باشد بطوری‌که افزایش مساحت باعث افزایش رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال شده است که این مقدار افزایش، بیش از مقدار افزایش رژیم جریان شده بوده است (مقایسه شکل‌های ۱۱ و ۱۳ این نکته را به صورت واضح نشان می‌دهد). به تبع در دوره‌ی بازگشت‌های بالا که رژیم جریان زیاد می‌باشد مساحت تأثیر مثبت و افزایشی بر رژیم رسوب خواهد داشت که این افزایش بطور معمول‌تصاعدی خواهد بود.در شکل۱۴ همبستگی‌های حاصل شده بین رژیم جریان و رژیم رسوب با مساحت هر حوزه نمایش داده شده است. در محور افقی دوره‌ی بازگشت و در محور عمودی میزان همبستگی بین رژیم جریان و رژیم رسوب با مساحت حوزه‌های بالادست در تمامی ایستگاههای مطالعاتی مشاهده می‌شود. مقدار همبستگی در هر دو منحنی رژیم جریان و رژیم رسوب از دوره‌ی بازگشت ۲ سال به سمت دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال افزایش می‌یابد. در ارتباط با رژیم جریان و همبستگی آن با مساحت در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ به ترتیب ۰/۰،۰۲۹/۲۲، ۰/۴۵، ۰/۵۲ و ۰/۵۹ می‌باشد. در ارتباط با رژیم رسوب و همبستگی آن با مساحت در دوره‌ی بازگشت‌های ۲، ۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ به ترتیب ۰/۰،۳۴/۳۲، ۰/۷، ۰/۸۳ و ۰/۸۴ می‌باشد. بنابراین میزان همبستگی بین مساحت و رژیم رسوب در همه‌ی دوره‌ی بازگشت‌ها از میزان همبستگی رژیم جریان و مساحت بیشتر بوده است.



شکل۱۴: همبستگی‌های حاصل شده بین رژیم جریان، رژیم رسوب با مساحت هر حوزه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

نتایج تحقیق حاضر رفتار متفاوت رودخانه‌های حوزه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک را نسبت به مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب نشان داد. نتایج حاصل از این تحقیق را می توان به صورت زیر دسته بندی و خلاصه نمود: در تحقیقی که توث در سال ۲۰۰۰ بر روی حوزه‌های خشک و نیمه‌خشک و مرطوب و

نیمه‌مرطوب برخی از نقاط جهان انجام داده است بیان می‌دارد که صرف نظر از منشأ بارش‌ها در مناطق خشک، تغییرات زمانی و مکانی بارش و نیز تغییرات سالانه‌ی بارش بسیار زیاد است. همین امر موجب ایجاد دبی‌های پیک و در پی آن بار رسوباتی می‌شود که بسیار بیشتر از دبی و رسوب میانگین منطقه می‌باشد. این موضوع در تحقیق حاضر بویژه در ۶ ایستگاه چولهول، آفرینه، کارضا، پل دختر، تیر و چم نظام به وضوح نشان داده شد. مک درموت و پیک اب طی تحقیقی که در سال۱۹۸۳ بر روی رودخانه‌های مناطق خشک انجام دادند، بیان داشتند: حاصل تقسیم دبی‌های با دوره‌ی بازگشت بالا به دبی‌های با دوره‌ی بازگشت پایین در مناطق خشک و نیمه‌خشک رقم بزرگی می‌شود این مسأله باعث چولگی بالایی در منحنی توزیع‌های فراوانی سیلاب می‌گردد و باعث می‌شود که منحنی‌های فراوانی سیل معمولاً پرشیب باشد که این شیب تند به علت چند نمونه اندک از دبی‌های سیلابی بسیار بالا ایجاد می‌گردد *(Pickup, 1989: 19; McDermott, 1983: 14)* .

تحقیق حاضر نیز این مسأله را بخوبی نشان داد تا جایی که حتی در ایستگاه هیدرومتری پل‌دختر رژیم جریان در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال به ۲۵ برابر رسید. با توجه به تأثیرات تصاعدی افزایش یا کاهش دبی بر روی رسوب مشاهده شد که رژیم رسوب در دوره بازگشت‌های بالا اعداد زیادتری نسبت به رژیم جریان در دوره‌ی بازگشت‌های بالا بود بطوری‌که در ایستگاه پل‌دختر رژیم رسوب در دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال به عدد ۱۸۰ رسید. از موارد دیگری که از تحقیق حاضر می‌توان نتیجه‌گیری نمود آن است که برعکس مناطق مرطوب و نیمه مرطوب هر چند دبی سیلاب متوسط در مناطق خشک بالا نیست ولی دبی پیک سیلاب‌ها بسیار بزرگ می‌باشد. یک بررسی در خصوص داده‌های مربوط به تندسیل‌ها در ایالات متحده‌ی آمریکا نشان داد که بزرگترین دبی‌ها در واحد سطح در حوزه‌های آبخیز کوچک (۳۹ تا ۳۷۰۰۰ هکتار) تماماً در مناطق خشک و نیمه‌خشک اتفاق می‌افتند *(Carson, 1987:1489)*.

نکته‌ی قابل توجه دیگر متفاوت بودن رفتارهای رودخانه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک با یکدیگر می‌باشد بطوری‌که در نتایج این تحقیق نیز دیده شد از ۲۱ ایستگاه مورد بررسی، رژیم رسوب و رژیم جریان برآوردی برای تمام ایستگاهها به یک صورت نبود و نوسانات زیادی در بین آنها مشاهده می‌شد (نمودارهای شماره ۳ و۶). در تحقیقات دیگر نیز به این نتیجه اشاره شده است به عنوان مثال مقایسه‌ی داده‌های جریان در مناطق خشک نشان می‌دهد که رودخانه‌های مربوط به مناطق خشک استرالیا و بخش‌های جنوبی آفریقا دارای تغییرات رژیم جریان بیشتر نسبت به سایر نقاط خشک جهان می‌باشند (جریان سیلاب متوسط به‌جریان‌های پیک). برعکس رژیم جریان در رودخانه‌های مناطق خشک آمریکای شمالی تغییرات کمتری نسبت به رودخانه‌های سایر مناطق خشک جهان نشان می‌دهد *(McMahon,1979:105; McMahon et al,1992: 79; Finlayson:1993:179)*

با توجه به نتایج توث که بیان می‌دارد در رودخانه‌های مناطق خشک از حجم جریان در حین عبور به طرف پایین دست کاسته می‌شود، که اغلب در اثر تلفات انتقال به علت نفوذ آب در کف و کناره‌های آبرفتی و سفت نشده است و خصوصاً وقتی جریان از بستر رودخانه اضافه بیاید و در اطراف پخش شود تلفات مربوط به نفوذ و همچنین تبخیر قابل توجه می‌گردد *(Tooth , 2000:67)*.

نتیجه

در تحقیق حاضر با بررسی رابطه مساحت با رژیم جریان و رژیم رسوب در مناطق خشک و نیمه‌خشک این نتیجه حاصل شد که در دوره‌ی بازگشت‌های پایین که دبی جریان پایین می‌باشد به علت هدر رفت زیاد آب از رودخانه با افزایش مساحت رژیم جریان و رژیم رسوب کاهش می‌یافت. بنا به نتایج اخذ شده از تحقیق حاضر و تحقیقات سایر محققان، با توجه به متفاوت بودن رفتار رودخانه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، معادلات و روابط حاکم بر مناطق مرطوب و نیمه مرطوب در این مناطق صدق نمی‌کند و نتایج حاصل از این روابط صحیح و دقیق نخواهد بود. در نهایت پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری در زمینه‌ی رفتارهای رودخانه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک صورت گیرد و روابط هیدرولوژیکی مخصوص این مناطق استخراج گردد. این امر در کشور ایران که در آن بخش قابل توجهی از وسعت آن دارای اقلیم‌خشک و نیمه‌خشک می‌باشد ضروری و حیاتی به نظر می‌رسد.

منابع

- پورمحمدی، سمانه؛ محمدتقی دستورانی؛ محمدحسن رحیمیان (۱۳۸۷). بررسی رابطه بین اقلیم و رژیم جریان‌های سیلابی در نقاط مختلف ایران، همایش آبخیزداری، دانشگاه گرگان. ۵۴.
- Carson, M.A., Griffiths, G.A (1987). Influence of channel width on bedload transport capacity. Journal of Hydraulic Engineering113,1489-1509.
- Dunkerley, D.L (1992). Channel geometry, bed material and inferredflow conditions in ephemeral stream systems, Barrier Range, western N. S. W, Australia. Hydrological Processes 6417-433.
- Frostick, L.E., Reid, I (1977). The origin of horizontal laminae inephemeral stream channel-fill. Sedimentology 24,1-9.
- Frostick, L.E., Reid, I (1977). The origin of horizontal laminae in ephemeral stream channel-fill. Sedimentology 24,1-9.
- Finlayson, B. L., Brizga, S. O (1993). Anastomosing channels and arroyo development on the Nogoa River, Central Queensland,-. Australia. In: Fielding, C.R. Ed., Current Research in Fluvial Sedimentology. Sedimentary Geology 85. PP: 179–190.
- Hassan, M.A (1990a). Observations of desert flood bores. Earth Surface Processes and Landforms 15, 481-485.
- Imeson, A.C., Verstraten, J.M (1981). Suspended solids concentrations and river water chemistry. Earth Surface Processes and Landforms 6,251-263.
- Leopold,L.B.,Wolman,M.G.,Miller,J.P.,(1964). Fluvial Processes in Geomorphology. Freeman, San Francisco.
- Nanson, G.C., Knighton, A. D (1996). Anabranching rivers: theircause, character and classification. Earth Surface Processes and Landforms 21, 217–239.
- McDermott, G.E., Pilgrim, D.H (1983). A design flood method for arid western New South Wales based on bankfull estimates.Civil Engineering Transactions, Institution of Engineers, Australia CE25, 114–120.
- McMahon,T.A(1979). Hydrological characteristics of arid zones.The Hydrology of Areas of Low Precipitation, Proceedings of the Canberra Symposium. IAHS-AISH Publication No. 128, pp. 105–123.
- McDermott, G.E., Pilgrim, D.H (1983). A design flood method for arid western New South Wales based on bankfull estimates.Civil Engineering Transactions, Institution of Engineers, Australia CE25, 114–120.
- McMahon, T.A., Finlayson, B.L., Haines, A.T., Srikanthan, R (1992). Global Runoff Continental Comparisons of Annual Flows and Peak Discharges, Catena Paperback. Catena Verlag, Cremlingen-Destedt.
- Pickup, G (1989). Palaeoflood hydrology and estimation of the magnitude, frequency and areal extent of extreme floods anAustralian perspective. Civil Engineering Transactions, Institution of Engineers, Australia CE31, 19–29.
- Tooth Stephen (2000). Process form and change in dry land rivers review of recent research, Earth-Science Reviews 51 2000 67–107.

.