مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و ششم، زمستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۱۵
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۱۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۱۴
صفحات: ۵۸ - ۴۳

مقاله (علمی پژوهشی)

تحلیل روند سیلاب‌های حداکثردر حوضه کرخه

دانارحیمی[۱]، جواد خوشحال دستجردی*[۲]، داریوش رحیمی[۳]

۱. دانشجوی دکتری، آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان
۲*. دانشیار، آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان
۳. دانشیار، آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان

چکیده

سیلاب و خشکسالی دو پدیده حدی هستند که با فراوانی‌های گوناگون همواره در اکثر مناطق جهان رخ می‌دهند رخداد پدیده‌های حدی اقلیمی از چالش‌های اخیر در جهان بوده و هست. رودخانه کرخه یکی از رودخانه‌های سیلابی غرب ایران است که در مواقع سیلابی خسارات انسانی و زیربنایی هنگفتی ایجاد می‌نماید. هدف پژوهش حاضر تحلیل روند تغییرات سیلاب‌های حداکثر در حوضه کرخه به منظور شناخت روند افزایش یا کاهش آنها می‌باشد. آشکار سازی و تحلیل روند سیلاب در حوضه کرخه طی دوره آماری ۹۸ - ۱۳۴۵ بر روی داده‌های بارش ۴۸ ایستگاه و داده های دبی روزانه ایستگاه منتخب جلوگیر ماژین با روش‌های پارامتری(خط رگرسیون) و ناپارامتری(آزمون من – کندال) و زنجیره مارکف انجام گرفت. تحلیل خشکسالی حوضه نشان داد که این حوضه دارای یک خشکسالی شدید با دوره تداوم ۱۰ ساله (۱۳۹۴ - ۱۳۸۴) بوده که تاثیرات کاهشی زیادی بر میزان آبدهی و رخداد سیلاب‌های منطقه داشته است. علاوه برآن یافته‌های تکرار پذیری بارش‌ها با مدل زنجیره مارکف نشان داد که رخداد خشکسالی‌ها در حوضه کرخه همواره دارای احتمال وقوع بالاتری نسبت به ترسالی‌ها و نرمال است. با اینکه بارش‌های سالانه دارای روند کاهشی بوده، اما بارش‌های حداکثر روزانه در بیشتر سطح حوضه دارای روند افزایشی هستند. تحلیل روند سیلاب‌ها نشان داد که فراوانی رخداد سیلاب‌ها دارای دو دوره متفاوت است. بیشترین رخداد سیل (۲۲ مورد در سال ۱۳۴۸ و ۱۵ مورد در سال ۱۳۵۱) در دوره (۷۰ - ۱۳۴۵) و کمترین رخداد سیلاب مربوط به دوره (۹۸ - ۱۳۷۱) است اما آنچه اهمیت دارد رخداد سیلاب‌ها با بزرگی بیشتر برای اولین بار در دوره دوم است. به نحوی که سیلاب‌های با دبی لحظه ای بیش از۵۰۰۰ و ۹۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه در دوره دوم رخ داده‌اند. از نتایج دیگر این تحقیق فراوانی زمانی رخداد سیلاب‌ها می‌باشد به گونه ای که تا سال ۱۳۷۱ از ۶۴ سیلاب رخ داده ۵۳ مورد آن در فروردین ماه است حال آنکه سیلاب‌های بعد از ۱۳۷۱ در دهه ۸۰-۱۳۷۱، در اسفندماه، در دهه ۹۰-۱۳۸۰ در بهمن ماه و در دهه سوم در دی ماه رخ داده‌اند.

واژگان کلیدی: سیلاب، تحلیل روند، آزمون من – کندال، حوضه کرخه.

*- جواد خوشحال دستجردی (نویسنده مسئول) Email: j.khoshhal@geo.ui.ac.ir

مقدمه

سیلاب و خشکسالی دو پدیده حدی هستند که با فراوانی‌های گوناگون همواره در اکثر مناطق جهان رخ می‌دهند. این سیلاب‌ها با خسارات متعدد اقتصادی، محیطی، سازه‌ای و انسانی همراه هستند. سیلاب‌های تاریخی مانند سال ۱۳۴۷، ۱۳۵۸، ۱۳۷۱، ۱۳۷۲، ۱۳۷۷، ۱۳۸۳، ۱۳۸۴، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۸ از جمله سیلاب‌های بزرگ در ایران به ویژه شمال و جنوب غرب هستند که خسارات هنگفتی ایجاد کرده‌اند. به عنوان مثال سیلاب سال ۱۳۹۸، ۲۵ استان از ۳۱ استان کشور را تحت تاثیر قرار داد. اما عمده خسارات در استان‌های خوزستان، گلستان، لرستان و فارس رخ داد و منجر به آبگرفتگی گسترده اراضی کشاورزی در حد ۵۰۰ هزار هکتار، تخریب و آبگرفتگی مساکن، تخریب سازه‌های آبی، ارتباطی ... و کشته شدن حدود۱۰۰ نفر گردید(وزارت کشور، ۱۳۹۸) و از نظر اقتصادی بر اساس برآوردهای اولیه خسارتی ۳۰ تا ۳۵ هزار میلیارد تومان وارد نموده است. در یک مورد آن بیش از ۳۰۰ هزار هکتار از کشتزارهای گندم در استان خوزستان از بین رفت. علاوه بر آن آثار روانی و اجتماعی سیلاب از دیگر خسارات غیر ملموس این پدیده است(همان). یافته‌های تحقیقات گوناگون در سطح جهان بیانگر افزایش این پدیده حدی است که در بسیاری از موارد علل رخداد آن را تغییرات اقلیمی، تغییر الگوهای بارشی، ذوب ناگهانی برف و یخچال‌ها، خشکسالی‌های متوالی، تخریب گسترده پوشش زمین و تغییرات گسترده کاربری اراضی می‌دانند(ژو و همکاران[۱]، ۲۰۱۷؛ تورکینگ تن و همکاران[۲]، ۲۰۱۶؛ گائو و همکاران[۳]، ۲۰۱۸). تجزیه و تحلیل‌های آماری مربوط به رخداد سیلاب‌های تاریخی جهانی نشان می‌دهند که روند سیلاب‌ها نسبت به قرن بیستم به دلیل گرمتر شدن کره زمین و افزایش شدت بارش-ها در حال افزایش هستند(مایلی و همکاران[۴]، ۲۰۰۲؛ هیرابایاشی[۵]، ۲۰۱۳؛ قاسمی و موگویی، ۱۳۹۶). نتیجه یافته-های بررسی روند تغییرات داده‌های حداکثر دبی در آلمان(پترو و میرز[۶] :۲۰۰۹)، در چین حوضه‌های آبی مکونگ و پرل، براهماپوترا و قو (دلگادو و همکاران[۷] (۲۰۱۲)، زهی یانگ و همکاران[۸] (۲۰۱۳) آپرو و همکاران[۹](۲۰۱۵) و گائو و همکاران(۲۰۱۸)، حوضه رودخانه هورون در میشیگان آمریکا (ژو و همکاران(۲۰۱۷) رودخانه یانگ در تایلند(شریستا و لوپای سانکریت[۱۰](۲۰۱۷) نشان دادند که هرچند متوسط دبی سالانه دارای روند کاهشی هستند اما دبی حداکثر دارای روند افزایشی بوده و پیش بینی‌ها بر اساس مدل‌های تغییر اقلیم و سناریوهای آن بیانگر تداوم روند افزایشی دبی حداکثر است. درصورتیکه در مناطق با اقلیم خشک و نیمه خشک مانند ایران میانگین آبدهی ماهانه و سالانه رودخانه‌های حوضه‌های آبی شمال غرب کشور(میرعباسی و دین پژوه۱۳۸۹)، رودخانه مارون(معروفی و طبری ۱۳۹۰)، رودخانه کشف‌رود(وفاه خواه و همکاران ۱۳۹۱)، رودخانه‌های استان سیستان و بلوچستان(انصاری و

۱ .Xu&et al

۲ .Turkington&et al

۳ . Gao & et al

۴ .Milly&et al

۵ .Hirabayashi

۶ .Petrow&Merz

۷ . Delgado

۸ .Zhi-Yong

۹ .Apurv

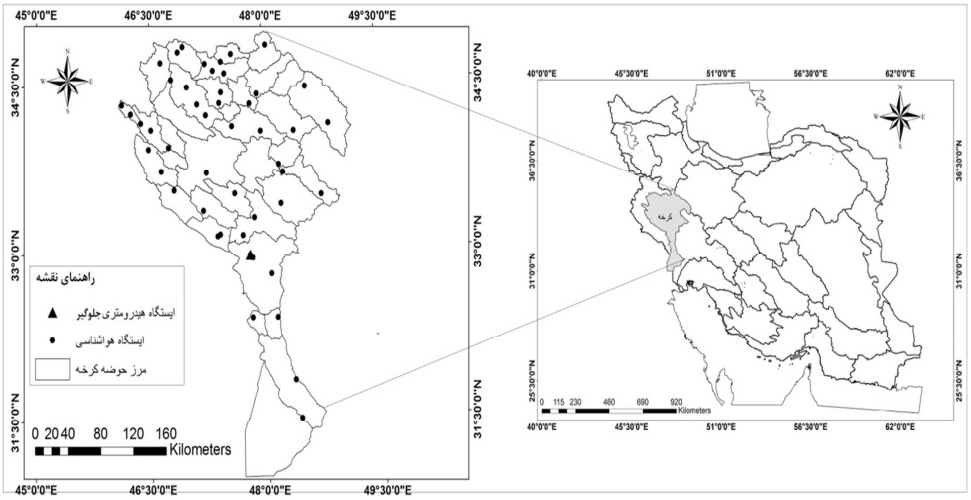
۱۰ .Shrestha &lohpaisannkrit

همکاران۱۳۹۵) و رودخانه‌های استان چهارمحال و بختیاری(قاسمی و موگویی۱۳۹۶) روند کاهشی دارند. درحالی که مقادیر دبی حداکثر و بارش های حداکثر روزانه در بیشتر مناطق دارای روند افزایشی با کاهش سطح پوشش برف و رخداد خشکسالی‌های متعدد همراه بوده‌اند و این خود گواه مناسبی مبنی بر رخداد تغییرات اقلیمی و آثار آن بر منابع آب است(بای و همکاران،۱۳۹۲؛ ملکی و همکاران۱۳۹۲؛ رحیمی و هاشمی نسب ۱۳۹۷). هدف از این پژوهش تحلیل روند سیلاب‌های مخرب در حوضه کرخه به منظور شناخت روند آنها می‌باشد تا بتوان با برنامه ریزی از آثار سوء رخداد آنها جلوگیری کرد.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز کرخه در غرب کشور یکی از حوضه‌های مهم خلیج فارس و دریای عمان است که از نظر مختصات جغرافیایی بین ۴۶ درجه و ۶ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و بین ۳۰ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۶ دقیقه عرض شمالی با مساحت ۵۱۹۱۲/۳ کیلومتر مربع در مناطق میانی و جنوبی کوه‌های زاگرس قرار دارد. موقعیت جغرافیای حوضه کرخه به همراه ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری مورد مطالعه(شکل ۱) و ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه(جدول ۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه کرخه به همراه ایستگاه‌های منتخب(جدول ۲) (ترسیم نگارندگان)

جدول ۱: مشخصات فیزیوگرافی محدوده مطالعاتی حوضه کرخه

مساحت (کیلومتر مربع)			شیب متوسط (درصد)	ارتفاع(متر)			طول آبراهه اصلی* (کیلومتر)
کوه	دشت	کل		حداکثر	حداقل	متوسط	
۳۰۸۰۲/۲	۲۱۱۱۰/۱	۵۱۹۱۲/۳	۱۶	۳۵۹۳	۲	۱۳۰۹	۷۰۰

*طول آبراهه اصلی از سرچشمه گاماسیاب تا سد کرخه منبع: وزارت نیرو، ۱۳۹۴

در پژوهش حاضر از داده‌های بارش ۴۸ ایستگاه و دبی روزانه ایستگاه هیدرومتری جلوگیرماژین به عنوان آخرین ایستگاه منتخب حوضه آبریز کرخه در طول دوره آماری ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۸ استفاده شده است(جدول ۲). مبنای محاسبات این تحقیق ایستگاه جلوگیر به عنوان نماینده منتخب و ایستگاه پایانی حوضه کرخه می‌باشد. جهت دسترسی به اهداف پژوهش از نرم افزارهای Minitab 16، Excel، Arc Gis 10.5 استفاده گردید.

جدول ۲: مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب در حوضه کرخه

کد	ایستگاه	نوع_ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع
۱	اسلا م آباد	باران سنج معمولی	46-31-06	34-06-20	1327
۲	افرینه-کشکان	باران سنج معمولی	47-52-05	33-18-36	800
۳	آران	باران سنج معمولی	47-55-34	34-24-40	1437
۴	آغاجانبلاغی	باران سنج معمولی	48.3.16	34.50.44	1802
۵	باباپیرعلی	باران سنج معمولی	47.20.53	34.37.40	1917
۶	باخله	باران سنج معمولی	46-56-58	34-50-35	1583
۷	باسکله بوریم	باران سنج معمولی	46-29-00	33-56-00	1460
۸	بدره گرد	تبخیرسنجی	46-44-55	33-56-52	1274
۹	بیستون-حیدرآباد	باران سنج معمولی	47-27-09	34-25-57	1290
۱۰	پای پل	تبخیرسنجی	48-7-59	32-23-59	90
۱۱	پل چهر	تبخیرسنجی	47-25-35	34-20-08	1275
۱۲	پل زال	باران سنج معمولی	48-05-00	32-49-00	300
۱۳	پل کهنه	باران سنج معمولی	47-08-00	34-19-45	1284
۱۴	پلدختر-کشکان	باران سنج معمولی	47-46-05	33-09-00	700
۱۵	پیرسلمان	باران سنج معمولی	47-27-32	34-42-24	1531
۱۶	پیهان	باران سنج معمولی	48.52.07	34.07.49	1870
۱۷	تنگ سیاب	باران سنج معمولی	47-12-00	33-22-48	940
۱۸	جلوگیر(ماژین)	تبخیرسنجی	47-50-00	32-55-59	450
۱۹	چراغ آباد	تبخیرسنجی	47-30-00	34-36-00	1400
۲۰	چشمه کوزان	باران سنج معمولی	47-35-26	34-07-41	1650
۲۱	چم انجیر	تبخیرسنجی	48-13-05	33-25-48	1166
۲۲	چم گز	تبخیرسنجی	47-49-0	32-57-00	380
۲۳	حجت آباد	باران سنج معمولی	47-00-00	34-29-00	1300
۲۴	حمیدیه	تبخیرسنجی	48-25-59	31-30-0	22
۲۵	خیرآباد	تبخیرسنجی	48.34.10	34.27.58	1770
۲۶	داربید	باران سنج معمولی	47-49-45	34-19-36	1860
۲۷	دارتوت	تبخیرسنجی	46-38-59	33-44-11	907
۲۸	دشت عباس	تبخیرسنجی	47-49-23	32-24-42	161
۲۹	دوآب مرک	تبخیرسنجی	46-47-24	34-33-13	1310
۳۰	دهنو-هرود	تبخیرسنجی	48-45-04	33-30-00	1800
۳۱	روانسر	تبخیرسنجی	46-39-08	34-42-16	1343
۳۲	سراب صید علی	باران سنج معمولی	48-12-00	33-46-48	1530
۳۳	سرمیل	تبخیرسنجی	46-08-00	34-20-00	1549

۳۴	سلیمان آباد	تبخیرسنجی	46-15-00	34-15-00	1480
۳۵	سنقر	باران سنج معمولی	47-35-44	34-46-22	1670
۳۶	عبدالخان	تبخیرسنجی	48-21-48	31-50-45	40
۳۷	قورباغستان	باران سنج معمولی	47-14-40	34-13-53	1268
۳۸	کاکارضا	باران سنج معمولی	48-15-00	33-42-36	1550
۳۹	کانال وراینه	تبخیرسنجی	48.24.15	34.04.32	1795
۴۰	کرم بست	باران سنج معمولی	47-14-37	34-41-20	1900
۴۱	کوهدشت	باران سنج معمولی	47-36-49	33-31-49	1194
۴۲	گاوسور	باران سنج معمولی	46-23-00	34-10-00	1375
۴۳	گل زرد	تبخیرسنجی	47-22-59	33-8-59	710
۴۴	نظرآباد	باران سنج معمولی	47-25-00	33-10-00	571
۴۵	نورآباد(بادآور)	تبخیرسنجی	47-58-12	34-4-47	1780
۴۶	ورگچ-شیروان	باران سنج معمولی	46-49-00	33-34-00	783
۴۷	ورمهنگ	تبخیرسنجی	46-53-40	34-47-16	1418
۴۸	هلیلان-سیمره	تبخیرسنجی	47-14-42	33-43-12	703

معرفی روش‌ها

روش پارامتری خطی

در این مطالعه به منظور تحلیل روند از الگوهای رگرسیون خطی بهره گرفته شد. در این الگو فرض بر این است که سری های زمانی حاوی روند خطی هستند. اگرچه این فرض همیشه صادق نیست اما قادر است تصویری هرچند کلی از رفتار سری های زمانی ارائه نماید. الگوی رگرسیون خطی یک سری زمانی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$Z_T=\alpha+\beta T+e_T \quad (1)$$

که:Z_T سری زمانی مورد نظر، T زمان، α عرض از مبدا، β شیب خط(تغییر به ازای زمان) و eT خطا(باقیمانده یا انحراف) های برآورد خوانده می‌شوند. α و β را ضرایب رگرسیون گویند(عساکره، ۱۳۹۱: ۷۷).

روش ناپارامتری من-کندال

آزمون من–کندال یکی از متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به شمار می‌رود. مطالعات مختلف انجام شده با استفاده از این روش حاکی از اهمیت و کاربرد فراوان آن در تحلیل روند سری‌های زمانی می‌باشد(حجام و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۵۸). از این روش برای آزمون فرض تصادفی بودن توالی داده‌ها در مقابل وجود روند استفاده می‌گردد(خلیلی و بذر افشان، ۱۳۸۳: ۲۷). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک(رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده ها می باشد. (قصاب فیض و اسلامی، ۱۳۹۶: ۱۱۶). مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

الف) محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت[۱] استخراج پارامتر S به شرح زیر:

[۱] . Sign Function

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{J=k+1}^{n} \operatorname{sgn}(xj - xk) \quad (۲)$$

که n تعداد مشاهدات سری، و xj و xk به ترتیب داده‌های jام و kام سری می‌باشند. تابع علامت نیز به شرح زیر قابل محاسبه است:

$$\operatorname{sgn}(x) = \begin{cases} +1 if\ (xj - xk) > 0 \\ 0 (xj - xk) = 0 \\ -1 if\ (xj - xk) < 0 \end{cases} \quad (۳)$$

ب) محاسبه واریانس توسط یکی از روابط زیر:

$$\operatorname{var}(s) = \frac{\left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t1(ti-1)(2ti+5) \right]}{18} \quad \text{اگر } N>10: \quad (۴)$$

$$\operatorname{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad \text{اگر } N \le \quad (۵)$$

که n تعداد داده‌های مشاهده‌ای و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آنها جداقل یک داده تکراری وجود دارد. T نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد.

ج) استخراج آماره Z به کمک یکی از روابط زیر:

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} if\ (s > 0) \\ 0 if\ (s = 0) \\ \frac{s+1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} f\ (s < 0) \end{cases} \quad (۶)$$

در بررسی حاضر این آزمون برای سطوح اعتماد ۹۵٪ و ۹۹٪ به کار گرفته شد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

زنجیره مارکف

از جمله تکنیک‌های ریاضی برای تحلیل پدیده‌های تصادفی مدل زنجیره مارکوف است که تداومی از مشاهدات را در طول زمان نشان می‌دهد(طالشی، ۱۳۸۴). زنجیره مارکوف حالت خاصی از مدل‌های است که در آن ها حالت فعلی سیستم به حالت‌های قبلی آن بستگی دارد. در تعیین حالت سیستم با استفاده از این مدل باید دو عامل را مشخص کرد که عبارتند از: حالت سیستم در زمان مشخص و احتمالات تغییر حالت خاص به حالت‌های ممکن دیگر، که اصطلاحا به آن احتمالات گذار می‌گویند(مومنی، ۱۳۸۴). اگر مجموع حالات ممکن در زنجیره مارکوف محدود باشد، می‌توان یک ماتریس مربعی p را تشکیل داد. این ماتریس، یک ماتریس مربع با عناصر(pij(t می‌باشد و به صورت زیر بیان می‌شود.

$$pij\,(t) = p[x\,(t) = j\ /\ x\,(t-1) =] = \frac{p[x\,(t-1) = I\,, \mathrm{x(t)} = \mathrm{j}]}{p[x\,(t-1) = I\,]} \quad (۷)$$

برای تمام جفت‌های i و j، زنجیره ممکن است از حالت i در زمان t-1 به حالت r و ... و ۳ و ۲ و ۱ =j تغییر یابد، بنابراین با معلوم بودن وضعیت در زمان t-1 احتمالات انتقال متناظر در زمان t یا pi و ... و pir نمایش داده می‌شود.

$$\mathrm{J=1,\ 2,\ 3,\ldots,\ r}\sum_{j=1}^{r} pij\,(t) = 1 \quad (۸)$$

چنانچه ماتریس احتمال انتقال(p(t وابسته به زمان نباشد زنجیره مارکوف را ایستا یا همگن گویند، در این حالت می‌توان از علایم p و pij به جای p(t) و pij(t) استفاده کرد(Maidment, 1998: 162). ماتریس احتمال انتقال به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & \ldots. & \mathrm{r} \\ 0 & [p00, & p01, & p02 \ldots. & p0r] \\ 1 & [p10, & p11, & p12 \ldots. & p1r] \\ 2 & [p20, & p21, & p22, \ldots. & p2r] \\ : & [:] & & & \\ r & [pr0, & pr1, & pr2, \ldots. & prr] \end{bmatrix} \quad (۹)$$

عناصر قطر اصلی ماتریس، بیانگر پایداری هر وضعیت است(میامئی، ۱۳۸۵). ماتریس احتمال انتقال زنجیره مارکوف دو وضعیتی به صورت زیر قابل تعریف است(N : نرمال،w: مرطوب ، D:خشکسالی):

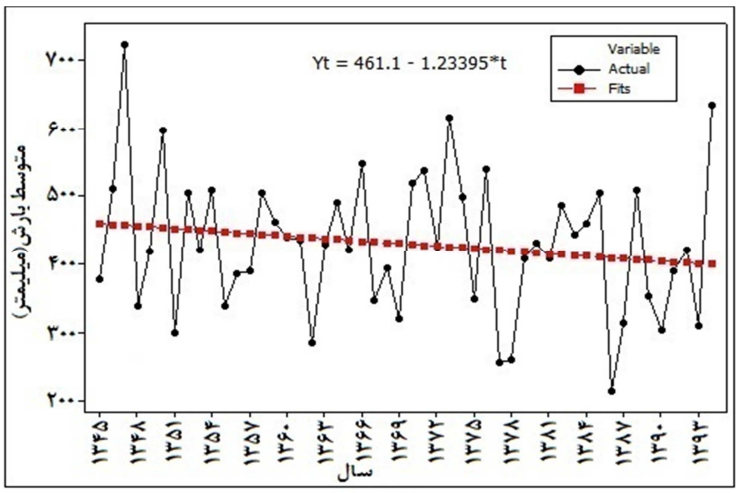
$$\begin{bmatrix} \mathrm{W} & \mathrm{D} \\ \mathrm{W} & [pww \ldots\ldots\ldots pwd] \\ \mathrm{D} & [Pdw \ldots\ldots\ldots Pdd] \end{bmatrix} \quad (۱۰)$$

یافته‌های تحقیق

تحلیل بارش و دبی سالانه

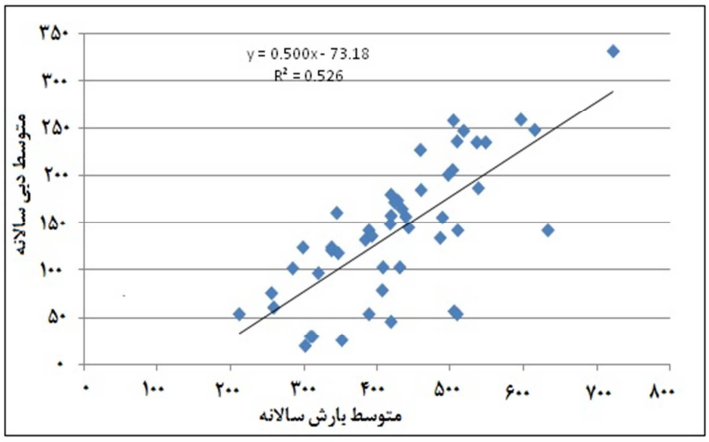
نتایج شکل ۲ حکایت از آن دارد که متوسط بارش‌های سالانه کاهشی است. میانگین متوسط بارش ایستگاه‌های منتخب به روش ایستگاهی و حسابی برابر با ۴۳۰ میلیمتر در سال محاسبه گردید. در این محاسبه دامنه تغییرات برابر ۵۱۰ میلیمتر (حداقل بارش ۲۱۳ میلیمتر، و حداکثر بارش ۷۲۳ میلیمتر)، ضریب تغییرات حدود ۲۵ درصد، انحراف معیار ۱۰۴ و ضریب چولگی ۰/۳۴ به دست آمده است. مقادیر شاخص‌های مذکور همگی بیانگر تغییرات شدید بارش در این حوضه است. روندیابی بارش‌های متوسط سالانه نیز انجام گرفت. به طوری که در شکل ۲ دیده

می‌شود روند بارش‌ها حکایت از روند کاهشی آنها دارد. اما روندیابی با استفاده از روش من کندال در سطح اطمینان ۹۵ درصد با مقدار Z= -۰/۸۳ بیانگر آن است که این روند کاهشی، معنی دار نیست.



شکل ۲: نمودار روند سالانه متوسط بارش‌های حوضه کرخه

حوضه آبی کرخه به دلیل موقعیت اقلیمی گرم و نیمه خشکی که دارد بارش‌های جامد آن به جز در محدوده ارتفاعی بیش از ۲۷۰۰ متر چندان نیست و بیشتر آبدهی آن تحت تاثیر بارش‌های مایع و ناگهانی است به نحوی که وجود رابطه مستقیم با ضریب همبستگی(R=0.725) تاییدی بر این رابطه است(شکل۳). بنابراین هر گونه تغییرات بارش مانند خشکسالی یا رخداد بارش‌های سنگین تاثیرات آنی بر آبدهی رودخانه دارد.



شکل ۳: نمودار معادله خط بهینه بارش و دبی سالانه

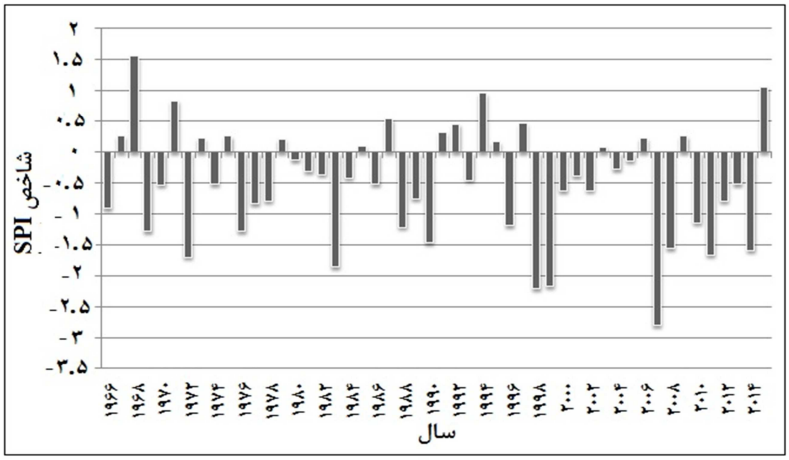
تحلیل خشکسالی

برای پایش خشکسالی از نمایه‌های زیادی استفاده می‌شود. نمایه مورد استفاده در این تحقیق نمایه استاندارد بارندگی(Standard precipitation index) می‌باشد(جدول ۳). در طول دوره آماری(۱۳۴۵ – ۱۳۹۴)، ۳۳ سال

خشکسالی و ۱۷ سال ترسالی اتفاق افتاده است(شکل ۴). دوره خشکسالی ۱۳۸۴ تا ۹۴ یک دوره طولانی خشکسالی حوضه محسوب می‌گردد. تحلیل فراوانی نشان داد که خشکسالی‌های بسیار شدید با ۳ فراوانی در مقابل ۱ ترسالی نسبتا شدیدو به طور کلی خشکسالی‌ها با ۱۴ مورد متوسط،بسیار خشک و شدید در مقابل ۲ مورد ترسالی گویای ناپایداری بارش‌های حوضه است(جدول۱). علاوه برآن تداوم خشکسالی‌های به ویژه در دوره ۱۰ ساله ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ این وضعیت بحرانی و شکننده بارشی حوضه و در نهایت محدودیت منابع آب آن را نشان می‌دهد.

جدول ۳: فراوانی خشکسالی و ترسالی در حوضه با استفاده از شاخص SPI

وضعیت آب و هوایی	نمایهSPI	فراوانی خشکسالی
Very wet(بسیار مرطوب)	بین ۱/۵ تا ۱/۹۹	۱
Moderately wet(مرطوب متوسط)	بین ۱ تا ۱/۴۹	۱
Near normal(نزدیک نرمال)	بین ۰/۹۹- تا ۰/۹۹	۳۴
Moderately dry(خشک متوسط)	بین ۱/۰- تا ۱/۴۹-	۶
Severely dry(بسیار خشک)	بین ۱/۵- تا ۱/۹۹-	۵
Extremely dry(شدیدا خشک)	۲- و کمتر	۳



شکل ۴: نمایه استاندارد بارش سالانه حوضه کرخه

به منظور بررسی احتمال رخداد حالت‌های مختلف بارش(خشکسالی، ترسالی و نرمال) از زنجیره مارکوف استفاده گردید. براین اساس ۹ حالت رخداد برای بارش در نظر گرفته شده است. نتایج زنجیره مارکف در حوضه در حالت‌های که منجر به تکرار خشکسالی براساس1-t گردد در جدول(۴)محاسبه شد. طبق جدول زیر بیشترین فراوانی در شرایط بارش نرمال است(دامنه بارش نرمال مقدار شاخص استاندارد بارش بین ۱- تا۱ است).

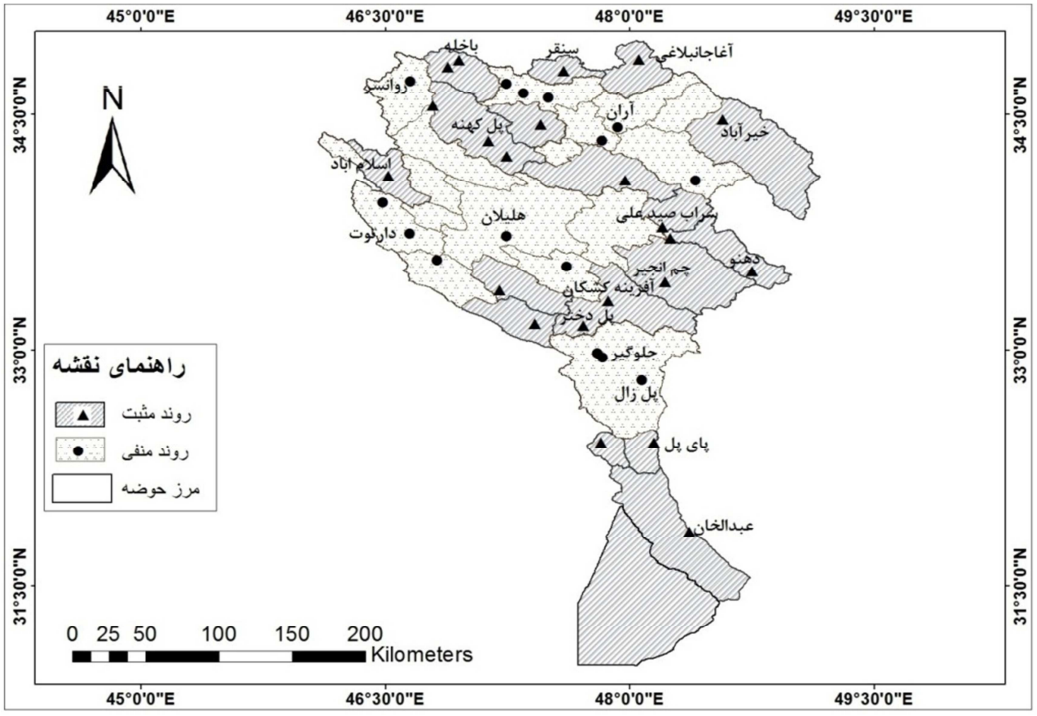
جدول ۴: فراوانی رخداد حالت‌های بارش حوضه کرخه در زنجیره مارکف

حالت*	ND	NW	NN	WN	WD	WW	DW	DN	DD
فراوانی	۱۰	۱	۲۴	۰	۱	۰	۱	۱۰	۳
احتمال وقوع	۲۸/۶	۲/۸۵	۶۸/۶	۰	۷/۱۴	۰	۷/۱۴	۷۱/۴۲	۲۱/۴۲

*(N: شرط نرمال، W: مرطوب،D: خشکسالی)

روند بارش‌های حداکثر روزانه

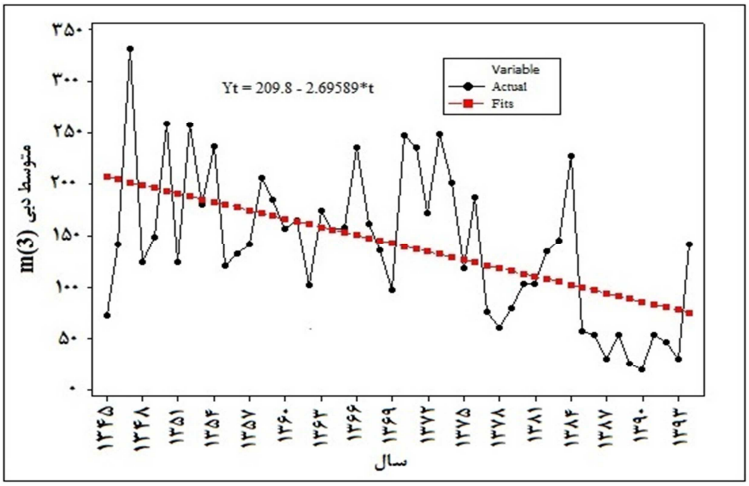
بارش‌های حداکثر روزانه یکی از پارامترهای اقلیمی قابل توجه در مدیریت محیطی مخاطرات طبیعی است که تحت تاثیر تغییرات اقلیمی قرار دارد. نتایج آشکار سازی تغییرات این متغیر در حوضه کرخه گویای این نکته می‌باشد که از بین ۴۸ ایستگاه مورد بررسی(شکل ۵) ۲۲ ایستگاه دارای روند افزایشی مثبت، و تنها ۶ ایستگاه دارای روند کاهشی معنی دار بودند. و بقیه ایستگاه‌ها فاقد روند معنی داری می‌باشند. بدین ترتیب به طور میانگین بارش‌های حداکثر روزانه در سطح حوضه رودخانه کرخه دارای روند افزایشی هستند. بنابراین وجود روند افزایشی در پیک‌های سیلابی را علاوه بر تغییرات کاربری اراضی و تخریب پوشش جنگلی – مرتعی منطقه باید در روند افزایشی بارش‌های حداکثر دانست.



شکل۵: روند بارش‌های حداکثر روزانه در حوضه کرخه

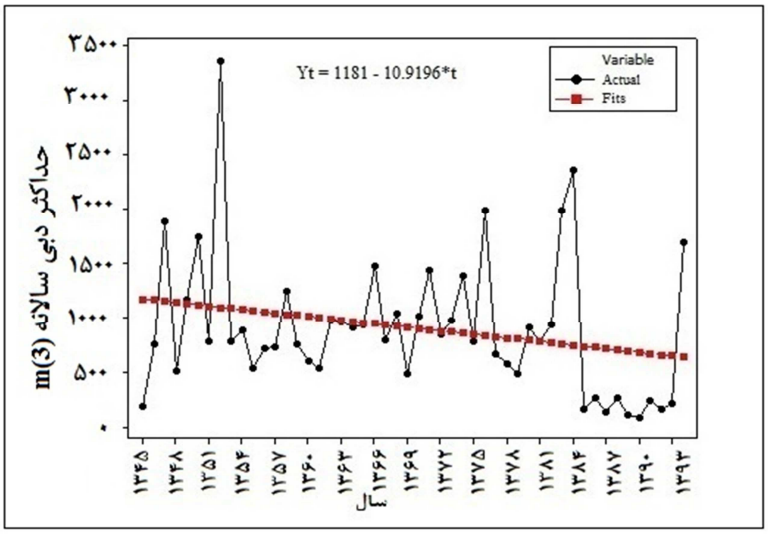
تحلیل سیلاب کرخه

در تحلیل روند سیلاب رودخانه کرخه، روند حداکثر متوسط روزانه دبی و جابجای زمانی رخداد سیلاب‌ها در ایستگاه انتهایی حوضه آبی کرخه (ایستگاه جلوگیر ماژین) مورد بررسی قرار گرفته است. به دلیل رخداد خشکسالی‌های دهه ۱۳۹۳-۱۳۸۴ این روند در دو مقطع زمانی ۸۴-۱۳۳۷ و مقطع زمانی ۹۸-۱۳۸۴ بررسی شد. نتایج آزمون پارامتری خط روند و ناپارامتری من-کندال در خصوص روند متوسط دبی سالانه ایستگاه جلوگیر نشان داد که این داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ با مقدار ۳/۸ -=Z دارای روند معنی دار و کاهشی است. لازم به ذکر است که بنظر می‌رسد رخداد خشکسالی‌های متوالی دهه گذشته تاثیر زیادی بر شکل گیری این روند دارد. بالاترین دبی متوسط سالانه در ایستگاه جلوگیر در طول دوره آماری مربوط به سال ۱۳۴۷(۳۳۲ مترمعکب در ثانیه) و کمترین آن مربوط به سال ۱۳۹۰ (۲۰ مترمعکب در ثانیه) می‌باشد(شکل ۶).



شکل ۶: نمودار روند دبی‌های متوسط سالانه ایستگاه جلوگیر ماژین

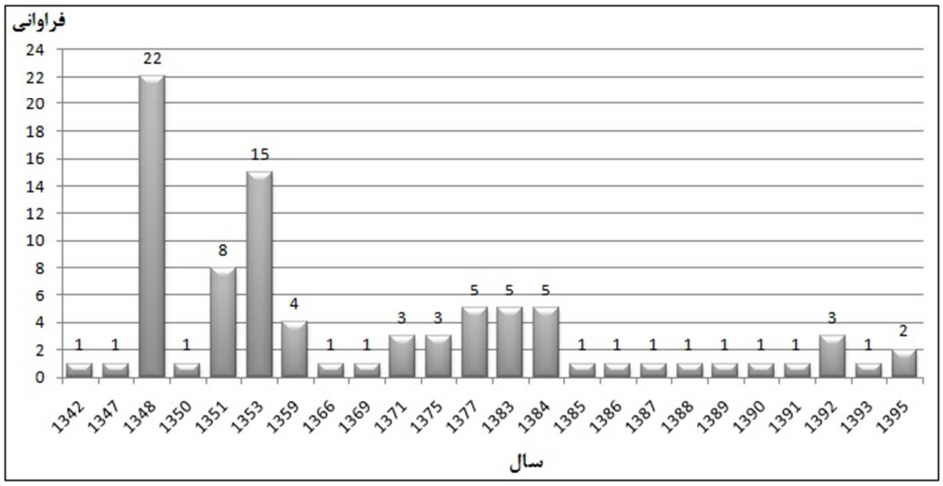
روند دبی حداکثر سالانه در ایستگاه جلوگیر نشان داد که از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ به مدت ده سال خشکسالی اتفاق افتاده و روند متوسط دبی حداکثر سالانه به شدت کاهشی شده است.پس از پایان خشکسالی ۹۴-۱۳۸۴مجددا دبی حداکثر روند افزایشی به خود گرفته و از سال ۱۳۹۴ به بعد رخداد سیلاب در این ایستگاه و حوضه کرخه افزایش یافته است(سیلاب سال های ۹۵،۹۶،۹۸) (شکل ۷).



شکل ۷: روند حداکثر دبی سالانه در ایستگاه جلوگیر ماژین در طول دوره آماری

فراوانی دبی‌های بیش از ۱۰۰۰ متر مکعب و تغییر زمان رخداد آن

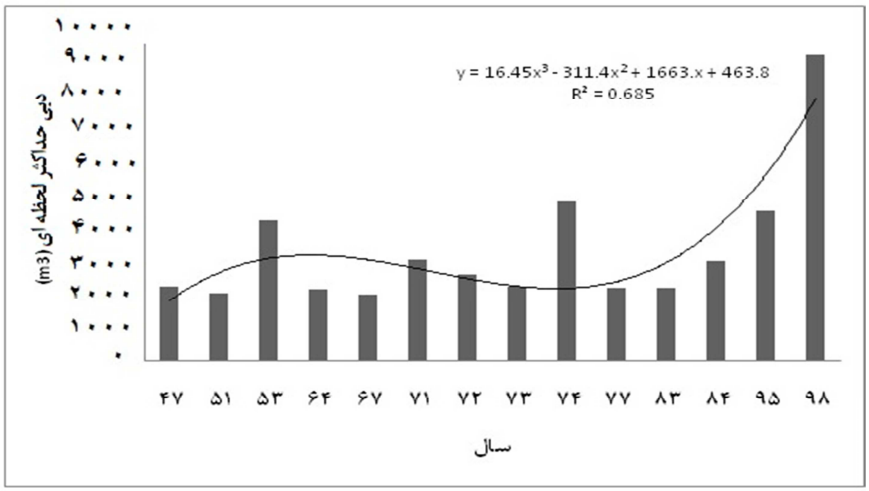
به منظور بررسی داده‌های حداکثر دبی روزانه، در ابتدا داده‌ها با توزیع آماری حداکثر گمبل فیلتر گردید و سپس داده‌های با احتمال رخداد ۰/۰۵ انتخاب شدند. حد پایین این داده رقم ۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه بود. تقویم زمانی رخداد سیلاب‌های نشان می‌دهد که سال۱۳۴۸ با ۲۲ مورد رخداد سیلاب بیش از ۱۰۰۰ متر رتبه اول(حداکثر دبی لحظه‌ای ۲۲۶۷ متر مکعب بر ثانیه) و سال ۱۳۵۳ با ۱۵ رخداد در مرتبه دوم(حداکثر دبی لحظه ای ۴۲۰۰) و سال آبی ۱۳۹۸ با ۱۴ مورد سیلابی ترین سال های حوضه آبی کرخه(با دبی لحظه ای ۹۱۶۱ متر مکعب) در ثانیه بزرگترین سیلاب ثبت شده در این حوضه آبی است (شکل۸). براساس توزیع احتمال و فیلتر ۰/۰۵ درصد سیلاب های بیشتر از ۱۰۰۰ متر مکعب برثانیه، ۸۸ مورد سیلاب بوده است. از این تعداد سیلاب ۶۴ مورد آن در فروردین ماه، ۸ مورد در اسفند ماه، ۷ مورد بهمن ماه و ۵ مورد در دی ماه رخد داده است و فصل پاییز با ۴ مورد در رده‌های بعد قرار دارد. آنچه در این خصوص قابل توجه است تمرکز رخداد سیلاب‌ها در فروردین ماه با ۵۳ مورد از ۶۴ مورد سیلاب رخداد در فروردین ماه تا سال ۱۳۷۱ است و تنها یک سیلاب در طول دوره (۷۱-۱۳۳۷) در سایر ماهها رخ داده است. بررسی سری زمانی رخداد سیلاب‌ها نشان داد از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۴ بیشترین رخداد سیلاب‌ها درفصل زمستان بوده است. این جابجای زمانی رخداد سیلاب‌ها طی دو دهه اخیر به گونه‌ای رخ داده که در ابتدا سیلاب‌ها در اسفند ماه(۱۳۸۳)،سپس در بهمن ماه(۱۳۸۴) و در آخرین رخ داد ثبت شده در دیماه(۱۳۹۵) رخداداند(شکل ۸). این یافته مقاله با نتایج تحقیقات بسیاری از محققین در زمینه تغییر اقلیم همخوانی دارد.



شکل ۸: نمودار فراوانی دبی‌های بیش از ۱۰۰۰ متر مکعب در ایستگاه جلوگیر ماژین

تحلیل روند سیلاب‌های لحظه‌ای

سیلاب‌های لحظه‌ای به عنوان حدی‌ترین رخداد هیدرولوژی به دلیل قدرت تخریب و حجم آورد زیاد آب در رورخانه از دیدگاه مدیریت مخاطرات آب و هوایی و هیدرولوژی قابل توجه هستند. (شکل۹) مقادیر دبی لحظه‌ای، خط روند و معادله سری زمانی داده‌های ایستگاه جلوگیر ماژین در سال‌های سیلابی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، برخلاف آنچه در روند متوسط حداکثر دبی‌های سالانه در تحلیل روند نشان داده شد(دارای روند کاهشی بودند) مقادیر دبی لحظه ای به ویژه در دوره ۹۸-۱۳۷۱ روند افزایشی دارد به گونه‌ای که فراوانی این دبی های نسبت به دوره ۷۱-۱۳۳۷ بیشتر است. این افزایش علاوه بر آنکه در فراوانی رخداد دیده می‌شود از نظر مقدار آورد رودخانه نیز قابل توجه است به گونه‌ی که مقادیر دبی‌های بیش ۴۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه و حتی بیش از دو برابر آن (سیلاب ۱۳۹۸) مشاهده می‌شود. از دیگر یافته‌های تحقیق کاهش دبی لحظه‌ای و فراوانی سیلاب در یک دهه خشکسالی(۹۴-۱۳۸۴) کاهش سیلاب های بیش از ۱۰۰۰ متر مکعب به ۳ مورد در یک دهه، پایین بودن میزان دبی لحظه‌ای که گاهی رقم های زیر ۲۰۰ متر مکعب را دارد.



شکل ۹: مقادیر دبی لحظه‌ای، خط روند و معادله سری زمانی ایستگاه جلوگیر ماژین

نتیجه گیری

سیلاب‌ها به عنوان یک رخداد حدی اقلیمی - هیدرولوژیکی یکی از چالش‌های اساسی در جهان هستند. افزایش فراوانی سیلاب‌ها نتیجه افزایش طوفان‌ها، بارش‌های شدید و تغییرات کاربری اراضی هستند. بررسی‌های تاریخی حوضه نشان دهنده رخداد سیلاب‌ها و دبی‌های لحظه‌ای بالاتری نسبت به سایر مناطق کشور هست. تحلیل سیلاب‌ها و بارش‌های شدید این رودخانه بیانگر شواهد متعددی از تغییرات اقلیمی مانند افزایش فراوانی و شدت بارش‌های حداکثر روزانه، افزایش دبی‌های لحظه‌ای و جابجای زمانی رخداد دبی‌های بیشینه است. به عنوان مثال رخداد دبی-های لحظه‌ای ۵۰۰۰ و ۹۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه در طی سال‌های آمار برداری در سال‌های اخیر رخ داده است. نتایج پژوهش نشان داد که بارش‌های سالانه دارای روند کاهشی بوده، اما بارش‌های حداکثر روزانه در بیشتر سطح حوضه دارای روند افزایشی هستند. این یافته پژوهش با یافته‌های (پترو و میرز: ۲۰۰۹؛ دلگادو و همکاران: ۲۰۱۳؛ آپرو و همکاران: ۲۰۱۵؛ لوپای سانکریت: ۲۰۱۷؛ ژین ژو و همکاران: ۲۰۱۷ و گائو و همکاران: ۲۰۱۸) که نشان دادند متوسط دبی سالانه دارای روند کاهشی اما دبی حدکثر دارای روند افزایشی بود مطابقت دارد. علاوه بر آن یافته دیگر پژوهش نشان دهنده فراوانی زمانی رخداد سیلاب‌ها از فصل بهار به فصل زمستان است. نتایج نشان داد که تا سال ۱۳۷۱ از ۶۴ سیلاب رخداد، ۵۳ مورد آن در فروردین ماه است حال آنکه سیلاب‌های بعد از سال ۱۳۷۱ در دهه‌ی ۱۳۸۰ – ۱۳۷۱ یک ماه زودتر در اسفند ماه، ۱۳۹۰ – ۱۳۸۰ در بهمن ماه و در دهه‌ی سوم در دی ماه رخ داده‌اند. تحلیل خشکسالی حوضه نشان داد که این حوضه دارای یک خشکسالی شدید با دوره تداوم ۱۰ ساله (۱۳۹۴ - ۱۳۸۴) بوده که تاثیرات کاهشی زیادی بر میزان آبدهی و رخداد سیلاب‌های منطقه داشته است. علاوه برآن یافته-های تکرار پذیری بارش‌ها با مدل زنجیره مارکف نشان داد که رخداد خشکسالی‌ها در حوضه کرخه همواره دارای احتمال وقوع بالاتری نسبت به ترسالی‌ها و نرمال است. بنابراین با توجه به تغییرات اقلیمی و محیطی گسترده در حوضه کرخه احتمال رخداد سیلاب‌ها با بزرگی بیش از آنکه تاکنون رخ داده‌اند دور از انتظار نمی‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که فراوانی سیلاب‌های شدید و مخرب در این حوضه عمدتا در ماه اول فصل بهار و تعداد کمی نیز در نیمه دوم فصل زمستان رخ می‌دهند. به منظور آگاهی، عمل و مدیریت مخاطرات اقلیمی از جمله شناخت کافی از

ویژگی‌های بارش و روند دبی‌های لحظه‌ای و بازنگری در اجرای پروژه‌های عمرانی و زیربنایی نیازمند اجرای سازه‌های آبی، مطالعات مربوط به آن در سطح حوضه الزامی است. همچنین اقداماتی نظیر حفاظت از پوشش گیاهی، توسعه جنگل‌داری، جلوگیری از تغییرات کابری اراضی، رعایت حریم آبراهه‌ها، توجه جدی به آبخیزداری و جلب مشارکت مردم و ذی‌نفعان ضروری است.

منابع

انصاری، مریم، نوری، غلامرضا، فتوحی، صمد(۱۳۹۵)، بررسی روند تغییرات دما، بارش و دبی با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال(مطالعه موردی: حوزه آبخیز رودخانه کاجو استان سیستان و بلوچستان)، مدیریت حوزه آبخیز، سال هفتم، شماره ۱۴، صص ۱۵۸ – ۱۵۲.

بای، ناصر، منتظری، مجید، گندمکار، امیر(۱۳۹۲)، مطالعه تاثیر عوامل هیدرو اقلیم بر مخاطرات طبیعی استان گلستان با تاکید بر سیلاب، امداد و نجات، دوره ۵، شماره ۲، صفحات ۱ – ۱۳.

حجام، سهراب، خوشخو، یونس، شمس‌الدین وندی، رضا(۱۳۸۷)، تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، صفحات ۱۵۷ – ۱۶۸.

خلیلی، علی، بذرافشان، جواد(۱۳۸۳)، تحلیل روند تغییرات بارندگیهای سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته، نشریه بیابان، دوره ۹، شماره ۱، صفحات ۲۵ – ۳۴.

رحیمی، داریوش، هاشمی نسب، سادات(۱۳۹۷)،تحلیل واکنش هیدرولوژی حوضه کارون شمالی به افزایش دمای کمینه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۰، شماره ۱(پیاپی ۱۰۳)، ۱ – ۱۷.

طالشی، عبدالله(۱۳۸۴)، مدل سازی بارش سالانه ایران با استفاده از زنجیره مارکوف، پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما دکتر علی اکبر رسولی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.

طرح جامع مطالعات حوضه رودخانه کرخه(۱۳۷۵)، وزارت نیرو، شرکت مهاب قدس

عساکره، حسین(۱۳۹۱)، تحلیل روند بارش‌های سنگین در شهر زنجان، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی(دانشگاه تبریز)، سال ۱۶، شماره ۳۹، صص ۸۸ – ۷۳.

قاسمی، احمدرضا، موگویی، مرتضی(۱۳۹۶)، بررسی تغییرات دبی رودخانه‌های استان چهارمحال و بختیاری، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی(سپهر)، دوره ۲۶، شماره ۱۰۲، صفحات ۱۶۳ – ۱۷۴.

قصاب فیض، مصطفی، اسلامی، حسین(۱۳۹۶)، ارزیابی روند تغییرات بارندگی با روش من کندال و رگرسیون خطی در استان خوزستان، فصلنامه مهندسی آب، صص ۱۲۱ – ۱۱۳.

معروفی، صفر، طبری، حسین(۱۳۹۰)، آشکارسازی روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شماره دوم، شماره پیاپی ۱۰۱، صفحات ۱۲۵ – ۱۴۶.

ملکی، امجد، حصادی، همایون، پیروزی نژاد، نوشین(۱۳۹۲)، برآورد مقادیر سیلاب و ارائه مدل سیل خیزی در حوضه آبخیز رازآور، جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۱۷، شماره ۴۶، صفحات ۲۲۶ – ۲۳۹.

مومنی، منصور(۱۳۸۴)، پژوهش عملیاتی(مدل‌های احتمالی)، چاپ دوم، انتشارات مهر.

میامئی، ابوالقاسم(۱۳۸۵)، نظریه مقدماتی احتمال و فرایندهای تصادفی، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

میرعباسی نجف آبادی، رسول، دین پژوه، یعقوب(۱۳۸۹)، تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه های شمال غرب ایران در سه دهه اخیر، آب و خاک، دوره ۲۴، شماره ۴، صفحات ۷۵۷ – ۷۶۸.

وفاه خواه، مهدی، بخشی تیرگانی، محمد، خزایی، مجید(۱۳۹۱)، تحلیل روند بارندگی و دبی در حوزه آبخیز کشف رود، جغرافیا و توسعه، دوره ۱۰، شماره پیاپی ۲۹، صفحات ۷۷ – ۹۰.

Apurv, T., Mehrotra, R., Sharma, A., Goyal, M. K., & Dutta, S., (2015), Impact of climate change on floods in the Brahmaputra basin using CMIP5 decadal predictions. Journal of Hydrology, 527, 281-291.
Delgado, J. M., Apel, H., &Merz, B., (2010), Flood trends and variability in the Mekong River, Hydrology and Earth System Sciences, 14(3), 407-418.
Gao, C., He, Z., Pan, S., Xuan, W., & Xu, Y. P., (2018), Effects of climate change on peak runoff and flood levels in Qu River Basin, East China, Journal of Hydro-environment Research.
Maidment, d. r., (1998), Handbook of hydrolog y. Colorado state university.p.162.
Petrow, T., &Merz, B., (2009), Trends in flood magnitude, frequency and seasonality in Germany in the period 1951–2002. Journal of Hydrology, 371(1-4), 129-141.
Shrestha, S., &Lohpaisankrit, W., (2017), Flood hazard assessment under climate change scenarios in the Yang River Basin, Thailand. International Journal of Sustainable Built Environment, 6(2), 285-298.
Turkington, T., Breinl, K., Ettema, J., Alkema, D., &Jetten, V., (2016),a new flood type classification method for use in climate change impact studies. Weather and climate extremes, 14, 1-16.
Xu,X., Wang, Y. C., Kalcic, M., Muenich, R. L., Yang, Y. E., &Scavia, D., (2017), Evaluating the impact of climate change on fluvial flood risk in a mixed-used watershed. Environmental Modelling & Software.
Zhi-Yong, W., Gui-Hua, L., Zhi-Yu, L., Jin-Xing, W., &Heng, X., (2013), Trends of extreme flood events in the Pearl River basin during 1951–2010. Advances in Climate Change Research, 4(2), 110-116.
Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S., Konoshima, L., Yamazaki, D., Watanabe, S, &Kanae, S., (2013), Global flood risk under climate change. Nature Climate Change, 3(9), 816.
Milly, P. C. D., Wetherald, R. T., Dunne, K. A., &Delworth, T. L. (2002). Increasing risk of great floods in a changing climate. Nature, 415(6871), 514.

Research Article

Trend Analysis of Maximum flood in the Karkheh basin

Dana Rahimi[1], Javad Khoshhal Dastjerdi[2*], Dariush Rahimi[3]

1. PhD student of Climatology, University of Isfahan, Isfahan, Iran
2*. Associate Professor of Climatology, University of Isfahan, Isfahan, Iran
3. Associate Professor of Climatology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Received: 06-11-2019 Final Revised: 05-02-2020 Accepted: 03-05-2020

Abstract

Floods and droughts are two Extreme phenomena that will always happen in most parts of the world with different frequencies. The occurrence of extreme climate phenomena has been one of the major challenges in the world. Karkheh River is one of the western rivers of Iran that in times of flooding causes huge human and infrastructure damages. The purpose of the present study is to investigate the trend of floods in the Karkheh basin to identify their increase or decrease trend. Detection and analysis of flood trends in the Karkheh basin during the period of 1966 -2019 was performed on the precipitation data of 48 stations and daily discharge data of the Mazhin station by parametric (regression line) and nonparametric methods (Man -Kendall test). Drought analysis of the basin showed that this basin had a severe drought with a period of 10 years (2005 – 2015) which has had a great impact on reducing the discharge and occurrence of floods in the region. Besides, the results of the repeatability of precipitation with the Markov Chain Model showed that the occurrence of droughts in the Karkheh basin is always more likely than other events. Although annual rainfall has a declining trend, maximum daily rainfall at most of the basin has an increasing trend. Analysis of the floods trend showed that the frequency of floods has two different periods. Most occurrences of floods (22 cases in 1969 and 15 cases in 1972) in the period (1966-1991) and is the lowest occurrence of floods Related to the course (1992-2019) But what is important Floods events with greater magnitude for the first time in the second course. So that floods with an instantaneous discharge of more than 5000 and 9000 m3 occurred in the second period. Another result of this research is the time displacement of flood events So that until 1992 Of the 64 floods, 53 occurred in April, But after 1992 floods occurred one month earlier in March(The decade 1992 – 2001), in February(The decade 2001 – 2011) and the third decade in January.

Keywords: Flood, Trend Analysis, Man-Kendall Test, Karkheh Basin.

* Corresponding Author Email: j.khoshhal@geo.ui.ac.ir

References

References (in Persian)

Ansari, M, Noori, G, Fotohi, S., (2017), Investigation of Temperature Precipitation and Flow Trend Using Nonparametric Mankendall (Case Study: Kaju River in Sistan and Baluchestan), Journal of Watershed Management Research, 7(14): pp. 158-152.[In Persian]
Asakerh, H., (2013), Analysis of heavy rainfall trends in Zanjan, Journal of Geography and Planning, Volume 16, Number 39, pp. 73 – 88. [In Persian]
Bay, N, Montazeri, M, Gandomkar, A., (2013), The Study of the effect of Hydro-Climate factors on natural hazards in Golestan province with emphasis on the flood, Journal of Rescue and Relief, 5(2), pp 1 – 13. [In Persian]
Ghasabfeiz, M, Eslami, H.,(2017), Variations Trend Evaluation of Rainfall Using Mann-Kendall and Linear Regression in Khuzestan Province, Journal of water engineering, Volume 5, Number 2, pp. 113 – 121. [In Persian]
Hajam, S, Khoshkhou, Y, Shams Aldinivandi, R., (Annual and Seasonal Precipitation Trend Analysis of Some Selective Meteorological Stations in Central Region of Iran Using Non-Parametric Methods. Physical Geography Research Quarterly, Number64, pp. 157 – 168. [In Persian]
Khalili, A, Bazrafshan, J., (2004), Analysis of Annual, Seasonal and Monthly Rainfall Trends Analysis of Five Old Iranian Stations in One Hundred and Sixteen Years, Volume 9, Number 1, pp. 25 – 34. [In Persian]
Maleki, A, HesadiT H, Pirouznejad, N.,(2013), Estimation of Flood Values and Presentation of Flooding Model in the Razavar Watershed, Journal of Geography and Planning, Volume 17, Number 46, pp. 223 – 239. [In Persian]
Master Plan of Karkheh River Basin Studies., (1996), Ministry of Energy, MahabGhods Co. [In Persian]
Miami, A., (2006), Basic Theory of Probability and Random Processes, Academic Publishing Center, Tehran.[In Persian]
Mirabasi Najaf Abadi, R, DinhPajouh, Y., (2010), Analysis of Trends in Discharge Changes in Northwestern Iranian Rivers in the Last Three Decades, Journal of Soil and Water, Volume 24, Number 4, pp. 757 – 768. [In Persian]
Momeni, M., (2005), Operational Research (Possible Models), Second Edition, Mehr Publications.[In Persian]
Qasemi, A, Mogui, M.,(2017), Investigation of discharge changes in the rivers of Chaharmahal va Bakhtiari province, Journal of Geographical Data, Volume 26, Number 102, pp. 163 – 173.[In Persian]
Rahimi, D, Hashmi Nasab, S.,(2018), Hydrologic Response of North Karun Basin to Increase in Minimum Air Temperature, Volume 50, Number 1, pp. 1 – 17.[In Persian]
Safar, M, Tabari, H(2011), Detection of Maron River Flow Changes Trend Using Parametric and Nonparametric Methods, Journal of Geographical Research, Volume 26, Number 2, pp. 125 – 146.[In Persian]
Talshi, A.,(2005), Modeling the annual precipitation of Iran using Markov chain, Master thesis, Tabriz University, Faculty of Humanities and Social Sciences.[In Persian]
Vafakhah, M, BakhshiTirgani, M, Khazaei, M., (2012), Analysis of rainfall and discharge trends in the catchment area, Journal of Geography & Development, Volume 10, Number 29, pp. 77 – 90.[In Persian]

References (in English)

Apurv, T., Mehrotra, R., Sharma, A., Goyal, M. K., & Dutta, S. (2015). Impact of climate change on floods in the Brahmaputra basin using CMIP5 decadal predictions. Journal of Hydrology, 527, 281-291.
Delgado, J. M., Apel, H., &Merz, B. (2010). Flood trends and variability in the Mekong River. Hydrology and Earth System Sciences, 14(3), 407-418.
Gao, C., He, Z., Pan, S., Xuan, W., & Xu, Y. P. (2018). Effects of climate change on peak runoff and flood levels in Qu River Basin, East China. Journal of Hydro-environment Research.
Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S., Konoshima, L., Yamazaki, D., Watanabe, S,&Kanae, S. (2013). Global flood risk under climate change. Nature Climate Change, 3(9), 816.
Maidment, d. r. (1998). Handbook of Hydrology. colorado state University.p.162.
Milly, P. C. D., Wetherald, R. T., Dunne, K. A., & Delworth, T. L. (2002). Increasing risk of great floods in a changing climate. Nature, 415(6871), 514.
Petrow, T., &Merz, B. (2009). Trends in flood magnitude, frequency, and seasonality in Germany in the period 1951–2002. Journal of Hydrology, 371(1-4), 129-141.
Shrestha, S., &Lohpaisankrit, W. (2017). Flood hazard assessment under climate change scenarios in the Yang River Basin, Thailand. International Journal of Sustainable Built Environment, 6(2), 285-298.
Turkington, T., Breinl, K., Ettema, J., Alkema, D., &Jetten, V. (2016). A new flood type classification method for use in climate change impact studies. Weather and climate extremes, 14, 1-16.
Xu, X., Wang, Y. C., Kalcic, M., Muenich, R. L., Yang, Y. E., & Scavia, D. (2017). Evaluating the impact of climate change on fluvial flood risk in a mixed-use watershed. Environmental Modelling & Software.
Zhi-Yong, W., Gui-Hua, L., Zhi-Yu, L., Jin-Xing, W., & Heng, X. (2013). Trends of extreme flood events in the Pearl River basin from 1951–2010. Advances in Climate Change Research, 4(2), 110-116.