



مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

# پژوهش‌های آبخیزداری

شاپا: ۲۰۳۸-۲۹۸۱



مؤسسه تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

## بررسی تغییرات کاربری زمین و شاخص‌های حدی هوا-آب‌شناسی در آبخیز رود میناب

مریم عباس‌زاده<sup>۱</sup>، ام‌البنین بذرافشان<sup>۲\*</sup>

- ۱ - دانش‌آموخته‌ی دکتری گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران  
 ۲ - استاد گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

### چکیده‌ی مبسوط

#### مقدمه و هدف

در سه دهه‌ی اخیر کاربری زمین در آبخیز رود میناب تغییرات محسوسی داشته است و این تغییرات به‌همراه تغییر اقلیم در آبخیز می‌تواند روی روند شاخص‌های هوا-آب‌شناسی تأثیرگذار باشد. از این رو، به‌دلیل تغییرات اقلیم و کاربری زمین‌های آبخیز رود میناب در دهه‌های گذشته تاکنون، بررسی روندها و تغییرات در شاخص‌های حدی بارش، دما و آب‌دهی جریان اهمیت ویژه‌ای دارد. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی روند تغییرات کاربری زمین و متغیرهای هوا-آب‌شناسی در آبخیز مزبور انجام شد.

#### مواد و روش‌ها

در این پژوهش، اطلاعات ایستگاه‌های آب‌سنجی، باران‌سنجی و تبخیرسنجی آبخیز میناب برای تعیین شاخص‌های حدی بر اساس استاندارد ETCCDI شامل بارش، دما و جریان رود بررسی شد. برای تحلیل روند از آزمون غیرسنج‌های (ناپارامتریک) من‌کندال استفاده شد. همچنین تغییرات کاربری زمین با استفاده از تصویرهای ماهواره‌ی لندست سری TM در سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۸۳ و ۱۳۹۹ به‌ترتیب از سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI تعیین شد و صحت تصویرهای به‌دست آمده با آماره‌ی کاپا تأیید شد.

#### نتایج و بحث

نتایج این پژوهش نشان داد، روند تمام شاخص‌های حدی دمایی شامل شب‌های حاره‌ای، روزهای گرم، شب‌های

### نوع مقاله: پژوهشی

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

استناد: عباس‌زاده، م.، بذرافشان، ا. ۱۴۰۳. بررسی تغییرات کاربری زمین و شاخص‌های حدی هوا-آب‌شناسی در آبخیز رود میناب. پژوهش‌های آبخیزداری، ۳۷ (۲): ۹۲-۷۴.

شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/wmrj.2023.362493.1543

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۹، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۰۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰، تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱  
 پژوهش‌های آبخیزداری، سال ۱۴۰۳، دوره‌ی ۳۷، شماره ۲، شماره‌ی پیاپی ۱۴۳، تابستان ۱۴۰۳، صفحه‌های ۷۴ تا ۹۲

© نویسندگان

ناشر: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس



گرم و دامنه‌ی دمای شبانه‌روزی افزایشی بود. در برخی ایستگاه‌ها، روند شاخص‌های حدی بارش، بارش سنگین (۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌متر) روند افزایشی بود، اما روند بارش میانگین سالانه، افزایشی بود. روند تعداد روزهای تر (روزهای بارانی) و روزهای خشک (خشکسالی) به‌ترتیب کاهش و افزایشی بود. بررسی تغییرات وضعیت بارش منطقه نشان داد، شدت بارش در زمان تداوم‌های ۱۵ و ۴۵ دقیقه‌ای افزایش یافت. با توجه به تغییرات رخ داده، تغییر وضعیت بارش در منطقه حتمی است. بررسی تغییرات کاربری زمین در سه دهه‌ی گذشته نشان داد، ۱۱٪ از سطح زمین‌های مرتعی کاهش یافته است و زمین‌های کشاورزی و مسکونی به‌ترتیب ۲۲۰ و ۲۸۰٪ افزایش داشته‌اند.

#### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یافته‌های این پژوهش نشان داد به‌رغم افزایش میانگین سالانه‌ی باران (۱۶ میلی‌متر در سال)، و دیگر شاخص‌های بارش که فاقد روند معنی‌دار بودند، روند شدت بارش ۱۵ و ۴۵ دقیقه‌ای افزایشی و معنی‌دار بود. برخلاف روند بارش که نمی‌توان آن را با اطمینان زیاد اثبات کرد، روند افزایشی همه شاخص‌های دمایی (به‌طور میانگین  $0.19^{\circ}\text{C}$  در سال)، تغییرات اقلیمی در آبخیز میناب را تأیید کرد. از طرف دیگر، روند شاخص‌های جریان کمینه و بیشینه و بیشینه‌ی لحظه‌ای نیز در آبخیز افزایشی بود و می‌تواند یکی از دلایل‌های آن تغییرات وضعیت بارش، احداث سد و تغییرات کاربری از زمین‌های مرتعی و جنگی به کشاورزی و مسکونی باشد. بر پایه‌ی نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌شود، اثر تغییرات آینده‌ی اقلیم بر متغیرهای هوا-آب‌شناسی بررسی و یافته‌های آن در مدیریت منابع طبیعی به‌کار گرفته شود.

#### واژگان کلیدی: آزمون من-کندال، بارش‌های حدی، تغییر اقلیم، شاخص‌های جریان رود

#### مقدمه

و همکاران (۲۰۱۱). به‌نظر می‌رسد تغییرات کاربری زمین، اقلیم و تعادل منابع آبی می‌تواند سبب تغییر وضعیت بارش شود و چالش‌هایی در فعالیت‌های کشاورزی، تولید انرژی و تقاضای ساکنان منطقه برای دسترسی به آب شیرین به‌وجود آورد.

ایران کشوری در حال توسعه است و به‌شکل طبیعی تغییر سنج‌های اقلیمی مانند دما، رطوبت و بارش می‌تواند پیامد رشد شهرنشینی، افزایش جمعیت، تغییرات کاربری زمین، آلودگی‌ها و گرمایش سطحی در شهرها باشد (عزیزی و شمسی پور ۲۰۰۹). همچنین اقلیم ایران می‌تواند متأثر از پدیده‌های جوی و الگوهای تغییر فشار باشد. برپایه‌ی نتایج یک پژوهش، افزایش دما از یک سو و کاهش احتمالی بارش از سوی دیگر باعث به‌وجود آمدن شرایط پیچیده‌ی اقلیمی در ایران به‌ویژه در مناطق گرم و خشک خواهد شد (علیزاده و همکاران ۲۰۱۰).

توالی‌های زمانی آب‌شناختی در بازه‌های زمانی مختلف اغلب تغییرات ناگهانی و یا روندهای گوناگون و گاهی فاقد معناداری نشان می‌دهند که به‌دلیل تغییراتی است که در سیستم‌های آب و هوایی در سال‌ها و یا دهه‌های مختلف رخ می‌دهد. این تغییرات گاهی تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی نیز تشدید می‌شود. به‌دلیل نبودن این قطعیت‌ها بسیاری از پژوهشگران از آزمون‌های سنج‌های غیرسنج‌های در بررسی روندها استفاده کرده‌اند (پیل و مک ماهون ۲۰۰۶). پژوهش‌های پرشماری در ایران مبتنی بر

گرم شدن جهانی در طولانی مدت منجر به تغییراتی در متغیرهای اقلیمی شده است که می‌تواند تأثیر مهمی در شاخص‌های حدی آب‌شناختی، منابع آبی، فعالیت‌های کشاورزی، چرخه‌های بوم‌شناختی و زندگی انسان‌ها داشته باشد. عامل‌های طبیعی و انسانی دلیل‌های اصلی تغییرات پدیده‌های حدی اقلیمی هستند که باعث رخداد پدیده‌های حدی آب‌شناختی می‌شوند (آی‌پی‌سی‌سی ۲۰۱۳). بررسی روند شاخص‌های اقلیمی و آب‌شناختی به‌ویژه شاخص‌هایی که از بارش، دما و جریان به‌دست می‌آیند برای ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیمی و آب‌شناختی در مقیاس آبخیز بسیار ضروری است. در آبخیزها بررسی روندهای هوا-آب‌شناختی به‌منظور ارزیابی اندازه‌ی آب در دسترس، کاهش خطرات و سازگاری با سیل و مدیریت و برنامه‌ریزی برای منابع آبی انجام می‌شود و از بحث‌های بسیار مهم در آب‌شناسی و هواشناسی است (مرسا و همکاران ۲۰۱۰؛ ویلسون و همکاران ۲۰۱۷). اثرات توأم تغییرات کاربری زمین و اقلیم می‌تواند تغییراتی در تعادل میان آب و انرژی به‌وجود آورد. کاهش پوشش گیاهی باعث کاهش تبخیر-تعرق و افزایش تبادل گرمایی میان سطح زمین و اتمسفر می‌شود و در پی آن باعث کاهش رطوبت، تشکیل ابر و کاهش بارش می‌شود (رایت و همکاران ۲۰۱۷). پژوهش‌های بسیاری نشان داده است که تغییر کاربری زمین موجب افزایش رواناب می‌شود. این موضوع در آبخیزهای کوچک چشم‌گیرتر است (هایهو

فرسایش و رسوب بسیار بود. چن و همکاران (۲۰۲۰) اثر تغییرات کاربری بر تغییرات اقلیمی را بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد تغییرات کاربری می‌تواند سبب افزایش دما، کاهش بارش و افزایش حجم سیلاب شود.

در جنوب ایران، در آبخیز رود میناب فعالیت‌های کشاورزی به‌شکل چشم‌گیری انجام می‌شود و این منطقه قطب برخی از محصولات کشاورزی و صیفی‌جات است. همچنین، سد استقلال در خروجی آبخیز است و آب لازم برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت در شهرستان بندرعباس و قسمت‌هایی از شهرستان میناب را تأمین می‌کند. پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد وسعت زمین‌های کشاورزی و مسکونی در این منطقه در حال افزایش است در حالی که وسعت مراتع کاهش یافته است و اقلیم این آبخیز دستخوش تغییراتی شده است (برخورداری و خسروشاهی ۲۰۰۷؛ عظیمی‌سردری و همکاران ۲۰۲۰). از این رو، به‌دلیل تغییرات اقلیم و کاربری زمین‌های آبخیز رود میناب در دهه‌های گذشته تاکنون، بررسی روندها و تغییرات در شاخص‌های حدی بارش، دما و آب‌دهی جریان اهمیت ویژه‌ای دارد. بررسی روند تغییرات در هوا-آب‌شناسی آبخیز برای ارزیابی اثرات توأم فعالیت‌های انسانی و تغییر اقلیم جهانی لازم است. همچنین، بررسی چگونگی تأثیر این تغییرات بر منابع آب شیرین و گسترش زمین‌های کشاورزی در زمان کنونی و آینده اهمیت بسیاری دارد. بنابراین این پژوهش در آبخیز میناب در جنوب ایران با هدف بررسی تغییرات کاربری زمین در سه دهه‌ی گذشته و بررسی تغییرات متغیرهای حدی هوا-آب‌شناسی انجام شد.

### مواد و روش منطقه‌ی مطالعه‌شده

مساحت آبخیز رود میناب ۹۹۲۰ کیلومتر مربع است. این آبخیز منطقه در بالادست سد استقلال در جنوب ایران میان عرض جغرافیایی  $27^{\circ}11'$  تا  $28^{\circ}32'$  شمالی و  $56^{\circ}52'$  تا  $57^{\circ}59'$  شرقی است (شکل ۱). در این منطقه فعالیت‌های کشاورزی رونق خوبی دارد و این منطقه از لحاظ کشت صیفی‌جات حائز اهمیت می‌باشد. در این آبخیز مساحت زمین‌های کشاورزی در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۱ از  $5/4$  به  $12/1$ ٪ افزایش یافته است که این موضوع نشان‌دهنده‌ی افزایش چشم‌گیر فعالیت‌های کشاورزی در منطقه است (بهاری‌میمندی و همکاران ۲۰۲۳). در این آبخیز دامنه‌ی تغییرات بلندی ۲۲ تا ۲۷۰۸ متر است. اقلیم آبخیز رود میناب فراخشک گرم است و میانگین دمای سالانه  $28^{\circ}\text{C}$  می‌باشد. میانگین

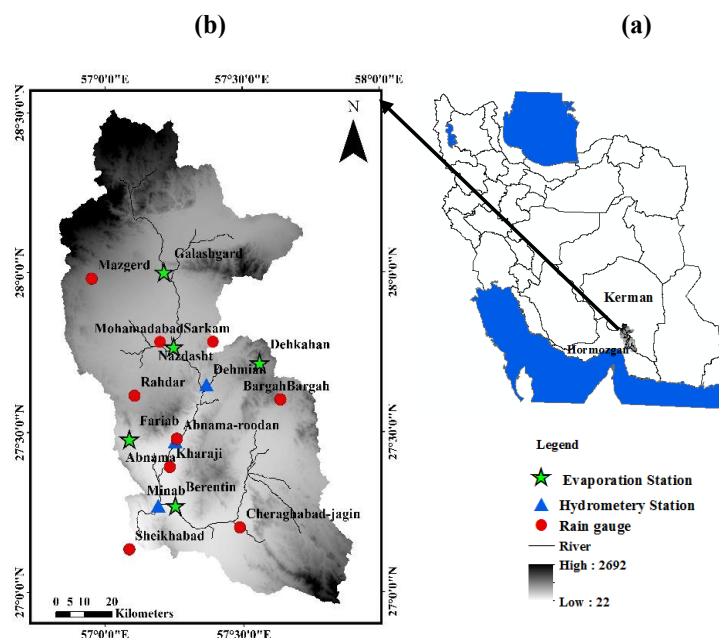
تحلیل روند متغیرهای هوا-آب‌شناسی انجام شده است. نتایج پژوهش مرادی و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی روند متغیرهای هوا-آب‌شناسی در آبخیز خلیج فارس و دریای عمان، نشان داد، در بیش از ۵۰٪ آبخیزها رواناب، بارش و تداوم بارش کاهش یافت و دما و شدت بارش افزایش یافت. جاوری و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از روش تحلیل روند من-کندال دریافتند که مجموع روند دمایی تمام ایستگاه‌های جنوب ایران، افزایشی بود. نتایج پژوهش‌های محمدی و همکاران (۲۰۱۷) و حلبیان و کیخسروی (۲۰۲۰) در بررسی شاخص‌های حدی مرتبط با بارش نشان داد، روند تعداد روزهای خشک متوالی افزایشی بود. مرادی و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند که روند شدت بارش ۱۵ دقیقه‌ای افزایشی بود. ایران‌نژاد و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی ایستگاه‌های نواحی جنوبی و مرکزی ایران گزارش کردند، روند تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در بیشتر این ایستگاه‌ها، افزایشی بود. در ایران ورشلاویان و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند روند اندازه‌های حدی دمای کمینه، بیشینه و میانگین روزانه در تمامی ایستگاه‌های بررسی‌شده افزایشی معنی‌دار بود.

بلواسی و همکاران (۲۰۲۰)، در بررسی نقش تغییرات کاربری زمین بر ویژگی‌های رواناب و سیل‌خیزی نشان دادند، مساحت زمین جنگلی و مرتعی کاهش داشته است و زمین دیم و آبی افزایش یافته‌اند. آنها گزارش کردند که اندازه‌ی شماره‌ی منحنی از ۶۴ به ۷۶ افزایش یافت و آب‌دهی اوج و حجم رواناب به ترتیب ۱۵ و ۱۹٪ افزایش یافت. نتایج پژوهش محمدی و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از مدل SWAT نشان داد، تبدیل  $3/9$ ٪ از زمین جنگل به زمین دیم، سبب افزایش  $85$ ٪ آب‌دهی اوج سیل و  $83/1$ ٪ حجم سیل شد. حسینی و همکاران (۲۰۱۹) و یاری و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش کردند، افزایش شماره‌ی منحنی آبخیز، نشان‌دهنده‌ی کاهش کیفیت مراتع و تغییر کاربری مراتع به زمین‌های کشاورزی و افزایش دوره‌ی بازگشت سیل‌ها است.

در دنیا نیز پژوهش‌های پرشماری روی روند متغیرهای هوا-آب‌شناسی انجام شده است. در آبخیزهای کشورهای نروژ و لهستان مرسا و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از آزمون من‌کندال روند متغیرهای هوا-آب‌شناسی و احتمال سیل‌خیزی را بررسی کردند و مشاهده کردند که روند بارش و جریان افزایشی بود. بای و همکاران (۲۰۱۹) خدمات بوم‌نظام همراه با تغییرات کاربری زمین-اقلیم را بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد، تغییرات اقلیم به تغییرات کاربری زمین بسیار حساس بود، چونکه تأثیر تغییرات کاربری زمین در حفاظت خاک در برابر

رخ می‌دهد. مشخصات ایستگاه‌های بررسی‌شده در جدول ۱ ارائه شده است (عظیمی‌سردری و همکاران ۲۰۱۹).

سالانه‌ی بارش منطقه ۲۰۰ میلی‌متر است و میانگین سالانه‌ی تبخیر-تعرق بالقوه ۲۴۰۰ میلی‌متر است. بیشتر بارش‌های منطقه (۸۰٪) از اوایل آذر تا اواخر اسفندماه



شکل ۱- موقعیت آبخیز بررسی‌شده در ایران (الف) و موقعیت ایستگاه‌های هوا-آب‌شناسی منطقه‌ی بررسی‌شده (ب).  
Figure 1- Map of the study area in the south of Iran (a), Hydro climatic stations of the study area (b).

جدول ۱- خصوصیات ایستگاه‌های بررسی‌شده.

Table 1- Characteristics of the stations in this study.

Variable name	Station Names	Longitude (degrees, minutes, seconds)	Latitude (degrees, minutes, seconds)	Observation Period
Rain gauge/Rain	Abnama-Roodan	57-15-13	27-28-23	1998-2020
	Bargah	57-39-59	27-36-12	1982-2015
	Cheraghabad	57-28-53	27-12-15	1995-2020
	Kharaji	57-14-01	27-23-36	1979-2020
	Sheikhabad	57-06-31	27-37-07	1966-2020
	Mazgerd	57-05-06	27-08-18	2000-2020
	Mohamadabad	56-57-46	27-59-25	1986-2002
Hydrometric/Discharge	Nazdasht	57-11-57	27-45-51	2001-2020
	Abnama	57-15-13	27-28-23	1994-2017
	Dehmian	57-22-00	27-39-00	1982-2018
	Minab	57-11-29	27-16-18	1982-2018
Temperature	Berentin	57-11-29	27-16-18	1962-2020
	Dehkahan	57-33-34	27-43-02	1992-2015
	Sarkam	57-14-53	27-46-06	2002-2020
	Fariab	57-05-15	27-28-47	1967-2020
	Galashgard	57-12-49	28-00-09	1974-2015

## شاخص‌های حدی بررسی شده در پژوهش

پدیده‌های حدی می‌توانند بر اساس شدت یا فراوانی رخداد و یا آستانه‌ای مشخص، انتخاب شوند. استفاده از شاخص‌ها برای بررسی تغییرات روندهای آب‌شناختی و هواشناسی آبخیز مهم است. انتخاب شاخص بستگی به هدف پژوهش و نوع اقدامات مدیریتی آینده دارد. شاخص‌های ETCCDMI<sup>1</sup> برای بررسی روندها و پدیده‌های حدی اقلیمی در مناطق گوناگون استفاده شده است (سرو و همکاران ۲۰۱۶). در این پژوهش بر اساس شرایط اقلیمی منطقه، تعدادی شاخص از میان ۱۷

شاخص حدی دمایی و ۱۳ شاخص حدی بارش انتخاب شدند. همچنین، برای بررسی شدت‌های اقلیمی از شاخص‌های شدت باران در مدت کمتر از یک ساعت (۱۵ دقیقه، ۳۰ دقیقه، ۴۵ دقیقه و ۹۰ دقیقه) استفاده شد. همچنین، برای بررسی دقیق‌تر منابع آبی آبخیز برخی از شاخص‌های آب‌شناختی ارزیابی شد. سپس داده‌های دریافت‌شده از ایستگاه‌های آبخیز، از نظر کیفیت و همگنی بررسی شدند. سرانجام در این پژوهش، ۱۵ شاخص بارش، دما و رواناب تعیین شد. توصیف این شاخص‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- تعریف شاخص‌های حدی هوا-آب‌شناسی استفاده شده در منطقه پژوهش.

Table 2- List of the extreme hydroclimatic indices used in the study area.

Indices	Description	Unit
Extreme Precipitation		
P total	Average annual rainfall	Mm
R10 mm	Annual count of days when PRCP ≥ 10mm	Day
R20mm	Annual count of days when PRCP ≥ 20mm	Day
R30mm	Annual count of days when PRCP ≥ 30mm	Day
CDD	maximum number of consecutive days with PRCP < 1mm	Day
CWD	maximum number of consecutive days with PRCP ≥ 1mm	Day
I15	The intensity of rainfall during 15 minutes	mm /h
I30	The intensity of rainfall during 30 minutes	mm /h
I45	The intensity of rainfall during 45 minutes	mm /h
I90	The intensity of rainfall during 90 minutes	mm /h
Temperature		
TR25	Summer nights: the number of days of the year when the minimum temperature is more than 25 degrees Celsius	Day
TX90P	Hot days: the percentage of days when the maximum temperature is higher than the 90th percentile	Day
TN90P	Hot nights: the percentage of days when the minimum temperature is higher than the 90th percentile	Day
DTR	Diurnal temperature range: the monthly average difference between daily and nightly temperatures	°C
Streamflow		
Qmean	Average annual discharge	m <sup>3</sup> /s
Q10	Minimum flow: the number of days when the flow rate is less than the 10th percentile of the station flow rates	Day
Q90	Maximum flow: the number of days when the discharge value is greater than the 90th percentile of the station discharges	Day
Qpeak	Instantaneous maximum discharge (the highest instantaneous discharge during a year)	m <sup>3</sup> /s

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

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

از طرف دیگر، در این آزمون هر داده با تمامی داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود. در این مرحله می‌توان به جای استفاده از اندازه‌های واقعی داده‌ها، از مرتبه‌ی داده‌ها در مجموعه‌ی توالی زمانی استفاده کرد و مرتبه‌ها را با همین روش مقایسه کرد. در این پژوهش با فرض اینکه داده‌ها مستقل بودند و توزیع یکنواخت داشتند، میانگین و پراکندگی S با استفاده از رابطه‌های ۳ و ۴ به‌دست آمد.

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (4)$$

## آزمون روند من- کندال و پتیت

در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل و تعیین اندازه‌ی روند در شاخص‌های حدی از آزمون غیرسنجه‌ای من‌کندال استفاده شد (من ۱۹۴۵، کندال ۱۹۷۵). این آزمون در تعیین وجود روندهای آماری معنی‌دار در سطح‌های گوناگون کاربردی است (سازمان هواشناسی جهانی ۱۹۸۸). در این پژوهش، برای طبقه‌بندی اندازه‌ی معنی‌داری روندهای مثبت و منفی، سطح‌های اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ به‌عنوان آستانه‌ها در نظر گرفته شد. اندازه‌های p-value بزرگتر از ۰/۰۵ باشد، روند تغییرات معنی‌دار نیست و اگر میان ۰/۰۵ تا ۰/۰۱ باشد، روند تغییرات در سطح اطمینان ۵٪ معنی‌دار است و اگر p-value کمتر از ۰/۰۱ باشد، روند تغییرات در سطح اطمینان ۱٪ معنی‌دار است. در این آزمون، اگر  $X_1, X_2, \dots, X_n$  مشاهده‌های مد نظر باشند، خواهیم داشت:

$$P_{OA} = 2 \exp \left\{ \frac{-6(K^+)^2}{(T^3 + T^2)} \right\}; \quad T \rightarrow \infty \quad (۸)$$

$P_{OA}$ : احتمالی از تشخیص نقطه‌ی تغییر است. اگر ارزش عددی  $P_{OA}$  کمتر از ۰/۰۵ باشد، نشان‌دهنده‌ی تغییر قابل توجه در سری زمانی در سطح معنی‌داری ۵٪ است.

### روش شناسی استخراج کاربری زمین

در این پژوهش از نرم‌افزارهای ArcGIS 10.6 و ENVI 4.8 استفاده شد. از نرم‌افزار ArcGIS 10.6 برای آماده‌سازی اولیه‌ی داده‌ها و از نرم‌افزار ENVI 4.8 برای انجام تصحیح رادیومتریک و جوی، طبقه‌بندی تصویرها و عملیات پیش‌پردازش استفاده شد. تصویرهای لازم برای تعیین طبقه‌های کاربری زمین، از تصویرهای ماهواره‌ای گروه لندست در سه دوره‌ی زمانی ۱۳۶۸، ۱۳۸۳، ۱۳۹۹ به ترتیب از سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI تهیه شد که مربوط به پایگاه رسمی سازمان زمین‌شناسی آمریکا بودند. قبل از استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در تجزیه و تحلیل رقومی، کیفیت آن‌ها از نظر وجود خطای هندسی، پرتوسنجی مانند زیر هم قرار نگرفتن خطوط اسکن، راه‌راه‌شدگی، پیکسل‌های تکراری، خطاهای جوی مانند وجود لکه‌های ابر، بررسی شدند (جوهری و همکاران ۲۰۲۰). با توجه به اهداف پژوهش، کاربری‌های موجود در منطقه شناسایی شد. برای روش طبقه‌بندی از دستورالعمل بیش‌ترین شباهت در محیط نرم‌افزار ENVI 4.8 استفاده شد. در این روش با استفاده از میانگین و ماتریس کوواریانس تحلیل ساده‌تر است (محمدی و همکاران ۲۰۱۰). برای ارزیابی دقت تصویرهای طبقه‌بندی‌شده از ماتریس خطا و ضریب کاپا استفاده شد. برای محاسبه‌ی ماتریس خطا، واقعیت زمینی و یا پایگاه Google Earth با تصویر طبقه‌بندی‌شده مقایسه می‌شود. در این ماتریس، درآیه‌های روی قطر اصلی، نشان‌دهنده‌ی تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی‌شده است و درآیه‌های خارج از قطر اصلی، تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی نشده است. ضریب کاپا یکی دیگر از معیارهای دقت است که از ماتریس خطا محاسبه می‌شود. این ضریب اندازه‌ی دقت طبقه‌بندی را در مقایسه با یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. در این پژوهش، ضریب کاپا (K) معیاری برای ارزیابی توافق میان پیش‌بینی مدل و واقعیت است که با استفاده از رابطه‌ی ۹ محاسبه شد.

n: تعداد داده، m: تعداد گره‌ها و t: تعداد داده‌ها در هر گره است.

گره یعنی اگر از یک اندازه داده، بیش‌تر از یکی موجود باشد، این اندازه‌های مساوی، یک گره را تشکیل می‌دهند و تعداد این اندازه‌های مساوی در گره m برابر t است. در این پژوهش، آماره‌ی این آزمون (Z) توزیع بهنجار داشت و با استفاده از رابطه‌ی ۵ به دست آمد.

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

آزمون من‌کندال، یک آزمون دو طرفه است. از این رو، در شرایطی که  $|z| \leq z_{\alpha/2}$  باشد، در سطح اطمینان  $\alpha$  فرض صفر پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت، فرض صفر رد خواهد شد. در شرایط رد فرض صفر (وجود روند)، اگر  $s > 0$  باشد، توالی زمانی روند مثبت (صعودی) دارد و اگر  $s < 0$  باشد، توالی زمانی روند منفی (نزولی) دارد (سازمان هواشناسی جهانی ۱۹۸۸).

آزمون پتیت (۱۹۷۹) برای بررسی سال جهش یا تغییرات در توالی زمانی استفاده می‌شود. در این آزمون فرض بهنجار بودن توالی زمانی وجود ندارد. این آزمون در تعیین زمان تغییر در توالی‌های زمانی اقلیمی و آب‌شناختی در سراسر جهان به شکل گسترده استفاده شده است و یکی از مهم‌ترین روش‌های آماری در تشخیص یک جهش ناگهانی در توالی زمانی است. اگر دنباله‌هایی از متغیرهای تصادفی هوا-آب‌شناسی  $X_i$  باشد، آنگاه  $(i=1, \dots, T)$  است. زمانی در آزمون پتیت تغییر در نقطه  $\tau$  معنی‌دار خواهد بود که  $X_t$  برای  $(i=1, \dots, \tau)$  تابع توزیع  $F_1(x)$  داشته باشد و برای  $X_t$  برای  $(t=\tau, \tau+1, \dots, T)$  تابع توزیع  $F_2(x)$  داشته باشد و  $F_1(x) \neq F_2(x)$  باشد. این آزمون دو فرض  $H_0: \tau = T$  برای نبودن تغییر و  $H_1: \tau \neq T$  برای وجود روند را مقابل هم قرار می‌دهد و آماره‌ی KT را برای تست دو نمونه  $(X_1, \dots, X_i)$  و  $(X_{i+1}, \dots, X_T)$  از یک جامعه در نظر می‌گیرد:

$$K_T = \text{Max} |U_{t,T}|, \quad 1 \leq t < T \quad (۶)$$

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(X_i - X_j) \quad (۷)$$

احتمال اهمیت تقریبی  $K_T$  با  $P_{OA}$  تعیین می‌شود و در این پژوهش به شکل رابطه‌ی ۸ محاسبه شد.

(۹)

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} - \sum_{i=1}^n (x_i + x + j)}{N^2 - \sum_{i=1}^n (x_i + x + j)}$$

N: تعداد کل پیکسل‌ها در ماتریس خطا،  $X_{ij}$ : مجموع قطر اصلی ماتریس خطا،  $X_i$ : مجموع ردیف  $i$ ؛  $X_j$ : مجموع ستون متناظر  $j$  ماتریس خطا است (کانگلتون ۱۹۹۱).

پس از اجرای مرحله‌های پی در پی روی تصویرهای به‌دست آمده از طبقه‌بندی که ساختار رستری داشتند، این تصویرها به ساختار وکتوری تبدیل شدند. سپس، هر کدام از طبقه‌های کاربری و پوشش زمین تبدیل به چندضلعی‌هایی می‌شوند که در محیط نرم‌افزار Arc Map می‌توان آنها را از لحاظ گرافیکی در پایگاه داده ویرایش کرد.

### نتایج و بحث

#### روند شاخص‌های حدی دمایی

در این پژوهش، در تمام ایستگاه‌های بررسی‌شده، روند شاخص‌های حدی دما مانند تفاوت دمایی شبانه‌روزی (DTR)، تعداد شب‌های گرم (TN90P)، تعداد روزهای گرم (TX90P) و تعداد شب‌های حاره‌ای (TR25) افزایشی بود، اما در ایستگاه‌های جنوبی‌تر (فاریاب و برنطین) افزایش دما شدت بیشتری داشت و از نظر آماری در سطح ۰/۹۹ و ۰/۹۵ معنی‌دار بود. پراکنش مکانی شاخص‌های دمایی در شکل ۲ نشان‌دهنده شده است. همچنین، نتایج چهار شاخص حدی دمایی برای بررسی روند تغییرات دمایی آبخیز مشابه بود. اندازه‌های آماره‌ی من-کندال و آماره‌ی پتیت برای تشخیص زمان تغییر شاخص‌های حدی دما در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج مطالعه‌ی جاوری و همکاران (۲۰۱۶) و مرادی و همکاران

(۲۰۱۸) نیز نشان‌دهنده‌ی افزایش روند شاخص‌های حدی دمایی در استان هرمزگان است. روند شاخص‌های حدی دما در پژوهش‌های پرشماری از جمله در شمال و غرب ایران (نساجی‌زواره و قرمزچشمه ۲۰۲۳)، در سیستان و بلوچستان (علوی‌نیا و زارعی ۲۰۲۰)، در شمال غرب ایران (خورشیددوست و همکاران ۲۰۱۸)، در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران (پاباگی و همکاران ۲۰۲۳)، در جنوب شرق ایران (انصاری و همکاران ۲۰۱۶)، در جنوب غرب ایران (برنا و آیدین ۲۰۱۵) و در بخش‌های مرکزی ایران (شکیبا و پیشداد ۲۰۱۰)، گزارش شده است. از این رو، در اغلب نقاط ایران از جمله منطقه‌ی مطالعه‌شده، افزایش میانگین دما، فراوانی نمایه‌های حدی گرمایش و کاهش نمایه‌های سرمایش، افزایش شب‌های گرم، طولانی شدن دوره‌ی گرم، افزایش تفاوت دمایی شبانه‌روزی، افزایش شب‌های حاره‌ای و شب‌های گرم در طول دوره‌ی آماری رخ داده است. در بسیاری از پژوهش‌های انجام شده در چین (داس و همکاران ۲۰۲۳)، در اروپا (گالاردو و همکاران ۲۰۲۳) و در نیمکره‌ی شمالی (کائو و همکاران ۲۰۲۳) گرم شدن جهانی و تغییر اقلیم و افزایش دمایی حدی نیز گزارش شده است.

بر اساس نتایج این پژوهش، آماره‌ی پتیت در ایستگاه برنطین (نزدیک سد استقلال) معنی‌دار بود و بیشتر نقاط تغییر مربوط به سال ۱۳۶۲ به بعد بود. این آماره در ایستگاه‌های نزدیک سد معنی‌دار بود و با افزایش فاصله، اندازه‌ی آن کاهش یافت. در اکثر ایستگاه‌ها سال تغییر در اندازه‌ی آماره‌ها، ۱۳۶۲ به بعد معرفی شد. طرح‌های سدسازی از مهم‌ترین عامل‌های تغییر اقلیم است که سبب تغییر وضعیت بارش و آب‌شناسی منطقه می‌شود (آراز ۲۰۱۸؛ کوی و همکاران ۲۰۲۰؛ کی و همکاران، ۲۰۲۰ و شمس قهفرخی و مرادیان ۲۰۲۳).

جدول ۳- آماره‌ی من-کندال و آماره‌ی پتیت شاخص‌های حدی دما در منطقه‌ی پژوهش.

Table 3- Mann-Kendall and Petit statistics for temperature extreme indices used in the study area

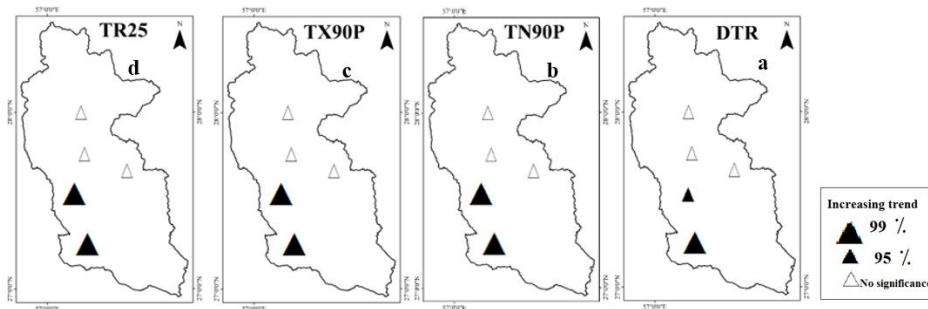
Trend statistics	Station Name	TR25	TX90P	TN90P	DTR
Z Mann-Kendall	Sarkam	0.46	1.64	1.63	1.55
	Fariab	0.78	1.22	1.94	1.45
	Galashgard	1.22	0.96	1.35	1.65
	Dehkahan	3.15**	3.25**	2.78**	2.1*
	Berentin	2.99**	3.01**	2.88**	2.98**
			42/1386	56/1386	55/1383
U-Petit/Brocken point (year)	Fariab	56/1370	48/1369	23/1365	50/1382
	Galashgard	71/1363*	51/1380	51/1365	42/1385
	Dehkahan	75/1378	49/1376	78/136*	56/1381
	Berentin	83/1364**	78/1362*	79/1364*	81/1365*

\* Significant at 95%

\*\* Significant at 99%

\* معنی‌دار در سطح ۰/۹۵

\*\* معنی‌دار در سطح ۰/۹۹



شکل ۲- پراکنش مکانی روند شاخص‌های حدی دمایی؛ a: تفاوت دمای شبانه‌روزی (DTR)؛ b: تعداد شب‌های گرم (TN90P)؛ c: تعداد روزهای گرم (TX90P)؛ d: تعداد شب‌های حاره‌ای (TR25).

Figure 2- Spatial distribution of trends of temperature indices: A) Daily temperature range (DTR) B) Number of warm nights (TN90P) C) number of warm days (TX90P) D) Number of tropical nights (TR25).

### روند شاخص‌های حدی بارش

در این پژوهش، شاخص‌های حدی بارش شامل دو بخش اندازه‌ی بارش و شدت بارش بود. شدت بارش در طول مدت بارش (زمان تداوم بارش) تغییر می‌کند. تغییرات اندازه‌ی بارش در طول یک رخداد در چگونگی شکل‌گیری سیلاب، شدت سیلاب و زمان تداوم آن مؤثر است. شناخت و تعیین تغییرات زمانی بارش در طول مدت رگبار، نمایان‌گر الگوی بارش منطقه یا وضعیت بارش است (قاسمی کرکانی و همکاران ۲۰۲۲). در آبخیز میناب فقط سه ایستگاه شیخ آباد، آب‌نما و رهدار، تغییرات شدت رگبار را ثبت می‌کنند. نتایج تغییرات شدت رگبار در تداوم‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۹۰ دقیقه‌ای در شکل ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج، روند شدت بارش‌های با تداوم ۱۵ و ۴۵ دقیقه در آبخیز افزایشی بود و شدت بارش‌های با تداوم ۳۰ و ۹۰ دقیقه کاهش‌ی بود.

از جمله مهمترین ویژگی‌های بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا، شدت زیاد رگبار در زمان ابتدای بارش یا زمان تداوم پائین است (محمود و همکاران ۲۰۲۰). نتایج پژوهش مرادی و همکاران (۲۰۱۸) نیز تأییدکننده‌ی افزایش شدت بارش و کاهش زمان تداوم بارش در آبخیز میناب و ۵۰٪ از آبخیزهای جنوبی کشور است. همچنین، در پژوهشی حلبیان و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که در ایران روند شدت بارش‌های روزانه افزایشی است اما روند تعداد فراوانی رخداد بارش کاهش‌ی است. آماره‌ی پتیت و من-کندال برآورد شده برای شدت بارش در تداوم‌های گوناگون در جدول ۴ ارائه شده است. در این پژوهش، براساس نتایج پتیت، تغییرات اکثر ایستگاه‌ها از سال ۱۳۶۲ به بعد ناگهانی بود، اما این تغییرات در ایستگاه‌های بالادست مانند برنطین میناب و رودان از نظر آماری معنی‌دار بود.

جدول ۴- آماره‌ی من-کندال و پتیت شدت بارش در منطقه‌ی پژوهش.

Table 3- Mann-Kendall and Petit statistics for rainfall intensity used in the study area.

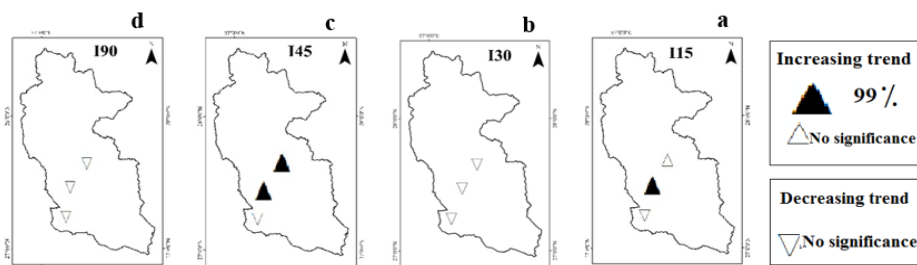
Trend statistics	Station Name	115	130	145	190
	Estiglal Dam	-0.52	-1.22	-0.23	-0.23
	Berentin Roodan	2.01*	-1.65	2.25*	-1.02
Z Mann-Kendall	Berentin Minab	1.22	-0.98	2.36*	-0.78
	Estiglal Dam	45/1366	42/1363	21/1380	12/1368
U-Petit/Brocken point (yaer)	Berentin Roodan	62/1362*	45/1366	65/1362*	15/1383
	Berentin Minab	58/1362	27/1366	72/1362*	45/1363

\* Significant at 95%

\*\* Significant at 99%

\*معنی دار در سطح ۹۵٪

\*\*معنی دار در سطح ۹۹٪



شکل ۳- پراکنش مکانی روندهای شدت بارش (a) شدت ۱۵ دقیقه (115)، (b) شدت ۳۰ دقیقه (130)، (c) شدت ۴۵ دقیقه (145)، (d) شدت ۹۰ دقیقه (190).

Figure 3- Spatial distribution of trends of the rainfall intensity for different durations: a) rainfall intensity for 15 minutes b) rainfall intensity for 30 minutes c) rainfall intensity for 45 minutes d) rainfall intensity for 90 minutes.



(۲۰۱۷)، حلبیان و همکاران (۲۰۲۰)، علوی‌نیا و همکاران (۲۰۲۰) و پاباگی و همکاران (۲۰۲۲) هم‌راستا است. از این رو، می‌توان گفت، تعداد روزهای بارانی در میناب رو به کاهش و تعداد روزه‌های خشک رو به افزایش است.

آماره‌ی پتیت برای شناسایی نقطه‌ی تغییر و آماره‌ی تحلیل روند من-کندال در جدول ۵ ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ۵، نقطه‌ی تغییر در ایستگاه‌های پائین دست (محمدآباد و شیخ‌آباد) جهش معنی‌دار داشت که اکثراً این جهش از سال ۱۳۶۳ به بعد رخ داده است. بر اساس نتایج بهاری و همکاران (۲۰۲۳) در دشت میناب بعد از احداث سد، به دلیل افزایش زمین کشاورزی (۲۲۰٪) و زمین‌شهری (۲۸۰٪)، اندازه‌ی تبخیر- تعرق و دما افزایش یافت و زمین مرتعی کاهش قابل توجهی داشت. در این راستا، نتایج پژوهش‌های حسین (۲۰۱۰)، اولیویرا و همکاران (۲۰۲۱)، داکلین و همکاران (۲۰۲۳)، وانگ و لال (۲۰۲۳)، نیز نشان داد که بعد از احداث سدها، متغیرهای بارش‌های حدی افزایش قابل توجهی داشتند. اما، روند زمین کشاورزی و زمین شهری به شکل چشم‌گیری افزایشی بود و مساحت زمین کشاورزی از ۵۵۸/۰۳۴ به ۱۲۴۲/۳۷۴ کیلومتر مربع (۲۲۰٪) و مساحت زمین شهری از ۱۷/۰۷۳ به ۴۹/۱۰۸ کیلومتر مربع (۲۸۰٪) افزایش یافته است.

بارش از نظر سه شاخص بارش سنگین، روزه‌های تر و خشک و بارش سالانه بررسی شد. در همه‌ی ایستگاه‌ها روند شاخص بارش سالانه (Ptotal) افزایشی (بی‌معنی از نظر آماری) بود و فقط در ایستگاه مازگرد این روند معنی‌دار بود (شکل ۴ f). روند شاخص‌های بارش‌های سنگین در ایستگاه‌های گوناگون مشابه و معنی‌دار نبود و نمی‌توان از روند این شاخص‌ها یک نتیجه کلی گرفت (شکل ۴ a، b، c). برخلاف شاخص‌های مربوط به بارش‌های سنگین، روند شاخص مربوط به روزه‌های خشک متوالی (CDD) در همه ایستگاه‌ها افزایشی بود (شکل ۴ d) و روند شاخص مربوط به روزه‌های مرطوب متوالی (CWD) کاهش‌ی بود (شکل ۴ e) و در اکثر این ایستگاه‌ها روندها از نظر آماری معنی‌دار نبودند. شاید یکی از مهم‌ترین دلیل‌های بی‌معنی بودن آماری روند در این ایستگاه‌ها کوتاه بودن طول دوره‌ی آمار باشد. از آنجایی که، در مناطق خشک و نیمه‌خشک ضریب تغییرات بارش زیاد است (گوپتا و همکاران ۲۰۱۷) باید طول دوره‌ی آماری حداقل ۵۰ سال باشد، تا بتوان تغییرات بارش را به‌درستی نشان داد.

نتایج این پژوهش در ارتباط با روند کاهش‌ی روزه‌های مرطوب متوالی (CWD) و روند افزایشی روزه‌های خشک متوالی (CDD) با یافته‌های پرشماری از پژوهشگران در جنوب ایران مانند محمدی و همکاران

جدول ۵- آماره‌ی من-کندال و پتیت شاخص‌های حدی بارش در منطقه مطالعه‌شده.

Table 5- Mann-Kendall and Petit statistics for precipitation extreme indices used in the study area.

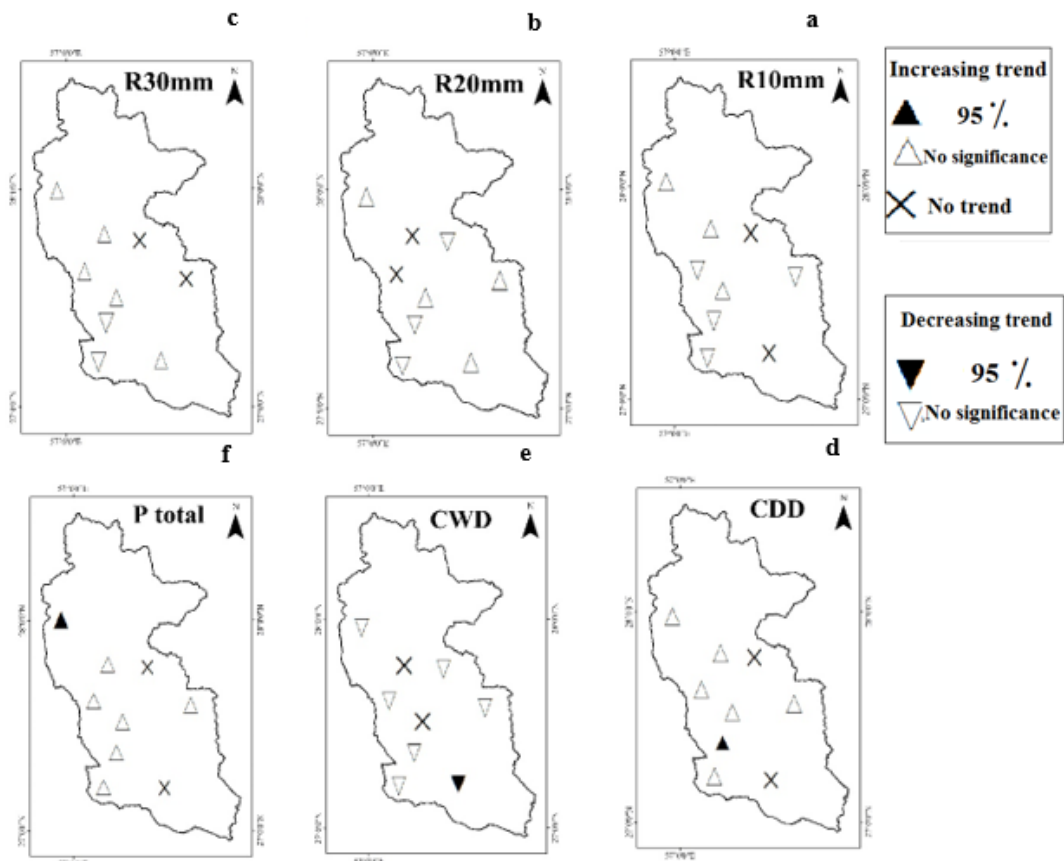
Trend statistics	Station Name	P total	R10 mm	R20mm	R30mm	CDD	CWD
Z Mann-Kendall	Abnama-Roodan	0.99	-0.46	-1.1	0.99	0.15	0.52
	Bargah	0.56	0.25	-1.12	-0.5	0.2	-1.19
	Cheraghabad	-0.23	-1.35	0.2	-0.75	0.98	0.17
	Kharaji	1.1	0.33	-0.86	1.19	1.73	-1.87
	Sheikhabad	1.25	-1.1	-0.65	0.2	1.62	-1.05
	Mazgerd	1.99*	1.33	1.44	0.15	1.44	-1.99*
U-Petit/Brocken point (yaer)	Mohamadabad	1.1	1.62	1.23	1.44	1.99*	-1.12
	Abnama-Roodan	44/1381	32/1381	41/1381	23/1384	12/1384	41/1380
	Bargah	25/1364	28/1363	25/1363	19/1380	32/1365	21/1365
	Cheraghabad	32/1376	54/1377	23/1380	44/1376	33/1380	36/1383
	Kharaji	22/1363	12/1380	17/1383	36/1363	25/1363	22/1363
	Sheikhabad	52/1362	19/1382	79/1362*	63/1363*	56/1363	54/1363
Mazgerd	12/1380	25/1380	36/1383	19/1383	15/1383	42/1388	
Mohamadabad	65/1363*	81/1363*	64/1363	52/1363	13/1381	25/1366	

\* Significant at 95%

\*\* Significant at 99%,

\* معنی‌دار در سطح ۹۵٪

\*\* معنی‌دار در سطح ۹۹٪



شکل ۴- پراکنش مکانی روندهای شاخص‌های بارش در آبخیز رودمیناب: a: تعداد روزهای با بارش مساوی یا بیشتر از ۱۰ میلی‌متر (R10 mm); b: تعداد روزهای با بارش مساوی یا بیشتر از ۲۰ میلی‌متر (R20 mm); c: تعداد روزهای با بارش مساوی یا بیشتر از ۳۰ میلی‌متر (R30 mm); d: تعداد روزهای تر متوالی (CDD); e: تعداد روزهای خشک متوالی (CWD); f: مجموع کل بارش سالانه (P total).

Figure 4- Spatial distribution of trends of the rainfall indices: a) Days with rainfall greater than 10 mm; b) Days with rainfall greater than 20 mm; c) Days with rainfall greater than 30 mm; d) Consecutive wet days; e) Consecutive Dry Days; f) Average annual rainfall.

اساس این یافته احتمال بروز خشک‌سالی‌های آب‌شناختی و رخداد‌های سیلابی در منطقه افزایش خواهد یافت. در دیگر رودهای ایران نیز گزارش‌های مبتنی بر کاهش جریان وجود دارد. نادری و همکاران (۲۰۲۲) در خانه بنکوه حبله‌رود گزارش کردند، هم روند فراوانی و هم روند طول دوره‌ی تغییرات جریان کمینه کاهشی بود، اما روند فراوانی و هم روند طول دوری تغییرات جریان بیشینه افزایشی بود. آنها نتیجه گرفتند که به این دلیل، روند فراوانی و بزرگی رخداد‌های حدی زیاد مثل سیل‌های متوسط و بزرگ کاهشی بود. همچنین، رضایی و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی ۲۴ متغیر آب‌شناختی رود جاجرود گزارش کردند که میانگین، بیشینه و کمینه‌ی جریان در همه‌ی ماه‌های سال به ترتیب، ۹۴۵۷ و ۲۱٪ کاهش یافت. در میان همه‌ی متغیرها جریان پایه و میانگین بیشترین تغییر و جریان بیشینه، کمترین تغییر را نشان دادند. آماره‌ی پتیت در بررسی نقطه‌ی تغییر متغیرهای

#### روند شاخص‌های حدی آب‌شناختی

روند تغییرات شاخص‌های جریان در شکل ۵ و جدول ۶ نشان‌داده شده است. روند جریان کمینه یا Q10 فقط در ایستگاه دهمیان کاهشی بود و در دیگر ایستگاه‌های آب‌سنجی فاقد روند بود. در تمام ایستگاه‌ها روند جریان بیشینه یا Q90 افزایشی بود، اما فقط در ایستگاه دهمیان این روند در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار بود. می‌توان گفت جریان پایه در رود میناب رو به کاهش و جریان‌های سیلابی رو به افزایش است. در تمام ایستگاه‌ها نتایج بررسی روند میانگین سالانه‌ی آب‌دهی (Qmean) کاهشی و معنی‌داری بود و روند بیشترین آب‌دهی لحظه‌ای افزایشی بود. نتایج مرادی و همکاران (۲۰۱۵) در آبخیزهای رتبه‌بندی سه وزارت نیرو در خلیج فارس و دریای عمان بیان‌گر کاهش میانگین سالانه‌ی آب‌دهی در بیش از ۶۰٪ آنها بود. همچنین، نتایج این پژوهشگران نشان داد که روند آب‌دهی اوج لحظه‌ای افزایشی بود که بر

بزرگی که در پشت سد‌های آبخیز به وجود می‌آیند، سطح تبخیر بزرگی ایجاد می‌کنند که می‌توانند تغییرات مشخصی را در خرداقلیم منطقه پیرامون دریاچه‌ی سد به وجود آورند که سبب ایجاد اقلیمی با رطوبت بیشتر شود. از طرف دیگر، حجم آب اضافه‌شده به جو در شرایط تأمین دیگر عامل‌های لازم می‌تواند بر توزیع زمانی و مکانی بارش، وضعیت بارش، و در نتیجه شاخص‌های حدی هوا آب‌شناسی نیز تأثیرگذار باشد.

آب‌شناختی در جدول ۶ ارائه شده است. بر اساس نتایج این جدول، آب‌دهی اوج، میانگین آب‌دهی و آب‌دهی کمینه نقطه‌ی تغییرات معنی‌داری داشتند که در سال‌های ۱۳۶۲ و ۱۳۶۳ رخ داده بود. دلیل مهم تغییرات وضعیت آب‌شناختی (آب و رسوب) در منطقه احداث سد است که به‌وسیله‌ی پژوهشگران پرشماری مانند هو و همکاران (۲۰۰۸)، هوانگ و همکاران (۲۰۱۸)، قوش و مانوز-آریولا (۲۰۲۳)، کومار و همکاران (۲۰۲۳) اثبات شده است. براساس نتایج این پژوهشگران، دریاچه‌های

جدول ۶- آماره‌ی من-کندال و پتیت شاخص‌های حدی جریان رود در منطقه‌ی مطالعه‌شده.

Table 5- Mann-Kendall and Petit statistics for streamflow indices used in the study area.

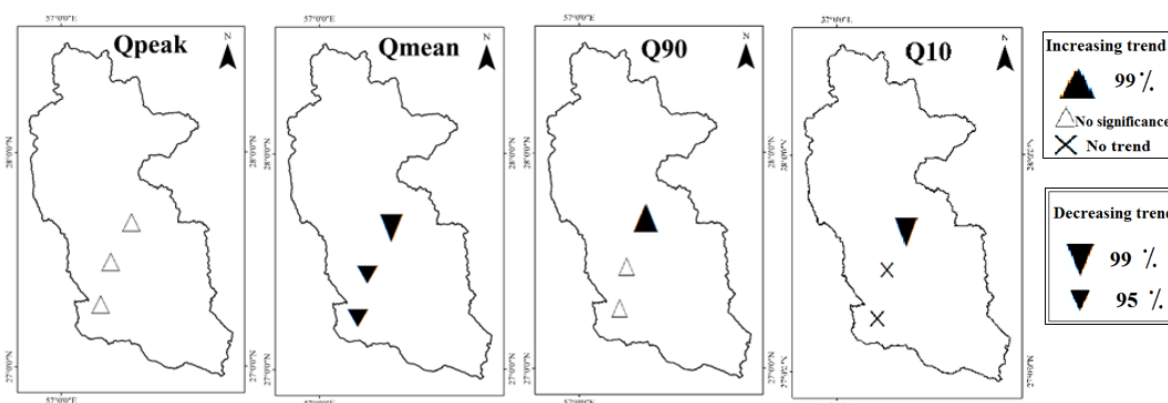
Trend statistics	Station Name	Q <sub>Peak</sub>	Q <sub>mean</sub>	Q <sub>90</sub>	Q <sub>10</sub>
Z Mann- Kendall	Abnama	1.23	-1.23	2.03*	-2.46*
	Dehmian	1.66	-1.44	1.91	0.2
	Minab	1.49	-1.69	1.46	0.1
U- Petit/Brocken point (year)	Abnama	65/1381	52/1383	43/1383	25/1381
	Dehmian	66/1364	46/1362	24/1366	39/1364
	Minab	71/1362*	83/1363*	69/1363	76/1362*

\* Significant at 95%

\*\* Significant at 99%

\* معنی دار در سطح ۹۵٪

\*\* معنی دار در سطح ۹۹٪



شکل ۵- پراکنش مکانی روند شاخص‌های آب‌شناختی.

Figure 5- Spatial distribution of trends of the hydrological indices.

(۱۱٪) و مساحت آن از ۱۷۰/۳۶۴ به ۵۴۵۳/۳۷۵ کیلومتر مربع کاهش یافت. اما، روند زمین کشاورزی و زمین شهری به شکل چشم‌گیری افزایشی و مساحت زمین کشاورزی از ۵۵۸/۰۳۴ به ۱۲۴۲/۳۷۴ کیلومتر مربع (۲۲۰٪) و مساحت زمین شهری از ۱۷/۰۷۳ به ۴۹/۱۰۸ کیلومتر مربع (۲۸۰٪) افزایش یافت. پژوهش‌های پرشماری در ایران نشان داده است که سرعت تغییرات کاربری زمین در سه دهه‌ی گذشته بسیار زیاد و سبب تشدید پدیده‌ی تغییر اقلیم، تغییر وضعیت هوا-آب‌شناسی و افزایش پیاپی سیل در آبخیز شده است. محمدی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند در آبخیز جعفرآباد گرگان، حجم سیل ۸۴٪ افزایش یافت که این افزایش ناشی از تغییر زمین جنگلی به دیم

نتایج تغییرات کاربری زمین در سه دوره نقشه‌های کاربری زمین با استفاده از تصویرهای ماهواره‌ی لندست در سه دوره‌ی زمانی ۱۳۶۸، ۱۳۸۳، ۱۳۹۹ تهیه شد (شکل ۶). در این پژوهش، ابتدا نقشه‌های تهیه‌شده به‌وسیله‌ی ضریب کاپا، ارزیابی شدند. سپس، با مقایسه‌ی متناظر نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده با نقشه‌ی واقعیت زمینی تهیه‌شده از تصویرهای ماهواره‌ای در نرم‌افزار Google Earth، صحت آنها ارزیابی شد. نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده در جدول ۷ نشان داده شده است. در منطقه‌ی آبخیز میناب مساحت کاربری‌های گوناگون، برآورد شد (شکل ۷). نتایج این برآورد بیانگر آن بود که در سه دوره‌ی زمانی بررسی‌شده، روند زمین مرتعی کاهشی

رطوبت کاهش و در نتیجه پوشش گیاهی کاهش می‌یابد. در شرایط ترسالی یا زیاد بودن رطوبت خاک، به دلیل نقش خنک‌کنندگی تبخیر، دما کاهش می‌یابد و پوشش گیاهی مطلوب است. در نتیجه وابستگی مشخصی میان مؤلفه‌های گوناگون است اما نقش دما بر پوشش گیاهی پررنگ‌تر است. از این رو، نابودی زمین به هر شکل سبب افزایش دما، کاهش تبخیر-تعرق واقعی، افزایش تبخیر-تعرق بالقوه و کاهش بارش خواهد شد (زینالی و همکاران، ۲۰۲۲؛ تیروپاتها و شاشیده‌هار ۲۰۲۰).

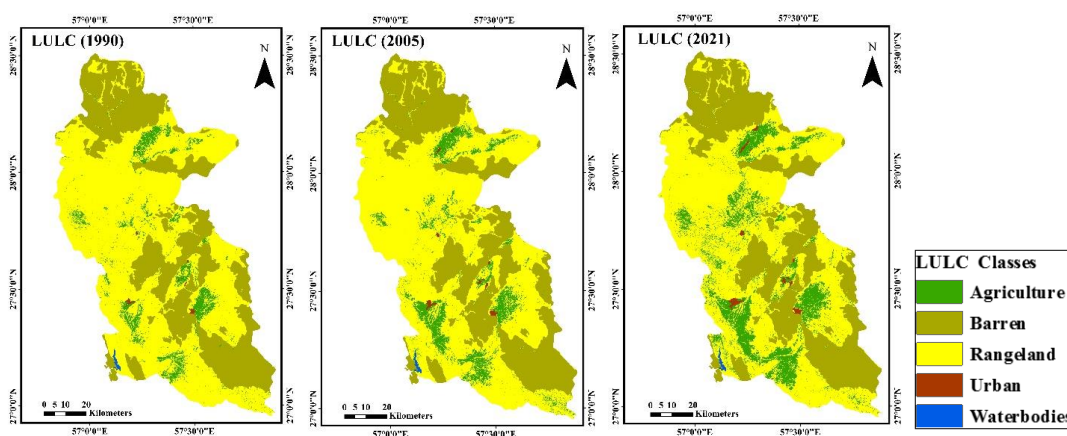
بود. همچنین بلوآسی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند اوج و حجم سیلاب در آبخیز دواب ۲۰٪ افزایش یافت و این افزایش ناشی از نابودی جنگل و افزایش شماره‌ی منحنی بود.

تغییرات کاربری زمین به‌ویژه افزایش زمین کشاورزی و مسکونی و از طرف دیگر، نابودی مراتع، می‌توانند پدیده‌ی افزایش دما در منطقه را تشدید کنند. مؤلفه‌های اقلیمی از یکدیگر و رطوبت خاک و پوشش گیاهی نیز از این مؤلفه‌ها تأثیرپذیر هستند. زمانی که دما افزایش یابد،

جدول ۷- دقت طبقه‌بندی تصویرهای ماهواره در سه دوره‌ی زمانی.

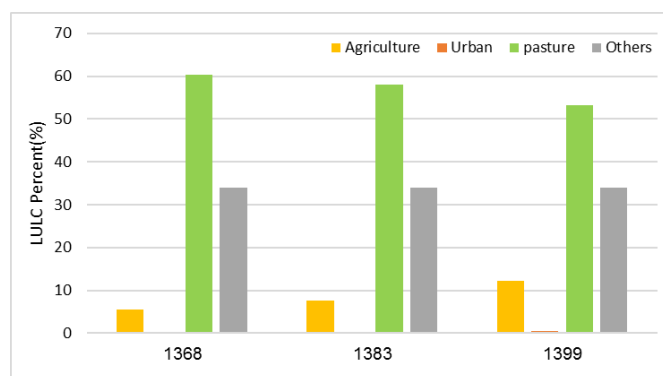
Table 7- The accuracy of satellite image classification in three time periods.

Year	1990	2005	2021
Kappa coefficient	86	74	89
The overall accuracy percentage	78	90	75



شکل ۶- نقشه‌های کاربری زمین در آبخیز رود میناب در سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۸۳ و ۱۳۹۹.

Figure 6- The land use/land cover maps of Minab river basin, in 1990, 2005 and 2021.



شکل ۷- تغییرات کاربری زمین در آبخیز رود میناب از سال ۹۹-۱۳۶۸.

Figure 7- Land use changes in Minab river basin from 1990 – 2021.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش، روند متغیرهای اقلیمی و جریان در آبخیز رود میناب، با استفاده از شاخص‌های ETCCDIM بررسی و تعیین شد (جدول ۲). آزمون تعیین روند من‌کندال در سطح‌های مختلف آماری انجام شد و نتایج آن برای تجزیه و تحلیل نقشه‌های کاربری زمین استفاده شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد به‌رغم افزایش میانگین سالانه‌ی باران، روند تعداد روزهای مرطوب کاهش‌ی بود و روند تعداد روزهای خشک افزایشی بود. همچنین، روند شدت باران در اوایل و اواسط بارش افزایشی بود. در برخی ایستگاه‌ها در طول دوره‌ی آماری، افزایش میانگین سالانه‌ی بارش و به‌دنبال آن افزایش روند بارش‌های سنگین (شدت زیاد و زمان تداوم کم) مشاهده شد. برخلاف روند بارش که با سطح اطمینان زیاد قابل اثبات نبود، ولی روند همه شاخص‌های دمایی افزایشی بود و تغییرات اقلیمی در آبخیز میناب تأیید شد. از طرف دیگر، روند شاخص‌های جریان کمینه و بیشینه و حداکثر لحظه‌ای در آبخیز افزایشی بود که یکی از دلایل مهم آن تغییرات وضعیت بارش و تغییرات کاربری زمین از مرتع و جنگل به کشاورزی و مسکونی بود.

نقطه‌ی تغییر اکثر شاخص‌های بررسی‌شده از سال احداث سد به بعد مشاهده شد. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد، یکی دیگر از دلایل‌های مهم تغییر اقلیم رخ داده، احداث سد است که با ایجاد یک ریزاقلیم و تغییر حجم تبخیر-تعرق و رطوبت جو، سبب تغییر وضعیت هوا-آب‌شناسی منطقه شد. شاید بتوان یکی از مهم‌ترین دلایل‌های تغییرات کاربری زمین از مرتع به گسترش زمین فاریاب و زمین مسکونی، وجود آب ذخیره‌شده در پشت سد دانست که دسترسی آسان به آب (۲۰٪) را در اقلیم فراخشک آبخیز میناب، میسر کرده است.

هرچند که دوره‌ی آماری کوتاه برای تجزیه و تحلیل

رخدادهای حدی گاهی با مشکلاتی روبه‌رو است، اما در این پژوهش، تلاش شد به‌منظور مدیریت بهتر منابع آبی، روند شاخص‌های هوا-آب‌شناسی گوناگونی در آبخیز رود میناب تجزیه و تحلیل شود. در آبخیز میناب دلیل مهم تغییرات وضعیت بارش، به‌دلیل افزایش شدت بارش در تداوم‌های ۱۵ و ۴۵ دقیقه‌ای بود. یعنی شدت بارش در ابتدا و اواسط بارش زیاد بود. یکی از چالش‌های سیل‌خیزی در یک منطقه، زیاد بودن شدت بارش در ابتدا و اواسط بارش است. چونکه، زیاد بودن شدت در اوایل بارش سبب اشباع خاک در دقایق اول می‌شود، و با افزایش شدت در اواسط بارش، به‌دلیل اشباع خاک تقریباً تمام ریزش‌ها به رواناب و سیل تبدیل می‌شود. این پدیده سبب ایجاد آب‌نگار سیل بایومودال یا دوکوهانه می‌شود. در این پژوهش نیز، آب‌نگار سیل دی‌ماه ۱۴۰۱ میناب دوکوهانه بود. سرانجام، بر اساس نتایج بررسی تغییرات روند متغیرهای هوا-آب‌شناسی و کاربری زمین می‌توان گفت، در منطقه‌ی پژوهش در سه‌دهه‌ی گذشته تغییر اقلیم رخ داده است. همچنین، تغییرات کاربری زمین و احداث سد را می‌توان از مهم‌ترین عامل‌های ایجادکننده و یا تشدیدکننده‌ی آن دانست و این یافته هشدار برای متولیان در زمینه‌ی تغییر اقلیم، مدیریت منابع آب و کشاورزی و مدیران احیا و حفاظت منابع طبیعی در منطقه‌ی بررسی‌شده است.

## سپاس‌گذاری

این پژوهش برگرفته از طرح دانشجویی با شماره‌ی قرارداد ۳۲۹۵۶/۲۸/۱۹۰/۱۴۰۰ با شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان هرمزگان است. به این وسیله از حمایت‌های بی‌دریغ مدیر عامل و کارشناسان آن شرکت جناب آقای مهندس محمدرضا ایدون، سرکار خانم دکتر مریم زراع و دیگر کارشناسان در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

## فهرست منابع

- Alavinia S, Zarei M. 2022. Climate change trends analysis using by extreme indices of long-term rainfall and temperature in South East of Iran. *Journal of Rgional Planning*, 11(44), 119-134. (In Persian).
- Alizadeh A, Sayari N, Hesami Kermani M, Banayan Aval M, Hoseini A. 2010. Investigating the potential effects of climate change on agricultural water sources and uses (Case study: Kashf Roud River Catchment) *Journal of Water and Soil*, 24(4), 835-815. (In Persian).
- Ansari M, Noori GH, Fotoohi 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), 158-152. (In Persian).
- Aras E. (2018). Effects of multiple dam projects on river ecology and climate change: Çoruh River Basin, Turkey.-*Advances in Environmental Research*,7(2):121-138.
- Azimi Sardari M, Bazrafshan O, Panagopolus T, Rafiee Sardoe E. 2020. Land use change modeling using artificial neural network and markov chain (Case study: Minab Esteqlal Dam Basin). *Journal of Natural Environment*, 73(1), 103-114. (In Persian).
- Azizi GH, Shamsipour A, Yarahmadi D. 2009. Detection climate change using multivariable statistical analysis in west of Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 66(40), 19-36. (In Persian).
- Bai J, Cui Q, Zhang W, Meng L. 2019. An Approach for downscaling SMAP soil moisture by combining sentinel-1 SAR and MODIS data. *Remote Sensing*,11(23)1–20.
- Bahari Meimandi J, Bazrafshan O, Esmaelpour Y, Shekari M, Zamani H. 2023. Study the effect of natural and anthropogenic factors on the ground water falling in The Minab Plain.*Desert Management*,11(1):1-18.
- Barkhordary J, Khosroshahi M. 2008. Investigation of effects of land cover and climate change on river flow (Case study: Minab Basin). *Pajouhesh and Sazandegi*, 77(2), 191-199. (In Persian).
- Belvasi I, Saraskanrod S, Esfandiari Dorabad F, Zeinali B. 2020. The role of land use changes on run-off and flood properties in the Doab Catchment. *Iranian Journal of Eco Hydrology*, 7(2), 331-344. (In Persian).
- BornaR, Jahan A. 2015. Trend analysis of extreme climate changes index's in precipitation and temperature in Bushehr Province. *Natural Geography Journal*, 8(28), 43-64. (In Persian).
- Cao C, Guan X, Sun W, Guo S, Chen B. 2023. Changes of extreme high temperature by global warming in the northern hemisphere. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 62(1):21-29.
- Chen Q, Chen H Zhang J, Hou Y, Shen M, Chen J, Xu C. 2020. Impacts of climate change and LULC change on runoff in the Jinsha River Basin. *Journal of Geographical Sciences*, 30(1):85-102.
- Congalton RG. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37:35-46.
- Cui T, Tian F, Yang T, Wen J, Khan MYA. 2020. Development of a comprehensive framework for assessing the impacts of climate change and dam construction on flow regimes.*Journal of Hydrology*,590(12):53-68
- Dalcin AP, Brêda JPLF, Marques GF, Tilmant A, de Paiva RCD, Kubota PY. 2023. The role of reservoir reoperation to mitigate climate change impacts on hydropower and environmental water demands.*Journal of Water Resources Planning and Management*,149(4): 1495–1516.

- Das P, Zhang Z, Ghosh S, Lu J, Ayugi B, Ojara MA, Guo X. 2023. Historical and projected changes in extreme high temperature events over East Africa and associated with meteorological conditions using CMIP6 models. *Global and Planetary Change*, 222(3):105-121.
- Gallardo V, Sánchez-Gómez E, Riber E, Boé J, Terray L. 2023. Evolution of high-temperature extremes over the main Euro-Mediterranean airports. *Climate Dynamics*. 3(4):1717-1744.
- Ghasemi Karakani E, Fattahi E, Salehi Pak L, Ghaemi H. 2023. Simulation of rainfall temporal distribution pattern using WRF Model (Case study of Parsian Dam Basin). *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 23(69):259-275. (In Persian).
- Ghosh K, Muñoz-Arriola F. 2023. Hysteresis and streamflow-sediment relations across the pre-to-post dam construction continuum in a highly regulated transboundary Himalayan River Basin. *Journal of Hydrology*, 624(12):85-98.
- Gupta A, Kamble T, Machiwal D. 2017. Comparison of ordinary and Bayesian kriging techniques in depicting rainfall variability in arid and semi-arid regions of north-west India. *Environmental Earth Sciences*, 76(2):1-16.
- Halabian A, Keikhosravi Kiany M. 2020. Evaluation of variations in extreme precipitation indices in Iran. *Spatial Planning*, 10(4),24-45. (In Persian).
- Hayhoe SJ, Neill C, Porder S et al. 2011. Conversion to soy on the Amazonian agricultural frontier increases streamflow without affecting stormflow dynamics. *Glob Change Biol*, 17(2):1821-1833. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02392.x>
- Hoseini Y, Ramezani Moghaddam J, Abdolalizadeh Z. 2020. Evaluating the impact of land use changes on flooding and flood runoff in Amuqin Drainage Basin. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 8(22), 145-163. (In Persian).
- Hossain F. 2010. Empirical relationship between large dams and the alteration in extreme precipitation. *Natural Hazards Review*, 11(3):97-101.
- Huang XR, Gao LY, Yang PP, Xi YY. 2018. Cumulative impact of dam constructions on streamflow and sediment regime in lower reaches of the Jinsha River, China. *Journal of Mountain Science*, 15(12):2752-2765.
- Hu WW, Wang GX, Deng W, Li SN. 2008. An influence of dams on ecohydrological conditions in the Huaihe River Basin, China. *Ecological Engineering*, 33(3-4):233-241.
- IPCC. 2013: *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker Qin T.F. D, Plattner G-K, Tignor M, Allen S.K, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V and Midgley P.M (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 942-987.
- Irannejad P, Katiraei Boroujerdi P, Hajjam S. 2010. Spatial distribution of the annual precipitation trend in Iran in the period 1960-2001. *Journal of the Earth and Space Physics*, 33(1), 67-83. (In Persian).
- Javaheri S, Torahi A, Tavakoli sabour S. 2020. Ability to prepare methods land use maps using satellite images (Case study: Kamyaran City). *Journal of GIS and RS Application in Planning*, 10(4), 90-106. (In Persian).
- Kendall MG. 1975. *Rank Correlation Methods*. Griffin. 4th Edition. London, pp. 110-142.
- Khorshiddoust A, Rasouli A, Zangeneh S. 2018. Modeling of trends of temperature and precipitation extreme indices in Urmia Lake Basin. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 7(16), 175-194. (In Persian).
- Kumar A, Tripathi VK, Kumar P, Rakshit A.

2023. Assessment of hydrologic impact on flow regime due to dam inception using IHA framework. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(13):37821-37844.
- Mann HB. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13(1): 245-249. <https://doi.org/10.2307/1907187>
- Meresa HK, Romanowicz RJ, Napiorkowski JJ. 2017. Understanding changes and trends in projected hydroclimatic indices in selected Norwegian and Polish catchments. *Acta Geophys.* 65(2):829-848. <https://doi.org/10.1007/s11600-017-0062-5>
- Mahmoud MT, Mohammed SA, Hamouda MA, Mohamed MM. 2020. Impact of topography and rainfall intensity on the accuracy of imerg precipitation estimates in an arid region. *Remote Sensing*, 13(1):13-29.
- Mohammadi H, Azizi GH, Khoshahklagh F, Ranjbar F. 2017. Analysis of Daily Precipitation Extreme Indices Trend in Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 49(1), 21-37. (In Persian).
- Mohammadi A, Musivand A, Shayan S. 2010. Prediction of land use and land cover changes using satellite images and Markov Chain model. *Human Sciences MODARES*, 14(3):117-130. (In Persian).
- Mohammadi M. 2016. Modeling the effects of land use changes on flood hydrograph (A case study: Ja'farabad Basin, Golestan Province). *Water and Soil Conservation*, 22(5), 171-185. (In Persian).
- Moradi M, Bazrafshan O, Bahreman A, Esmaelpour Y. 2018. Assessment of the relations between the trends of climatic factors and river flow in southern Coastal Basins, Iran. *Basin Management Research Journal*, 31(2):79-92.
- Naderi M, Vahedberdi SH, Bahrehmand A, Bayram Komaki CH. 2023. Analysis of river flow regime changes using the indicators of hydrologic alteration (Case study: Hableroud basin). *Water and soil management and modeling*, 3(3), 1-19. (In Persian).
- Nassaji Zavareh M, Ghermezcheshmeh B. 2023. Assessment of spatial and temporal variability of extreme temperature by ETCCDI Indices (North and West of Iran). *Environment and Water Engineering*, 9(1):95-108.
- Oliveira WL, Medeiros MB, Moser P, Simon MF. 2021. Mega-dams and extreme rainfall: Disentangling the drivers of extensive impacts of a large flooding event on Amazon Forests. *Plos one*, 16(2):24-59.
- Pabaghi Z, Bazrafshan O, Zamani H, Shekari M, Singh VP. 2023. Bivariate analysis of extreme precipitation using copula functions in arid and semi-arid regions. *Atmosphere*, 14(2):275-288.
- Peel MC, McMahon TA. 2006. Continental runoff: A quality controlled global runoff data set. *Nature* 444(E14): 835-838. [doi:10.1038/nature05480](https://doi.org/10.1038/nature05480)
- Qi P, Xu YJ, Wang G. 2020. Quantifying the individual contributions of climate change, dam construction, and land use/land cover change to hydrological drought in a marshy river. *Sustainability*, 12(9):37-45.
- Rezaei M, Yasi M, Farhoudi J. 2023. Investigating the impact of dam construction on the eco-hydrological parameters of rivers (Jajrud River - downstream of Latian Dam). *Ecology*, 9(4), 797-814. (In Persian).
- Shams Ghahfarokhi M, Moradian S. 2023. Investigating the causes of Lake Urmia shrinkage: climate change or anthropogenic factors?. *Journal of Arid Land*, 15(4):424-438.
- Sharma PJ, Patel PL, Jothiprakash V. 2019. Impact of rainfall variability and anthropogenic activities on streamflow changes and water stress conditions across Tapi Basin in India. *Science of total environment*. 687(3):885-897. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.097>
- Soro GE, Noufe D, Goula BTA, Srohourou B. 2016. Trend analysis for extreme rainfall at sub-daily and daily time scales in Côte d'Ivoire. *Climate*, 4(3): 37-49. <https://doi.org/10.3390/cli4030037>
- Tirupathi C, Shashidhar T. 2020. Investigating



- the impact of climate and land-use land cover changes on hydrological predictions over the Krishna River Basin under present and future scenarios, *Science of the Total Environment*, 721(13):36-54. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137736>.
- Turgay P, Ercan K. 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Process*, 20(2):2011–2026.
- Varshavian V, Khalili A, Ghahreman N, Hajjam S. 2011. Trend analysis of minimum, maximum, and mean daily temperature extremes in several climatic regions of Iran. *Journal of the Earth and Space Pyysics*, 37(1), 169-179. (In Persian).
- Wagner PD, Kumar S, Schneider K. 2013. An assessment of land use change impacts on the water resources of the Mula and Mutha Rivers catchment upstream of Pune, India. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(6): 2233-2246. <https://doi.org/10.5194/hess-17-2233-2013>
- Wilson D, Hisdal H, Lawrence D. 2010. Has streamflow changed in the Nordic countries? Recent trends and comparisons to hydrological projections. *Journal of Hydrology*, 394: 334–346.
- Wright JS, Fu R, Worden JR, et al. 2017. Rainforest-initiated wet season onset over the southern Amazon. *Environmental Sciences* 114(3):81-84. <https://doi.org/10.1073/pnas.1621516114>
- Yari M, Soltani-Gerdefaramarzi S, Ghasemi M. 2019. Investigation of the effect of to land use changes on flood hydrograph and fluctuations of groundwater level in part of Ghareh Souh Basin. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 8(3):41-58. (In Persian).
- Zeinali B, Mollanoori E, Safari SH. 2023. Investigation of land use changes and climatic components in Meshginshahr City. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 12(3): 15-31. (In Persian).



## Investigating Changes of Land Use and Hydroclimatic Extreme Indices in Minab River Basin

Maryam Abbaszadeh<sup>1</sup>, Ommolbanin Bazrafshan<sup>\*2</sup>

1- Ph.D. Graduated, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agricultural Science and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

2- Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agricultural Science and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

### Extended Abstract

#### Introduction and Goal

In the last three decades, land use in the Minab river basin has undergone significant changes and these changes along with climate change in the basin can affect the trend of hydroclimatic variables. Due to the changes that have occurred in the climate and land use of the Minab River Basin in the past decades until now, the investigation of trends and changes in the threshold indicators of precipitation, temperature and flow rate becomes particularly important. Therefore, the aim of the current research is to investigate the trend of land use changes and hydroclimatic variables in the Minab basin.

#### Materials and Methods

In the current research, the data of hydrometric, rain gauge and evapotranspiration stations in the Minab watershed were analyzed to extract threshold indices based on the ETCCDI standard including precipitation, temperature and river flow. Trend analysis was done using a non-parametric Mann-Kendall test. Also, land use changes were extracted using TM series Landsat satellite images in 1989, 2004, and 2020 from TM, ETM+, and OLI sensors, respectively, and the accuracy of the extracted images was confirmed with Kappa statistics.

#### Results and Discussion

The finding showed that all the temperature limit indices, including tropical nights, hot days, hot nights and the range of day and night temperature, have an increasing trend. The extreme precipitation indices, heavy precipitation of 10, 20, and 30 mm in some stations has an increasing trend, but the annual average precipitation has an increasing trend. The number of wet days is decreasing and the number of dry days is increasing. The investigation of the changes in the rainfall regime of the region

**Article Type:** Research Article

**\*Corresponding Author E-mail:** O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

**Citation:** Abbaszadeh, M., Bazrafshan O. 2024. Investigating Changes of Land Use and Hydro climatic Extreme Indices in Minab River Basin. *Watershed Management Research*. 37(2): 74-92.

**DOI:** 10.22092/wmrj.2023.362493.1543

**Received:** 19 June 2023, **Received in revised form:** 28 July 2023, **Accepted:** 21 September 2023

**Published online:** 21 June 2024

*Watershed Management Research*, VOL. 37, No.2, Ser. No: 143, Summer 2024, pp.74-92.

**Publisher:** Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Author(s)



showed that the intensity of the rainfall is increasing in the duration of 15 and 45 minutes. According to the changes that have occurred, the change in the precipitation situation in the region is inevitable. The survey of land use changes over the past three decades showed that 22% of the pasture land area has decreased, and residential and agricultural land has increased by 280 and 220%, respectively.

#### **Conclusion and Suggestion**

The findings of this research showed that despite the increase in the average annual rainfall (16 mm per year), and other rainfall indicators that had no significant trend, the trend of 15 and 45 minute rainfall intensity was increasing and significant. Contrary to the trend of precipitation, which cannot be proven with great certainty, the increasing trend of all temperature indices (on average 0.9°C per year) confirmed the climatic changes in the Minab watershed. On the other hand, the trend of minimum and maximum stream flow and maximum discharge was also increasing in the watershed, and it can be one of the reasons for the changes in rainfall, construction of dams, and changes in land use from pasture and war lands to agriculture and residential. Based on the results of this research, it is suggested to investigate the effect of future climate changes on meteorological and hydrological variables and use its findings in natural resources management.

**Keywords:** Climate changes, Mann-Kendall test, precipitation extreme, stream flow indicators