مجله علمی و تحقیقی علوم طبیعی پوهنتون کابل
https://jns.edu.af
Print ISSN: 3078-6657 E-ISSN:3078-6665

ارزیابی آسیب‌پذیری سکتور زراعت و استراتژی‌های مقابله با تغییرات اقلیمی در افغانستان

پوهندوی داکتر لطف الله صافی[1]، پوهاند عبدالغیاث صافی[2]

[1]دیپارتمنت مدیریت منابع طبیعی، پوهنځی محیط زیست، کابل پوهنتون، کابل افغانستان

[2]دیپارتمنت هایدرومیتیورولوجی، پوهنځی زمین‌شناسی، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

ایمیل: lutfullahsafi7@gmail.com

چکیده

افغانستان یکی از آسیب‌پذیرترین کشورها در برابر تغییرات اقلیمی است. در این مطالعه، تغییرات اقلیمی گذشته و پیش‌بینی‌های آینده آن تا سال ۲۱۰۰ در افغانستان با استفاده از تحلیل‌های رگرسیون بررسی شده است. متغیرهای اقلیمی تحت سناریوهای مختلف بر اساس مدل اقلیم جهانی (CMIP6) مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که میانگین دمای افغانستان از سال ۱۹۶۰ تاکنون به میزان ۱.۸۲۷ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است، در حالی که میزان بارندگی کاهش یافته است. پیش‌بینی‌ها برای آینده نشان می‌دهد که بر اساس سناریوهای مختلف، بیشینه دما بین ۰.۷۵ تا ۵.۹۱ درجه سانتی‌گراد و کمینه دما بین ۰.۵۱ تا ۵.۶۴ درجه سانتی‌گراد تغییر خواهد کرد. تغییرات بارندگی بر اساس سناریوهای ارائه شده، وضعیت بسیار نامشخصی را نشان می‌دهد. در این راستا، اقدامات سازگاری برای حفظ تولیدات زراعتی، کاهش آسیب‌پذیری و افزایش انعطاف‌پذیری سیستم زراعتی در برابر تغییرات اقلیمی در افغانستان پیشنهاد شده است. علاوه بر این، سازگاری با تغییرات اقلیمی دارای ابعاد اجتماعی، اقتصادی و سیاسی است و نیازمند سرمایه‌گذاری قابل توجهی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: زراعت، تولید زراعتی، تغییر اقلیم، بارش، درجه حرارت، سازگاری

Assessing Agricultural Sector Vulnerability and Coping Strategies to Climate Change in Afghanistan

Lutfullah Safi[1], Abdul Ghias Safi[2]

[1]Department of Natural Resources Management, Faculty of Environmental, Kabul University, Kabul, Afghanistan

[2]Department of Hydrometeorology, faculty of Geoscience, Kabul University, Kabul, Afghanistan

Email: lutfullahsafi7@gmail.com

Abstract

Afghanistan is one of the most vulnerable countries to climate change. The past and projected future (up to the year 2100) climate change in Afghanistan has been analyzed through regression analyses. The salient climate variables were studied under different scenarios using the updated version of global climate models (CMIP6). The average temperature in Afghanistan has risen by 1.827°C since 1960, and precipitation has decreased during the time of study in the country, but not significantly; however, the precipitation is heterogeneous across the country. The future projection of the maximum temperature will vary from 0.75 to 5.91 °C, and the minimum temperature increase will vary from 0.51 to 5.64°C under different scenarios. The precipitation shows a very uncertain status in the given scenarios. Unless action is taken, climate change will pose even bigger threats to crop production and food security in Afghanistan. Adaptation measures are required to sustain agricultural productivity, reduce vulnerability, and enhance the resilience of the agricultural system to climate change. Adaptation to climate change also has social, economic, and political dimensions, which require significant investments.

Keywords: Agriculture, Crop production, Climate change, Precipitation, Temperature, Adaptation

ارجاع: صافی، ل.؛ صافی، ع. (۱۴۰۳). ارزیابی آسیب‌پذیری سکتور زراعت و استراتژی‌های مقابله با تغییرات اقلیمی در افغانستان. *ژورنال علوم طبیعی- پوهنتون کابل ۷* (شماره فوق‌العاده کنفرانس بین‌المللی انقلاب سبز برای خودکفایی افغانستان). ۹۱-۱۱۲. https://jns.edu.af/jns/article/view/92

مقدمه

از سال ۲۰۰۰ بدینسو خشکسالی پی هم افغانستان و همچنین کشورهای همسایه را تحت تأثیر قرار داده است (Lioubimtseva and Henebry, 2009). همچنین کثرت وقایع و شدت پدیده های اقلیمی نادر مانند خشکسالی، سیل، جبه‌هات گرم و سرد در این افغانستان و منطقه رو به افزایش است(Kheiri et al.,2012). افغانستان در مناطق نیمه خشک جهان قرار دارد، از نظر جغرافیایی تقریباً بین ۲۹ درجه تا ۳۹ درجه عرض شمالی و ۶۰ درجه تا ۷۵ درجه طول شرقی در منطقه آسیا مرکزی واقع شده است (Safi et al., 2024). بر اساس منطقه بندی ایکولوژیکی که توسط صندوق جهانی حیات وحش ارائه شده است، افغانستان به پنج منطقه مختلف اقلیمی تقسیم می‌شود(Aich, 2017). افغانستان زمستان مرطوب و یخبندان (نومبر تا فبروری) و تابستان گرم و خشک (جون تا اگست) دارد (Omerkhil et al., 2020). افغانستان به‌دلیل وابستگی زیاد به زراعت وحساسیت بیشتر به اقلیم در برابر تأثیرات تغییرات اقلیمی بسیار آسیب پذیر است. میزان بارندگی سالانه بین ۱۰۰۰ میلی متر در شمال شرقی و زیر ۵۰ میلی متر در جنوب (منطقه بیابانی خشک) متغییر است(Aliyar and Esmailnejad,2022). تحقیقات بسیاری نشان داد است که درجهٔ حرارت و بارندگی در افغانستان در حال تغییر است. تغییرات بارندگی اثرات مستقیمی بر منابع آب، زراعت، جنگلات، ایکوسیستم، منابع طبیعی، پوشش نباتی و آب آشامیدنی دارد (Cannarozzo, et al., 2006) تغییرات در وضعیت بارندگی و مقدار آن و تغییرات درجه حرارت بر رشد نباتات، خاک، رن‌آف و فرسایش، دوران عناصر، شوری، تنوع بیولوژیکی و مواد عضوی خاک تاثیر می‌گذارد(IPCC, 2007; Verchot et al., 2007) . نباتات و حیوانات تحت تاثیر تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرند، زیرا تغییرات بلندترین درجه حرارت، کم‌ترین درجه حرارت و وضعیت بارندگی به همه سیستم‌های زراعی آسیب می‌رساند(Ahmed, et al., 2022). تغییرات اقلیمی می‌تواند از طریق مختلف بر تولیدات زراعتی تأثیر بگذارد، مانند تغییرات در منطقه مناسب برای رشد تولید غلات للمی، تغییر نرخ پرورش حیوانات، تغییر نیازهای آبی نباتات زراعتی (Kassaye et al., 2021; Lassa et al., 2015). گرمایش جهانی حاصلدهی نباتات در مقیاس جهانی ۱۶ فیصد و بطور خاص در کشورهای در حال توسعه ۲۱.۳ فیصد کاهش خواهد داد (FAO, 2012).

افزایش درجه حرارت باعث کاهش موثریت فتوسنتیز در گندم می‌شود و پیری برگ‌ها را تسریع می‌کند (Feng, et al., 2014; Madhukar et al., 2021). درجه حرارت بالاتر همراه با بارش کم باعث تسریع رشد نباتات، نقصان دانه، کاهش موثریت مصرف عناصر و افزایش مصرف آب غلات در حین گلدهی و پختگی می‌شود. درجه حرارت بلند از کاشت تا پختگی رشد نباتات را محدود کرده و دوران نمویی

و حاصل را کوتاه می‌کند. کمبود شدید آب در طی ذخیره سازی منجربه پیری زودتر و کوتاه‌تر شدن فصل نمو می‌شود (Asseng, 2019). عملکرد دانه غلات به افزایش درجه حرارت فصلی به اندازه ۱ درجه سانتی‌گراد بین ۴.۱ تا ۱۰ فیصد کاهش می یابد (Naylor et al., 2007; Hatfield et al., 2011). افزایش درجه حرارت اوسطی ۲ تا ۴ درجه سانتی‌گراد در طول دوره نمویی گندم، حاصلات و طول دوره رشد را به ترتیب از ۳.۵ تا ۴۰ فیصد و ۳ تا ۴۰ روز کاهش می‌دهد (Yau et al., 2011). تغییرات درجه حرارت و بارندگی که احتمالاً تبخیر و تعرق احتمالی را افزایش می‌دهند که دسترسی و تقاضای به آبیاری را تحت تأثیر قرار گیرد (Aryal et al., 2019). درجه حرارت بالا باعث کاهش موثریت مصرف آب (WUE) می‌شود، زیرا گرمایش منجربه تبخیر و تعرق بیشتر می‌شود. بارش کم به‌طور قابل مالاحظه بر وظایف فیزیولوژیکی نباتات کشت شده در سیستم‌های کشت للمی تأثیر می‌گذارد. موثریت استفاده از نیتروجن تحت تأثیر درجه حرارت بالا و شرایط خشکسالی قرار می‌گیرد (Madhukar et al., 2021).

درجه حرارت جهانی زمین و اقیانوس‌ها اداره ملی هوانوردی و فضایی امریکا (ناسا) درجه حرارت جمعي پوش زمین و اقیانوس‌ها تقریباً ۱.۳۵ درجه سانتی‌گراد بین سال‌های ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۸ گرم تر شده است (NASA, 2019; Lal, 2010). طبق گزارش ششمین ارزیابی هیئت بین دولتی تغییرات اقلیم (IPCC AR6)، اوسط درجه حرارت جهانی در دو دهه اول قرن بیست و یکم (۲۰۲۰-۲۰۰۱) به حدود ۰.۹۹ درجه سانتی‌گراد (۰.۸۴-۱.۱۰درجه سانتی‌گراد) بالاتر از سطوح ماقبل صنعتی رسیده است. پارامترهای اقلیمی تحت تأثیر سیستم‌های طبیعی اقلیمی جهانی مانند نوسانات جنوبی چند ساله انسو (ENSO)قرار گرفته اند (Collins et al., 2010).

عوامل انسانی مانند انتشار گازهای گلخانه ای (GHGs) به اتمسفیر و تأثیرات انسانی دیگر نیز بر شرایط اقلیمی در سطح جهانی و منطقه‌یی تأثیر گذاشته است (Betts et al., 2011). در آینده، احتمالاً غلظت CO_2 حدود چهار برابر سریع‌تر از ۵۰ سال گذشته افزایش یابد (Parker,2004). غلظت کاربند دای‌اکساید اتمسفر از ۲۸۰ ppm قبل از انقلاب صنعتی تا سطح ۳۸۰ ppm در سال ۲۰۰۵ افزایش یافت، پیش‌بینی می‌شود که غلظت CO_2 تا سال ۲۱۰۰ به ۹۷۰-۵۴۰ ppm افزایش خواهد یافت که منجربه گرم شدن بیشتر شود (Orlov, et al., 2021). پنل بین دولتی تغییرات اقلیمی (IPCC) پیش‌بینی کرده است که در پایان قرن بیست و یکم، اوسط درجهٔ حرارت سطح جهانی ۳ تا ٦ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و بارندگی ۱۲ تا ۱۴ فیصد بالا خواهد شد که تغییرات جدی را در سیستم اقلیمی جهانی در قرن بیست و یکم ایجاد خواهد کرد (IPCC, 2018).

اقتصاد افغانستان وابسته به زراعت بوده و این کشور نمی تواند بودجه ملی اش را عواید داخل تامین نماید (Safi,2023). افغانستان از نظر آسیب پذیری تأثیرات تغییرات اقلیمی جهان در رتبه ششم قرار دارد (Aghapour et al., 2020). از سال ۱۹۵۰، متوسط درجه حرارت در افغانستان به‌طور چشمگیری افزایش یافته است، بسیار بالاتر از اوسط جهانی، و رویدادهای بارندگی شدید تا ۲۵ درصد در ۳۰ سال گذشته افزایش یافته است (Bove, 2021). بخش های از افغانستان دو برابر اوسط جهانی گرم شده است. برای ارزیابی تغییر اقلیم و پیش‌بینی آینده در افغانستان، حداقل و حداکثر درجه حرارت و بارندگی به‌عنوان شاخص‌های برجسته تغییر اقلیم مورد مطالعه قرار گرفته است.

اهداف این تحقیق بطور خصلاص عبارتند از: (۱) ارزیابی آسیب پذیری سکتور زراعت افغانستان در برابر تغییرات اقلیمی با تحلیل ارقام شاخص‌های اقلیمی، (۲) تثبیت اثرات تغییر متغییرهای اقلیمی بالای نباتات مهم غذای و (۳) معرفی راه‌کارها و استراتیژی های مقابله با تغییرات اقلیمی برای کاهش خطرات و تضمین پایداری و انکشاف سکتور زراعت برای امرار معیشت مردم افغانستان.

مواد و روش تحقیق

تغییرات اقلیمی گذشته و پیش‌بینی آن برای آینده در افغانستان از طریق تحلیل‌های ریگرشن یا گرایش ساده و چندگانه تحلیل شده است، ارقام شصت و سه ساله (۱۹۶۰-۲۰۲۲) شاخص‌های اقلیمی مانند بارندگی، بلندترین درجه حرارت، کم‌ترین درجه حرارت، اوسط درجه حرارت و حاصلات برای یافتن تغییرات و اثرات سال‌های گذشته و حال تحلیل گردیده است. متعاقباً، شاخص‌های اقلیمی مانند بارندگی، بلندترین درجه حرارت، کم‌ترین درجه حرارت، اوسط درجه حرارت برای پش‌بيني تغییرات آیند (تا سال ۲۱۰۰)، تحت سناریوهای مختلف؛ انتشار صفر، کم متوسط و زیاد برای پیش‌بینی‌ها مطابق جدیدترین مدل اقلیم جهانی (CMIP6) که ذریعه پنل بین دولتی تغییرات اقلیمی (IPCC) معرفی شده است، برای کوتاه مدت (۲۰۲۵-۲۰۴۰)، میان مدت (۲۰۴۱-۲۰۶۰) و طویل المد مدت (۲۰۸۱-۲۱۰۰) ، مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است.

تحلیل رگرسیون روش مفید برای تحلیل رابطه بین متغییرهای وابسته و مستقل است. در این مطالعه، تحلیل ریگرشن چندگانه برای تعیین رابطه بین عملکرد نباتات مزروعی(گندم، برنج و جواری) با متغییرهای اقلیمی مطالعه شده است؛ بطوری‌که وابسته متغییر مستقل و فکتور های اقلیم بحیث متغییرهای متسقل مد نظر گرفته شده است. از ریگرشن ساده برای تحلیل تغییرات در شاخص‌های اقلیمی چون بارندگی، بلندترین درجه حرارت، کم‌ترین درجه حرارت، اوسط درجه حرارت در زمان

گذشته و برای پش‌بیني آینده کار گرفته شده است. ارقام مطالعه حاضر از بانک جهانی و سازمان زراعت و خوراکه ملل متحد اخذ گردیده است.

تحلیل نتایج

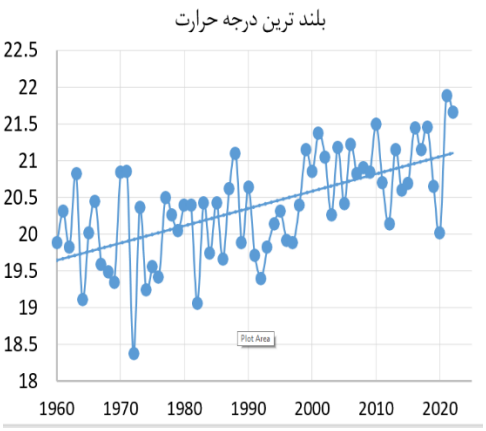
۱. درجه حرارت

بیشینه اقلیم شناسی نشان می‌دهد که اوسط بلندترین درجه حرارت و کم‌ترین درجه حرارت در افغانستان در سال ۱۹۶۱ به ترتیب ۱۹.۹ درجه سانتی‌گراد و ۴.۸ درجه سانتی‌گراد بوده است. اوسط بلندترین درجه حرارت و کم‌ترین درجه حرارت در سال ۲۰۰۰ به ۲۰.۹ درجه سانتی‌گراد و ٦.۱ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و در سال ۲۰۲۲ به ۲۱.٦ و ۷.۳ درجه سانتی‌گراد رسیده است (شکل-۱-الف). کم‌ترین درجه حرارت روند سریع تری را نشان می‌دهد که از سال فرضي ۱۹٦۰ افزایش سریع در سال ۱۹۹۹ از ٦ درجه سانتی‌گراد عبور کرده است، با ادامه سیر صعودی در سال ۲۰۱۸ از ۷ درجه سانتی‌گراد هم اضاف می‌گردد. در این مدت زمان (٦۲ سال) کم‌ترین درجه حرارت سالانه ۰.۰۳۱۹ درجه سانتی‌گراد پیوسته افزایش یافته است. به این ترتیب بلندترین درجه حرارت نیز افزایش یافته است نه به سرعت کم‌ترین درجه حرارت، سالانه ۰.۰۲۳۴ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. بلندترین درجه حرارت و کم‌ترین درجه حرارت پیامدهای تغییرات اقلیمی اواخر قرن بیست و یکم در افغانستان پیشنی شده است (IPCC, 2007).

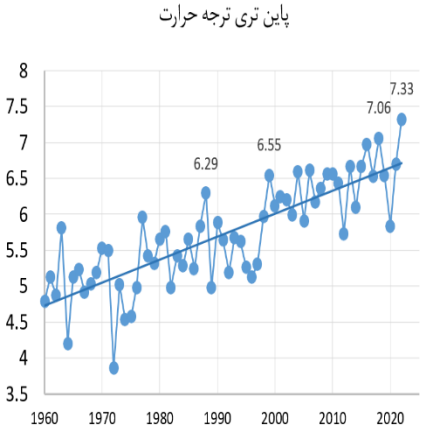
اوسط درجه حرارت افغانستان در آغاز دهه شصت افزایش یافت، در آن زمان به ۱۲ درجه سانتی‌گراد می‌رسید و در سال ۲۰۱۰ به ۱۴ درجه سانتی‌گراد صعود نمود و به‌طور مداوم به افزایش ادامه داده است. نتایج واضح نشان می‌دهد که بلندترین درجه حرارت و کم‌ترین درجه حرارت در طول زمان مطالعه به‌طور ناگهانی افزایش یافته است(شکل (۱) ج).

برای پیش‌بینی شرایط اقلیمی آیندهٔ درجه حرات؛ بلندترین درجه حرارت، کم‌ترین درجه حرارت، اوسط درجه حرارت تا سال ۲۱۰۰ که به ۷٦ سال بالغ می‌گردد که تحت سناریوهای مختلف تحلیل گردیده است. اوسط سالانه بلندترین درجه حرارت برای سال ۲۰۲۵ و ۲۱۰۰ به ترتیب ۱۹.۸و ۲۰.۵ درجه ساتنی‌گراد تحت سناریوی (SSP1-2.6) پیش‌بینی گردیده است که تا اخیر قرن ۰.۷٦ درجه سانتی‌گراد افزایش را نشان می‌دهد، درحالی‌که حسب سناریوی(SSP5-8.5) بلندترین درجه حرارت تا سال ۲۰۲۵ به ۱۹.۹۳ درجه ساتنی گراد خواهد رسید و الی سال ۲۱۰۰ به ۲۵.۸۹ درجه ساتنی گراد افزایش خواهد یافت که مطابق آن بلندترین درجه حرارت در افغانستان ۵.۹ درجه سانتی‌گراد نسبت به

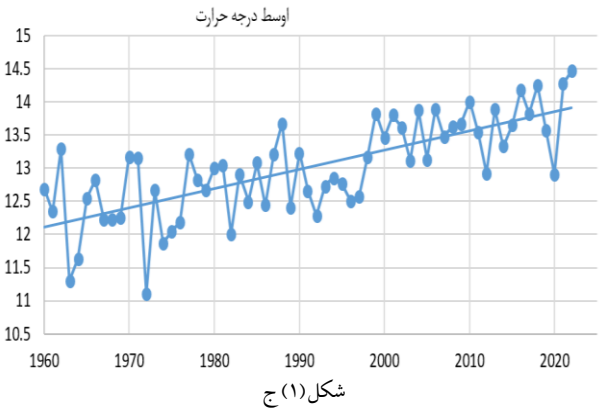
وضعیت فعلی افزایش خواهد یافت. هم‌چنان مطابق سناریوهای (SSP2-4.5) و (SSP3-7.0) اوسط بلندترین درجه حرارت ۱.۹ و ۳.۹ سانتی‌گراد نسبت به وضعیت فعلی افزایش خواهد یافت(شکل(۲) ج).



شکل(۱) ب



شکل(۱) الف



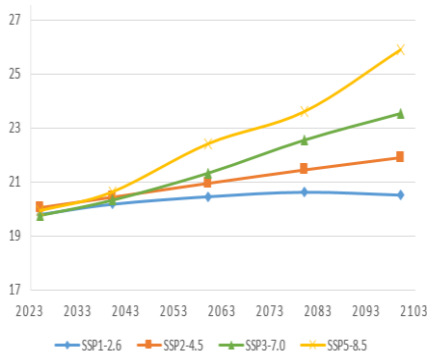
شکل(۱) ج

شکل(۱) وضعیت درجه حرارت (الف-پاین ترنی درجه حرارت)، ب- بلند ترین درجه حرارت و ج- اوسط درجه حرارت

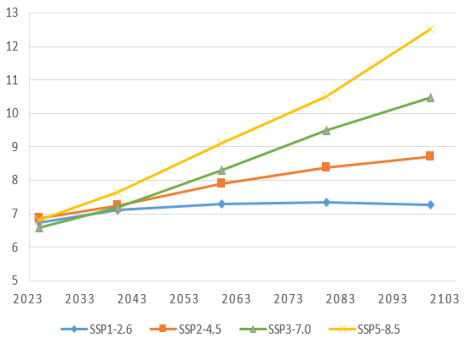
کم‌ترین درجه حرارت نیز وضعیت صعودی را نشاند می‌دهد که تحت سناریوهای مختلف طی ۷۶ سال آیند به مقیاس‌های متفاوتی افزایش خواهد یافت. کم‌ترین درجه حرارت حسب سناریو (SSP1-2.6) از ۶.۷ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۲۵ به ۷.۳ درجه سانتی‌گراد تا سال ۲۱۰۰ تغییر خواهد کرد که ۰.۵ درجه سانتی‌گراد افزایش را نشان می‌دهد. به همین قسم، کم‌ترین درجه حرارت مطابق مودل پیش‌بینی شده تحت سناریویی (SSP5-8.5) کم‌ترین درجه حرارت از ۶.۸ به ۱۲.۵ درجه ساتنی گراد تغییر خواهد کرد که ۵.۷ درجه سانتی‌گراد طی زمان مذکور بالغ می‌گردد. هم‌چنان مطابق سناریوهای (SSP2-4.5) و

(SSP3-7.0) کم‌ترین درجه حرارت مطابق مودل به ترتیب ۱.۹ الی ۴ درجه سانتی‌گراد افزایش را خواهد یافت (شکل (۲) الف).

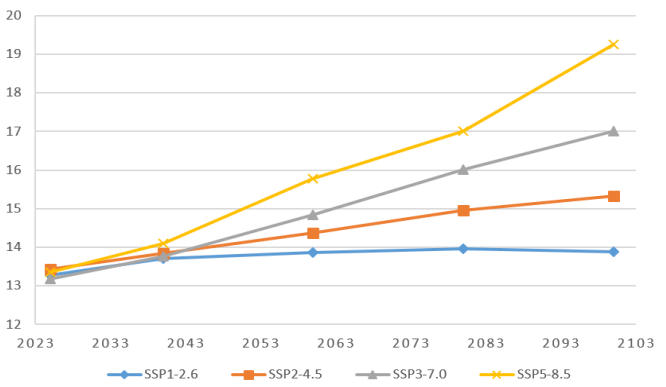
اوسط درجه حرارت که اوسط بلندترین و کم‌ترین درجه حرارت می‌باشد نیز طی سال‌های مورد مطالعه سیر صعودی را نشان می‌دهد. اوسط درجه حرارت از ۱۳.۳ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۲۵ به ۱۳.۹ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۱۰۰ تحت سناریوی (SSP1-2.6) تغییر خواهد یافت که مبین افزایش ۰.۶ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان ۷۶ سال آینده می‌باشد، مطابق این سناریو درجه حرارت بطی خواهد بود. اما، در صورت ادامه وضعیت فعلی در جهان یعني سناریوی (SSP5-8.5) اوسط درجه حرارت افغانسان از ۱۳.۴ درجه سانتی‌گراد به ۱۹.۳ درجه سانتی‌گراد تغییر خواهد کرد که به اساس آن ۵.۹ درجه سانتی‌گراد اوسط درجه حرارت افزایش می‌یابد (شکل (۲) ب).



شکل (۲) الف



شکل-(۲) ب



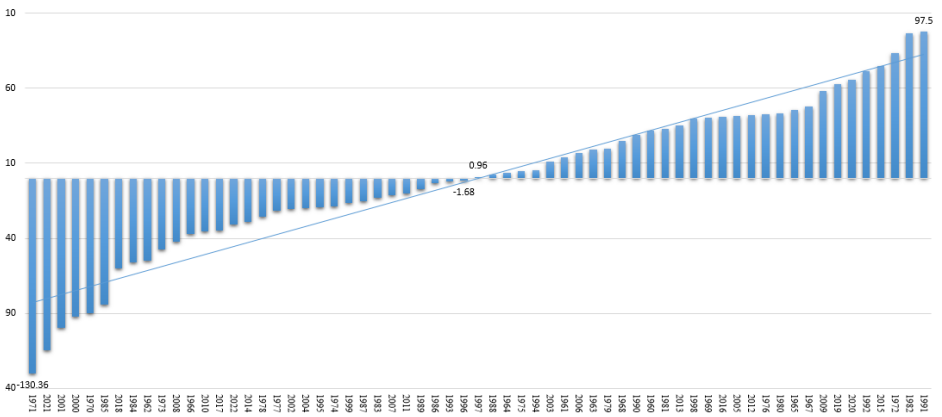
شکل (۲) ج

شکل-۲ پیش‌بینی درجه حرارت تا سال ۲۱۰۰ حسب سناریوهای مختلف (الف-پاین ترنی درجه حرارت)، ب- بلند ترین درجه حرارت و ج- اوسط درجه حرارت

متغییرهای اقلیمی شامل بارندگی، بلندترین درجه حرارت، کم‌ترین درجه حرارت، اوسط درجه حرارت و حاصلات برای یافتن تغییرات و اثرات سال‌های گذشته و حال تحلیل گردیده است. به این معنی است که درجه حرارت در افغانستان تحت سناریوهای مختلف هم‌چنان افزایش خواهد یافت، مخصوصاً درجه حرارت زمستانی(پاین ترین درجه حرارت).

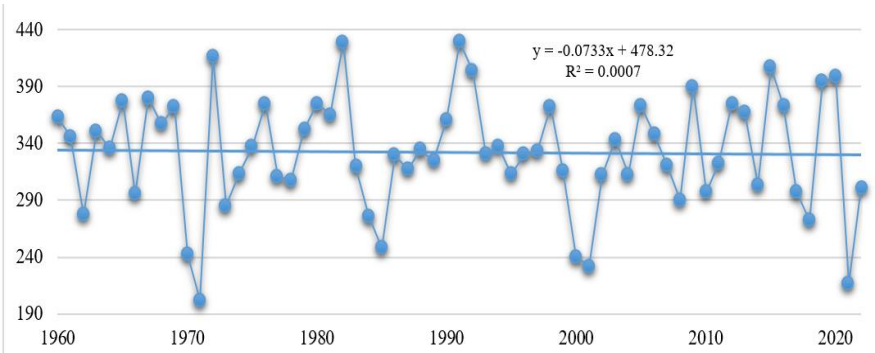
۲. بارندگی

بارندگی بحیث متغییر اقلیمی عامل بسیار مهم است که از اثر تغییرات اقلیمی تحت تاثیر می‌آید و مشکلات جدی را متوجه زراعت، منابع طبیعی، صنعت، اقتصاد، صحت و غیره می‌نماید. طی سال‌های قبل رژیم بارندگی افغانستان تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار گرفته است. شاخص بارندگی در افغانستان در ۶۳ گذشته (۲۰۲۲-۱۹۶۰) بسیار متغییر بوده است. طی سال مطالعه اوسط عمومی ۳۳۲.۳۱ ملی متر تثبیت گردیده است. هم‌چنان بارندگی در این زمان ۴۲۹.۸۱ ملی متر تا ۲۰۱.۹۵ اختلاف داشته است و به اساس آن از اوسط عمومی بین ۱۳۰.۳۶- ملی متر (۱۹۷۱) و ۹۷.۵+ ملی متر در سال ۱۹۹۱ انحراف نشان می‌دهد(شکل-۳).



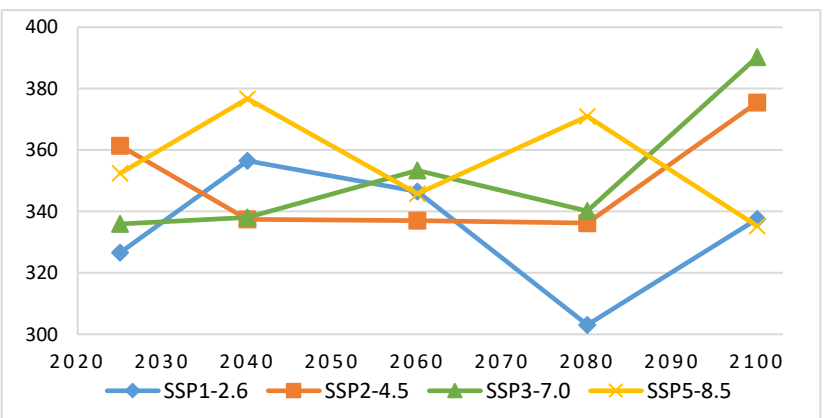
شکل(۳) درجه انحراف بارندگی از اوسط زمان مطالعه

تغییرات اقلیمی رژیم بارندگی افغانستان را تحت تاثیر قرار داده است، بعضی مناطق کشور شاهد افزایش بارندگی بوده و در بعضی مناطق بارندگی کاهش یافته است. به اساس نتایج تحقیق حاضر اوسط عمومی بارندگی کشور ۴.۶ ملی متر در مدت زمان ۶۳ سال کاهش یافته است که بطور اوسط سالانه ۰.۰۷ ملی متر کاهش را نشان می‌دهد، تحلیل ریگرشن یا گرایش نشان می‌دهد که این مقدار کاهش معنی‌دار یا مشهود نیست. اکثر تحقیقات قبلی نیز مبین کاهش بارندگی عمومی کشور بوده است(شکل-۴).



شکل (۴) وضعیت بارندگی کشور طی ٦٢ سال گذشته

پیش‌بینی بارندگی افغانستان برای سال‌های آیند نشان دهنده وضعیت بسیار متفاوت و متحول است. بارندگی تا اخیر قرن (۲۱۰۰) مطابق چهار سناوریویی ممکنه ۴۴.۹ ملی متر افزایش و ۱۷.۳ـ ملی متر کاهش را متقبل خواهد شد. در صورت ادامهٔ وضعیت فعلی انشتار گازات گلخانه‌یی (SSP5-8.5) سقف بارندگی افغانستان تا ۱۷.۳ ملی متر کاهش خواهد یافت. هم‌چنان در صورت تنزیل انشتا گازات گلخانه‌یی (SSP1-2.6)، مقدار بارندگی کاهش میبابد که مقدار آن به ۱۴.۱ملی متر می‌رسد. اما درصورت، سناریوهای (SSP2-4.5) و (SSP3-7.0) انتشار گازات گلخانه‌یی به سطح متوسط گاهش خواهد یافت بارندگی به ترتیب به اندازه ۱۲.٦ و ۴۴.۹ ملی متر افزایش خواهد یافت. در کل بارندگی با گذشت دهه تغییر جهت تنزیلی و صعودی را تجرب می‌کند، از همین سبب موجب ابهام و کاهش دقت در پیش‌بینی آن شده است. در پلان گذاری سال‌های آینده توجه خاص به مسایل مربوط به بارندگی ضروری می‌باشد(شکل۵).



شکل(۵) پیش‌بینی بارندگی تا سال ۲۱۰۰ حسب سناریوهای مختلف

۳. اثرات تغییرات اقلیمی بالای حاصلات نباتات مزروعی

برای مطالعه اثرات متغییرهای اقلیمی بالای نباتات مزروعی گندم، جورای و برنج در افغانستان در شصت سال گذشته از تحلیل‌های ریگرشن یا گرایش چندگانه کار کرفته شده است. نیایج نشان می‌دهد که درجه حرارت پاین بالای حاصلات اثرات مثبت داشته است که هر کدام به ترتیب تا سقف (1.162) بوده است. به همی قسم درجه حرارت بالا و بارندگی برای حاصلات گندم تاثیر منفی داشته، اثر بارندگی معنی دار (۰,۳۸۱-) و اثر درجه حرارت بالا غیر منعی دار بوده است. بلندترین درجه حرارت بالای جواری اثر مثبت معنی دار داشته (0.143) و پاین ترنی درجه حرارت بالای حاصلات جواری را بشکل قابل ملاحضه و معنی‌دار متاثر ساخته است؛ اثرات منفی داشته است (0.354-). نبات برنج در افغانستان در مدت زمان مطالع تحت هیچ متغییر اقلیمی قرار نگرفته است، زیرا تمامی مولفه‌های نتایج غیر معنی‌دار را نشان داده است(جدول ۱).

جدول (۱): ضرائیب ریگرشن چندگانه

متغییرهای اقلیمی	گندم	جواری	برنج
بارندگی	-0.381**	0.037	0.015
	(-۲,۸)	(0.75)	(0.7)
باین ترین درجه حرارت	1.162	-0.354**	0.015
	(2.7)**	(-5.31)	(0.52)
بالاترین درجه حرارت	-0.319	0.143*	0.013
	(-0.51)	(1.93)	(0.41)
ثابت (y)	1.84	-0.53	-0.155
	(0.22)	(-0.41)	(-0.27)
ضریب تعیین (R-squared)	0.360	0.613	0.093
ضریب تعیین تعدیل شده (R^2 adjusted)	0.326	0.593	0.044

درجه حرارت بالاتر (پاین‌ترین درجه حرارت) در طول بهار ممکن بالای رشد زودهنگام نباتات زمستانه منجمله گندم را تقویت کند، خطر خسارت سرمای طویل را کاهش دهد و در نتیجه منجربه ازدیاد محصولات بالاتر شود. سومر در سال ۲۰۱۳ نیز عین نتایج را از تحقیق بالای گندم یافته اند.

اثرات تغییرات در درجه حرارت و گاز کاربن دای اکساید بالای حاصلات نباتی اثر مثبت داشته باشد که تاثیر مستقیم است، اما تغییرات در این متغییرهای تاثیر غیر مستقم بالای حاصلات میگذارد که افغانستان از همین ناحیه متضرر خواهد شد. مطالعه انجام شده در ازبکستان همسایه شمالی افغانستان صورت گرفته است نشان می‌دهد که تقاضای آب آبیاری احتمالا تا اواسط قرن تا ۲۵ درصد افزایش

خواهد یافت و دسترسی به آب می‌تواند تا ۳۰ تا ۴۰ درصد در عین زمان کاهش خواهد یافت که در نتیجه آن حاصلات زراعتی ۱۰ تا ۲۵ فیصد تقلیل می یابد(Reyer et al.,2015).

آب شرط لازم برای تولید محصولات زراعتی محسوب می‌شود، بطوری‌که برای تولید یک تن غلات، ۱۰۰۰تن آب نیاز است (Singh et al., 2019). درصورت تطبیق نکردن فعالیت‌های توافقی و ساگاز پذیر، نیاز آبی غلات تا سال ۲۰۳۹ حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد افزایش خواهد یافت و در کشور ایران همسایه غربی افغانستان افزایش خواهد یافت. با گرم شدن کره زمین به‌دلیل کمبود شدید منابع آب، کاهش حاصلات پیش‌بینی می‌شود(Karimi et al., 2018).

استرتیژی های توافق پذیری زراعت در برابر تغییر اقلیم

توافق پذیری اقداماتی هستند که برای کاهش آسیب های ناشی از تغییرات اقلیمی انجام می‌شود. توافق پذیری یعنی تنظیم و تعدیل سیستم‌ها در برابر چالش‌های اقلیمی، توافق پذیری در تغییرات اقلیمی از دو جهت مهم است، در کاهش اثرات تغییرات اقلیم آینده و دانستن گزینه‌ها و استراتیژی‌های سازگارانه برای مقابل با تغییرات اقلیمی(Prabhakar and Shaw, 2007). فعالیت‌های سازگارانه شامل مقررات مختلفی مانند کاهش اثرات مضر بر خاک، احیای آسیب‌های وارده از حواث طبیعی، ارزیابی تأثیر سیستم‌ها و منابع حیاتی (آب، سیستم‌های بیولوژیکی، زراعت و زیربنا)، نظارت مداوام و تلاش برای کاهش آلودگی هوا، تخریب خاک و زمین باشد (Banerjee, 2014).

اقدامات توافقی اثرات منفی شوک‌های اقلیمی را کاهش و به رشد زراعت و کاهش فقر روستایی کمک می‌کند(Mirzabaev, 2018). کسب توافق در زراعت و مصونیت غذایی به راه‌حل‌های تکنالوژیکی (مانند انواع جدید، تخنیک‌های زراعتی بهتر و غیره) و غیرتکنالوژیکی (بازار، بیمه، شبکه‌های اجتماعی و سهم‌گیری تحمیل مخاطرات) نیاز دارد(Safi et al., 2018). تکنالویی زراعتی می‌تواند پارامترهای اقلیمی مورد نیاز را تجزیه و تحلیل علمی نماید برای مدیریت زراعت پایدار بستر مهیا سازد (Godfray and Garnett, 2014). توافق پدیری برای مقابل با تغییرات اقلیمی شامل تولید مواد غذایی بیشتر در صورت نیاز، کاهش و تقسیم خطرات و بهبود حکمرانی است (Srivastav et al.,2021). اقدامات توافقی در زراعت به ویژگی‌های تغییرات اقلیمی، انواع مزارع، مکان‌ها و مصارف زراعت مرتبط است (Smit and Skinner 2002). روش‌های مهم توافق پذیری برای بخش‌های زراعت در افغانستان بطور خلاصه در زیر بیان شده است.

مدیریت خاک

مدیریت خاک یکی از حیاتی‌ترین اقدامات برای کسب توافق با تغییرات اقلیمی شمرده می‌شود (Bhattacharyya et al., 2015). برای جلوگیری از فرسایش خاک ناشی از باد، از کاشت درخت و کاشت بوته‌ها در مناطق نیمه خشک استفاده می‌شود. در مناطق کوهستانی، تاسیسات کوچک آبیاری، جمع آوری آب و باغداری کانتور یا صفحه یی، تراس بندی به کنترل فرسایش خاک فوق العاده موثر است.

تطبیق روش‌های حفاظتی مانند قلبه نکردن (zero tillage) صفر با حفظ بقایای خاک به سیستم کشت کمک می‌کند تا با فشار کم آبی، آب اضافی به‌دلیل بارندگی نابهنگام و درجهٔ حرارت بالا سازگار شود. تغییر در شیوه‌های قلبه کاری اثر درجه حرارت بالا را منحرف می‌کند (حرارت تاج درختان را تا اندازه ۴-۱درجه سانتی‌گراد کاهش) و موثریت استفاده از آب آبیاری را ٦٦ تا ۱۰۰ درصد در مقایسه با سیستم‌های سنتی افزایش می‌دهد. بنابراین به خوبی با شرایط سخت و خشک توافق پذیری ایجاد می‌شود. زیر و تلیج و نگهداری بقایای نباتی باعث افزایش مقدار کاربن خاک تا اندازه ۴.٦٦ تن در هکتار در طی ۷ سال می‌شود. هم‌چنین گزارش شده است که این اقدامات باعث افزایش آب در خاک می‌شود. مدیریت بهتر خاک باعث افزایش موثریت مصرف آب و حفظ کیفیت خاک می‌شود که در نهایت به زراعت پایدار می افزاید.

کثرت‌گرایی نباتی و معرفی ورایتی‌های مقاوم

کثرات‌گرایی نباتی (Crop diversification) در مکان (تعویض یک نبات با نبات دیگر) و زمان (تغییر تناوب زراعی یا سیستم کشت) می‌تواند راهی منطقی و ارزان برای کسب انعطاف‌پذیری و مقاومت افزایی سیستم زراعتی تحت تغییرات اقلیم باشد (Lin, 2011). کثرات‌گرایی نباتی مقاومت در برابر تغییرات اقلیمی را از طریق بهبود توانایی وقایه‌وی شیوع آفات ممکن می‌سازد و در عین حال چانس انتقال پتوجن های نباتی را کاهش می‌دهد (Lin 2011). برخی از مزایای کثرات‌گرایی نباتی عبارتند از: (۱) تامین بیمه در برابر خطر از بین رفتن مزارع برای دهاقین، (۲) بهبود پایداری محیط زیست با کاهش آفات، امراض وپرازیت‌ها، (۳)) تولید پایدار، (۴) بهبود حاصلخیزی خاک با کاهش مصرف کود نایتروجن و تثبیت نایتروجن خاک ذریعه کشت حبوبات و (۵) بهبود تنوع غذایی و تامین مواد غذایی. با وجود این مزایا، کثرت گرایی نباتی در افغانستان بسیار کم عملی می‌گردد(Ochieng et al.,2022). تغییر طرز کشت، معرفی ورایتی‌های جدید یا تعویض ورایتی‌های حساس موجود، یا تغییر ترتیب کشت می‌تواند راهی برای توافق و سازگاری در برابر تغییرات اقلیمی ایجاد کند(Lasco et al., 2011). به

منظور کاهش اثرات تغییرات اقلیمی، توسعه واریتی های مختلف زراعی ضروری است. استفاده از انواع نباتات مزروعی مقاوم در برابر شرایط گرم‌تر و تعویض ورایتی‌های می‌تواند آسیب پذیری را در برابر تغییرات اقلیمی کاهش دهد(Safi et al., 2017a). مرکز بین‌المللی اصلاح گندم و جواری (CIMMYT)، با چندین موسسات ملی و حکومت افغانستان در ایجا و توسعه ورایتی‌های مقاوم قبلاً کار می‌گیرد و پیشرفت‌های خوب در توسعه و استقرار ورایتی‌های مقاوم به درجه حرارت بالا د دیگر کشورهای اسیای جنوبی دارد(Cairns and Prasanna, 2018). ورایتی‌های مقاوم به گرما در وضعیت های شدید آسیب به نباتات را به حداقل میرساندن و به دهاقین کمک می‌کند تا با تغییرات اقلیمی سازگار شوند(Safi et al., 2017b).

مدیریت آب

مدیریت آب از طریق افزایش ظرفیت ذخیره سازی (یا ذخیره آب باران)، سیاست‌های عادلانه برای تامین و توزیع آب، سلامت جریان های حوزه های دریایی و مدیریت آبریزه‌ها می‌تواند اثرات منفی تغییر اقلیم بر دسترسی به منابع آب را کاهش دهد. مدیریت جامع آب، که استفاده از فاضلاب و آب حاشیه وی را برای زراعت بحیث منبع متبادل ترویج می‌کند، می‌تواند روش خوبی برای سازگاری زراعت در اوقات فصول خشک و کم آب باشد.

سیستم تشدیدی شالی‌کاری (SRI) شیوه‌های مدیریت نبات، خاک و آب است که در آن نهالی ۸ تا ۱۵ روزه به مزرعه انتقال داده می‌شوند و به‌طور متناوب آبیاری می‌شوند تا مزارع برنج رطوب هوادار نگهدارد. روش‌های SRI با داشتن سیستم ریشه‌های قوی، جوانه و برگ های مقاوم‌تر، در برابر فشارهای فیولوژیکی و غیربیولوژیکی که با تغییرات اقلیمی همراه هستند مانند فشار ناشی از هوای گرم، خشکی، سیل، طوفان و آسیب بیماری مقاوم‌تر می‌باشند (Wu et al., 2015). مطالعات نشان داده اند که SRI می‌تواند مصرف آب را در مقایسه با کشت برنج سنتی ۲۵ تا ۵۰ درصد کاهش دهد و در عین حال حاصلدهی خوب دارد.

مدیریت پایدار زمین

روش‌های مدیریت پایدار زمین مانند اگروفورستری، زراعت حفاظتی، تشدید پایدار و بهبود سیستم کشت همه در کسب سازگاری با تغییرات اقلیمی کمک می‌کنند. لیول کاری لیزری زمین می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای موثریت مصرف آب و منرال‌ها را افزایش دهد و در نتیجه زراعت را با شرایط سخت و پرفشار آبی سازگارتر و پذیراتر کند. اگروفورستری (به‌عنوان مثال، کشت درختان و نباتات چند ساله

چوبی با نباتات مزروعی در یک قطعه واحد زمین) نه تنها کاربن را جذب می‌کند، بلکه زراعت را با خشکسالی، سیل و سایر حوادث طبیعی سازگارتر می‌کند(Waldron et al., 2017).

مدیریت آفات و مراض زراعی

مدیریت آفات و امراض زراعی برای توافق پذیری با تغییرات اقلیمی بسیار مهم است. پیش‌بینی می‌شود که به ازای افزایش هر درجه سانتی‌گراد بطور متوسط بین ۱۰ تا ۲۵ درصد تولیدات جهانی غلات مهم مانند برنج، گندم و جواری نسبت شیوع امراض و آفات از دست خواهد رفت(Deutsch et al., 2018). توسل به زراعت صنعتی و استفاده بیشتر از آفت‌کش‌ها به قیمت تخریب محیط زیست و سلامت انسان تمام می‌شود و مقاومت به آفت‌کش‌ها را افزایش تهدید. اولیای امور و ادارات مسول در افغانستان باید بر مدیریت تلفیقی آفات برای مقابله با ظهور فزاینده آفات و امراض توجه کند و به دهقانان کمک نمایند(Gautam et al.,2017).

مدیریت خطر و حکومتداری

مدیریت خطر یک مفهوم مهم در توافق پذیری سیستم‌های زراعتی با تغییرات اقلیمی شمرده می‌شود. سهم‌گیری در جبران خسارات (سرمایه گذاری مشترک، مشارکت جامعه)، انتقال یا به حاشیه بردن خطر (بیمه نباتات زراعی / مالداری، بیمه مبتنی بر شاخص برای افزایش زراعت زیرکانه با اقلیم و غیره)، بهبود خدمات پیش‌بینی‌ها جهت حودث و مشوره دهی زراعتی برای جلوگیری از خطرات تغییرات اقلیم.

توافق پذیری مبتنی بر جامعه نیازمند جمع آوری اطلاعات در مورد تغییرات اقلیمی، اثرات آن و استراتژی‌های ممکن مقابله با آن در پلان و پالیسی ها می‌شود که علاوه بر کاهش آسیب پذیری در برابر تغییرات اقلیم موجب کاهش فقر شده و مزایای معیشتی زیادی دارد(Reid et al., 2009). جلب سرمایه و تلاش‌های همه شمول ذینفعان (دهقانان، جامعه محلی، پوهنتون‌ها و مراکز تحقیقاتی، دانشمندان، سیاست‌گذاران، سازمان‌های غیردولتی و غیره) می‌توانند نتایج بهتری برای کاهش خطرات تغییر اقلیم بر زراعت و منابع آب ارائه دهد.

بحث و مناقشه

تحلیل آسیب پذیری اقلیمی و معرفی راهکار های توفقی سکتور زراعت به دلیل اثرات تغییرات اقلیمی و نقش آن در معیشت مردم افغانستان کار نهایت مهم شمرده میشود. در سال های اخیر تغییرات اقلیمی در مورد وضعیت قبلی، فعلی، و آینده افغانستان و تأثیر آن بر منابع آب، زراعت، اجتماع و سایر خواب آسیب پذیر ذریعه کارشاسان علوم جوی و اقلیمي مورد ارزیابی و مطالعه قرار گرفته است. با آنکه

مطالعات در سال های قریب انجام شده اند ولی آنها بر اساس مدل GCM، جز مدل CMIP5 میباشد، و RCP صورت گرفته اند در احالیکه این تحقیق به اساس مدل CMIP6 میباشد. هنوز برای ارزیابی اقلیم گذشته و آینده در افغانستان با استفاده از این مدل که نسخه جدید اقلیمی جهانی مطالعه‌ای انجام نشده است. مدل جدید حاوی توافق پذیري مقاومت دهی های بیشتري مانند تغییرات در نفوس، توسعه اقتصادی، ایکوسیستم و جنبه های اجتماعی برای مقابل با تغییرات اقلیمی می باشد.

زراعت منبع اصلی و مهم امرارحیات مردم این کشور است. و سوی دیگر اثرات منفی تغیرات اقلیم عمدتاً در مناطق گرم و خشک که زراعت للمی دارد آسیب پذیر وارد نموده است. به همین دلیل زراعت افغانستان با خطر جدی تغیرات اقلیمی روبرو است. یافته این تحقیق نشان میدهد که اوسط درجه حرارت در افغانستان از سال ۱۹۶۰ تا کنون ۱.۸۲۷ درجه سانتیگراد افزایش یافته است و بارندگی در طول زمان مطالعه در این کشور کاهش یافته است، اما نه به طور قابل توجهی، با این حال بارندگی در سراسر کشور متفاوت بوده است. درجه حرارت بالاتر در طول بهار است، رشد نباتات زمستانی را افزایش می‌دهد و خطر خسارت سرما را کاهش دهد. پیش‌بینی بارندگی افغانستان برای سال‌های آینده بر حسب سناریوهای مختلف تغیر خواهد کرد در صورت ادامه وضعیت فعلی در جهان یعني سقف بارندگی افغانستان تا ۱۷.۳ ملی متر تا اخیر قرن کاهش خواهد و اوسط درجه حرارت افغانسان تا ۵.۹ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. نتظار می‌رود تغییرات اقلیمی از طریق تغییرات بارندگی، درجه حرارت و اخراج کاربن دای اکساید، بر شیوه‌های زراعتی افغانسان تأثیر منفی بگذارد. بنابراین، سازگاری زراعت با رویدادهای جوی تغیرپذیر ضروری پنداشته میشود. در سال‌های اخیر، توافق پذیری برای مقابل با تغییرات اقلیمی به یک بحث برای دهقانان، محققان، سیاست‌گذاران و مجریان امور تبدیل شده است. برای تقویت سیاست در جهت مقابله با چالش های که تغییرات اقلیمی برای زراعت ایجاد می کند، داشتن دانش در مورد درک آنها از تغییر اقلیمی، فعالیت های سازگاری و عوامل مؤثر بر سازگاری مهم است. بسیاری از اقدامات توافقی می توانند نهایتاً آسیب پذیری انسانی افغانستان را در برابر تغییرات اقلیمی کاهش دهند.

توافق پذیری را به عنوان تنظیم و تعدیل سیستم ها در برابر چالش های اقلیمی تعریف می کند. سازگاری با تغییرات اقلیمی به تعدیل در سیستم‌های طبیعی و انسانی در پاسخ به تغییرات اقلیمی واقعی دلالت میکند که شدت آسیب را تعدیل می‌کند یا فرصتی برای استفاده از ایجاد می‌کند. توافق پیشگیرانه یا پلانگذاری جهت کسب توافق شامل اقدامات برای جلوگیری از اثرات نامطلوب انجام میشوند. به عنوان مثال می توان به سیستم های هشداردهی زودهنگام (مانند پیش بینی اقلیم فصلی و

پیش بینی بیماری)، پلانگذاری استفاده زمین، پیش بینی عملکرد نباتات و مدیریت منابع آب اشاره کرد. توافق پذیری با تغییرات اقلیمی برای کسب مصونید غذایی حیاتی است و زراعت این پتانشیل را دارد که به استراتژی های توسعه انتشار کم گازهای گلخانه ای کمک کند. توافق پذیری در تغییرات اقلیمی از دو جهت مهم است: در کاهش اثرات تغییرات اقلیم آینده و دانستن گزینه ها و استراتیژی های سازگارانه برای مقابل با تغییرات اقلیمی. پالیسی و فعالیت های سازگارانه ممکن است شامل مقررات مختلفی مانند کاهش اثرات مضر بر خاک، احیای آسیب های وارده از حواث طبیعی، ارزیابی تأثیر سیستم‌ها و منابع حیاتی (آب، سیستم‌های بیولوژیکی، زراعت و زیربنا)، نظارت مداوام و تلاش برای کاهش آلودگی هوا، تخریب خاک و زمین باشد. توافق پذیری و تخفیف از طریق تغییر تکنالوژی و با تعمیل روش ها و سیستم‌ها امکان پدیر است که می‌تواند مصرف منابع و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد. توافق پذیری و تخفیف ارتباط متقابل قوی دارند زیرا هر دو می توانند به کاهش خطرات تغییرات اقلیمی کمک کنند. اثر مخرب تغییر اقلیم را می توان با روش های توافق پذیر مانند تغییر تاریخ کاشت، اصلاح تناوب زراعی، توسعه انواع محصولات جدید و گسترش زیربنا های آبیاری، کاهش داد. اقدامات توافقی نه تنها برای مقابله با شوک های اقلیمی، بلکه برای مقاومت یابی (Resilient) برای غلبه بر اثرات منفی شوک های اقلیمی و رشد زراعت و کاهش فقر روستایی شدیداً ضرورت است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

افغانستان ششمین کشور آسیب پذیر جهانی در برابر تغییرات اقلیمی است که با افزایش درجه حرارت، تغییرات بارندگی، حوادث طبیعی و سیلاب‌های ناگهانی از اثرات این پدیده است. از سال ۱۹۵۰، درجه حرارت متوسط این کشور از اوسط جهانی بالاتر رفته و بارندگی های شدید هم بیشتر شده است. تغییر اقلیم بر رژیم بارندگی افغانستان تأثیر گذاشته است. در این مطالعه از تحلیل ریگرسن چندگانه و ساده برای بررسی متغییرهای اقلیمی، پیش‌بینی آینده و تاثیر متغییرهای اقلیم بالای نباتات مزروعی استفاده شده است. نتایج مطالعه حاکی از افزایش ناگهانی در بالاترین و پایین‌ترین درحرارت در افغانستان در ۶۳ سال گذشته است که درجه حرارت مخصوصاً در فصل زمستان سالانه ۰.۰۳۱۹ درجه افزایش یافته است. به همین قسم بلندترین درجه حرارت ۰.۰۲۳۴ درجه سانتی‌گرد در سال افزایش را نشاند می‌دهد. همچنین پیش‌بینی های آینده نشان دهنده وضعیت متفاوت به نسب سناریوهای مختلف است. در صورت ادامه وضعیت فعلی در جهان یعني سناریوی (SSP5-8.5) اوسط درجه حرارت افغانسان تا ۵.۹ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. این تحقیق نشان می‌دهد که رژیم بارندگی افغانستان تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار گرفته است، طوری‌که برخی مناطق با افزایش یا کاهش بارندگی مواجه شده اند.

متوسط بارندگی در ۶۳ سال گذشته ۴.۶ میلی‌متر کاهش یافته است. پیش‌بینی بارندگی افغانستان برای سال‌های آینده وضعیت بسیار متفاوت و متغییری را بر حسب سناریوهای مختلف نشان می‌دهد و در صورت ادامه وضعیت فعلی در جهان یعني سناریوی (SSP5-8.5) سقف بارندگی افغانستان تا ۱۷.۳ ملی متر کاهش خواهد. به‌طور کلی با گذشت یک دهه، بارندگی تغییر جهت نزولی و صعودی را تجربه می‌کند. نیایج نشان می‌دهد که درجه حرارت پاین و بارندگی بالای حاصلات گندم اثرات مثبت (۰.۳۱۹) و (۱.۱۶۲) داشته است، ولی درجه حرارت بالا برای حاصلات گندم تاثیر منفی (۰.۰۳۸۱-) داشته است. اقدامات توافقی برای حفظ تولیدات زراعتی، کاهش آسیب پذیری و افزایش انعطاف پذیری سیستم زراعت در برابر تغییرات اقلیمی مورد ضروری پنداشته می‌شود. توافق پذیری شامل اقدامات و ترتیبات است که برای حفظ ظرفیت برای مقابله با فشارهای ناشی از تغییرات خارجی فعلی و آینده انجام می‌شود. روش‌های توافقی زیادی در سیستم‌های زراعتی وجود دارد که برای کاهش اثرات تغییرات اقلیمی پیشنهاد و تجربه گردیده اند. همچنین، توافق پذیری با تغییرات اقلیمی دارای ابعاد اجتماعی، اقتصادی و سیاسی است که بر وضعیت اقشار مختلف جامعه برای مقابله و اقدامات لازم برای واکنش با تغییرات اقلیمي بالای آنها تاثیر می‌گذارد. توافق پذیری برای تغییرات اقلیمی در زراعت نیاز به سرمایه هنگفت دارد. در نهایت برای کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی بر سکتور زراعت تطبیق و تعمیل استراتیژی‌های مندرج این مقاله علمی را برای اولیای امور و مجریان سکتور زراعت پیشنهاد می‌نمایم. هم‌چنان، تغییر اقلیم پدیدهای جهانی است و نیازمند هماهنگی ملی و بین المللی است و تلاش‌های چندبخشی و چندجانبه برای مقابله با آن باید روی دست گرفته شود. از این رو افغانستان باید به همکاری های بین المللی خود در تمام سطوح توجه جدی نماید.

منابع

Ahmed, M., Hayat, R., Ahmad, M. (2022). Impact of Climate Change on Dryland Agricultural Systems: A Review of Current Status, Potentials, and Further Work Need. *Int. J. Plant Prod.* **16**, 341–363.

Aich, V., Akhundzadah, N. A., Knuerr, A., Khoshbeen, A. J., Hattermann, F., Paeth, H., Scanlon, A., & Paton, E. N. (2017). Climate change in Afghanistan deduced from reanalysis and coordinated regional climate downscaling experiment (CORDEX)-South Asia simulations. *Climate*, *5*(2).

Aliyar Q and Esmailnejad M (2022). Assessment of the change of trend in precipitation over Afghanistan in 1979-2019. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service. Vol. 126, No. 2, 185–201*

Aryal, J. P., Sapkota, T. B., Khurana, R., Khatri-Chhetri, A., Rahut, D. B., & Jat, M. L. (2019). Climate change and agriculture in South Asia: adaptation options in smallholder production systems. *Environment, Development and Sustainability.* doi:10.1007/s10668-019-00414-4.

Asseng, S., Martre, P., Maiorano, A., Rotter, R. P., et.al, (2019). Climate change impact and adaptation for wheat protein. *Global Change Biology, 25*(1), 155–173. https:// doi. org/ 10. 1111

Banerjee, R. R. (2014). Farmers' perception of climate change, impact and adaptation strategies: a case study of four villages in the semi-arid regions of India. *Natural Hazards, 75(3), 2829–2845.*

Betts RA, Collins M, Hemming DL, Jones CD, Lowe JA, Sanderson MG (2011) When could global warming reach 4 °C? Phil Trans R Soc A 369:67–84. doi:10.1098/rsta.2010.0292

Bhattacharyya, R., Das, T., Sudhishri, S., Dudwal, B., Sharma, A., Bhatia, A., et al. (2015). Conservation agriculture effects on soil organic carbon accumulation and crop productivity under a rice–wheat cropping system in the western Indo-Gangetic Plains. *European Journal of Agronomy, 70,* 11–21.

Bove T (2021) Why We Should Care About the Taliban's Environmental Policies. https://earth.org.

Cairns, J. E., & Prasanna, B. (2018). Developing and deploying climate-resilient maize varieties in the developing world. *Current Opinion in Plant Biology, 45,* 226–230.

Cannarozzo, M., Noto, L.V., and Viola, F. 2006: Spatial distribution of rainfall trends in Sicily (1921– 2000). *Phys. Chem. Earth, 31,* 1201–1211. https://doi.org/10.1016/j.pce.2006.03.022.

Collins M, An, S, Cai W, Ganachaud A, Guilyardi E, Jin F, Jochum M, Lengaigne M, Power S, Timmermann A, Vecchi G, Wittenberg A (2010) The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño. Nature Geoscience 3. doi:10.1038/NGEO868.

Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Merrill, S. C., Huey, R. B., & Naylor, R. L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science, 361(6405), 916–919.*

FAO (2012) The state of food insecurity in the world: economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition. FAO, Rome http://www.fao.org/i3027e.pdf.

Feng B, Liu P, Li G, Dong ST, Wang FH, Kong LA, Zhang JW (2014) Effet of heat stress on the photosynthetic characteristics in flag leaves at the grain-filling stage of different heat-resistant winter wheat varieties. J Agron Crop Sci 200:143–155. https://doi.org/10.1111/jac.12045

Gautam, S., Schreinemachers, P., Uddin, M. N., & Srinivasan, R. (2017). Impact of training vegetable farmers in Bangladesh in integrated pest management (IPM). *Crop Protection, 102,* 161–169.

Godfray, H. C. J., & Garnett, T. (2014). Food security and sustainable intensification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 369,* 20120273.

Hatfield JL, Boote KJ, Kimball BA, Ziska LH, Izaurralde RC, Ort D et al (2011) Climate impact on agriculture: implications for crop production. Agron J 103:351–370.

IPCC (2007) Climate change: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, NY.

IPCC (2018) Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. Edited by V. Masson-Delmotte, et al. Geneva: International Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/sr15/.

Karimi, V., Karami, E., & Keshavarz, M. (2018). Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. *Journal of Integrative Agriculture, 17(1), 1–15.*

Kassaye, A. Y., Shao, G., Wang, X., Shifaw, E., & Wu, S. (2021). Impact of climate change on the staple food crops yield in Ethiopia. *Theor Appl Climatol,* 145(1-2), 327–343.

Kheiri, M., Soufizadeh, S., Ghaffari, A., & Eskandari, A. (2017). Association between temperature and precipitation with dryland wheat yield in northwest of Iran. *Climatic Change, 141(4), 703–717.*

Lal, M. (2010). Implications of climate change in sustained agricultural productivity in South Asia. *Regional Environmental Change, 11(S1), 79–94.* doi:10.1007/s10113-010-0166-9.

Lasco, R. D., Habito, C. M. D., Delfino, R. J. P., Pulhin, F. B., & Concepcion, R. N. (2011). Climate change adaptation for smallholder farmers in Southeast Asia (65 p). Philippines: World Agroforestry Centre.

Lassa, J. A., Lai, A. Y.-H., & Goh, T. (2015). Climate extremes: an observation and projection of its impacts on food production in ASEAN. *Natural Hazards, 84(S1), 19–33.*

Lin, B. B. (2011). Resilience in agriculture through crop diversification: Adaptive management for environmental change. *BioScience, 61,* 183–193.

Lioubimtseva, E., & Henebry, G. M. (2009). Climate and environmental change in arid Central Asia: Impacts, vulnerability, and adaptations. *Journal of Arid Environments, 73(11), 963–977.*

Madhukar, A., Dashora, K., & Kumar, V. (2021). Climate Trends in Temperature and Water Variables during Wheat Growing Season and Impact on Yield. *Environmental Processes, 8(3), 1047–1072.* doi:10.1007/s40710-021-00526-y.

Mirzabaev, A. (2018). Improving the Resilience of Central Asian Agriculture to Weather Variability and Climate Change. In: Lipper, L., McCarthy, N., Zilberman, D., Asfaw, S., Branca, G. (eds) Climate Smart Agriculture . *Natural Resource Management and Policy*, vol 52

NASA (2019) Global land-ocean temperature index. National aeronautics and space administration. http://data.giss.nasa.gov/giste mp.

Ochieng, J., Kirimi, L., Ochieng, D. O., Njagi, T., Mathenge, M., Gitau, R., & Ayieko, M. (2020). *Managing climate risk through crop diversification in rural Kenya. Climatic Change.*

Omerkhil, N., Chand, T., Valente, D., (2020). Climate change vulnerability and adaptation strategies for smallholder farmers in Yangi Qala District, Takhar, Afghanistan. *Ecol Indicators, 110*(June 2019).

Orlov A, Daloz AS, Sillmann J et al (2021) Global economic responses to heat stress impacts on worker productivity in crop production. Econ Dis Cli Change 5:367–390.

Parker DE (2004) Climate: large-scale warming is not urban. Nature 432(7015):290.

Prabhakar, S. V. R. K., & Shaw, R. (2007). Climate change adaptation implications for drought risk mitigation: a perspective for India. *Climatic Change, 88(2), 113–130.*

Reid, H., Alam, M., Berger, R., Cannon, T., & Milligan, A. (2009). Community-based adaptation to climate change, participatory learning and action. London: International Institute for Environment and Development.

Reyer, C. P. ., Otto, I. M., Adams, S., Albrecht, T, M. Stagl, J. (2015). Climate change impacts in Central Asia and their implications for development. *Environmental Change, 17(6), 1639–1650.*

Safi, L. (2023). Review of Afghanistan's development pattern from 2001 to 2021: a relative lacked sustainability, inclusiveness, and prosperity. J. Soc. Econ. Dev.. https://doi.org/10.1007/s40847-023-00268-7.

Safi, L. S., Mavi, G. S., Hariderjeet Kaur, H. K., Puja Srivastava, P. S., Achla Sharma, A. S., Sohu, V. S., & Bains, N. S. (2018). High yielding wheat lines

carrying superior grain and processing quality introgressed from tall traditional cultivars. Electronic Journal of Plant Breeding, 9 (3):863-872.

Safi, L., Mujeeb, M., Sahak, K. *et al.* (2024). Climate change impacts and threats on basic livelihood resources, food security and social stability in Afghanistan. *GeoJournal* 89, 85. https://doi.org/10.1007/s10708-024-11077-8.

Safi, L.,Singh, R., and Abraham T. (2017a). Analysis of Agro-Morphological Characters in Wheat (*Triticum* aestivum L.) Genotypes for Yield and Yield Components. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci. 6(9): 578-585.

Safi, L.,Singh, R., and Abraham T. (2017b). Assessment of heritability and genetic parameters in wheat (Triticum aestivum L.) based on agronomic and morphological traits. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 2017; 6(5): 18-21

Sediqi, M. N., Shiru, M. S., Nashwan, M. S., Ali, R., Abubaker, S., Wang, X., Ahmed, K., (2019). Spatio-temporal pattern in the changes in availability and sustainability of water resources in Afghanistan. *Sustainability , 11*(20). https:// doi. org/ 10. 3390/ su11205836.

Sediqi, M.N., Hendrawan, V.S.A. & Komori, D. Climate projections over different climatic regions of Afghanistan undershared socioeconomic scenarios. *Theor Appl Climatol* 149, 511–524 (2022).

Singh, R., Singh, H., & Raghubanshi, A. S. Challenges and opportunities for agricultural sustainability in changing climate scenarios: a perspective on Indian agriculture. (2019) *Tropical Ecology.*

Smit, B., & Skinner, M. W. (2002). Adaptation options in agriculture to climate change: A typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 7,* 85–114.

Srivastav, A. L., Dhyani, R., Ranjan, M., Madhav, S., & Sillanpää, M. (2021). Climate-resilient strategies for sustainable management of water resources and agriculture. *Environmental Science and Pollution Research, 28(31), 41576–41595.*

Verchot, L. V., Van Noordwijk, M., Kandji. (2007). Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 12(5), 901–918.*

Von Grebmer, KJ Bernstein, C Delgado, D Smith. (2021) Global Hunger Index 2021: Hunger and Food Systems in Conflict Settings. Bonn: Welthungerhilfe; and Dublin: Concern Worldwide.

Waldron, A., Miller, D. C., Redding, D., Mooers, A., Kuhn, T. S., Nibbelink, N. (2017). Reductions in global biodiversity loss predicted from conservation spending. *Nature, 551,* 364.

Wu, W., Ma, B., & Uphoff, N. (2015). A review of the system of rice intensification in China. *Plant and Soil*, *393*(1–2), 361–381.

Yau S, Nimah M, Farran M. (2011) Early sowing and irrigation to increase barley yields and water use efficiency in Mediterranean conditions. Agric Water Manag 98:1776–1781.