د کابل پوهنتون د طبیعي علومو علمي- څېړنیزه مجله
jns.edu.af

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بالای رژیم حرارتی و جریان آبی حوزه دریایی هلمند

پوهنوال اسدالله رحمتزی[1]، پوهنیار فضل الحق حسنزی[2]

[1,2] دیپارتمنت هایدرومتیورولوژی، پوهنځی زمین‌شناسی، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

ایمیل: b.rahmatzai@yahoo.com

چکیده

پدیده‌هایی مانند تغییرات بارندگی، گرم شدن کره زمین، ذوب شدن یخچال‌های قطبی، سیلاب، موج‌های سردی و گرمی بی‌موقع و شدید در بسیاری از نقاط جهان به حد شدید و خسارت‌بار است که موضوع تغییر اقلیم را در صدر مطالعات اتموسفیری قرار داده است. به‌منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم بالای رژیم حرارتی و جریان آبی حوزه دریایی هلمند، اطلاعات درازمدت این پارامترها در فاصله‌های زمانی مختلف (سالانه، ماهانه و غیره) از استیشن‌های‌هایدرومتیورولوژیکی این حوزه دریایی طی سال‌های ۱۹۷۹-۲۰۲۲ در درنظر گرفته شده و باتوجه به توزیع غیر نورمال بودن ارقام و معلومات اقلیمی درجه حرارت هوا از روش غیرپارامتریک من ـ کندل (Mann-Kendall) استفاده صورت گرفت. همچنان تحلیل جریان آبی با استفاده از روش مقایسه ارقام تاریخی و جدید در استیشن‌های کلیدی انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که اوسط درازمدت درجه حرارت سالانه حوزه دریایی هلمند روند افزایشی قابل ملاحظه داشته و جریانات آبی در اکثر استیشن‌ها دچار نوسانات شدید بوده است.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم؛ رژیم حرارتی؛ روش من ـ کندل؛ حوزه دریایی هلمند؛ جریان آبی

Assessment of Climate Change Impacts on Thermal Regime and Discharge in Helmand River Basin

Asadullah Rahmatzai[1], Fazalhaq Hassanzay [2]

[1, 2] Hydrometeorology Department, Faculty of Geoscience, Kabul University, Kabul, Afghanistan

Email: b.rahmatzai@yahoo.com

Abstract

Phenomena such as changes in rainfall patterns, global warming, polar ice melting, floods, and untimely severe cold and heat waves in many parts of the world have become so severe and damaging that climate change has become a primary focus of atmospheric studies. To investigate the impacts of climate change on the thermal regime and discharge in the Helmand River Basin, long-term data of these parameters at various time intervals (annual, monthly, etc.) were obtained from hydro-meteorological stations in this river basin from 1979 to 2022. Due to the non-normal distribution of climatic data series, the non-parametric Mann-Kendall method was employed. The discharge analysis was conducted by comparing historical and recent data at key stations. Results indicate a significant increasing trend in the long-term average annual air temperature in the Helmand River basin, while discharge at most stations has experienced severe fluctuations.

Keywords: Climate Change; Thermal Regime; Mann-Kendall Method; Helmand River Basin, Discharge

ارجاع: رحمت زی، ا. و حسنزی، ف. (۱۴۰۳). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بالای رژیم حرارتی و جریان آبی حوزه دریایی هلمند. د کابل پوهنتون د طبیعي علومو علمي- څېړنیزه مجله، ۱۴۰۳هـ. ل، ۷ (۲)، ۱۱۱-۱۳۳.

https://jns.edu.af/jns/article/view/48/version/48

مقدمه

آب و هوای کره زمین در طول قرن گذشته از نظر تغییرات بارندگی و درجه حرارت هوا تغییرکرده است. تغییر اقلیم به یکی از اساسی‌ترین چالش‌ها در زمینه پایداری حیات روی کره زمین تبدیل شده است، که اثرات آن را می‌توان در نقاط مختلف جهان حس کرد. تغییرات اقلیمی همچنین می‌تواند پیامدهای محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی از جمله تأثیر نامطلوب بر زراعت و منابع آبی کشورهای مبتنی بر زراعت از جمله افغانستان افزایش دهد (احمدی، ۱۳۹۱؛ Intergovernmental Panel on Climate change, 2007). عوامل مختلف می‌توانند سبب برهم خوردن شرایط حاکم بر اجزای مختلف سیستم اقلیم کره زمین شوند. این عوامل به دو بخش عوامل داخلی (ناشی از واکنش‌های متقابل بین اجزای سیستم اقلیم) و عوامل خارجی طبیعی (ناشی از تابش خورشیدی، فعالیت‌های آتشفشانی و افزایش غیرطبیعی گازهای گلخانه‌یی) قابل تقسیم می‌باشند. تنها عاملی که به‌صورت غیرطبیعی بر سیستم اقلیم کره زمین تأثیر می‌گذارد، افزایش گازهای گل‌خانه‌یی می‌باشد (اداره ملی حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۱؛ Flatt, 2007). به مجموعه‌یی از گازهایی‌که مقداری از انرژی خورشید را در اتموسفیر زمین نگه‌می‌دارند و سبب گرم شدن اتموسفیر می‌شوند، گازهای گلخانه‌یی می‌گویند(اقبال و همکاران، ۱۳۹۹). گازهای گلخانه‌یی به‌طور طبیعی در اتموسفیر زمین وجود دارند (Falsafizadeh, et al. 2012)؛ ولی فعالیت‌های انسان و آلودگی‌های ناشی از این فعالیت‌ها، مقدار گازهای بیان شده را به‌طور غیرطبیعی افزایش داده است و در نتیجه حرارت ناشی از تابش خورشید در اتموسفیر زمین محبوس شده و متوسط درجه حرارت کره زمین افزایش می‌یابد که به نوبه خود تغییرات اقلیمی را سبب می‌گردد (انصاری و همکاران، ۱۳۹۵). تغییر نوعیت بارندگی و تأثیر آن بر منابع آبی یکی از مشکلات مهم اقلیمی پیشروی جامعه امروزی است. در ارتباط با گرم شدن کره زمین، نشانه‌های قوی وجود دارد که تغییرات بارندگی و درجه حرارت هوا هم‌اکنون در مقیاس جهانی و منطقه‌یی در حال وقوع است (باهک، ۱۳۹۲؛ Climate Change Department, 2012). تغییرات اقلیمی آینده ممکن است، شامل تغییراتی در تغییر شرایط اقلیمی و هم‌چنین تغییرات در متوسط این متغییرها باشد. با توجه به این موضوع، مطالعات زیادی به‌منظور شناسایی روند و یا ترند اقلیمی در مناطق مختلف جهان انجام شده است. تقریباً تمام مطالعات نشان می‌دهد که بارندگی و درجه حرارت هوا دو متغیر عمده از این موارد در حوزه‌های علوم اقلیمی وهایدرومتیورولوژیکی هستند. بنابراین، بررسی رفتار آن‌ها برای درک تغییرپذیری اقلیم مهم است؛ زیرا هر دو متغیر به‌صورت مکانی و مؤقتی در مقیاس‌های مختلف محلی، منطقه‌یی و جهانی بسیار متغیر هستند (Nasrati, 2018؛ باقرپور و همکاران، ۱۳۹۶).

به‌صورت عموم حوزه دریائی هلمند آب مورد نیاز و یا منابع آبی خود را از باریدن برف در نقاط فوقانی آن و باران به دست میاورد؛ علاوتاً یک منطقه کاملاً آسیب‌پذیر از اثرات منفی تغییرات اقلیم به‌شمار می‌رود. افزایش روزافزون نفوس، سوخت مواد فوسیلی، استفاده بیش از حد از آب‌های سطحی و زیرزمینی اثرات تغییر اقلیم را متأسفانه چندبرابر نموده است. نظر به مشکلات موجوده و اثرات منفی تغییر اقلیم بالای همه سکتورهای آسیب‌پذیر؛ بخش منابع آبی حوزه دریایی نسبت به سایر سکتورها بیشتر صدمه دیده است. مقدار متوسط سالانه بارندگی حوزه دریایی هلمند (۲۴۳) ملی‌متر بوده که بیشترین مقدار آن در نقاط نسبتاً مرتفع شمال شرقی و جنوب شرقی این حوزه (سرچشمه آبی این حوزه) در حدود (۴۹۸) ملی‌متر می‌باشد. از جانب دیگر تغییرات اقلیمی اثرات قابل ملاحظه بالای جریانات آبی حوزه دریایی هلمند داشته که بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی در معرض خطرات جدی و پروسه تغیرات اقلیمی شدید قرار گرفته است. عمده‌ترین این تأثیرات ناگوار عبارت از همانا خشک‌سالی‌های متواتر و شدید ناشی از کمبود بارندگی‌ها، وقوع سیلاب‌های آنی و مدهش ناشی از بارندگی‌های بی موقع و ذوب شدن ذخایر برفی از اثر افزایش اوسط درجه حرارت هوا می‌باشد؛ عوامل متذکره اهمیت مدیریت همه جانبه منابع آب در حوزه دریائی هلمند را چندین برابر افزایش نموده است.

تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن جاری است (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۷). وقوع سیلاب‌هایی با شدت بالا، موج‌های سردی و گرمی بی‌موقع، تکرار بیشتر خشکسالی‌ها، بالا آمدن سطح آب دریاها، شیوع آفات و امراض نباتی، کاهش ضخامت لایه اوزن، گرم شدن جهانی هوا و ذوب شدن یخ‌های دائمی از جمله مواردی است که بحث تغییر اقلیم را بیشتر از هر وقت دیگر مطرح کرده است (توماس، ۲۰۱٦؛ علیزاده و همکاران، ۱۳۹۴؛ نصرتی، ۱۳۹۷). تغییر آب و هوا یکی از پیچیده‌ترین مشکلاتی است که بشر در حال و آینده با آن مواجه است (نژاد همکاران، ۱۳۹۲)؛ طرزالعمل چهارچوب مدیریت منابع آب در حوزه‌های دریایی، ۱۳۹۰). بنابراین، با توجه به اصول و شیوه‌های مدیریت همه‌جانبه منابع آب در حوزه دریایی هلمند لازم است تا در مورد ارزیابی اثرات ناگوار تغییر اقلیم بالای پارامترهای اقلیمی من‌جمله رژیم حرارتی و جریان آبی (دسچارج) حوزه دریایی هلمند تحقیقات و مطالعات گسترده صورت بگیرد و در مطابقت با اصول جهانی[1]کاهش و [2]سازگاری با تغییرات اقلیمی راه‌های حل مناسب و سازگار با شرایط اقلیمی این حوزه دریایی دریافت و عملی گردد، تا بتوان از اثرات منفی تغییر اقلیم بالای رژیم حرارتی و جریانات آبی کاسته و از آن

[1] Mitigation
2 Adaptation

استفاده اعظمی و مؤثر نمود که درین مقاله موضوع توسط روش‌های علمی تحت برسی قرار داده شده است.

تغییر اقلیم نشان‌دهنده تغییرات غیرعادی در شرایط اقلیم داخلی اتموسفیر و اثرات ناشی از آن در قسمت‌های مختلف کره زمین می‌باشد (Yadav et al., 2014). اوسط درجه حرارت کره زمین همین اکنون حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد است و در طول دوره‌های گذشته بین ۵ درجه سانتی‌گراد گرمتر تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد سردتر نسبت به زمان کنونی نوسان داشته است (Azizi, 2004). برعلاوه سایر بخش‌های طبیعت؛ منابع طبیعی از جمله منابع آبی یکی از آسیب‌پذیرترین سکتور در برابر تغییرات اقلیم است که اثرات آن در تمام کشور و به‌خصوص حوزه دریایی هلمند خیلی آشکار است. بررسی و شناخت دقیق‌تر این تغییرات ضرورت به تحلیل و ارزیابی همه‌جانبه دارد که تحلیل هذا نیز به‌منظور شناخت و بررسی آن صورت گرفته است (تیم کاری بانک جهانی، ۲۰۲۱؛ Angel, 2008).

هدف اصلی این تحقیق، تحلیل، محاسبه و دریافت چگونگی تأثیرات تغییر اقلیم بالای رژیم حرارتی و جریان آبی حوزه دریایی هلمند می‌باشد که به اساس ارقام و معلومات (درجه حرارت هوا بین سال‌های (۲۰۲۲-۱۹۷۹)، مقدار جریان آب بین سال‌های (۱۹۶۲-۱۹۸۰ و ۲۰۰۹-۲۰۲۲ و پوتنشیل آبی سال ۲۰۲۲) صورت گرفته است.

باتوجه به هدف اصلی این تحقیق، سؤالات موضوع را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد:

۱. اثرات تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین در چهاردهه‌ی اخیر در حوزه دریایی هلمند چگونه می‌باشد؟
۲. روند تغییر (ماهانه، سالانه، فصلی و فصل‌های تر و خشک) پارامتر درجه حرارت در فاصله زمانی (درازمدت ۱۹۷۹-۲۰۲۲، TW1[3] یا ۱۹۷۹-۱۹۹۹ و TW2[4] یا ۲۰۰۰-۲۰۲۲) چگونه است؟
۳. رژیم جریان آب یا دسچارج ارقام جدید (۲۰۰۸-۲۰۲۲) در مقایسه با دیتا تاریخی (۱۹۴۸-۱۹۸۰) دچار چه نوسانات می‌باشد؟

حوزه دریایی هلمند در جنوب غرب افغانستان واقع شده است. این حوزه دریایی براساس تقسیم‌بندی اقلیمی کوپن که به سطح جهانی یک روش قبول شده می‌باشد؛ در کتگوری Bwh[5] واقع گردیده است

[3] Time Window_1
[4] Time Window_2
[5] Bwh طبق طبقه بندی کوپن، نوع از اقلیم است که معمولاً برای ساحات خشک و نیمه خشک به کار برده می‌شود.

که جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌گردد. شواهد دیتای تاریخی هواشناسی و پیشبینی‌های صورت گرفته از وضعیت اقلیم این منطقه (مانند بقیه نقاط کشور) نشان‌دهنده‌ی وقوع پدیده تغییر اقلیم در سال‌های اخیر و ادامه این روند در آینده است. برنامه انکشاف و توسعه سازمان بین‌الملل (UNDP) طی تحقیق خویش که در رابطه به سناریوهای تغییر اقلیم برای زراعت افغانستان انجام داده است، دریافته که اقلیم حوزه دریایی از نوع اقلیم دشتی بوده که طی آن در جریان سال بارندگی دوامدار جهت مرفوع ساختن نیازهای آبی این حوزه دریایی وجود ندارد و مقدار متوسط سالانه آن به ۹۷ میلی‌متر می‌رسد، در حالی‌که درجه حرارت هوای متوسط آن ۲۰,۱ درجه سانتی گراد می‌باشد (UNDP, 2017). هم‌چنان دریافته است که ۵۷ حادثه بارندگی‌های شدید و لحظوی (بزرگ‌تر از ۱۰ میلی‌متر) در فاصله زمانی ۲۰۰۴-۲۰۱۶ در حوزه دریایی هلمند رخ داده و نشان‌دهنده‌ی افزایش شدت بارندگی در نتیجه اثرات تغییر اقلیم می‌باشد (UNDP, 2017). دیپارتمنت صلح و دفتر یوناما در گزارش تحلیلی مطالعه ارتباط میان تغییر اقلیم، صلح و امنیت در افغانستان به مواد معاهده هلمند پرداخته و دریافته است که تغییر اقلیم می‌تواند عکس‌العمل‌های آبی در مسأله آب‌های خارج مرز دریای هلمند میان ایران و افغانستان را تشدید بکند و منجر به منازعه و بی‌ثباتی گردد (دیپارتمنت صلح و امور سیاسی، ۲۰۲۴).

رفیع الله نصرتی در بررسی خشکسالی نیم قرن اخیر در کشور دریافته که تا اخیر این قرن ممکن است که متوسط درجه حرارت حوزه دریایی هلمند از ۲,٦ الی ۵,۳ درجه سانتیگراد افزایش یابد و مناطق وسیع که از قبل در جنوب‌غرب، غرب و شمال‌غرب افغانستان تحت سلطه آب و هوای خشک (خشک دشتی) قرار گرفته اند، به‌صورت افقی و عمودی در حال گسترش خواهند بود (نصرتی، ۱۳۹۷). دفتر انکشافی سازمان ملل متحد در تحقیق دیگر خود که در رابطه به نشانه‌های تغییر اقلیم در افغانستان: خشکسالی و اثرات آن بر زراعت انجام گردیده است، بیان نموده است که تعداد روزهای بارندگی در حوزه دریایی هلمند به‌طور قابل توجهی تغییر دارد و حد متوسط آن به کمتر از ۱۰ روز در جنوب‌غرب کشور رسیده است (UNDP, 2017). محمد عاصم مایار در تحقیق خود که راجع به حل اختلاف آب بین افغانستان و ایران انجام داده است، بیان می‌کند که حوزه دریایی هلمند حدوداً ۱۰ فیصد منابع آبی افغانستان را در خود جای داده و شدیداً تحت اثر تغییر اقلیم قرار گرفته است (Mayar, 2023).

وی دریافته است که حوزه دریایی مذکور از سال ۲۰۱۹ به این‌سو به گونه زیان‌آور تحت اثرات تغییر اقلیم قرار گرفته و متوسط درجه حرارت آن در مقایسه به سال‌های قبلی ترند افزایشی چشمگیر داشته

است. نجیب الله سدید در مطالعه خویش که در مورد انتقال تپه‌های ریگی در حوزه دریایی هلمند پایینی و دره‌های ارغنداب صورت گرفته است، بیان می‌کند که اثرات تغییر اقلیم در افزایش بادهای ۱۲۰ روزه در حوزه جنوب غرب کشور رول اساسی داشته و حد وسطی انتقال کتله ریگ‌ها که توسط این بادها صورت می‌گیرد حدوداً ۲۵۰ متر مکعب در سال در هر متر سواحل دریا تخمین گردیده است (Sadid, 2024).

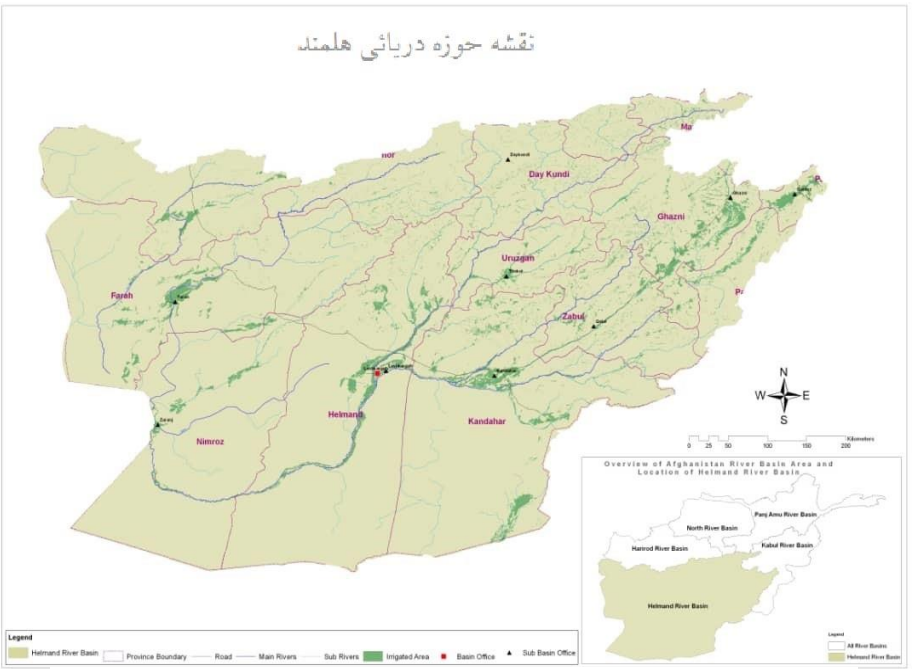
روش تحقیق

حوزه دریایی هلمند یکی از حوزه‌های بزرگ دریایی در جنوب غرب کشور است که مساحت آن حدوداً ۲۶۲۳۴۱ کیلومترمربع است و ۴۰ فیصد مساحت مجموعی افغانستان را تشکیل می‌دهد. ظرفیت مجموعی سالانه آب‌های سطحی این حوزه دریایی ۸,۴ کیلومتر مکعب است که ۱۷ فیصد ظرفیت مجموعی سالانه آبی کشور را تشکیل داده و در حال حاضر حدود ٦,۲ کیلومتر مکعب آن در داخل کشور استفاده شده و متباقی آن از دسترس خارج می‌گردد.

جدول ۱: معلومات کلی حوزه دریایی هلمند (تیم کاری بانک جهانی، ۲۰۲۱)

حوزه دریایی هلمند						
زمین زراعتی		نفوس			**مساحت**	
سهم در مساحت کلی زمین‌های زراعتی کشور %	هکتار	تراکم نفوس در هر کیلومتر مربع	سهم در نفوس کلی کشور %	تعداد (نفر)	سهم در مساحت کلی کشور %	**کیلومترمربع**
۳۰,۵	۴۷۵۸	۲۲	۲۸,۴۲	۵۸۸۱۵۷۱	۴۰,٦۲	**۲٦۲۳۴۱**

سرچشمه دریای هلمند از هندوکش، در حدود ۴۰ کیلومتری غرب کابل است. دریای هلمند از بیابان‌های دشت مارگو و ریگستان عبور می‌کند و پس از آن ۵۵ کیلومتر مرز مشترک با کشور جمهوری اسلامی ایران را تشکیل می‌دهد و سپس به دریاچه‌های خشک هامون در حوزه سیستان می‌ریزد.



شکل ۱: نقشه حوزه دریائی هلمند (طرزالعمل چهارچوب مدیریت منابع آب در حوزه‌های دریائی، ۱۳۹۰)

به‌صورت عموم دیتا و معلومات هایدرومتیورولوژیکی که در این تحقیق استفاده گردیده است، از وزارت انرژی و آب دریافت گردیده است. جزئیات بیشتر ارقام قرار ذیل است:

۱. ارقام درجه حرارت هوا ۱۶ استیشن حوزه دریایی هلمند برای فاصله زمانی از سال ۱۹۷۹ الی ۲۰۲۲.

۲. ارقام مقدار جریان یا دسچارج دو دوره تاریخی (قبل از سال ۱۹۸۰) و جدید (بعد از سال ۲۰۰۰ م) حوزه دریایی هلمند.

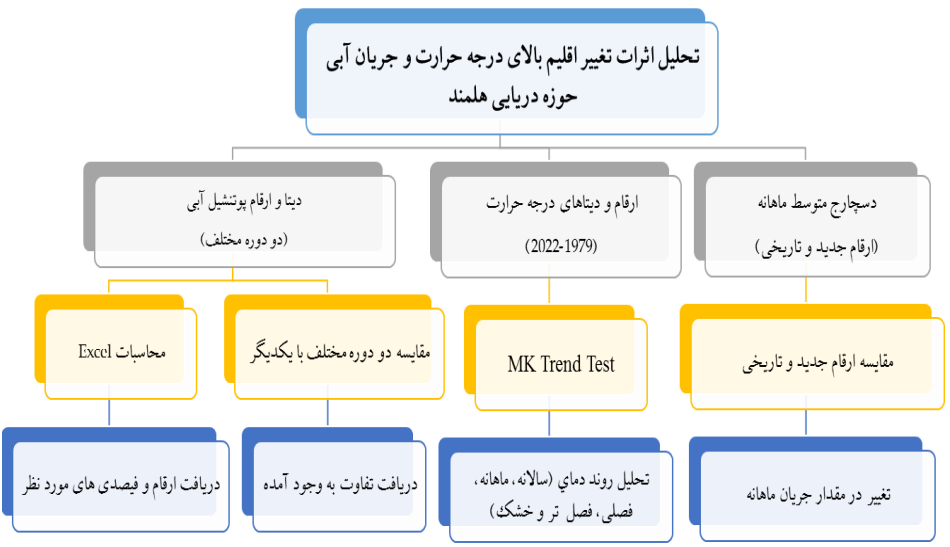
۳. پوتنشیل آبی (ظرفیت آبی) برای دو فاصله زمانی مختلف (قبل و بعد از سال ۱۹۸۰م).

مدل‌ها و روش‌های علمی که جهت تحلیل و بررسی اثرات تغییر اقلیم در بیشترین مناطق جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد و توسط سازمان‌های معتبر جهانی همچو(WMO[6]) نیز مورد اعتبار قرارگرفته است. در مطالعه فعلی به‌کار برده شده اند و از نتایج آن‌ها برای بررسی و تحلیل اثرات منفی تغییر اقلیم بالای درجه حرارت هوا و جریان آبی در حوزه دریایی هلمند استفاده به عمل آمده است (شکل ۲).

[6] World Meteorological Organization (WMO)

برای دریافت و مطالعه تمایل (روند یا Trend) تغییرات درجه حرارت هوا از مدل من ـ کندل (Mann-Kendall) استفاده شده است. هم‌چنان مواردی‌که در طی این مطالعه براساس خروجی‌هـای مدل من ـ کندل مطالعه و بررسی گردیده است، قرار ذیل می‌باشند:

۱. تحلیل و دریافت روند (ماهانه، سالانه، فصلی و فصل تر و خشک) پارامتر درجه حرارت هوا در حوزه دریایی هلمند.
۲. تحلیل تغییرات درجه حرارت طی چهار دهه اخیر در حوزه دریایی هلمند.
۳. تحلیل رژیم جریان آب (دسچارج) در استیشن‌های کلیدی حوزه دریایی هلمند.



شکل ۲: مودل مفهومی تحلیل تأثیرات تغییر اقلیم بالای ریژیم حرارتی و جریان آبی

روش من –کندل

باتوجه به مقایسه فوق، هدف این تحقیق و عدم موجودیت نورمالیتی دیتا در سری‌های اقلیمی درجه حرارت؛ جهت دریافت و تحلیل روند تغییرات درجه حرارت حوزه دریایی هلمند از روش غیرپارامتریک من ــ کندل استفاده گردیده است. روش من و کندل (H. B. Man, 1986) که از جمله روش‌های غیرپارامتریک است. به‌طور گسترده در تعین روند زمانی تمایلات علوم مختلف مانند هایدرولوژی و اقلیم‌شناسی استفاده می‌شود. این روش همچنین توسط سازمان جهانی هواشناسی (WMO) به‌منظور پلانگذاری و محاسبات پدیده‌های اقلیم‌شناسی از جمله بررسی تغییرات اقلیم اکیداً توصیه می شود (H. B. Mann, 1986). برعلاوه از روش مذکور برای تشخیص روندهای سالانه و میزان تغییرات پارامترهای همچو درجه حرارت به گونه گسترده استفاده می‌شود.

اچ. بی من برای اولین بار از این روش استفاده کرد و ایم. جی کندل توزیع عددی آن‌را استخراج کرد. این روش تو سط سازمان جهانی هوا شنا سی علاوتاً برای ارزیابی روندها در سری‌های زمانی دیتاهای محیطی پیشنهاد شده است؛ زیرا روش مذکور برای مواردی مناسب است که روند ممکن است یک‌نواخت فرض شود و بنابراین، جنبه‌های فصلی در دیتاها ارائه نشده است (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۷). در تحقیق خویش مزیت اصلی روش من-کندل را این‌گونه توضیح می‌نماید:

- این روش از نظر توزیع (چگونگی) دیتا یک روش پیش فرض نیست، یعنی هیچ فرضی لازم در مورد توزیع دیتا به‌عنوان پیش‌نیاز این روش وجود ندارد که به روش ناپارامتریک (مختص به یک پارامتر خاص نیست) معروف است. بنابراین، هیچ عدم قطعیتی با توزیع دیتاها وجود ندارد.
- این روش به‌طور مستقیم جهت دریافت پیامدهای تغییر اقلیم برای دیتای اقلیمی برای یک ماه یا فصل خاص قابل استفاده است.

پارامترهای روش MK توسط معادلات ۱ قرار ذیل محاسبه می‌شود:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \text{sign}(X_j - X_i) \qquad (1)$$

در رابطه فوق n عبارت از دیتای یک پارامتر مورد نظر می‌باشد، xj و xi به ترتیب مقادیر دیتاهای متوالی آن پارامتر هستند. (.) Signعبارت از تابع ساین بوده که ذریعه رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{Sign}(X_j - X_i) = \begin{cases} +1، & X_j > X_i \\ 0 & X_j = X_i \\ -1 & X_j < X_i \end{cases} \qquad (2)$$

مقادیر مثبت S نشان‌دهنده‌ی روند صعودی یک پارامتر (مثلاً؛ بارندگی، درجه حرارت و یا هر پارامتر دیگر) و مقدار منفی نشان‌دهنده روند نزولی است. S ارقام زمانی که n>10 باشد تقریباً توزیع نورمال است.

متوسط S=0 و وریانس را می‌توان به‌صورت زیر محاسبه کرد:

$$\text{Var}(S) = \frac{[nx(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} tx(t-1)x(2t+5)]}{18} \qquad (3)$$

جایی‌که m تعداد گروه‌های هم‌بسته است که هر کدام tx مشاهدات با هم گره خورده دارند. مجموعه‌یی از دیتاهای که مقدار یک‌سانی دارند، یک گروه گره خورده است. ارقام استاندارد Z به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & S < 0 \end{cases} \qquad (4)$$

بنابراین، در روش پروسه دو طرفه، فرضیه صفر در صورتی‌که در سطح معناداری یا سطح اطمینان (α سطح است که قدرت روند را نشان می‌دهد و برای اجرای موفق روش من-کندل مقدار این سطح ۹۵٪ (α= 0.05) محاسبه شده است که با رقم محاسبه شده S و Z= 1.96 تطابق دارد) باشد، باید پذیرفته شود. مقدار مثبت Z نشان‌دهنده‌ی یک روند صعودی یک پارامتر (مثلاً؛ درجه حرارت و یا هر پارامتر دیگر) و مقدار منفی Z نشان‌دهنده‌ی روند نزولی است که در آن مقدار Z از جال محاسباتی روش من ـ کندل است که از توزیع نورمال معیاری برای اوسط ۰ و وریانس ۱ پیروی می‌کند.

جهت وضـاحت بیشـتر در طی این تحقیق ارزیابی و بررسـی تغیرات درجه حرارت سـالانه، تغییرات موسمی و تغییرات در فصل‌های مرطوب و خشک صورت گرفته است. بر اساس ماه‌های سال میلادی تقسیم‌بندیی‌که صورت گرفته از اول ماه د سمبر الی ختم ماه می شامل [7]فصل مرطوب و از آغاز ماه جون الی ختم ماه نومبر مربوط [8]فصل خشک می‌گردد. همچنان چهار فصل آبی سال که هر کدام در برگیرنده‌ی سه ماه می‌باشد در جدول ۲ به‌صورت واضح نشان داده شده است.

جدول ۲: تقسیم‌بندی فصل‌های سال به اساس ماه‌های سال آبی

زمستان			بهار			تابستان			خزان		
دسمبر	جنوری	فبروری	مارچ	اپریل	می	جون	جولای	اگست	سپتمبر	اکتوبر	نومبر
(Wet season) فصل مرطوب						(Dry season) فصل خشک					
۱۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱

یافته‌ها

ارزیابی ترند یا تمایل درجه حرارت هوای حوزه دریایی هلمند

اولین پارامتر مورد مطالعه جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم در حوزه دریایی هلمند درجه حرارت است، که با استفاده از مودل MK در چندین بخش (سالانه، ماهانه، فصلی و فصل‌های مرطوب و خشک) مورد بررسی قرار گرفته است.

7 Wet Season
8 Dry Season

ارزیابی ترند یا تمایل درجه حرارت هوای سالانه

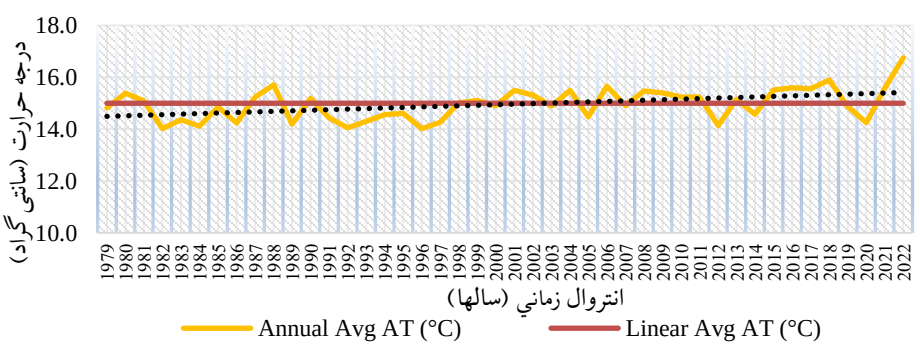
از تحلیل تمایل یا روند درجه حرارت اصغری، اعظمی و متوسط سالانه هوا در حوزه دریایی هلمند به دست آمده است که اوسط درجه حرارت سالانه هوا به‌گونه قابل ملاحظه افزایش یافته است؛ درحالی که درجه حرارت اعظمی سالانه هوا افزایش غیرقابل ملاحظه نموده است. درجه حرارت اصغری سالانه هوا در این فاصله زمانی کاهش قابل ملاحظه داشته است. نتایج کلی روش MK برای این حوزه دریایی که در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳: تمایل سالانه درجه حرارت (اصغری، اعظمی و متوسط) در حوزه دریایی هلمند (۱۹۷۹-۲۰۲۲)

درجه حرارت سالانه (C^O)	مدت ارقام	نتیجه تمایل مدل من -کندل	تمایل
درجه حرارت حد اقل سالانه هوا (C^O)	۱۹۷۹-۲۰۲۲	-۲,۳۵(↑)	افزایش غیرقابل ملاحظه
درجه حرارت حد اکثر سالانه هوا (C^O)	۱۹۷۹-۲۰۲۲	۰,۴۰	افزایش قابل‌ملاحظه
اوسط درجه حرارت سالانه هوا (C^O)	۱۹۷۹-۲۰۲۲	۳,۱۲ (↑)	افزایش قابل‌ملاحظه

جدول فوق نشان می‌دهد که درجه حرارت سالانه هوا به‌گونه قابل‌ملاحظه و معنی‌دار در حال افزایش است. با درنظرداشت جدول ۳ نتیجه می‌گیریم که بیشترین تغییر روند را درجه حرارت متوسط هوا دارد که دارای رقم Z = ۳,۱۲ بوده و یک روند یا تمایل افزایشی را دارا می‌باشد. اوسط درجه حرارت سالانه هوا در فاصله زمانی کلی ۱۹۷۹-۲۰۲۲ به‌گونه قابل‌ملاحظه افزایش نموده است که در واقع نمایانگر اثرات تغییرات اقلیم در حوزه دریایی هلمند می‌باشد.

از شکل۳ به‌گونه واضح دیده می‌شود که درجه حرارت هوا در دوره تحلیل (۱۹۷۹-۲۰۲۲) بنابر اثرات تغییر اقلیم یک تمایل افزایشی قابل‌ملاحظه را طی کرده است که که اوسط سالانه درجه حرارت هوای سال ۲۰۲۲ این فاصله زمانی به ۱۶,۸ درجه سانتی‌گراد (بیشترین مقدار در این فاصله زمانی) رسیده است.



شکل ۳: تغییرات تمایل زمانی درجه حرارت متوسط سالانه هوا در حوزه دریایی هلمند

با توجه به این یافته‌ها و نبود راه‌کارهای مناسب مبارزه و سازگاری با تغییر اقلیم در این حوزه دریایی احتمال دارد که این روند همچنان ادامه پیدا کند و شاهد بلندرفتن بیشتر درجه حرارت هوا در سال‌های آینده باشیم.

ارزیابی ترند یا تمایل درجه حرارت هوای ماهانه

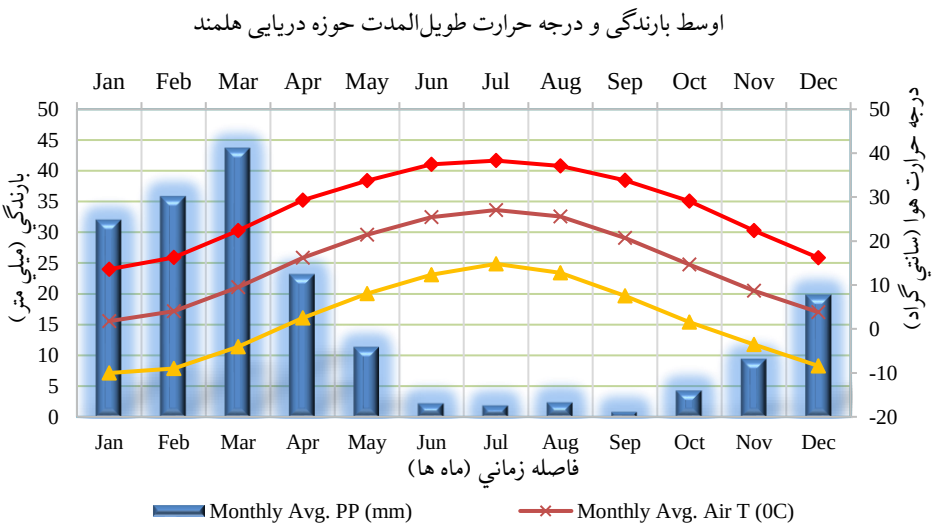
از دریافت ترند درجه حرارت اصغری، اعظمی و متوسط ماهانه‌ی هوا که توسط مودل MK محاسبه و نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است، آشکار می‌گردد که درجه حرارت متوسط ماهانه هوای حوزه دریایی هلمند در ماه‌های (مارچ، جولای، سپتمبر و اکتوبر) تمایل افزایشی قابل ملاحظه داشته و در ماه‌های (جنوری، فبروری، اپریل، می، جون، اگست، نومبر و دسمبر) تمایل یا روند افزایشی و کاهشی غیرمحسوس را دارا می‌باشد.

جدول ۴: تمایل ماهانه درجه حرارت (اصغری، اعظمی و متوسط) هوا در حوزه دریایی هلمند (۱۹۷۹-۲۰۲۲)

درجه حرارت	جنوری	فبروری	مارچ	اپریل	می	جون	جولای	اگست	سپتمبر	اکتبر	نومبر	دسمبر
درجه حرارت اصغری سالانه هوا (C^O)	-۳,۲۴ (↓)	-۰,۷۳	۱,۶۰	۲,۰۸ (↑)	۰,۶۳	۱,۱۳	۱,۶۸	۱,۲۱	۱,۶۶	۱,۵۴	۰,۰۴	-۰,۸۹
درجه حرارت اعظمی سالانه هوا (C^O)	۳,۲۹ (↑)	۲,۹۱ (↑)	۳,۴۸ (↑)	۱,۷۰	۰,۴۷	-۰,۶۳	۱,۱۳	-۰,۲۷	۰,۳۳	۲,۰۰ (↑)	۱,۵۰	۲,۳۹ (↑)
اوسط درجه حرارت سالانه(C^O)	-۰,۱۸	۱,۴۰	۲,۶۹ (↑)	۰,۸۱	-۰,۳۲	۰,۶۱	۲,۷۳ (↑)	۰,۸۱	۳,۵۲ (↑)	۲,۳۵ (↑)	۰,۳۰	-۰,۳۰

در شکل ۴ درجه حرارت اصغری، اعظمی و متوسط هوا حوزه دریایی هلمند همرای بارندگی طویل‌المدت سال‌های (۱۹۷۹-۲۰۲۲) نشان داده شده است. باتوجه به شکل می‌توان مشاهده نمود که بیشترین مقدار بارندگی حوزه دریایی هلمند در ماه‌های جنوری ـ مارچ (۳۲-۴۳,۶ میلی‌متر) در سال رخ می‌دهد در حالی‌که بیشترین اوسط درجه حرارت سالانه هوا در ماه جولای به وقوع پیوسته است (۲۷,۰۷ درجه سانتی گرد). از ماه جون الی نومبر مقدار بارندگی کم‌تر از ۱۰ میلی‌متر می‌باشد. گرم‌ترین

ماه‌های سال جون الی اگست است که اوسط درجه حرارت هوا در آن بالاتر از ۳۸ درجه سانتی گراد می‌باشد. سردترین ماه‌های سال جنوری ـ مارچ و نومبر است که حداقل درجه حرارت هوا بین ۱۰,۳- تا ۸,۴۰- درجه سانتی گراد کاهش نموده است.



شکل ٤: اوسط بارندگی و درجه حرارت (اصغری، اعظمی و متوسط) هوای طویل‌المدت در حوزه دریایی هلمند در سال‌های (۱۹۷۹-۲۰۲۲)

ارزیابی تمایل درجه حرارت هوای فصلی

در تحلیل تمایل درجه حرارت فصلی هوا حوزه دریایی هلمند کوشش به عمل آمده است تا ترند یا تمایل درجه حرارت هوا در جریان چهار فصل سال برای سه دوره زمانی بین سال‌های (۱۹۷۹-۲۰۲۲) بررسی و تحلیل گردد. نتایج نشان می‌دهد که درجه حرارت هوا فاصله زمانی درازمدت در تمام فصول سال به خصوص فصل خزان بیشترین مقدار تمایل افزایش (۳,۲٦) داشته و دارای تمایل یا روند اعظمی می‌باشد، همچنان در فصل زمستان کم‌ترین قیمت (۰,۲۲) را از نگاه فاصله زمانی درازمدت را دارا می‌باشد که نمایانگر افزایش محسوس درجه حرارت هوا در این فصل سال می‌باشد. درجه حرارت هوای فصل تابستان در فاصله زمانی دوم (۲۰۰۰-۲۰۲۲) دارای روند یا تمایل افزایشی قابل ملاحظه بوده که مقدار تمایل آن به (۲,٦۱) می‌رسد. روند تغییر درجه حرارت هوا فصول زمستان، بهار و تابستان در فاصله زمانی اول (۱۹۷۹-۱۹۹۹) به‌گونه غیرقابل ملاحظه کاهش نموده است. به‌صورت عموم روند تغییر افزایشی درجه حرارت هوا در فاصله زمانی دوم تحلیل (۲۰۰۰-۲۰۲۲) اکثراً مشاهده شده که دلیل مناسبی بر وجود اثرات تغییر اقلیم بالای رژیم حرارتی حوزه دریایی هلمند می‌باشد.

جدول ۵: میلان یا ترند تمایل فصلی درجه حرارت هوای حوزه دریایی هلمند (۱۹۷۹-۲۰۲۲)

تحلیل تمایل (Trend) فصلی درجه حرارت هوا (Z)				
نتیجه مدل من-کندل	خزان	تابستان	بهار	زمستان
درازمدت (۱۹۷۹-۲۰۲۲)	۳,۲٦(↑)	۱,۴۸	۱,۹۰	۰,۲۲
فاصله زمانی اول (۱۹۷۹-۱۹۹۹)	۰,۲۷	-۰,٦۹	-۱,۳٦	-۰,۱۵
فاصله زمانی دوم (۲۰۰۰-۲۰۲۲)	۰,۷۷	۲,٦۱(↑)	-۱,٦٦	-۰,۰۳

ارزیابی تمایل درجه حرارت هوای فصل‌های مرطوب و خشک

بر اساس نتایج بدست آمده واضح گردیده است که قیمت شاخص Z مودل MK در تمام دوره تحلیل سال‌های (۱۹۷۹-۲۰۲۲) برای حوزه دریایی هلمند در فصل‌های مرطوب نسبت به فصل‌های خشک اندکی کم‌تر می‌باشد و به این معنی است که هوا در فصول مرطوب نسبت به خشک سردتر می‌باشد.

جدول ٦: تمایل درجه حرارت هوا فصل‌های مرطوب و خشک حوزه دریایی هلمند برای سه فاصله زمانی

شماره	دوره‌های زمانی	فصل مرطوب (Wet Season)	فصل خشک (Dry Season)
۱	طویل المدت (۱۹۷۹-۲۰۲۰)	۲,۰۴(↑)	۳,۳۸(↑)
۲	فاصله زمانی ۱ (۱۹۷۹-۱۹۹۹)	-۰,۴۵	۰,۰۳
۳	فاصله زمانی ۲ (۲۰۰۰-۲۰۲۲)	-۰,۸۷	۱,۷۷

از ارقام جدول ٦ واضح می‌گردد که در فصل‌های خشک نسبت به فصل‌های مرطوب هوا کم‌تر گرم‌تر بوده و تمایل یا روند درجه حرارت هوا بیشتر قابل ملاحظه می‌باشد. بیشترین تغییرات روند درجه حرارت هوا در فصل‌های خشک و بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی (فاصله زمانی دوم) به وقوع پیوسته است که این نتیجه تغییر میلان یا ترند افزایش درجه حرارت هوا را در طویل المدت نیز مشاهده می‌گردد (Z = ۳,۳۸).

مقایسه درجه حرارت هوای تاریخی و جدید حوزه دریایی هلمند

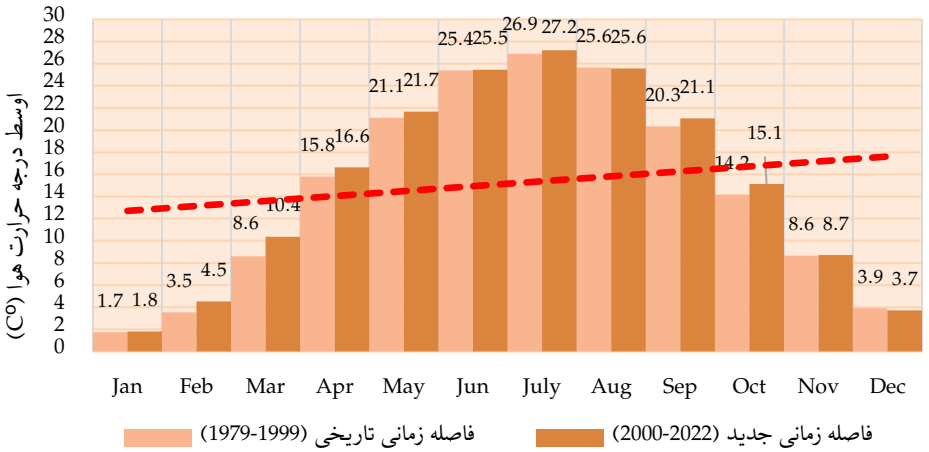
برای دریافت فیصدی تغییرات اوسط درجه حرارت هوای حوزه دریایی هلمند طی ۴۴ سال اخیر که به‌گونه مقایسوی بین همه ماه‌ها و فصل‌های سال آبی در دو فاصله زمانی مختلف: از سال ۱۹۷۹ الی ۱۹۹۹ (دوره تاریخی) و سال ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۲ (دوره جدید) صورت گرفته است و با استفاده از تحلیل پارامتر درجه حرارت هوا به دست آمده است، که طی این مدت زمان چگونه رژیم حرارتی حوزه دریایی مذکور تحولات و تغییرات داشته و از یک حالت نسبتاً مساعد اقلیمی به‌سوی گرم شدن اقلیم ترند یا تمایل داشته است (جدول ۷).

جدول ۷: مقایسه فیصدی تغییرات اوسط درجه حرارت هوای تاریخی و جدید حوزه دریایی هلمند (۱۹۷۹-۲۰۲۲)

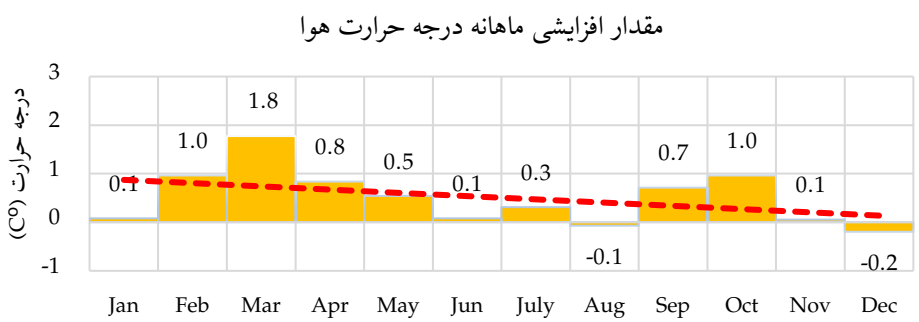
فاصله زمانی	شاخص های درجه	جنوری	فبروری	مارچ	اپریل	می	جون	جولای	اگست	سپتمبر	اکتبر	نومبر	دسمبر	اوسط کلی
تاریخی ۱۹۷۹-۱۹۹۹	اوسط درجه حرارت هوا (Cº)	۱.۷	۳.۵	۸.۶	۱۵.۸	۲۱.۱	۲۵.۴	۲۶.۶	۲۵.۶	۲۰.۳	۱۴.۲	۸.۶	۳.۹	۱۴.۶
جدید ۲۰۰۰-۲۰۲۲	اوسط درجه حرارت هوا (Cº)	۱.۸	۴.۵	۱۰.۴	۱۶.۶	۲۱.۷	۲۵.۵	۲۷.۲	۲۵.۶	۲۱.۱	۱۵.۱	۸.۷	۳.۷	۱۵.۲
تغییر افزایشی درجه حرارت هوا فاصله جدید	مقدار افزایش درجه حرارت هوا به (Cº)	۰.۱	۱.۰	۱.۸	۰.۸	۰.۵	۰.۱	۰.۳	۰	۰.۷	۱	۰.۱	-۰.۲	۰.۲
	مقدار افزایش درجه حرارت هوا به (%)	۴.۷	۲۷.۱	۲۰.۷	۵.۳	۲.۶	۰.۳	۱.۱	۰	۳.۵	۶.۸	۰.۷	-۵.۱	۴

با توجه به جدل ۷ به ملاحظه می‌رسد که درجه حرارت هوا فاصله زمانی دوم (بعد از سال ۲۰۰۰م) حوزه دریایی هلمند بجز ماه دسمبر در همه ماه‌های سال افزایش چشمگیر داشته که این افزایش درجه حرارت هوا در فصل مرطوب سال بیشتر از فصل خشک می‌باشد و این امر به نوبه خویش باعث حوادث اقلیمی همانند ذوب سریع برف‌ها، افزایش مقدار تبخیر و تعرق و وقوع سیلاب‌های آنی و مدهش در لابلای نقاط مختلف این حوزه دریایی گردیده است.

با درنظرداشت شکل ۵ به وضاحت دیده می‌شود که تغییرات درجه حرارت هوای ماهانه حوزه دریایی هلمند طی فاصله زمانی ۱۹۷۹-۲۰۲۲ بجز در ماه دسمبر در همه ماه‌های سال افزایش یافته و این افزایش در اواخر زمستان و اوایل بهار بیشتر به نظر می‌رسد. اگر ترند فاصله زمانی جدید سال‌های (۲۰۰۰-۲۰۲۲) ملاحظه شود دیده می‌شود که یک شکل صعودی را به خود گرفته که ممکن است طی سال‌های آینده این روند یا تمایل هم‌چنان ادامه پیدا کند.



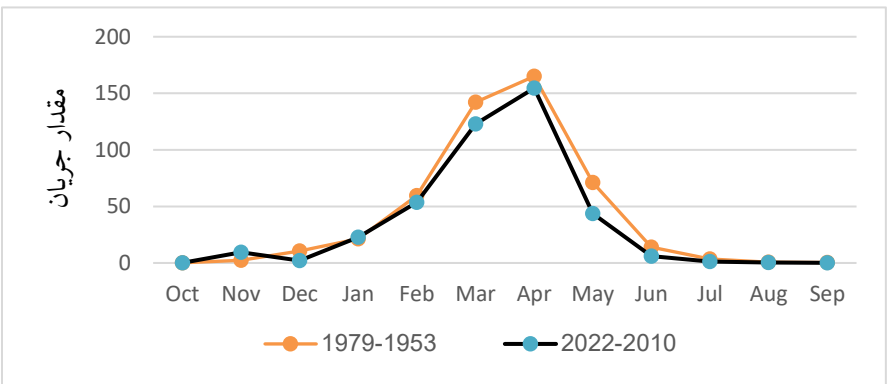
شکل ٦: مقایسه اوسط ماهانه درجه حرارت هوای حوزه دریایی هلمند طی ۴۴ سال اخیر



شکل ۵: مقدار افزایش ماهانه درجه حرارت هوا فاصله زمانی جدید(۲۰۲۲-۲۰۰۰) در مقایسه با فاصله تاریخی (۱۹۷۹-۱۹۹۹) حوزه دریایی هلمند

بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بالای جریان آب (دسچارج) حوزه دریایی هلمند

تغییرات آب‌های سطحی (تغییرات زمانی و تغییرات در پیک اعظمی مقدار جریان آب) با استفاده از ارقام تاریخی و جدید مقدار جریان آب، مقایسه و در استیشن‌های که دیتا کامل‌تر در بین شبکه استیشن‌های حوزه دریایی هلمند داشته، بررسی گردیده است. برای محاسبه و دریافت رژیم جریان آب در یک استیشن از روش معمول (مقایسه ارقام جدید با ارقام تاریخی) استفاده گردیده است. جهت بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بر رژیم جریان آب در این حوزه دریایی و دریافت تغییرات زمانی و تغییرات در پیک یا نقطه اعظمی مقدار جریان آب استیشن‌های فراه، لشکرگاه، گردیز، پل غزنی، ترین و دهن رشقه که از نگاه مدت زمان دیتا کامل‌ترین استیشن‌های حوزه دریایی هلمند می‌باشد و بیشترین مساحت این حوزه دریایی را دربر گرفته است، برای مقایسه مقدار جریان متوسط چندین ساله درن ظرگرفته شده است.

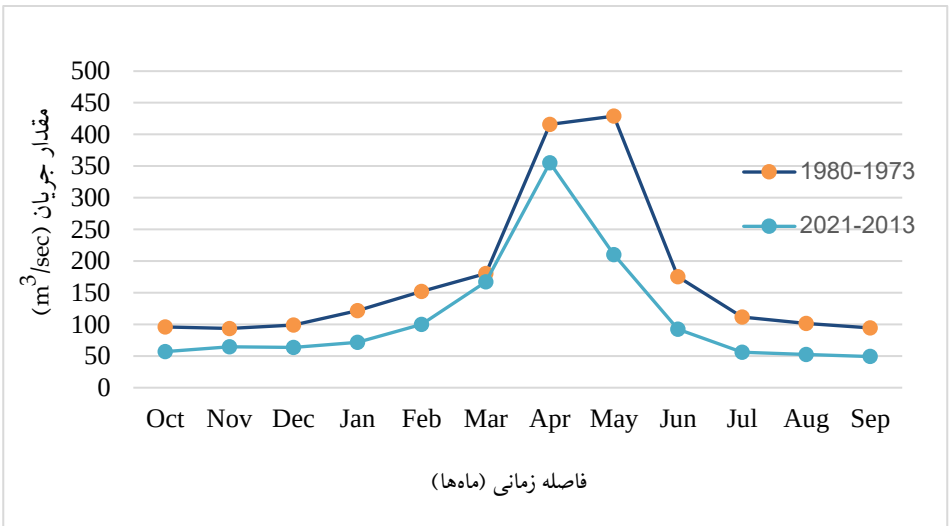


شکل ۷: گراف مقایسه مقدار جریان متوسط چندین ساله در استیشن فراه حوزه دریایی هلمند

در استیشن فراه گراف متوسط چندین‌ساله‌ی مقدار جریان آب نشان می‌دهد که ارقام جدید سال‌های (۲۰۱۳-۲۰۲۱) از ماه فبروری الی ماه جون از اوسط مقدارجریان چندین ساله تاریخی (۱۹۷۹-۱۹۵۳) خیلی پائین بوده؛ اما در اواسط ماه جنوری با هم تقاطع مشترک را ایجاد نموده اند. همچنان ملاحظه می‌گردد که پیک اعظمی ارقام جدید جریان آب در ماه اپریل (۱۵۵ مترمکعب در ثانیه) بوده در حالی‌که پیک اعظمی ارقام تاریخی نیز در همین ماه به وقوع پیوسته است ولی از نگاه دسچارج تفاوت واضح بین آن‌ها به ملاحظه می‌رسد (۱۰ مترمکعب بیشتر بوده است) و نظر به ارقام تاریخی پیک اعظمی جریان آب ارقام جدید به شکل نسبی کم‌تر می‌باشد.

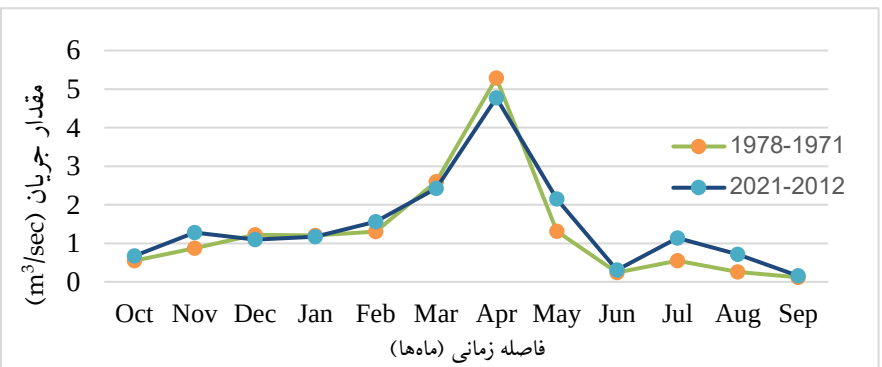
در استیشن لشکرگاه اوسط چندین ساله مقدار جریان آب نشان میدهد که ارقام جدید سال‌های (۲۰۲۲-۲۰۱۰) در تمام ماه‌های سال از متوسط مقدارجریان چندین ساله تاریخی (۱۹۸۰-۱۹۷۳) خیلی پائین

بوده است. همچنان ملاحظه می‌گردد که پیک اعظمی ارقام جدید جریان آب در ماه اپریل (۳۵۵ مترمکعب در ثانیه) بوده، در حالی‌که پیک اعظمی ارقام تاریخی در ماه می به وقوع پیوسته است و از نگاه دیسچارج تفاوت واضح بین آن‌ها به ملاحظه می‌رسد که نظر به ارقام تاریخی پیک اعظمی جریان آب ارقام جدید به مراتب کم‌تر می‌باشد.

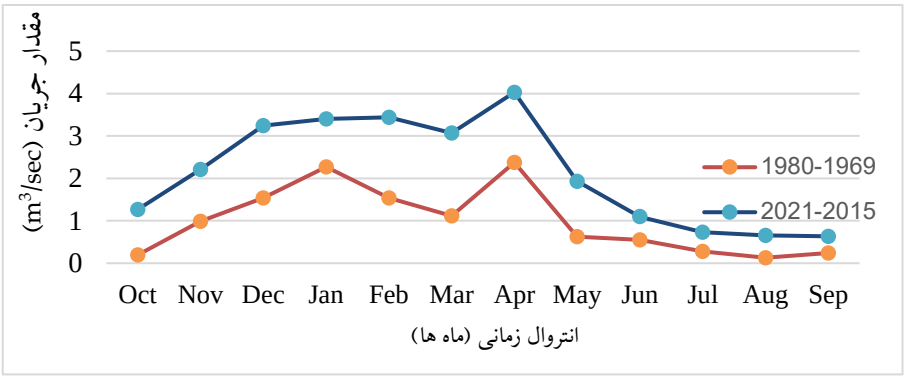


شکل ۸: گراف مقایسه مقدار جریان متوسط چندین‌ساله در استیشن لشکرگاه حوزه دریایی هلمند

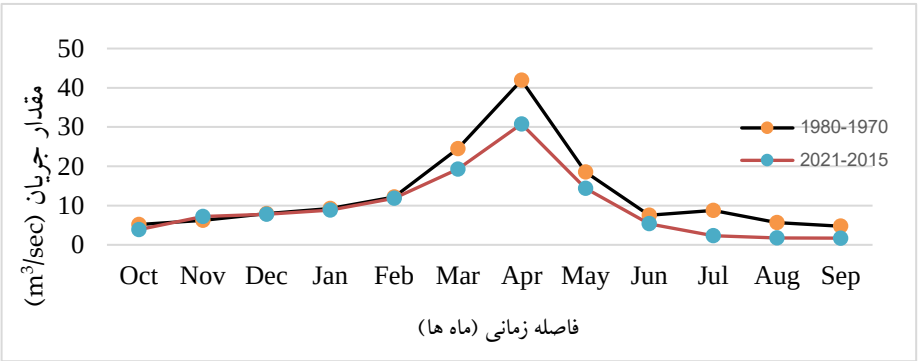
مقایسه ارقام ماهانه جریان آب دو دوره (تاریخی وجدید) در ۴ استیشن دیگرهایدرولوژیکی حوزه دریایی هلمند (استیشن‌های گردیز، پل غزنی، ترین و دهن رشقه) که در اشکال ۱۲-۹ نشان داده شده است، نشان می‌دهد که حجم و رژیم‌هایدرولوژیکی جریان آب در این حوزه شدیداً از اثرات تغییر اقلیم متأثر گردیده است. تغییرات در نوسانات بارندگی منجر به موجی شدن یا طلاطمی شدن بعضی از جریانات آبی حوزه متذکره شده و به‌طور کلی حجم جریان آب شکل نوسانی و روبه کاهش را به خود گرفته است.



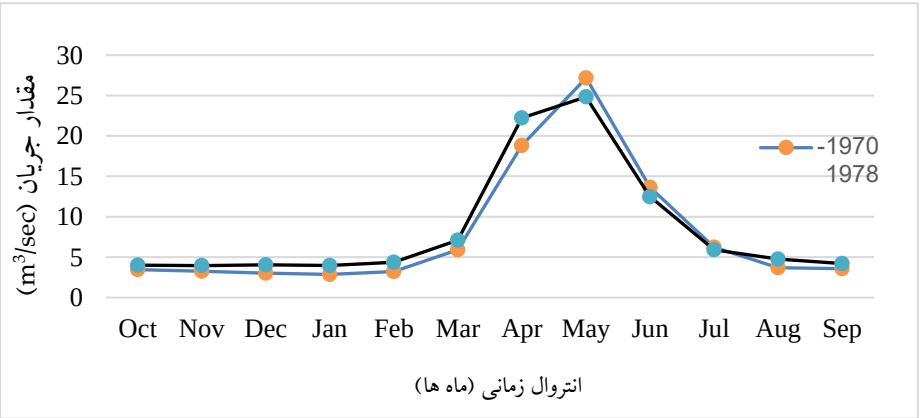
کل ۹: گراف مقایسه مقدار جریان متوسط چندین‌ساله در استیشن گردیز حوزه دریایی هلمند



شکل ۱۰:گراف مقایسه مقدار جریان متوسط چندین‌ساله در استیشن پل غزنی حوزه دریایی هلمند



شکل ۱۱:گراف مقایسه مقدار جریان متوسط چندین‌ساله در استیشن تیرین حوزه دریایی هلمند

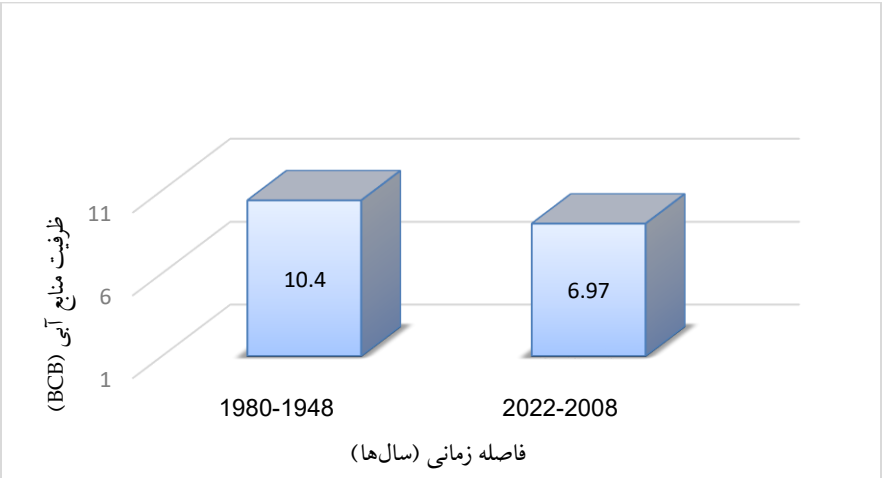


شکل ۱۲:گراف مقایسه مقدار جریان متوسط چندین‌ساله در استیشن دهن رشقه حوزه دریایی هلمند

بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بالای پوتنشیل آب‌های سطحی حوزه دریایی هلمند

بر اساس تحلیل پوتنشیل آب‌های سطحی حوزه دریایی هلمند که بین سال‌های ۱۹۴۸ الی ۱۹۸۰ و سال‌های ۲۰۰۸ الی ۲۰۲۲ صورت گرفته است، چنین دریافت گردید که بنابر

تـأثیرات منفـی تغییـر اقلـیم، ظرفیـت آب‌هـای سـطحی ایـن حـوزه مطـابق شـکل ۱۵، درحـدود۳۳ فیصد که معادل حدوداً ۳,۴۳ بلیون مترمکعب آب می‌شود، کاهش نموده است.



شکل ۱۳: مقایسه ظرفیت آب‌های سطحی قابل دسترس حوزه دریایی هلمند در دو فاصله زمانی مختلف

نتیجه‌گیری

از بررسی اثرات تغییر اقلیم بالای رژیم حرارتی و جریان آبی (دسچارج) حوزه دریایی هلمند طی فاصله زمانی ۴۴ ساله (۱۹۷۹-۲۰۲۲) دریافت گردید که اوسط درجه حرارت سالانه حوزه دریایی هلمند در فاصله زمانی سال‌های (۱۹۷۹-۲۰۲۲) حدوداً ۱۱,۵% که معادل ۱,۴ درجه سانتی گراد می‌باشد؛ افزایش نموده است. این نوع تغیرات درجه حرارت هوا بنابر افزایش گازهای گلخانه‌یی و تخریب لایه اوزون O_3 در کمربند نیمه‌خشک جهان بوده که اثرات منفی آن بالای همه سکتورها، به‌خصوص منابع آبی حوزه دریایی هلمند بگونه واضح و آشکار قابل ملاحظه می‌باشد. همچنان تمام انواع درجه حرارت (درجه حرارت متوسط، اعظمی و اصغری) حوزه دریایی هلمند تقریباً به صورت ترند افزایشی تغییر نموده و ضریب Z مدل من – کندل برای این حوزه نشان‌دهنده افزایش چشمگیر درجه حرارت در آینده می‌باشد که نیاز شدید به اقدامات لازمه در چوکات دو اصل اساسی [۹]کاهش و [۱۰]سازگاری با تغییرات اقلیم در محدوده‌ی این حوزه دریایی می‌باشد.

علاوتاً بر اثر تغییر اقلیم رژیم جریان آب حوزه دریایی، همان‌گونه که در ستیشن‌های کلیدی حوزه دریایی هلمند مورد بررسی قرار گرفته است، تغییرات شدید را متحمل شده و از لحاظ حجم کاهش

9 Mitigation
10 Adaptation

قابل ملاحظه را در مقایسه با ارقام تاریخی (قبل از سال ۱۹۸۰م) دارد. همچنان در اکثر ستیشن‌های هایدرولوژیکی حوزه دریایی هلمند رژیم جریان آب دچار نوسانات و موجی شدن شدید گردیده که اکثراً حجم آب کاهش قابل ملاحظه نموده است. برعلاوه ظرفیت منابع آب‌های سطحی حوزه دریایی هلمند درحدود ۳۳ فیصد که معادل ۳,۴۳ میلیارد مترمکعب آب می‌شود، کاهش نموده است.

پیشنهادات

۱. بهبود سیستم نظارت و بررسی از کارکرد وسایل و آلات نصب شده در استیشن‌های هایدرومتیورلوژیکی حوزه دریایی هلمند به‌گونه دوامدار؛ تا بتوانند به‌شکل خوب‌تر عناصر اقلیمی همچو بارندگی، درجه حرارت، دسچارج و غیره را اندازه‌گیری نماید.

۲. تقویت سیستم جمع‌آوری ارقام و معلومات بارندگی و درجه حرارت هوا بر علاوه سایر عناصر اقلیمی که طبق معیارهای تعیین شده در استیشن‌های ناصبه در حوزه دریایی مذکور اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد. این کار در واقع باعث خواهد شد تا تحلیل‌ها و تحقیقات که به‌منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم بالای فکتورها و شرایط اقلیمی این حوزه دریایی صورت می‌گردد، به‌گونه خوبه‌تر و با نتایج بهتر انجام شود.

۳. توسعه سیستم‌های آب‌یاری کارآمد و استفاده از سیستم‌های آب‌یاری مدرن و کارآمد؛ مانند آب‌یاری قطره‌یی و سیستم‌های معاصر می‌تواند به صرفه‌جویی در آب کمک کند. این کار در واقع یکی از اساست و اصولی است که در مدیریت درست منابع آب ما را یاری خواهند کرد.

۴. ارتقاء مدیریت منابع آب و پلانگذاری مناسب برای مدیریت منابع آب که شامل جمع‌آوری و[11]ذخیره‌سازی آب باران و ذخیره آب در بندها و مخازن آبی می‌گردد، می‌تواند تأمین آب در شرایط تغییرات اقلیمی را تضمین کند.

۵. حفظ منابع طبیعی از قبیل حفظ جنگل‌ها، مراتع و مناطق آب‌خیز، بهبود کیفیت خاک و محافظت از تنوع زیستی، می‌تواند در مقابله با اثرات تغییرات اقلیمی طی محدوده‌ی حوزه‌ی دریایی مذکور مؤثر باشد.

٦. اصلاح کشت و کار یعنی تغییر در نمونه کشت با تمرکز بالای نسل‌های مقاوم به تغییرات اقلیمی و کاهش استفاده از مواد کیماوی می‌تواند به سازگاری با تغییرات اقلیم کمک کند. به علاوه توسعه زیرساخت‌های مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی، سیلاب، خشکسالی و تقویت منابع آب‌های زیرزمینی نقش مهمی در سازگاری با تغییرات اقلیمی دارند.

11 Rain water harvesting

منابع

احمدی، م. (۱۳۹۱). جغرافیایی فیزیکی افغانستان . انتشارات نامی.

اداره ملی حفاظت محیط زیست. (۱۳۹۱).گزارش وضیعت محیط زیست.

اقبال، م.کونین، س. (۱۳۹۹). افغانستان و پدیده تغییر اقلیم. ریاست اطلاعات و ارتباطات عامه اکادمی علوم، ص ص ۶۸–۹۰.

انصاری، م. نوری، غ. فتوحی، ص. (۱۳۹۵). بررسی روند تغییرات درجه حرارت، بارندگی و دسچارج با استفاده از روش ناپارامتری من -کندال (مطالعه موردی: حوزه آبخیز رودخانه کاجو ولایت سیستان و بلوچستان). مجله تحقیقاتی مدیریت حوزه آبخیز، ۷(۱۴)، صص ۱۵۲–۱۵۸.

باقرپور، م؛ سیدیان، س؛ فتح آبادی، ا؛ محمدی، ا. (۱۳۹۶). بررسی کارایی روش من -کندال در شناسایی روند سری‌های دارای خودهمبستگی. انجمن آبخیزداری ایران، ۱۱(۳۶)، صص ۱۱–۲۱.

باهک، ب. (۱۳۹۲). بررسی احتمال تغییر اقلیم در ولایت کرمان با روش من ـ کندال (مطالعه موردی استیشن کرمان). فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۱۰(۳۹).

توماس، و. (۲۰۱۶). تغییر اقلیم در افغانستان: چشم اندازها و فرصتها. انتشارات بنیادهاینریشن بُل.

تیم کاری بانک جهانی. (۲۰۲۱). هوا، اقلیم و منابع آب در افغانستان، اطلس خدمات ملی‌هایدرولوژی و هواشناسی.

دیپارتمنت صلح و امور سیاسی. (۲۰۲۴). مطالعه ارتباط میان تغییر اقلیم، صلح و امنیت در افغانستان.

طرزالعمل چهارچوب مدیریت منابع آب در حوزه‌های دریائی، وزارت انرژی و آب (۱۳۹۰).

عزیزی، ق. روشنی، م. (۱۳۸۷). مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من ـ کندال. تحقیقات جغرافیایی، ص ص ۶۴.

علیزاده، ا.کمالی، غ. (۱۳۹۴). هوا و اقلیم شناسی .(16th ed.) مؤسسه چاپ و انتشارات پوهنتون فردوسی مشهد.

نژاد، ع. قاسمی، ش. (۱۳۹۲). روند تغییرات درجه حرارت با استفاده از روش من ـ کندال (مطالعه موردی چهار ولسوالی ولایت چهار محال و بختیاری). فصلنامه آمایش محیط، ۳۷، صص ۱۴۹–۱۶۶.

نصرتی، ر. (۱۳۹۷). بررسی خشکسالی نیم قرن اخیر در کشور .(1st ed.) ریاست اطلاعات و ارتباطات عامه اکادمی علوم.

Angel, J. (2008). Potential Impacts of Climate Change on Water Availability. Climate Analysis. http://www.isws.illinois.edu/iswsdocs/wsp/climate_impacts_012808.pdf

Azizi, Q. (2004). Climate change. Qom's Publishing. https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-018-2395-7

Climate Change Department. (2012). Afghanistan Initial National Communication to the United Nation Framework Convention on Climate change. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/afgnc1_0.pdf

Falsafizadeh, F., & Sabouі Sabouni, M. (2012). Study of the effects of climate change on agricultural production in Shiraz. Journal of Agricultural Economics and Development, 26(4), 272–286. https://doi.org/10.29252/envs.17.4.75

Flatt, V. B. (2007). Taking the Legislative Temperature: Which Federal Climate Change Legislative Proposal Is Best. , 102, 123. Nw. L. Rev. Colloquy, 102–123. https://scholarlycommons.law.northwestern.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1072&context=nulr_online

H. B. Mann. (1986). Nonparametric tests against trend. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 13(3), 245–259. https://doi.org/10.2307/1907187

Intergovernmental Panel on Climate change. (2007). Summary for policy Maker's climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2001/04/doc3d.pdf

Mayar, M. A. (2023). THE LONG WINDING RIVER: Unravelling the water dispute between Afghanistan and Iran. https://www.afghanistan-analysts.org/en/themed-reports/economy-development-environment-themed-reports/the-long-winding-river-unravelling-the-water-dispute-between-afghanistan-and-iran/

Nasrati, R. (2018). Signs of climate change in Afghanistan: drought and its effect on agriculture. Regional Problems, 21(3 (1)), 75–81. https://doi.org/10.31433/1605-220X -2018-21-3(1)-75-81. http://xn--80apgve.xn--p1ai/en/Journal/Archive/rp-21-3-1-2018/75-81.pdf

Sadid, N. (2024). Sand dune migration and flux into the lower Helmand and Arghandab valleys. Sedimentologika, 2(1). https://doi.org/10.57035/journals/sdk.2024.e21.1085

UNDP. (2017). Climate Change Scenarios for Agriculture of Afghanistan, Climate Change Adaptation Project. https://www.undp.org/afghanistan/publications/climate-change-scenarios-agriculture-afghanistan

Yadav, R., Tripathi, S., K., P. G., & Dubey, S. K. (2014). Trend analysis by Mann-Kendall test for precipitation and temperature for thirteen districts of Uttarakhand. Journal of Agrometeorology, 16(2), 164–171. https://doi.org/10.54386/jam.v16i2.1507