

EXTENDED ABSTRACT

The Effect of Climate Change on Volume of Water Resources and Transfer of Inter-Basin Water

D. Rahimi^{1*} and F. Zarei²

1* - Corresponding Author, Associate Professor, Department of Physical Geography, University of Isfahan, Iran. (d.rahimi@geo.ui.ac.ir).

2- Ph.D. Student, Department of Physical Geography, University of Isfahan, Iran.

Received: 24 April 2017

Revised: 17 October 2017

Accepted: 21 October 2017

Keywords: Climate Change, Water Resources, HADCM3, Sarab Basin. **DOI:** 10.22055/jise.2017.21862.1565.

Introduction

Climate change is a serious challenge to human interest by its adverse effect on various sectors, such as water sources, agriculture, and energy. According to IPCC report, the average annual temperature of the earth has been raised between 0.3 to 0.6° because of the spread of the greenhouse gases, and this report predicts this amount will increase between 1 to 3.5° until 2100 (Boberg et al ,2010).

To study the effect of greenhouse gases in the atmosphere and the oceanic-atmospheric, general circulation model in regional scale is the most efficient vehicle. These models have been developed to simulate the current climate. They also performed well in predicting future changes in the climate and simulating interactions of soil, atmosphere, and oceans (IPCC, 2007). The effect of climate change on water sources is assessed using rainfall-runoff models by simulating hydrological processes. Studying future climate change and its likely events will help planners and water sources administrators to cope with the future challenge. Considering these likely changes will contribute to objective planning toward optional operations. Predicting future runoff value is one of the most important factors about dam construction, water transferring, agricultural growth and industrial activities.

Semenov (2008) assessed LARS-WG performance by data from 20 representative stations. Babaeian et al, (2004) and Khaliliaqdam, et al(2013), studied the effect of climate change on the hydroelectric reservoir of Jor Dam by the microclimate model LARS-WG and scenarios B1, B2, and A1B. Output results of the model showed that Tmin and Tmax will increase to the amount of 0.3-0.6 degrees. As a result, available water reservoirs of behind the dams for hydroelectric generation are affected by the decreased rainfall. BaniHabib et al, (2016), simulated the input flow of Shahcheraghi Dam using the generator LARS-WG, data downscaling, and the function of artificial neural networks on output of LARS. They found that nightly and daily temperatures rise 1.1 and 1.2 degrees from 2015 to 2040, and rainfall will decrease by 9% during January. By simulating artificial neural networks, it was determined that the input flow will experience 2.4-4.1 % decrease based on different scenarios.

2. Materials and methods

The method adopted in this study is experimental.

2.1. Study area and data

The Sarab Basin has part of Behesht-Abad (sub-basin of North Karoun Basin) Basin. The size of Sarab Basin is 975km². This basin is accountable for around 70% of the surface water resources of the Behesht-Abad Basin. Thus it plays an important role in terms of natural resources, agriculture, and the economy. Any change in climatic factors will have serious economic consequences.

To evaluate the impact of climate change, this work was carried out in three stages. At the first step, the trend in historical data was investigated using the non-parametric Mann-Kendall method. Then in the second step, the changes in the temperature and precipitation were detected. The evidence of climate change, such as changes in the Tmax, Tmin, Rainfall, and discharge, were tested. In the third step, the Lars-WG database output was used as a data source for future temperature and precipitation under AR4 scenarios.

2.2 Trend test

The Mann-Kendall test was used for detecting trends in long time series. This approach is based on the idea that what has happened in the past gives an idea of what will happen in the future. A trend can be considered as the general movement over time of a statistically detectable change. A downward trend means that the variable consistently increases; however, the trend may or may be non-linear. If the computed Z-statistic comes out as $z \geq +1.96$, there is an upward trend at $\alpha \geq 0.05$. If the computed Z-statistic shows $z \leq -1.96$, there is a downward trend at $\alpha \geq 0.05$. Z-test statistic can be determined from one of the following relationships:

$$var(s) = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)]}{18} \quad (1)$$

$$Z_0 = \begin{cases} \frac{(S-1)}{\sqrt{Var(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{(S+1)}{\sqrt{Var(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (2)$$

A Z-statistic greater than 1.96 and 2.58 indicates a significant trend in levels of 5% and 1%, respectively. If the Z-statistic value is positive, the trend of data series is upward. For a negative Z-statistic value, the trend is downward.

2.2.1 Description of LARS-WG

LARS-WG model is a single site stochastic weather generator for generating future daily climatic data, e.g. rainfall, radiation, Tmin, and Tmax, which generates the simulated time series based on current data ((Johnson et al. 1996). This model has been gradually improved to provide a means to simulate the future climate projections (Semenov and Barrow 2002, Semenov 2008).

The simulation of rainfall events is based on alternating wet and dry series. For rainy days (precipitation > 0.0 mm) the values are generated from the semi-empirical distribution of the corresponding month. That is independent of the rainfall of previous days or the length of the wet series (Semenov, 2002). The daily Tmax and Tmin are calculated in the form of a stochastic process with daily mean and standard deviation related to a given day with the wet or dry condition. Based on Fourier series, temperature values (Z_t) are estimated. Residuals are calculated by subtracting mean values from observed values as an index for fitness. Through autocorrelation analysis of time series, the minimum and maximum temperatures can be obtained. LARS-WG has integrated 15 GCM models and 3 diffusion scenarios, including B1, A2, and A1B for the periods 2011-2030, 2046-2065, and 2081-2099(Semenov 2008).

Discussion:

The climate change impact on the water cycle plays a role in exacerbating hydro-climatic hazards. Sarab Basin due to supplying more than 70% of the water of Beheshtabad River (transferring water from Karun Basin to Zayandeh Rood Basin), has a good position in water-resource planning. In order to study the effects of climate change on water resources, hydrometric and climatological data were used from the 1987-2014 period. The Mann-Kendall nonparametric test was used to determine data trends and for the prediction of climatic variables, and it was done with the HADCM3 model. Also, it was considered with climate change scenarios and done with an estimation of water resources in the horizon of 2006-2036. The test results indicate a significant trend of increasing temperatures, evaporation, and no changes in the trend of precipitation at the significance level of 95%. The results of the model and trending indicate a decrease in discharge from 11.1 m^3 to 5.9 m^3 . A decrease of 53% in discharge due to changes in development policy, temperature, evapotranspiration, and runoff volume will lead to a decrease of 184.4 million m^3 . 55.6 million m^3 of this amount is resulting from an increase in the temperature and evaporation, and 132.8 million m^3 resulting from economic development programs in the basin. Thus, the volume of transferable water will be reduced from 355 million m^3 to 168 million m^3 .

References

- 1- Babaeian, I., Kwon, W.T. and Im, E.S., 2004. Application of weather generator technique for climate change assessment over Korea. Korea Meteorological Research Institute. *Climate Research lab.*, 98pp.
- 2- Boberg, F., Berg, P., Thejll, P., Gutowski, W.J. and Christensen, J.H., 2010. Improved confidence in climate change projections of precipitation further evaluated using daily statistics from ENSEMBLES models. *Climate dynamics*, 35(7-8), pp.1509-1520.
- 3- IPCC, 2007. Climate Change, The Scientific Basis, In Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of Intergovernmental Panel of Climate Change; Editor by J.T.
- 4- Johnson, G.L., Hanson, C.L., Hardegree, S.P. and Ballard, E.B., 1996. Stochastic weather simulation: Overview and analysis of two commonly used models. *Journal of Applied Meteorology*, 35(10), pp.1878-1896.
- 5- Khaliliaqdam, N. Mosaedi, A. Soltani, A. and Kamkar, B., 2013. Evaluation of ability of LARS-WG model for simulating some weather parameters in Sanandaj. *Journal of Water and Soil Conservation*. 19(4), pp. 85-102. (In Persian).
- 6- Semenov, M.A. and Barrow, E. M, 2002. LARS-WG a stochastic weather generator for use in climate impact studies, User's manual; Version3.0, 27p.
- 7- Semenov, M.A., 2008. Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generator. *Climate Research*, 35(3), pp.203-212.





اثرات تغییر اقلیم بر حجم منابع آب و انتقال آب بین حوضه ای

داریوش رحیمی^{۱*} و فرحناز زارعی^۲

*- نویسنده مسئول، دانشیار آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان. d.rahimi@geo.ui.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان.

پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۹

بازنگری: ۱۳۹۶/۷/۲۵

دریافت: ۱۳۹۶/۲/۴

چکیده

تغییر اقلیم با تاثیر گذاری بر چرخه آب در تشدید مخاطرات هیدرواقليمی نقش دارد. حوضه سراب به دليل تامين بيش از ۷۰ درصد آب رودخانه بهشت آباد (انتقال آب حوضه کارون به حوضه زاینده رود) جایگاه مناسبی در برنامه ریزی منابع آب دارد. حجم آب قابل انتقال از چالش های بزرگ این پروژه است در این پژوهش تلاش بر آن است که با کمک سناریوهای تغییر اقلیم به میزان درستی از آن دست یابیم برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب حوضه از داده های هیدرومتری و کلیما تولوژی دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۶ استفاده گردید. آزمون ناپارامتری من-کندال برای تعیین روند استفاده و به کمک مدل HADCM3 پیش بینی متغیرهای اقلیمی انجام شد. همچنین با در نظر گرفتن سناریوهای تغییر اقلیم بر آورد منابع آب در افق ۱۴۱۵-۱۳۸۵ انجام گردید. نتایج آزمون نشان دهنده روند معنی دار افزایش دما، تبخیر و تغییرات بدون روند بارش در سطح ۹۵ درصد است. نتایج مدل و روندیابی، نشان دهنده کاهش متوسط دبی سالانه حوضه از ۱۱/۱ متر مکعب به ۵/۹ متر مکعب است. کاهش ۵۳ درصدی دبی به دلیل اجرای طرح های توسعه منابع آب، برداشت آب از حوضه، افزایش دما و تبخیر، منجر به کاهش ۱۸۴/۴ میلیون متر مکعب حجم رواناب خواهد شد. از این مقدار ۳۰/۵ درصد ناشی از افزایش دما و تبخیر و ۶۹/۵ درصد ناشی از اجرای برنامه های توسعه و برداشت منابع آبی در سطح حوضه می باشد. بنابراین تغییر اقلیم و آنتروپوسن راهبرد های مبتنی بر انتقال آب را با چالش روبرو خواهد کرد. لذا بیشتر بر راهبرد اصلاح الگوی مصرف در حوضه مقصد تاکید نمود.

کلیدواژه ها: تحلیل روند، مدیریت منابع آب، مدل HADCM3، حوضه آبخیز سراب.

مقدمه

بر اساس چارچوب کنواسیون تغییر اقلیم سازمان ملل تغییر اقلیم؛ تغییری است که به طور مستقیم یا غیر مستقیم به فعالیت های بشر نسبت داده می شود و ترکیبات جهانی جو را تغییر می دهد و این مساله به جز تغییر پذیری طبیعی اقلیم است که طی دوره های زمانی قابل مقایسه مشاهده می گردد (IPCC, 2007). در این مقاله منظور از تغییر اقلیم مبتنی بر تعریف ارائه شده در بالا بوده و در همین چارچوب به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در حوضه سراب پرداخته می شود.

تنش های آبی، چالش های زیادی در زمینه های محیط زیست، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی برای جوامع بشری در نیم سده آینده به ویژه در عرض های میانی کره زمین ایجاد نموده است. حوضه آبی زاینده رود به دلیل جایگاه اقلیمی، استقرار صنایع آب بر و سکونتگاه های جمعیتی در نیم سده اخیر در زمینه تامین آب با مشکلات زیادی روبرو بوده است. برای حل این چالش راهبردهای مبتنی بر تامین آب از حوضه های همجوار مانند حوضه کارون انتخاب شده و در فازهای

مختلفی مانند طرح انتقال تونل اول کوه رنگ (۱۹۵۴)، تونل دوم کوه رنگ (۱۹۸۷) تونل چشمه لنگان و خدنگستان (۲۰۰۳) و تونل کوه رنگ (۲۰۱۵) اجرا گردیده اما چالش منابع آب ناشی از افزایش نیاز آبی، توسعه صنعتی و رخداد خشکسالی های اقلیمی و هیدرولوژیکی حتی با شدت بیشتر کماکان از مشکلات اساسی مدیران و ذی نفعان حوضه زاینده رود می باشد.

کاهش منابع آب و چالش های ناشی از آن به ویژه با در نظر گرفتن اثرات تغییر اقلیم بر روی دما و بارش و تبخیر، نیاز آبی، رخداد خشکسالی های شدید و تغییر الگوی مصرف آب در بخش های کشاورزی، شرب و صنعت از مسائل مهم در جهان به ویژه مناطق خشک می باشند. افزایش مقادیر حدی پدیده های نظیر طوفان، سیل تگرگ، خشکسالی، امواج گرمایی و سرمای و به طور کلی مخاطرات اقلیمی از رایج ترین تاثیرات تغییر اقلیم است (IPCC, 2007). بررسی رفتار این پدیده ها به کمک شبیه سازی داده های اقلیمی بر اساس سناریوهای تغییر اقلیم از جمله اقدامات محسوب می شوند که برای غلبه بر آنها به ویژه در مورد تامین منابع آب مورد توجه قرار گرفته اند. Semenov و Barrow (2002)؛ Semenov (2008) و

را با شبیه‌سازی کردند و با ریزمقیاس نمایی تناسبی دریافتند که بارندگی در پاییز افزایش و در زمستان و بهار کاهش خواهد یافت. Ashraf et al (2011) داده‌های مدل HADCM3 را، طبق سه سناریوی A1B، A2 و B1 توسط مدل LARS-WG ریزمقیاس کرده و تغییرات فصلی بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی استان خراسان رضوی در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ را مورد بررسی قرار دادند.

نتایج حاکی از افزایش بارش‌های بهاره، پاییزه و زمستانی، افزایش دما و کاهش ساعات آفتابی در دوره مورد مطالعه در اغلب مناطق استان بوده است. (Khaliliaqdam et al., 2013)؛ (Dousti et al., 2013)؛ (Farajzadeh, 2013) و (Masah boani and Morid, 2008). با کمک مولد LARS-WG نشان دهنده قابلیت‌های این مولد در پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی دما و تابش با دقت مناسب و برآورد بارش با دقت کمتر است. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر متغیرهای اقلیمی حوضه آبریز سراب می‌باشد، که یکی از کانون‌های مهم تأمین آب حوضه آبریز بهشت‌آباد می‌باشد. حوضه آبریز بهشت‌آباد یکی از گزینه‌های مهم انتقال آب بین حوضه‌ای به فلات مرکزی ایران و رودخانه زاینده‌رود می‌باشد. لذا ارزیابی تغییرات اقلیمی و بالتبع آن تغییر حجم دبی حوضه سراب که تاکنون به آن پرداخته نشده است، به منظور انتقال آب بین حوضه‌ای در آینده اهمیت زیادی دارد.

محدوده مطالعاتی

پروژه انتقال آب بهشت‌آباد تحت عنوان طرح انتقال آب کارون به فلات مرکزی ایران به‌عنوان یک پروژه در راستای راهبرد تأمین منابع آب در دو دهه (۱۳۸۰ و ۱۳۹۰) مطرح می‌باشد. با توجه به هدف مقاله حاضر زیر حوضه سراب شکل (۱) با مساحتی حدود ۹۷۵ کیلومترمربع، بارش ۶۷۰ میلی‌متر و دبی متوسط ۱۱/۱ متر مکعب بر ثانیه که دارای جایگاه ویژه‌ای از نظر تأمین آب برای اجرای این پروژه است. برای ارزیابی آثار تغییر اقلیم بر انتقال آب بین حوضه‌ای در این پروژه مورد بررسی قرار گرفته است (Rahimi, 2009).

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب از داده‌های اقلیمی روزانه میانگین کمینه و بیشینه دما، بارش و ساعات آفتابی و دبی در دوره آماری ۹۲-۱۳۶۶ ایستگاه‌های هواشناسی شهرکرد، کوهرنگ، فارسان و ایستگاه‌های هیدرومتری ده‌چشمه، پردنجان، باباجیدر، جونقان و بهشت‌آباد استفاده گردیده است. با توجه به نقطه‌ای بودن داده‌های ثبت شده در ایستگاه‌های مذکور با استفاده از روش کریجینگ مبتنی بر روش اقلیدسی داده‌ها به صورت پهنه‌ای در سطح حوضه تبدیل گردیده است. جدول (۱) مشخصات اقلیمی و هیدرولوژی حوضه را نشان می‌دهد.

Babaeian et al (2004) با شبیه‌سازی داده‌ها با مولد LARS-WG در انگلستان، ایران و کره جنوبی وضعیت عناصر اقلیمی را به صورت ایستگاهی در دهه‌های آینده مطالعه کردند و نشان دادند که میانگین حداکثر سالانه و روزانه در سطح اطمینان ۹۵ درصد روند افزایشی با دقت کمتر در مقایسه با دمای حداکثر هستند. Boberg et al (2010) با آزمون هفت مدل منطقه‌ای تحت سناریوی A1B برای هشت منطقه اروپا در قرن ۲۱، کاهش روزهای بارش متوسط و افزایش روزهای بارش شدید را نتیجه گرفتند. Driessen et al (2010) رودخانه میوز (Meuse) (غرب اروپا) از لحاظ حساسیت جریان آب به تغییر اقلیم را ارزیابی نمودند. یک مدل اقلیم منطقه‌ای با سه سناریوی انتشار A1B، A2 و B1 همراه با مدل بیلان هیدرولوژی در این تحقیق استفاده شد. نتایج کار آن‌ها نشان داد حجم جریان در اوایل تابستان به علت کاهش برف انباشته شده کاهش و در زمستان افزایش یافته است. Parajuli (2010) اثرات طولانی مدت تغییر اقلیم بر متوسط جریان ماهانه در بخش بالایی حوزه رودخانه پیرل (Pearl) در قسمت شرقی و مرکزی می‌سی‌سی‌پی در آمریکا را بررسی و مشخص نمود حجم جریان در ۵ ایستگاه منتخب ۶۷ تا ۷۹ درصد کاهش یافته است. Abaurrea و Cebrián (2001) با استفاده از سناریوهای انتشار B2، B1، A2، A1B برای مدل HadCM3 اثرات تغییر اقلیم را بر دبی رودخانه پاران در برزیل مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاکی از افزایش میزان دبی متوسط سالانه به میزان ۵ تا ۱۰ درصد نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۰) در مدل مذکور و سناریوهای انتشار می‌باشد. علاوه بر آن با کمک سناریوهای مشخص شد با افزایش دما بین ۱ تا ۶ درجه دبی متوسط سالانه از ۸ تا ۵۱ درصد تغییر می‌نماید. Booij et al (2011) دبی رودخانه نیل را براساس وضعیت فعلی و سناریوهای مختلف از جمله تغییر اقلیم پیش‌بینی نموده و با استفاده از مدل RIBASIM، مدیریت منابع آب آبی را برای نقاط مختلف مصرف شبیه‌سازی نمودند. در این مطالعه مشخص شد که تغییر اقلیم با اثرگذاری روی دما، بارش و تبخیر - تعرق، به میزان قابل توجهی جریان رودخانه را در آینده تغییر خواهد داد.

Ashofteh و Mesah Bovani (2010) مقادیر دما و بارش ماهانه را به روش تناسبی ریزمقیاس نمودند. نتایج نشان از افزایش دما به میزان ۱/۵ تا ۴ درجه و تغییرات ۳۰ تا ۴۰ درصدی بارش دوره آبی نسبت به دوره پایه داشته است. Kamal و Massah Bavani (2010) با استفاده از خروجی سناریوی A2 مدل HADCM3 و ریزمقیاس نمایی آماری با استفاده از مدل SDSM، نوسانات مقادیر متوسط متغیرهای دما و بارش حوضه قره سو در دوره ۲۰۶۹-۲۰۴۰ را شبیه‌سازی نموده و افزایش دما در همه ماه‌ها و تغییرات بارش بین ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر را گزارش نمودند. Soleymani Nanadegani et al (2011) دما و بارش به‌شهر

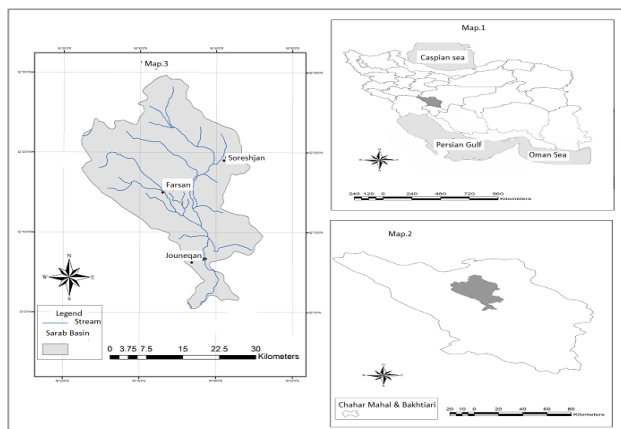


Fig. 1- Location of the Sarab Basin

شکل ۱- موقعیت حوضه آبریز سراب

جدول ۱- متوسط فراسنج بارش، دما، تبخیر و آبدهی حوضه آبریز سراب (۱۳۹۲-۱۳۶۶)

Table 1- Rrainfall, temperature, evapotranspiration and discharge in the Sarab Basin (1987-2013).

Value	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
Tmin	-7.5	-7.5	-2.6	0.1.3	6.4	9.4	13.3	13.6	10.1	5.3	-3.4	-3.4	3.3
T mean	-1.4	-1.3	3.8	8	13.6	18.6	22.8	22.8	19.7	14.6	2.7	2.7	11
T max	4.6	5	10.2	14.8	20.9	27.7	32.3	32	29.2	24	8.8	8.8	18.8
Rain(mm)	98.5	110	120	76.1	32	1.9	0.6	0.5	2	12.7	98.2	98.2	671.2
Evap(mm)	0	0	0.3	126.3	209.3	311.6	314.1	336.7	271.2	189.3	3.5	3.5	1842
Dis(m3)	6.3	7.6	13.6	35.6	25.6	8.3	2.1	1.7	1.4	1.2	3.5	4.7	9.3

مأخذ: سازمان هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری

روش شناسی

گام دوم (ریزمقیاس گردانی)

به منظور ریزمقیاس گردانی داده‌های اقلیمی از مولد LARS-WG استفاده گردیده است. در این شبیه ساز، بارش و احتمال وقوع آن از روش توزیع نیمه تجربی و زنجیره مارکف و تابش براساس توزیع نیمه تجربی و مدل سازی دما با استفاده از سری فوریه انجام می‌شود. منای آن طول دوره‌ی خشک و تر، بارش روزانه و سری‌های تابش؛ توزیع نیمه تجربی می‌باشد:

$$EMP = \{a_0, a_i, h_i, \dots, i = 0, 1, 2, \dots, 10\} \quad (1)$$

EMP یک هیستوگرام با ده بازه با شدت‌های مختلف بارش است.

$$[a_{i-1}, a_i] \quad a_{i-1} < a_i$$

h_i تعداد رخداد بارش در i امین فاصله را نشان می‌دهد. فاصله‌ها برای طول روزهای تر، خشک و بارش افزایشی هستند (Semenov, 2008 & Semenov and Barrow, 2002). در این مولد برای محاسبات تابش از ساعت آفتابی نیز استفاده می‌گردد. مقدار بارش یک روز تر از توزیع نیمه تجربی بارش ماه مورد نظر و مستقل از سری‌های تر یا مقدار بارش در روز قبل

تحلیل اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب مستلزم برآورد متغیرهای اقلیمی مؤثر بر چرخه آب است. این برآوردها در چارچوب مدل‌های گردش عمومی (GCM) مانند مدل‌های زوجی جوی- اقیانوسی انجام می‌گیرد. شبیه‌سازی در این مدل‌ها براساس سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای تأیید شده توسط IPCC و ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی و آماری انجام می‌گیرد (Wilby et al., 1998; Johnson et al., 1996). در ریزمقیاس‌نمایی آماری از روش‌های متداول آماری مانند رگرسیون و هم‌چنین مدل‌های مولد هواشناسی Weichert و Burger (1998) در روش ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی، معادلات حاکم بر بسته هوا در شبکه‌های ریزتری از شبکه مدل گردش عمومی جو استفاده می‌شود (Hewitson and Crane (1996) و (Wilby and Harris, 2006). در این مقاله از روش‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری با مولد LARS-WG مبتنی بر سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده گردیده است. الگوریتم زیر برای انجام این مقاله استفاده شده است.

گام اول (پایگاه داده‌ها)

داده‌های ثبت‌شده روزانه هواشناسی (۱۳۶۳-۱۳۹۳) با استفاده از شاخص‌های آماری میانگین، انحراف از معیار و روند مورد بررسی قرار گرفت.

تنش‌های آبی و کمبود آن از جمله این برون‌دادها می‌باشند که ذی‌نفعان حوضه‌های آبی را با مشکلاتی روبه‌رو ساخته است. علاوه بر آن شیوه‌های مدیریت منابع آب و بهره‌برداری از آن توسط انسان با توجه به اینکه بدون توجه به آینده‌نگری بوده این مشکل را تشدید می‌نماید. بنابراین بهره‌گیری از مدل‌های پیش‌بینی جو مبتنی بر سناریوهای که اساس و بنیانشان بر راهبردهای اقتصادی، اجتماعی و الگوهای بهره‌برداری از محیط‌زیست استوار است می‌تواند گام مؤثری برای مدیریت یا تعدیل آثار این پدیده باشند. انتقال بین حوضه‌ای آب از جمله راهکارهای انتخابی برای تعدیل این مشکل است. راهکاری که با اصول مهندسی مناسب است ولی وقتی ساختارهای جغرافیایی و محیطی بدان اضافه می‌شود با چالش‌های جدی روبرو خواهد شد.

حساسیت سنجی مدل

صحت‌سنجی مدل و دقت آن در برآورد داده‌ها از اقدامات اولیه در آینده‌نگری می‌باشد. بدین منظور ابتدا میزان دقت مدل در برآورد داده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس در صورت دقت مناسب مدل در برآورد داده‌ها نسبت به پیش‌بینی و استفاده از آن‌ها اقدام می‌گردد. آنالیز حساسیت مدل به کمک شاخص‌های جدول (۲) انجام گردید. با توجه شاخص NRMSE و R، کارایی مناسب در برآورد داده‌های آینده دارد (جدول ۳ و اشکال ۲، ۳ و ۴).

به‌دست می‌آید. بر این اساس سری‌های فوریه، درجه حرارت را تخمین می‌زنند.

گام سوم (اعتبار سنجی نتایج مدل): به منظور اعتبار سنجی نتایج خروجی مدل از آماره‌های (R) و (NRMSE) استفاده گردید (جدول ۲). (Jamieson et al, 1991). بر این اساس چنانچه مقادیر محاسباتی این شاخص‌ها کمتر از ۱۰ درصد باشند برآورد مدل عالی، بین ۱۰ درصد تا ۲۰ درصد خوب، بین ۲۰ درصد تا ۳۰ درصد ضعیف و چنانچه بیش از ۳۰ درصد باشد داده‌های مدل غیر قابل اعتماد است. دوره آماری (۱۳۹۲-۱۳۸۹) با ۱۴۶۰ روز داده برای اعتباری سنجی خروجی مدل‌ها و سناریوهای مختلف استفاده گردید (روابط ۲ و ۳).

گام چهارم: پس از تایید نتایج مستخرج از مدل حجم آبدهی سالانه حوضه بر اساس سناریو واقع بینانه مبتنی بر در نظر گرفتن شرایط تغییر اقلیم، الگوی مصرف و نیازهای زیست محیطی برآورد می‌گردد.

نتایج و بحث

تغییر اقلیم در عرض‌های میانی و مناطقی با اقلیم خشک و نیمه خشک به‌صورت تشدید مخاطرات آب و هوایی مانند خشکسالی و سیلاب‌های مهیب به‌صورت واضح‌تری نمود یافته است.

جدول ۲- روابط ریاضی مورد استفاده برای اعتبارسنجی

Table 2- Mathematical relations used for validation

Equ.2 NRMSE _r	Equ.3(R)
$NRMSE = \frac{RMSE}{X_{obs,max} - X_{obs,min}}$	$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$

جدول ۳- نتایج صحت سنجی متغیرهای اقلیمی مدل (۱۳۹۲-۱۳۸۹)

Table 3-Validation the results of climate variables of the model (2010-2013)

Station	Value	NRMSE	R
Shahrekord	T min	0.12	0.79
	T max	0.09	0.98
	Rain	0.21	0.36
Farsan	T min	0.11	0.86
	T max	0.09	0.98
	Rain	0.11	0.47
Kohrang	T min	0.13	0.83
	T max	0.10	0.98
	Rain	0.20	0.53

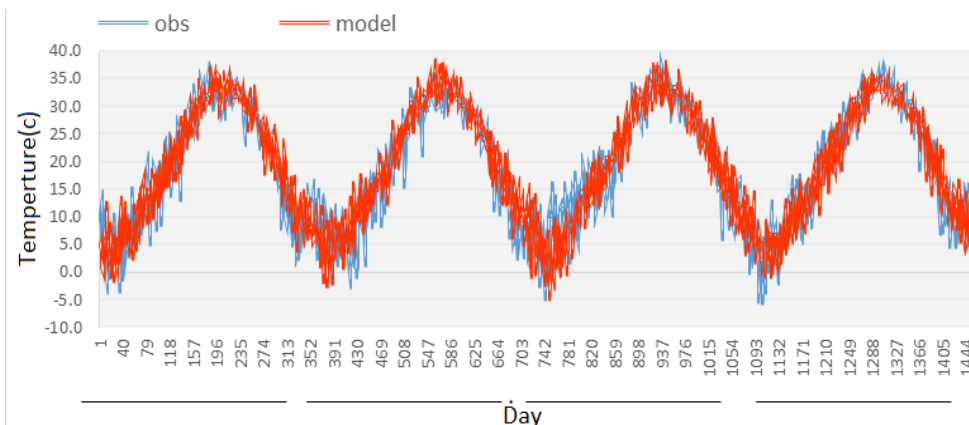


Fig. 2- Maximum observational temperature and estimated HADCM3 (2010-2013)
 شکل ۲- میانگین دمای حداکثر مشاهداتی و برآوردی HADCM3 (۱۳۸۹-۱۳۹۲)

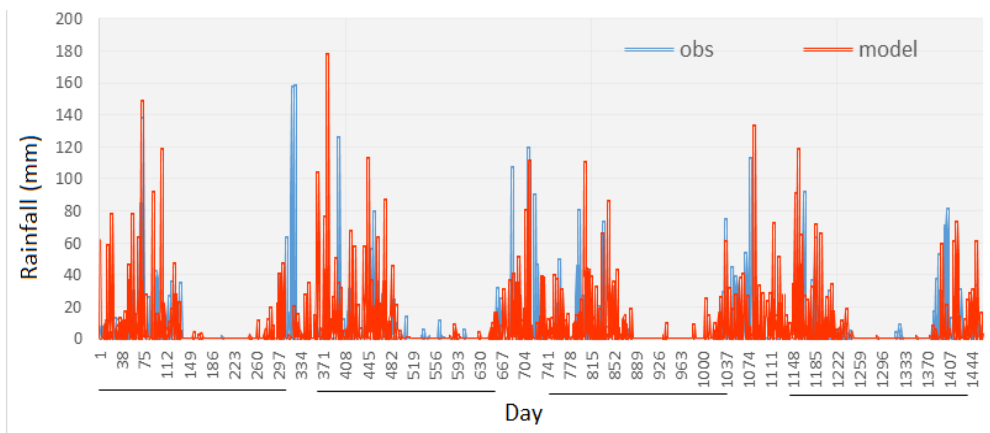


Fig. 3- Daily observational of estimated of HADCM3 (2010-2013)
 شکل ۳- بارش روزانه مشاهداتی برآوردی HADCM3 (۱۳۸۹-۱۳۹۲)

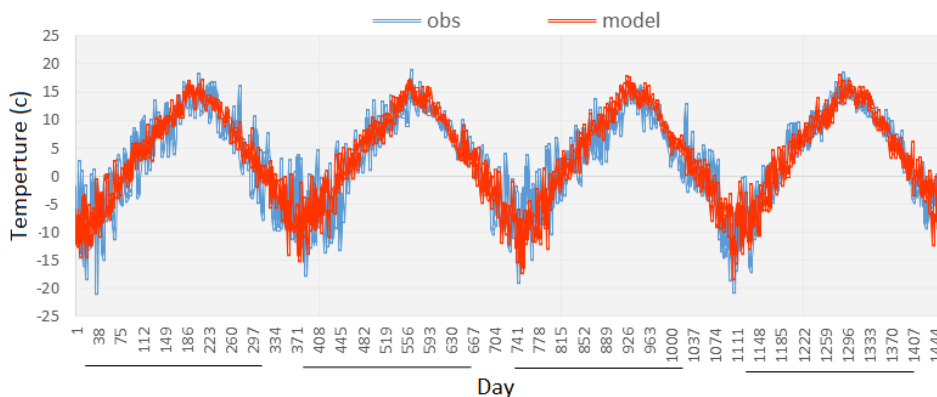


Fig. 4- Minimum observational temperature and estimated HADCM3 (2010-2013)
 شکل ۴- دمای میانگین کمینه مشاهداتی و برآوردی HADCM3 (۱۳۸۹-۱۳۹۲)

پیش‌بینی دمای کمینه

نتایج نشان داد که میانگین سالانه دمای کمینه $2/2^{\circ}\text{C}$ برای دوره ۱۳۹۳-۱۳۹۹ افزایش می‌یابد، به عبارتی از $3/3^{\circ}\text{C}$ به $5/5^{\circ}\text{C}$ در سال افزایش می‌یابد. در مجموع دمای کمینه حوضه در طول سال افزایش خواهد یافت. این روند در آزمون ناپارامتری من-کندال نیز به تایید رسیده است (جدول ۴).

پیش‌بینی دمای بیشینه

نتایج پژوهش نشان دهنده افزایش $0/7^{\circ}\text{C}$ دمای بیشینه سالانه در حوضه سراب است (دمای بیشینه پایه $18/8$ و دمای بیشینه پیش‌بینی شده $19/5^{\circ}\text{C}$ می باشد). حداکثر دمای بیشینه در دوره ایه $32/3^{\circ}\text{C}$ درجه سانتی‌گراد مربوط به تیرماه بوده که این مقدار به 33°C در مرداد ماه افزایش خواهد یافت. این روند در آزمون ناپارامتری من-کندال نیز به تایید رسیده است. طبق نتایج استخراجی در جدول (۵) دما در ماه‌های دی، بهمن، اسفند و فروردین دارای روند افزایشی تقریباً معنی‌دار بوده و در آبان روند کاهشی معنی‌دار است در سایر ماه‌ها نیز داده‌ها تصادفی هستند (جدول ۵).

پیش‌بینی بارش

نتایج مدل‌سازی نشان دهنده افزایش میانگین سالانه بارش در دوره آتی می‌باشد، به طوری که میانگین بارش از $671/4$ میلی‌متر به $677/2$ میلی‌متر افزایش خواهد یافت ($5/7$ میلی‌متر افزایش نسبت به دوره پایه). بیشترین میانگین بارش سالانه در سال 1407 به مقدار $1030/1$ میلی‌متر اتفاق خواهد افتاد و حداقل بارندگی سالانه طی این دوره $398/2$ میلی‌متر در سال 1404 خواهد بود. بارش فصل سرد سال (پاییز و زمستان) با کاهش 50 میلی‌متری روبه‌رو هستند در حالی که بارش فصل گرم سال (بهار و تابستان) افزایش 56 میلی‌متر نشان می‌دهند (جدول ۶). نتایج آزمون من کندال که در فازهای ماهانه و سالانه انجام گرفته بیانگر وجود روند افزایشی بارش حوضه است. نتایج آزمون نشان می‌دهد که بارش ماهانه حوضه در فروردین، اردیبهشت و اسفند در سطح اطمینان 95 درصد دارای روند افزایشی معنی‌دار شکل (۶) و در سایر ماه‌ها هرچند که فاقد سطح معنی‌داری هستند اما دارای روند مثبت می‌باشند. نتایج این روندیابی تایید کننده نتایج حاصله از مدل‌سازی می‌باشد. نتایج حاصله با مطالعات Balling et al (2016) همسان می باشد.

جدول ۴- مقایسه دمای کمینه ماهانه دوره پایه (۱۳۹۲-۱۳۶۰) و پیش‌بینی (۱۴۳۹-۱۳۹۳)

Table 4- Comparison of the minimum temperature of the base periods (1981-2013) and predicted(2014-2059)

Value	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Marc
Observation	1.3	6.4	9.4	13.3	13.6	10.1	5.3	1.3	-3.4	-7.5	-7.5	-2.6
Model	2.3	7.7	10.6	15.4	14.7	11.2	6.5	2.1	-1.5	-2.8	-1.6	1.5
Mann-Kendall	3.7	3.1	2.5	2.2	1.3	2.3	2.6	1.1	1.3	3.5	3.6	4

جدول ۵- مقایسه دمای بیشینه ماهانه دوره پایه (۱۳۹۲-۱۳۶۰) و پیش‌بینی (۱۴۳۹-۱۳۹۳)

Table 5- Comparison of the maximum temperature of the base period (1981-2013) and predicted (2014-2059)

Value	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Marc
Observation	14.8	20.9	27.7	32.3	32	29.2	24	15	8.8	4.6	5	10.2
Model	15.9	21.8	28.6	32.8	33	29.6	24.8	16.2	9.3	5.5	5.6	11.4
Man-Kendall	1.3	0.33	0.58	0.4	-0.65	0.45	0.51	-2.1	0.1	1.6	2.4	2.7

جدول ۶- مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۳۹۲-۱۳۶۰) و پیش‌بینی شده (۱۴۳۹-۱۳۹۳)

Table 6- Comparison of Monthly Precipitation of Basic Period (1981-2013) and predicted (2014-2059)

Value	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Marc
Observation	78.9	32.3	1.7	0	0	0	1.35	94.4	103.7	104.8	112	127
Model	112.4	47.5	6.9	0	0	0	15.7	85	106	87.3	91	121.5
Man-Kendall	2.4	2.6	0.95	1.5	0.55	0.99	0.52	0.74	0.41	1	0.19	2.9

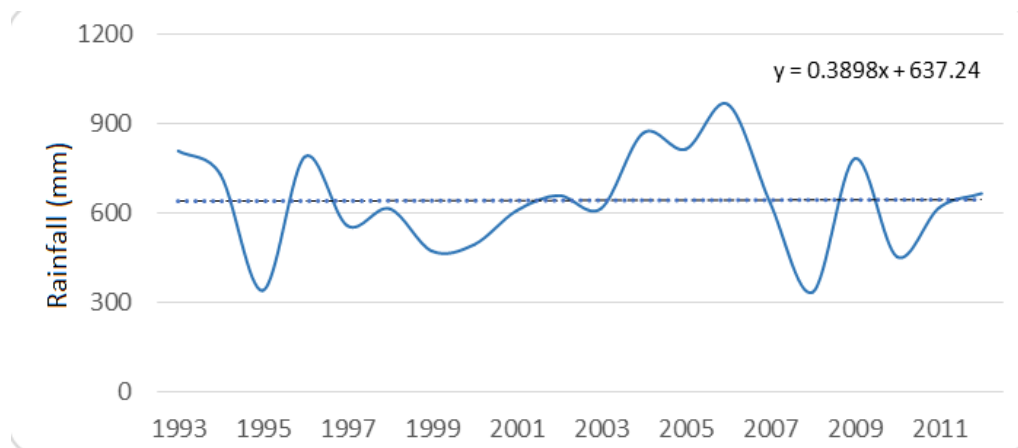


Fig. 6- Annual precipitation and its trend line in Sarab basin (1992-2013)

شکل ۶- بارش سالانه و خط روند آن در حوضه آبریز سراب (۱۳۹۲-۱۳۷۱)

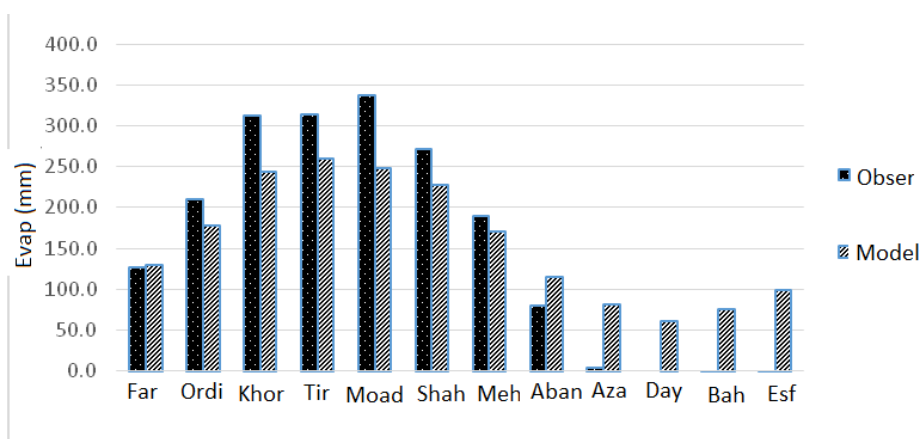


Fig. 7- Evaporation rate of basin and estimation

شکل ۷- میزان تبخیر از طشت و برآوردی مدل

زاینده‌رود تحت عنوان انتقال آب به فلات مرکزی صورت گیرد. براساس اسناد مطالعاتی سهم حوضه سراب ۳۵۲ میلیون متر مکعب در انتقال آب در نظر گرفته شده است. تحلیل روند دبی حوضه آبی نشان می‌دهد که روند آبدهی رودخانه در دوره ۳۰ ساله یک روند کاهشی است (شکل ۸). علاوه بر روند آبدهی رودخانه که کاهنده است تحلیل منابع آب در شرایط هیدرواقلمی نیم سده آینده نیز بیانگر تغییرات نسبتاً زیاد در عناصر مؤثر بر بیلان آب حوضه می‌باشد. نتایج حاصله از برآورد داده‌ها بیانگر افزایش $2/2^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد دمای کمینه به‌عنوان دمای مؤثر در ریزش برف و افزایش $0/6^{\circ}C$ دمای بیشینه نشان دهنده افزایش تبخیر و نیاز آبی در بخش‌های مختلف کشاورزی و سایر بخش‌ها است. در نتیجه این تغییرات حجم آبدهی سالانه حوضه به طور میانگین $55/6$ میلیون مترمکعب کاهش خواهد یافت. شکل (۸) نوسانات آبدهی ماهانه حوضه را نشان می‌دهد. طبق شکل (۸) حجم آبدهی رودخانه

پیش بینی تبخیر

بررسی نتایج مدل‌سازی تبخیر نشان می‌دهد که میانگین تبخیر سالانه از $1841/9$ میلی‌متر به $1888/6$ میلی‌متر افزایش خواهد یافت (شکل ۷). براساس مقادیر برآوردی مولد لارس میزان تبخیر در فصل سرد سال (دوره بارشی) نسبت به فصل گرم سال (از اردیبهشت تا مهرماه) افزایش خواهد یافت. و این افزایش منجر به رخداد کاهش حجم آب‌های حوضه آبخیز خواهد گردید. این پدیده به دلیل رژیم بارش حوضه که یک رژیم زمستانه است و بیش از ۷۵ درصد بارش حوضه در دوفصل پاییز و زمستان می‌بارد تأثیر بیشتر بر بیلان آبی حوضه در آینده خواهد داشت.

منابع آب

براساس مطالعات پروژه انتقال آب بهشت‌آباد مقرر گردیده حدود 596 میلیون مترمکعب آب از سرشاخه‌های حوضه کارون به حوضه

اقتصادی به عنوان پارامترهای مؤثر در سناریوهای تغییر اقلیم، سند جامع منابع آب استان چهارمحال و بختیاری (۱۳۹۳) در افق ۱۴۰۴ مورد بررسی قرار گرفت. براساس سند جامع منابع آب نیاز آبی بخش‌های مختلف در افق ۱۴۰۴ به شرح جدول (۷) می‌باشد. براین اساس حجم آب برنامه‌ریزی شده برای بهره‌برداری در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت برابر با ۱۲۸ میلیون مترمکعب می‌باشد. بدین ترتیب در مجموع حجم آب حوضه سراب (بخش شمالی پروژه انتقال آب) از ۳۵۱ میلیون مترمکعب به ۱۶۸ میلیون مترمکعب کاهش می‌یابد. تغییرات دبی روزانه در دوره پایه و پیش‌بینی شده نشان می‌دهد که میانگین دبی روزانه از ۱۱/۱ مترمکعب در ثانیه در دوره پایه به ۵/۹ متر مکعب در ثانیه در دوره آتی کاهش خواهد یافت.

در فصل بهار به عنوان پرآب‌ترین فصل حوضه از ۳۵ متر مکعب به ۱۵ متر مکعب در اوج آبدهی (فروردین) و در دو ماه اردیبهشت و خرداد نیز به کمتر از ۱۰ متر می‌رسد. علاوه بر آن حداکثر آبدهی رودخانه به فصول پاییز و زمستان منتقل می‌شود. لازم به ذکر است که هرچند با افزایش بارش در فصل بهار در سطح حوضه مواجه خواهیم بود ولی مایع بودن بارش‌ها، بالا بودن نفوذپذیری به دلیل شرایط مساعد تغییر ساختار خاک ناشی از یخبندان و ریزش‌های جامد فصل سرد سال و همچنین بالا رفتن سهم گیرش پوشش گیاهی به دلیل رشد و افزایش تاج پوشش گیاهی و همچنین افزایش تبخیر و تعرق از سطح خاک و پوشش گیاهی این بارش‌ها نقش زیادی در تولید رواناب نخواهند داشت. عمده تغییرات رفتار هیدرولوژیک حوضه ناشی از اجرای برنامه‌های توسعه، افزایش برداشت آب و افزایش دما است. برای بررسی نقش عوامل انسانی و

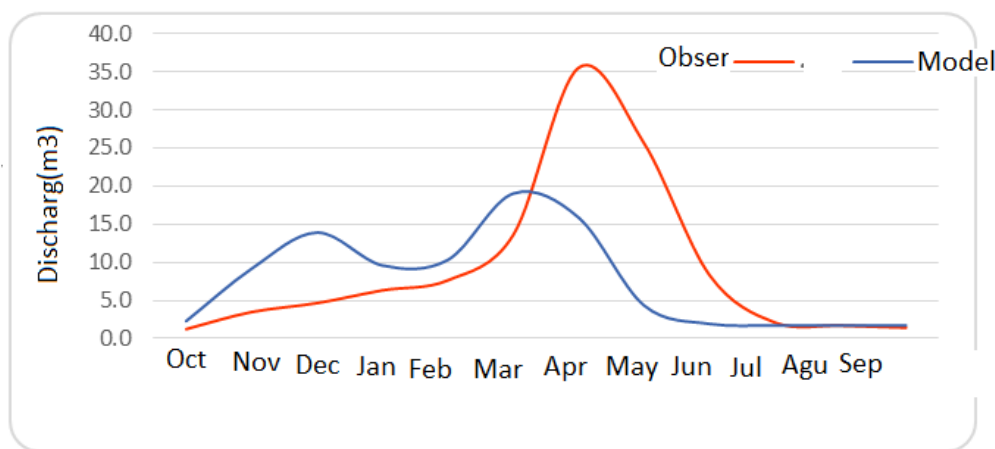


Fig. 8- Comparison of observed and estimated model discharge (1987-2013- and 2006-2036)

شکل ۸- مقایسه دبی مشاهده شده و برآوردی مدل در حوضه آبریز سراب (۱۳۹۲-۱۳۶۶ و ۱۴۱۵-۱۳۸۵)

جدول ۷- نیازهای آبی و پروژه‌های آن براس سال ۱۴۰۴ در حوضه سراب

Table 7- Water requirement and it's projects for the year 2025 in the Sarab basin.

Projects	Valume(MCM)
Banahidar Dam	20.4
Alej Dam	14.5
Bidekan	13.3
Gojan Dam	33
Water supply(Rastab-Choliche)	7.8
Water supply Laran	6.7
Darebad Dam	20
Industrial and Drink	13
Sum	128.8

نتیجه گیری

عصر حاضر با دیدگاه آنتروپوسن (عصر زمین شناسی بشریت) عجین شده است. مشخصه اصلی این عصر جدید زمین شناسی مصرف شدید سوخت‌های فسیلی، تخریب محیط زیست و نگاه فن‌آورانه به طبیعت با تاکید بر ساختار اقتصادی منفعت‌طلبانه می‌باشد. نتیجه شکل‌گیری این ساختار در پدیده‌ی تغییر اقلیم تبلور یافته است. از جمله شواهد تغییر اقلیم، می‌توان به رخداد خشکسالی، سیلاب، تنش‌های شدید آبی و افزایش دما اشاره نمود. برآیند این شواهد در چالش تأمین آب به ویژه در مناطقی که سهم ریزش‌های جوی آن‌ها کمتر از یک سوم بارش‌های جهانی است شدیدتر خواهد بود. بنابراین کنترل تنش‌های آبی و تأمین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف در این شرایط اهمیت بالایی دارند. عمده‌ی راهبردها برای مدیریت چالش‌های منابع آب شامل دو راهبرد اصلاح الگوی مصرف (انطباق با شرایط تغییر اقلیم و نتایج آن) و راهبرد مبتنی بر تأمین آب است. نتایج آشکارسازی تغییر دما، بارش و دبی و همچنین مدل‌سازی آن براساس سناریوهای ارائه شده توسط IPCC نشان داد که داده‌های دوره مشاهداتی (۲۰۱۳-۱۹۸۷) دما دارای روند افزایشی و دبی دارای روند کاهشی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هست. همچنین نتایج مدل‌سازی متغیرهای اقلیمی بیانگر افزایش ۲/۲ درجه سانتی‌گراد دمای کمینه، ۰/۶ درجه سانتی‌گراد دمای بیشینه، افزایش ۴۳ میلی‌متری تبخیر و ۷ میلی‌متری بارش در دوره

(۲۰۳۶-۲۰۰۶) است. افزایش این پارامترها منجر به تغییر در نوع بارش‌ها از برف به باران، افزایش تبخیر و نیاز آبی می‌گردد. نتیجه این تغییرات کاهش ۵۵/۶ میلیون مترمکعب آب مازاد حوضه خواهد بود. همچنین برای اجرای پروژه‌های توسعه بخش‌های صنعت، شرب و کشاورزی حوضه سراب در افق برنامه ۲۰۲۵ نیاز آبی برابر با ۱۲۸/۸ میلیون مترمکعب در نظر گرفته شده که در مجموع ۱۸۴/۴ میلیون متر مکعب از حجم آب در نظر گرفته شده در راهبرد تأمین آب کم می‌گردد و حجم آب قابل انتقال از ۳۵۲ میلیون متر مکعب به ۱۶۸ میلیون متر مکعب کاهش خواهد یافت. همان‌گونه که یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد آنتروپوسن نقش مهمی در بیلان منابع آبی حوضه سراب خواهد داشت به نحوی که از مجموع ۱۸۴ میلیون متر مکعب کاهش منابع آب در دوره ۳۰ ساله آینده ۶۹/۵ درصد آن سهم برنامه‌های توسعه و تأمین آب در پروژه‌های آینده و ۳۰/۵ درصد آن سهم تغییرات اقلیم می‌باشد. لذا این بیلان آبی به معنی ریسک پذیر بودن راهبرد تأمین آب بوده است و به افزایش تنش‌های آبی در حوضه منجر می‌گردد. بنابراین باید با در نظر گرفتن تغییر اقلیم و اجرای طرح‌های توسعه‌ای نسبت به انتخاب راهبرد تأمین آب تجدید نظر صورت گیرد یا اینکه از راهبردی ترکیبی (اصلاح الگوی مصرف و تأمین آب) در حوضه مقصد برای کنترل چالش آب مد نظر قرار گیرد.

References

- 1- Abaurrea, J. and Cebrián, A.C., 2001. Trend and variability analysis of rainfall series and their extreme events. In *Detecting and modelling regional climate change* (pp. 191-201). Springer, Berlin, Heidelberg.
- 2- Ashofteh, P. and A. R. Massah Bouani. 2010. Impact of Climate Change on Maximum Discharges: Case Study of Aidoghmoush Basin, East Azerbaijan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*; 14 (53), pp. 28-38. (In Persian).
- 3- Ashraf, B. Mousavi Baygi, M. Kamali G.A. and Davari, K., 2011. Prediction of Seasonal Variations of Climatological Parameters over Next 20 Years by Using Statistical Downscaling Method of HADCM3 Data (Case 4-Study: Khorasan Razavi Province), *Journal of Water and Soil* . 25(4), pp. 940-952. (In Persian).
- 4- Babaeian, I., Kwon, W.T. and Im, E.S., 2004. Application of weather generator technique for climate change assessment over Korea. Korea Meteorological Research Institute. *Climate Research lab.*, 98pp.
- 5- Balling, R.C., Kiany, K., Sadegh, M., Sen Roy, S. and Khoshhal, J., 2016. Trends in extreme precipitation indices in Iran: 1951–2007. *Advances in Meteorology*. Vol. 2016.pp.1-8.
- 6- Boberg, F., Berg, P., Thejll, P., Gutowski, W.J. and Christensen, J.H., 2010. Improved confidence in climate change projections of precipitation further evaluated using daily statistics from ENSEMBLES models. *Climate dynamics*, 35(7-8), pp.1509-1520.

- 7- Booij, M.J., Tollenaar, D., van Beek, E. and Kwadijk, J.C., 2011. Simulating impacts of climate change on river discharges in the Nile basin. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(13), pp.696-709.
- 8- Dousti, M., Habibnezhad, M., Shahedi, K. and Yaghoubzadeh, M.H., 2013. Study of climate indices of Tamar River basin Golestan Province in terms of climate change using by LARS-WG model. *Journal Earth Space Phys*, 39(4), pp.177-189. (In Persian).
- 9- Driessen, T.L.A., Hurkmans, R.T.W.L., Terink, W., Hazenberg, P., Torfs, P.J.J.F. and Uijlenhoet, R., 2010. The hydrological response of the Ourthe catchment to climate change as modelled by the HBV model. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(4), pp.651-665.
- 10- Farajzadeh, M., 2013. Climate change effects on river discharge-case study sheshpir river, *Geography and Environmental Planning Journal*. 49(1), pp. 5-8. (In Persian).
- 11- Hewitson, B.C. and Crane, R.G., 1996. Climate downscaling: techniques and application. *Climate Research*, 7(2), pp.85-95.
- 12- IPCC, 2007. Climate Change, The Scientific Basis, In Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of Intergovernmental Panel of Climate Change; Editor by J.T.
- 13- Jamieson, P.D., Porter, J.R. and Wilson, D.R., 1991. A test of the computer simulation model ARCWHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. *Field Crops Research*, 27(4), pp.337-350.
- 14- Johnson, G.L., Hanson, C.L., Hardegree, S.P. and Ballard, E.B., 1996. Stochastic weather simulation: Overview and analysis of two commonly used models. *Journal of Applied Meteorology*, 35(10), pp.1878-1896.
- 15- Kamal, A.R. and Massah Bavani, A.R., 2010. Climate Change and Variability Impact in Basin's Runoff with Interference of tow hydrology models uncertainty, *Journal of Water and Soil*, 24(5), pp. 920-931. (In Persian).
- 16- Khaliliaqdam, N. Mosaedi, A. Soltani, A. and Kamkar, B., 2013. Evaluation of ability of LARS-WG model for simulating some weather parameters in Sanandaj. *Journal of Water and Soil Conservation*. 19(4), pp. 85-102. (In Persian).
- 17- Bavani, A.M. and Morid, S., 2006. Impact of Climate Change on the Water Resources of Zayandeh Rud Basin. *Journal of Water and Soil Science*, 9(4), pp.17-28.. (In Persian).
- 18- Parajuli, P.B., 2010. Assessing sensitivity of hydrologic responses to climate change from forested watershed in Mississippi. *Hydrological Processes*, 24 (26), pp.3785-3797.
- 19- Rahimi, D. 2009. 'The effect of single thunders on flood's management (Case study: Farsan Basin)', *Geography and Environmental Planning*, 20(3), pp. 85-100. (In Persian).
- 20- Semenov, M.A, and Barrow, E. M, 2002. LARS-WG a stochastic weather generator for use in climate impact studies, User's manual; Version3.0, 27p.
- 21- Semenov, M.A., 2008. Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generator. *Climate Research*, 35(3), pp. 203-212.
- 22- Soleymani Nanadegani, M. Parsinejad, M. Araghinejad, Sh. and Massah Bavani, A., 2011. Study on climate change effect on net irrigation requirement and yield for rain fed wheat (Case study: Behshahr), *Journal of Water and Soil* . 25(2), pp. 389-397. (In Persian).

-
- 23- Weichert, A. and Bürger, G., 1998. Linear versus nonlinear techniques in downscaling. *Climate Research*, 10(2), pp. 83-93.
- 24- Wilby, R.L. and Harris, I., 2006. A framework for assessing uncertainties in climate change impacts: Low-flow scenarios for the River Thames, UK. *Water Resources Research*, 42(2), pp. 121- 134.
- 25- Wilby, R.L., Wigley, T.M.L., Conway, D., Jones, P.D., Hewitson, B.C., Main, J. and Wilks, D.S., 1998. Statistical downscaling of general circulation model output: A comparison of methods. *Water Resources Research*, 34(11), pp. 2995-3008.