

Research Paper

Climate Change Trends Analysis Using by Extreme Indices of Long-Term Rainfall and Temperature in South East of Iran

Seyed Hassan Alavinia¹, Mahdi Zarei²

1- Assistant Professor of Faculty of Natural resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran.

2- Assistant Professor of Research center of social studies geographical science, Hakim Sabzevari University, Sabbzevar, Iran.

Received: 2019/12/03

Revised: 2020/04/29

Accepted: 2020/04/30

Use your device to scan and read the article online



DOI:

10.30495/jzpm.2022.4059

Keywords:

Climate Change, Extremes Indices, Mann-Kendall, Trend, Southeast of Iran

Abstract

Regarding the detection of climate change, the long-term series trend of climate parameters such as precipitation and temperature need to be studied. A major part of climate change studies has been conducted through analysis of precipitation, temperature, pressure, humidity time series and their positive or negative trends. Researches indicated that, atmospheric parameters are strongly influenced by the global warming, greenhouse gases, surface phenomena (ocean and land temperature increase), urbanization and urban heat island (Ben.Gai et al., 2001; You et al. 2011). Analysis of time series is an appropriate method used for mathematical modeling, prediction of future events, trend detection of climatic data and missing data reconstruction. Generally, it is said that the trend in the climate indices time series may result from a normal gradual change, climate change or human activities effects (Brooks and Carruthers, 1953). It should be noted that, confirming the existence of a significant trend in time series related to the precipitation or temperature (for example extreme climate indices) cannot be solely a decisive reason for the existence and occurrence of climate change in a region, but it reinforces the assumption of the event, because there are many parameters associated with the control and operation of atmospheric systems (Serrano et al. 1999: 2894). The Mann-Kendall test is one of the most common and widely used nonparametric methods for time series analysis, and it is used to identify the trend changes. This method is widely used to analyze hydrological and meteorological time series trend. The Mann-Kendall test is used for trend analysis in ETCCDI workshops.

Citation: Alavinia, S.H., Zarei, M., Investigating Climate Change Trends Analysis Using by Extreme Indices of Long-Term Rainfall and Temperature in South East of Iran. Journal of Regional Planning. 2022: 11 (44): 119-134. DOI: 10.30495/jzpm.2022.4059

*Corresponding author: Seyed Hassan Alavinia

Address: Assistant Professor, Faculty of Natural resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

Tell: 09163444944

Email: s.h.alavinia@kashanu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Regarding the detection of climate change, the long-term series trend of climate parameters such as precipitation and temperature need to be studied. A major part of climate change studies has been conducted through analysis of precipitation, temperature, pressure, humidity time series and their positive or negative trends. Researches indicated that, atmospheric parameters are strongly influenced by the global warming, greenhouse gases, surface phenomena (ocean and land temperature increase), urbanization and urban heat island (1). Analysis of time series is an appropriate method used for mathematical modeling, prediction of future events, trend detection of climatic data and missing data reconstruction. Generally, it is said that the trend in the climate indices time series may result from a normal gradual change, climate change or human activities effects (2). It should be noted that, confirming the existence of a significant trend in time series related to the precipitation or temperature (for example extreme climate indices) cannot be solely a decisive reason for the existence and occurrence of climate change in a region, but it reinforces the assumption of the event, because there are many parameters associated with the control and operation of atmospheric systems (13). The Mann-Kendall test is one of the most common and widely used nonparametric methods for time series analysis, and it is used to identify the trend changes. This method is widely used to analyze hydrological and meteorological time series trend. The Mann-Kendall test is used for trend analysis in ETCCDI workshops.

Methodology of the Study

Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) introduced 27 climate indices to study the climatic parameters (10), consisting of 16 indices for temperature and 11 indices for

precipitation. In the present study, climate indices including RX1day, RX5day, PRCPTOT, CWD, CDD, R20, R10, and R95p were used for precipitation, and TXx, TNn were used for temperature, according to the objective of this research. All of these indices were calculated by the RCLimDex software package. The indices were calculated for three synoptic stations in the area, and then the time series was attained associated with each index. The Mann-Kendall test was used at 90, 95, and 99 % of confidence level for time series indices at 10, 5, and 1 % level of significance, respectively, and according to the Mann-Kendall test Z-statistic, the ascending and descending trend of each index were determined over time. Subsequently, the gradient of trend line was determined by Sen's slope estimator. Also, the graph of climatic anomalies of indices was drawn compared to the long-term average for these synoptic stations over the time. The Sistan and Baluchestan province is located in Southeast of Iran, between 25° 04' to 31° 29' north latitude and 58° 55' to 63° 20' east longitude with 178431 KM² area. In this study, to achieve precise results, daily data on temperature and precipitation collected from three synoptic stations including Zabol, Zahedan and Iranshahr in Sistan and Baluchestan was used during a 50-year period (1966 -2015).

Findings

The results indicate that the indices refer to the precipitation including PRCPTOT and R95p have a decrease trend during statistical period and the largest positive and negative anomaly the PRCPTOT index were in 1982 and 2001, respectively, compared to the long-term average, also about R95p occurs in 2007 and 2001. The anomalies related to rainfall intensity including RX1day, RX5day, R10 and R20 also have a decreasing trend. Regarding the temperature indices, it should be noted that temperature has been increasing over the years studied. The TNn anomaly is increasing with a relatively steep incline.

This means that the cold days are decreasing during the desired years and generally the minimum temperatures have been followed by an increasing trend. In contrast, the anomaly of TXx has been almost constant trend and does not show much variation. The trend of PRCPTOT, RX1day, R10 and R95p are non-significant decreasing trend at all three stations. Regarding the CWD index, the results showed a decrease in all station, with a significant decrease at 95% confidence level at Iranshahr station and non-significant at the other two stations. In addition, the CDD index increased in Zabol and Zahedan and showed a non-significant decrease in Iranshahr. About the trend of temperature indices, it was found that the trend of TNn was non-significant increasing in Zahedan and Iranshar and there was no trend in Zabol. Also, the TXx index increased without trend in Zabol and Zahedan stations and there is a decrease trend at the 90% significant level in Iranshahr.

Conclusion

The present study investigated the occurrence of climate change in Sistan and Baluchestan province using daily temperature and precipitation. For this purpose, was used of 8 indices for precipitation and 2 indices for temperature from ETCCDI. The result showed that the indices under study have changes and fluctuations, but in the vast majority of cases the changes were short-term climate fluctuations and trends are not significant during the time. The study indicates that overall, the amount of rainfall decreased in the whole region, especially in the northern part of the province, but the intensity of precipitation decreased in the central and southern regions more than in other areas. As for the temperature the whole region shows an increase in temperature. Occurrence of changes in the region causes dramatic changes in increasing energy and

water demand as well as changes in the region's water resources. Therefore, the results of this study and research like this can provide valuable help and guidance for planners, decision makers and policy makers in adopting strategies to cope with these changes, both in term of risk management and access to renewable and low-cost energy.

مقاله پژوهشی

آنالیز روند تغییر اقلیم با استفاده از شاخص‌های حدی داده‌های بلندمدت بارش و دما در جنوب شرق ایران

سید حسن علوی‌نیا^۱، مهدی زارعی^۲

۱- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

۲- استادیار مرکز پژوهشی علوم جغرافیایی و مطالعات اجتماعی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

چکیده

کاربرد نمایه‌های اقلیمی معرفی شده توسط تیم متخصصین شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها یکی از پرکاربردترین شیوه‌های تشخیص تغییر اقلیم می‌باشد. در این پژوهش به منظور تشخیص وقوع یا عدم وقوع تغییر اقلیم از داده‌های روزانه دما و بارش ایستگاه‌های سینوپتیک زابل، زاهدان و ایرانشهر طی دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۶۶ استفاده شد. بدین منظور ۸ شاخص اقلیمی مرتبط با بارش و ۲ شاخص مربوط به دما استفاده و آزمون من-کندال نیز برای تعیین روند و روش تخمین گر شیب سن برای تعیین بزرگی روند بکار گرفته شد. نتایج تحقیق حاکی از روند افزایشی غیر معنی‌دار در میزان بیشینه دمای بیشینه روزانه در ماه و میزان کمینه دمای کمینه روزانه در ماه می‌باشد. نمایه‌های مربوط به بارش نیز در سرتاسر استان کاهشی و بدون روند می‌باشند. همچنین، نمایه روزهای خشک متوالی در ایستگاه ایرانشهر کاهشی و بدون روند اما در دو ایستگاه دیگر افزایشی و بدون روند می‌باشد. افزون بر این نیز نمایه روزهای مرطوب متوالی در ایستگاه ایرانشهر دارای روند کاهشی معنی‌دار و در زابل و زاهدان کاهشی غیر معنی‌دار می‌باشد. نمایه‌های بیشینه بارش یک روزه و پنج روزه نیز کاهشی می‌باشند که در مورد بیشینه بارش پنج روزه در ایستگاه زاهدان هیچ‌گونه روندی مشاهده نمی‌شود. به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که شاخص‌های اقلیمی مربوط به دما و بارش در منطقه مطالعاتی به ترتیب رو به افزایش و کاهش می‌باشد. در مجموع با توجه به نبود روند معنی‌دار در اکثریت قریب به اتفاق شاخص‌ها می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات و نوسانات رخ داده در منطقه مطالعاتی ارتباطی با پدیده تغییر اقلیم ندارد، هرچند که پی بردن به این تغییرات می‌تواند کمک بسیار شایانی به تصمیم‌گیری مدیران و برنامه‌ریزان شهری و منطقه‌ای، به خصوص در رابطه با امور مرتبط با توسعه کلان‌شهرها و کشاورزی و غیره کند.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۹

تاریخ داوری: ۱۳۹۹/۰۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۱

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



DOI:

10.30495/jzpm.2022.4059

واژه‌های کلیدی:

تغییر اقلیم، شاخص‌های اقلیمی، من-کندال، روند، جنوب شرق ایران

* نویسنده مسئول: سید حسن علوی‌نیا

نشانی: کاشان، دانشگاه کاشان

تلفن: ۰۹۱۶۳۴۴۴۹۴۴

پست الکترونیکی: s.h.alavinia@kashanu.ac.ir

حدی اقلیمی نه تنها نقش مهمی در تجزیه و تحلیل وقایع اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای و جهانی دارند، بلکه به مدل‌سازی اقلیمی و تصمیم‌گیری در ارزیابی اثرات بخش‌های متنوع نیز کمک می‌کند (Mistry, 2019: 41).

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

محققین متعددی در سطوح بین‌المللی به بررسی شاخص‌های حدی اقلیمی در مطالعات خود پرداخته‌اند (Eftymiadis et al. 2011: 2199; Dos Santos et al. 2011: 1813; Bürger et al. 2012: 4366; Yao et al. 2013: 7692; Sillmann et al. 2013: 1716; Donat et al. 2014: 581; Almazroui et al. 2014: 808; Powel and Keim, 2015: 1592; Halimatou et al, 2017: 8; Nkemelang et al. 2018; Li et al, 2018: 322). برای مثال اقیمیاتیس (۲۰۱۱)^۳، در پژوهشی مجموعه‌ای از داده‌های روزانه را برای تشخیص روند درجه حرارت حدی در دریای مدیترانه در نیمه دوم قرن بیستم استفاده نمود. نتایج نشان داد که به طور کلی روند مشاهده شده با روند جهانی مطابقت دارد و روند درجه حرارت‌های سرد کاهشی و درجه حرارت‌های گرم افزایشی می‌باشد در پژوهشی دیگر توسط آلمازوری (۲۰۱۴)^۳، در عربستان سعودی از داده‌های روزانه گردآوری شده از ۲۷ ایستگاه، به منظور محاسبه شاخص‌های اقلیمی از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ استفاده کرد. آن‌ها گزارش دادند که شاخص‌های حدی دما بویژه در سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۹۶ در مقایسه با دوره قبلی (۱۹۸۱-۱۹۹۵) به طرز چشمگیری افزایش یافته‌اند. لی و همکاران (۲۰۱۸)^۴ نیز وقایع حدی بارش را در مغولستان ارزیابی نمودند. ایشان نشان دادند که ۱۱ شاخص حدی بارش به جز شاخص‌های R0.5، R10 و PRCPTOT بین سال‌های ۱۹۵۹ تا ۲۰۱۴ کاهش یافته‌اند و بیش‌تر شاخص‌ها در طول زمان روند غیرمعنی‌داری دارند. در پژوهش دیگری روش ناپارامتریک برآوردکننده شیب سن برای بررسی تغییرات فراوانی روزهای شرجی در نیمه جنوبی ایران بکار گرفته شد. در این مطالعه که از ۱۵ ایستگاه سینوپتیک جنوب ایران استفاده شد نتایج نشان داد که در سه فصل پاییز، زمستان و بهار هیچ‌گونه روند معناداری در فراوانی روزهای شرجی در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح احتمالاتی ۹۵ درصد مشاهده نشد. در فصل تابستان تنها ایستگاهی که روند معناداری در آن مشاهده شد ایستگاه دزفول با شیب روند ۱/۰۵- بود که جهت روند آن نیز کاهشی بوده است. در مقیاس سالانه هم تنها در چهار ایستگاه کرمان با شیب روند ۰/۱-، دزفول با شیب ۱/۴۶-، ایرانشهر با شیب روند ۱/۰۸- و زاهدان با شیب روند ۰/۱۶- روند معناداری در فراوانی روزهای شرجی مشاهده شد که این روند برای هر چهار ایستگاه یک روند کاهشی بوده است (Mahmoudi et al. 2016: 55).

پارامترهای اقلیمی در مقیاس زمان و مکان به دلایل زیادی تغییر می‌کنند که باید نحوه تغییرات آن‌ها بر اساس مشاهدات و با بهره‌گیری از

با توجه به اهمیت تغییر اقلیم و اثراتی که این پدیده روی سیستم‌های گوناگون برجای می‌گذارد، در سال‌های اخیر و در کشورهای گوناگون، پژوهش‌گران زیادی اقدام به بررسی و تحقیق در مورد این مقوله‌ی مهم نموده‌اند. افزایش طول دوره رشد، افزایش دما و ذوب شدن یخ‌های قطبی و بالا آمدن سطح آب‌ها، کاهش بارش و خشک‌سالی‌های پایی و شدید، افزایش وقایع سیل، امواج گرمایی و کاهش امواج سرما می‌تواند به‌عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم، موجب ایجاد مشکلات اقتصادی و اجتماعی فراوانی در سرتاسر جهان شود. تغییر اقلیم ناشی از فعالیت‌های انسانی، افزون بر اینکه بر رواناب و دبی رودخانه‌ها موثر است، بلکه بر مقدار نیاز آبی گیاهان نیز تأثیر می‌گذارد. تغییر در تاریخ کاشت گیاهان، طول دوره رشد، میزان تبخیر و تعرق از سطح گیاهان و بارش موثر از جمله اثرات تغییر اقلیم است که می‌تواند تقاضای آب در بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهد (Ramazanpour, 2018: 70). برخی از پژوهش‌های مرتبط با تغییر اقلیم به دنبال یافتن دلیل وقوع رخداد و برخی دیگر صرفاً به واکاوی و شناخت پدیده تغییر اقلیم می‌پردازند.

شناخت پدیده تغییر اقلیم نیازمند بررسی روند سری زمانی پارامترهای اقلیمی همچون بارش و دما می‌باشد. برای تشخیص پدیده تغییر اقلیم سری‌های زمانی بلندمدت داده‌های اقلیمی مورد نیاز می‌باشد و قسمت عمده‌ای از مطالعات مرتبط با تغییر اقلیم از راه بررسی تغییرات سری‌های زمانی مربوط به بارندگی، دما، فشار، رطوبت و غیره و تشخیص وجود روند مثبت یا منفی در این گونه سری‌ها انجام می‌گیرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد این عناصر جوی به شدت تحت تأثیر گرمایش زمین، گازهای گلخانه‌ای، پدیده‌های سطحی (افزایش دمای اقیانوس و سطح زمین)، شهرنشینی و جزایر زمین گرمایی در شهرها می‌باشد (Ben-Gai et al., 2001: 363). همچنین، (You et al., 2011: 2399). محاسبه شده بر اساس پارامترهای هواشناسی که بر اساس زمان مرتب شده‌اند نیز سری زمانی گفته می‌شود. برای تحلیل سری‌های زمانی، می‌بایست از وجود یا عدم وجود روند^۱ توسط آزمون‌های آماری مطلع شد به طور کلی می‌توان گفت که وجود روند در سری‌های زمانی شاخص‌های آب و هواشناسی می‌تواند ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم و یا در اثر فعالیت‌های انسانی باشد (Brooks and Carruthers, 1953). همچنین، این نکته لازم به ذکر است که اثبات وجود روند معنی‌داری در یک سری زمانی مربوط به بارش یا دما (برای مثال شاخص‌های حدی اقلیمی محاسبه‌شده برای بارش و دما) نمی‌تواند به تنهایی دلیلی قاطع بر وجود و وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد، بلکه فرض رخداد آن را تقویت می‌کند (Serrano et al. 1999: 2894)، که دلیل این امر ناشی از تعدد عوامل کنترل‌کننده و دخیل در سامانه‌های اقلیمی می‌باشد. شاخص‌های

³- Almazroui et al. 2014

⁴- Li et al, 2018: 322

¹- Trend

²- Eftymiadis et al. 2011: 2199

و دمای روزانه ۳ ایستگاه سینوپتیک موجود در منطقه مطالعاتی و نمایه‌های معرفی شده توسط تیم کارشناسی شناسایی تغییر اقلیم و شاخص‌ها (ETCCDI^۲) استفاده و روند شاخص‌های مورد مطالعه با استفاده از آزمون من-کندل تعیین شد.

روش پژوهش و شناخت محدوده

تیم کارشناسی شناسایی تغییر اقلیم و شاخص‌ها (ETCCDI) ۳۷ شاخص اقلیمی برای بررسی نمایه‌های اقلیمی معرفی نمود (Peterson et al. 2001) که از این تعداد ۱۶ شاخص مربوط به وقایع دمایی و ۱۱ شاخص به بررسی مقادیر بارشی اختصاص دارد (جدول ۱ و ۲). این نمایه‌ها را می‌توان به پنج گروه دسته‌بندی کرد که شامل ۱) نمایه‌های صدکی (TN10p, TN90p, TX10p, TX90p, R95p و R99p)؛ ۲) نمایه‌های مطلق (TXx, TNx, TXn, TNn, RX1day)؛ ۳) نمایه‌های آستانه‌ای (FD, ID, SU, TR, R10, RX5day)؛ ۴) نمایه‌های دوره‌ای (CSDI, WSDI, GSL, CDD, R20)؛ و ۵) نمایه‌های دیگر که در هیچ یک از گروه‌های فوق نمی‌گنجد، اما تغییرات آن‌ها می‌تواند اثرات اجتماعی گسترده‌ای داشته باشد (Peterson 2005: 83; Zhang et al. 2011: 851). این نمایه‌ها لزوماً برای هر اقلیمی مناسب نیستند، چرا که آستانه‌هایی که در نظر گرفته شده‌اند در همه جا کاربردپذیر نیستند. در مطالعات گوناگون با اهداف متفاوت، پژوهش‌گران از شاخص‌های مورد نیاز خود استفاده می‌نمایند. برای مثال در مناطق گرمسیری شاخص مربوط به روزهای یخی (ID) کاربردی در مطالعات نخواهد داشت و باید از نمایه‌هایی که متناسب با شرایط آب و هوایی آن منطقه هستند استفاده نمود.

روش‌های آماری تشخیص داده شود. تحلیل روند از جمله مهم‌ترین روش‌های آماری است که به طور گسترده برای ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر روی سری‌های زمانی مانند سری‌های زمانی مشاهداتی دما، بارش، جریان رودخانه و ... در نقاط گوناگون جهان استفاده شده است. روش‌های آماری زیادی جهت تحلیل روند سری‌های زمانی وجود دارد که این روش‌ها به طور کلی در دو دسته روش‌های پارامتری و ناپارامتری تقسیم‌بندی می‌شوند. برای سری‌هایی که توزیع آماری خاصی بر آن‌ها قابل برآزش نیست، استفاده از روش‌های ناپارامتریک مناسب‌تر است (Takeuchi and Ishidaira, 2003: 144). آزمون من-کندل^۱ جزء متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی به شمار می‌رود و با استفاده از روش من-کندل تغییرات روند داده‌ها شناسایی می‌شود. این روش به گونه گسترده و متداولی در تحلیل روند سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و هواشناسی بکار می‌رود (Pasquini et al, 2006: 1989; Shahid and Hazarika, 2009: 127). از نقاط قوت آن می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی سری‌های زمانی مشاهده می‌شود نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است و با توجه به اینکه تغییرات اقلیمی نیز در رابطه با تغییر در مقادیر حدی پارامترهای اقلیمی می‌باشد، استفاده از آزمون من-کندال برای بررسی وجود یا عدم وجود روند در سری‌های زمانی شاخص‌های محاسبه‌شده در رابطه با بررسی پدیده تغییر اقلیم توصیه می‌شود. با بررسی روند می‌توان به این نتیجه رسید که تغییرات رخ داده در منطقه در اثر پدیده تغییر اقلیم بوده و یا در نتیجه تغییرات موقتی و طبیعی روی داده است و فرآیندی دائمی و همیشگی نمی‌باشند. تحقیق حاضر به منظور بررسی روند شاخص‌های حدی بارش و دما و با هدف تشخیص وقوع یا عدم وقوع تغییر اقلیم در استان سیستان و بلوچستان هدفگذاری شده است. برای دستیابی به هدف یاد شده در تحقیق حاضر از آمار بارش

جدول ۱- نمایه‌های حدی دما گروه کارشناسی شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها

نمایه	تعریف	واحد
FD	روزهای یخبندان: تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه روزانه کوچک‌تر از صفر درجه سانتیگراد باشد	روز
SU25	روزهای تابستانی: تعداد روزهایی از سال که دمای بیشینه روزانه بزرگ‌تر از ۲۵ درجه سانتیگراد باشد	روز
ID	روزهای یخی: تعداد روزهایی از سال که دمای بیشینه روزانه کوچک‌تر از صفر درجه سانتیگراد باشد	روز
TR20	شب‌های حاره‌ای: تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه بیش‌تر از ۲۰ درجه سانتیگراد باشد	روز
GSL	طول فصل رشد در سال	روز
TXx	بزرگ‌ترین دمای بیشینه: میزان بیشینه دمای بیشینه روزانه در ماه	سانتیگراد
TXn	کوچک‌ترین دمای بیشینه: میزان کمینه دمای کمینه روزانه در ماه	سانتیگراد

²- Expert Team on Climate Change Detection and Indices

¹- Mann-Kendal

ساتیگراد	بزرگ‌ترین دمای کمینه: میزان بیشینه دمای کمینه در ماه	TNx
ساتیگراد	کوچک‌ترین دمای کمینه: میزان کمینه دمای کمینه در ماه	TNn
روز	شب‌های سرد: درصدی از روزها که دمای شبانه کوچک‌تر از صدک ۱۰ام دوره مینا باشد	TN10p
روز	روزهای سرد: درصدی از روزها که دمای روزانه کوچک‌تر از صدک ۱۰ام دوره مینا باشد	TX10p
روز	شب‌های گرم: درصدی از روزها که دمای شبانه بزرگ‌تر از صدک ۹۰ام دوره مینا باشد	TN90p
روز	روزهای گرم: درصدی از روزها که دمای روزانه بزرگ‌تر از صدک ۹۰ام دوره مینا باشد	TX90p
روز	موج گرما: تعداد روزهای از سال که کمینه ۶ روز پیاپی دمای روزانه بیش‌تر از صدک ۹۰ام دوره مینا باشد	WSDI
روز	موج سرما: تعداد روزهای از سال که کمینه ۶ روز متوالی دمای شبانه کوچک‌تر از صدک ۱۰ام دوره مینا باشد	CSDI
ساتیگراد	دامنه دمای شبانه‌روزی: تفاوت میانگین ماهانه دمای روزانه و شبانه	DTR

جدول ۲- نمایه‌های حدی بارش گروه کارشناسی شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها

واحد	تعریف	نمایه
میلیم تر	بیش‌ترین مقدار بارش یک‌روزه: بیش‌ترین بارش یک‌روزه در ماه	RX1day
میلیم تر	بیش‌ترین مقدار بارش پنج‌روزه: بیش‌ترین بارش ۵ روز متوالی در ماه	RX5day
میلیم تر در روز	نمایه ساده شدت بارش روزانه: از تقسیم مقدار کل بارش سالانه بر تعداد روزهای بارشی (دستکم ۱ میلیمتر) سالانه به دست می‌آید.	SDII
روز	تعداد روزهای همراه با بارش سنگین: تعداد روزهایی که در سال بارش دستکم ۱۰ میلیمتر باشد	R10
روز	تعداد روزهای همراه با بارش ابر سنگین: تعداد روزهایی که در سال بارش دستکم ۲۰ میلیمتر باشد	R20
روز	تعداد روزهای با بارش بیش‌تر از n میلیمتر: تعداد روزهایی که در سال بارش دستکم n میلیمتر باشد	Rnn
روز	روزهای متوالی خشک: بیش‌ترین تعداد روزهای متوالی که بارش کمتر از ۱ میلیمتر باشد	CDD
روز	روزهای متوالی مرطوب: بیش‌ترین تعداد روزهای متوالی که بارش بیش‌تر از ۱ میلیمتر باشد	CWD
میلیم تر	روزهای خیلی مرطوب: مجموع مقدار بارش روزهایی از سال که مقدار بارش بیش از صدک ۹۵ام دوره مینا باشد	R95p
میلیم تر	روزهای بسیار مرطوب: مجموع مقدار بارش روزهایی از سال که مقدار بارش بیش از صدک ۹۹ام دوره مینا باشد	R99p
میلیم تر	مقدار کل بارش روزهای مرطوب سالانه: مقدار کل بارش روزهای مرطوب (مقدار بارش دستکم از ۱ میلیمتر بیش‌تر باشد) سالانه	PRCPTOT

مطالعه، نمودارهای ناهنجاری‌های اقلیمی نسبت به میانگین بلندمدت برای هر یک از شاخص‌های اقلیمی و همچنین، برای میانگین دمای بیشینه و کمینه سالانه نیز رسم و در نهایت، برای تعیین روند هر کدام از شاخص‌ها از آزمون من-کندال استفاده و شیب روند، با تخمین گر شیب سن برآورد شد.

برای محاسبه آزمون من-کندال در ابتدا باید اختلاف بین تک‌تک داده‌ها با یکدیگر محاسبه گردد و تابع علامت اعمال و پارامتر S مطابق با رابطه ۱ بدست آید:

در این پژوهش از شاخص‌های اقلیمی RX5day, RX1day, R10, R20, CDD, CWD, PRCPTOT و R95p برای بارش و از شاخص‌های TXx, TNn برای دما استفاده شد. همچنین، برای پارامتر دما دو شاخص میانگین سالانه دمای کمینه‌ها و میانگین سالانه دمای بیشینه‌ها نیز محاسبه شد که تمام این نمایه‌ها توسط کد نرم‌افزاری RCLIMDEX محاسبه شد. شاخص‌های یاد شده به صورت ایستگاهی محاسبه شده که برای هر ایستگاه سری‌های زمانی مرتبط با هر شاخص بدست آمد پس از محاسبه هر یک از شاخص‌های اقلیمی مورد استفاده و تعیین سری زمانی مربوط به شاخص‌ها برای ایستگاه‌های سینوپتیک مورد

آزمون من-کنال در سطح اعتماد ۹۰ درصد، ۹۵ درصد و ۹۹ درصد، به ترتیب در سطح معناداری ۱۰ درصد، ۵ درصد و ۱ درصد برای هر یک از سری‌های زمانی شاخص‌های محاسبه‌شده مرتبط با تغییر اقلیم بکار گرفته شد و بر طبق آماره Z این آزمون روند صعودی یا نزولی هر شاخص در طی زمان بدست آمد پس از تشخیص وجود یا عدم وجود روند در سری زمانی مورد نظر، شیب خط روند توسط روش تخمین گر شیب سن^۱ (Qmed) تعیین می‌شود. میزان این شیب بزرگی روند را نشان می‌دهد. بدین معنی که اگر شیب خط روند کاهشی بود به ازاء مقدار آن در طول دوره آماری شاخص مورد نظر کاهش داشته و در مقابل اگر شیب خط روند افزایشی باشد، به میزان شیب در طول دوره آماری، میزان شاخص مورد نظر افزایش داشته است.

محدوده مورد مطالعه

استان سیستان و بلوچستان با ۱۷۸۴۳۱ کیلومتر مربع وسعت در جنوب شرقی کشور واقع شده است که ۹/۱۰ درصد از کل مساحت کشور را شامل می‌شود. استان‌های همجوار با سیستان و بلوچستان در شمال خراسان جنوبی، در غرب استان‌های کرمان و هرمزگان و از شرق با دو کشور پاکستان و افغانستان هم‌مرز می‌باشد. هم‌چنین، این استان در جنوب به دریای عمان محدود می‌شود. محدوده جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بین ۲۵ درجه و ۰۴ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و بین ۵۸ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۴). این استان به‌علت قرار گرفتن در عرض جغرافیایی پایین، از آب و هوایی گرم و خشک برخوردار است و در بیش از نیمی از سال تحت تسلط سامانه پرفشار جنب حاره‌ای قرار دارد. همین عامل باعث گرم و خشک شدن هوا می‌شود (رضیعی، ۱۳۸۶).

برای مطالعه تغییر اقلیم بایستی از بازه زمانی بلندمدت بهره جست، چرا که بررسی وقایع اقلیمی با استفاده از دوره‌های آماری کوتاه مدت می‌تواند خطاهایی را در بر داشته باشد. در این مطالعه برای دقت در نتایج حاصله، بنا شد از داده‌های روزانه بارش و دمای دوره آماری ۵۰ ساله، از سال ۱۹۶۶ الی ۲۰۱۵ میلادی استفاده گردد. به همین دلیل از آمار بارش و دمای ۳ ایستگاه سینوپتیک موجود در استان سیستان و بلوچستان شامل ایستگاه‌های زابل، زاهدان و ایرانشهر استفاده شد که مشخصات آن‌ها در جدول شماره ۳ ارائه شده است (جدول ۳). شکل ۱ موقعیت استان و ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه سیستان و بلوچستان را نشان می‌دهد.

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

که در آن n تعداد مشاهدات سری آماری و x_j و x_k به ترتیب داده‌های زمان و k ام سری هستند. تابع علامت نیز به صورت رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

$$\operatorname{sgn}(x) = \begin{cases} (x_j - x_k) > 0 & \text{if} \\ (x_j - x_k) = 0 & \text{if} \\ \begin{cases} +1 \\ 0 \\ -1 \end{cases} & \end{cases} \quad \text{رابطه (۲)}$$

مرحله بعد محاسبه واریانس است که به کمک یکی از روابط ۳ و ۴ بدست می‌آید:

$$\operatorname{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2x+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad \text{if } n > 10 \quad \text{رابطه (۳)}$$

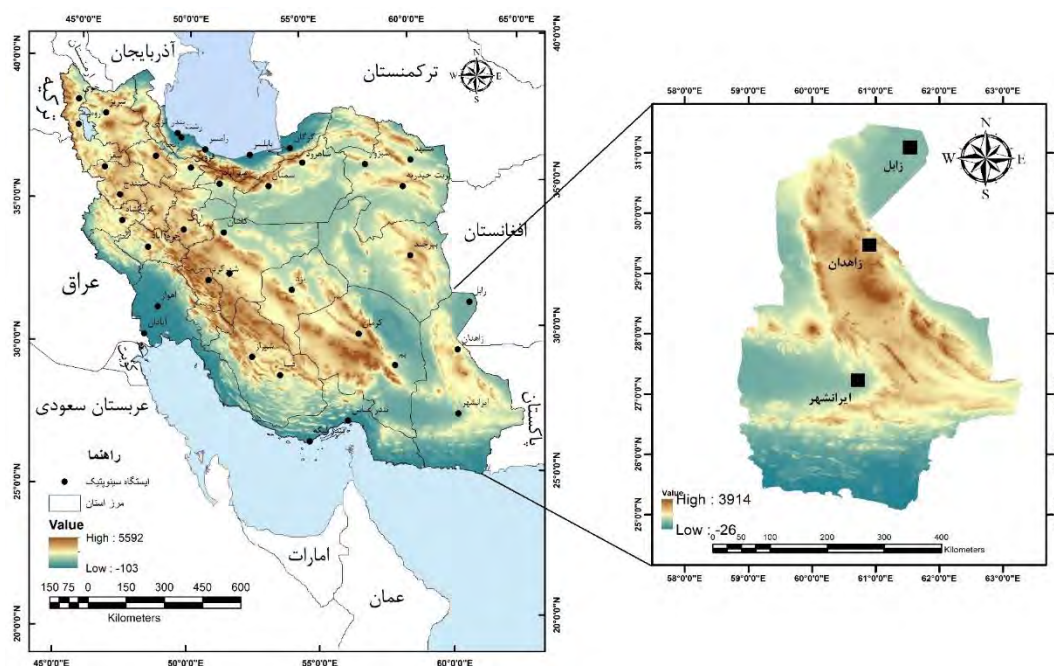
$$\operatorname{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad \text{if } n < 10 \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن n تعداد داده‌های مشاهداتی، m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها کمینه یک داده تکراری وجود دارد و t نشان‌دهنده فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد. در مرحله بعد باید آماری Z توسط یکی از رابطه‌های ۵ محاسبه شود:

$$Z = \begin{cases} S > 0 & \text{if} \\ S = 0 & \text{if} \\ S < 0 & \text{if} \end{cases} \quad Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\operatorname{Var}(S)}} \\ 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\operatorname{Var}(S)}} \end{cases} \quad \text{رابطه (۵)}$$

مرحله نهایی آزمون فرض است. بدین معنی که فرض صفر حاکی از نبود روند و تصادفی بودن سری زمانی دارد و این به معنی دار نبودن آماره Z می‌باشد. هنگامی این فرض تأیید می‌شود که $-Z_{\alpha/2} < |Z| < Z_{\alpha/2}$ باشد. مقادیر $Z_{\alpha/2}$ انحراف نرمال استاندارد (Z جدول) است و α سطح معنی‌داری است که Z از نظر آماری معنی‌دار است. زمانی این فرض تأیید می‌شود که $Z < -Z_{\alpha/2}$ یا $Z > Z_{\alpha/2}$ باشد (Gan, 1998: 3009). اگر Z کوچک‌تر از صفر باشد روند سری زمانی منفی و اگر مثبت باشد روند مورد نظر مثبت می‌باشد.

^۱- Sen's Estimator



شکل ۱- موقعیت استان سیستان و بلوچستان در کشور و ایستگاههای مورد مطالعه در منطقه

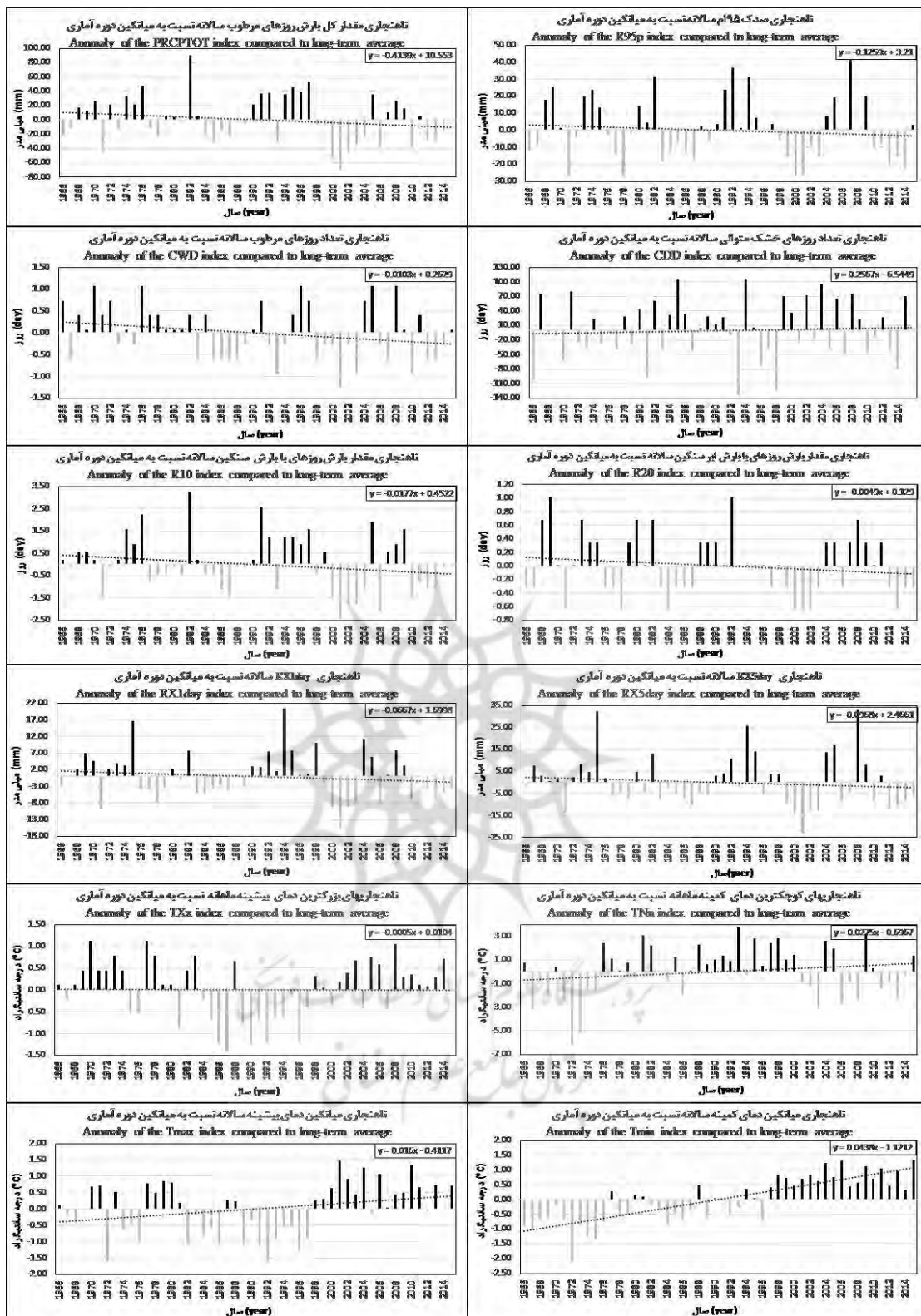
جدول ۳- مشخصات ایستگاههای سینوپتیک مورد مطالعه در ایران

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)
۱	زابل	۳۱.۰۹°	۶۱.۵۴°	۴۸۹/۲
۲	زاهدان	۲۹.۴۷°	۶۰.۹۰°	۱۳۷۰
۳	ایرانشهر	۲۷.۲۳°	۶۰.۷۲°	۵۹۱/۱

بحث و یافته‌ها

ایستگاههای یاد شده در دوره آماری ۱۹۶۶ تا ۲۰۱۵ استفاده شد. با استفاده از شاخص‌های حدی بارش و دما، ارائه شده توسط گروه ETCCDI وضعیت اقلیم منطقه مشخص شد و ناهنجاری هر یک از شاخص‌های اقلیمی مورد مطالعه نسبت به میانگین بلندمدت بدست آمد (شکل ۲).

در این مطالعه وضعیت تغییر اقلیم استان سیستان و بلوچستان با استفاده از سه ایستگاه سینوپتیک زابل، زاهدان و ایرانشهر بررسی شد. به همین منظور از داده‌های روزانه بارش و دمای



شکل ۲- نمودارهای ناهنجاری‌های شاخص‌های اقلیمی مورد مطالعه نسبت به میانگین بلندمدت

منفی نسبت به میانگین بلندمدت برای شاخص مقدار کل بارش روزهای مرطوب سالانه به ترتیب در سال‌های ۱۹۸۲ و ۲۰۰۱ رخ داده است. همچنین، برای شاخص روزهای خیلی مرطوب به

همان‌گونه که در شکل ۲ نمایان است نمایه‌های مربوط به مقدار بارش شامل شاخص‌های PRCPTOT و R95p در طی دوره آماری سیری نزولی دارند و بیش‌ترین ناهنجاری مثبت و

منطقه مطالعاتی، بویژه در مورد میانگین دمای کمینه، با شبی نسبتاً زیاد در حال افزایش می‌باشد.

در ادامه مطالعه به بررسی وجود یا عدم وجود روند در شاخص‌های اقلیمی تحت مطالعه توسط محاسبه آماره Z من-کندال پرداخته شد و در پی آن توسط روش تخمین‌گر شیب سن (Qmed) شیب خط روند شاخص‌های اقلیمی گروه ETCCDI برای هر یک از ایستگاههای سینوپتیک مورد مطالعه در استان سیستان و بلوچستان بدست آمد که نتایج آن در جدول ۲ مشاهده می‌شود. همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است روند شاخص‌های گروه ETCCDI شامل نمایه‌های بارش RX1day، PRCPTOT، R10 و R95p در سه ایستگاه سینوپتیک مورد مطالعه روند کاهشی غیرمعنی‌دار دارند. هم‌چنین، نمایه RX5day در دو ایستگاه زابل و ایرانشهر کاهشی بدون روند و در ایستگاه زاهدان بدون روند و تغییر می‌باشد. در رابطه با شاخص روزهای متوالی مرطوب نتایج نشان داد که این شاخص در تمام ایستگاهها کاهشی است که در ایستگاه ایرانشهر کاهش معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و در دو ایستگاه دیگر کاهش بدون روند (غیرمعنادار) می‌باشد. افزون بر این شاخص روزهای متوالی خشک یا CDD در ایستگاههای زابل و زاهدان افزایش و در ایستگاه ایرانشهر کاهش غیر معنی‌داری را نشان می‌دهد. در رابطه با روند شاخص‌های حدی اقلیمی مرتبط با دما مشخص شد که روند نمایه کوچک‌ترین دمای کمینه در دو ایستگاه زاهدان و ایرانشهر افزایش غیرمعنی‌داری دارد و در ایستگاه زابل بدون روند می‌باشد. هم‌چنین، شاخص بزرگ‌ترین دمای کمینه در ایستگاههای زابل و زاهدان افزایش بدون روند و در ایستگاه ایرانشهر کاهش معناداری در سطح اعتماد ۹۰ درصد دارد.

ترتیب بیش‌ترین اختلاف مثبت و منفی نسبت به میانگین مربوط به سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۱ می‌باشد. شاخص تعداد روزهای متوالی مرطوب سالانه نیز دارای شبی کاهشی و در مقابل آن شاخص تعداد روزهای خشک متوالی سالانه با شبی افزایشی دوره آماری را طی می‌کنند. از بررسی این دو شاخص می‌توان نتیجه گرفت که طی دوره آماری مورد مطالعه پراکنش زمانی بارش نیز نامناسب بوده است. هم‌چنین، ناهنجاری‌های مربوط به شاخص‌های مرتبط با شدت بارندگی شامل نمایه‌های RX1day و RX5day، R10 و R20 نیز دارای سیر نزولی می‌باشند. برای نمونه بیش‌ترین ناهنجاری‌های افزایشی و کاهشی شاخص بیش‌ترین مقدار بارش ۵ روزه به ترتیب مربوط به سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۱ می‌باشد. هم‌چنین، در مورد نمایه تعداد روزهای همراه با بارش ابر سنگین نیز باید ذکر شود که بیش‌ترین اختلاف افزایشی و کاهشی نسبت به میانگین دوره آماری منتخب به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۰۱ بوده است. در مورد نمایه‌های مربوط به پارامتر دما باید ذکر کرد که درجه حرارت در طی سال‌های مورد مطالعه روندی افزایشی را دنبال می‌کند. آنومالی شاخص کوچک‌ترین دمای کمینه ماهانه با شبی نسبتاً زیاد در حال افزایش می‌باشد. بدین معنی که در سال‌های مورد نظر روزهای سرد در حال کاهش می‌باشد و به طور کلی دماهای کمینه‌ای سیر افزایشی را در پی گرفته‌اند. در مقابل ناهنجاری نمایه بزرگ‌ترین دمای بیشینه ماهانه تقریباً روندی پایدار داشته است و تغییرات چندانی را نشان نمی‌دهد. افزون بر این در این مطالعه نمودار آنومالی میانگین دمای کمینه و بیشینه سالانه نیز رسم شد. در این دو نمودار به طور آشکارا مشاهده می‌شود که درجه حرارت

جدول ۴- مقادیر آماره Z من-کندال و Qmed هر کدام از شاخص‌های حدی بارش و دما برای ایستگاههای سینوپتیک

مورد مطالعه

ایستگاه	زابل	زاهدان	ایرانشهر	شاخص اقلیم
Z	-۱/۰۹	-۰/۹۲	-۱/۱۹	PrpcToT
Qmed	-۰/۳۷	-۰/۳۷	-۰/۵۴	Qmed
Z	-۱/۱۶	-۰/۶۱	-۰/۵۷	Rx1day
Qmed	-۰/۰۸	-۰/۰۵	-۰/۰۶	Qmed
Z	-۱/۰۵	-۰/۰۳	-۱/۱۸	Rx5day
Qmed	-۰/۱۰	۰/۰۰	-۰/۲۱	Qmed
Z	-۰/۹۰	-۱/۱۶	-۱/۱۱	R 10
Qmed	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	Qmed
Z	-۰/۲۲	-۱/۴۱	-۰/۱۲	R 20
Qmed	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	Qmed

-۰/۹۲	-۰/۷۲	-۱/۳۴	Z	R90p
-۰/۴۲	-۰/۰۷	-۱/۴۸	Qmed	
-۰/۱۶	۰/۷۳	۰/۱۴	Z	CDD
-۰/۰۷	۰/۵۶	۰/۰۹	Qmed	
-۱/۹۶**	-۰/۸۹	-۰/۴۱	Z	CWD
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	Qmed	
-۱/۷۶**	۱/۴۲	۱/۰۰	Z	TXx
-۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰	Qmed	
۰/۹۲	۱/۵۴	-۰/۰۲	Z	TNn
۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۰	Qmed	

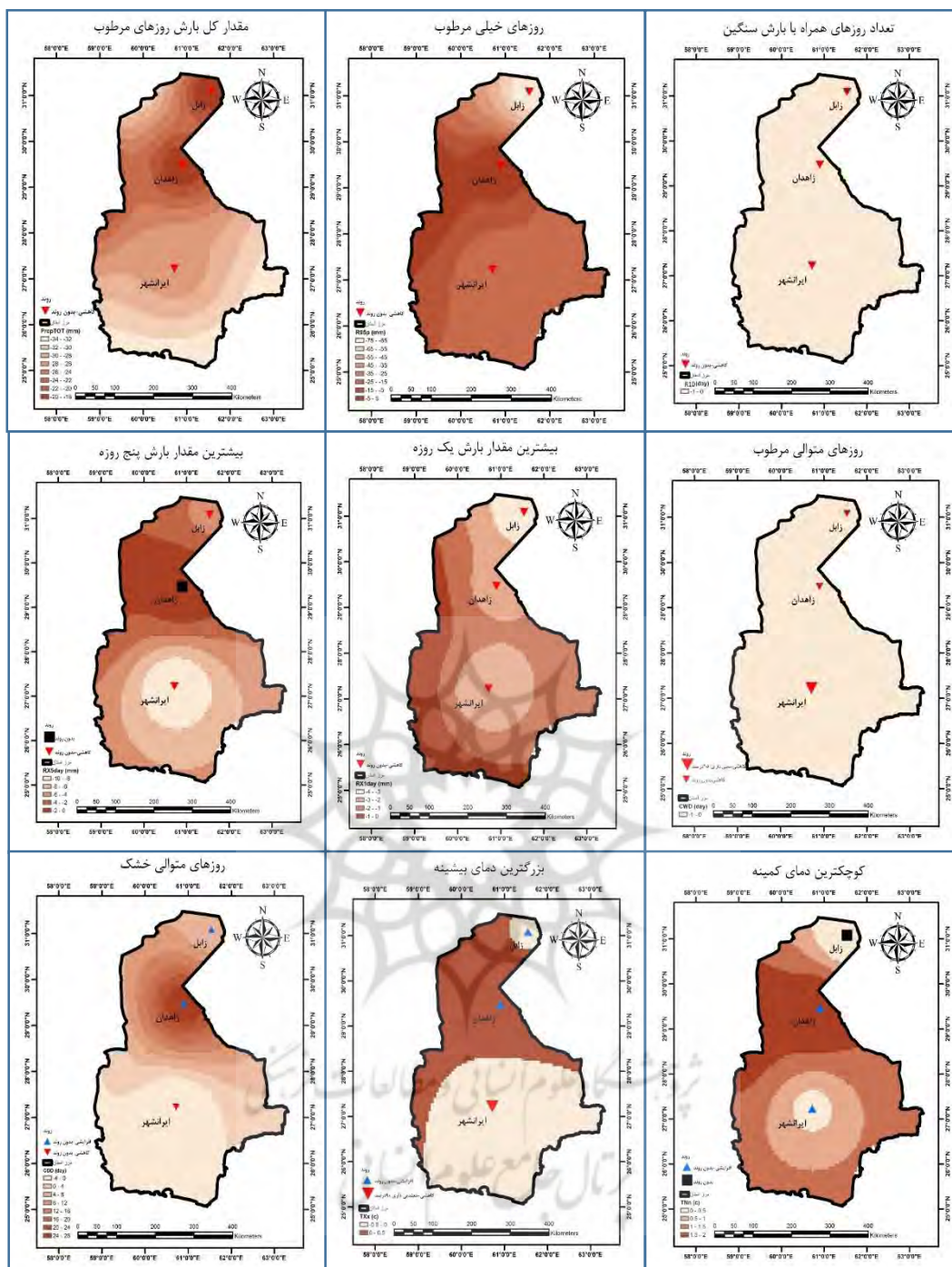
*معناداری در سطح اطمینان ۹۰ درصد

**معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

نمایه RX1day از صفر تا ۴ میلی‌متر کاهش را طی ۵۰ سال دوره آماری نشان می‌دهد که بیش‌ترین کاهش در شمال استان و اطراف ایستگاه زابل می‌باشد. در مورد روزهای خشک متوالی تا افزایش ۲۸ روز هم مشاهده می‌شود که حوالی ایستگاه زاهدان بیش‌ترین شدت را دارا می‌باشد. اما در مورد نمایه‌های مربوط به دما شاخص TNn کاهش در حدود ۰/۵ تا ۲ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد که بیش‌ترین تغییر در اطراف ایستگاه زاهدان می‌باشد، اما تغییرات در مورد شاخص TXx تا حدود ۰/۵ درجه سانتی‌گراد رخ داده است.

در ادامه برای درک بهتر از تغییرات صورت گرفته در طی دوره آماری ۵۰ ساله در منطقه مورد مطالعه، نقشه‌های پهنه‌بندی تغییرات هر کدام از شاخص‌های اقلیمی تحت بررسی تهیه شد که در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که شکل ۳ نشان می‌دهد بیش‌ترین کاهش نمایه PRCPTOT در طی دوره آماری در جنوب استان و تا حدود ۳۴ میلی‌متر می‌باشد. بیش‌ترین تغییرات شاخص R95p در اطراف ایستگاه زابل اتفاق افتاده است که تا ۷۵ میلی‌متر کاهش را نشان می‌دهد. بیش‌ترین مقدار بارش ۵ روز متوالی در ماه نیز در اطراف ایستگاه ایرانشهر رخ داده است که تا حدود ۱۰ میلی‌متر کاهش را نشان می‌دهد. تغییرات

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۳- روند نمایه‌های شاخص‌های اقلیمی مورد مطالعه و تغییرات آن‌ها در طی دوره آماری ۵۰ ساله

نتیجه‌گیری

پدیده تغییر اقلیم در دوران‌های گوناگون زمین‌شناسی از گذشته تاکنون وجود داشته و واقعه جدیدی نمی‌باشد و منحصر به عصر حاضر نیست. اما آنچه که پدیده تغییر اقلیم در قرن حاضر را با گذشته متمایز می‌نماید، ماهیت، شدت و سرعت تغییر اقلیم می‌باشد. علت پدیده تغییر اقلیم در گذشته صرفاً طبیعی بوده است. این در صورتی است که علل غیرطبیعی و اقدامات و فعالیت‌های

انسانی در سال‌های اخیر در وقوع و یا شدت بخشیدن به این واقعه موثر بوده است و این امر یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی بشر می‌باشد. اصطلاح تغییر اقلیم با تغییرات اقلیمی متفاوت می‌باشد، چرا که تغییرات اقلیمی دوره‌ای است و نوسانات و انحرافات پارامترهای اقلیمی از میزان میانگین را بیان می‌کند و در مقاطع زمانی گوناگون ممکن است رخ دهد، در صورتی که تغییر اقلیم به نوسانات کلی و گسترده در شرایط آب و هوایی یک

مناطق اقلیمی درونی و ساحلی ایران بررسی نمودند مطابقت دارد. همچنین، نتایج تحقیق حاضر با مطالعه دارند^۳ (۲۰۱۵) که اقلیم را طی دهه‌های اخیر در ایران بررسی نمود نیز همخوانی دارد. رخداد تغییرات مشاهده شده در منطقه موجب تغییرات شگرفی در افزایش تقاضای انرژی و آب و همچنین، تغییر در منابع آبی منطقه می‌شود. از سوی دیگر این تغییرات قطعاً بر کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی نیز تأثیر مستقیم خواهد داشت، چرا که نه تنها کاهش بارش‌ها و افزایش دما و تبخیر و تعرق می‌تواند کمیت محصولات کشاورزی را موجب گردد، بلکه این امر کیفیت محصولات کشاورزی را از جنبه جابه‌جایی فصل‌ها و تغییر فصل رشد گیاهان نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، نتایج این مطالعه و پژوهش‌هایی از این دست در آینده می‌تواند کمک شایان و چراغ راهی برای برنامه‌ریزان، تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران در جهت اتخاذ راهکارهای مقابله با این تغییرات، چه به‌لحاظ مدیریت ریسک و دستیابی به انرژی‌های نو، کم‌هزینه و زیست-محیطی در جهت کاهش رخداد این وقایع و چه به‌لحاظ مدیریت بحران در رابطه با سرمایه‌گذاری و ارتقاء و بهبود زیرساخت‌های مقابله با این پدیده در حال وقوع باشد. در پایان پیشنهاد می‌شود این‌گونه مطالعات در این منطقه و مناطق دیگر کشور ایران با دیگر آزمون‌های تشخیص روند نیز انجام گردد تا نتایج دیگر آزمون‌ها با نتایج آزمون آماری من-کندال در منطقه مقایسه گردد. همچنین، توصیه می‌شود این‌گونه پژوهش‌ها در دوره‌های آماری منطبق با فصول رشد منطقه نیز صورت پذیرد تا به نتایج چنین پژوهش‌هایی برای آگاهی و راهنمایی برنامه‌ریزان و کشاورزان برای کاهش ریسک تولید محصولات کشاورزی در منطقه استفاده کرد.

منطقه گفته می‌شود که برای دهها سال و یا حتی صدها سال ماندگار باشد. در این پژوهش به بررسی وقوع پدیده تغییر اقلیم در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از پارمترهای دما و بارش پرداخته شد. بدین منظور از نمایه‌های معرفی شده توسط تیم متخصصین شناسایی تغییر اقلیم و نمایه‌ها (ETCCDI) استفاده شد که از ۲۷ نمایه معرفی شده توسط این گروه، ۸ نمایه برای بررسی بارش و ۲ نمایه نیز برای دما در نظر گرفته شد. علاوه بر این نیز پارمترهای میانگین دماهای بیشینه و کمینه سالانه نیز بررسی شد. بدین منظور از داده‌های روزانه دما و بارش ۳ ایستگاه سینوپتیک زابل، زاهدان و ایرانشهر در دوره آماری ۵۰ ساله (۲۰۱۵-۱۹۶۶) استفاده شد. بررسی‌ها نشان داد که در طی این دوره نمایه‌های مورد بررسی دچار تغییرات و نوساناتی شده‌اند، اما در اکثریت قریب به اتفاق موارد تغییرات از نوع نوسانات کوتاه مدت آب و هوایی و روند معنی‌داری خاصی ندارند. بررسی‌ها نشان داد که به طور کلی مقدار بارش در کل منطقه، علل‌الخصوص در بخش‌های شمالی استان کاهش یافته است، اما شدت بارش در بخش‌های مرکزی و جنوبی کاهش بیش‌تری نسبت به دیگر مناطق نشان می‌دهد. همچنین در مورد درجه حرارت نیز نمایان شد که کل منطقه افزایش دما را نشان می‌دهد با این توضیح که نیمه شمالی استان افزایش بیش‌تری را شامل شده است که این نتیجه با نتایج تحقیق فیضی^۱ و همکاران (۲۰۱۰) مغایرت دارد، چرا که در تحقیقات آن‌ها که تغییر اقلیم را در استان سیستان و بلوچستان مطالعه نمودند مشخص شد که پارامتر دما روندی منفی را در طول دوره آماری منتخب نشان می‌دهد. اما در مورد بارش نتایج پژوهش آن‌ها با یافته‌های تحقیق حاضر همخوانی داشته و هر دو کاهش می‌باشد. نتایج این مطالعه با پژوهش قیامی شمسی^۲ و همکاران (۲۰۱۹) که شاخص‌های حدی را در انواع

References

- 1- Mahmoudi, P., Tavousi, T., Shabab moghadam, A.M, (2016). Evaluation of the trend of abundant changes in sultry days in the southern half of Iran, Regional Planning, Vol. 7, No. 26, Summer 2017, pp. 68-55.
- 2- Ramazanipour, M. (2019). Predict the Impact of Climatic Change on the Agro-climatic Indexes and Rice Yield Case study: North of Iran. Regional Planning, 8(32), 70-80.
- 3- Razie, T., Danesh kar arasteh, P., Saghafian, B, (2007). "Study of temporal and spatial pattern of meteorological droughts in Sistan

and Baluchestan province, Agricultural Scientific Journal. Volume. 30 No. 1.

- 4- Geographical Organization of the Armed Forces (2005). Atlas Guide of Iran's Provinces, Geographical Organization of the Armed Forces.
- 5- Feizi, V., Farajzadeh, M., Nourozi, R, (2010). Study of Climate Change in Sistan and Baluchestan Province by Man-Kendall Method", Proceedings of the Fourth International Congress of Geographers of the Islamic World (ICIWG 2010), Zahedan, Iran.
- 6- Ben-Gai, T., Bitan, A., Manes, A., & Alpert, P. (2001). Climatic variations in the moisture

³- Darand

¹- Feizi

²- Shamsi

and instability patterns of the atmospheric boundary layer on the East Mediterranean coastal plain of Israel. *Boundary-layer meteorology*, 100(2), 363-371.

7- Brooks, C. E. P., & Carruthers, N. (1953). *Handbook of statistical methods in meteorology*. Handbook of statistical methods in meteorology.

8- Gan, T. Y. (1998). Hydroclimatic trends and possible climatic warming in the Canadian Prairies. *Water resources research*, 34(11), 3009-3015.

9- Kendall, M. G. (1975). Rank correlation measures. Charles Griffin, London, 202, 15.

10- Pasquini, A. I., Lecomte, K. L., Piovano, E. L., & Depetris, P. J. (2006). Recent rainfall and runoff variability in central Argentina. *Quaternary International*, 158(1), 127-139.

11- Peterson, T. C. (2005). Climate change indices. *WMO bulletin*, 54(2), 83-86.

12- Peterson, T., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., & Plummer, N. (2001). Report on the activities of the working group on climate change detection and related rapporteurs. Geneva: World Meteorological Organization.

13- Serrano, A., García, J., Mateos, V. L., Cancillo, M. L., & Garrido, J. (1999). Monthly modes of variation of precipitation over the Iberian Peninsula. *Journal of Climate*, 12(9), 2894-2919.

14- Shahid, S., & Hazarika, M. K. (2010). Groundwater drought in the northwestern districts of Bangladesh. *Water resources management*, 24(10), 1989-2006.

15- You, Q., Kang, S., Aguilar, E., Pepin, N., Flügel, W. A., Yan, Y., & Huang, J. (2011). Changes in daily climate extremes in China and their connection to the large scale atmospheric circulation during 1961–2003. *Climate Dynamics*, 36(11-12), 2399-2417.

16- Xu, Z. X., Takeuchi, K., & Ishidaira, H. (2003). Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. *Journal of hydrology*, 279(1-4), 144-150.

17- Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G. C., Jones, P., Tank, A. K., Peterson, T. C., ... & Zwiers, F. W. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(6), 851-870.

