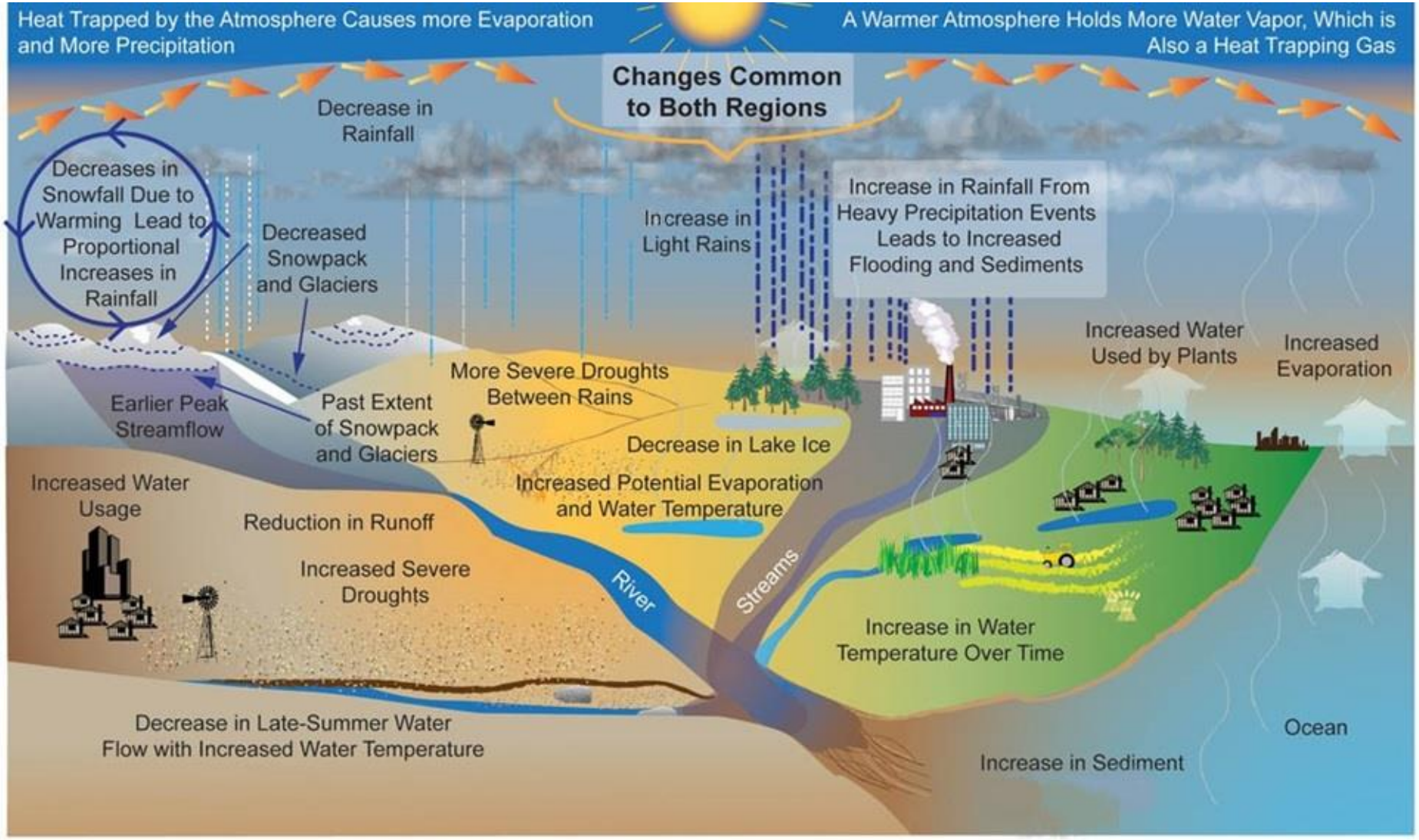
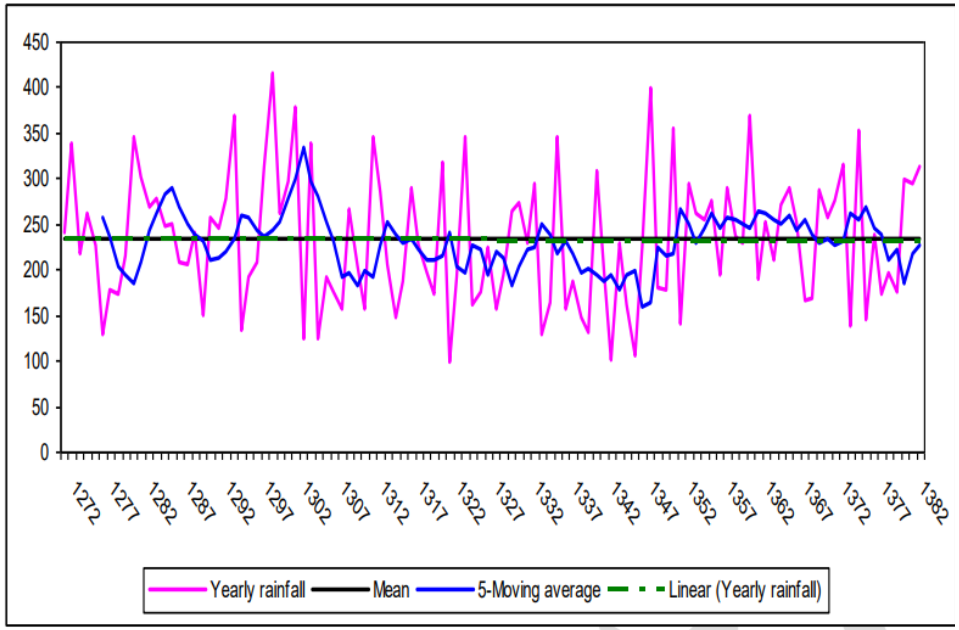
پیش بینی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب ایران

بنفشه زهرایی، دانشیار دانشکده مهندسی عمران

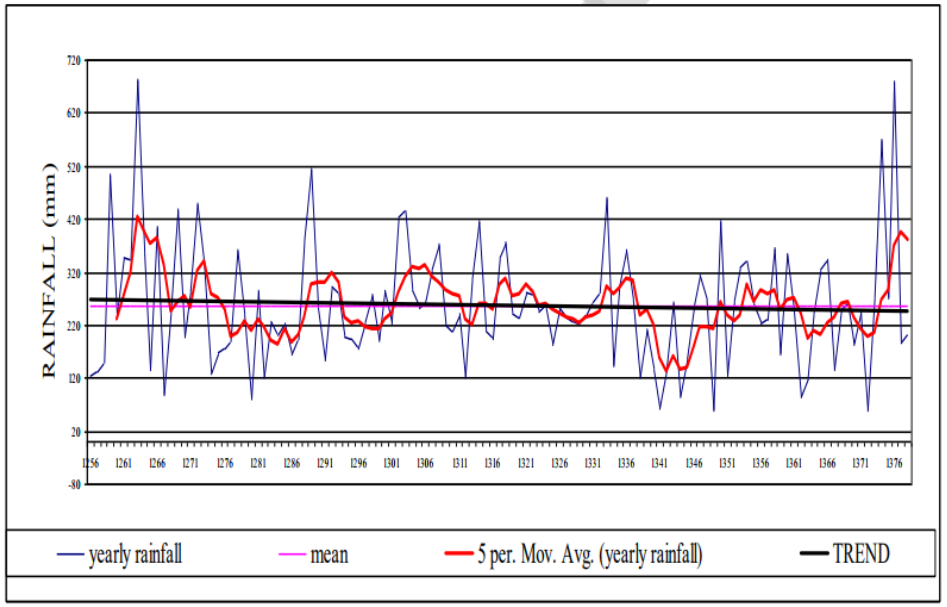

Heat Trapped by the Atmosphere Causes more Evaporation and More Precipitation
A Warmer Atmosphere Holds More Water Vapor, Which is Also a Heat Trapping Gas
Changes Common to Both Regions
Decrease in Rainfall
Decreases in Snowfall Due to Warming Lead to Proportional Increases in Rainfall
Decreased Snowpack and Glaciers
Increase in Light Rains
Increase in Rainfall From Heavy Precipitation Events Leads to Increased Flooding and Sediments
Increased Water Used by Plants
Increased Evaporation
More Severe Droughts Between Rains
Earlier Peak Streamflow
Past Extent of Snowpack and Glaciers
Decrease in Lake Ice
Increased Potential Evaporation and Water Temperature
Increased Water Usage
Reduction in Runoff
Increased Severe Droughts
River
Streams
Increase in Water Temperature Over Time
Decrease in Late-Summer Water Flow with Increased Water Temperature
Ocean
Increase in Sediment

سومین گزارش ملی تغییر آب و هوا، ارزیابی آسیب پذیری و سازگاری، بخش منابع آب

سازمان حفاظت محیط زیست کشور، زمستان ۱۳۹۳



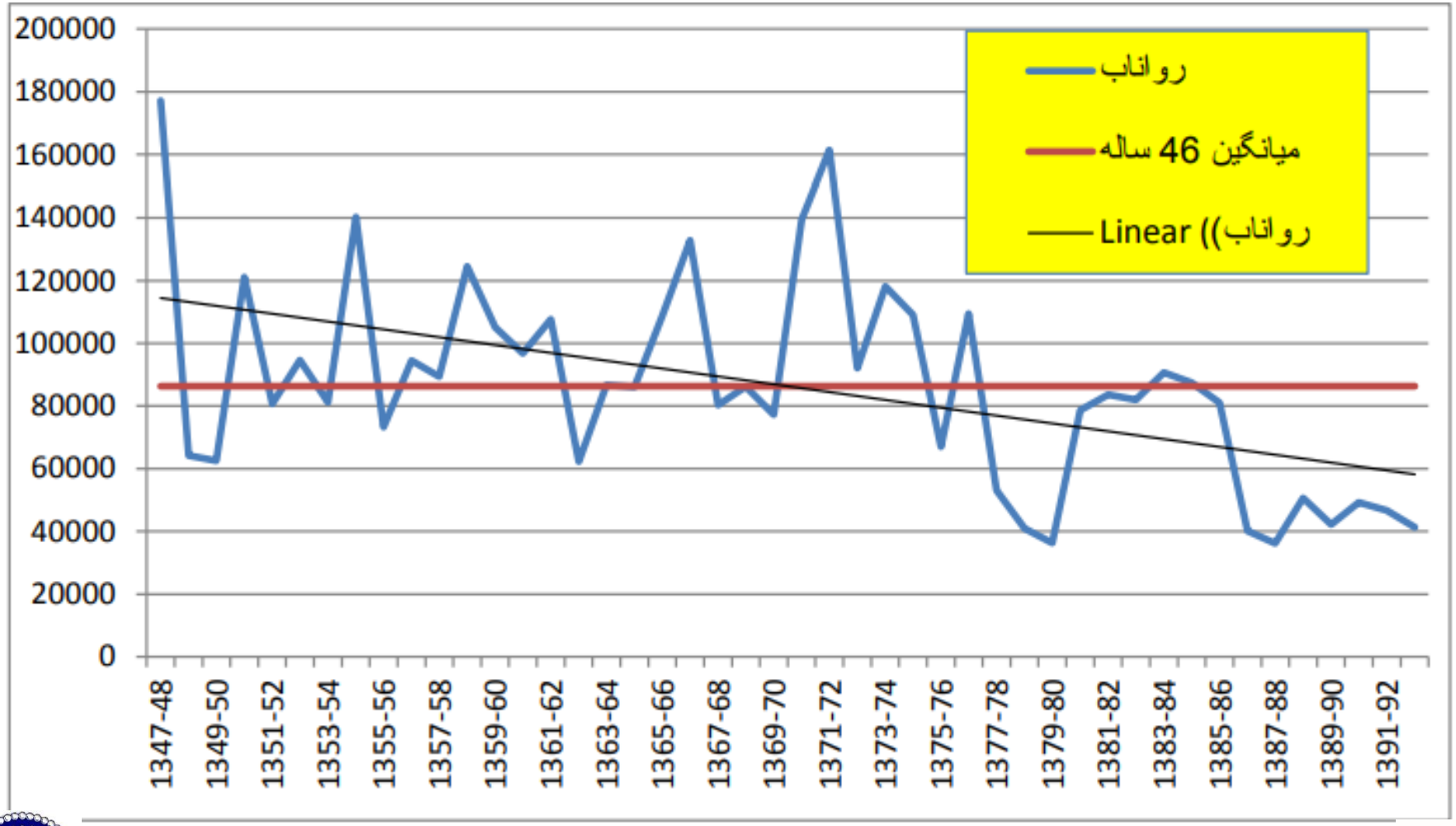
شکل(۳): روند سالانه بارش در ایستگاه تهران با میانگین متحرک ۵ ساله(y = -0.0248x + 233.57)



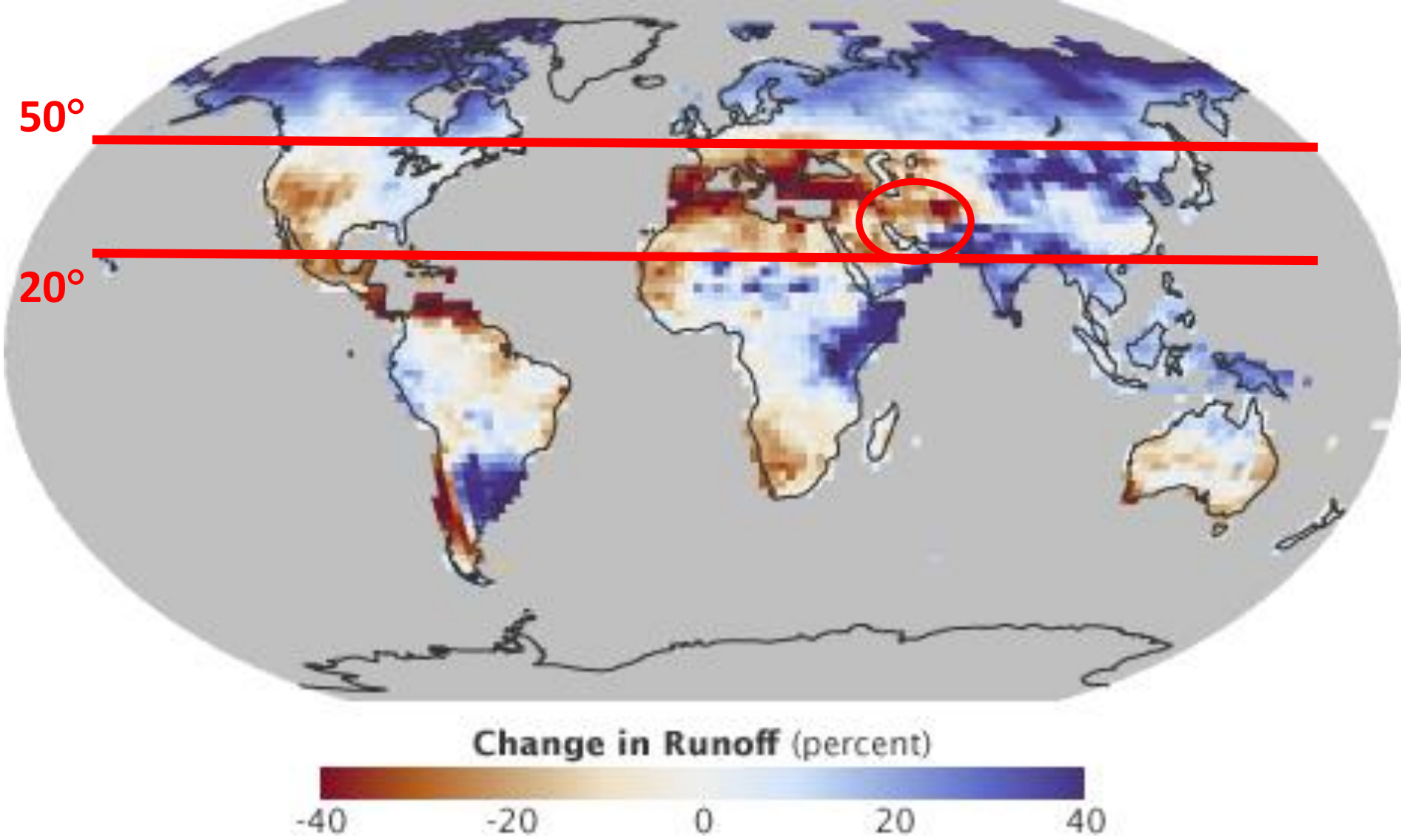
شکل(۴): روند سالانه بارش در ایستگاه بوشهر با میانگین متحرک ۵ ساله(Y = -0.1718 X + 267.73)

سومین گزارش ملی تغییر آب و هوا، ارزیابی آسیب پذیری و سازگاری، بخش منابع آب

سازمان حفاظت محیط زیست کشور، زمستان ۱۳۹۳



شکل (۱۰): تغییرات جریانهای سطحی کشور طی ۴۶ سال گذشته (میلیون مترمکعب)



Changes in water runoff into rivers and streams (1900-2002)

This map shows predicted increases in runoff in blue, and decreases in brown and red. (NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory.)

مهندس چیت‌چیان، وزیر محترم نیرو در مصاحبه ای که در ۲۷ خرداد ۱۳۹۶، منتشر شد، آثار تغییر اقلیم بر چرخه آب ایران را چنین توصیف کرد:

- **در حال حاضر، کشور در مقایسه با دو دهه قبل به طور متوسط با کاهش ۱۰ درصدی میزان بارش‌ها مواجه است، ضمن آنکه حدود ۱.۵ درجه دمای کشور افزایش یافته است که این امر حدود ۲۵ میلیارد متر مکعب تبخیر منابع آب کشور را به همراه دارد.**

- **حدود ۲۰ درصد روان‌آب‌ها و آب‌های سطحی از رودخانه‌های کشور کاهش یافته است.**

- **حدود ۱۵ درصد تغذیه آب‌های زیرزمینی کاهش دارد.**

- **وی کاهش نسبت ریزش برف در مقایسه با باران را از دیگر عوارض تغییرات اقلیم نام برد.**

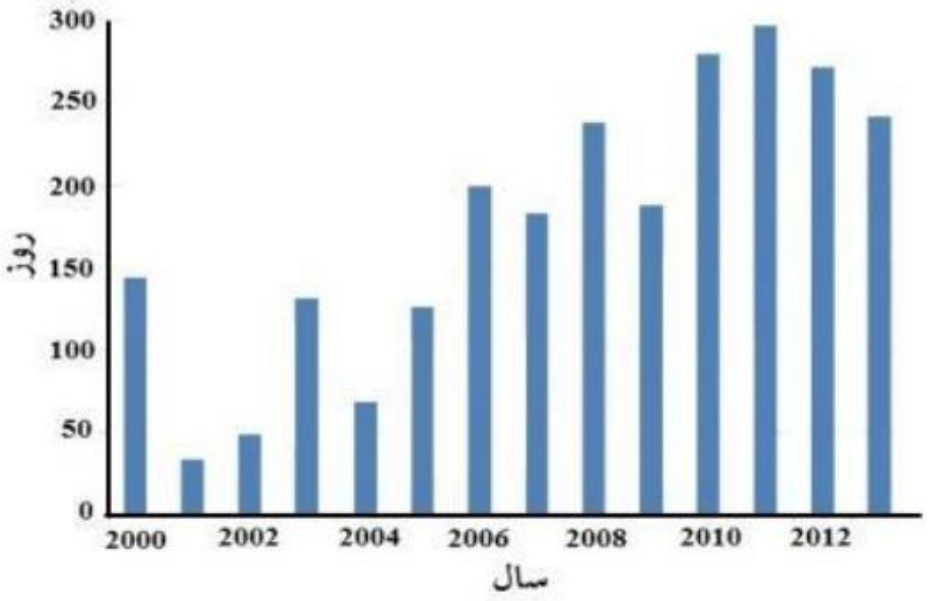
- **خط تراز برف در ارتفاعات حدود ۲۰۰ متر افزایش یافته و در دامنه‌ها کاهش یافته و زمان ذوب برف یک ماه زودتر شروع شده است که این امر کم شدن پایداری منابع آب را به همراه دارد.**

تغییر در الگوی بلایا

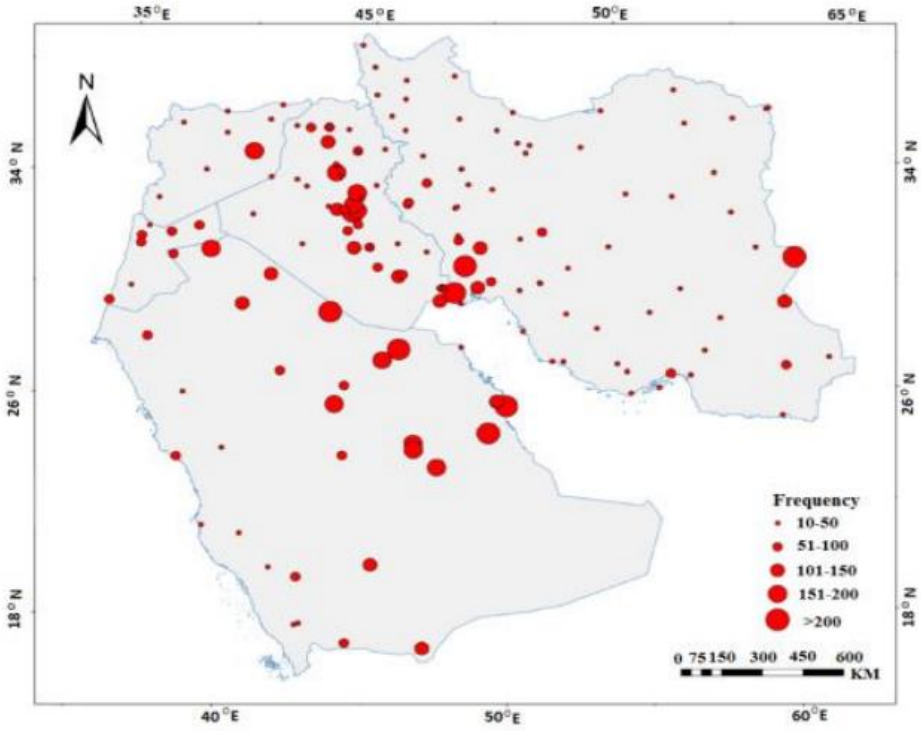
افزایش فراوانی خشکسالی ها

کاهش منابع آب شرب، کاهش سطح امنیت غذایی و افزایش پتانسیل مهاجرت و اختلافات فرامرزی

افزایش فراوانی طوفان های گرد و غبار

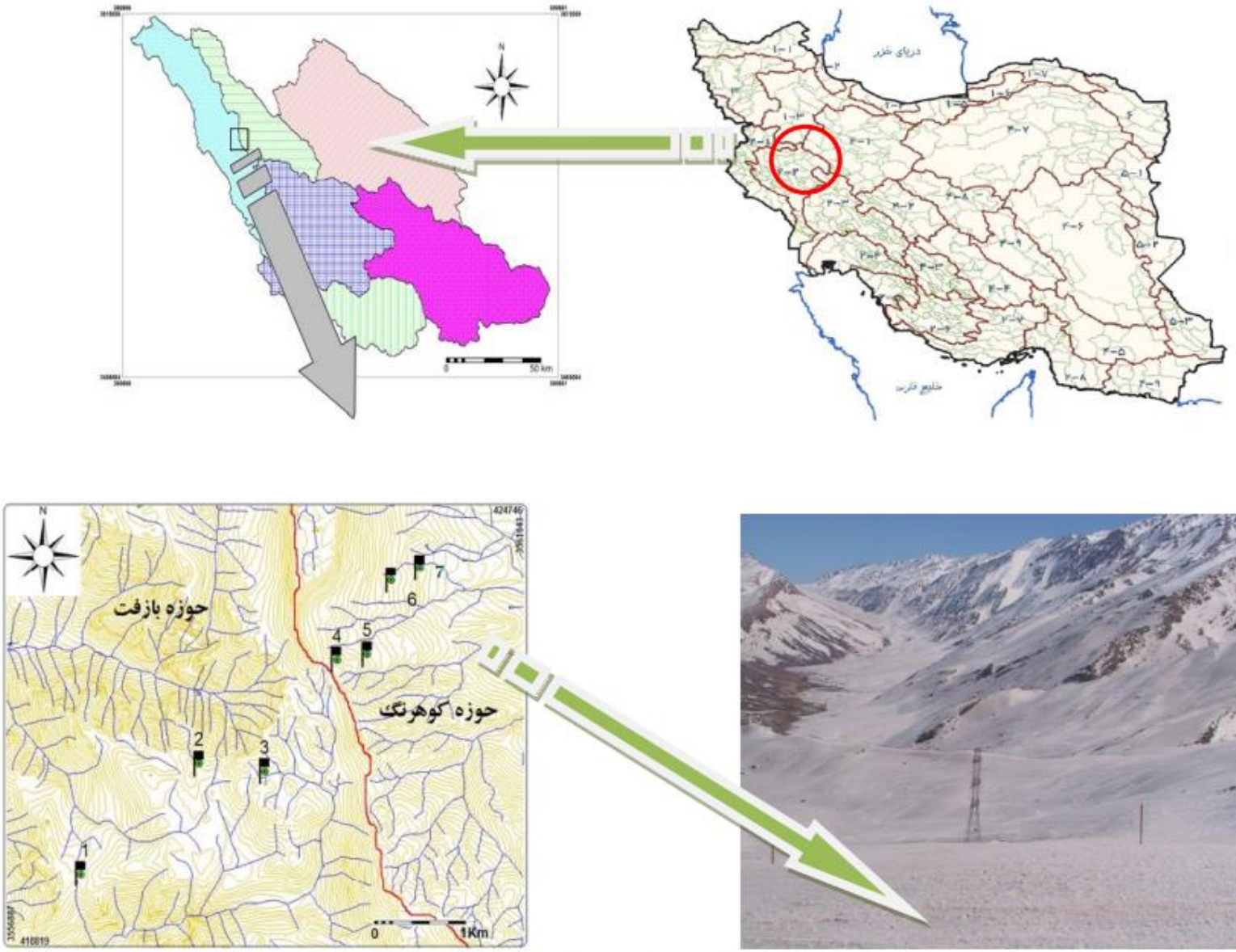


شکل ۴: فراوانی توفان های گرد و غباری غرب آسیا ۲۰۰۰-۱۹۹۰ (کائو و همکاران، ۲۰۱۵)



شکل ۳: فراوانی توفان های گرد و غباری غرب آسیا ۲۰۰۰-۱۹۹۰ (کائو و همکاران، ۲۰۱۵)

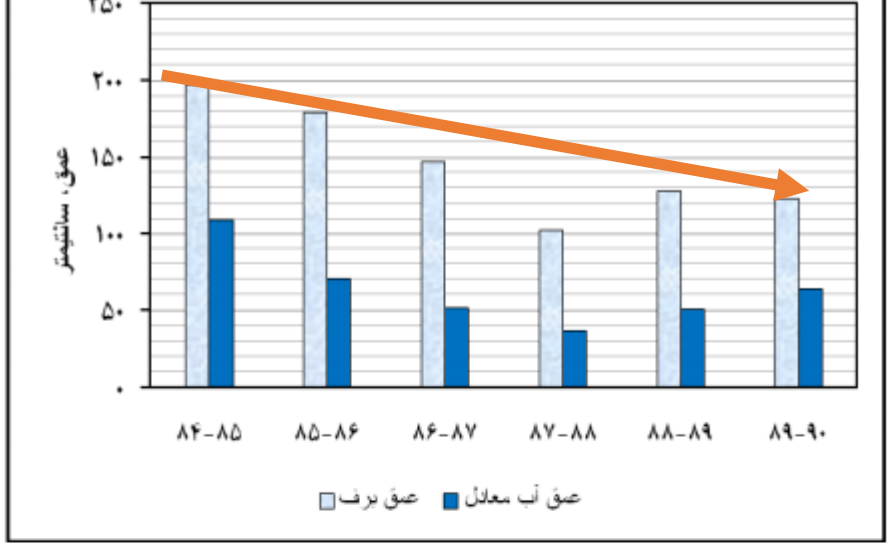
Cao, H., Amiraslani, F., Liu, J., Zhou, N., (2015), Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental datasets, Science of the Total Environment 502, 224–235.



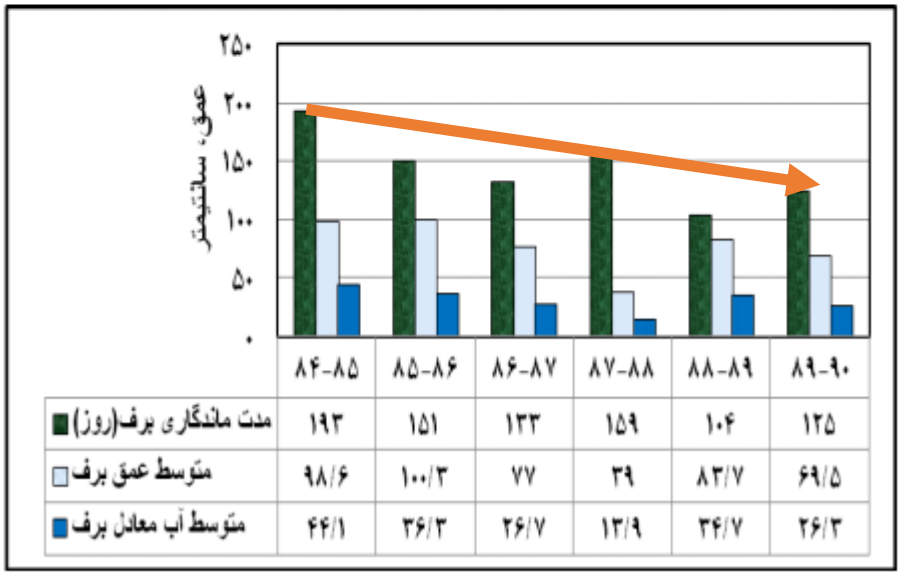
شکل(۱) : موقعیت محل تحقیق در کشور و حوزه کارون شمالی و موقعیت جایگاه‌های برف سنجی در گردنه چری و حوزه‌های کوهرنگ و بازفت و آرایش اشل های نصب شده در جایگاه ششم برف‌سنجی

روان بخش رئیسیان، جهانگیر پرهمت، ۱۳۹۲، بررسی میزان و تغییرات زمانی انباشت و عمق آب معادل برف درحوزه کارون شمالی؛ مطالعهٔ موردی گردنه چری، فصلنامه علمی – پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۱۳(۴)، ۹۰-۱۰۱.

روان بخش رئیسیان، جهانگیر پرهمت، ۱۳۹۲، بررسی میزان و تغییرات زمانی انباشت و عمق آب معادل برف درحوزه کارون شمالی؛ مطالعهٔ موردی گردنه چری، فصلنامه علمی – پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۱۳(۴)، ۹۰-۱۰۱.



شکل(۱۰): حداکثر میانگین عمق برف انباشته لحظه‌ای و آب معادل آن در محل اجرای طرح



	۸۴-۸۵	۸۵-۸۶	۸۶-۸۷	۸۷-۸۸	۸۸-۸۹	۸۹-۹۰
مدت ماندگاری برف(روز)	۱۹۳	۱۵۱	۱۳۳	۱۵۹	۱۰۴	۱۲۵
متوسط عمق برف	۹۸/۶	۱۰۰/۳	۷۷	۳۹	۸۳/۷	۶۹/۵
متوسط آب معادل برف	۴۴/۱	۳۶/۳	۲۶/۷	۱۳/۹	۳۴/۷	۲۶/۳

شکل(۱۱): میانگین سالانه عمق برف و آب معادل آن در مدت ماندگاری برف در منطقه طرح

Amin Khoramian and Alireza B. Dariane, 2017, Developing a Cloud-Reduced MODIS Surface Reflectance Product for Snow Cover Mapping in Mountainous Regions, Geosciences, 7, 29; doi:10.3390/geosciences7020029.

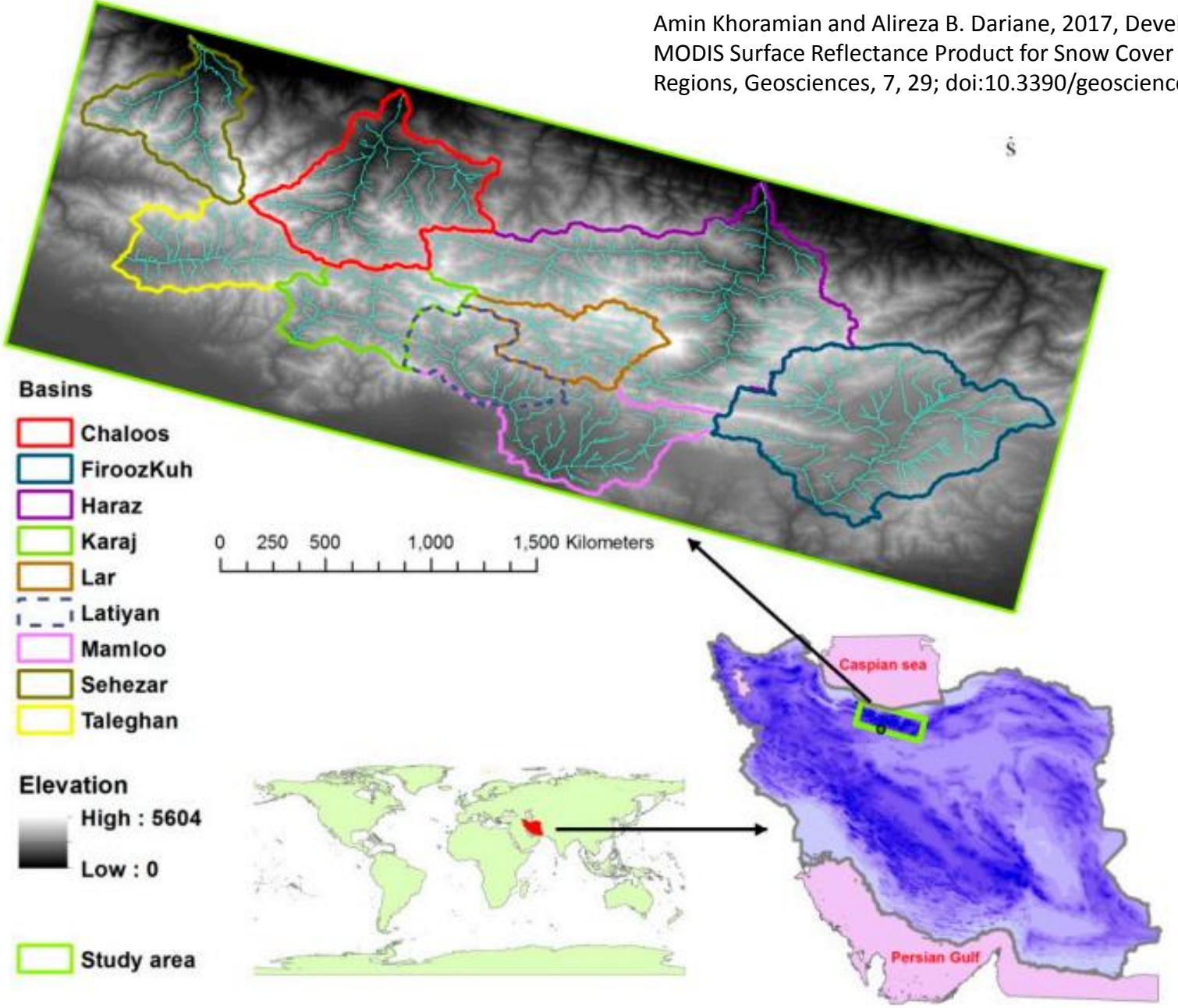


Figure 1. Study area.

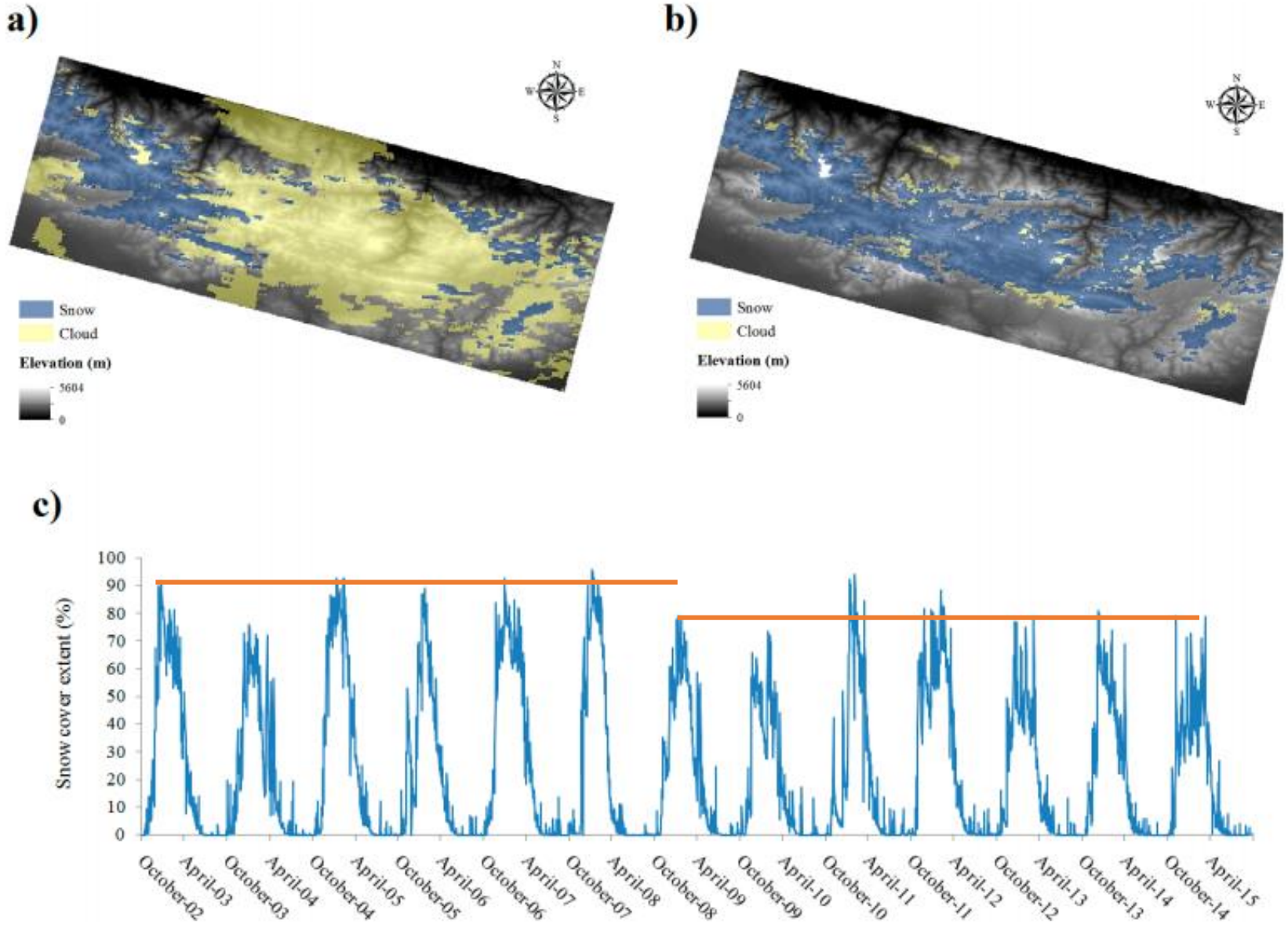


Figure 8. Snow and cloud maps of study region (**a**) before and (**b**) after implementation of proposed cloud removal approach on 1 February 2015, and (**c**) time series of snow cover extent extracted from obtained snow maps during the study period (2002–2015).

مقدمه

اثر فعالیت های انسان بر منابع آب:

- **اثرات غیر مستقیم انسانی** (تغییرات آب و هوایی شامل افزایش دما به خصوص شاخص های حدی، تغییر الگوی مکانی و زمانی بارش، باران به جای برف، بارش های سبک)
- **اثرات مستقیم انسانی** (تغییر کاربری، افت سطح آب زیرزمینی، سد سازی و ...)

اصلاح استراتژی های توسعه و سازگاری با تغییر اقلیم

مراحل پیش بینی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب

۱– تحلیل روند متغیرهای اقلیمی و آشکارسازی اثرات تغییر اقلیم

↓

۲– تعیین نقاط شکست اقلیمی و هیدرولوژیکی و تقسیم داده های تاریخی به دوره های مرجع و اخیر

↓

۳– مدل سازی هیدرولوژیک

↓

۴– تفکیک اثرات مستقیم و غیر مستقیم انسانی بر کاهش رواناب

↓

۵– انتخاب مدل های جفت شده اقیانوس – جو، سناریوهای انتشار گازهای گلخانه ای

↓

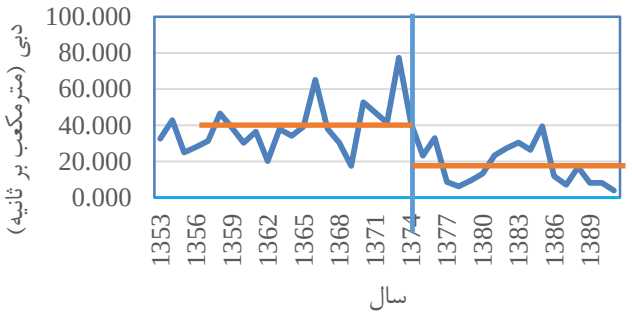
۶– پیش بینی تغییرات متغیرهای هواشناسی در آینده

↓

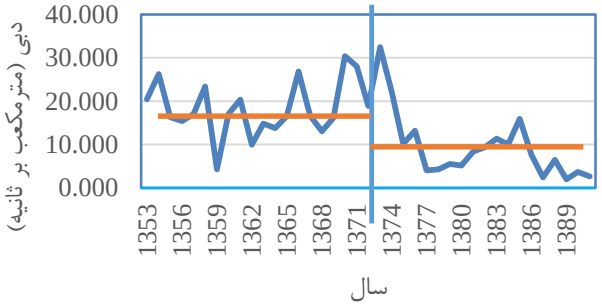
۷– پیش بینی تغییرات منابع آب سطحی و زیرزمینی در آینده براساس پیش بینی های متغیرهای هواشناسی

تغییر در رژیم هیدرولوژیک

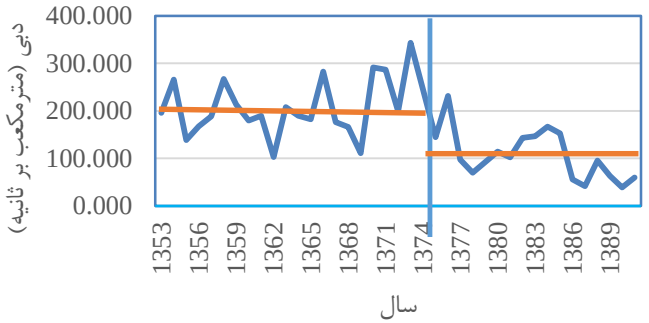
- ۵۴/۵ درصد کاهش رواناب نسبت به دوره مرجع
- ۱۵ درصد کاهش بارش و ۲ درصد افزایش تبخیر



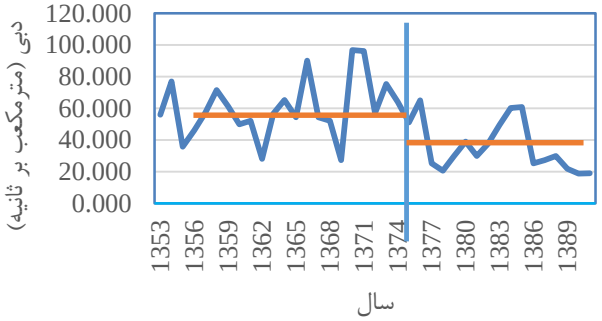
✓ **پل چهر**



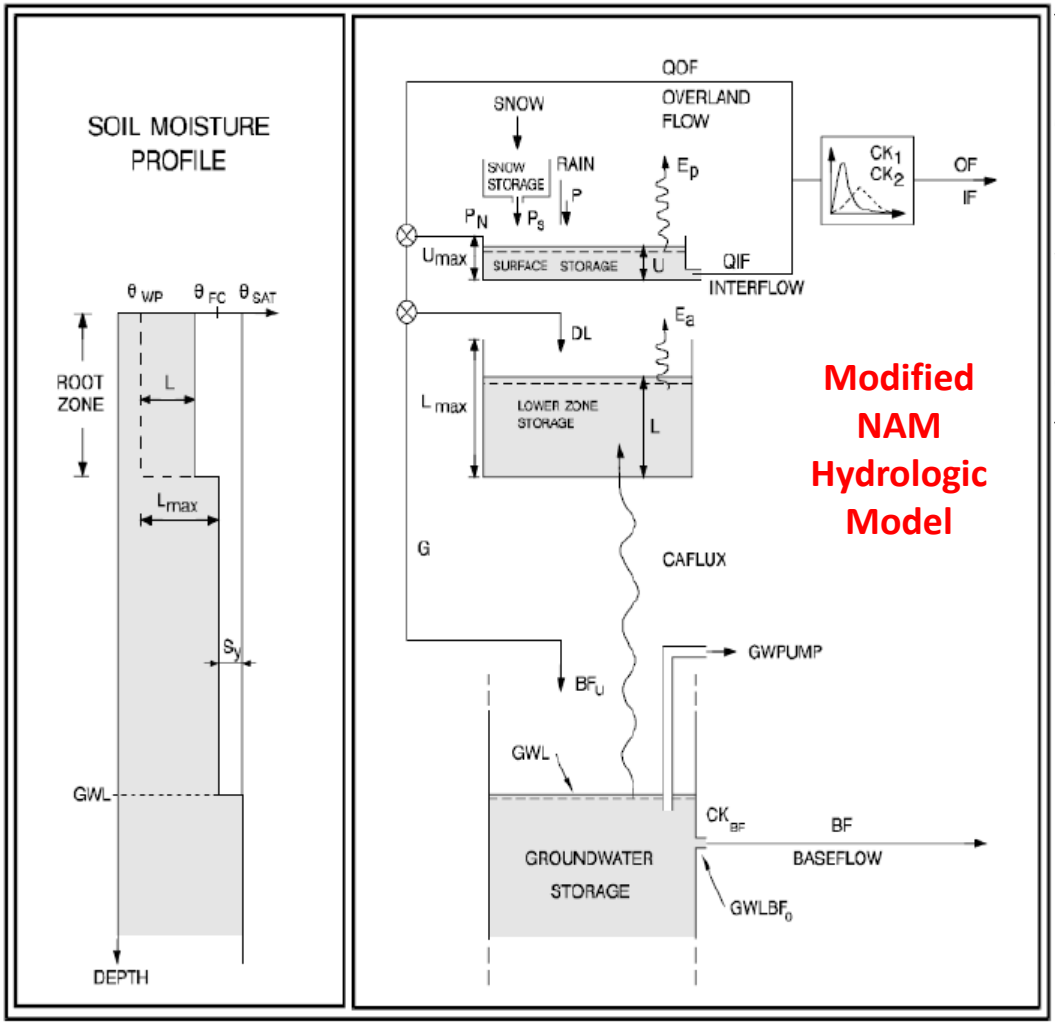
✓ **گاماسیاب**



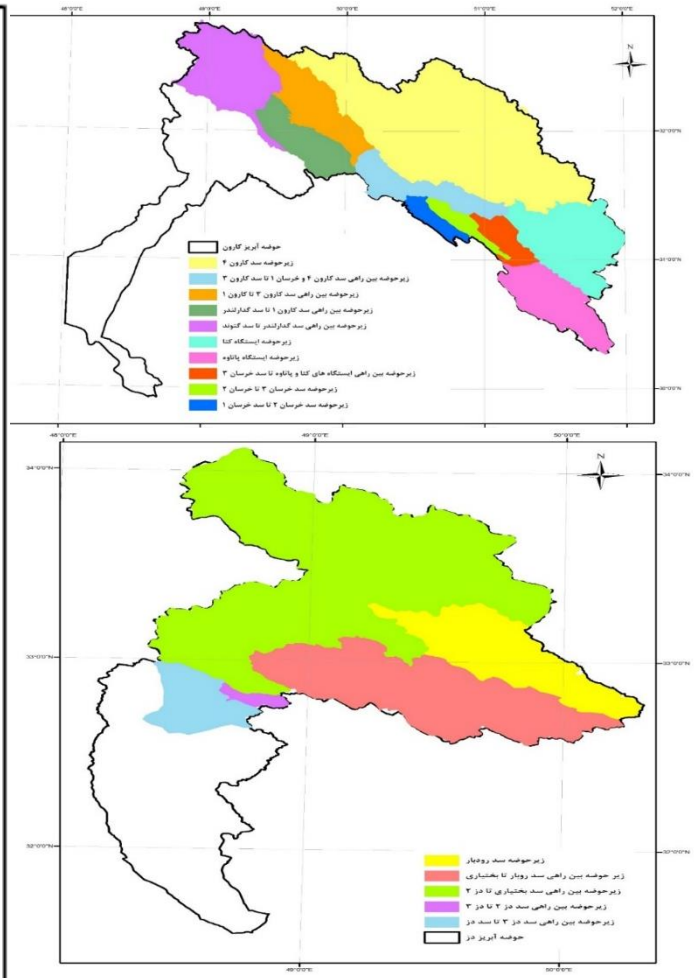
✓ **پای پل**



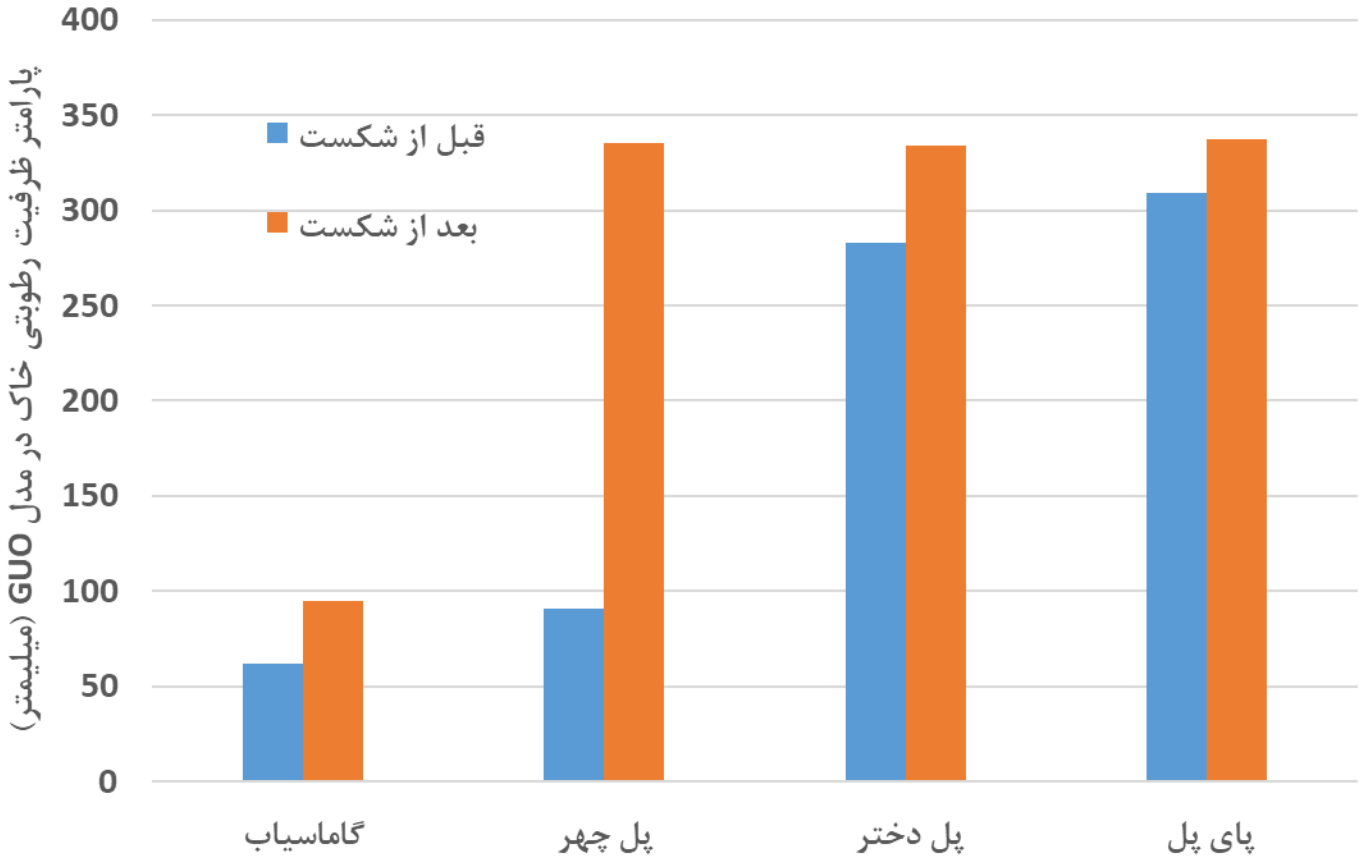
✓ **پل دختر**



Modified NAM Hydrologic Model



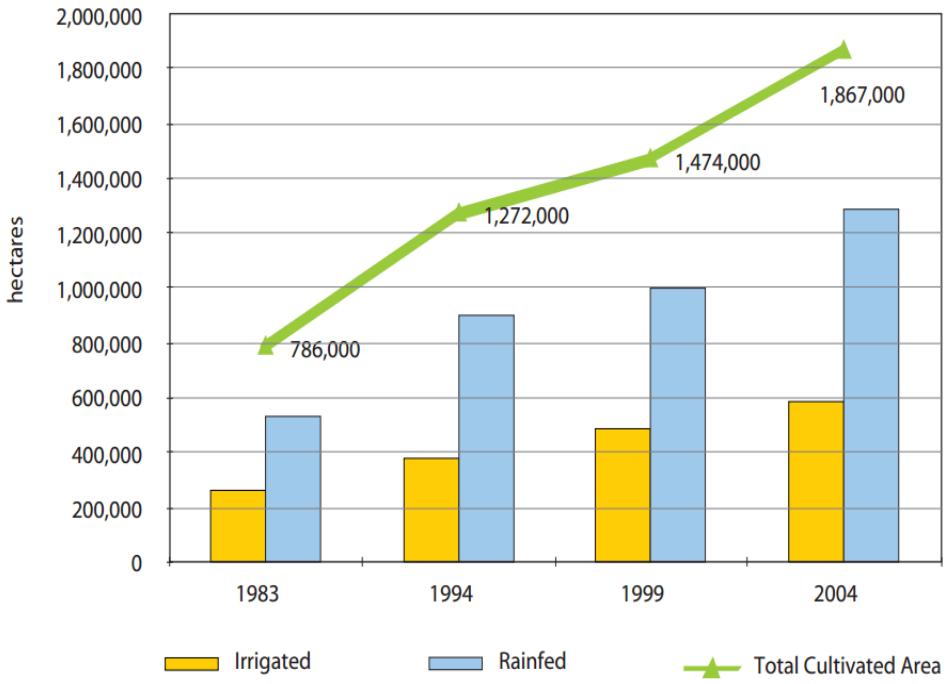
Monthly rainfall-runoff model was calibrated using the data from 1975-2010 period


400
350
300
250
200
150
100
50
0
پارامتر ظرفیت رطوبتی خاک در مدل GUO (میلیمتر)
قبل از شکست
بعد از شکست
گاماسیاب
پل چهر
پل دختر
پای پل

حوضه آبریز سد کرخه

حوضه	۱۳۷۵	۱۳۸۰	۱۳۸۵
گاماسیاب	۹۷۱۵۴	(۳/۱۷٪) ۱۱۳۹۲۹	(۷/۴۰٪) ۱۶۰۳۱۵
پل چهر	۱۲۸۷۲۴	۱۵۳۱۳۵ (۱۹٪)	(۷/۳۱٪) ۲۰۱۷۳۹
پل دختر	۵۰۴۳۶	۵۷۵۶۹ (٪۱۴)	۷۳۵۱۹ (۷/۲۷٪)
پای پل	۲۵۲۵۹۸	۳۲۳۶۸۳ (۲۸٪)	۴۳۴۳۳۶ (۳۴٪)

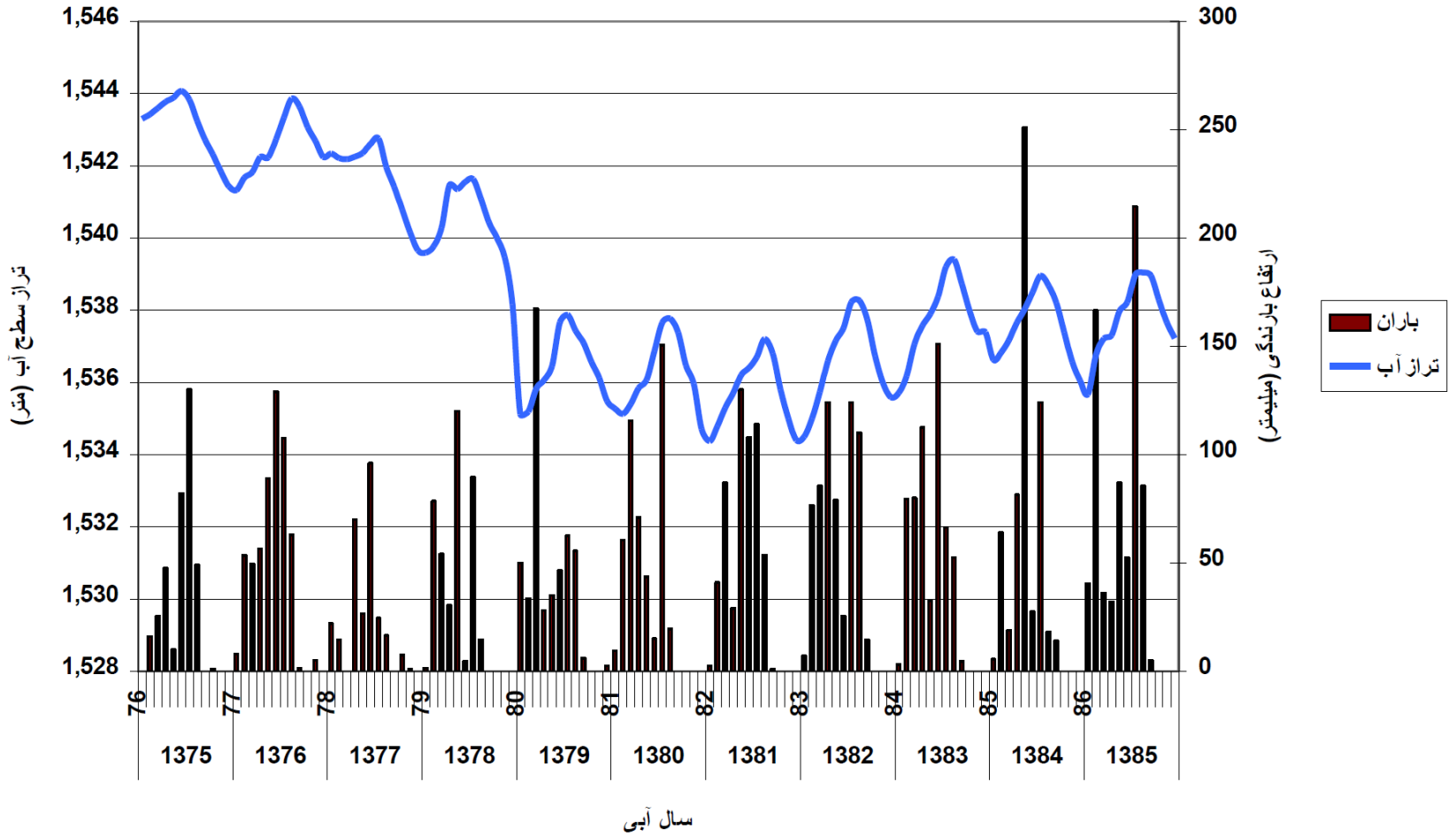
- ✓ **تغییرات سطح زیر کشت در زیرحوضه‌های حوضه کرخه**



- ✓ **تغییرات سطح زیرکشت دیم و آبی در حوضه کرخه در فاصله سال های ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۳**

حوضه آبریز سد کرخه

- ✓ **هیدروگراف واحد آبخوان نهاوند**



روش های تعیین سهم اثرات مستقیم و غیرمستقیم انسانی بر منابع آب

- **روش کشسانی اقلیمی**

ΔP، ΔE و ΔV : به ترتیب تغییر مقدار بارش، تبخیر–تعرق پتانسیل و اثرات مستقیم انسانی

$$\Delta Q = \underbrace{a\Delta P + b\Delta E}_{\Delta Q_C} + \underbrace{c\Delta V}_{\Delta Q_V}$$

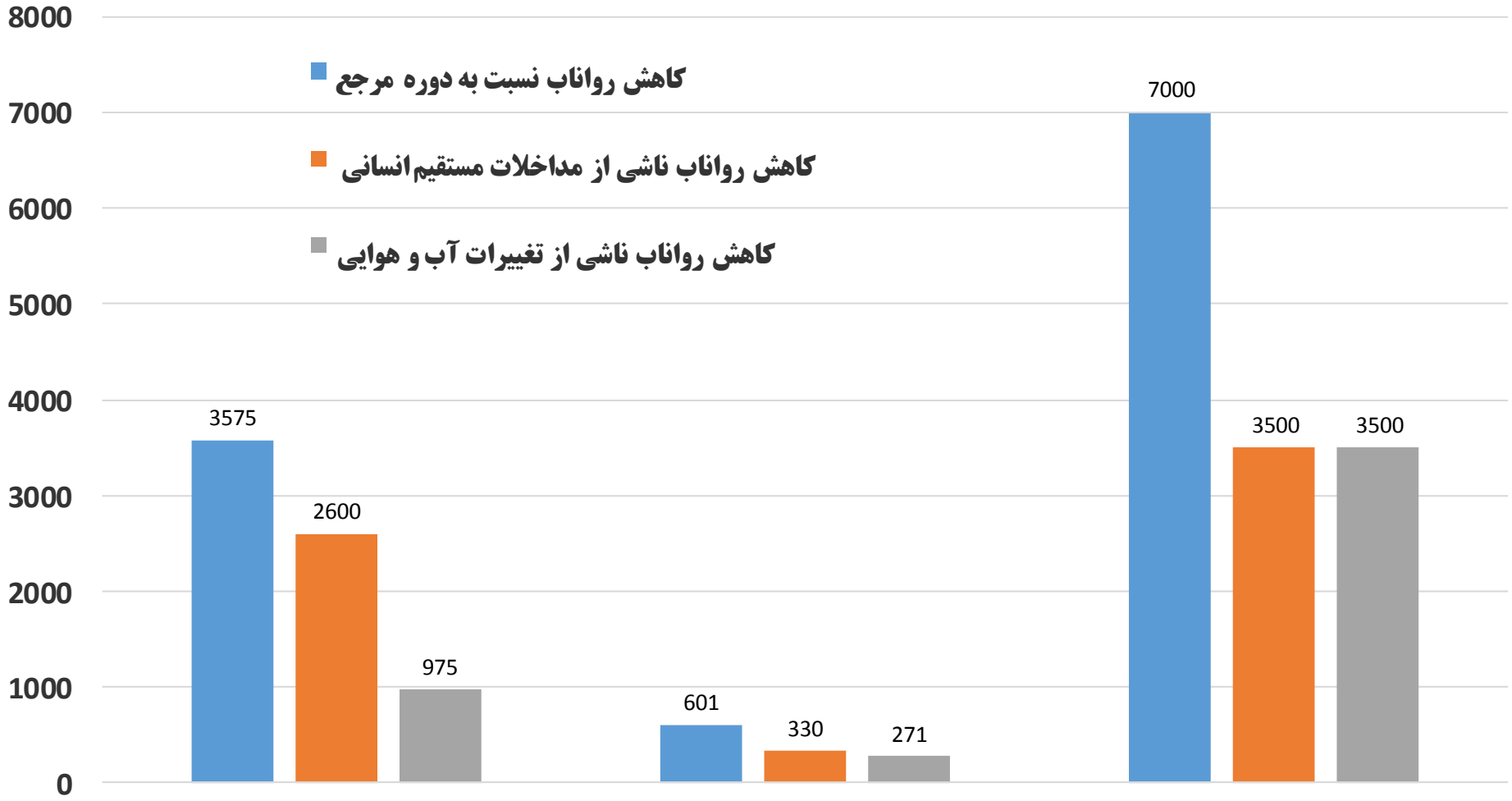
- **روش رگرسیون خطی**

$$Q = c_p P + c_E E$$

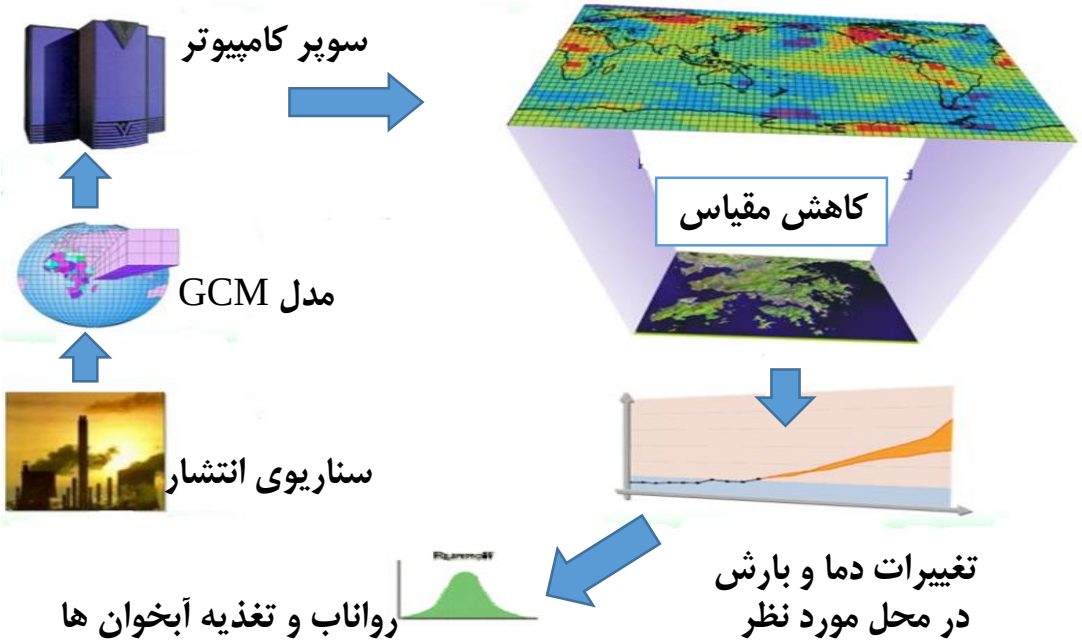
- **روش تثبیت – تغییر**

$$\text{سهم اثرات تغییرات آب و هوایی} = \frac{Q(C2,P1)-Q(C1,P1)}{Q(C2,P2)-Q(C1,P1)} \times ۱۰۰$$

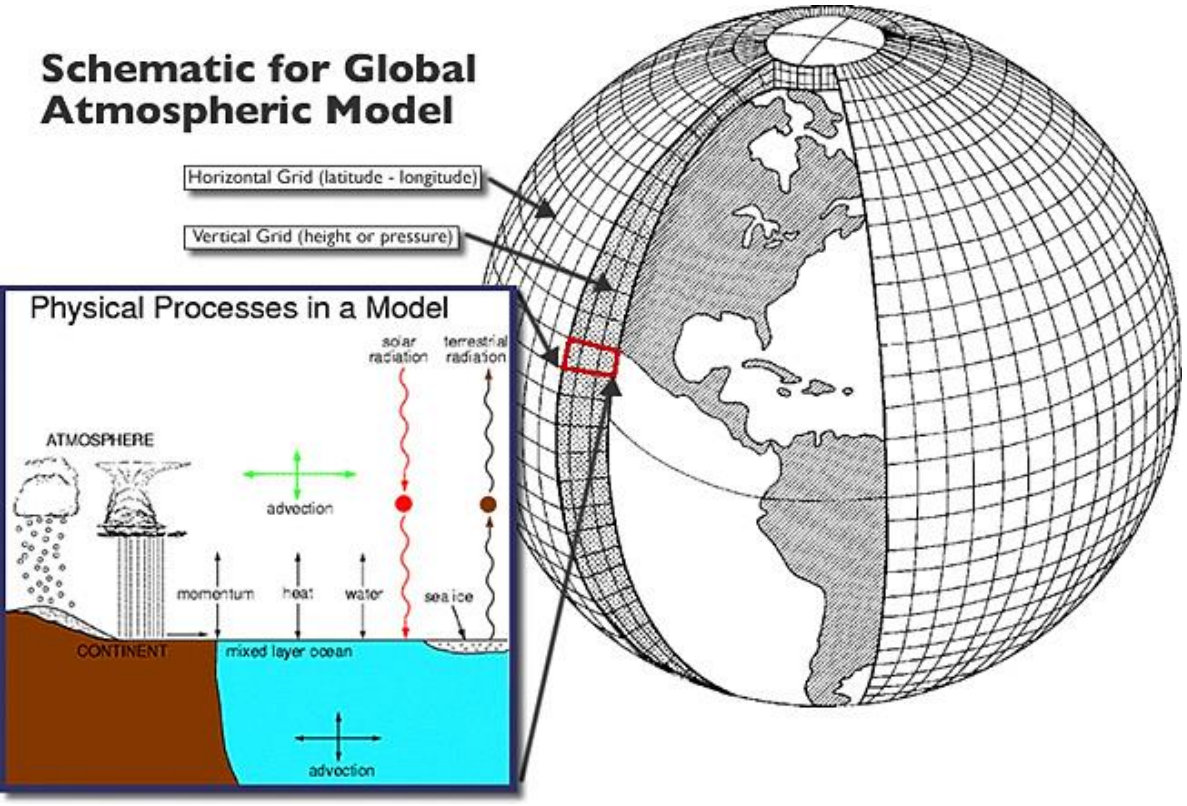
سهم مداخلات مستقیم انسانی و تغییرات آب و هوایی در کاهش رواناب های سطحی پس از نقطه شکست (میلیون متر مکعب در سال)



فرآیند پیش بینی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب



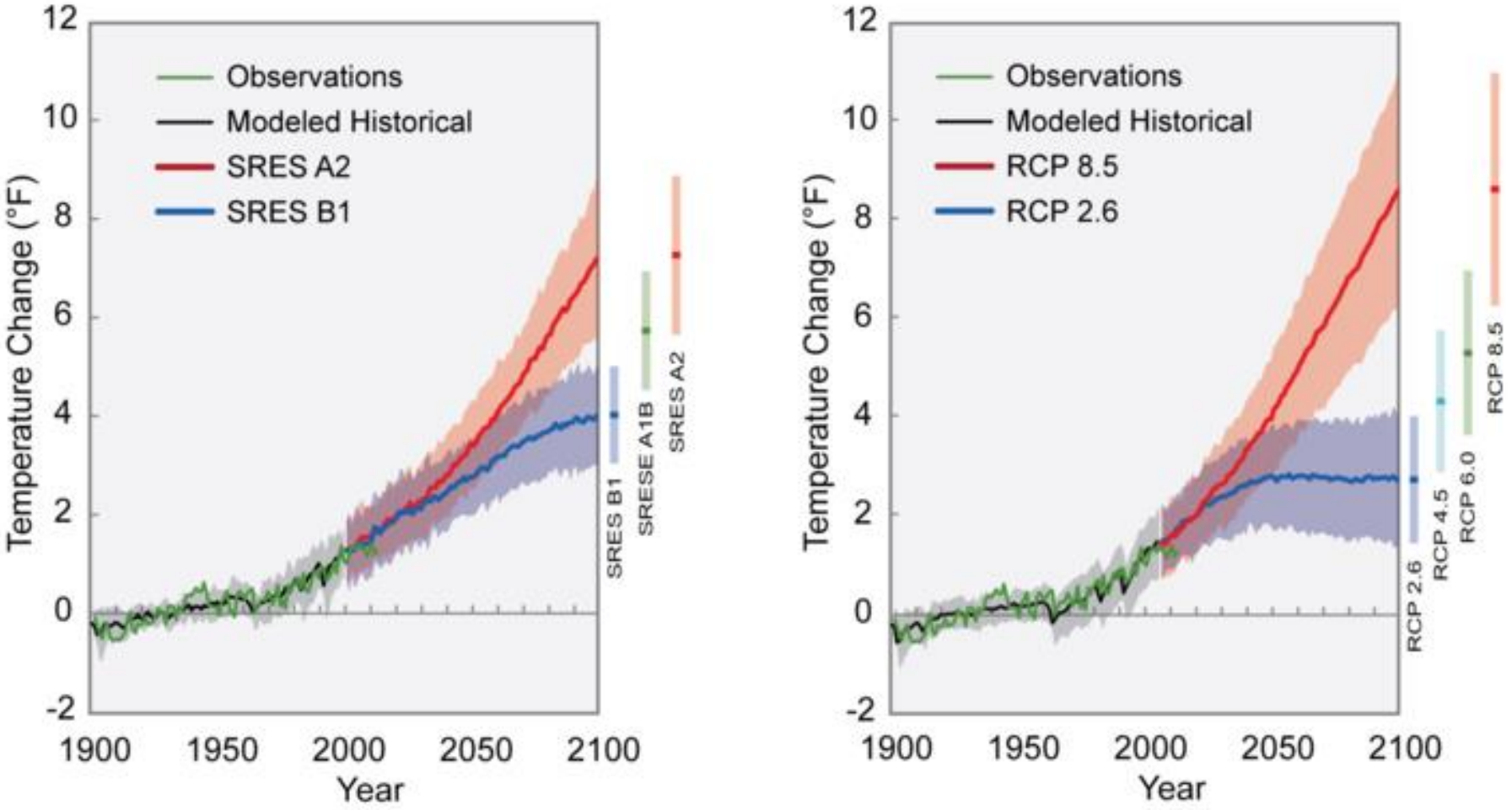
Climate Change Impact Estimation

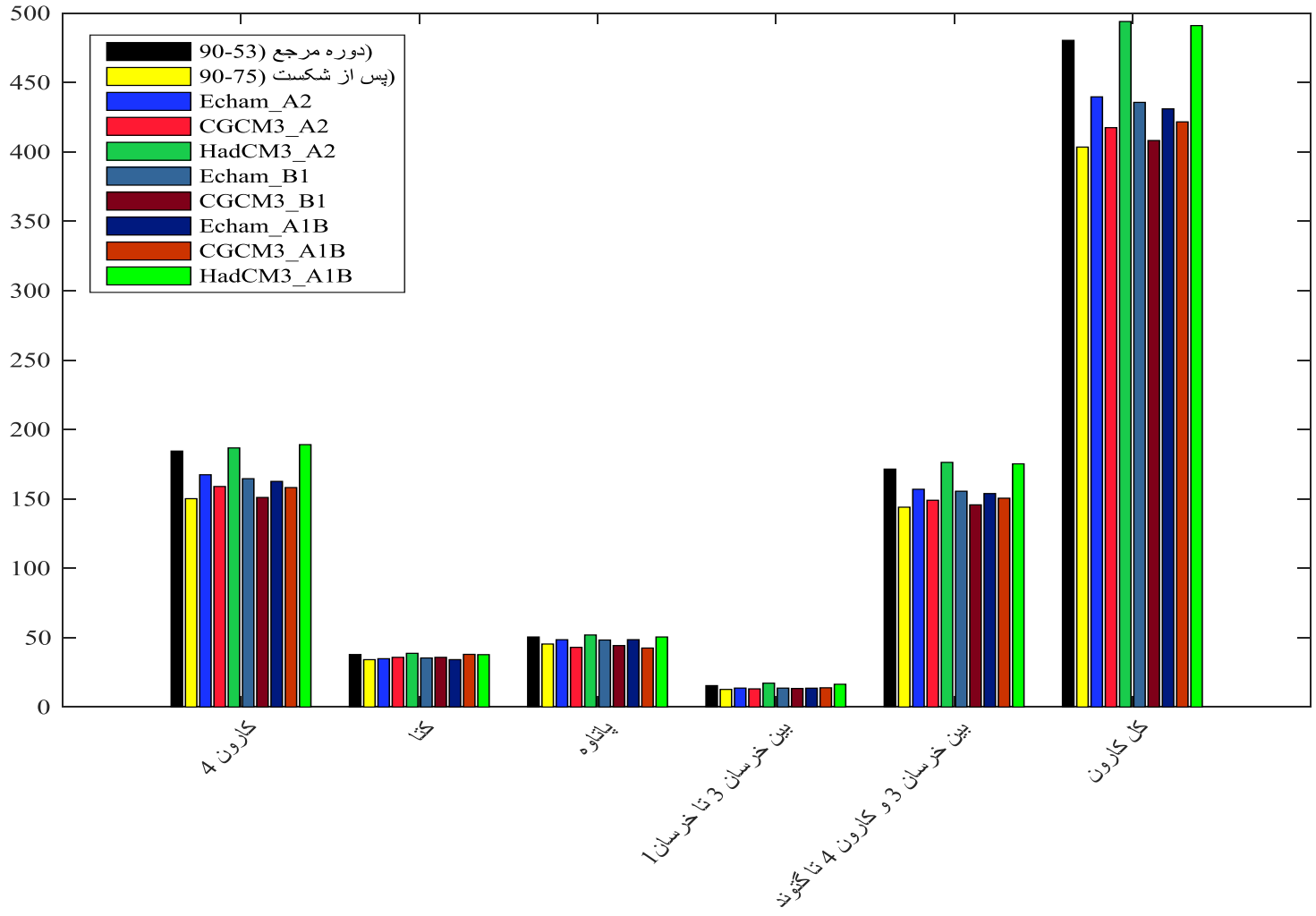


- HadCM3,
- CGCM3, and
- ECHAM5

Atmosphere-Ocean General Circulation Models were used in this study to predict impacts of climate change on precipitation, temperature and evaporation

Emissions Levels Determine Temperature Rises

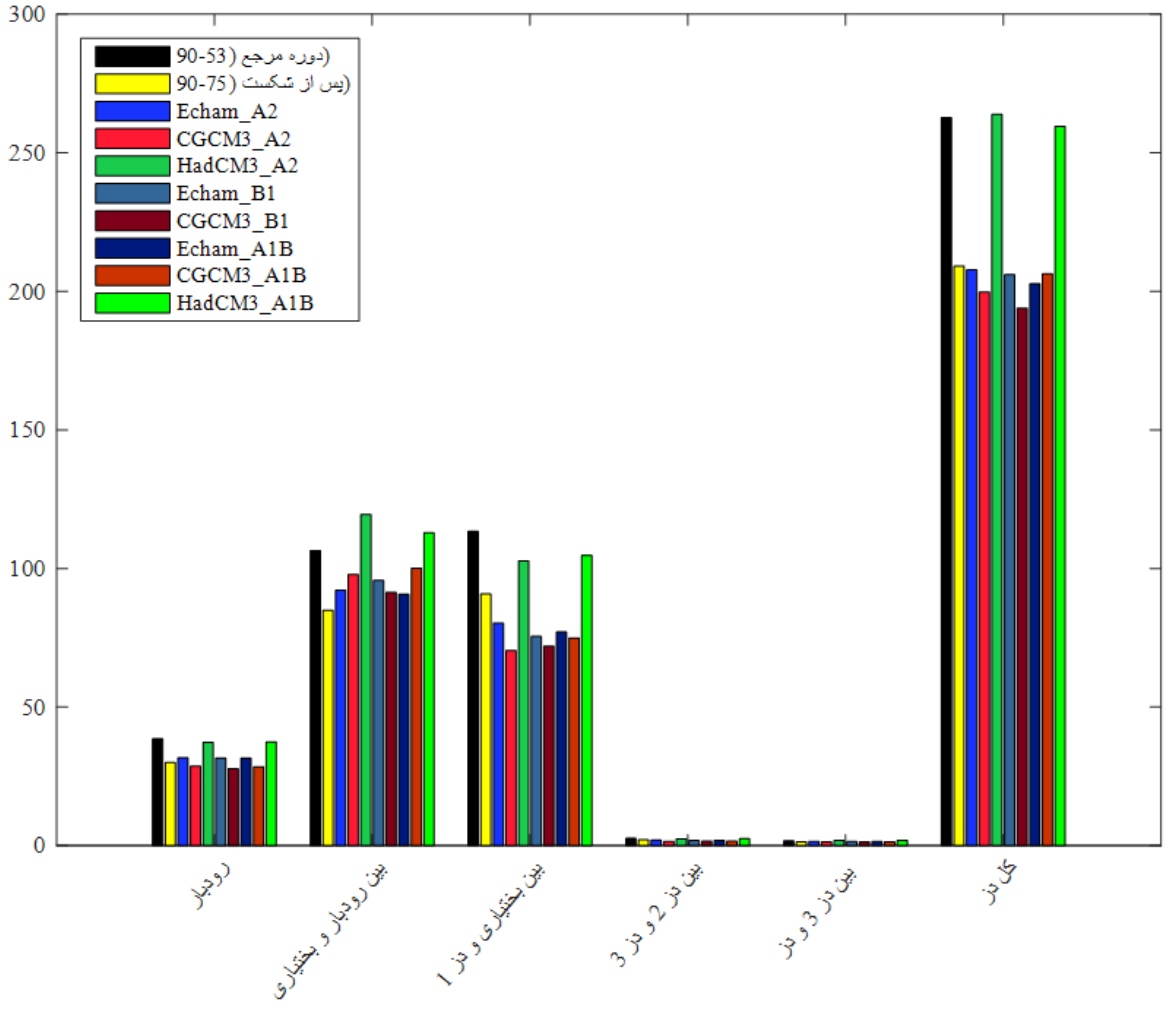




مقایسه آوردهای پیش بینی شده برای ترکیب مدل – سناریوهای تغییر اقلیم برای زیرحوضه های مختلف حوضه کارون

به نظر می رسد آینده محتمل آوردهای سطحی مقداری بین مقادیر متوسط بعد و قبل از شکست باشد:

- **متوسط درازمدت بسیار خوشبینانه است.**
- **متوسط بعد از شکست در حد محدودی بد بینانه است.**



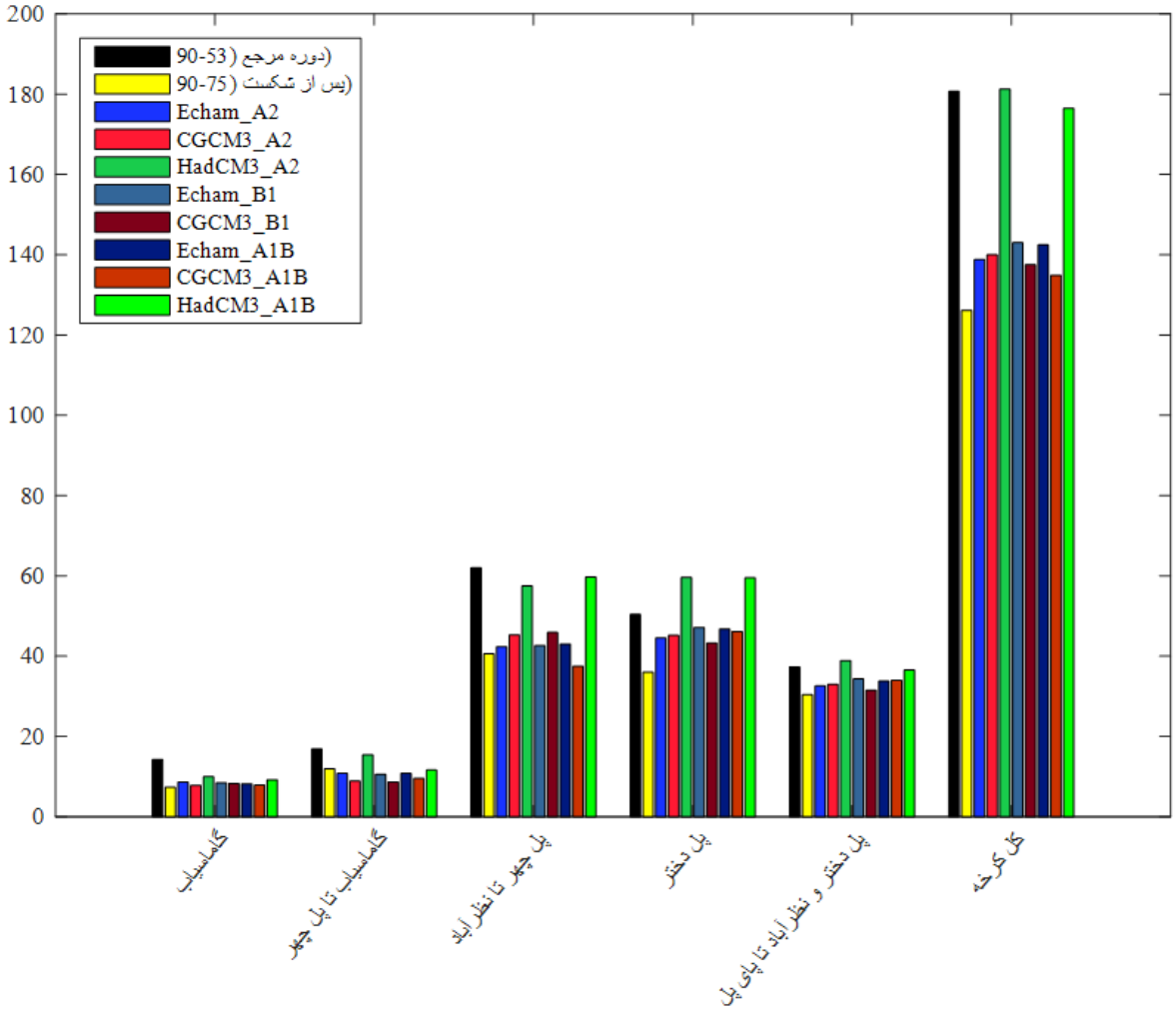
مقایسه آوردهای پیش بینی شده برای ترکیب مدل – سناریوهای تغییر اقلیم برای زیرحوضه های مختلف حوضه دز

نسخه کلی نمی توان پیچید.

در برخی از حوضه ها، وضعیت محتمل آتی از شرایط بعد از شکست نیز بدبینانه تر است.

آینده محتمل آوردهای سطحی در برخی از زیرحوضه های سد دز مقداری بین مقادیر متوسط بعد و قبل از شکست باشد:

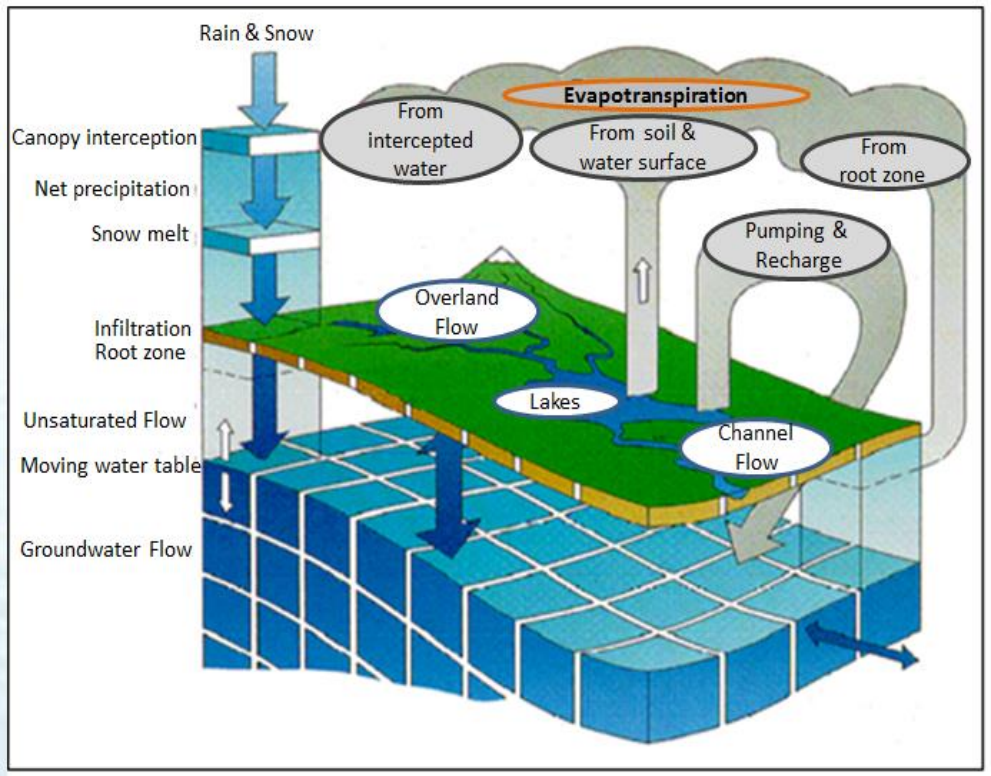
- **متوسط درازمدت بسیار خوشبینانه است.**
- **متوسط بعد از شکست در حد محدودی بد بینانه است.**



مقایسه آوردهای پیش بینی شده برای ترکیب مدل – سناریوهای تغییر اقلیم برای زیرحوضه های مختلف حوضه کرخه

آینده محتمل آوردهای سطحی در اکثر زیرحوضه های سد کرخه مقداری بین مقادیر متوسط بعد و قبل از شکست باشد:

- **متوسط درازمدت بسیار خوشبینانه است.**
- **متوسط بعد از شکست در حد محدودی بد بینانه است.**



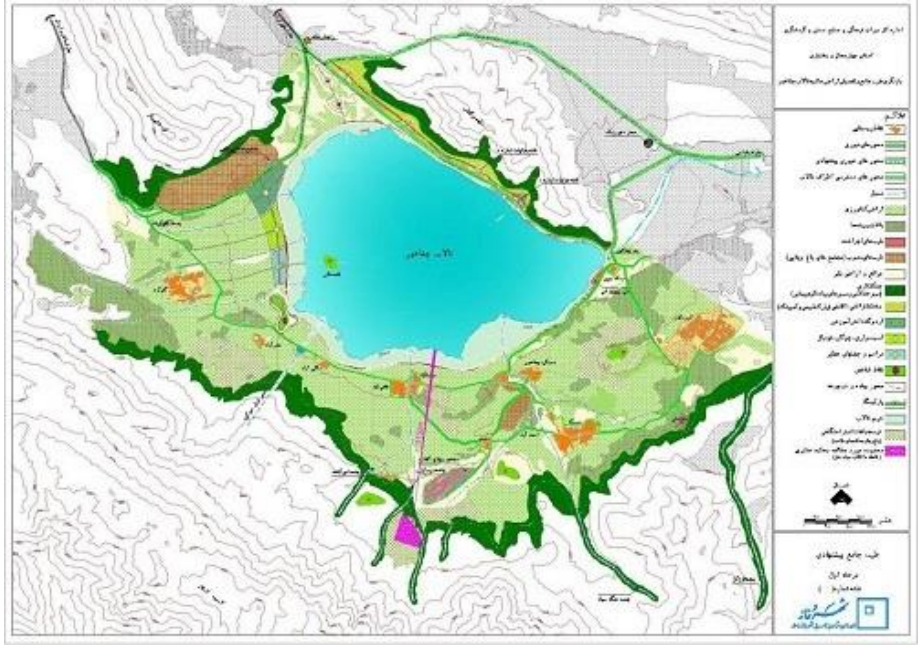
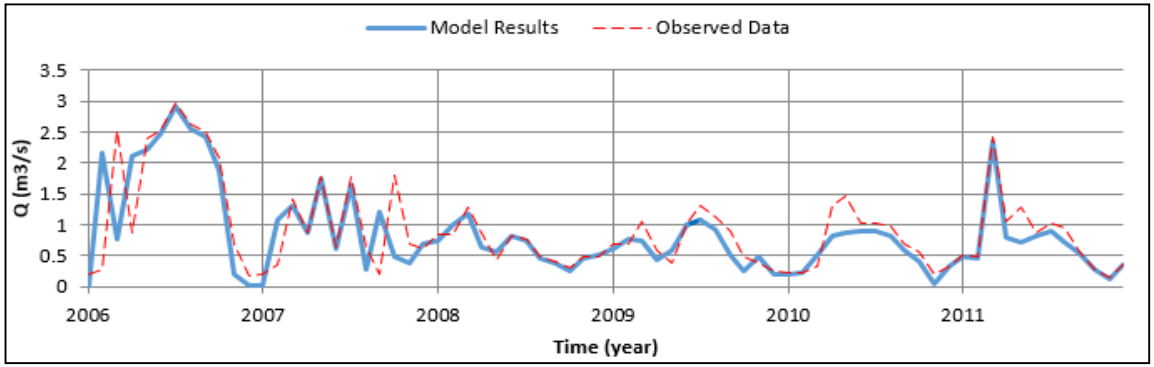


Fig. 1- Schematic representation of the MIKE SHE model

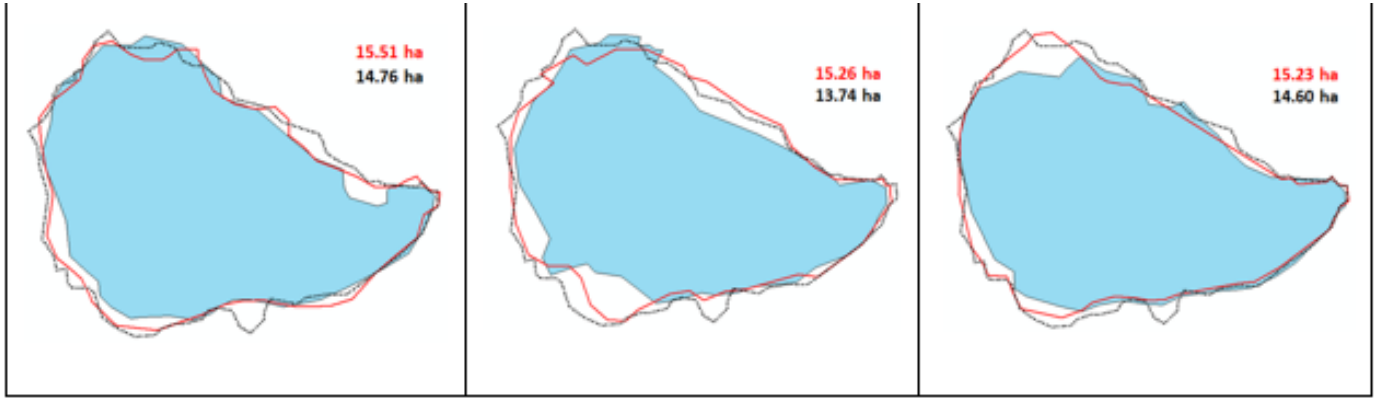
شکل ۱- نمایش شماتیک مدل MIKE SHE



Simulated discharge hydrograph compared to observed discharges entering the Choghakhor wetland during the validation period

حافظ ذوالفقاریان، بنفشه زهرایی، محسن ناصری، (۱۳۹۶) مدل‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر تالاب‌ها با استفاده از اتصال مدل-های MIKE SHEو MIKE 11، تحقیقات منابع آب ایران، دردست داوری.

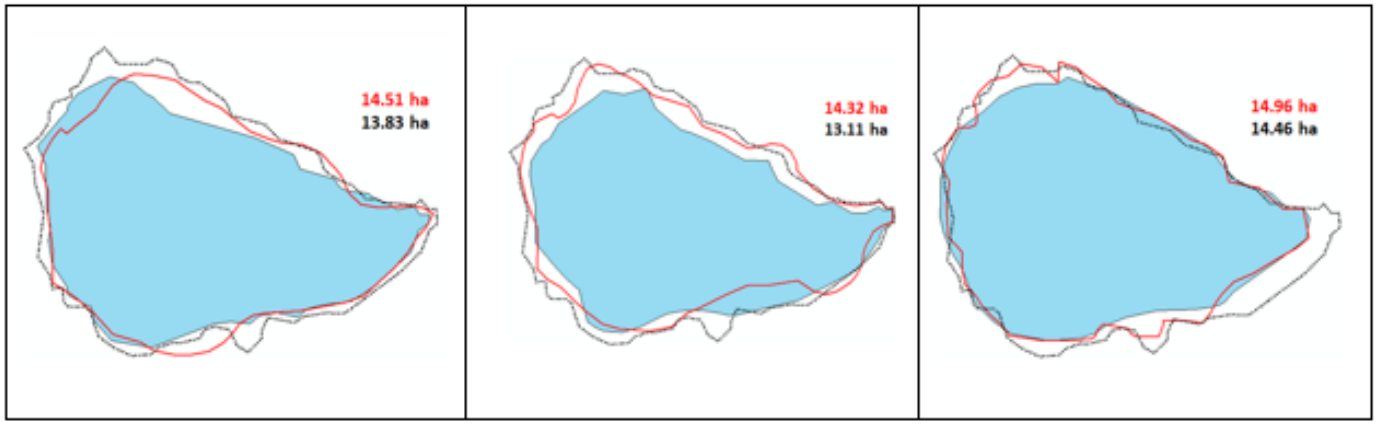
کاهش ۵ تا ۲۰ درصدی سطح تالاب در سناریوهای مختلف تا سال ۲۰۵۰ میلادی پیش بینی شده است.



a) CGCM3-B1

b) CGCM3-A2

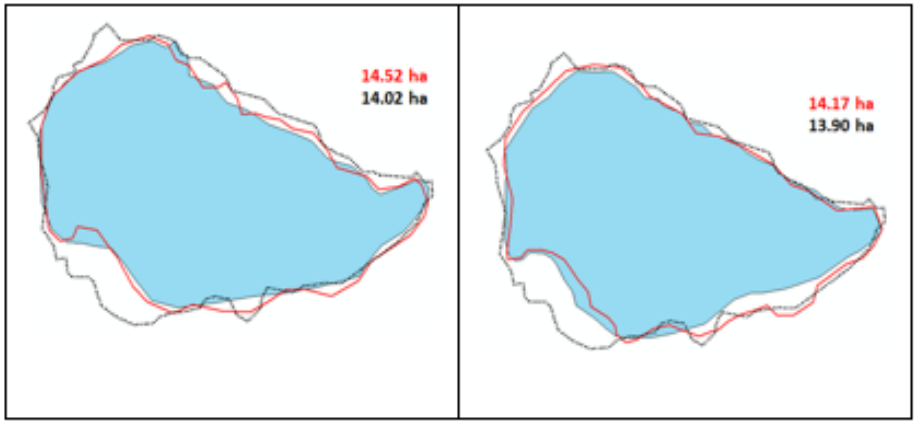
c) CGCM3-A1B



d) ECHAM5-B1

e) ECHAM5-A2

f) ECHAM5-A1B



g) HadCM3-A2

h) HadCM3-A1B

Fig. 12- The Choghakhor wetland area in 2030 & 2050 based on outputs from the CGCM3, ECHAM5 & HadCM3 models

سومین گزارش ملی تغییر آب و هوا، ارزیابی آسیب پذیری و سازگاری، بخش منابع آب

سازمان حفاظت محیط زیست کشور، زمستان ۱۳۹۳

پیش بینی شرایط آب و هوایی تا سال ۲۰۹۹ میلادی نشان داده است:

- **بارش ها در زمستان کمتر و بیشتر در بهار رخ می دهد.**
- **روند کاهشی ریزش برف در کشور دیده می شود.**
- **حداقل دما گرایش به افزایش را نشان می دهد و با اندکی تغییر این حالت در حداکثر دما نیز دیده می شود.**
- **وجود روند افزایشی حداقل دما در کشور می تواند نتایج و تبعاتی را به دنبال داشته باشد از جمله کاهش حجم ذخایر برفی کشور.**

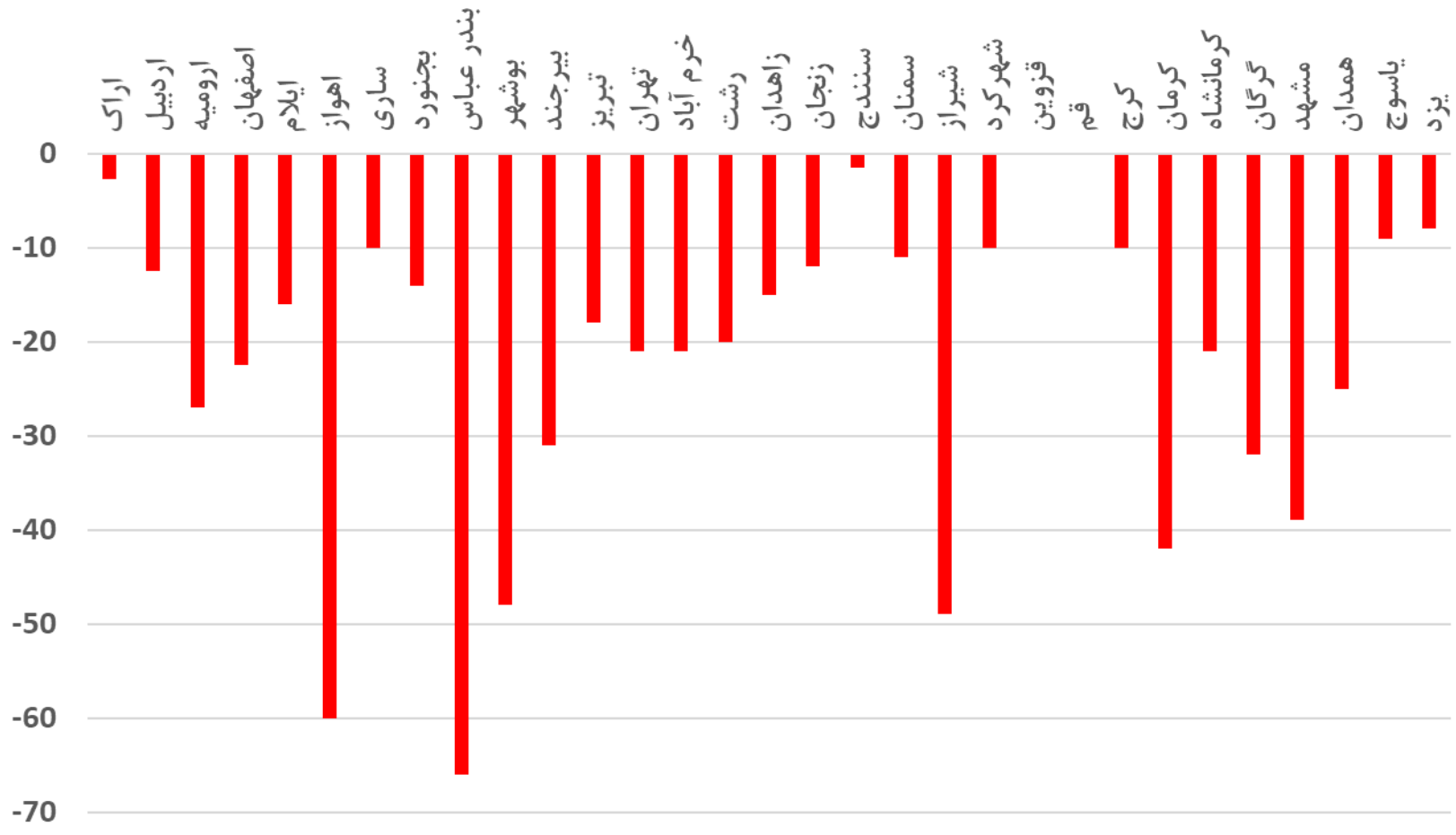
سومین گزارش ملی تغییر آب و هوا، ارزیابی آسیب پذیری و سازگاری، بخش منابع آب

سازمان حفاظت محیط زیست کشور، زمستان ۱۳۹۳

اثرات تغییرات دما و بارش در سطح ۳۰ حوضه آبریز درجه دوم کشور بر رواناب سطحی حوضه ها توسط مدل RAMمحاسبه شد (Fahmi, ۲۰۰۸).

- **نتایج حاصل از مدل نشان می دهد که افزایش دما نه تنها سبب افزایش تبخیر و در نتیجه کاهش رواناب می شود.**
- **باعث تبدیل بارش برف به باران و نیز تسریع زمان ذوب برف می گردد.**
- **نتایج مدل همچنین نشان می دهد که با ثابت درنظر گرفتن بارش و تنها با ۲ درجه افزایش دما حدود ۳/۲۷ میلیارد متر مکعب بر حجم تبخیر و تعرق سالانه کشور اضافه خواهد شد.**

درصد کاهش رواناب در استان های مختلف کشور بر اساس سناریوی بدبینانه اثرات تغییر اقلیم
(گزارش منابع آب طرح ملی تغییر آب و هوا)



از توجه شما متشکرم

bzahraie@ut.ac.ir