بررسی رابطه جریان کم ۳۰ روزه با عوامل مورفومتری (مطالعه موردی: حوضه کرخه)

باقر قرمزچشمه*[۱]، مرضیه حاجی محمدی[۲]، یحیی روستایی[۳]

۱*- استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و کشاورزی، *baghergh@gmail.com*

۲- دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشگاه تهران، mohammadi.mz@ut.ac.ir

۳- مدیر کل اداره منابع طبیعی شهرستان پردیس

چکیده

فهم و درک رژیم جریان حداقل و ارزیابی آن، پیش نیاز مدیریت بهینه منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران است. از سوی دیگر بررسی تغییرات زمانی و روند دبی های حداقل، می تواند منجر به دستیابی بهه اطلاعات ارزشمندی ببرای استفاده در مدیریت منابع آب حوضه شود. برای دستیابی به مقدار جریان کم در کلیه بخش‌های رودخانه، نیازمند ارتبباط مقدار جرییان پاییه ببا عوامل قابل دسترس مانند پارامترهای مورفومتری بالادست ایستگاهها می باشد. هدف از این تحقیق بررسی اثر عواامل مورففومتری ببر جریان پایه حوضه کرخه می‌باشد. برای این منظور ۲۶ ایستگاه از بین ایستگاه‌های حوضه، بطوریکه از سرشاخه‌ها تا خروجی پیراکنش خوبی داشته و دارای طول آماری مناسب بودند انتخاب شد. سپس مقادیر جریان کم برای دوره آماری ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰ با تداوم ۳۰ روز (به عنوان شاخص جریان کم) برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب محاسبه و در ادامه روند جریان کم با تداوم ذکر شده توسط آزممون ناپارامتری من کندال محاسبه شد. از بین عوامل مورفومتری مساحت، ارتفاع متوسط و فاصله تا خروجی برای هر ایستگاه در نظر گرفته شد. در نهایت همبستگی بین روند و مقادیر جریان کم با عوامل مورفومتری نامبرده بدست آمد. نتایج بدست آمده روند کاهشی جریان کم را برای بیشتر ایستگاه‌ها نشان داد بطوریکه تنها در یک ایستگاه روند افزایشی بدست آمد که در سطح ۹۵ درصد معننی دار نبود و در بیشتر ایستگاه‌ها روند جریان با سطح اطمینان ۹۹ درصد کاهشی بدست آمد. براساس نتایج حاصل از همبستگی جریان کم و عوامل مورفومتری بیشترین همبستگی با جریان کم برای مساحت بدست آمد و ارتفاع متوسط با جریان کم همبستگی نداشت، همچنین روند جریان کم نیز با هیچ کدام از عوامل مورفومتری مورد بررسی همبستگی نشان نداد.

واژه‌های کلیدی

جریان کم، آزمون ناپارامتری من کندل، عوامل مورفومتری، حوضه کرخه، روند

مقدمه

جریان کم، عبارتست از کمترین جریان در فصول خشک که در محیط اکولوژیکی رودخانه و بخصوص زیستگاه آبزیان نقش حیاتی دارد و در مناطق مختلف در تامین آب آشامیدنی، آبیاری زمین‌های کشاورزی و ناوبری دارای اهمیت است (Ficklin و همکاران، ۲۰۱۶، Lian و همکاران، ۲۰۱۲، Yu و همکاران، ۲۰۱۴). در مناطقی مانند کشور ما علاوه بر کم بودن میزان بارش، توزیع آن نیز غیریکنواخت بوده و تمرکز بارش تنها در بخشی از سال است و بخش بزرگی از سال که فصل رویش گیاه نیز می‌باشد، فاقد بارش است. بنابراین ازآنجاییکه جریان کم در دوره خشک و فصل رویش گیاه رخ می‌دهد، دارای اهمیت بوده و اغلب مناطق کشاورزی در دشتها و حاشیه رودخانه های دائمی می باشند تا با استفاده از جریان رودخانه، زراعت صورت پذیرد. بررسی ویژگی های جریان کم در دوره‌های خشک و تر می تواند در مدیریت زراعی و جریان های تند مفید باشد. به این ترتیب که با تعیین شدت و ممدت دوره خشکی هیدرولوژیکی و نیاز آبی گیاهان کشت شده می‌توان برای جبران کمبود آب و ذخیره آن در فصول بارش برنامه‌ریزی کرد. همچنین دانستن ویژگی‌های جریان کم در مطالعات هیدرولوژیکی مختلف مانند مدیریت کیفیت آب، تعیین حداقل دبی مورد نیاز جهت تولید برق، طراحی سیستم‌های آبیاری و ارزیابی تأثیر دوره‌های خشکی طولانی مدت بر اکوسیستم‌های آبی بسیار با اهمیت است. بنابراین با توجه به آنچه در مورد اهمیت بررسی ویژگی‌های جریان حداقل و تغییرات آن بیان شد تاکنون مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است.

Gao و همکاران (۲۰۱۷) اثر فعالیت‌های انسانی را بر توزیع فراوانی جریان کم بررسی و به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های انسانی از جمله پمپ آب زیرزمینی منحنی فراوانی جریان کم را در مدل‌های مخزن خطی و غیرخطی تغییر داد و دگرگونی توزیع فراوانی جریان کم تنها بخاطر تغییرات زیست محیطی نبوده است.

پرهمت و همکاران (۱۳۷۹) در حوزه کارون از میزان دبی خروجی و بارش درازمدت به منظور بررسی روند خشکسالی و ترسالی استفاده کردند. نتایج بدست آمده نشان داد که پس از احداث سد شهید عباس پور و دز در این حوضه رژیم آبدهی سیر نزولی داشته و شروع خشکسالی ها نیز منطبق با زمان احداث این سدها بوده است.

قرمزچشمه و همکاران (۱۳۸۸)، دبی های حداقل با پاییه زمانی (۳، ۵، ۷، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ روزه) را ببرای هر سال در برخی از ایستگاههای هیدرومتری حوزه کرخه محاسبه کردند سپس دبی متوسط سالانه و نسبت دبی متوسط به دبی حداقل با پایه زمانی‌های مختلف را بدست آوردند و از آن بعنوان شاخص ارزیابی استفاده کردند. نتایج نشان داد که با افزایش فاصله از خروجی حوزه ببر شدت کم آبی (کاهش دبی های حداقل) افزوده می‌شود.

خورشید دوست و همکاران (۱۳۹۱) سری زمانی دمای حداکثر و حداقل روزانه مربوط به غرب تهران را با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه و شبکه عصبی مورد بازسازی قرار دادند. تحقیق آن‌ها دقت بالاتر روش شبکه عصبی را نسبت به روش نزدیک‌ترین همسایه نشان داد و براساس نتایج دقت هر دو روش در تخمین دمای حداکثر روزانه بیشتر از دمای حداقل روزانه بود. همچنین در پژوهشی دیگر که در سرشاخه‌های کارون انجام شد، نساجی و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که روش‌های شبکه عصبی و فازی دقت بالاتری نسبت به روش رگرسیون دو متغیره برای بازسازی دبی روزانه دارد.

در مطالعه ای که توسط قرمزچشمه و همکاران (۱۳۹۶) انجام شد دقت مدل SWAT در شبیه‌سازی جریان کم حوضه کن بررسی شد. در این مطالعه مقادیر جریان کم شبیه‌سازی شده با تداوم‌های ۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۵ و ۳۰ روزه با مقادیر مشاهداتی مورد مقایسه شد که نتایج بیش برآورد مدل را در شبیه‌سازی جریان کم نشان داد. همچنین ۲۶ درصد کاهش جریان کم در اثر تغییر اقلیم تا سال ۲۰۴۰ پیش‌بینی شد.

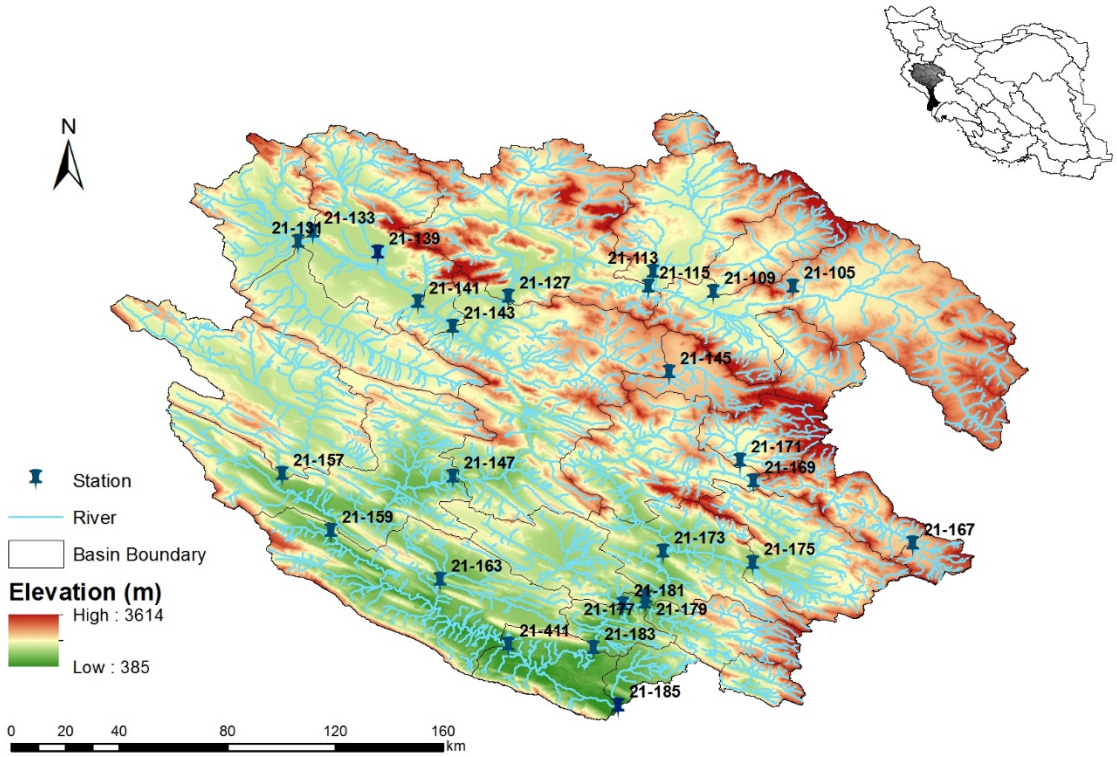
در مطالعه‌ای دیگر قرمزچشمه و حاجی محمدی (۱۳۹۷) روند جریان کم را در دو ایستگاه از زیر حوضه های حوضه کرخه که یکی در سرشاخه و دیگری در پایاب واقع شده بود را مورد بررسی قرار دادند. براساس نتایج بدست آمده روند جریان کم در حوضه بالادست، کاهشی و معنی‌دار بدست آمد، ولی در پایاب روند منفی اما بسیار کم بود و تغییرات اندکی را در طول زمان نشان داد.

هدف از این تحقیق بررسی اثر عوامل مورفومتری از جمله مساحت، ارتفاع، فاصله تا خروجی بر روند و مقدار جریان کم ۳۰ روزه زیرحوضه‌های حوزه کرخه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

حوضهٔ کرخه در محدوده جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۵ درجه عرض شمالی و ۴۶ درجه تا ۴۹ درجه طول شرقی واقع شده است. سرشاخه‌های این رودخانه از سلسله جبال زاگرس در غرب و شمال غرب کشور سرچشمه می‌گیرد و شاخه اصلی آن در جهت شمال به جنوب به طرف باتلاقهای هورالعظیم در مرز ایران و عراق امتداد می‌یابد. این رودخانه‌ها در محلی بنام پای پل وارد دشت خوزستان می‌شود. طول شاخه اصلی بالادست ایستگاه پای پل حدود ۴۳۰ کیلومتر، گذر حجمی متوسط رودخانه حدود ۱۸۰ متر مکعب در ثانیه وسطح حوزه آبریز بالادست حدود ۴۲۶۴۴ کیلومتر مربع می‌باشد. حوزهٔ آبخیز کرخه از ۴ زیر حوزه اصلی و ۲۸ واحد هیدرولوژیکی تشکیل شده است. در این تحقیق ۲۶ ایستگاه هیدرومتری انتخاب شد، شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب و حوضه کرخه را در کشور نشان می‌دهد.



شکل۱- موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب و حوضه کرخه در کشور

روش تحقیق

در این تحقیق از بین عوامل مورفومتری مساحت ، ارتفاع متوسط و فاصله تا خروجی حوضه در نظر گرفته شد (جدول ۱) و به منظور بررسی رابطه این عوامل با جریان پایه رودخانه کرخه، ایستگاه‌های هیدرومتری این حوضه مورد بررسی قرار گرفت و ۲۶ ایستگاه که دارای آمار مناسب و پراکنش خوبی از سرشاخه‌ها تا پایین دست را داشته باشند، انتخاب شد. سری زمانی روزانه دبی تشکیل و جریان کم با تداوم ۳۰ روزه برای هر سال در دوره مشترک آماری (۱۳۵۰-۱۳۹۰) محاسبه شد. سپس روند مقادیر جریان کم با تداوم ۳۰ روزه توسط آزمون من کندال بدست آمد. این روش برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند مناسب است. از مزایای این روش اثرپذیری کم از مقادیر حدی می‌باشد (حجام و همکاران، ۱۳۸۷)، فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) مبین وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر می‌باشد (Karpouzos و همکاران، ۲۰۱۰):

۱. محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت[1] و استخراج پارامتر s به شرح رابطه ۱ است:

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sgn(x_j = x_k)$$ رابطه ۱)

که در آن n تعداد مشاهدات و x_j و x_k به ترتیب داده‌های jام و kام سری می‌باشد و تابع علامت نیز به شرح رابطه ۲ قابل محاسبه می‌باشد:

$$Sgn\ (x)= \begin{cases} +1 \text{ if } (x_j-x_k)>0 \\ 0 \text{ if } (x_j-x_k)=0 \\ -1 \text{ if } (x_j-x_k)<0 \end{cases}$$ رابطه ۲)

۲. محاسبه واریانس براساس یکی از روابط ۳ یا ۴، اگر n کوچکتر از ۱۰ باشد:

$$var(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$ رابطه ۳)

اگر n بزرگتر از ۱۰ باشد:

$$var(s) = \frac{n(n-1)(2n-5)\sum_{i-1}^{m} t(t-1)(2t-5)}{18}$$ رابطه ۴)

n تعداد مشاهدات سری‌ها، m تعداد گره‌هایی که داده مشابه دارند و i فراوانی داده‌هایی که ارزش یکسانی دارند.

۳. استخراج آماره z براساس یکی از روابط زیر:

$$z= \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{var\ (s)}} & if \quad s>0 \\ 0 & if \quad s=0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{var\ (s)}} & if \quad s<0 \end{cases}$$ رابطه ۵)

در یک آزمون دو طرفه جهت روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$|z| \leq z_{\alpha/2}$

α سطح معنی داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و z_α آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\frac{\alpha}{2}$ استفاده شده است. در صورتی که آماره z مثبت باشد روند صعودی و در صورتی منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

جدول۱- مساحت، ارتفاع متوسط و فاصله تا خروجی ایستگاه‌های منتخب

ردیف	نام	کد	مساحت (km2)	ارتفاع متوسط (m)	فاصله تا خروجی (km)
۱	سنگ سوراخ (غرب)	۲۱ - ۱۰۵	۳۱۷	۲۰۲۰	۴۴۴/۳
۲	فیروزآباد (فیروزانی)	۲۱ – ۱۰۹	۸۴۹	۱۹۴۸	۴۰۶/۱
۳	آران غرب	۲۱ - ۱۱۳	۲۰۴۸	۱۷۸۵	۳۸۷/۹
۴	دو آب (گاماسیاب)	۲۱ - ۱۱۵	۷۷۷۶	۱۸۹۶	۳۸۰/۴
۵	پل چهر	۲۱ - ۱۲۷	۱۰۸۶۵	۱۸۷۰	۳۱۰/۲
۶	خرس آباد	۲۱ - ۱۳۱	۱۴۳۶	۱۵۲۷	۳۷۳/۷
۷	دو آب مرک	۲۱ - ۱۳۳	۱۲۳۲	۱۵۵۴	۳۶۷/۵
۸	حجت آباد	۲۱- ۱۳۹	۱۳۱۶	۱۶۹۳	۳۴۳/۹
۹	پل کهنه	۲۱ - ۱۴۱	۵۰۲۴	۱۲۶۲	۳۱۶/۸
۱۰	قور باغستان	۲۱ - ۱۴۳	۵۳۰۹	۱۲۷۲	۲۹۸/۷
۱۱	نور آباد (غرب)	۲۱ - ۱۴۵	۶۱۷	۲۰۵۲	۳۳۸/۳
۱۲	هلیلان (سیمره)	۲۱ - ۱۴۷	۲۰۷۲۰	۱۶۱۶	۱۹۳/۱
۱۳	دارتوت	۲۱ - ۱۵۷	۲۶۵۷	۱۵۳۴	۱۶۶/۶

[1] sign function

ردیف	نام	کد	مساحت (km2)	ارتفاع متوسط (m)	فاصله تا خروجی (km)
۱۴	سازین	۲۱ - ۱۵۹	۲۶۲۳۰	۱۳۶۵	۱۳۱/۶
۱۵	تنگ سیاب	۲۱ - ۱۶۳	۳۶۸	۱۲۳۷	۹۶/۲
۱۶	واهنو (هر رود)	۲۱ - ۱۶۷	۲۶۶	۲۱۵۵	۳۳۴/۹
۱۷	کاکا رضا	۲۱ - ۱۶۹	۱۱۴۸	۲۰۲۳	۲۵۶/۴
۱۸	دو آب سید علی	۲۱ - ۱۷۱	۷۸۰	۲۰۹۷	۲۶۴/۸
۱۹	پل کشکان	۲۱ - ۱۷۳	۳۷۴۳	۱۶۸۴	۱۴۳/۷
۲۰	چم انجیر	۲۱ - ۱۷۵	۱۶۴۲	۱۶۵۱	۱۷۹/۵
۲۱	آفرینه (کشکان)	۲۱ - ۱۷۷	۶۸۳۳	۱۶۱۳	۱۱۰
۲۲	آفرینه (چولهول)	۲۱-۱۷۹	۸۲۱	۱۶۴۷	۱۰۸
۲۳	برآفتاب	۲۱-۱۸۱	۱۱۳۶	۱۳۵۳	۹۸/۷
۲۴	گل دختر (کشکان)	۲۱-۱۸۳	۹۲۷۴	۱۶۳۲	۶۵/۹
۲۵	جلوگیر (ماژین)	۲۱-۱۸۵	۳۹۴۲۹	۱۴۱۸	۰/۱
۲۶	نظرآباد (سیمره)	۲۱-۴۱۱	۲۸۸۶۵	۱۶۳۰	۵۰/۶

نتایج و بحث

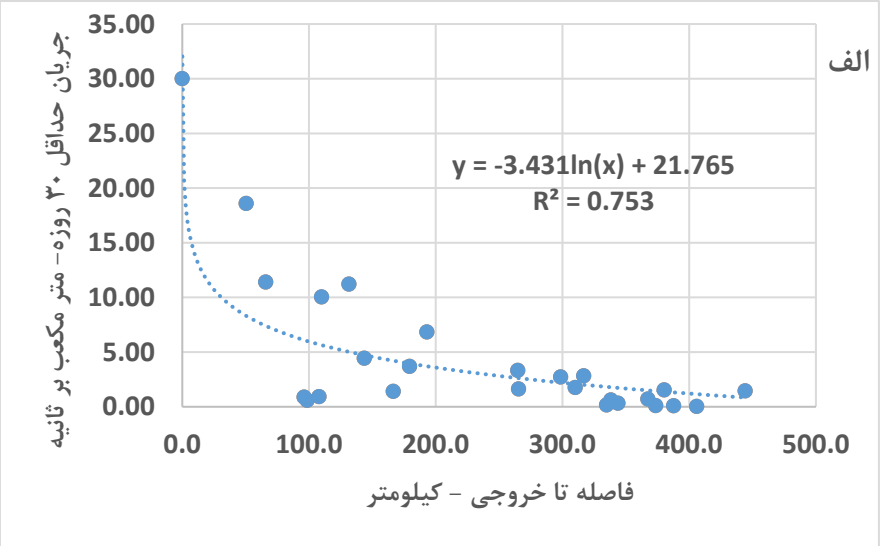
مقادیر جریان کم با تداوم ۳۰ روزه برای دوره (۱۳۵۰-۱۳۹۰) و ۲۶ ایستگاه منتخب محاسبه شد. در ادامه روند تغییرات جریان کم برای دوره منتخب توسط آزمون من کندال بررسی شد، مقادیر متوسط جریان کم با تداوم ۳۰ روز و شاخص z من کندال محاسبه شده برای هر ایستگاه در جدول (۲) آورده شده است. با توجه به نتایج جدول بیشترین مقادیر جریان کم برای ایستگاه جلوگیر (ماژین) واقع در خروجی حوضه بدست آمد و کمترین مقدار آن مربوط به ایستگاه‌های فیروزآباد و آران غرب واقع در بالا دست حوضه بود. همچنین براساس نتایج بدست آمده برای آماره z من کندال روند جریان کم در همه ایستگاه‌ها بجز ایستگاه واهنو کاهشی بدست آمد. البته این ایستگاه نیز روند افزایشی در سطح اطمینان ۰/۹۵ درصد معنی دار نشان نداد. روند جریان کم در بیشتر ایستگاه‌ها در سطح اطمینان ۰/۹۹ درصد کاهشی بود.

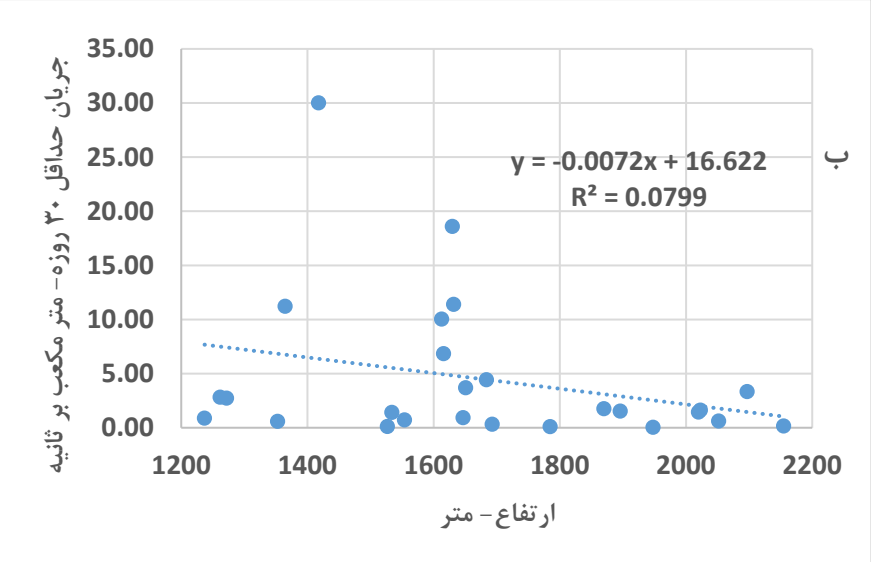
جدول ۲- مقادیر جریان کم با تداوم ۳۰ روز و آماره z من کندال برای ایستگاه‌های منتخب

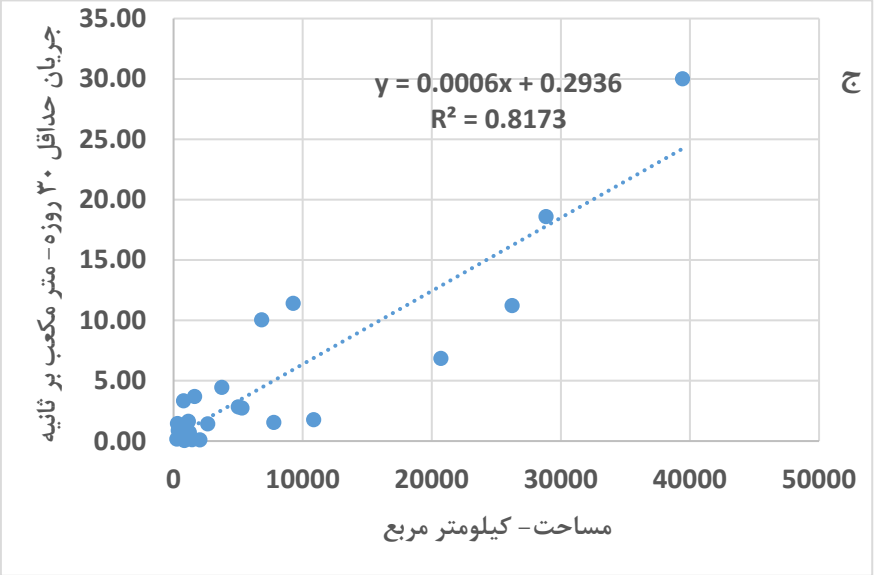
ردیف	نام ایستگاه	کد ایستگاه	جریان کم با تداوم ۳۰ روز	Z من کندال
۱	سنگ سوراخ (غرب)	۲۱-۱۰۵	۱/۴۵	-۵/۰۹
۲	فیروزآباد (فیروزانی)	۲۱-۱۰۹	۰//۰۳	-۵/۱۲
۳	آران غرب	۲۱-۱۱۳	۰/۰۹	-۳/۸۵
۴	دو آب (گاماسیاب)	۲۱-۱۱۵	۱/۵۳	-۴/۱۶
۵	پل چهر	۲۱-۱۲۷	۱/۷۶	-۴/۲۲
۶	خرس آباد	۲۱-۱۳۱	۰/۱۱	-۵/۹۱
۷	دو آب مرک	۲۱-۱۳۳	۰/۷۱	-۴/۹۱
۸	حجت آباد	۲۱-۱۳۹	۰/۳۲	-۳/۱۱
۹	پل کهنه	۲۱-۱۴۱	۲/۸۲	-۲/۳۷
۱۰	قور باغستان	۲۱-۱۴۳	۲/۷۲	-۱/۵
۱۱	نور آباد (غرب)	۲۱-۱۴۵	۰/۶۲	-۲/۶۹
۱۲	هلیلان (سیمره)	۲۱-۱۴۷	۶/۸۴	-۳/۶۲
۱۳	دارتوت	۲۱-۱۵۷	۱/۴۱	-۳/۰۶
۱۴	سازین	۲۱-۱۵۹	۱۱/۲۲	-۴/۱۲
۱۵	تنگ سیاب	۲۱-۱۶۳	۰/۸۷	-۳/۴۸
۱۶	واهنو (هر رود)	۲۱-۱۶۷	۰/۱۶	۰/۷۵
۱۷	کاکا رضا	۲۱-۱۶۹	۱/۶۳	-۲/۷۵
۱۸	دو آب سید علی	۲۱-۱۷۱	۳/۳۳	-۲/۸۲

ردیف	نام ایستگاه	کد ایستگاه	جریان کم با تداوم ۳۰ روز	Z من کندال
۱۹	پل کشکان	۲۱-۱۷۳	۴/۴۴	-۴/۰۵
۲۰	چم انجیر	۲۱-۱۷۵	۳/۶۹	-۳/۱
۲۱	آفرینه (کشکان)	۲۱-۱۷۷	۱۰/۰۴	-۲/۶۷
۲۲	آفرینه (چولهول)	۲۱-۱۷۹	۰/۹۳	-۳/۸۸
۲۳	برآفتاب	۲۱-۱۸۱	۰/۵۸	-۵/۷۴
۲۴	گل دختر (کشکان)	۲۱-۱۸۳	۱۱/۴	-۳/۷۷
۲۵	جلوگیر (ماژین)	۲۱-۱۸۵	۳۰	-۴/۲
۲۶	نظرآباد (سیمر)	۲۱-۴۱۱	۱۸/۵۹	-۳/۵۱

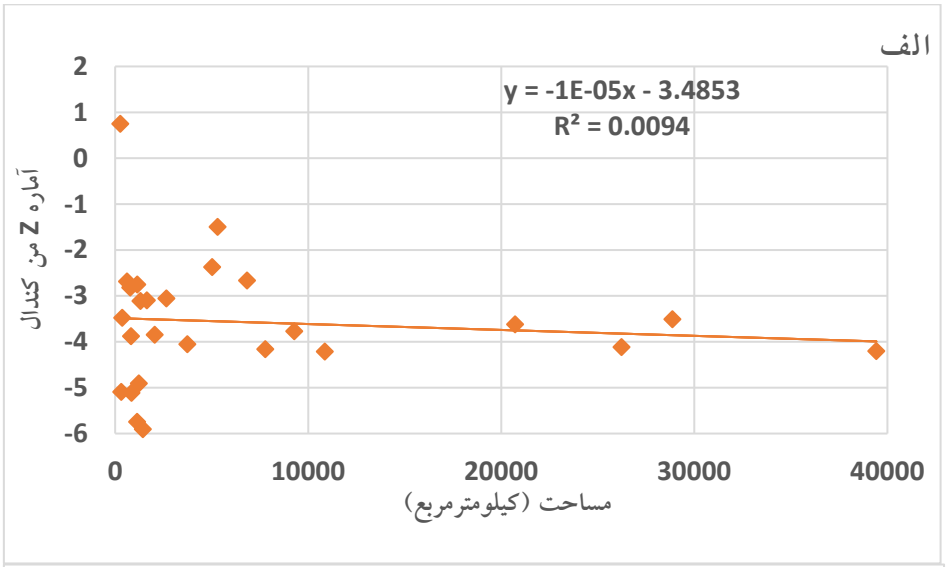
در ادامه رابطه بین عوامل مورفومتری و مقادیر جریان کم بدست آمد. همانطور که بیان شد از بین عوامل مورفومتری مساحت، متوسط ارتفاع و فاصله تا خروجی برای هر ایستگاه بدست آمد. همبستگی مقادیر جریان کم و عوامل مورفومتری در شکل (۲) آورده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده، مقادیر جریان کم با مساحت دارای همبستگی ۰/۸ ، با فاصله تا خروجی حوضه همبستگی ۰/۴ و با ارتفاع همبستگی خاصی را نشان نداد. همچنین نتایج بررسی همبستگی آماره Z من کندال و عوامل مورفومتری، عدم وجود همبستگی بین روند جریان کم و عوامل مورفومتری را نشان داد (شکل ۳).

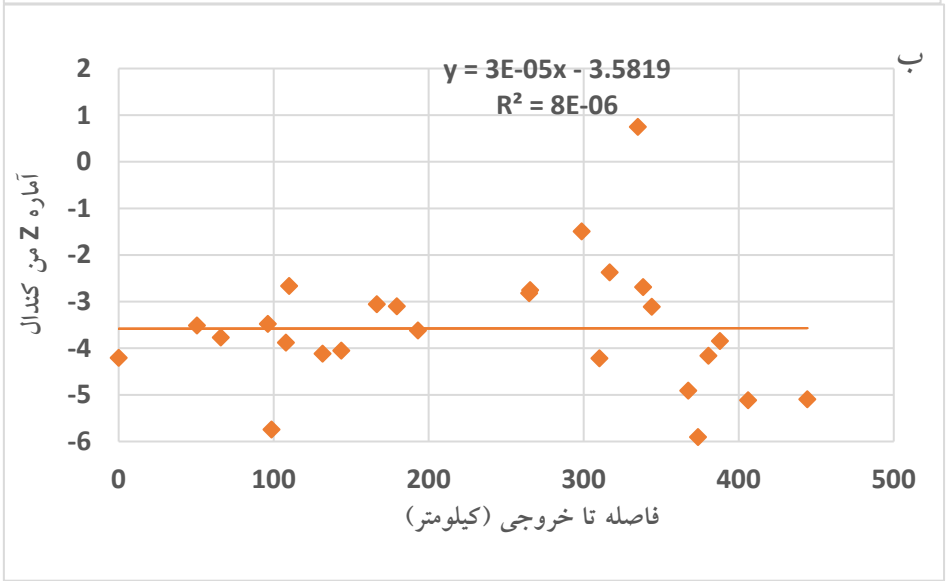


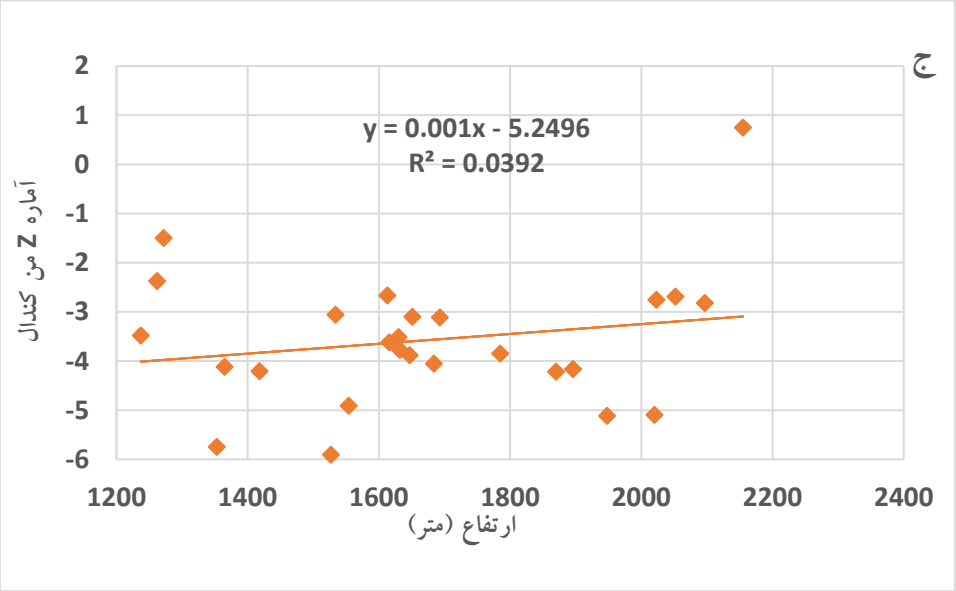




شکل۲– همبستگی عوامل مورفومتری (الف: فاصله تا خروجی؛ ب: ارتفاع؛ ج: مساحت)و جریان کم با تداوم ۳۰ روزه







۳- همبستگی عوامل مورفومتری (الف: فاصله تا خروجی؛ ب: ارتفاع؛ ج: مساحت)و روند (آماره من‌کندال) جریان کم با تداوم ۳۰ روزه

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر عوامل مورفومتری بر مقادیر جریان کم و روند آن با تداوم ۳۰ روز بررسی شد. برای این منظور مقادیر جریان کم با این تداوم برای ۲۶ ایستگاه منتخب در حوضه کرخه برای دوره آماری ۱۳۵۰-۱۳۹۰ محاسبه شد و به دنبال آن مقادیر Z آزمون ناپارامتریک من کندال بدست آمد. براساس نتایج بدست آمده جریان کم از سرشاخه‌ها به سمت خروجی حوضه افزایش داشت و مقادیر آن در بیشتر ایستگاه‌ها در سطح ۹۹٪ دارای روند کاهشی بود. همچنین از بین عوامل مورفومتری بررسی شده، جریان کم بیشترین همبستگی را با مساحت زیرحوضه داشت و با ارتفاع همبستگی نداشت. نتایج این تحقیق می‌تواند در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب مورد توجه قرار گیرد.

منابع

- پرهمت، ج.، ثقفیان، ب، و ح. صدقی. ۱۳۷۹. بررسی روند خشکسالی ها و ترسالی ها در حوزه کارون با استفاده از آمار درازمدت. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان.
- حجام، س.، خوشخر، ی، و ی. شمس الدین وند. ۱۳۸۷. تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، ۱۵۷-۱۶۸.
- خورشید دوست، ع.، م.، نساجی زواره، م، و ب. قرمزچشمه. ۱۳۹۱. بازسازی سری‌های زمانی دمای حداکثر و حداقل روزانه با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه و شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: غرب استان تهران)، فضای جغرافیایی ، شماره ۳۸، ص ۱۹۸-۲۱۴
- قرمزچشمه، ب.، مهدی‌پور، آ، و م. حیدری‌زاده. ۱۳۸۸. بررسی دبی‌های حداقل از سرشاخه‌ها تا خروجی حوزه کرخه به منظور مدیریت منابع آب، دهمین کنفرانس سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه باهنر کرمان.
- قرمزچشمه، ب.، حاجی محمدی، م، و م. احمدی. ۱۳۹۶. ارزیابی دقت مدل SWAT در شبیه‌سازی جریان حداقل (مطاعه موردی: حوزه کن). دومین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آبخیزداری.
- قرمزچشمه، ب، و م. حاجی محمدی. ۱۳۹۷. بررسی جریان حداقل در حوزه‌های با مساحت مختلف (مطالعه موردی: حوضه کرخه). سیزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران و سومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه محقق اردبیلی.
- نساجی زواره، م، قرمزچشمه، ب، و ف. رحیم زاده. ۱۳۹۵. بازسازی دبی روزانه با استفاده از روش‌های شبکه عصبی و فازی- عصبی

(مطالعه موردی: سرشاخه‌های حوزه آبخیز کارون)، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۹(۲):۵۰۳-۵۱۴.

- Ficklin, D. L., Robeson, S. M., Knouft, J. H., 2016. Impacts of recent climate change on trends in base flow and storm flow in United States watersheds. Geophys, Res. Lett. 43 (10), 5079-5088.
- Gao, S., Liu, P., Pan, Z., Ming, B., Guo, S, and Xiong, L. 2017. Derivation of low flow frequency distributions under human activities and its implications, journal of hydrology, 549, 294-300.
- Grandry, M., Gailliez, S., Sohier, C., Verstraete,A, and Degre, A. 2012. A method for low-flow estimation at ungauged sites: a case study in Wallonia (Belgium), hydrology and earth system sciences, 17: 1319-1330.
- Karpouzos, D. K., Kavalieratou, S. and Babajimopoulos, C., 2010. Non-parametric trend analysis of precipitation data in Pieria Region (Greece), European Water, V. 30, 31-40.
- Lian, Y., You, J.Y., Sparks, R., Demissie, M., 2012. Impact of human activities to hydrologic alterations on the Illinois River. Hydrology. Eng. 17(4), 537-546.
- Yu, K., Xiong, L., Gottschalk, l., 2014. Derivation of low flow distribution functions using copulas. Hydrology, 508(16), 273-288.