

بررسی اثرات تغییر اقلیم بر مؤلفه‌های ترازمندی آب سطح ایران

الهام مسلم‌زاده^۱، پرویز ایران نژاد^۲، امید علیزاده چوبی^۳

^۱ کارشناسی ارشد هوافضایی، گروه فیزیک فضا، موسسه زئوفیزیک دانشگاه تهران، ایمیل: Eli.moslemzadeh@ut.ac.ir

^۲ دانشیار گروه فیزیک فضا، موسسه زئوفیزیک دانشگاه تهران، ایمیل: Piran@ut.ac.ir

^۳ استادیار گروه فیزیک فضا، موسسه زئوفیزیک دانشگاه تهران، ایمیل: omid.alizadeh@ut.ac.ir

چکیده

با استفاده از مدل اقلیمی منطقه‌ای (RegCM4.4)، با شرایط آغازین و مرزی برگرفته از داده‌های مدل جهانی CSIRO، تغییر دما، بارش و دیگر مؤلفه‌های ترازمندی آب سطح روی ایران در دوره آینده (۲۰۷۰-۲۰۹۹) نسبت به دوره گذشته (۱۹۷۰-۱۹۹۹) تحت دو سناریوی RCP8.5 و RCP4.5 در ماههای مختلف سال بررسی شد. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد که دمای ایران در همه ماه‌ها تحت هر دو سناریو افزایش می‌یابد و بیشینه این افزایش در ماههای گرم سال پیش‌بینی شده است که میزان افزایش دما در سناریوی RCP8.5 بالاتر از RCP4.5 خواهد بود. در دوره آینده تحت هر دو سناریو بارش در ایران در ماههای گرم سال از ماه مارس تا سپتامبر کاهش و در ماههای سردرتر سال در ماههای نوامبر، ژانویه و فوریه افزایش می‌یابد. همچنین به طور میانگین بارش سالانه ایران در دوره آینده تحت سناریوی RCP4.5 کاهش و سناریوی RCP8.5 افزایش می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی‌ها همچنین نشان داد که در دوره آینده تحت هر دو سناریو میانگین تبخیر سالانه افزایش و میانگین رواناب و رطوبت خاک سالانه ایران به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: گرمایش ایران، تغییر اقلیم، مدل اقلیمی منطقه‌ای

Investigating climate change impacts on the surface water balance components over Iran

Elham Moslemzadeh¹, Parviz Irandejad² and Omid Alizadeh-Chooobari³

1. M.Sc. Graduate of Meteorology, Department of Space Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

2. Associate Professor, Department of Space Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

3. Assistant Professor, Department of Space Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

Abstract

Using Regional Climate Model (RegCM4.4) under the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios, monthly changes in surface water balance components over Iran are investigated for the period 2079-2099 relative to the base period 1970-1999. Results indicated that under both scenarios, temperature in Iran will increase, with higher increase during the warm months of the year, and higher temperatures are simulated under the RCP8.5 scenario. Under both scenarios during 2070-2099, precipitation will decrease in warm months of the year from March to September, but will increase during cold months of November, January and February. On the annual basis, however, precipitation will decrease under the RCP4.5 scenario, but increase under the RCP8.5 scenario. Results also indicated that under both scenarios in the future annual evaporation will increase and annual runoff and soil moisture in Iran will significantly decrease.

Keywords: Warming of Iran, Climate change, RegCM

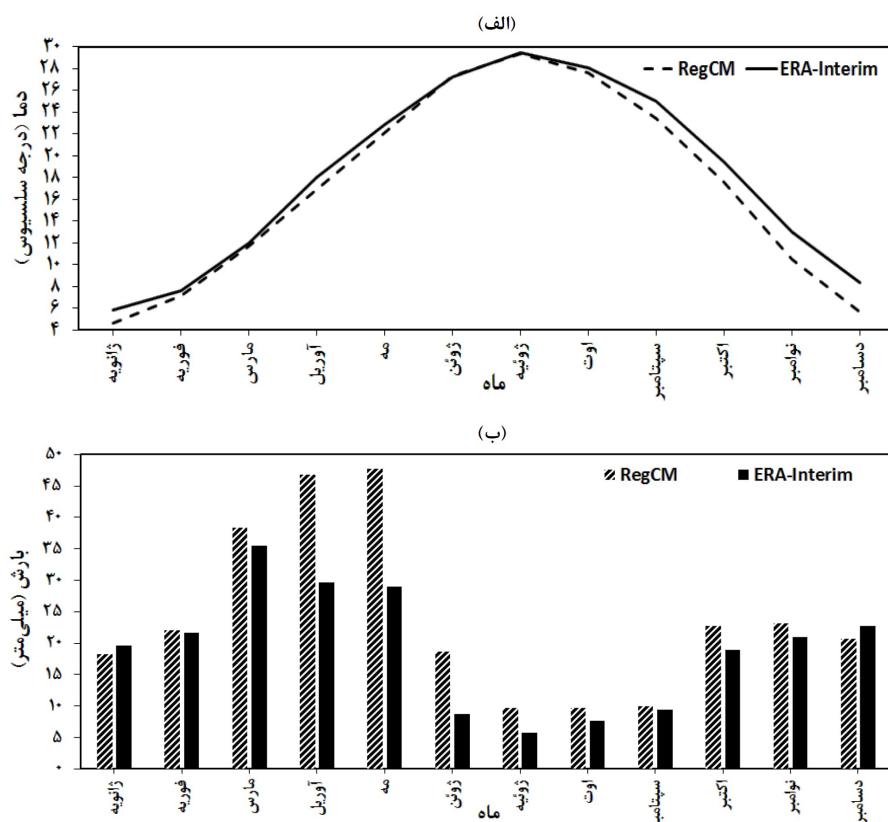
۱ مقدمه

در سال‌های اخیر مسئله گرم شدن زمین و تأثیر آن بر چرخه آب مورد توجه قرار گرفته است (IPCC, ۲۰۰۷). شرایط اقلیمی گرم‌تر باعث تشدید چرخه آب، تغییر بارش و توزیع زمانی رواناب می‌شود (بارنت و همکاران، ۲۰۰۵). افزایش

دما همچنین می‌تواند موجب کاهش مقدار بارش در فصل تابستان و افزایش احتمال و شدت وقوع خشکسالی بهخصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان گردد (چارتزو لاکیس و پساراس، ۲۰۰۵). مطالعات زیادی در زمینه تأثیر گرمایش زمین بر اقلیم آینده در مناطق مختلف دنیا (مثل، جائو و جیورجی ۲۰۰۸؛ ماریوتی و همکاران ۲۰۰۸ و ایران (مثلا، ضرغامی و همکاران ۲۰۱۱؛ آذری و همکاران ۱۳۹۲) انجام شده است. تاکنون مطالعه‌ای در باره چگونگی تغییر اقلیم ایران تحت سناریوهای RCP گزارش نشده است. در مطالعه حاضر تغییر احتمالی اقلیم آینده ایران و تأثیر آن بر مؤلفه‌های ترازمندی آب سطح روی منطقه ایران تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 با استفاده از مدل اقلیمی منطقه‌ای (RegCM) بررسی می‌شود.

۲ روش تحقیق

در پژوهش حاضر از نسخه ۴/۴ مدل اقلیمی منطقه‌ای (RegCM) برای انجام شبیه‌سازی‌ها در دوره اقلیمی گذشته (۱۹۹۹-۱۹۷۰) و آینده (۲۰۷۰-۲۰۹۹) تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شده است. برای شرایط آغازین و مرزی از داده‌های مدل جهانی CSIRO استفاده شده است. حوزه محاسباتی اجرای مدل دارای 98×88 نقطه شبکه‌ای است که مرکز آن در $N = 26.5^\circ$ و $E = 49^\circ$ قرار گرفته است و از سیستم مخروطی لامبرت بهره گرفته شده است. تفکیک افقی مدل ۳۶ کیلومتر با ۱۸ تراز در راستای قائم در نظر گرفته شده است که در آن بالاترین تراز فشاری در 50 هکتوپاسکال قرار دارد. با توجه به انتخاب سناریوهای متفاوت، شرایط آغازین و مرزی در دو شبیه‌سازی آینده با یکدیگر و با شبیه‌سازی دوره پایه متفاوت است، اما پارامترسازی‌های فیزیکی در همه این شبیه‌سازی‌ها یکسان هستند. هدف از انتخاب این دو سناریو پیش‌بینی حد وسط و حد اکثر تغییرات اقلیمی در آینده برای حوزه محاسباتی است.

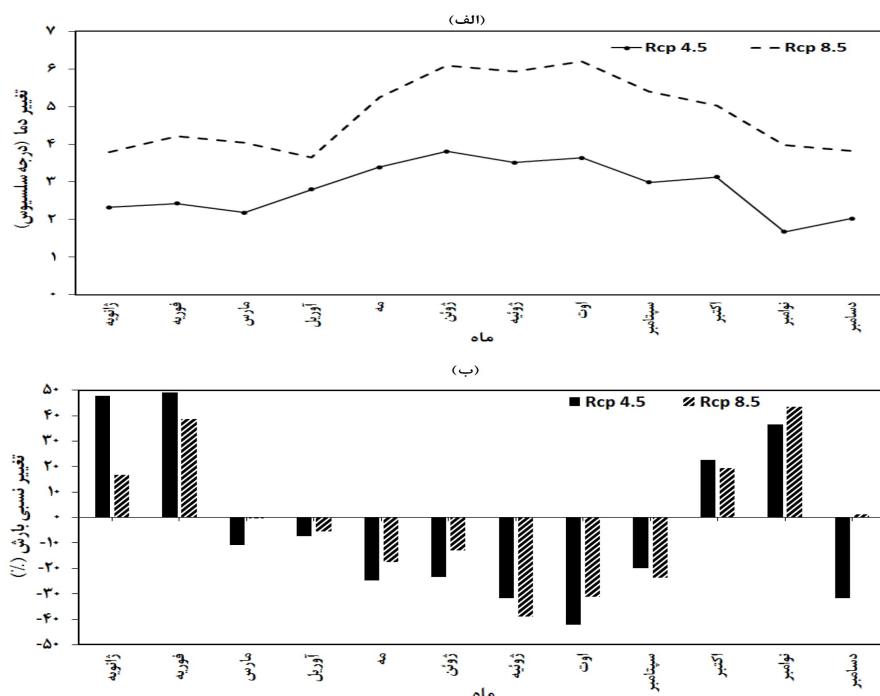


شکل ۱. میانگین ماهانه (الف) دمای هوای نزدیک سطح زمین (درجه سلسیوس) و (ب) بارش (میلی‌متر) برای داده بازتحلیل ERA-Interim و شبیه‌سازی RegCM در دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۹) که روی ایران میانگین‌گیری شده است.

۳ نتایج

در شکل ۱ میانگین ماهانه دمای هوای سطح و بارش شبیه‌سازی شده توسط RegCM با داده‌های بازتحلیل ERA-Interim که در بازه زمانی ۱۹۷۰-۱۹۹۹ روی ایران میانگین‌گیری شده مقایسه شده است. مدل RegCM می‌تواند مقادیر میانگین دما را در ماه‌های گرم سال به خوبی پیش‌بینی کند (شکل ۱-الف). بیشترین تفاوت‌ها مربوط به ماه‌های سپتامبر تا زانویه است که مدل در آنها فروبرآورد دارد. شکل ۱-ب نشان می‌دهد که مدل در تمامی ماه‌های سال، به جز ژانویه و دسامبر، در پیش‌بینی بارش فرابرآورد دارد و بیشترین تفاوت‌ها مربوط به ماه‌های آوریل، مه و ژوئن است. مقایسه نتایج میانگین ماهانه شبیه‌سازی مدل و داده‌های بازتحلیل ERA-Interim نشان داد که با نسبت انحراف معیار و ضریب همبستگی نزدیک‌تر به یک و محدود میانگین مربعات خطای کوچک‌تر، RegCM دما را بهتر از بارش پیش‌بینی می‌کند. این نتیجه با نتایج مطالعه ازتورک و همکاران (۲۰۱۷) هماهنگ است.

تغییر چرخه سالانه دما و بارش در دوره آینده تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق شکل ۲-الف در هر دو سناریو در همه ماه‌ها افزایش می‌باید که بیشینه این افزایش در ماه‌های گرم سال پیش‌بینی شده است. میزان افزایش دما در سناریوی RCP8.5 بالاتر از RCP4.5 خواهد بود که در ماه‌های تابستان و اوایل پاییز اختلاف دمای بین این دو سناریو افزایش می‌باید. شکل ۲-ب نشان می‌دهد که الگوهای تغییر نسبی بارش در دوره آینده در هر دو سناریو به استثنای ماه دسامبر یکسان است، بهنحوی که تحت هر دو سناریوی تغییر اقلیم، بارش در ماه‌های گرم سال از ماه مارس تا سپتامبر در ایران کاهش و در ماه‌های سردر سال در نوامبر، ژانویه و فوریه افزایش می‌باید. نتایج شبیه‌سازی‌ها تحت سناریوی RCP4.5 کاهش بارش را در ماه دسامبر نیز نشان می‌دهد، در حالی که تحت سناریوی RCP8.5 در این ماه بارش اندکی افزایش یافته است. از آنجایی که ماه‌های سردر سال در دوره آینده نسبت به دوره گذشته گرم‌تر می‌شوند (شکل ۲-الف) و هوای گرم‌تر ظرفیت نگهداری بخار آب بیشتری دارد، وقوع بارش‌های بیشتر در دوره آینده، در ماه‌های سرد سال که شرایط دینامیکی برای بارش مناسب است، روی ایران قابل انتظار است. در مقابل، در ماه‌های گرم‌تر سال اگرچه همچنان با افزایش دما در دوره تغییر اقلیم ظرفیت نگهداری بخار آب افزایش می‌باید، اما چون رطوبت ویژه اشباع نیز در ماه‌های گرم سال بهشت افزایش می‌باید، تراز میان به ارتفاع‌های بسیار بالاتر می‌رود که پیامد آن کاهش بارش در این مناطق است.



شکل ۲. (الف) تغییر میانگین ماهانه دمای هوای نزدیک سطح زمین (درجه سلسیوس) و (ب) تغییر نسبی میانگین ماهانه بارش (%) که روی ایران میانگین‌گیری شده است در دوره آینده (۲۰۹۹-۲۰۷۰) نسبت به دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۹)

(علیزاده چوبری و نجفی، ۲۰۱۷). البته باید توجه داشت که برای توجیه دقیق‌تر تغییر بارش در دوره آینده نیاز است که، افروزن بر ظرفیت نگهداری بخار آب، نقش عوامل دینامیکی مؤثر بر بارش نیز در نظر گرفته شود. شکل ۲ ب همچنین نشان می‌دهد که در دوره آینده عموماً در ماههای گرم سال میزان بارش در سناریوی RCP8.5 اندکی بالاتر از سناریوی RCP4.5 است و به طور میانگین بارش سالانه ایران تحت سناریوی RCP4.5 کاهش و ۵.۵ افزایش می‌یابد.

خلاصه نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها برای میزان تغییر در سایر مؤلفه‌های ترازمندی آب سطح در دوره آینده (نشان داده نشده‌اند) بدین شرح است. تبخیر تحت هر دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5، در ماههای سردر سال از ماه اکتبر تا آوریل افزایش و در ماههای گرم‌تر سال از مه تا سپتامبر که آب در دسترس برای تبخیر محدود است، کاهش می‌یابد. تبخیر سالانه ایران در دوره آینده تحت هر دو سناریو افزایش می‌یابد. همچنین رواناب و رطوبت خاک سالانه در دوره آینده تحت هر دو سناریو به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

۳ نتیجه‌گیری

نتایج اجرای مدل با استفاده از شرایط آغازین و مرزی برگرفته از مدل جهانی CSIRO نشان داد که در دوره آینده (۲۰۹۹-۲۰۷۰) نسبت به دوره گذشته (۱۹۹۹-۱۹۷۰) دمای ایران در همه ماهها تحت هر دو سناریو افزایش می‌یابد و بیشینه این افزایش در ماههای گرم سال پیش‌بینی شده است که میزان افزایش دما در سناریوی RCP8.5 بالاتر از RCP4.5 خواهد بود. تأثیر گرمایش ایران تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5، بیانگر کاهش بارش ایران در ماههای گرم سال از ماه مارس تا سپتامبر (اگرچه بارش شبیه‌سازی شده تحت سناریوی RCP8.5 اندکی بالاتر از بارش تحت سناریوی RCP4.5 است) و افزایش آن در ماههای سردر سال در ماههای نوامبر، زانویه و فوریه است. نتایج شبیه‌سازی‌ها تحت سناریوی RCP4.5 کاهش بارش را در ماه دسامبر نیز نشان می‌دهد، در حالی که تحت سناریوی RCP8.5 در این ماه به میزان جزئی بارش افزایش یافته است. بررسی همه ماههای سال نشان داد که به طور میانگین بارش سالانه ایران در دوره آینده تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی‌ها همچنین نشان داد که در دوره آینده تحت هر دو سناریو میانگین تبخیر سالانه افزایش و میانگین رواناب و رطوبت خاک سالانه ایران به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

منابع

- آذری، م.، مرادی، ح.، ثقفیان، ب. و فرامرزی، م.، ۱۳۹۲، ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی تغییر اقلیم در حوضه آبخیز گرگان رود: نشریه آبخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۷، (۳)، ۵۳۷-۵۴۷.
- Alizadeh-Choobari, O., and Najafi, S., 2017, Extreme weather events in Iran under a changing climate: Clim Dyn, doi:10.1007/s00382-017-3602-4.
- Barnett, T. P., Adam, J. C., and Lettenmaier, D. P., 2005, Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions: Nature, **438**, 303-309.
- Cartzoulakis, K., and Psarras, G., 2005, Global change effects on crop photosynthesis and production in Mediterranean: the case of Crete, Greece: Agriculture, Ecosystems and Environment, **106**, 147-157.
- Gao, X., and Giorgi, F., 2008, Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model: Global and Planetary Change, **62**, 195-209.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., & Miller, H. L. (Eds.), Climate Change 2007, The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Mariotti, A., Zeng, N., Yoon, J., Artale, V., Navarra, A., Alpert, P., and Z X Li, L., 2008, Mediterranean water cycle changes: transition to drier 21st century conditions in observations and CMIP3 simulations: Environ. Res. Lett., **3**, (4), 044001.
- Ozturk, T., Tufan Turp, M., Türkeş, M., and Levent Kurnaz, M., 2017, Projected changes in temperature and precipitation climatology of Central Asia CORDEX Region 8 by using RegCM4.3.5: Atmos. Res., **183**, 296-307.
- Zarghami, M., Abdi, A., Babaeian, I., Hassanzadeh, Y., and Kanani, R., 2011, Impacts of climate change on runoff in East Azerbaijan, Iran: Global and Planetary Change, **78**, 137-146.