



8th National Conference on Rainwater Catchment Systems

26&27 November 2019
Ferdowsi University of Mashhad



هشتمین همایش ملی
سامانه های سطوح آبیگیر باران

۵ و ۶ آذرماه ۱۳۹۸
دانشگاه فردوسی مشهد



(تحلیل دبی های کم آبی در رودخانه کمندان لرستان)

یعقوب دین پژوه^۱، پگاه حیدری^۲

۱ - نویسنده مسوول: - دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(dinpashoh@yahoo.com)



چکیده

در این مطالعه مقادیر کمیت های دبی های کم آبی شامل چندک ۵ درصد و ۱۰ درصد برای رودخانه کمندان تحلیل شده است. برای این منظور داده های دبی جریان آب رودخانه در دوره آماری ۱۳۹۵-۱۳۴۶ از سازمان آب منطقه ای استان لرستان اخذ گردید. پس از بررسی کیفیت داده ها، مقادیر چندک ۵ درصد و ۱۰ درصد در هر سال از دوره آماری محاسبه گردید. آنگاه با روش مان کندهال (MK) هر کدام از سری های کم آبی از نظر داشتن روند، تحلیل شدند و شیب خط روند برای هر کدام با روش تخمین گر سن بدست آمد. نتایج نشان داد که مقدار آماره Z برای چندکهای ۵ درصد و ۱۰ درصد (دبی) به ترتیب معادل $-0/3931$ و $-0/2676$ بود. مقدار شیب خط روند برای این کمیت ها به ترتیب معادل $0/0004$ و $0/0005$ حاصل شد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که مقدار دبی های کم آبی رودخانه کمندان با گذشت زمان کاهش یافته اند ولی این کاهش معنی دار نبود.

کلید واژه ها: تخمین گر سن، جریان های کم آبی، شاخص $Q05$ ، شاخص $Q0.1$ ، لرستان، مان-کندهال

Analysis of low flows in Kamandan River at Lorestan Province

Abstract

In this study the two low flow indices namely $Q0.05$ and $Q0.1$ are analyzed in Kamandan river. For this purpose, the recorded daily discharges obtained from the Lorestan Regional Water organization from $Q0.05$ calculated for and 1946 to 1995. Following checking the quality of data the quantiles namely $Q0.1$ each year through the time period. Using the Mann-Kendal test, the two mentioned time series examined for trends. The slope of trend lines estimated using the Sen's Estimator. Results showed that values of $Z-Q0.10$ were equal to -0.3931 and -0.2676 , respectively. The slopes of trend statistics obtained for $Q0.05$ and lines obtained for the two quantiles were equal to -0.0005 and 0.0004 , respectively. Therefore, it can be concluded that, the values of low flows decreased in the past time. However, such decreases are not statistically significant.

Keywords: *Sen's estimator, Low Flows, $Q0.05$ index, $Q0.10$, Lorestan, Mann-Kendall*





مقدمه

در دهه های اخیر تغییر اقلیم موجب تغییر محسوس در دبی جریان رودخانه ها شده است. در این زمینه مطالعات زیادی انجام شده است. مثلا وگل و کرول (۱۹۹۰) اثر افزایش تطویل داده های اندازه گیری شده را در رودخانه های ایالت ماساچوست روی همبستگی بین ایستگاه ها با توجه به اطلاعات ۲۳ ایستگاه استفاده کردند و نتیجه گرفتند که تطویل موثر در داده های یک ایستگاه بطور محسوسی روی همبستگی بین داده های دبی های کم اثر گذاشته است. دورانس و همکاران (۱۹۹۹) روش های مختلفی را برای اعمال داده های دبی صفر در مطالعات کم آبی مقایسه کردند. نتایج آزمایشات شبیه سازی نشان داد که مدل و ببول با استفاده از روش حداکثر راست نمایی بهترین تخمین جریان کم آبی را با دوره برگشت ده سال ارائه می دهد داگلاس و همکاران (۲۰۰۰) در ارتباط با جریان های سیلابی و کم آبی در ایالات متحده مطالعه ای ترتیب دادند. برای این کار روند سری های زمانی مذکور را با روش کندال در دو مقیاس زمانی ارزیابی کردند. نتایج آنها نشان داد که در سطح معنی داری ۰.۵٪ هیچ گونه روند معنی داری برای دبی های سیلابی مشاهده نشد در حالیکه مقادیر دبی های کم آبی در بخش غربی و نیز ایالت اوهایو با گذشت زمان افزایش یافته است. اسماختین (۲۰۰۱) بحث روی مکانیزم های تولید جریان های کم آبی در شرایط نرمال انجام شده و سپس اثر عوامل انسانی روی جریان های کم آبی را بررسی کرد. ایشان همه روش های مربوط به تخمین جریان های کم آبی از جمله منحنی های تداوم جریان (FDC)، تحلیل فراوانی جریان های کم آبی و فواصل جریان های کم آبی، جداسازی دبی پایه و فرمول بندی بخش فروکش هیدروگراف جریان را بررسی نمود. کرول و همکاران (۲۰۰۴) با توجه به اطلاعات توپوگرافی و هواشناسی و زمین شناسی مقادیر دبی جریان کم آبی را در ایالات متحده مدل بندی کردند و مقادیر جریان های کم آبی در حوضه های مختلف ایالات متحده بصورت مدل های رگرسیونی بسط دادند. وی از متغیرهای توپوگرافی مساحت حوضه، شیب کانال آبراهه های اصلی، شیب حوضه، ارتفاع خروجی حوضه، کل طول آبراهه ها و از متغیرهای هواشناسی میانگین بارش سالانه، شدت بارش و حداقل دمای هوا در ژانویه را انتخاب نمود. از متغیرهای هیدرولوژیکی، ثابت فروکش دبی پایه در هیدروگراف و شاخص دبی پایه انتخاب شد و از متغیرهای اقلیمی نظیر صدک حداکثر دمای هوا برای دوره ژوئن تا اوت، صدک ۹۰ برای T_{max} در دوره سپتامبر تا نوامبر، صدک ۹۰ برای T_{max} در دوره دسامبر تا آوریل، صدک ۹۰ برای T_{max} در دوره آوریل تا مارس، صدک ۹۰ برای همان دوره ها در مورد T_{min} ، صدک ۱۰ برای بارش در دوره ژوئن تا اوت، صدک ۱۰ برای بارش در دوره سپتامبر تا نوامبر، صدک ۱۰ برای بارش در دوره دسامبر تا آوریل، صدک ۱۰ برای بارش دوره های آوریل تا مارس و چند شاخص مرتبط دیگر در مدل ریاضی دبی های کم آبی استفاده کردند. یو و وانگ (۲۰۰۴) جریان های کم آبی رودخانه های کانادا را با توجه به میانگین حداقل دبی یک روزه، پنج روزه و هفت روزه بررسی کردند. نامبردگان رابطه ای مابین مساحت حوضه ها و گشتاورهای وزن دار پیدا کردند و نتیجه گرفتند که ضریب تغییرات دبی های کم آبی مستقل از مساحت حوضه است. هنافورد و مارش (۲۰۰۶) در حوضه های معرف انگلستان روند تغییرات سری های زمانی نظیر شاخص های جریان کم آبی را تحلیل نمودند. نتایج نشان داد که یک شاخص نسبی در داده های رواناب و جریان های کم آبی از اوایل سال ۱۹۶۰ وجود داشته است ولی در حوضه های اسکاتلند روند رواناب مثبت بود. برای جریان های کم آبی روند قابل ملاحظه ای دیده نشد ولی در دوره ۱۹۷۳-۲۰۰۲ که یک دوره خشکسالی منطقه را فراگرفته بود دبی های کم آبی تحت تاثیر قرار گرفتند.



دویت و همکاران (۲۰۰۷) اثر تغییر اقلیم را روی دبی های کم رودخانه میوز بررسی کردند. ایشان از اطلاعات دوره آماری ۱۹۱۱ تا ۲۰۰۳ استفاده کردند. هدف ایشان تولید داده های جریان کم در رودخانه میوز بود. همچنین اثر احتمالی تغییر اقلیم روی پارامترهای موثر بر دبی جریان تحلیل شد. برای این کار از خروجی شبیه سازی اقلیمی مدل *RCM* استفاده شد. نتایج نشان داد که تغییر اقلیم منجر به کاهش میانگین دبی رودخانه میوز در اوقات کم آبی شده است. لی و همکاران (۲۰۰۸) شرایط جریان های کم آبی را در شرق ایالات متحده در سال ۲۰۰۷ مطالعه کردند. برای این کار دبی های کم آبی را در چهار حوضه مدل بندی و تا سه ماه بعد پیش بینی نمودند. مدرس (۲۰۰۸) با روش گشتاورهای خطی فراوانی جریان های کم آبی را در رودخانه های شمال ایران (استان مازندران) مطالعه کرد. برای زیر ناحیه های غیرهمگن عملکرد توزیع های دو پارامتری مانند لگ نرمال، نرمال و گاما نتایج رضایت بخشی را بدست داد. مورز و همکاران (۲۰۰۸) اثر جریان های کم را در حوضه رودخانه دانوب علیا مطالعه کردند. به نظر ایشان هم جریان های کم آبی از نظر مقدار و هم طول مدت دوام جریان های کم آبی از پارامترهای هیدرولوژیکی بسیار مهم در اکوسیستم های آبی محسوب می شوند. همچنین نتایج نشان داد که مدل دانوبیا می تواند داده های دبی روزانه را در دوره ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۳ با ضریب ناش - ساتکلیف ۰/۸۴ شبیه سازی کند. نتایج حاکی از آن است که تغییرات قوی در فراوانی داده های دبی های کم شبیه سازی شده وجود دارد و در ضمن تغییر اقلیم میزان دبی کم هفت روزه را در دوره بازگشت ۵۰ سال به نصف کاهش می دهد. در یک مطالعه مربوط به جریان های کم آبی انگلند و هیسدال (۲۰۰۹) مقادیر شاخص کم آبی را برای حوضه های فاقد اندازه گیری با دو روش مدل رگرسیون منطقه ای و مدل هیدرولوژیکی منطقه ای در ناحیه ای واقع در جنوب غرب نروژ تخمین زدند. در این مطالعه مدل رگرسیونی بر پایه رابطه ای مابین شاخص جریان کم آبی و یک مجموعه شامل عناصر مرتبط با حوضه با روش رگرسیون خطی گام به گام بدست آمد. نتایج نشان داد که در حوضه های فاقد اندازه گیری زیر ناحیه ها براساس فصولی که جریان های کم آبی در آن (تابستان و زمستان) روی می دهد. براساس دمای ژوئیه قابل تخمین هستند. مقایسه دو روش در ۲۱ حوضه نشان داد که مدل رگرسیونی تخمین دقیق تری از مقادیر دبی های کم آبی در حوضه ها بدست می دهد. وزا و همکاران (۲۰۱۰) منطقه بندی دبی های کم آبی را در شمال غرب ایتالیا با استفاده از Q_{95} یعنی دبی که در ۹۵٪ اوقات سال دبی رودخانه از آن بیشتر است، استفاده کردند. نامبردگان روش *MLR* را با استفاده از مشخصه های مورفواقلیمی برای گروه بندی نواحی استفاده کردند. آسانی و همکاران (۲۰۱۱) مقادیر جریانهای کم آبی ۷ روزه را در ۱۸ رودخانه واقع در حوضه سنت لاورنس واقع در ایالت کبک در دوره ۱۹۳۴ تا ۲۰۰۰ بررسی کردند. آنها جریان های کم آبی را برای دو فصل زمستان و تابستان جداگانه مطالعه کردند. اکبری و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از روش شبکه های عصبی مصنوعی (*ANN*) مقادیر جریان های کم منطقه ای را در ایستگاه های فاقد اندازه گیری تخمین زدند. آنها با روش شبکه های *MLP* برای تشخیص رابطه بین چندک های کم آبی و مشخصات فیزوگرافی بهره گرفتند و برای هر مدل *ANN* از طرح واره لون برگ - مارگوآت استفاده کردند. نتایج نشان داد که مدل های مرتبط با *ANN* تخمین های دقیقتری نسبت به مدل های رگرسیون انجام می دهند. تونگال و همکاران (۲۰۱۲) دبی های کم آبی رودخانه های حوضه راین را بررسی کردند. نامبردگان در ۱۰۸ زیر حوضه رودخانه راین دبی های کم آبی را در فصول زمستان و تابستان با شاخص نسبت فصلی بودن (*SR*) مطالعه کردند. در این مطالعه شاخص $SR = \frac{Q_{75s}}{Q_{75w}}$ بصورت تعریف شد. بنا به نظر



ایشان ایستگاه‌های با شاخص $SR > I$ دارای این خاصیت است که دبی‌های کم‌آبی آنها بیشتر در زمستان تجربه می‌شود. در حالیکه ایستگاه‌هایی که دارای $SR < I$ می‌باشند دبی‌های کم‌آبی آنها در تابستان روی می‌دهد. گوتس چاک و همکاران (۲۰۱۳) مطالعه‌ای در زمینه توزیع حداقل دبی‌های رودخانه انجام دادند. این کار را با توزیع مقادیر کرانه‌ای (GEV) انجام دادند. معلوم شد که پارامتر توان و گشتاورهای توزیع ویبول بستگی به خصوصیات آماری جامعه و بویژه ضریب تغییرات داده‌ها دارد. آهن و مرواد (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای اثر تغییر کاربری اراضی را روی مدت دوام و شدت کم‌آبی‌ها با استفاده از مدل ابزار ارزیابی آب و خاک، مدل بیزی و کوپلا مطالعه کردند. نامبردگان دو حوضه با پوشش گیاهی متفاوت در رودخانه‌های انتخاب کردند. نتایج نشان داد که تغییرات کاربری اراضی مقادیر چندکهای کم‌آبی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. افزایش سطح پوشش جنگلی منجر به کاهش دبی‌های کم‌آبی و نیز پرآبی می‌گردد. لی و همکاران (۲۰۱۷) معتقدند که برخی فعالیتهای بشر مانند سدسازی رژیم جریان رودخانه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ساخت سد و آبخیزی اولیه آن در بالادست سدها موجب کاهش جریان رودخانه در بالادست ایستگاهی موسوم به شیانگ سان شده است. در حالیکه اثر محسوسی روی دبی جریان ایستگاه استانگ ترنگ نداشت. ساخت سدها منجر به کاهش دبی جریان در فصول مرطوب و افزایش دبی جریان در فصول خشک شده است. همچنین، مقادیر حداکثر دبی جریان در ایستگاه هیدرومتری شیانگ سان به طور معنی‌داری کاهش یافته که علت آن به احداث سد نسبت داده شد. آنها نتیجه گرفتند که تغییر اقلیم موجب تغییر در دبی جریان سالانه رودخانه در دوره انتقال (۱۹۹۲-۲۰۰۹) شده است. در حالی که فعالیت‌های انسانی رژیم جریان را به طور محسوسی در دوره آماری ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ تغییر داده‌طوریکه دبی جریان به ۶۱/۸۸٪ مقدار اولیه کاهش یافته است. رکونا و همکاران (۲۰۱۸) تحلیل جریان‌های کم‌آبی را در کبک کانادا با استفاده از چندک‌ها و شاخص‌های مختلف مطالعه کردند. آنها برای این کار از مقادیر دبی‌های کم‌آبی ۷ روزه و ۳۰ روزه متناظر با دوره‌های برگشت ۲ و ۱۰ سال استفاده کردند. تیان و همکاران (۲۰۱۹) گزارش دادند که حداقل دبی جریان در بخش‌های پایین دست رودخانه یانگ تسه بطور قابل توجهی (بین ۶/۰۶٪ تا ۴۲/۹۱٪) افزایش یافته است. افزایش تعداد سدها باعث کاهش دبی جریان در پایین دست رودخانه‌ها قلمداد شده است. در ایران نیز مطالعات پراکنده‌ای روی روند تغییرات جریان آب رودخانه‌ها انجام شده است. مثلاً اسلامیان و همکاران (۲۰۱۰) مقدار شاخص کم‌آبی $7Q10$ (یعنی دبی کم‌آبی با دوره برگشت ۱۰ سال که با توجه به میانگین دبی در ۷ روز پیاپی گرفته شده است) باروش (رگرسیون مولفه‌های اصلی) و با توجه به متغیرهای هیدرولوژیکی و فیزیوگرافی تخمین زده‌اند. وفاخواه و همکاران (۱۳۹۰) روند تغییرات دبی جریان را در حوزه آبریز کشف رود در سیزده ایستگاه هیدرومتری مطالعه کردند. نتایج نشان داد که هیچ‌گونه روند افزایشی در داده‌های دبی جریان مشاهده نشد. به‌طوریکه دبی در دو ایستگاه بدون روند و در مابقی ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی بود. آنها علت این کاهش را در افزایش برداشت آب رودخانه به دلیل افزایش جمعیت و نیاز به استفاده از آب رودخانه‌ها نسبت داده‌اند. مزین و همکاران (۱۳۹۲) اثر تغییر اقلیم را روی دبی‌های کم‌حوضه سپیددشت سزار واقع در سرشاخه‌های کارون بررسی کردند. برای این کار از مدل بارش-رواناب $IHACRAS$ برای شبیه‌سازی جریان‌های کم‌آبی حوضه استفاده کردند. مدل توانایی خوبی در شبیه‌سازی از خود نشان داده است. وی دبی‌های کم‌آبی برای دوره آینده را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان داد که مقادیر دبی‌های کم‌آبی کاهش یافته است. به اندازه ۴۰٪ کاهش یافته است. جاهدی اسفنجانی (۱۳۹۴)



روند تغییرات دبی جریان رودخانه قره سو $Q_{0.95}$ مثلا در استان اردبیل را در دوره آماری ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۲ با روش مان کنندال پس از حذف اثر کلیه ضرایب خودهمبستگی معنی دار مطالعه کردند. نتایج نشان داد که جریان رودخانه قره سو هم در مقیاس سالانه و هم در مقیاس فصلی روند کاهشی دارد. قاسمی و موگویی (۱۳۹۵) روند تغییرات دبی رودخانه‌های استان چهارمحال بختیاری را با روش‌های ناپارامتری مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که هم دبی‌های کمینه و هم دبی‌های بیشینه روند نزولی شدید داشتند. بررسی منابع نشان می‌دهد که اکثر مطالعات مرتبط با روند تغییرات دبی جریان با استفاده از روش‌های ناپارامتری مانند مان کنندال بوده است. بنابراین هدف مطالعه حاضر بررسی روند تغییرات شاخص‌های مرتبط با جریان‌های کم شامل: چندک $Q_{0.05}$ ، چندک $Q_{0.1}$ در رودخانه کمندان در استان لرستان می‌باشد.



مواد و روش‌ها

در این مطالعه رودخانه کمندان در محل ایستگاه کمندان در استان لرستان مطالعه شده است. این استان در طول جغرافیایی بین ۴۶ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی بین ۳۲ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه قرار دارد و وسعت آن حدود ۲۸۵۵۹ کیلومتر مربع است. این استان از شمال به استان‌های مرکزی و همدان، از جنوب به خوزستان، از شرق به استان اصفهان و از غرب به استان‌های کرمانشاه و ایلام محدود است. داده‌های مورد استفاده دبی روزانه رودخانه کمندان در محل ایستگاه کمندان است که از سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان اخذ شد. روش کنترل کیفیت داده‌ها از روش رسم نمودار و مشاهده چشمی داده‌های پرت استفاده شد برای پر کردن داده‌های گمشده از اطلاعات همسایه استفاده شد. رسم منحنی تداوم جریان (FDC): برای رسم منحنی‌های FDC در ایستگاه هیدرومتری داده‌های دبی روزانه ثبت شده در طول دوره آماری بصورت نزولی مرتب شدند. آنگاه از روی آن، مقادیر داده‌های مرتب شده ۵٪ داده‌ها از پایین در نظر گرفته شد و عدد نظیر آن بعنوان دبی کم آبی که فقط در ۵٪ اوقات سال دبی از آن کمتر است بعنوان چندک $Q_{0.05}$ لحاظ شد. به همین ترتیب چندک $Q_{0.1}$ نیز با در نظر گرفتن ۱۰٪ داده‌های مرتب شده از پایین بدست آمد و عدد نظیر آن بعنوان دبی کم آبی که فقط در ۱۰٪ اوقات سال دبی از آن کمتر است بعنوان چندک $Q_{0.1}$ لحاظ گردید. برای رسم منحنی FDC شماره روزهای سال در محور افقی و دبی‌های مرتب شده به ترتیب نزولی در محور قائم نشان داده شدند. برای هر ایستگاه چندک‌های $Q_{0.05}$ و $Q_{0.1}$ عبارت است از مقدار دبی جریان در رودخانه که در ۹۵٪ اوقات سال جریان از آن مقدار بیشتر بوده و تنها در ۵٪ اوقات سال جریان از آن کمتر است. در این مطالعه مقادیر شاخص‌های مذکور در هر سال برای ایستگاه منتخب محاسبه شده و تاریخ دقیق وقوع آن نیز برای هر سال مشخص شد. آنگاه روند تغییرات چهار سری فوق‌الذکر در هر ایستگاه مطالعه شد.

¹ - Flow Duration Curve (FDC)



روش مان کندال کلاسیک MKI

برای آزمون روند از روش مان کندال استفاده شد. این روش ناپارامتری بوده و نیازی به بازسازی داده‌ها ندارد. ضمناً روش به داده‌های پرت حساسیت ندارد. شرح این روش در دین پژوه و همکاران (۲۰۱۴) آمده است.

تخمین شیب خط روند با روش Sen

مقدار شیب روند با استفاده از رابطه Sen یک روش ناپارامتری مفید برای تخمین شیب خط روند روش تخمین گر زیر برآورد شد:

$$\beta = Median\left(\frac{x_j - x_l}{j - l}\right) \quad \forall l < j \quad (1)$$

که در آن x_l و x_j مقادیر داده‌ها به ترتیب در زمان‌های l و j ($j > l$) می‌باشد. همچنین منظور از $Median(u)$ میانه مقادیر u می‌باشد.

در رابطه اخیر β برآوردکننده شیب خط روند و x_l مقدار ثبت شده برای مشاهده شماره l ام در ترتیب تاریخی می‌باشد. مقادیر مثبت و منفی β به ترتیب نشان دهنده روند افزایشی و کاهش‌ی است.

روش مان کندال اصلاح شده $TFPW$ ($MK2$)

در این روش ضریب خودهمبستگی مرتبه اول که با r_1 نشان داده می‌شود از نظر معنی دار بودن بررسی می‌شود. مقدار ضریب خودهمبستگی مرتبه اول از رابطه زیر بدست آمد:

$$r_1 = \frac{\left(\frac{1}{(n-1)}\right) \sum_{t=1}^{n-1} [X_t - E(X_t)][X_{t+1} - E(X_{t+1})]}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n [X_t - E(X_t)]^2} \quad (2)$$

$$E(X_t) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t \quad (3)$$

$$Y_t = X_t - r_1 X_{t-1} \quad (4)$$

در نتیجه سری جدیدی که با Y_t نشان داده می‌شود بدست آمد. آنگاه سری جدید دیگری بصورت زیر حاصل شد:

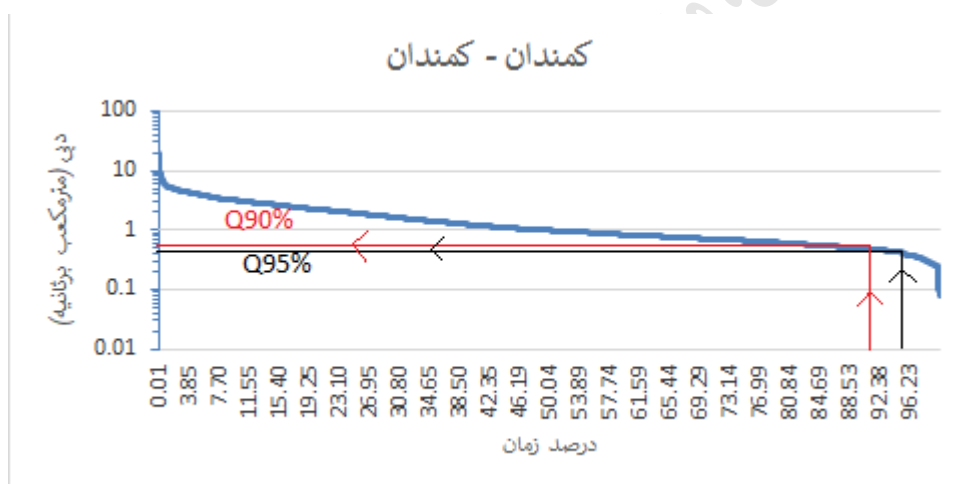
$$y_i = Y_i + (\beta \times i) \quad (5)$$

که در آن y_i از رابطه (۴) بدست می‌آید و β مقدار شیب خط روند می‌باشد. پس از محاسبه y_i آزمون MK کلاسیک به سری جدید داده‌ها اعمال می‌شود و معنی‌داری آن مورد آزمون قرار می‌گیرد.



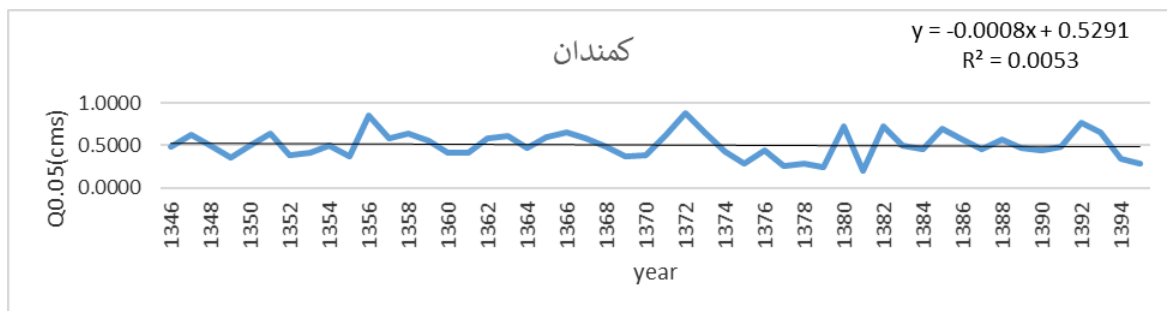
نتایج و بحث

شکل ۱ منحنی دبی کلاسه (منحنی تداوم جریان) را بعنوان نمونه برای ایستگاه کمندان در دوره آماری ۱۳۴۷-۱۳۴۶ تا ۱۳۹۴-۱۳۹۵ نشان می دهد. در این نمودار محور افقی درصد زمان و محور قائم میزان دبی (متر مکعب بر ثانیه) می باشد. بطوریکه از شکل مشاهده میشود میزان دبی رودخانه کمندان از ۰/۱ تا ۱۰۰ مترمکعب بر ثانیه تغییر می کند. شکل ۲ با توجه به داده های دبی روزانه در یک دوره آماری طولانی مدت رسم شده است. در این ایستگاه مقدار $Q_{0.05}$ و $Q_{0.1}$ به ترتیب معادل ۰.۴۲ و ۰.۴۹۵ متر مکعب بر ثانیه می باشد. بعبارت دیگر در ۹۵٪ مواقع دبی از ۰.۴۲ متر مکعب بر ثانیه بیشتر است و تنها در ۵٪ مواقع سال دبی این رودخانه از ۰.۴۲ متر مکعب بر ثانیه کمتر است. همچنین در این ایستگاه در ۹۰٪ مواقع دبی رودخانه از ۰.۴۹۵ متر مکعب بر ثانیه بیشتر است و تنها در ۱۰٪ مواقع دبی از ۰.۴۹۵ متر مکعب بر ثانیه کمتر است. این مقادیر با پیکان های سیاه و قرمز به ترتیب برای $Q_{0.05}$ و $Q_{0.1}$ نشان داده شده اند.



شکل ۱-منحنی دبی کلاسه (منحنی تداوم جریان) در ایستگاه کمندان از سال آبی ۱۳۴۶-۱۳۴۷ تا ۱۳۹۴-۱۳۹۵

شکل ۲ نمودار تغییرات $Q_{0.05}$ را از ابتدای تاسیس ایستگاه یعنی سال آبی (۱۳۴۶-۱۳۴۷) تا سال آبی (۱۳۹۵-۱۳۹۴) در هر سال نشان می دهد. بطوریکه از شکل ۲ می توان فهمید، مقادیر $Q_{0.05}$ ضمن اینکه از سالی به سال دیگر تغییر می کند. در حالت کلی، نیز روند نزولی نامحسوس در چندک $Q_{0.05}$ مشهود است. در شکل ۳ منحنی تغییرات چندک $Q_{0.1}$ در ایستگاه کمندان نشان داده شده است. بطوریکه با مقایسه شکل ۲ و ۳ می توان فهمید، مقادیر $Q_{0.1}$ اندکی بیشتر از مقادیر $Q_{0.05}$ است. با این حال، روند تغییرات $Q_{0.1}$ دارای الگوی مشابه با نمودار نظیر $Q_{0.05}$ است. بعبارت بهتر روند سری زمانی $Q_{0.1}$ نیز مانند $Q_{0.05}$ نزدیک به خط افقی است.



شکل ۲ - منحنی تغییرات چندک $Q_{0.05}$ در ایستگاه کمندان (۱۳۴۵-۱۳۴۶ تا ۱۳۹۵-۱۳۹۴).



شکل ۳ - منحنی تغییرات چندک $Q_{0.1}$ در ایستگاه کمندان (۱۳۴۵-۱۳۴۶ تا ۱۳۹۵-۱۳۹۴).

در جدول ۲ نتایج محاسبات روند برای ایستگاه کمندان در رودخانه کمندان ارائه شده است. بطوریکه مشاهده میشود سری کم آبی $Q_{0.05}$ دارای روند منفی و $Q_{0.1}$ دارای روند مثبت هستند. با این حال هیچکدام از نظر آماری معنی دار نیست. شیب خط روند برای هر دو کمیت منفی است که حاکی از کاهش جریانهای کم آبی رودخانه می باشد.

جدول ۲- نتایج روند آماره های دبی های کم آبی برای ایستگاه کمندان در رودخانه کمندان.

روند	آماره Z برای $Q_{10\%}$	آماره Z برای $Q_{05\%}$	شیب خط روند $Q_{10\%}$	شیب خط روند $Q_{05\%}$	ایستگاه	رودخانه
۰/۲۶۷۶	-۰/۳۹۳۱	-۰/۰۰۰۵	-۰/۰۰۰۵	-۰/۰۰۰۵	کمدان	کمدان



نتیجه گیری

روند تغییرات دبی های کم آبی با استفاده از دو شاخص $Q_{0.05}$ و $Q_{0.1}$ در رودخانه کمندان بررسی شد. این کار با آماره MK پس از حذف اثر همبستگی سریال با تاخیر اول به انجام رسید و شیب خط روند با روش تخمینگر سن تخمین زده شدند. در حالت کلی می توان نتیجه گرفت که تغییر اقلیم روی دبی های کم آبی رودخانه کمندان اثر معنی دار نداشته است. با این حال شیب خط روند در این ایستگاه برای هر دو شاخص $Q_{0.05}$ و $Q_{0.1}$ منفی است. طوری که در هر ده سال حدود ۵ لیتر بر ثانیه از دبی $Q_{0.05}$ کاسته شده است. این مقدار برای $Q_{0.1}$ معادل ۴ لیتر بر ثانیه می باشد. هر دو سری زمانی شاخص های $Q_{0.05}$ و $Q_{0.1}$ روند نزولی از خود نشان دادند. سوال این است که چرا روند شاخص های کم آبی در لرستان نزولی است. بنظر می



رسد اولین دلیل این امر برداشت مستقیم آب رودخانه در بالادست توسط کشاورزان باشد. توسعه بی رویه کشاورزی بعد از انقلاب شکوهمند اسلامی باعث شده که حجم آب کشاورزی بیشتر شود. این آب از دو منبع قابل برداشت است: ۱- آبهای سطح الارضی یا رودخانه ها و ۲- آبهای تحت الارضی به وسیله حفر چاه و تجهیز آن. بنظر میرسد بهره‌مندی کشاورزان از دبی رودخانه نوع کم هزینه برای آنان محسوب می‌شود. چون حفر چاه و جدارسازی آن نیازمند هزینه زیاد می باشد. دومین عامل دلیل این روند کاهشی در شاخصهای $Q0.05$ و $Q0.1$ گرم شدن هوا می باشد که باعث افزایش میزان آب مصرفی گیاهان شده است. ضمناً روند کاهشی بارشها بویژه در ماههای تابستان می باشد. گرم شدن دمای هوا در زمستان موجب ذوب زودهنگام یخها و برفها در کوهها می‌گردد این عمل گرچه دبی را در زمستان و اوایل بهار زیاد می‌کند ولی برفی که قبلاً در کوهها ذخیره می‌شد بطور تدریجی آب مصرفی کشاورزان را حتی تا اواخر تابستان و اوایل پاییز تامین می‌کرد. در حالیکه با گرم شدن هوا در زمستان، ذوب انباشت برفی کوهها خیلی زودتر از سالهای گذشته اتفاق می‌افتد و در مواردی موجب سیلابهای شدید نیز میگردد. سیلاب نوروز ۱۳۹۸ یک نمونه بارز از آن بود که طی آن شهرهای پل دختر و معمولان خسارات جانی و مالی شدید متحمل شدند. با تغییرات کنونی میتوان نتیجه گرفت که مدیریت علمی آب رودخانه کمندان در لرستان بسیار مهم می باشد.



منابع فارسی

- بهره مند ع ، همدی ق ، صنیعی ا . ۱۳۹۲ . تحلیل روند تغییرات بلند مدت بارندگی و دبی در غرب دریاچه ارومیه . پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، (۴) ۸ : ۴۳-۵۷ .
- قاسمی ا ، موگویی م . ۱۳۹۵ . بررسی تغییرات دبی رودخانه های استان چهارمحال و بختیاری . فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۱۷۳-۱۶۳ (۱۰۲): ۲۶ .
- منظمی ن ، صدیقی ح ، ولیزاده ن . ۱۳۹۵ . بررسی فراوانی خشکسالی هواشناسی در حوضه کرخه استان لرستان . نشریه آبیاری و زهکشی ایران، (۱۰) ۶ : ۷۳۲-۷۴۰ .
- مزین م ، آخوندعلی ع م ، مساح بوانی ع ، رادمنش ف ، ظهراپی ن . ۱۳۹۴ . اثر تغییر اقلیم بر جریانات کم آبی (مطالعه موردی: سپیددشت سزار) . علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی) ، (۲) ۳۸ : ۱۹-۱ .



References

- Assani A, Chalifour A, 2011. Temporal regionalization of 7-day low flows in the in the St. Lawrence Watershed in Quebec (Canada). *Water Resources Management*, 25:3559-3574.
- Akbari M, Solaimani K, Mahdavi M, Habibnejhad M, 2011. Monitoring of Regional Low- Flow Frequency Using Artificial Neural Networks. *Journal of Water Sciences Research*, 2251-7413.



8th National Conference on Rainwater Catchment Systems

26&27 November 2019
Ferdowsi University of Mashhad



هشتمین همایش ملی
سامانه های سطوح آبریز باران

۵ و ۶ آذرماه ۱۳۹۸
دانشگاه فردوسی مشهد



- Ahn K-H, Mervade V, 2016. *The effect of land cover change on duration and severity of high and low flows. Hydrological Processes, 31(1):133-149.*
- Durrans S R, Ouarda T B M J, Rasmussen P F, Bobbe B, 1999. *Treatment of zeroes in tail modeling of low flows. Journal of Hydrologic Engineering, 4(1):19-27.*
- Douglas EM, Vogel RM, Kroll CN, 2000. *Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation Journal of Hydrology, 240:90-105.*
- Engeland K, Hisdal H, 2009. *A comparison of low flow estimates in ungauged catchments using regional regression and the HBV-Model. Water Resources Management, 23: 2567-2586.*
- Eslamian S, Ghasemizadeh M, Biabanaki M, Talebizadeh M, 2010. *A principal component regression method for estimating Low flow index. Water Resources Management, 24:2553-2566.*
- Gottschalk L, Yu K. 2013. *Statistics of low flows: Theoretical derivation of the distribution of minimum streamflow series. Journal of Hydrology, 481:204-21.*
- Hamed KH. and Rao R. 1999. *Flood Frequency Analysis. CRC Press.*
- Hannaford J, Marsh T, 2006. *An assessment of trends in UK runoff and low flows using a network of undisturbed catchments. International Journal of Climatology, 26: 1237-1253.*
- Kroll C, Luz J, Allen B, Vogel RM, 2004. *Developing a watershed characteristics database to improve low streamflow prediction. Journal of Hydrologic Engineering, 9:116-125.*
- Li H, Luo L, Wood E F, 2008. *Seasonal hydrologic predictions of low-flow conditions over eastern USA during the 2007 drought. 9: 61-66.*
- Li D, Long D, Zhao J, Lu H, Hong Y. 2017. *Observed changes in flow regimes in the Mekong river basin. Journal of Hydrology, 551:217-232.*
- Modarres R, 2008. *Regional frequency distribution type of low flow in north of Iran by L-moments Water Resources Management, 22:823-841.*
- Requena AI, Ouarda TBMJ, Chebana F. 2018. *Low-flow frequency analysis at ungauged sites based on regionally estimated streamflows. Journal of Hydrology, 563: 523-532.*
- Smakhtin V, 2001. *Low flow hydrology: a review. Journal of Hydrology, 240:147-186.*
- Tongal H, Demirel M C, Booij M J, 2013. *Seasonality of low flows and dominant processes in the Rhine River. Stochastic Environmental Research Risk Assessment, 27(2):489-503.*
- Tian J, Chang J, Zhang Z, Wang Y, Wu Y, Jiang T, 2019. *Influence of three gorges dam on downstream low flow. Water, 11, 65; doi:10.3390/w11010065.*
- Vogel RM, Kroll CN, 1990. *The value of streamflow record augmentation procedures in low-flow and flood-flow frequency analysis. Journal of Hydrology, 125: 259-276.*
- Zezza P, Comoglio C, Rosso M, Viglione A, 2010. *Low flows regionalization in North-Western Italy. Water Resources Management, 24:4049-4074.*
- Wit M, Hurk B, Warmerdam P, Torfs P, Roulin E, Deursen W, 2007. *Impact of climate change on low-flows in the river Meuse. Climate Change, 82:351-372.*