

Analysis of changes in precipitation characteristics at Khoy synoptic station under climate change conditions

Mostafa Ghavidel  1 

1. PhD student in Meteorology, University of Tehran

Article Info:

Article type:
Research Article

history:
Received:
2024/5/4

Received:
2024/5/25

Accepted:
2024/7/23

Published:
2024/8/5

Keywords:

Climate change,
Precipitation changes, I-
Kendall, Mood, Trend

Abstract: Climate change is one of the environmental challenges of the 21st century that is of global concern. The share of industrialized countries in the production of greenhouse gases is higher than other countries. Efforts have been made in some industrialized countries, such as the United States and European countries, to reduce greenhouse gas emissions, but China, the largest producer of greenhouse gases, has not made significant efforts. Developing countries have also increased their greenhouse gas emissions as they progress. One of the major changes in global warming is changes in rainfall. In northwestern Iran, the Aras catchment area has experienced a significant shortage of rainfall in recent years. In order to investigate the precipitation changes of Khoy synoptic station, daily precipitation data and total snowfall for the period 1980-2020 have been received from the Meteorological Organization and after sorting and extracting data, the data analyzed by Mann-Kendall test. The results of the analyzes showed that the monthly precipitation did not reveal any significant trend according to the Kendall I method. Also, the nature of Khoy precipitation indicates that the first day of precipitation, the number of days associated with precipitation, annual precipitation and annual snowfall had a significant decreasing trend. Monthly snow did not have a significant trend. Seasonal analysis illustrated that winter precipitation had a significant decreasing trend. In other seasons, time series did not have a significant trend. In general, it can be concluded that the precipitation characteristics at this station did not follow a specific trend.

Cite this article: Ghavidel, M (2024). Analysis of changes in precipitation characteristics at Khoy synoptic station under climate change conditions. *Climate Change and Climate Disasters*, 3(5), 112-133.

© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan





تحلیل تغییرات ویژگی بارش در ایستگاه سینوپتیک خوی در شرایط تغییر اقلیم

مصطفی قویدل

۱. دانشجوی مقطع دکتری در رشته آب و هواشناسی دانشگاه تهران

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۵

بازنگری: ۱۴۰۳/۳/۲۶

پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۲

انتشار: ۱۴۰۳/۵/۱۵

واژگان کلیدی:

تغییر اقلیم، تغییرات بارش، من-کندال، خوی، روند

چکیده: تغییرات اقلیمی یکی از چالش‌های زیست محیطی قرن بیست و یکم است که نگرانی جهانی را در بر داشته است. سهم کشورهای صنعتی مثل آمریکا و کشورهای اروپایی تلاش‌هایی برای کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای صورت گرفته است، اما در کشور چین بزرگترین تولیدکننده گاز گلخانه‌ای تلاش قابل توجهی مشاهده نمی‌شود. کشورهای در حال توسعه نیز به جهت پیشرفت خود تولید گازهای گلخانه‌ای را افزایش داده‌اند. از عمده تغییرات افزایش دمای کره‌ی زمین تغییرات بارش است. در شمالغرب ایران حوضه آبریز ارس چند سال اخیر به طور محسوس با کمبود بارش مواجه شده است از این بین شهرستان خوی در پست ترین نقطه آذربایجان غربی به دلیل تهدید کشور ترکیه مبنی بر بستن آبراه‌های ورودی به ایران خودنمایی می‌کند. به منظور بررسی تغییرات بارشی ایستگاه سینوپتیک خوی داده‌های بارش روزانه و بارش کلی برف برای دوره زمانی ۲۰۲۰-۱۹۶۰ از سازمان هواشناسی دریافت شده است و پس از مرتب‌سازی و استخراج آمار با آزمون من-کندال مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج تحلیل‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که بارش ماهانه روند معنی‌دار بر اساس روش من کندال ندارند. همچنین ویژگی بارش خوی بیانگر این است که اولین روز شروع بارش، تعداد روز بارش در هر سال، بارش سالانه و بارش برف سالانه روند کاهشی معنی‌دار دارند. برف ماهانه نیز دارای روند معنی‌دار نیست. از بارش‌های فصلی نیز بارش فصل زمستان روند کاهشی معنی‌دار دارد. در بقیه فصول سری‌های زمانی فاقد روند معنی‌دار هستند. در کل می‌توان نتیجه گرفت که خصوصیات بارش در این ایستگاه از روند خاصی پیروی نمی‌کند.

استناد: قویدل، مصطفی (۱۴۰۳). تحلیل تغییرات ویژگی بارش در ایستگاه سینوپتیک خوی در شرایط تغییر اقلیم. دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، ۳(۵)، ۱۱۲-۱۳۳.

© نویسندگان .

ناشر: دانشگاه زنجان.

Homepage: cccd.znu.ac.ir



مقدمه

تغییرات اقلیمی ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای در مجموع منجر به افزایش دمای کره‌ی زمین پدید آمده اند و تمامی عناصر اقلیمی و جوی را تحت تاثیر قرار داده اند. افزایش دمای زمین به سبب تراکم و افزایش گازها در جو صورت می‌گیرد؛ بدین صورت که پس از تابش موج کوتاه خورشید انعکاس تابش یا همان موج بلند زمین به دلیل تراکم بالای گازها از جو خارج نمی‌شود و انرژی آن مجدداً به زمین بر می‌گردد این پدیده طی چندین سال متمادی دمای کره‌ی زمین را متاثر کرده است. از عمده تغییرات که بر اثر تغییر اقلیم پدید آمده است تغییرات بارش می‌باشد که بیشتر شامل افزایش تبخیر اقیانوس‌ها و ایجاد رودخانه‌های جوی و بارش‌های سنگین و همچنین کاهش بارش در نتیجه گرمای هوا و تراکم کمتر قطرات آب است (فرج‌زاده و قاسمی فر، ۱۳۹۸).

مطالعات مختلفی روی تحلیل رژیم‌های بارش در شرایط تغییر اقلیم صورت

گرفته است. از جمله اکستروم^۱ و همکاران (۲۰۰۵) شبیه‌سازی‌هایی را برای بارش حداکثر در کشور انگلستان با استفاده از مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای تحت سناریوی انتشار A۲ انجام دادند. دوره پایه محاسبات ۱۹۹۰-۱۹۶۱ در نظر گرفته شد و بارش آتی برای دوره زمانی ۲۰۷۰-۲۱۰۰ برآورد گردید. اوبادا^۲ و همکاران (۲۰۱۷) تغییر خصوصیات بارش را تحت تاثیر تغییر اقلیم در دوره آتی (افق زمانی ۲۱۰۰) در حوزه مکررو واقع در غرب آفریقا را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها برای این هدف مدل‌های چندگانه گروهی براساس دو سناریو^۳ RCP را بکار گرفتند و افزایش ۱۰ درصدی شدت بارش در روزهای پر بارش و تغییر در شروع و پایان روزهای بارش را نتیجه گرفتند. چین^۴ و گانگولی (۲۰۱۱) شدت، تداوم و فراوانی بارش‌های حدی را در ارتباط با سناریو گرمایش جهانی قرن بیستم مطالعه و بررسی کردند آن‌ها به این نتیجه رسیدند که روندهای بارش‌های حدی هم جهانی به شدت در حال افزایش است. به طوری که این روند افزایشی

۳. سناریوهای ارائه شده پیش بینی های آب و هوایی توسط هیات بین الدولی تغییر اقلیم

4- Chein et al

1- Extrom et al

2- Obada et al

مطالعه مشابهی توسط کریستوفر و همکاران (۲۰۱۲) انجام شده است.

هایگنس

تجزیه خوشه‌ای و یک روش شبکه عصبی فازی به این نتیجه رسید که ترکیه از هفت منطقه اصلی رژیم بارشی و ۱۶ منطقه رژیم فرعی بارشی و هفت منطقه اصلی یی اصلی و ۱۵ منطقه فرعی اقلیمی تشکیل شده است و روند بارش در آن‌ها از شرایط یکسانی برخوردار نمی‌باشد. ریوس

تجربه می‌کند که نشان دهنده نقش برجسته فعل و انفعالات زمین و جو در رژیم بارش داخلی در این دوره از سال است. همچنین بالاترین میزان رطوبت در بهار و اوایل تابستان است که بطور همزمان با مناطقی که این اوج بهاری بارندگی حداکثر مطلق را در چرخه سالانه نشان می‌دهد. گلیز

آستانه باران و برف (RST) اقلیمی، رژیم بارش یوتا و یک تجزیه و تحلیل جامع سینوپتیک به عنوان یک وسیله جایگزین مستقل از مشاهدات سطح به این نتیجه رسیدند که نسبت بارش زمستان (ژانویه تا مارس) به دلیل اینکه

اثرهای درخور توجهی در منحنی‌های شدت، تداوم و فراوانی داشته است.

^۱ و همکاران (۱۹۹۷) در پژوهشی رژیم بارش‌ها را در فصل گرم آمریکای شمالی با استفاده از داده‌های بارش روزانه از یک دوره ۲۶ ساله از ۱۹۶۳ تا ۱۹۸۸ به این نتیجه رسید که بیشترین نوسان بارش در آریزونا- نیو مکزیکو دیده می‌شود. شاهین^۲ و همکاران (۲۰۱۲) در مناطق اقلیمی فرعی و رژیم‌های بارشی فرعی ترکیه با استفاده از روش‌های^۳ و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی رطوبت هوای شبه جزیره ایبری با استفاده از یک شبیه‌سازی منطقه‌ای اقلیم و بر مبنای تحلیل فضایی و تأثیر آن بر رژیم بارش با استفاده از یک مدل تحلیلی و عددی و یک شبیه‌سازی پیش بینی آب و هوا به این نتیجه رسیدند که شبه جزیره ایبری حداکثر بارش را در بهار^۴ و همکاران (۲۰۱۲) در تجزیه و تحلیل مشاهداتی و سینوپتیک تغییر رژیم بارش باران زمستانی در یوتا با استفاده از دمای روزانه، بارش، و داده‌های سنجش از دور مبتنی بر مشاهده، و همچنین با استفاده از روش دمای

برف در نیم قرن گذشته ۹ درصد کاهش یافته است، نتیجه آن ترکیبی از افزایش قابل توجه بارش و کاهش جزئی بارش برف است. در همین حال، سطح برف مشاهده شده در سراسر یوتا کاهش یافته و با کاهش مداوم پوشش برف و آلبدوی سطح همراه است. گائتانی^۱ و همکاران (۲۰۲۰) در ارزیابی دقیق از زمان آغاز تغییر بارندگی در آفریقای غربی با استفاده از روش تحلیل ۶ معیار بارشی شامل بارش انباشته، تعداد روزهای مرطوب و بسیار مرطوب، شروع و طول فصل باران و مدل‌های پیشرفته اقلیمی به این نتیجه رسیدند که در غرب ساحل، شرایط اقلیمی که با کاهش وقوع روزهای مرطوب مشخص می‌شود و احتمالاً قبل از سال ۲۰۳۶ ظاهر می‌شوند و این امر منجر به شکل‌گیری اقلیم خشک در سال ۲۰۵۲-۲۰۲۸ می‌شود. همچنین در شرق ساحل، یک رژیم بارشی مرطوب‌تر که با افزایش وقوع روزهای بسیار مرطوب مشخص می‌شود، احتمالاً قبل از سال ۲۰۵۴ ظهور می‌کند. نتایج نشان دهنده تغییر معنی دار از تغییر اقلیم در شروع و طول فصل باران نیست.

مالیگینا^۲ و همکاران (۲۰۱۷) در تأثیر گردش جوی بر میزان بارش در کوه‌های آلتای واقع در آسیای مرکزی با استفاده از داده‌های بارش روزانه برای یک دوره ۵۶ ساله مشخص کرد که تغییرات در رژیم بارندگی برای فصول گرم (آوریل-اکتبر) روند مثبت، اما روند مثبت یا منفی برای فصول سرد (نوامبر-مارس) داشته است. علاوه بر این، مشخص شد که تغییر میزان بارندگی در سال ۱۹۸۰ یک مرحله تغییر اصلی دارد. برای فصول گرم سال، تغییر بارش در این نقطه با کاهش قابل توجه در منطقه غربی و شمالی همراه است. همچنین مشخص شد که این تغییرات مطابق با کاهش سهم گروه‌های گردش و افزایش سهم منطقه غربی و جنوبی است.

در کل بارش هنگامی رخ می‌دهد که رطوبت و عامل صعود هر دو با هم در یک منطقه وجود داشته باشد، به بیان دیگر هوای مرطوب باید تا ارتفاع مشخصی بالا رود و بر اثر سرد شدن بی‌در رو به نقطه اشباع برسد و در مرحله بعد ابر بارش را به وجود آورد، نبود هر کدام از این دو عامل مانع از رخداد بارش می‌شود (علیجانی و

متفاوتی در فصل سرد و گرم سال بارش لارستان را تحت تاثیر قرار داده است و مهمترین عامل بارش شدید تابستانه آن استقرار کم فشار بر روی منطقه و دریای عمان و خلیج فارس نهایتاً باعث ریزش‌های شدید در جنوب شرق کشور و لارستان می‌شود و عامل بارش‌های شدید زمستانه استقرار یک گرادیان حرارتی شدید و استقرار سیکلون‌های غربی همراه با سامانه سودانی است. محمدی (۱۳۹۰) تحلیل روند بارش سالیانه ایران را با روش من کندانال مطالعه نمودند و نتیجه گرفتند که بارش ایران روند افزایشی یا کاهش‌ی معنی داری نشان نمی‌دهد، با این حال میانگین بارش ایستگاهی ایران $0/64$ میلیمتر در سال کاهش نشان می‌دهد و تهدید جدی برای منابع آب ایران است. مطالعه ناظری تهرودی و همکاران (۱۳۹۵) نشان دهنده این است که در غالب نقاط ایران بر مبنای روش من کندانال روند بارش‌ها معنی دار نمی‌باشد. مطالعات گسترده‌ای نیز روی بارش رگباری نیز صورت گرفته است (فنودی و همکاران، ۱۳۹۶؛ بردی شیخ و بابایی، ۱۳۸۸) بررسی روند تغییرات رژیم بارش حوزه آبخیز گرگانرود با استفاده

کاویانی، ۱۳۸۰). در کشور عسگری و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی و تحلیل روند نمایه‌های فرین بارش با استفاده از داده‌ای روزانه بارش در ۲۷ ایستگاه همدیدی پرداخته اند. رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از داده‌های ایستگاه همدیدی استان هرمزگان، میانگین فصلی و سالانه بارش و دما به همراه مقادیر فرین آن‌ها را مورد بررسی قرار دادند. مطالعات نشان داد که در این منطقه افزایش دما و کاهش بارش به همراه نوسانات شدید بارش رخ داده است. بابایی فینی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر روند نمایه‌های حدی بارش کشور پرداخته و نتیجه گرفتند که تحت شبیه‌سازی تحت سناریو آ دو روند افزایشی رخدادهای حداکثر بارش یک روزه در مناطق شمال غربی (به جز استان آذربایجان غربی) و نواحی مرکزی، جنوب غربی، شمال شرقی و سواحل غربی دریای خزر رخ خواهد داد. علیجانی و قادری (۱۳۸۹) تحلیل سینوپتیکی بارش‌های شدید لارستان با استفاده از نقشه‌های سینوپتیک و داده‌های بارش روزانه انجام دادند و نتیجه گرفتند که الگوهای فشار

مدل‌های سری زمانی انجام داده اند و بارش‌های کاهشی آتی خوی را برآورد نموده‌اند. در کل نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که در مناطق زیادی از دنیا فراوانی بارش‌های حدی مشاهداتی افزایش یافته است (تایرون و دیگائتانو^۱(۲۰۱۱)). پیش بینی می‌شود بر اثر تغییر اقلیم شدت و فراوانی بارش‌های حداکثر در بسیاری از نقاط دنیا در آینده نیز افزایش یابد، با این حال شدت و نوع تغییرات در مناطق مختلف متفاوت است. هیات بین‌الدولی تغییر اقلیم^۲(۲۰۱۲). رژیم بارندگی نشانگر توزیع زمانی بارش و بیانگر شمار چرخه‌های بارندگی در طی سال است. یکی از نمودها و نتایج تغییر اقلیم، تغییر رژیم بارندگی و به تعبیر دیگر تغییر الگوی زمانی بارش است. تغییر رژیم بارش علاوه بر اثرات قابل توجه زیست‌محیطی بر کمیت و کیفیت منابع آب تاثیر غیر قابل انکاری به جا می‌نهد (عساکره و رزمی ۱۳۹۰). کشور ایران به لحاظ عرض جغرافیایی و همجواری با پرفشار جنب حاره علاوه بر اندک بودن بارش، رژیم بارشی پرنوسانی دارد (فرج‌زاده و بابایی فینی، ۱۳۸۱).

از داده‌های بارش در هفت‌ایستگاه از استان گلستان با روش‌های رگرسیون خطی و آزمون من-کندال انجام گرفت و نهایتاً نتیجه حاصل شد که بارش در سه دهه اخیر در این حوزه سیر صعودی داشته و افزایشی بوده است. عباسی و همکاران (۱۳۹۹) به مطالعه روند تغییرات عناصر جوی دما، بارش، باد و ساعات آفتابی نمودند و مطالعه آن‌ها نشان داد که دما و باد روند افزایشی و بارش درارای روند کاهشی بوده است. در منطقه و ایستگاه مطالعاتی نیز مطالعاتی صورت گرفته است. از جمله امیر پور و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی روند ماهانه و سالانه بارش‌های ایستگاه خوی پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که به غیر از ماه‌های گرم سال بارش‌ها حالت نزولی دارند. حیدری (۱۳۹۳) به بررسی تغییرات نوع ریزش‌ها در استان آذربایجان غربی پرداخته و نتیجه گرفته است که در نواحی جنوبی استان بارش‌های برف، افزایشی و در شمال استان حالت کاهشی دارد. موسوی و همکاران (۱۳۹۳) نیز الگوهای زمانی بارش ایستگاه خوی را بررسی نموده‌اند و پیش بینی برای بارش‌های آتی را بر مبنای

شمالی و ۹۴ / ۴۴ درجه شرقی قرار گرفته است. از نظر اقلیمی، شهرستان خوی براساس روش دمارتن در گروه اقلیم مدیترانه‌ای نیمه خشک قرار می‌گیرد. برآورد میزان آسایش اقلیمی شاخص‌های مورد مطالعه در خوی نیز نشان داد که به طور متوسط حدود ۵۰ روز از سال آسایش اقلیمی وجود دارد. این مقدار آسایش اقلیمی اغلب در ماه‌های خرداد، مهر و اردیبهشت توزیع شده است. همچنین بر اساس هر سه شاخص شرایط فوق العاده گرم در خوی در طول سال رخ نمی‌دهد (محمدی، ۱۳۹۳).

۲-۱-۱ داده‌ها

در این تحقیق اطلاعات اقلیمی شهرستان از سازمان هواشناسی و پژوهش‌های از قبل انجام گرفته دریافت شده است. مشخصات اصلی ایستگاه سینوپتیک خوی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک خوی

عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	دوره زمانی داده های پژوهش
۳۸.۳۳.۲۹	۴۴.۵۹.۴۳	۱۱۰۳ متر	۲۰۲۰-۱۹۶۰

مطالعات و بررسی های فوق نشان می‌دهد که غالباً بررسی‌ها روی یک منطقه بوده ولی بررسی‌های نقطه‌ای یا ایستگاهی که بطور دقیق تر شرایط تغییر اقلیم را تبیین نماید کمتر مورد توجه بوده است. همچنین بررسی‌ها روی یکی از ویژگی‌های بارش صورت گرفته است. با توجه به این موضوع هدف مقاله حاضر آشکار سازی تغییر اقلیم از طریق بررسی تغییرات بارشی رخ داده در ایستگاه سینوپتیک خوی با توجه به ابعاد مختلف از جمله مقدار، نوع و حداکثر بارش روزانه می‌باشد.

۱.۱ داده‌ها و روش‌ها

۱.۱.۱ منطقه مورد مطالعه

شهرستان خوی، یکی از شهرستان‌های استان آذربایجان غربی می‌باشد که در شمال غرب کشور و در شمال استان آذربایجان غربی قرار گرفته است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۱۴۸ متر می‌باشد و در موقعیت ۳۸ / ۵۵ درجه

۳-۱-۱. روش‌ها

برای تحلیل روند از آزمون من-کندال

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

که در آن N : تعداد جملات، x_j : تابع j ام سری و x_k : داده k ام سری داده sgn است که به شرح زیر معرفی می‌شود:

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

بنابراین تمامی مقادیر به دست آمده از تابع علامت (sgn)، صفر، ۱ و یا -۱ است. از ارزش شیب Sen's نیز برای برآورد مقدار شیب خط روند آزمون من کندال استفاده می‌شود (همان). تمامی این محاسبات در برنامه الحاقیه **real statistics** ۲ در محیط اکسل انجام گرفته است. روش گرافیکی من کندال در این مطالعه با شرح زیر استفاده شده است. خط U در نمودار در این پژوهش با دایره که با رنگ مشکی پر شده اند مشخص است و خط U' نیز دایره‌های خالی از رنگ را نشان می‌دهد. وقتی دو خط در محدوده -۱.۹۶ + همدیگر را قطع نمایند یعنی جهش تغییرات روی داده است. هر گاه خط U از محدوده

استفاده گردید. این آزمون ابتدا توسط من در سال ۱۹۴۵ ارائه شد و سپس در سال ۱۹۶۶ توسط کندال گسترش پیدا کرد. این آزمون برای مطالعات زیادی استفاده شده است؛ از جمله فرزندی (۱۳۹۳)؛ عباسی و همکاران (۱۳۹۹)؛ فرج زاده و قاسمی فر (۱۳۹۶). همانند سایر آزمون‌ها، این آزمون نیز بر مبنای فرض صفر و یک استوار بوده و در نهایت در مورد پذیرش یا رد فرض صفر تصمیم‌گیری می‌نماید. پذیرش فرض یک مبنی بر وجود روند در داده‌ها است.

روش آزمون من-کندال هم به صورت محاسباتی و هم به صورت گرافیکی قابل محاسبه است. در روش محاسباتی از روابط زیر استفاده می‌شود گوسی و تراجکویس (۲۰۱۲): در این روش محاسبه اختلاف بین تک‌تک جملات سری با همدیگر و اعمال تابع sgn و استخراج پارامتر S به صورت زیر صورت می‌گیرد:

استخراج پارامتر S به صورت زیر صورت می‌گیرد:

۲ - خش الحاقی نرم افزار اکسل یا xlstat

1. Mann-Kendall

روندها در هر کدام از نمودارها خودداری شده است.

۲. یافته‌ها و نتایج

روند بارش ماهانه در ماه‌های ۱۲گانه:
بررسی روند بارش ماهانه نشان می‌دهد که در کلیه ماهه روندی قابل مشاهده نیست. حداکثر بارش در دوره ۶۱ ساله در ماه مه بیشترین مقدار را دارد بعد از آن ماه آوریل قرار دارد.

۱.۹۶+ عبور کند روند افزایشی معنی دار در سطح ۹۵ در صد را نشان می‌دهد. چنانچه از محدوده ۲.۵۸ نیز عبور کند روند معنی دار افزایشی در سطح ۹۹ درصد را نشان خواهد داد. همچنین خط U اگر از محدوده ۱.۹۶- عبور کند روند کاهشی معنی دار را نشان خواهد داد. در این پژوهش روندها در سطح ۹۵ درصد مورد تحلیل قرار گرفته اند و به همین دلیل از ذکر سطح اطمینان

جدول ۲: بررسی روند بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک خوی دوره زمانی (۲۰۲۰-۱۹۶۰) بر مبنای آزمون من

کندال و Sen's

ماه	ارزش من کندال	ارزش Sen's	روند	ماه	ارزش من کندال	ارزش Sen's	روند
ژانویه	-۲۷۰	-۰.۱۴	بدون روند	ژوئیه	۴۱	۰.۰۰۴	بدون روند
فوریه	-۱۲۷	-۰.۰۵	بدون روند	اوت	۴۰	۰.۰۰۴	بدون روند
مارس	-۱۸۹	-۰.۱۶	بدون روند	سپتامبر	۱۰۲	۰.۰۰۴	بدون روند
آوریل	-۶۴	-۰.۰۷	بدون روند	اکتبر	۶	۰.۰۰۶	بدون روند
مه	-۱۷۶	-۰.۲۷	بدون روند	نوامبر	۵۰	۰.۰۰۶	بدون روند
ژوئن	-۱۶	-۰.۰۰۸	بدون روند	دسامبر	-۶	-۰.۰۰۱	بدون روند

شهرستان خوی شامل دسامبر، ژانویه، فوریه، مارس و آوریل نشان از بدون روند بودن آن در سطح ۹۵ درصد است.

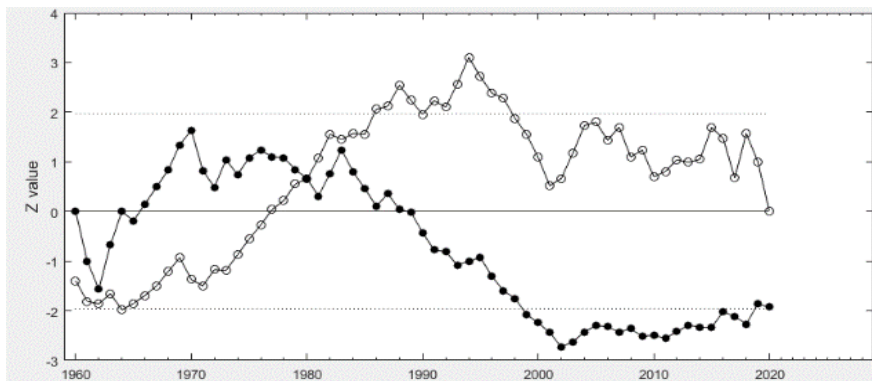
روند بارش برف ماهانه: نتایج بررسی روند آزمون من-کندال در بارش کلی برف برای ماه‌های محتمل بارش برف در

روند بارش سالانه: نتایج آزمون ناپارامتری من-کندال برای بارش سالانه ایستگاه سینوپتیک خوی در دوره زمانی (۲۰۲۰-۱۹۶۰) نشان می‌دهد که در سال ۱۹۷۹ جهش

تغییرات با برخورد دو خط U و U' روی داده است و در سال ۱۹۹۸ با عبور خط U از محدوده -1.96 روند کاهشی معنی دار آغاز شده است و سری زمانی مجموعاً دارای روند کاهشی معنی دار در سطح ۹۵ درصد می‌باشد.

جدول ۳: روند بارش برف در ماه‌های محتمل بارش برف ایستگاه سینوپتیک خوی در دوره زمانی (۱۹۶۰-۲۰۲۰) بر مبنای آزمون من کندال و Sen's

ماه	ارزش من کندال	ارزش Sen's	روند
دسامبر	۱۲۱	۰	بدون روند
ژانویه	۲۵۷	۰.۵۴	بدون روند
فوریه	-۱۱۹	-۰.۱۲	بدون روند
مارس	-۳۹۴	-۰.۱۵	بدون روند
آوریل	-۱۶	۰	بدون روند

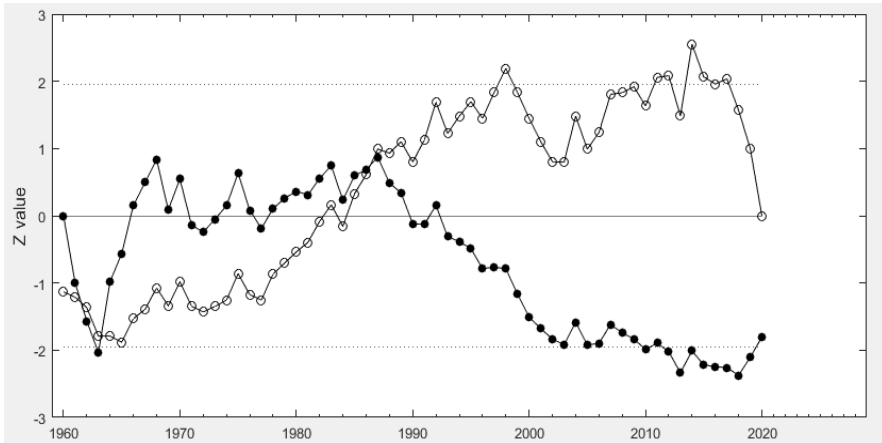


شکل ۱: روند بارش سالانه ایستگاه سینوپتیک خوی در دوره زمانی (۱۹۶۰-۲۰۲۰)

روند بارش فصل زمستان: شکل ۲ روند بارش زمستانه دوره ۶۱ ساله شهرستان خوی را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که در نمودار من-

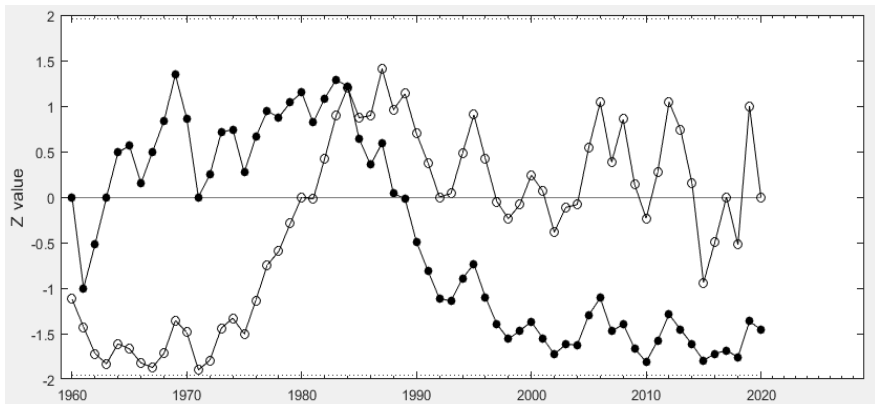
کندال خطوط U و U' سه بار همدیگر را سال‌های ۱۹۶۱، ۱۹۶۲ و ۱۹۸۷ در محدوده کمتر از $+1.96$ و بیشتر از -1.96 همدیگر را قطع کرده اند است

که فقط تغییر جهش را نشان می‌دهد و در خارج از محدوده $+1.96$ دو خط برخوردی با هم ندارند. در سال ۲۰۰۲ خط U از محدوده -1.96 عبور کرده است که نشان از روند کاهشی بارش زمستانه ایستگاه خوی در سطح ۹۵ درصد است.



شکل ۲: روند بارش فصل زمستان طی دوره ۶۱ ساله (۱۹۶۰-۲۰۲۰) ایستگاه سینوپتیک خوی

روند بارش فصل بهار: شکل ۳ روند بارش بهار دوره ۶۱ ساله ایستگاه سینوپتیک خوی نشان می‌دهد که فقط یک جهش در سال ۱۹۸۲ مشاهده می‌شود. خطوط در خارج از محدوده‌های $+1.96$ هم‌دیگر را قطع نکرده‌اند و هیچ کدام از خطوط U و U' از محدوده $+1.96$ خارج نشده‌اند بنابراین فاقد روند معنی‌دار است اما نوسان وجود دارد.

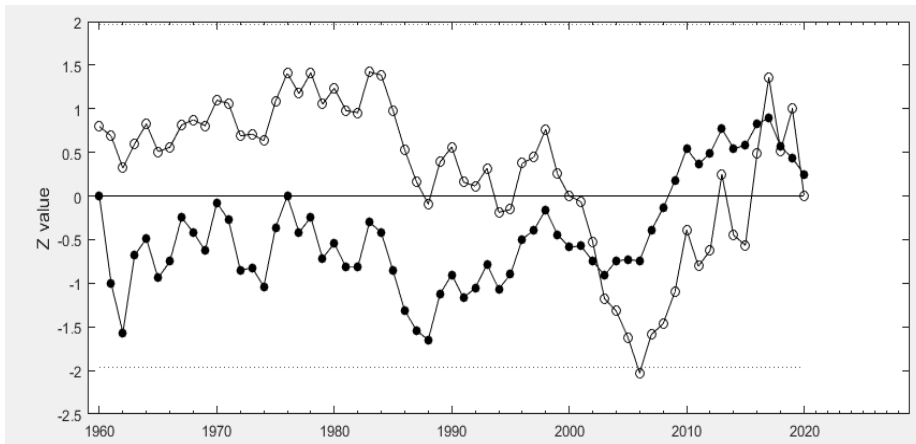


شکل ۳: روند بارش فصل بهار طی دوره ۶۱ ساله (۱۹۶۰-۲۰۲۰) ایستگاه سینوپتیک خوی

روند بارش فصل تابستان: شکل ۴

روند بارش تابستانه شهرستان خوی را طی دوره ۶۱ ساله (۱۹۶۰-۲۰۲۰) نشان می‌دهد. طی دوره ۶۱ ساله در سال های ۲۰۱۲، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ خطوط U و U' همدیگر را قطع کرده‌اند که نشان از جهش تغییرات

است. در سال ۲۰۰۳ خط U' یکبار محدوده -1.96 را قطع کرده است ولی روند ادامه نیافته است و نمی‌توان روند را کاهشی تلقی کرد. غیر آن هیچ خروجی از محدوده -1.96 مشاهده نمی‌شود پس فاقد روند است اما نوسان وجود دارد.

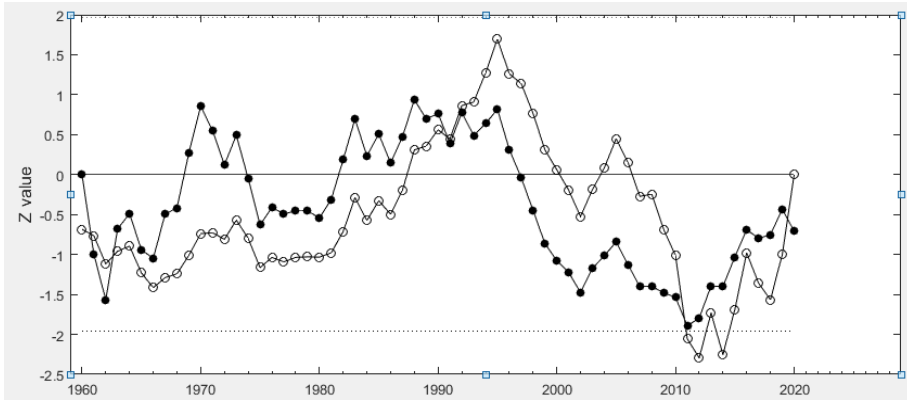


شکل ۴: روند بارش فصل تابستان طی دوره ۶۱ ساله (۱۹۶۰-۲۰۲۰) ایستگاه سینوپتیک خوی

روند بارش فصل پاییز: شکل ۵

بارش فصل پاییز شهرستان خوی را در دوره ۶۱ ساله (۱۹۶۰-۲۰۲۰) نشان می‌دهد در مجموع ۵ جهش تغییرات در سالهای ۱۹۶۱، ۱۹۶۲، ۱۹۹۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۹ رخ داده است. جهش

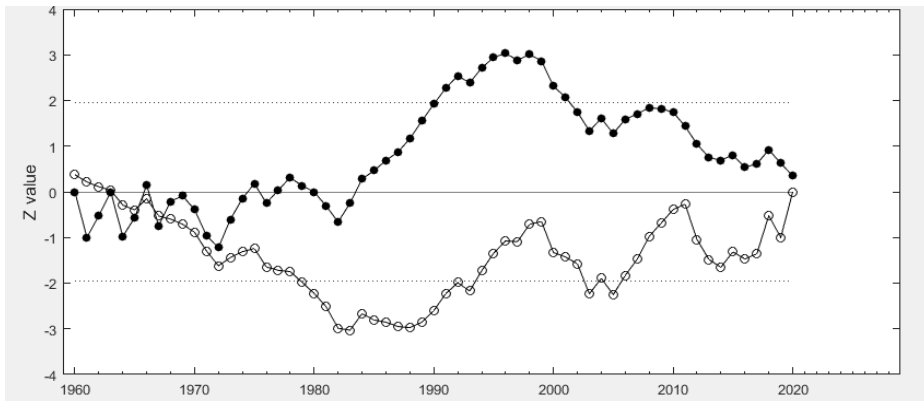
تغییرات در سال ۲۰۱۰ در محدوده کمتر از -1.96 است و خط U' از محدوده -1.96 به سمت پایین عبور کرده است که نشان از روند کاهشی موقت بارش پاییزه شهرستان خوی دارد که البته در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نیست.



شکل ۵: روند بارش فصل پاییز طی دوره ۶۱ ساله (۱۹۶۰-۲۰۲۰) ایستگاه سینوپتیک خوی

کرده است که حاکی از کاهش موقتی است و روند ندارد. خط U نیز در سال ۱۹۹۰ محدوده $+1.96$ را رد کرده است ولی چون پس از مدت کوتاهی بازگشته است روند افزایشی نیز منتفی است. لذا بارش برف سالانه شهرستان خوی در دوره ۶۱ ساله بدون روند معنی دار است (شکل ۶).

روند بارش برف سالانه: شکل ۶
آزمون من-کندال بارش برف سالانه ایستگاه سینوپتیک خوی در بازه زمانی (۱۹۶۰-۲۰۲۰) نشان می‌دهد که سه جهش تغییرات در سال های ۱۹۶۳، ۱۹۶۵ و ۱۹۶۷ رخ داده است. خط U' در سال ۱۹۷۹ محدوده -1.96 را رد

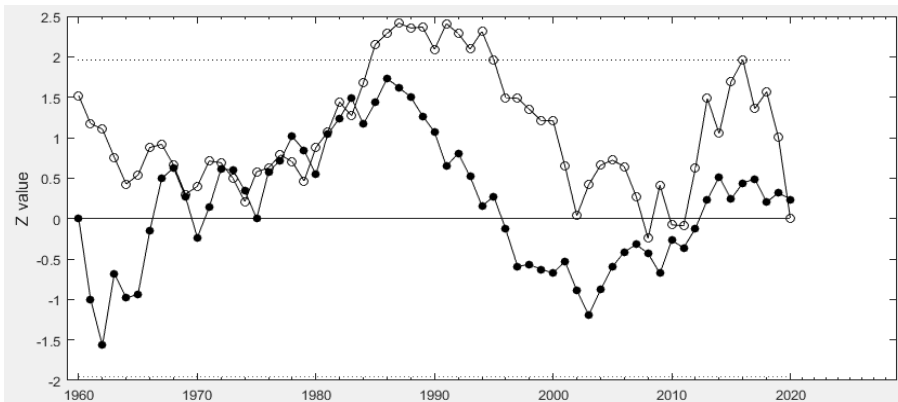


شکل ۶: روند بارش برف سالانه طی دوره ۶۱ ساله (۱۹۶۰-۲۰۲۰) ایستگاه سینوپتیک خوی

روند حداکثر بارش روزانه: شکل ۷

نمودار من-کندال حداکثر بارش روزانه ایستگاه سینوپتیک شهرستان خوی در دوره زمانی (۱۹۶۰-۲۰۲۰) نشان می-دهد که بارش حداکثر روزانه یعنی بیشترین مقدار بارش روزانه ثبت شده طی هر سال است. در نمودار مشاهده

می‌شود که چندین جهش تغییرات در محدوده $+1.96$ رخ داده است خط U' از محدوده $+1.96$ عبور کرده است که افزایش موقتی دارد ولی چون ادامه ندارد و خط U نیز به این محدوده نرسیده است روند تلقی نمی‌شود. بنابراین بارش حداکثری بدون روند معنی دار قلمداد می‌شود.

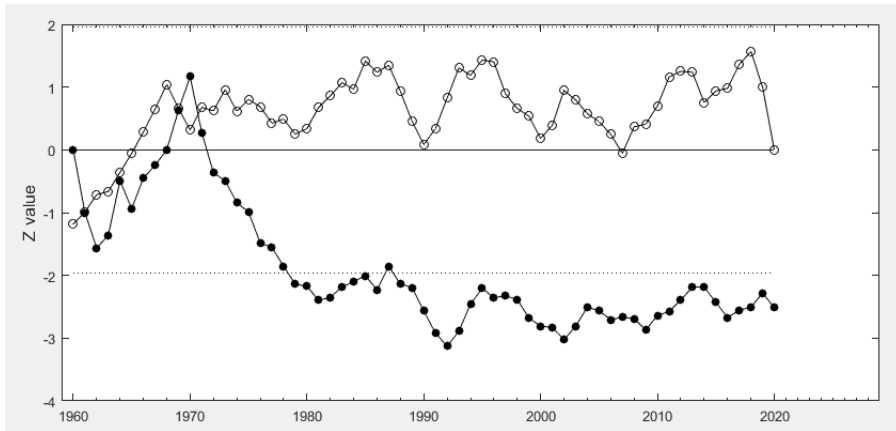


شکل ۷: روند بارش حداکثر روزانه طی دوره ۶۱ ساله (۱۹۶۰-۲۰۲۰) ایستگاه سینوپتیک خوی

روند تعداد روزهای تر در هر سال:

شکل ۸ نمودار من-کندال روند تعداد سالانه روزهای بارش سالانه دوره ۶۱ ساله شهرستان خوی را نشان می-دهد. در این شکل دو جهش تغییرات در سال‌های ۱۹۶۱ و ۱۹۶۹ مشاهده می‌شود و همچنین خط U در سال ۱۹۷۸ از محدوده -1.96 عبور کرده

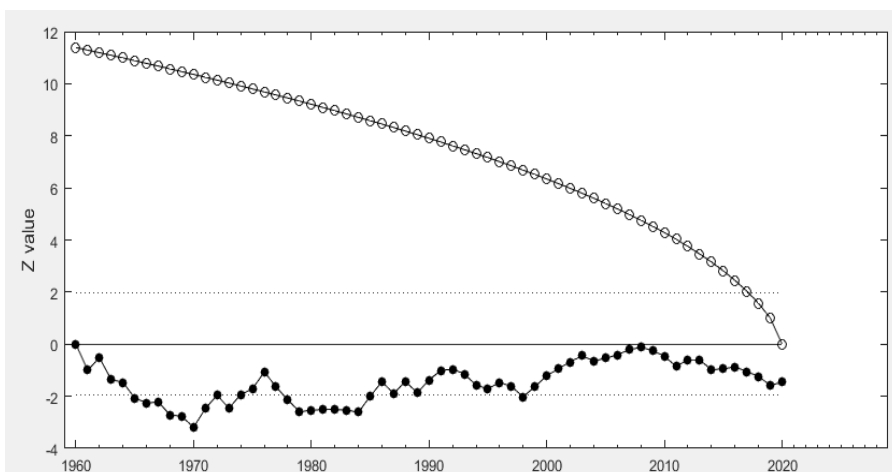
است و همین روند ادامه یافته است. بنابراین تعداد روزهای بارندگی سالانه شهرستان خوی در دوره ۶۱ ساله روند کاهشی معنی دار در سطح ۹۵ درصد دارد.



شکل ۸: روند تعداد روزهای تر طی دوره ۶۱ (۱۹۶۰-۲۰۲۰) ساله ایستگاه سینوپتیک خوی

در دوره ۶۱ ساله شهرستان خوی را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که از همان ابتدا خط U از محدوده -1.96 عبور کرده است و روند آن ادامه دارد. بنابراین اولین روز آغاز بارش روند کاهشی معنی دار در سطح ۹۵ درصد دارد، یعنی اینکه روز آغاز بارش به سمت اول مهر ماه تمایل دارد.

روند اولین روز آغاز بارش: برای تهیه این نمودار اولین روز رخداد بارش در شروع سال آبی از ماه مهر استخراج شده است. بطور معمول بارش در ایستگاه خوی در مهر ماه آغاز می‌شود که در طی سالهای مختلف روز آغاز بارش متفاوت است. شکل ۹ نمودار من-کنندال روند شروع اولین روز آغاز بارش در سال آبی



نتیجه گیری

در تحلیل های انجام گرفته از بارش ایستگاه سینوپتیک خوی در دوره ۶۱ ساله (۱۹۶۰-۲۰۲۰) مشخص شد بارش ماهانه روند معنی داری براساس آزمون من کندال و شیب **Sen's** نشان نمی-دهد. در بارش فصلی نیز بارش فصل زمستان روند کاهشی معنی دار دارد و بارش بقیه فصل ها روند معنی داری در آنها مشاهده نشد. تعداد روزهای بارش در هر سال روند کاهشی معنی دار در سطح ۹۵ درصد دارد. بارش حداکثری روزانه بدون روند معنی دار است. بارش سالانه روند کاهشی معنی دار دارد. بارش برف سالانه نیز روند کاهشی معنی دار از خود نشان نمی دهد و بارش برف در ماه های محتمل بارش برف نیز بدون روند معنی دار در سطح ۹۵ درصد می باشد. اولین روز شروع بارش نیز روند کاهشی معنی دار دارد. در مجموع برآورد این نتایج حاکی از کاهش بارش فصل زمستان و کوتاهی این فصل است. نتایج حاصل از این مطالعه با مطالعات مختلف صورت گرفته نتایج

مشابهی را نشان می دهد چین و گانگولی (۲۰۱۱)؛ هایگنس و همکاران (۲۰۱۴)؛ ریوس و همکاران (۱۹۹۷). بدین معنی که نمی توان با توجه به ماهیت ذاتی بارش الگوی روند یکسانی برای همه مناطق و ایستگاه ها مشاهده نمود. این روند در برخی از آنها ممکن است به صورت افزایشی و برای برخی نیز کاهشی باشد و در عین حال مناطقی نیز وجود داشته باشد فاقد هر گونه روند معنی دار باشند. بطور مسلم نتایج حاصل از تحلیل های زمانی و روند متغیرهای اقلیمی بطور مستقیم تحت تاثیر طول داده آماری مورد استفاده و همچنین روش های بکار گرفته شده دارد. مقایسه نتایج این مقاله با سایر مقالات منتشر شده در منطقه و ایستگاه خوی نشان دهنده نتایج نسبتاً مشابهی می باشد. برای مثال مطالعه امیر پور (۱۳۹۵) بیانگر این است که روند داده های مقدار بارش به استثنای ماه های گرم سال روند نزولی دارد؛ در حالیکه در مطالعه حاضر هیچ روندی ملاحظه نشد. این اختلاف به دلیل اختلاف در سالهای مطالعاتی و اختلاف

۱ - اگر خط **u** از محدوده $+1.96$ عبور کند آن روند در سطح ۹۵ درصد مطمئن است.

دنبال می نموده اند و تمرکز اصلی آنها بر تحلیل روش‌های همساز بوده است امکان مقایسه با نتایج حاصل از این مقاله را غیرممکن می سازد. با توجه به نتایج کلی تحقیق می توان گفت نگاه همه جانبه به اجزاء بارش در مناطق می تواند دید بهتری از تغییر ویژگی‌های بارش تحت شرایط تغییر اقلیم را فراهم نماید.

در ماه‌های شمسی مورد استفاده باشد. همچنین نتایج مطالعه حیدری (۱۳۹۵) در خصوص روند میزان بارش برف بیانگر تایید نتایج حاصل از این مقاله است که حکایت از کاهش میزان برف در بخش‌های شمالی استان^۱ می باشد. نتایج مطالعات موسوی و همکاران (۱۳۹۳) و عساکره و رزمی (۱۳۹۰) نیز به دلیل اینکه اهداف دیگری را در تبیین بارش منطقه خوی و شمالغرب

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی دریافت نکرده است.
تعارض منافع: طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.
برگرفته از پایان نامه/رساله: این مقاله برگرفته از پایان نامه/رساله نبوده است.

منابع

استان هرمزگان، مجله جغرافیا و

توسعه، ۲۱: ۹۷-۱۱۶.

- عباسی، ف.، کوهی، م.، جوانشیری، ز.،

ملبوسی ش.، حبیبی نوخندان، م.،

بایاثیان، ا.، فلامرزی ی. ۱۳۹۹.

آشکارسازی و به روز رسانی تغییر اقلیم

در ایستگاههای کشور (دوره ۲۰۱۷-

۱۹۵۸)، نشریه پژوهش های اقلیم

شناسی، ۱۱(۴۲): ۱۳۷-۱۵۳.

- عسگری، ا.، رحیم زاده، ف.، محمدیان،

ن.، فتاحی، ا. ۱۳۸۶. تحلیل روند نمایه

های بارش های حدی در ایران، مجله

تحقیقات منابع آب ایران، ۳(۳): ۴-۵۵.

- علیجانی، ب. و کاویانی، م. ۱۳۸۰،

مبانی آب و هواشناسی، انتشارات

سمت. چاپ اول

- علیجانی، ب. و قادری، ح. ۱۳۸۹.

تحلیل سینوپتیکی بارش های

لارستان، فصل نامه جغرافیای طبیعی،

۸: ۳۴-۱۷.

- عساکره، ح.، رزمی ر. ۱۳۹۰. تغییر رژیم

بارش شمال غرب ایران، پژوهش های

اقلیم شناسی، ۷: ۸۰-۹۹-۱۱۵.

- فرج زاده، م.، بابایی فینی ا. ۱۳۸۱.

الگوهای تغییرات زمانی و مکانی بارش

در ایران، مدرس علوم انسانی، ۴: ۵۱-

۷۰.

- امیرپور، س.، امیرپور، م.، و اسمعیلی،

ن. ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات اقلیمی

بارش به روش من کندال مطالعه

موردی: شهرستان خوی، اولین

کنفرانس بین المللی مخاطرات طبیعی

و بحران های زیست محیطی ایران،

راهکارها و چالش

ها، اردیبهشت، <https://civilica.com/doc/548871>

doc/548871

- بابایی، فینی ا.، قاسمی، ا.، فتاحی، ا.

۱۳۹۳. بررسی اثر تغییر اقلیم بر روند

نمایه های حدی بارشی ایران زمین،

نشریه تحلیل فضایی مخاطرات

محیطی، سال اول، ۳: ۸۵-۱۰۳.

- بردی، ش.، بابایی، ا.، موشخیان، ی.

۱۳۸۸. بررسی روند تغییرات رژیم

بارش حوزه آبخیز گرگانرود، مجله

علمی-پژوهشی علوم و مهندسی

آبخیزداری ایران، ۸: ۲۹-۳۹.

- حیدری، ح. ۱۳۹۵. تحلیل روند

تغییرات بارش برف و باران در ایستگاه

های منتخب استان آذربایجان

غربی، <https://civilica.com/doc/794945>

oc/794945

- رحیم زاده، ف.، هدایت دزفولی، ا.، پور

اصغریان، آ. ۱۳۹۰. ارزیابی روند و

جهش نمایه های حدی دما و بارش در

- فرج زاده، م. و قاسمی فر، ا. ۱۳۹۸. مبنای تغییر آب و هوا (اقلیم) و پیامدهای آن، نشر انتخاب. چاپ اول
- فرزندی، م. ۱۳۹۳. بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با نمایه UHI و تاثیر رشد آلاینده ها، اولین کنفرانس ملی آلودگی های محیط زیست با محوریت زمین پاک، اردبیل، <https://civilica.com/doc/c321446>
- فنودی، م. امیدوار، ک.، مزیدی ا.، ۱۳۹۶. واکاوی تاثیر سامانه کم فشار سودانی بر بارش های رگباری ناحیه کوه پایه ای داخلی ایران، فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۳۵: ۶۱-۷۵.
- محمدی، ب. ۱۳۹۰. تحلیل روند بارش سالانه ایران، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳ (۴۳): ۹۵-۱۰۶.
- محمدی، ب. ۱۳۹۳. ارزیابی اقلیم گردشگری شهر خوی، دومین همایش ملی گردشگری، جغرافیا و محیط زیست، شناسه مقاله TGES02_028
- موسوی، ح.، جلالی، م.، آبختی گروسی، ه.، خائفی، ن. ۱۳۹۳. تحلیل الگوهای سری زمانی بارش در ایستگاه هواشناسی خوی. فصلنامه علمی و پژوهشی فضای جغرافیایی. ۱۴ (۳۷): ۱-۱۷.
۱۷. ناظری تهرودی، م.، خلیلی، ک. و احمدی، ف. ۱۳۹۵. تحلیل روند تغییرات ایستگاهی و منطقه ای بارش نیم قرن اخیر کشور ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۰ (۲): ۶۵۳-۶۴۳.
- Chien –Kao S and Ganguly, A .R. 2011. Intensity, duration, and frequency of precipitation extremes under 21 st – century warming scenarios, Journal of Geophysical Research, Vol. 116, D16779.
- Ekstrom, M, H.J. fowler, G.G. Kilsby and P.D. Jones .2005. New estimates of future changes in extreme rainfall across the UK using regional climate model integrations .2. Future estimates and use in impact studies. Journal of Hydrology, 300:234 – 251.
- Higgins R. W.; Y. Yao; X. L. Wang. 1997. Influence of the North American Monsoon System on Summer Precipitation Regime the U.S., International Journal of Climatology, 10(10), 2600-

- RCA4), Journal of Hydrology, 4(1), 16 PP.
- Sahin Sinan, kerem cigizoglu. 2012. The sub-climate regions and the sub-precipitation regime regions in Turkey, journal of hydrology, 11: 180-189
 - Rios Alexandre - Entenza Pedro M. M. Soares Ricardo M. Trigo Rita M. Cardoso Gonzalo Miguez - Macho. 2014. Moisture recycling in the Iberian Peninsula from a regional climate simulation: Spatiotemporal analysis and impact on the precipitation regime, JGR Atmospheres, pages 5895-5912
 - Gillies Robert R., Shih-Yu Wang, and Marty R. Booth. 2012. Observational and Synoptic Analyzes of the Winter Precipitation Regime Change over Utah, journal of climate, 25, 13: 4679-4698.
 - Gaetani Marco, Serge Janicot, Mathieu Vrac, Adjoua Moise Famien & Benjamin Sultan. 2020. Robust assessment of the time of emergence of precipitation change in West Africa, scientific reports, 10, article number 7670
 - 2622.
 - Christopher B. Field, Vicente Barros, Thomas F. Stocker, Qin Dahe. 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Vol 800.
 - Gocic, M. and Trajkovic, S. 2012. Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. Elsevier
 - Lee Tryhorn, Arthur DE Gaetano. 2011. A methodology for statistically downscaling seasonal snow cover characteristics over the Northeastern United States, International journal of climatology, vol33, 234-251
 - Obada, E, E. A. Alamou, J. Zandagba, A. Chabi and A. Afouda .2017. Change in future rainfall characteristics in the Mekrou catchment (Benin), from an Ensemble of 3 RCMs (MPI- REMO, DMI-HIRHAM5 andSMHI -

- Malygina Natalia, Tatiana Papina, Nina Kononova & Tatiana Barlyaeva. 2017. Influence of atmospheric circulation on precipitation in Altai Mountains, journal of mountain science, 14: 46-59.