

پیش‌بینی فرین‌های دمایی ایران برای آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۲۸) با کاربست

برونداد مدل‌های پروژه پیش‌بینی اقلیم دهه‌ای (DCPP)

نرگس اسدی رحیم بیگی^۱، آذر زرین^{*۱}، عباس مفیدی^۱، عباسعلی داداشی روذباری^۱

^۱ گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

چکیده

در این مقاله فرین‌های دمایی در ایران با استفاده از برونداد مدل‌های پروژه پیش‌بینی اقلیم دهه‌ای (DCPP) شده‌اند. برای این منظور، برونداد سه مدل از پروژه DCPP برای دو دوره گذشته‌نگر (۱۹۸۱-۲۰۲۰) و دوره پیش‌بینی (۲۰۲۱-۲۰۲۸) به کارگرفته شد. از روش تغییر عامل دلتا (DCF) و روش میانگین وزنی با رویکرد مستقل (IWM) به ترتیب برای تصحیح اریبی و تولید مدل همادی استفاده شد. برای بررسی فرین‌های دمایی، از شاخص‌های کارگروه ETCCDI شامل متوسط میانگین روزانه دما (TMm)، میانگین بیشینه روزانه دما (TXm)، میانگین کمینه روزانه دما (TNm) و طول مدت گرما (WSDI) برای گستره ایران استفاده شد. نتایج نشان داد که دما در یک دهه پیش رو در ایران روند افزایشی خواهد داشت و مناطق شمالی، ارتفاعات زاگرس و شمال شرق به طور کلی دماهای بالاتری را نسبت به دوره گذشته‌نگر تجربه خواهد نمود. در میان شاخص‌های مورد بررسی، تغییرات طول مدت گرما بیشتر خواهد بود، بطوریکه از ۱۰ روز در دوره گذشته‌نگر به ۲۴ روز تا سال ۲۰۲۸ افزایش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی دهه‌ای، پروژه DCPP، مدل همادی، فرین‌های دما، ایران

Prediction of the Temperature Extremes over Iran for the Next Decade (2021-2028) using Decadal Climate Prediction Project (DCPP)

Narges Asadi Rahim-beygi¹, Azar Zarrin^{*1}, Abbas Mofidi¹, Abbasali Dadashi-Roudbari¹

¹Department of Geography, Ferdowdi University Of Mashhad, Mashhad

Abstract

In this research, we predict extreme temperatures using the decadal climate prediction project (DCPP) for the next decade over Iran. For this purpose, three DCPP models for two time periods, including Hindcast (1981-2019) and Forecast (2021-2028) were used. We used the Delta Change Factor (DCF) and the independence weighted mean (IWM) methods to correct the bias and generate a multi-model ensemble. Temperature indices provided by ETCCDI including Mean Daily Mean Temperature (TMm), Mean Daily Minimum Temperature (TNm), Mean Daily Maximum Temperature (TXm) and Warm Spell Duration Index (WSDI) were calculated. The result showed an increasing trend in temperature extremes in the next decade. The north of Iran, Zagros mountains and northeast experience higher temperatures against the Hindcast period. Among the studied indicators, the WSDI variations will be more prominent. This index will increase from 10 days in the Hindcast period (1981-2019) to 24 days by 2028.

Keywords: CMIP6-DCPP, Multi-Model Ensemble, ETCCDI, Extreme Temperatures, Iran

مقدمه

دماهی کرہ زمین در دهه‌های اخیر افزایش یافته و موجب تغییر در سامانه اقلیم زمین شده است. امروزه تغییر اقلیم یکی از چالش‌های اصلی زندگی بشر محسوب می‌شود. افزایش در فراوانی یا شدت رخدادهای فرین نظری فرین‌های دما پیامدهای جبران‌ناپذیری بر بخش‌های مختلف اجتماعی-اقتصادی و کشاورزی بر جای گذاشته است. پیش‌بینی و پیش‌نگری‌های مربوط به این رخدادها نقش مهمی در برنامه‌ریزی‌های آینده داشته و برای بسیاری از سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران جامعه حائز اهمیت است.

پیش‌بینی اقلیم دهه‌ای، یک حوزه مطالعاتی جدید محسوب می‌شود که بر روی وضعیت اقلیم یک دهه آینده، تمرکز دارد. چنین پیش‌بینی‌هایی، پیش‌بینی برای بهبود سازگاری در صنعت و جامعه در اقلیم آینده است و به علت تاثیر بالقوه آن بر جامعه، مورد توجه علمی بسیاری از محققان قرار گرفته است (هانلون و همکاران، ۲۰۱۳؛ بوئر و همکاران، ۲۰۱۶).

دانش پیش‌بینی چندساله با دهه‌ای ارزشمند و مهم است و بهره‌گیری از نتایج پیش‌بینی چندساله و دهه‌ای در جهت انجام انواع برنامه‌ریزی‌های ملی و منطقه‌ای، مدیریت منابع آب، امنیت غذایی و برنامه‌ریزی شهری بسیار کاربردی است (وارد و کانوی ۲۰۲۰). پیش‌بینی دهه‌ای عرصه پژوهشی نوینی است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است و اکثر مطالعات، کارایی بالای این پیش‌بینی‌ها برای شیوه‌سازی دما در مقیاس زمانی ده ساله را تأیید کرده‌اند (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۰؛ وان اولدنبرگ و همکاران، ۲۰۱۲؛ دوبلاس ریس و همکاران، ۲۰۱۳). اگرچه نتایج به دست آمده حاکی از آن است که روند میانگین سالانه دمای جهانی در بیش‌تر مدل‌ها بالاتر از مقادیر مشاهداتی است، اما همه مدل‌ها در پیش‌بینی دمای هوا در بازه‌های زمانی چندساله، دارای کارایی قابل توجهی بوده‌اند.

در سال‌های اخیر پژوهش‌هایی در مورد پیش‌بینی دهه‌ای انجام شده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعات کیم و همکاران (۲۰۱۲) و برچرت و همکاران (۲۰۱۹) اشاره نمود که به مقایسه پیش‌بینی میانگین دمای جهان توسط مدل‌های منفرد و مدل همادی پرداختند. همچنین برخی پژوهشگران نیز پیش‌بینی احتمالاتی بر مبنای پروژه DCPP را مدنظر قرار داده و به پیش‌بینی احتمالاتی دما و بارش فرین در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه پرداختند (کراسچک و همکاران ۲۰۲۰؛ ژیچن و همکاران، ۲۰۲۰؛ زرین و همکاران، ۱۴۰۱).

بررسی نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که پروژه DCPP کارایی مناسبی در پیش‌بینی دما طی دهه آینده دارد. همچنین پیش‌بینی‌های انجام شده بر مبنای مدل همادی کارایی بهتری نسبت به مدل‌های منفرد نشان داده است. هدف از این پژوهش، پیش‌بینی فرین‌های دما با استفاده از برondاد پروژه پیش‌بینی اقلیم دهه‌ای (DCPP) در ایران است.

۲ روش تحقیق

همکاری بین سازمان جهانی هواشناسی (WMO)، برنامه تحقیقات اقلیمی جهانی (WCRP) و کارگروه پیش‌بینی فصلی (WGSIP)، منجر به تولید و توسعه مدل‌های جدید تحت عنوان پروژه پیش‌بینی اقلیم دهه‌ای (DCPP) شده است. در واقع پیش‌بینی دهه‌ای مقیاس زمانی یک سال تا یک دهه را پوشش می‌دهد. پروژه DCPP، یک رویکرد «چند سامانه‌ای» نسبت به تغییر اقلیم و پیش‌بینی دارد که این امر باعث افزایش مهارت پیش‌بینی می‌شود (هیات بین دولتی تغییر اقلیم، ۲۰۱۳؛ دلسوله و همکاران، ۲۰۱۴). پروژه DCPP دارای سه گروه از برآوردها است. مولفه A (اجرای گذشته‌نگر دهه‌ای چندمدلی چند ساله) یا گذشته‌نگر (Hindcast)، مولفه B (اجرای پیش‌بینی‌های دهه‌ای چند مدلی زمان واقعی) یا پیش‌بینی C (Prediction) و مولفه (پیش‌بینی پذیری، سازوکارها و مطالعات موردنی).

پیش‌بینی فرین‌های دمایی در ایران با برondاد مدل‌های پروژه پیش‌بینی اقلیم دهه‌ای (DCPP)، مهم‌ترین هدف این پژوهش است. با توجه به افزایش وقوع رخدادهای فرین در دو دهه گذشته و برجسته شدن خطرات ناشی از تغییر اقلیم، بررسی تغییرات پدید آمده در متغیر دما از اهمیت قابل توجهی برخوردار شده است. بدین منظور، داده‌های روزانه برای دمای

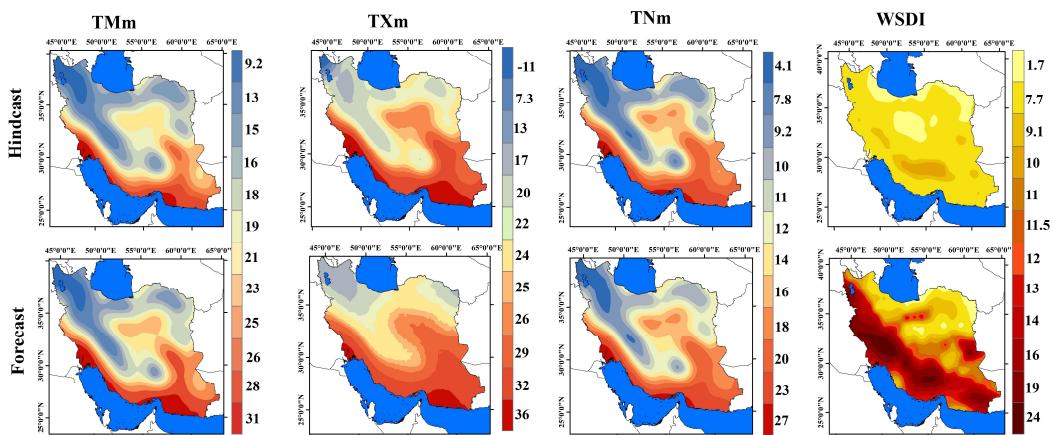
کمینه، دمای بیشینه و میانگین دمای سه مدل از پروژه DCPP با تفکیک افقی ۱۰۰ کیلومتر برای دوره گذشته‌نگر (۱۹۸۱-۲۰۱۹) و دوره پیش‌بینی (۲۰۲۱-۲۰۲۸) اخذ شد. این سه مدل شامل مدل‌های MPI-ESM1-2-HR، CSM2-MR و MRI-ESM2-0 می‌باشند. در گام نخست برونداد مستقیم مدل‌ها (DMO) با روش تغییر عامل دلتا (DCF) تصحیح شد. جهت تولید یک مدل همادی (Multi-Model ensemble)، ۹ گونه اجرا (Variant) از هر مدل مورد استفاده قرار گرفت. این ۹ گونه اجرا عبارتند از r1l1p1f1 الى r9i1p1f1. سپس خروجی هر گونه اجرا با روش (IWM) همادی گردید. برای بررسی نمایه‌های فرین دما، چهار شاخص متوسط میانگین روزانه دما (TMm)، میانگین بیشینه روزانه دما (TXm)، میانگین کمینه روزانه دما (TNm) و طول مدت گرما (WSDI) که توسط کارگروه تخصصی تغییر اقلیم و شاخص‌های فرین (ETCCDI) برنامه جهانی تحقیقات اقلیمی (WCRP) ارائه شده است، انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت.

۱ بحث و نتایج

شاخص‌های متوسط میانگین روزانه دما (TMm) و میانگین کمینه روزانه دما (TNm) هر دو از نظر توزیع فضایی در کشور الگوی مشابهی را دارند. بیشینه دو شاخص TNm و TMm در جنوب ایران و کمینه آن در شمال شرق، مناطق شمالی، شمال غرب و ارتفاعات زاگرس دیده می‌شود. مقدار بیشینه دو شاخص TMm و TNm به ترتیب ۳۰ و ۲۷ درجه سلسیوس در دوره گذشته‌نگر است. این در حالی است که در دوره پیش‌بینی شاخص TMm به مقدار یک درجه سلسیوس افزایش داشته است. اگرچه که در شاخص TNm افزایش چشمگیری طی دهد آینده دیده نمی‌شود اما مناطق شمالی، ارتفاعات زاگرس و شمال شرق در دوره پیش‌بینی نسبت به دوره گذشته‌نگر افزایش دما را خواهد داشت. فالاح قاله‌ری و شاکری (۲۰۲۱) نیز در پژوهش خود که به بررسی وردایی دما طی دهه‌های آینده پرداخته‌اند، نشان دادند که حداقل‌های دمایی در ایران در دهه‌های آینده در پاسخ به گرمایش جهانی به سمت دماهای گرم‌تر جابجا خواهند شد.

شاخص میانگین بیشینه روزانه دما (TXm) در ایران در دوره پیش‌بینی نسبت به دوره گذشته‌نگر وضعیت متفاوتی را نشان می‌دهد. به طوریکه در دوره پیش‌بینی بیشینه شاخص قسمت بزرگی از کشور را پوشش می‌دهد. وضعیت یادشده بیانگر آن است که، توزیع فضایی شاخص TXm در دهه آینده بخش‌های زیادی از جنوب و مرکز ایران را در بر خواهد گرفت. همچنین مقدار شاخص مذکور در دوره پیش‌بینی نسبت به دوره گذشته‌نگر حدود ۲ درجه سلسیوس افزایش خواهد یافت. در همین ارتباط اشرف واقعی و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی فرین‌های دمایی در ایران به این نتیجه رسیدند که بخش‌های جنوبی ایران دوره‌های طولانی‌تری از فرین‌های دمایی را در دهه‌های آینده تجربه خواهند نمود.

بررسی شاخص طول دوره مدت گرما (WSDI) نشان می‌دهد که در دوره گذشته‌نگر میانگین طول دوره گرم در هیچ بخشی از ایران بیشتر از ۱۰ روز در سال نبوده و دامنه این شاخص در ایران، طی دوره گذشته نگر (۱۹۸۱-۲۰۱۹) بین ۷/۱ تا ۱۰ روز در نوسان است. قسمت‌های جنوب و غرب کشور بیشینه و مناطق شمالی و شمال شرق ایران کمینه شاخص WSDI را نشان می‌دهند. این در حالی است که در آینده نزدیک قسمت‌هایی از جنوب، غرب و بخش‌هایی از شرق ایران دوره‌های گرمی با بیشتر از ۱۹ روز در سال را تجربه خواهند نمود. زرین و داداشی روباری (۱۴۰۰) نیز با بررسی تغییرات دمای آینده در ایران به این نتیجه رسیدند که تا پایان قرن بیستم، فرین‌های دمایی افزایش خواهند یافت. نتایج پژوهش یادشده نشان داد که مناطق جنوب و غرب ایران از جمله مناطقی به شمار می‌روند که در دهه‌های پیش‌رو دوره‌های گرم طولانی‌تری را تجربه خواهند کرد. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، طول دوره گرم (WSDI) در ایران از حدود ۱۰ روز در گذشته به ۲۴ روز در آینده نزدیک افزایش خواهد یافت.



شکل ۱. توزیع فضایی شاخص‌های فرین دما با استفاده از برونداد مدل همادی DCPP

۳ نتیجه‌گیری

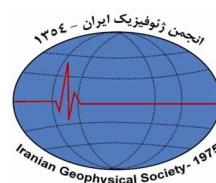
در طی چند دهه گذشته، گرمایش جهانی و به تبع آن تغییر اقلیم، میانگین دمای جهانی را افزایش داده و منجر به افزایش فراوانی وقوع فرین‌های دمایی مانند امواج گرمایی شده است. از این رو پیش‌بینی بلندمدت رخدادهای فرین مخاطره آمیز کمک می‌کند تا از خسارات‌های پیش‌رو در برابر تغییرات پیش‌بینی شده، پیشگیری به عمل آید.

یافته‌های تحقیق بیانگر این است که در دوره پیش‌بینی شاخص TMm یک درجه سلسیوس در ایران افزایش خواهد داشت. در مقابل، شاخص TNm افزایش قابل توجهی را در آینده نزدیک تجربه نمی‌کند. اما به طور کلی مناطق شمالی، ارتفاعات زاگرس و شمال شرق دماهای بالاتری را در دوره پیش‌بینی نسبت به دوره گذشته‌نگر تجربه خواهد نمود. همچنین می‌توان اضافه کرد که شاخص TXm در آینده نزدیک با افزایشی حدود ۲ درجه سلسیوس همراه خواهد بود. توزیع فضایی شاخص TXm در آینده نزدیک بیشتر مناطق جنوبی و مرکزی ایران را در بر می‌گیرد. این روند افزایشی فرین‌های دمایی در آینده تنها معطوف به ایران نیست بلکه پنج و همکاران (۲۰۱۷) نیز روند افزایش فرین‌های دمایی در چین را در دهه آتی پیش‌بینی کرده‌اند.

نتایج پیش‌بینی دهه‌ای برای شاخص طول مدت گرما (WSDI) نشان می‌دهد که مناطق جنوب و غرب بیشینه و مناطق شمالی و شمال شرق ایران کمینه شاخص WSDI را در آینده نزدیک تجربه خواهند نمود. همچنین در دهه پیش‌رو، ایران تنشهای گرمایی بالایی را تجربه خواهند کرد، به گونه‌ای که طول دوره گرم بر مبنای شاخص WSDI از حدود ۱۰ روز در گذشته به ۲۴ روز تا پایان سال ۲۰۲۸ افزایش خواهد یافت.

۴ منابع

- زرین، آ.، داداشی رودباری، ع.، ۱۴۰۰، پیش‌نگری دمای ایران در آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) بر اساس رویکرد همادی چند مدلی CMIP6: پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۳(۵)، ۷۵-۹۰.
- زرین، آ.، داداشی رودباری، ع.، حسنی، س.، ۱۴۰۱، پیش‌بینی دمای ماهانه ایران با استفاده از پروژه پیش‌بینی اقلیمی دهه‌ای (DCPP) در دهه آینده (۲۰۲۱-۲۰۲۸): گزینه زمین و فضا، ۴۸(۱)، ۸۹-۲۱۱.
- Boer, G. J., Smith, D. M., Cassou, C., Doblas-Reyes, F., Danabasoglu, G., Kirtman, B., ... & Eade, R. (2016). The decadal climate prediction project (DCPP) contribution to CMIP6. *Geoscientific Model Development*, 9(10), 3751-3777.
- Borchert, L. F., Pohlmann, H., Baehr, J., Neddermann, N. C., Suarez-Gutierrez, L., & Müller, W. A. (2019). Decadal predictions of the probability of occurrence for warm summer temperature extremes. *Geophysical Research Letters*, 46(23), 14042-14051.
- DelSole, T., Nattala, J., and Tippett, M. K.: Skill improvement from increased ensemble size and model diversity, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 7331–7342.
- Fallah-Ghalhari, G., & Shakeri, F. (2021). An assessment of Iran's seasonal temperature probability



- distribution variations in the future decades. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(4), 1-18.
- Goddard, L., Kumar, A., Solomon, A., Smith, D., Boer, G., Gonzalez, P., ... & Delworth, T. (2013). A verification framework for interannual-to-decadal predictions experiments. *Climate Dynamics*, 40(1-2), 245-272.
- Hanlon, H. M., Morak, S., & Hegerl, G. C. (2013). Detection and prediction of mean and extreme European summer temperatures with a multimodel ensemble. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(17), 9631-9641.
- IPCC: Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., and Midgley, P. M., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 1535 pp., doi:10.1017/CBO9781107415324, 2013
- Kruschke, T., Befort, D., Nikulin, G., & Koenigk, T. (2020, May). Multi-model decadal predictions of probabilities for seasonal mean temperature and precipitation extremes. In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 17685).
- Peng, X., She, Q., Long, L., Liu, M., Xu, Q., Zhang, J., & Xiang, W. (2017). Long-term trend in ground-based air temperature and its responses to atmospheric circulation and anthropogenic activity in the Yangtze River Delta, China. *Atmospheric Research*, 195, 20-30.
- Vaghefi, S. A., Keykhai, M., Jahanbakhshi, F., Sheikholeslami, J., Ahmadi, A., Yang, H., & Abbaspour, K. C. (2019). The future of extreme climate in Iran. *Scientific reports*, 9(1), 1-11.
- van Oldenborgh, G. J., Doblas-Reyes, F. J., Wouters, B., & Hazeleger, W. (2012). Decadal prediction skill in a multi-model ensemble. *Climate Dynamics*, 38(7-8), 1263-1280.
- Ward, N., & Conway, D. (2020). Applications of interannual-to-decadal climate prediction: an exploratory discussion on rainfall in the Sahel region of Africa. *Climate Services*, 18, 100170.
- Zi-Chen, T. A. N. G., Qing-Quan, L. I., Li-Juan, W. A. N. G., & Li-Quan, W. U. (2020). Evaluation of CanESM5 and MIROC6 models' ability in predicting air temperature over China based on CMIP6 decadal experiment. *Advances in Climate Change Research*.