

**EXTENDED ABSTRACT**

**Assessment of Climate Change Effect on Temperature and  
Precipitation Based on Fourth and Fifth IPCC reports  
(Case study: Isfahan Province)**

A. Soltani Mohammadi<sup>1</sup>, M. R. Mollaeinia<sup>2\*</sup> and A. Ajamzadeh<sup>3</sup>

1- M.Sc. Graduate of Civil Engineering, Civil Engineering Department , University of Zabol, Iran

2\* - Corresponding Author, Assistant Professor, Civil Engineering Department, University of Zabol, Iran. (*m\_mollaeinia@uoz.ac.ir*).

3- M.Sc. Graduate of Civil Engineering, Civil Engineering Department, University of Zabol, Iran.

Received: 6 September 2016

Revised: 18 May 2017

Accepted: 22 May 2017

**Keywords:** Climate Change, Isfahan, IPCC, Climatic Zoning. **DOI:** 10.22055/jise.2017.19075.1373.

**Introduction**

Climate change represents changes in the climate within the earth's atmosphere and its consequences in different parts of the planet. Changes in temperature and rainfall patterns have a great influence on the quantity and quality of water resources, especially in arid regions such as Iran, and consequences of this change on water resources are undeniable. This effect is reported to be on general circulation of the atmosphere, temperature, and precipitation. General atmospheric circulation models are the basis of all studies on climate change phenomena (Su et al., 2016). Because of the large network of these models and the low spatial resolution, some microscopic phenomena in general atmospheres cannot provide an accurate approximation of the climate conditions of the area; therefore, their output should be left to meteorological station's micro-scale (Perkins et al., 2007).

**Material and Methods**

In this study, temperature and precipitation data from four stations located in Isfahan province including Naein, Isfahan, Kashan and Dardan stations were subjected to microscopic analysis using Delta. The Delta fine-scale for precipitation and temperature was performed as follows:

**a) Downscaling temperature:** For this purpose, the average of monthly basis data for the base period (1971-2000) for each month was calculated and to obtain the temperature variation factor, the difference between the average temperature of each month in the future period and the base period was determined using the following equation:

$$CF_{add} = \overline{GCM}_f - \overline{GCM}_b \quad (1)$$

$CF_{add}$  : Additive change factor,  $\overline{GCM}_f$  : Average future temperature,  $\overline{GCM}_b$  : Average base temperature

Subsequently, in order to obtain scaled small temperature values, the calculated change factor was added to the corresponding value in observational data (Anandhi et al., 2011):

$$T_f = T_{obs} + CF_{add} \quad (2)$$

$T_f$ : Scaled future temperature,  $T_{obs}$ : Observation temperature

**b) Downscaling precipitation:** First, the average of monthly basis data for the base period (1971-2000) was calculated and to obtain the precipitation variation factor, the difference between the average precipitation of each month in the future period and the base period was determined using the following equation:

$$CF_{mul} = \frac{\overline{GCM_f}}{\overline{GCM_b}} \quad (3)$$

$CF_{mul}$ : Multiplication change factor,  $\overline{GCM_f}$ : Average future precipitation,  $\overline{GCM_b}$ : Average base precipitation

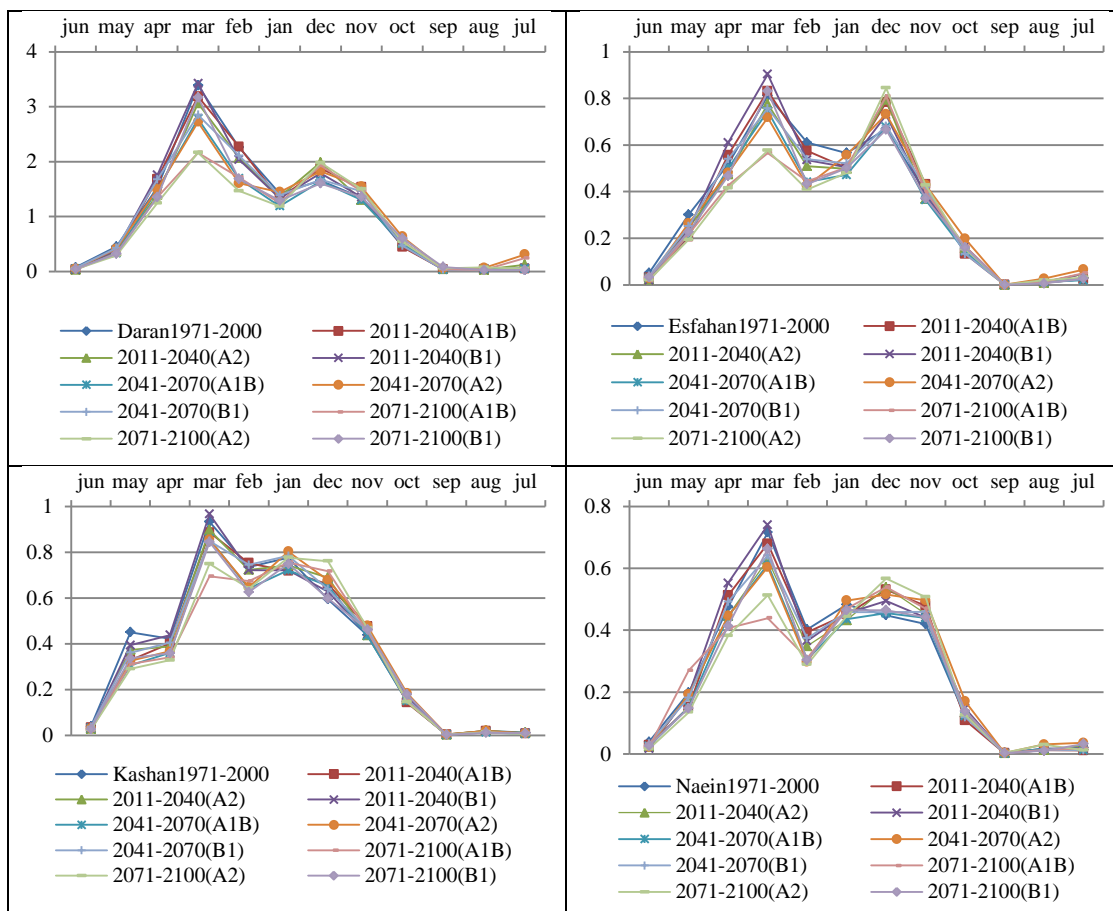
In order to obtain the quantized scale rainfall, the change factor determined from the above equation was multiplied by its amount in the observation data (Anandhi et al., 2011).

$$Pr_f = Pr_{obs} \times CF_{mul} \quad (4)$$

$Pr_f$ : Scaled future precipitation,  $Pr_{obs}$ : Observation precipitation

### Discussion and conclusion

According to Figs. (1) and (2), under Scenario A2, the maximum monthly precipitation varies from early spring to the late observation period in the fall and early winter. The displacement will be accompanied by a 3 percent increase in rainfall. In the RCP85 Scenario of the fifth report, this trend will occur similarly. Also, for the fourth report in A1B Scenario, the precipitous season will be rising by 4.9 percent in the early winter. Under the RCP45 and RCP60 Scenarios, this shift to late winter will be with an increase of 18.42 and 38.6 percent, respectively.



**Fig. 1-** Monthly precipitation of Isfahan, Daran, Kashan and Naein stations in the fourth report scenarios

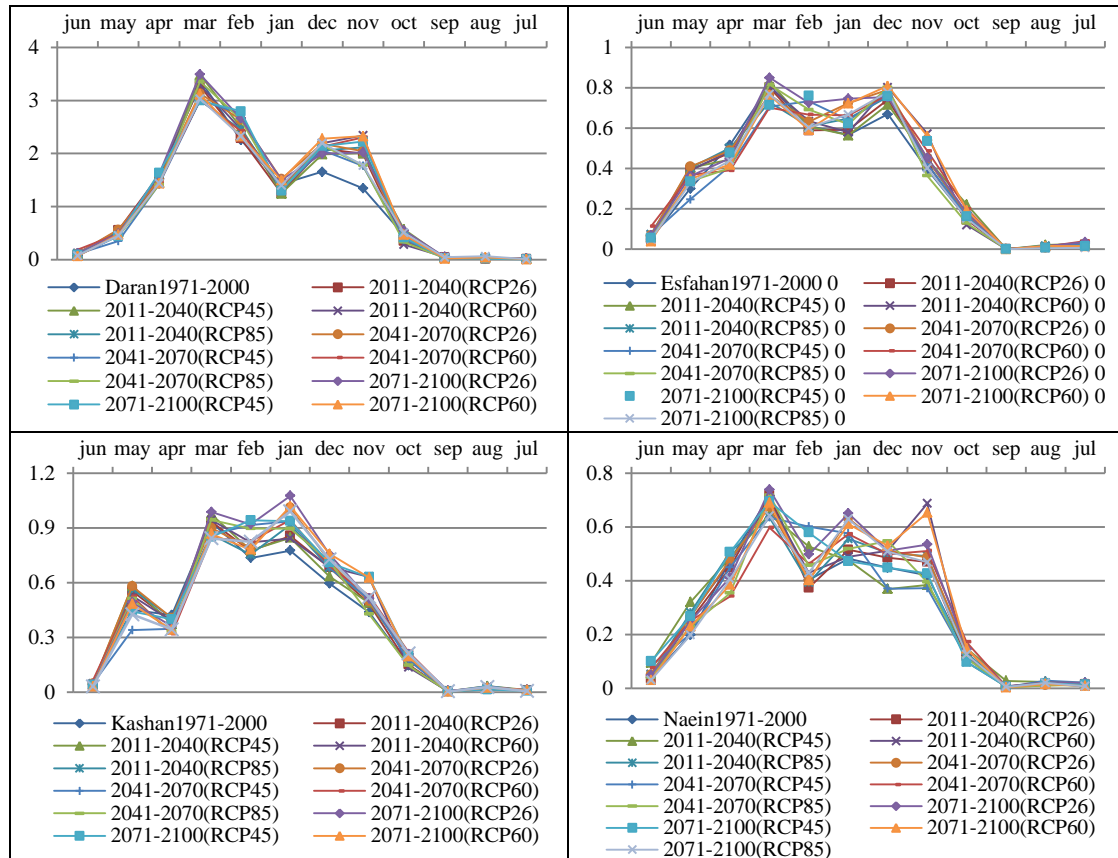


Fig. 2- Monthly precipitation of Isfahan, Daran, Kashan and Naein stations in the fifth report scenarios

### Conclusion

The results showed that in the fourth report scenarios, the average annual precipitation of Isfahan province during the period (2071-2100) decreased to 8% from the base period (1971-2000) and would increase by 10.2% in the fifth report scenario.

### Acknowledgement

The authors hereby thank the warm cooperation from the meteorological administration and the regional water company of Isfahan province in conducting this research.

### References

- 1- Anandhi A., Frei A., Pierson DC., Schneiderman EM., Zion MS., Lounsbury D., 2011. Examination of change factor methodologies for climate change impact assessment. *Water Resources Research*,47(3), pp. 1- 10.
- 2- Perkins, S. E., Pitman, A. J. and Holbrook, N. J., 2007. Evaluation of the AR4 Climate Models' Simulated Daily Maximum Temperature, Minimum Temperature, and Precipitation over Australia Using Probability Density Functions, *Journal of Climate*, 20(17), pp. 4356-4376.
- 3- Su B., Zeng X., Zhai J., Wang Y. and Li X., 2016. Projected precipitation and streamflow under SRES and RCP emission scenarios in the Songhuajiang River basin, China. *Quaternary International*, 381, pp.95-105.



## بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش بر اساس گزارش‌های چهارم و پنجم هیأت بین‌المللی تغییر اقلیم (مطالعه موردی: استان اصفهان)

عقیل سلطانی محمدی<sup>۱</sup>، محمود رضا ملائی نیا<sup>۲\*</sup> و علی عجم زاده<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه زابل.

۲- نویسنده مسئول، استادیار گروه عمران، دانشگاه زابل، m\_mollaienian@uoz.ac.ir

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه زابل.

پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۱

بازنگری: ۱۳۹۶/۲/۲۸

دریافت: ۱۳۹۵/۶/۱۶

### چکیده

گزارش چهارم هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC)، در سال ۲۰۰۷ با تأکید بر جنبه‌های اقتصادی و توسعه سریع فناوری‌های جدید و گزارش پنجم آن در سال ۲۰۱۳ با تأکید بیشتر بر جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی تغییر اقلیم و نقش آن در توسعه پایدار و مدیریت ریسک انتشار یافت. هدف این مطالعه، مقایسه تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش استان اصفهان تحت سناریوهای گزارش چهارم و پنجم می‌باشد. نتایج نشان داد تا اواخر قرن بیست و یکم، تحت سناریوهای گزارش چهارم و پنجم، به ترتیب دما ۴/۴۹ و ۴/۱۹ درجه سانتی‌گراد افزایش و بارش به میزان ۴/۶۸ درصد کاهش و ۱۱/۹۶ درصد افزایش خواهد یافت. همچنین نتایج حاکی از دقت بیشتر مدل‌های گزارش پنجم در مقایسه با گزارش چهارم می‌باشد. پهنه‌بندی اقلیمی نشان داد که تغییرات اقلیمی بخش‌های غربی استان اصفهان، بیشتر از بخش‌های مرکزی و شرقی می‌باشد که باعث کاهش منابع آبی در بخش‌های مختلف می‌شود.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، اصفهان، هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، پهنه‌بندی اقلیم.

### مقدمه

تغییر اقلیم نشان دهنده تغییرات در اقلیمی درون اتمسفر زمین و پیامدهای ناشی از آن، در قسمت‌های مختلف کره زمین است. تغییر در دما و الگوهای بارش تأثیر زیادی بر کمیت و کیفیت منابع آب به خصوص در مناطق خشک نظیر ایران، دارد. در سال‌های اخیر وقوع خشکسالی‌های متعدد در ایران خطری بسیار جدی برای منابع آب محسوب می‌شود (Babran, 2008). همچنین گرم شدن کره زمین ناشی از گازهای گلخانه‌ای، پدیده تغییر اقلیم را به دنبال دارد. به گونه‌ای که تأثیر و پیامدهای این تغییر بر منابع آب غیر قابل انکار می‌باشد. این تأثیر بر گردش عمومی اتمسفر، دما و بارش گزارش می‌شوند. مدل‌های گردش عمومی جو اساس تمام مطالعات پدیده‌های تغییر اقلیم می‌باشند (Sun et al., 2016). به علت بزرگ بودن شبکه این مدل‌ها و تفکیک فضایی کم، برخی پدیده‌های ریزمقیاس در مدل‌های گردش عمومی جو، نمی‌توانند تقریب درستی از شرایط آب و هوایی منطقه مورد بررسی به دست دهند؛ لذا باید خروجی آن‌ها تا حد ایستگاه هواشناسی، ریزمقیاس شود (Perkins et al., 2007).

Iranmanesh et al. (2012) تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر

دمای حداقل و حداکثر را در ایستگاه کرمان در دوره (۲۰۳۰-

۲۰۱۱) میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی LARS-WG و خروجی مدل‌های CSMK3 و BCM2 تحت سناریوی A1B پیش‌بینی و اعلام کردند که بیشترین افزایش میانگین ماهانه دمای حداکثر مربوط به ماه مارس به میزان ۱/۵۶ درجه سانتیگراد و بیشترین افزایش میانگین ماهانه دمای حداقل مربوط به ماه نوامبر به میزان ۰/۹۴ درجه سانتی‌گراد خواهد بود.

Ajamzadeh et al. (2015) اثر تغییرات اقلیم در دوره

(۲۰۱۱-۲۰۳۰) میلادی را با استفاده از خروجی‌های مدل‌های گردش عمومی جو تحت سناریوهای A2، B1 و A1B روی تخصیص منابع آب رودخانه فیروز آباد استان فارس بررسی کردند. نتایج، نشان دهنده کاهش بارندگی در ماه‌های آذر، اسفند و فروردین در دوره مورد نظر نسبت به دوره پایه (۲۰۰۰-۱۹۷۱) بود. Mozafari et al. (2016) به ارزیابی شرایط خشکسالی

در استان سیستان و بلوچستان در طی سال‌های (۱۳۹۱-۱۴۱۰) با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های گردش عمومی جو پرداختند. نتایج کلی بررسی‌ها برای دوره مذکور، گویای افزایش ۸ درصدی بارش در استان و کاهش تعداد روزهای یخبندان و افزایش میانگین سالانه دما در حدود ۰/۳ درجه سلسیوس بود.

Santini and Paola (2015) تغییرات دبی رودخانه

Mad نیویورک را به کمک پهنه‌بندی شرایط اقلیمی زمان حال و

San Jose et al. (2016) تاثیر سناریوهای اقلیم جهانی RCP4/5 و RCP8/5 را بر تحولات جوی منطقه‌ای و کیفیت آب و هوایی شهرهای مادرید، آنتورپ، میلان، هلیسکی و لندن مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که سناریوهای RCP4/5 و RCP8/5 دقت قابل قبولی برای شبیه‌سازی شرایط اقلیمی در سال‌های آینده دارند.

در این مقاله، پس از وزن دهی مدل‌های مختلف گزارش چهارم و پنجم هیأت بین المللی تغییر اقلیم، مدل‌های مناسب با منطقه مورد مطالعه انتخاب و تغییرات بارش و دمای چهار ایستگاه واقع در استان اصفهان تحت سناریوهای گزارش چهارم و پنجم تا اواخر سال ۲۱۰۰ میلادی بررسی گردید و سپس به روش کوپن، پهنه بندی اقلیمی بخش‌های مختلف استان انجام شد.

#### منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان با وسعت بیش از ۱۰۷ هزار کیلومتر مربع، ششمین استان پهناور کشور محسوب می‌شود. وسعت زیاد این استان در کشور باعث شده است تا ویژگی‌های طبیعی و انسانی گوناگونی در آن شکل بگیرد. متوسط بارش سالانه استان اصفهان حدود ۱۶۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. طبق شکل (۱)، به دلیل شرایط خاص جغرافیایی و قرارگیری استان اصفهان در مرکز کشور، بررسی تغییرات اقلیم و مدیریت مناسب منابع آب سبب رونق هر چه بیشتر این استان و جذب گردشگران و توریست‌ها به آن شده و تأثیر این امر مهم در استان‌های مجاور نیز احساس می‌گردد.

آینده بررسی کردند. سپس به مقایسه نقشه‌ها تحت مدل CMCC-CM و سناریوهای RCP4/5 و RCP8/5 پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که آب و هوای مناطق سرد و قطبی با روند معتدل و افزایشی، در حال تبدیل شدن به آب و هوای خشک و استوایی است.

Park et al. (2015) خشکسالی کره جنوبی را در دوره (۲۰۱۴-۲۱۰۰) میلادی، تحت سناریوهای تغییر اقلیم RCP. پیش بینی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که شدیدترین خشکسالی با دوره بازگشت ۸۷ ساله و حداقل شاخص موثر خشکسالی ۳/۵۴- با مدت ۵۶۰ روز، در دوره (۲۰۳۹-۲۰۴۰) رخ خواهد داد.

Su et al. (2015) بارش و جریان رود سونگ هوا چین را تحت سناریوهای مختلف SRES و RCP بررسی کردند. در این مطالعه، تغییرات احتمالی بارش و جریان در حوضه این رود با در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی ECHAM5 تحت سناریوهای انتشار A1B و B1، A2، و مجموعه‌ای از میانگین مدل‌های CMPI5 تحت سناریوهای RCP2/6، RCP4/5 و RCP8/5 در سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۵۰ بررسی شد. نتایج نشان داد بارش تحت سناریوهای RCP، روند افزایشی واضح‌تری را نسبت به سناریوهای انتشار SRES دارد.

Kim et al. (2013) تأثیر تغییرات اقلیم و کاربری زمین را بر جریان رودخانه هوئیای کره جنوبی تحت سناریوهای RCP بررسی کردند. نتایج نشان دادند که اگر چه تأثیر تغییر کاربری اراضی کمتر از تغییرات اقلیم می‌باشد، اما این تغییرات می‌تواند افزایش تنوع فصلی در حوضه رودخانه ناشی از تغییرات آب و هوا را بالاتر ببرد.

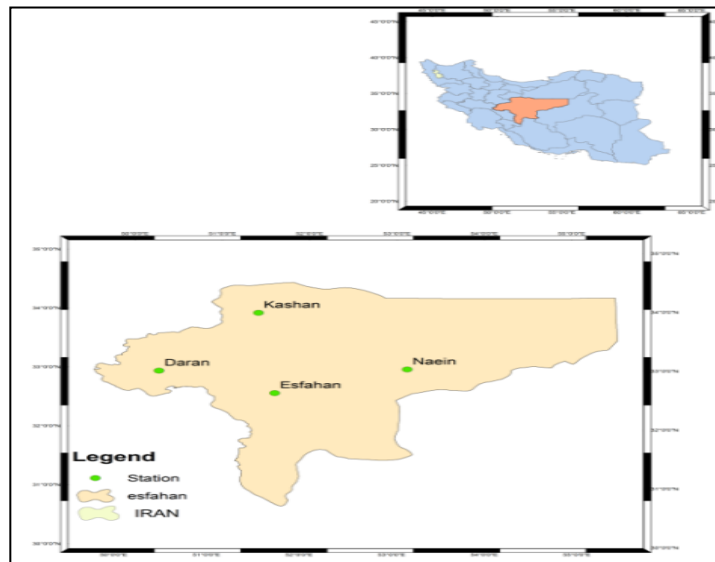


Fig. 1- Geographical location of Isfahan province

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان اصفهان

## مواد و روش‌ها

توانایی مدل‌های بزرگ مقیاس در تولید داده متفاوت است. انتخاب مدل مناسب به منظور ریزمقیاس‌نمایی، نیازمند مقایسه داده‌های تولید شده توسط مدل‌ها با داده‌های مشاهداتی است. در این تحقیق ابتدا داده‌های تولید شده توسط ۱۸ مدل در گزارش چهارم و ۳۹ مدل گزارش پنجم در دوره پایه با داده‌های دیدبانی مقایسه شدند. سپس وزن هر مدل با توجه به مقایسه داده‌های تولید شده توسط مدل‌ها، در مقیاس ماهانه و داده‌های دیدبانی، به دست آمد. در وزن‌دهی، معکوس قدر مطلق اختلاف بین متغیر دیدبانی و مدل‌سازی شده، بر مجموع معکوس قدر مطلق اختلاف بین دیدبانی و مدل‌سازی شده تقسیم گردید، به طوری که جمع وزن‌ها یک شود. در وزن‌دهی، یکی از معیارها برای انتخاب مدل برتر، وزن می‌باشد. به این ترتیب که هر قدر وزن مدل بیشتر باشد، مدل بهتر خواهد بود. معیار دیگر انتخاب مدل برتر، جذر میانگین مربعات خطا است که هر چه کمتر باشد، مدل برتر می‌باشد. این معیارها، طبق رابطه‌های (۱) و (۲) محاسبه می‌گردند:

$$W_i = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{\Delta T_i}} \quad (1)$$

$$RMSE = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - Q_i)^2}{n} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

که:

$\Delta T_i$ : اختلاف بین متغیر دیدبانی و مدل‌سازی شده

$P_i$ : مقادیر شبیه‌سازی شده

$Q_i$ : مقادیر مشاهداتی

$N$ : تعداد سال‌های آماری مورد مطالعه

در این تحقیق، داده‌های دما و بارش برای چهار ایستگاه واقع در استان اصفهان شامل ایستگاه نایین، اصفهان، کاشان و داران با استفاده از روش عامل تغییر یا دلتا، ریزمقیاس شد. ریزمقیاس‌نمایی دلتا برای بارش و دما به صورت زیر انجام گردید.

(الف) ریزمقیاس‌نمایی دما:

برای ریزمقیاس‌نمایی دما، ابتدا برای داده‌های ماهانه دوره پایه (۲۰۰۰-۱۹۷۱)، میانگین این مقادیر برای هر ماه محاسبه و برای به دست آوردن عامل تغییر دما، اختلاف میانگین دمای هر ماه در دوره آینده و دوره پایه طبق فرمول زیر تعیین گردید:

$$CF_{add} = \overline{GCM_f} - \overline{GCM_b} \quad (3)$$

که در آن:

$CF_{add}$ : عامل تغییر جمع

$\overline{GCM_f}$ : میانگین دمای دوره آینده

$\overline{GCM_b}$ : میانگین دمای دوره پایه

در ادامه، برای به دست آوردن مقادیر دمای ریزمقیاس شده، عامل تغییر محاسبه شده، به مقدار متناظر در داده‌های مشاهداتی (محلی) اضافه شدند (Anandhi et al., 2011).

$$T_f = T_{obs} + CF_{add} \quad (4)$$

که در آن:

$T_f$ : دمای ریزمقیاس شده آینده

$T_{obs}$ : دمای مشاهداتی

(ب) ریزمقیاس‌نمایی بارش:

ریزمقیاس‌نمایی بارش، مانند ریزمقیاس‌نمایی دما، است، با این تفاوت که به جای به دست آوردن اختلاف میانگین‌ها، حاصل تقسیم آن‌ها، تعیین شد و عامل تغییر طبق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$CF_{mul} = \frac{\overline{GCM_f}}{\overline{GCM_b}} \quad (5)$$

که در آن:

$CF_{mul}$ : عامل تغییر ضرب

$\overline{GCM_f}$ : میانگین بارش دوره آینده

$\overline{GCM_b}$ : میانگین بارش دوره پایه

برای به دست آوردن مقادیر بارش ریزمقیاس شده، عامل تغییریی که از فرمول بالا به تعیین شد، در مقدار مربوط به خود در داده‌های مشاهداتی (محلی) ضرب شد (Anandhi et al., 2011).

$$Pr_f = Pr_{obs} \times CF_{mul} \quad (6)$$

که در آن:

$Pr_f$ : بارش ریزمقیاس شده

$Pr_{obs}$ : بارش مشاهداتی

## طبقه‌بندی اقلیمی کوپن

سیستم طبقه‌بندی اقلیمی Koppen در سال ۱۸۸۴ میلادی توسط ولادیمیر کوپن ارائه شد و هم‌چنان به‌عنوان رایج‌ترین نوع طبقه‌بندی اقلیمی استفاده می‌گردد این سیستم ترکیبی از میانگین دمای سالانه و ماهانه و بارش و فصلی بودن آن می‌باشد (Peel et al., 2007). در ادامه، با استفاده از پارامترهای دما و بارش، اقدام به پهنه‌بندی اقلیمی به روش کوپن و مقایسه نتایج هر دهه کردیم.

خواهد یافت. این در حالی است که برای سناریوی RCP26 گزارش پنجم، جابه‌جایی به سمت اواخر زمستان و با افزایش ۹/۵۵ درصد می‌باشد.

### بارش‌های سنگین و خیلی سنگین

بارش‌های سنگین دارای دوره بازگشت ۵ ساله و بارش‌های خیلی سنگین دارای دوره بازگشت ۱۵ ساله می‌باشند. درصد تغییرات این بارش‌ها به تفکیک سناریوها در جدول‌های (۲) و (۴) ارائه شده است. طبق جدول (۲)، بیشترین افزایش بارش خیلی سنگین تحت سناریوهای گزارش چهارم، مربوط به ایستگاه داران تحت سناریوی A2 در دوره (۲۰۴۱-۲۰۷۰)، به مقدار ۷۸/۷۲ درصد و بیشترین کاهش، مربوط به همین ایستگاه تحت سناریوی A1B در دوره (۲۰۷۱-۲۱۰۰)، به مقدار ۶۵/۸۸ درصد می‌باشد. در حالی که، برای بارش سنگین، بیشترین افزایش مربوط به ایستگاه داران تحت سناریوی A1B در دوره (۲۰۷۱-۲۱۰۰)، با مقدار ۷۸/۴۱ درصد و بیشترین کاهش مربوط به ایستگاه کاشان تحت سناریوی A1B در دوره (۲۰۴۱-۲۰۷۰)، با مقدار ۲۵/۱۲ درصد است. همچنین طبق جدول (۴)، بیشترین افزایش بارش خیلی سنگین تحت سناریوهای گزارش پنجم، مربوط به ایستگاه اصفهان تحت سناریوی RCP60 در دوره (۲۰۷۱-۲۱۰۰)، به میزان ۷۳/۷۵ درصد می‌باشد. این در حالی است که بیشترین کاهش بارش خیلی سنگین مربوط به ایستگاه کاشان تحت سناریوی RCP45 در دوره (۲۰۴۱-۲۰۷۰)، به میزان ۲۵/۶۸ درصد است. بارش سنگین نیز در ایستگاه داران تحت سناریوی RCP60 در دوره (۲۰۱۱-۲۰۴۰)، دارای بیشترین افزایش به میزان ۳۶/۷۱ درصد و در ایستگاه کاشان تحت سناریوی RCP85 در دوره (۲۰۴۱-۲۰۷۰)، دارای بیشترین کاهش به میزان ۱۸/۶۷ درصد می‌باشد.

## نتایج و بحث

### انتخاب مدل برتر

مقایسه مقادیر وزن دهی و جذر میانگین مربعات خطا در مدل‌های مختلف هر یک از گزارش‌های چهارم و پنجم به ترتیب در جدول‌های (۱) و (۳)، نشان می‌دهد که مدل‌های INMCM3.CGCM3T47 و MIROC3.2-MEDRES از گزارش چهارم و مدل‌های CCSM4، CSIRO-MK36 و HADGEM2ES از گزارش پنجم که دارای کمترین مجذور میانگین مربعات خطا و بیشترین وزن هستند، سازگارترین مدل با شرایط ایستگاه‌های مورد مطالعه است. این مدل‌ها دارای مقیاس مکانی در حدود ۲/۵\*۱/۵ درجه و مقیاس زمانی ماهانه می‌باشند.

### تغییرات بارش

پس از انتخاب مدل‌های سازگار با منطقه، ریز مقیاس نمایی داده‌ها برای دوره (۲۰۱۱-۲۱۰۰) و به تفکیک سناریوها صورت گرفت. نمودارهای ماهانه آن‌ها در شکل‌های (۲) تا (۴) مشاهده می‌شوند. طبق نمودارهای بارش گزارش چهارم، تحت سناریوی A2، بارش حداکثر ماهانه از اوایل فصل بهار، در دوره مشاهداتی به اواخر فصل پاییز و اوایل زمستان تغییر می‌یابد. جابه‌جایی مزبور با افزایش ۳ درصدی بارش همراه خواهد بود. در سناریوی RCP85 گزارش پنجم نیز این روند به طور مشابه رخ خواهد داد. همچنین برای سناریوی A1B گزارش چهارم، جابه‌جایی فصل پرباران به سمت اوایل زمستان با افزایش ۴/۹ درصدی بارش خواهد بود. تحت سناریوی RCP45 و RCP60 گزارش پنجم، این جابه‌جایی به سمت اواخر زمستان با افزایش به ترتیب ۱۸/۴۲ و ۳۸/۶ درصد می‌باشد. در سناریوی B1 گزارش چهارم، ماه پرباران در همان اوایل فصل بهار خواهد بود و بارش ۸/۹ درصد افزایش

جدول ۱- مقادیر وزن دهی و جذر میانگین مربعات خطا برای انتخاب مدل‌های گزارش چهارم

Table 1- Weighted and root mean squares errors for selecting the fourth report models

Station	Kashan		Naein		Darab		Isfahan	
	Weight	RMSE*	Weight	RMSE	Weight	RMSE	Weight	RMSE
Cgcm3t47	33.295	0.561	35.509	0.422	11.592	1.004	44.233	0.444
Inmcm3/0	27.031	0.576	31.468	0.473	10.335	1.029	41.587	0.478
Miroc3/2 medres	22.223	0.646	29.716	0.474	10.116	1.084	35.888	0.498
Cgcm3t63	21.975	0.672	19.016	0.522	9.559	1.142	22.179	0.531
Cnrmcm3	20.412	0.695	17.637	0.655	9.231	1.162	20.391	0.598
Csiromk3	18.878	0.701	15.956	0.679	9.227	1.163	19.619	0.652
Csiromk	18.565	0.719	15.553	0.712	9.063	1.242	18.655	0.668
Echam50m	17.755	0.866	13.401	0.805	8.292	1.243	17.877	0.763

\* Root mean squared error

ادامه جدول ۱- مقادیر وزن دهی و جذر میانگین مربعات خطا برای انتخاب مدل های گزارش چهارم

Continuation table 1- Weighted and root mean squares errors for selecting the fourth report models

Station	Kashan		Naein		Daran		Isfahan	
	Weight	RMSE	Weight	RMSE	Weight	RMSE	Weight	RMSE
Echo-g	17.638	0.935	13.364	0.819	8.088	1.257	16.431	0.901
Gfdlcm2/0	13.608	1.019	12.816	0.849	7.923	1.268	15.877	1.011
Gfdlcm2/1	12.763	1.061	12.114	0.881	7.343	1.276	15.871	1.046
Giss-er	12.358	1.076	11.534	0.895	7.291	1.292	15.213	1.070
Hadcm3	11.873	1.139	11.487	1.025	7.052	1.302	14.178	1.075
Ipslcm4	11.251	1.372	11.002	1.034	6.902	1.389	14.151	1.103
Bcm2/0	11.126	1.434	10.521	1.078	5.846	1.409	13.212	1.108
Mri cgcm2/3/2a	8.456	1.581	10.272	1.133	5.311	1.418	12.232	1.115
Ncarccsm3	8.439	1.907	8.871	1.405	5.164	1.451	11.872	1.126
Ncarpcm	7.346	2.605	8.756	1.631	4.662	1.737	10.525	1.211

جدول ۲- درصد تغییرات بارش های سنگین و خیلی سنگین گزارش چهارم

Table 2- Percentage of heavy and so heavy precipitations in the fourth report

Type of precipitation	Period (Scenario)	Kashan	Naein	Daran	Isfahan
So heavy	2011-2040 (A1B)	-4.09	8.86	1.71	20.31
	2011-2040 (A2)	0.36	10.26	57.03	20.44
	2011-2040 (B1)	9.49	2.77	3.85	10.85
	2041-2070 (A1B)	-1.84	-10.1	-9.09	-0.38
	2041-2070 (A2)	-6.68	-0.06	78.72	16.38
	2041-2070 (B1)	-17.23	-4.22	22.45	15.41
	2071-2100 (A1B)	-7.01	20.12	-65.8	13.63
	2071-2100 (A2)	-2.82	7.53	2.44	25.85
	2071-2100 (B1)	-10.48	-3.22	4.81	7.29
Heavy	2011-2040 (A1B)	-4.08	3.48	15.39	9.77
	2011-2040 (A2)	-0.81	-6.24	45.45	5.78
	2011-2040 (B1)	-7.96	-1.06	14.44	2.98
	2041-2070 (A1B)	-25.12	-18.4	-5.85	-14.81
	2041-2070 (A2)	-7.69	-4.07	72.95	4.17
	2041-2070 (B1)	-17.23	6.96	6.37	-9.39
	2071-2100 (A1B)	-7.01	36.46	78.41	-18.43
	2071-2100 (A2)	-15.02	4.87	10.28	-3.36
	2071-2100 (B1)	17.49	-10.8	1.78	-20.27

جدول ۳- مقادیر وزن دهی و جذر میانگین مربعات خطا برای انتخاب مدل های گزارش پنجم

Table 3- Weighted and root mean squares errors for selecting the fifth report models

Station	Kashan		Naein		Daran		Isfahan	
	Weight	RMSE	Weight	RMSE	Weight	RMSE	Weight	RMSE
Cesm4-R3	14.943	0.608	13.030	0.471	6.589	1.130	20.571	0.658
Csiro-mk3-6-0-R3	14.755	0.613	11.722	0.473	6.540	1.159	20.168	0.661



ادامه جدول ۳- مقادیر وزن دهی و جذر میانگین مربعات خطا برای انتخاب مدل های گزارش پنجم

Continuation table 3- Weighted and root mean squares errors for selecting the fifth report models

Station	Kashan		Naein		Daran		Isfahan	
	Weight	RMSE	Weight	RMSE	Weight	RMSE	Weight	RMSE
Hadgem2-es-R2	14.324	0.625	10.604	0.476	6.485	1.160	20.013	0.675
Bcc-csm1-1	14.162	0.627	10.433	0.478	6.319	1.174	19.521	0.676
Cesm4-R1	14.110	0.628	10.421	0.482	6.222	1.177	19.070	0.679
Cesm4-R2	14.045	0.629	10.164	0.483	6.180	1.197	18.305	0.681
Cesm4-R4	13.387	0.630	10.159	0.487	6.125	1.201	18.031	0.682
Cesm4-R5	13.356	0.631	9.945	0.488	6.105	1.209	17.908	0.683
Cesm1-cam5-R1	13.292	0.632	9.757	0.490	6.091	1.213	17.701	0.684
Cesm1-cam5-R2	13.148	0.633	9.743	0.491	6.087	1.223	17.631	0.685
Cesm1-cam5-R3	12.776	0.634	9.528	0.493	6.029	1.229	17.469	0.686
Csiro-mk3-6-0-R1	12.544	0.635	9.393	0.496	6.004	1.231	17.390	0.688
Csiro-mk3-6-0-R2	12.482	0.636	9.304	0.497	5.979	1.234	17.383	0.689
Csiro-mk3-6-0-R4	12.398	0.637	9.290	0.498	5.709	1.237	17.357	0.690
Csiro-mk3-6-0-R5	12.369	0.638	9.258	0.503	5.601	1.252	17.353	0.691
Csiro-mk3-6-0-R6	12.346	0.639	9.173	0.512	5.560	1.255	17.320	0.693
Csiro-mk3-6-0-R7	12.263	0.640	9.163	0.515	5.391	1.258	17.156	0.694
Csiro-mk3-6-0-R8	12.203	0.641	9.105	0.516	5.355	1.260	16.878	0.695
Csiro-mk3-6-0-R9	12.057	0.642	8.900	0.520	5.337	1.264	16.696	0.696
Fio-esm-R1	12.039	0.643	8.880	0.521	5.153	1.265	16.626	0.698
Fio-esm-R2	11.966	0.644	8.878	0.523	5.132	1.271	16.572	0.699
Fio-esm-R3	11.861	0.646	8.836	0.524	5.006	1.280	16.449	0.701
Gfdl-cm3	11.813	0.647	8.580	0.526	4.896	1.285	16.360	0.702
Gfdl-esm2g	11.784	0.648	8.554	0.527	4.883	1.291	16.355	0.703
Gfdl-esm2m	11.768	0.649	8.413	0.528	4.851	1.295	16.302	0.705
Giss-e2-r	11.748	0.651	8.372	0.529	4.733	1.311	16.290	0.707
Hadgem2-ao	11.744	0.653	8.267	0.530	4.785	1.313	16.122	0.708
Hadgem2-es-R1	11.319	0.655	7.950	0.531	4.666	1.317	16.101	0.709
Hadgem2-es-R3	11.272	0.659	7.949	0.532	4.472	1.324	16.013	0.710
Hadgem2-es-R4	11.234	0.660	7.932	0.533	4.453	1.326	15.682	0.711
Ipsl-cm5a-lr-R1	11.145	0.662	7.877	0.534	4.276	1.328	15.595	0.712
Ipsl-cm5a-lr-R2	11.042	0.663	7.842	0.536	4.260	1.335	15.503	0.713
Ipsl-cm5a-lr-R3	11.040	0.666	7.751	0.537	4.219	1.349	15.309	0.714
Ipsl-cm5a-mr	10.924	0.670	7.724	0.538	4.066	1.356	15.279	0.716
Miroc-esm	10.911	0.673	7.697	0.540	4.044	1.375	15.036	0.717
Miroc-esm-chem	10.624	0.675	7.340	0.547	4.043	1.378	14.960	0.719
Miroc5	10.391	0.678	7.078	0.549	3.824	1.391	14.947	0.723
Noresm1-m	9.795	0.679	6.996	0.563	3.791	1.408	14.330	0.727
Noresm1-me	9.599	0.689	6.973	0.575	3.769	1.420	14.231	0.729

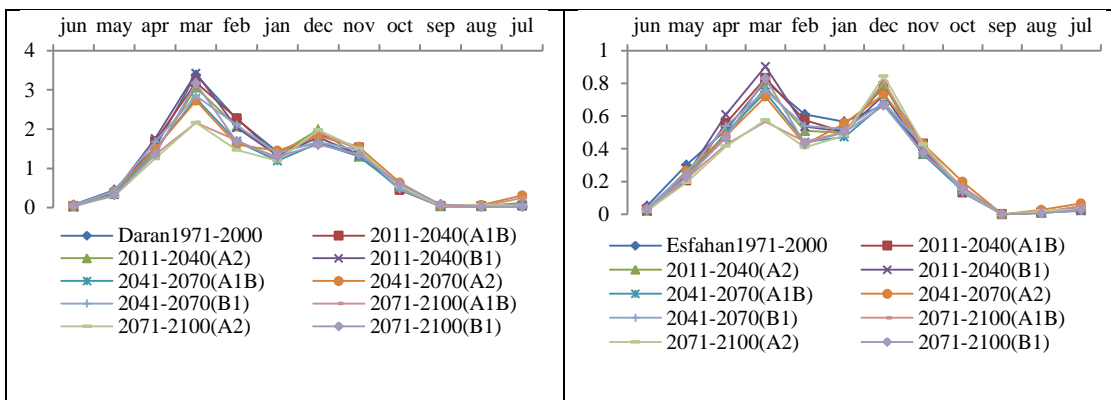


Fig. 2- Monthly precipitation of Isfahan and Daran stations in the fourth report scenarios

شکل ۲- بارش ماهانه ایستگاه های اصفهان و داران در سناریوهای گزارش چهارم

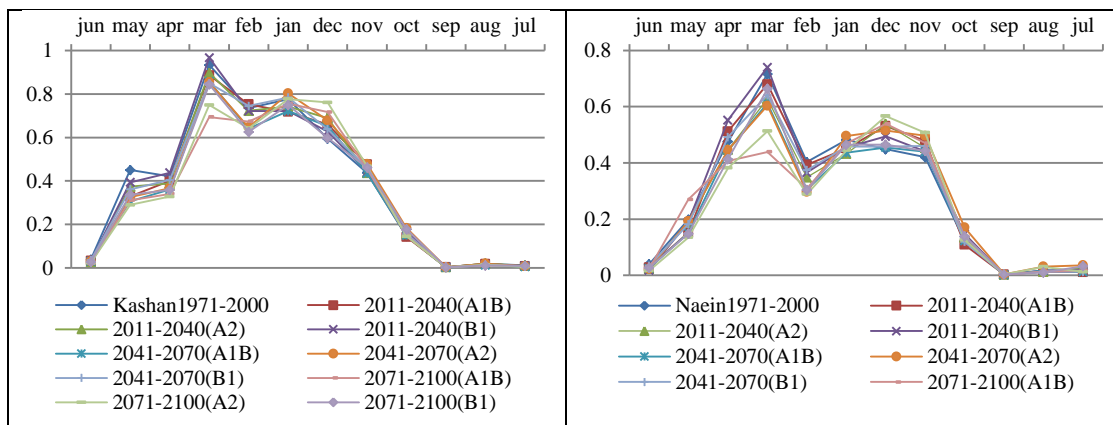
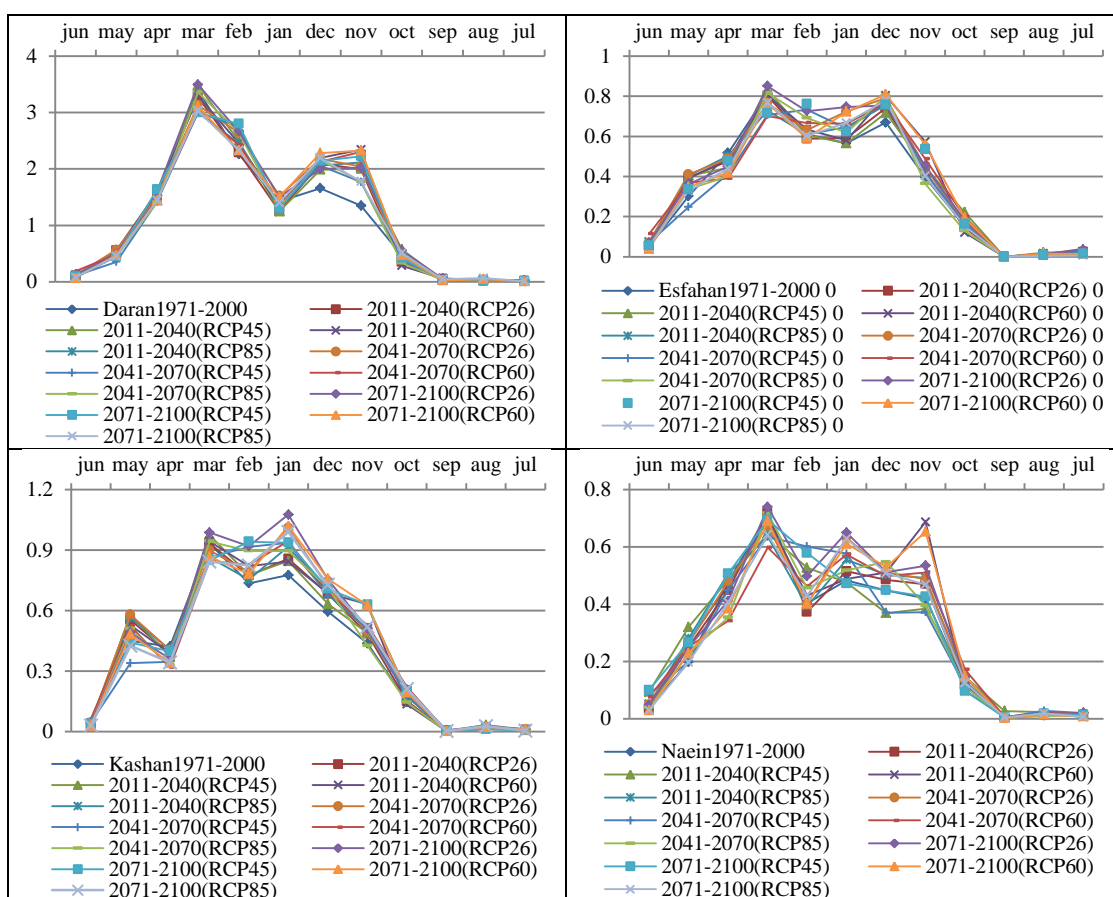


Fig. 3- Monthly precipitation of Kashan and Naein stations in the fourth report scenarios

شکل ۳- بارش ماهانه ایستگاه‌های کاشان و ناین در سناریوهای گزارش چهارم



شکل ۴- بارش ماهانه ایستگاه‌های اصفهان، داران، کاشان و ناین در سناریوهای گزارش پنجم  
Fig. 4- Monthly precipitation of Isfahan, Daran, Kashan and Naein stations in the fifth report scenarios

جدول ۴- درصد تغییرات بارش‌های سنگین و خیلی سنگین گزارش پنجم

Table 4- Percentage of heavy and so heavy precipitations in the fifth report

Type of precipitation	Period (Scenario)	Kashan	Naein	Daran	Isfahan
So heavy	2011-2040 (RCP26)	-14.59	10.87	17.04	28.30
	2011-2040 (RCP45)	-17.91	19.58	40.69	32.96
	2011-2040 (RCP60)	-2.07	66.58	42.08	69.41
	2011-2040 (RCP85)	-22.58	26.51	10.26	44.59
	2041-2070 (RCP26)	2.35	16.81	12.63	32.06

ادامه جدول ۴- درصد تغییرات بارش‌های سنگین و خیلی سنگین گزارش پنجم  
Continuation table 4- Percentage of heavy and so heavy precipitations in the fifth report

Type of precipitation	Period (Scenario)	Kashan	Naein	Daran	Isfahan
So heavy	2041-2070 (RCP45)	-25.68	18.01	3.85	21.08
	2041-2070 (RCP60)	-18.03	26.34	30.68	49.75
	2041-2070 (RCP85)	-20.41	-0.64	-3.01	10.01
	2071-2100 (RCP26)	-11.33	31.05	27.05	37.17
	2071-2100 (RCP45)	-19.58	41.14	26.98	43.77
	2071-2100 (RCP60)	-15.42	54.38	26.66	73.75
	2071-2100 (RCP85)	-4.98	32.58	36.45	44.59
Heavy	2011-2040 (RCP26)	-13.11	-1.58	7.72	-5.87
	2011-2040 (RCP45)	-15.57	1.71	27.94	-1.23
	2011-2040 (RCP60)	-6.03	34.65	36.71	7.02
	2011-2040 (RCP85)	-3.52	6.01	12.39	-2.14
	2041-2070 (RCP26)	2.35	24.20	18.83	0.33
	2041-2070 (RCP45)	-16.26	5.79	11.52	0.46
	2041-2070 (RCP60)	-6.85	12.55	10.93	1.62
	2041-2070 (RCP85)	-18.67	2.22	11.89	-10.21
	2071-2100 (RCP26)	1.31	21.13	31.42	15.67
	2071-2100 (RCP45)	-8.98	-2.72	17.37	-5.32
	2071-2100 (RCP60)	-1.11	16.17	33.45	14.63
	2071-2100 (RCP85)	-9.05	20.49	6.67	-2.14

بیشتر تحت تأثیر تغییرات دما و نیمه غربی استان بیشتر تحت تأثیر تغییرات بارش می‌باشد. پهنه‌های اقلیمی در نیمه غربی استان روند شمال غرب-جنوب شرق دارند و به شدت تحت تأثیر آرایش کوهستان‌ها می‌باشند. در حالی که در نیمه شرقی، به دلیل پراکندگی ناهمواری‌ها، پهنه‌های اقلیمی روند خاصی ندارند. در مجموع نیمه غربی استان از توان اقلیمی مناسبی برای برنامه‌ریزی توسعه و عمران ناحیه‌ای برخوردار است و محدودیت‌های اقلیمی در نیمه شرقی استان، به طور گسترده‌ای عمل نموده و امکان این گونه برنامه‌ریزی‌ها را کاهش می‌دهد. در مقایسه نیمه غربی با نیمه شرقی استان، چون میزان بارش و دما و به تبع آن پوشش گیاهی و جانوری و مهم‌تر از همه تراکم جمعیت از چگونگی پراکندگی ارتفاعات و کوه‌ها پیروی می‌کند، دریافت نزولات جوی در نیمه شرقی به شدت کاهش می‌یابد که این امر آثار خود را در اشکال گوناگون طبیعی، اقلیمی و اقتصادی بر جای می‌گذارد. بنابراین بایستی از پتانسیل‌ها و توانمندی‌های موجود در این محیط جغرافیایی با برنامه‌ریزی‌های صحیح و کارشناسانه استفاده کنیم که می‌توان به جنبه‌های تولید انرژی خورشیدی، پرورش گیاهان دارویی، گردشگری، محیط بکر و دست نخورده بیابان و منابع معدنی- اقتصادی موجود اشاره کرد تا همگام با ایجاد اشتغال و جذب‌های جمعیتی و اسکان مردم، از مهاجرت بی رویه به شهر جلوگیری به عمل آید.

#### نتایج پهنه‌بندی اقلیمی کوپن

همان‌طور که از علائم اختصاری جدول‌های (۵) و (۶) پیداست، اقلیم سه ایستگاه اصفهان، ناین و کاشان تحت سناریوهای مختلف گزارش چهارم و پنجم در دوره‌های آینده تغییر بخصوصی نخواهد یافت. به گونه‌ای که نوع اقلیم آنها بیابانی و نیمه بیابانی باقی خواهد ماند. ایستگاه داران، تحت سناریوهای گزارش چهارم در دوره‌های (۲۰۱۱-۲۰۳۰)، (۲۰۴۱-۲۰۶۰) و (۲۰۷۱-۲۱۰۰) و همچنین سناریوهای RCP26,45,60,85 گزارش پنجم در دوره‌های (۲۰۱۱-۲۰۲۰)، (۲۰۴۱-۲۰۵۰)، (۲۰۷۱-۲۰۸۰) و سناریوی RCP26 در دوره (۲۰۲۱-۲۰۳۰) و سناریوهای RCP45,60,85 در دوره‌های (۲۰۵۱-۲۰۶۰) و (۲۰۸۱-۲۰۹۰) اقلیم از نوع قاره‌ای به اقلیم نیمه خشک تبدیل می‌شود. با توجه به این امر که اغلب بارش‌های استان در این بخش نازل می‌گردد، این تغییر تبعات منفی زیادی از جمله کاهش ذخایر آبی، افزایش مصرف آب، کاهش بازدهی محصولات کشاورزی (گندم) و بروز مشکل برای عشایر و دامداران در زمینه تامین علوفه برای دام در این بخش از استان خواهد شد. همچنین با افزایش دما در بخش‌های شرقی استان و با توجه به کویری بودن این مناطق، علاوه بر مشکلاتی که مردم این بخش از استان برای تأمین آب شرب دارند، شاهد وقوع پدیده گرد و غبار خواهیم بود که می‌توان با کاشت گونه‌های گیاهی مقاوم و سازگار با آب و هوای آن منطقه، این مشکل را به حداقل ممکن رساند. همچنین طبق نتایج می‌توان گفت که تغییرات اقلیمی نیمه شرقی استان

جدول ۵- طبقه بندی اقلیمی کوپن در سناریوهای گزارش چهارم

Table 5 - Koppen classification in the fourth report scenarios

Period	Scenario	Kashan	Naein	Daran	Isfahan
1971-2000	OBS	BWh	BWk	Dsa	BWk
	A1B	BWh	BWk	BSk	BWk
2011-2020	A2	BWh	BWk	BSk	BWk
	B1	BWh	BWk	BSk	BWk
2021-2030	A1B	BWh	BWk	BSk	BWh
	A2	BWh	BWk	BSk	BWh
2031-2040	B1	BWh	BWk	BSk	BWk
	A1B	BWh	BWk	Dsa	BWk
2041-2050	A2	BWh	BWk	Dsa	BWk
	B1	BWh	BWk	Dsa	BWk
2051-2060	A1B	BWh	BWk	BSk	BWk
	A2	BWh	BWk	BSk	BWh
2061-2070	B1	BWh	BWk	BSk	BWh
	A1B	BWh	BWh	BSk	BWh
2071-2080	A2	BWh	BWh	BSk	BWh
	B1	BWh	BWk	Dsa	BWh
2081-2090	A1B	BWh	BWh	BSk	BWh
	A2	BWh	BWh	Dsa	BWh
2091-2100	B1	BWh	BWh	Dsa	BWh
	A1B	BWh	BWh	BSk	BWh
2091-2100	A2	BWh	BWh	BSk	BWh
	B1	BWh	BWk	Dsa	BWh

جدول ۶- طبقه بندی اقلیمی کوپن در سناریوهای گزارش پنجم

Table 6 - Koppen classification in the fifth report scenarios

Period	Scenario	Kashan	Naein	Daran	Isfahan
1971-2000	OBS	BWh	BWk	Dsa	BWk
	RCP26	BWh	BWk	BSk	BWk
2011-2020	RCP45	BWh	BWk	BSk	BWk
	RCP60	BWh	BWk	BSk	BWk
2021-2030	RCP85	BWh	BWk	BSk	BWk
	RCP26	BWh	BWk	BSk	BWh
2031-2040	RCP45	BWh	BWk	Dsa	BWh
	RCP60	BWh	BWk	Dsa	BWk
2031-2040	RCP85	BWh	BWk	Dsa	BWh
	RCP26	BWh	BWk	Dsa	BWh
2031-2040	RCP45	BWh	BWk	Dsa	BWk
	RCP60	BWh	BWk	Dsa	BWk

## ادامه جدول ۶- طبقه بندی اقلیمی کوپن در سناریوهای گزارش پنجم

Continuation table 6- Koppen classification in the fifth report scenarios

Period	Scenario	Kashan	Naein	Daran	Isfahan
2031-2040	RCP85	BWh	BWk	Dsa	BWh
	RCP26	BWh	BWk	BSk	BWh
2041-2050	RCP45	BWh	BWk	BSk	BWh
	RCP60	BWh	BWk	BSk	BWh
	RCP85	BWh	BWh	BSk	BWh
2051-2060	RCP26	BWh	BWk	Dsa	BWh
	RCP45	BWh	BWh	BSk	BWh
	RCP60	BWh	BWh	BSk	BWh
	RCP85	BWh	BWh	BSk	BWh
2061-2070	RCP26	BWh	BWk	Dsa	BWh
	RCP45	BWh	BWh	Dsa	BWh
	RCP60	BWh	BWk	Dsa	BWh
	RCP85	BWh	BWh	Dsa	BWh
2071-2080	RCP26	BWh	BWk	BSk	BWh
	RCP45	BWh	BWk	BSk	BWh
	RCP60	BWh	BWh	BSk	BWh
	RCP85	BWh	BWh	BSk	BWh
2081-2090	RCP26	BWh	BWk	Dsa	BWh
	RCP45	BWh	BWh	BSk	BWh
	RCP60	BWh	BWh	BSk	BWh
	RCP85	BWh	BWh	BSk	BWh
2091-2100	RCP26	BWh	BWk	Dsa	BWh
	RCP45	BWh	BWh	Dsa	BWh
	RCP60	BWh	BWh	Dsa	BWh
	RCP85	BWh	BWh	Dsa	BWh

\* BWh: بیابانی , BWk: نیمه بیابانی , Dsa: قاره‌ای , BSk: نیمه خشک

## تغییرات دما

میلادی و ۶/۸۸ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۷۵ میلادی افزایش می‌یابد. افزایش دما در استان، سبب کمبود آب در فصل‌های پرمصرف سال می‌شود و از طرف دیگر، در فصل تابستان، احتمال بروز آتش‌سوزی در مراتع را به همراه خواهد داشت؛ پدیده‌ای که در ماه‌های اخیر سبب از بین رفتن بخش وسیعی از جنگل‌ها و محیط زیست کشور شده است. افزایش مقادیر حدی دما می‌تواند در برگیرنده پدیده‌هایی مانند سیل، فرسایش شدید آبی، خطر آب گرفتگی و شدت عملیات آبخیزداری شود و به طور عام، مشکلات اقتصادی و اجتماعی خاصی را در زمینه توسعه استان به وجود می‌آورد و این زمان باقی مانده تا دوره مذکور، فرصت کافی را به سازمان مدیریت بحران جهت انجام اقدامات لازم برای مدیریت سیلاب و حفاظت از منابع طبیعی می‌دهد. هر چند که مهمترین راهکار برای مقابله با مسائل و مشکلات تغییر اقلیم، اقدامات جهانی علیه انتشار گازهای گلخانه‌ای است، اما اقدامات محلی نیز می‌تواند از شدت خسارات بکاهد. هم‌چنین اصلاح نژاد گونه‌های کشاورزی و تولید گونه‌های مقاوم در برابر افزایش دما، راه حل مناسبی برای استان اصفهان و به طور کلی، تمام کشور باشد.

دمای چهار ایستگاه مورد مطالعه، در سناریوهای گزارش چهارم و پنجم، ریزمقیاس گردید. نمودار سالانه دما برای هر دهه در شکل‌های (۵) و (۶) ترسیم شده‌اند. طبق نتایج، برای ایستگاه اصفهان، در سناریوی A2 از گزارش چهارم و سناریوی RCP85 از گزارش پنجم، دما به ترتیب به میزان ۵/۵۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۹۱ میلادی و ۶/۳۱ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۹۴ میلادی افزایش می‌یابد. این در حالی است که در ایستگاه داران، تحت سناریوی A2 از گزارش چهارم و سناریوی RCP85 از گزارش پنجم، دما به ترتیب به میزان ۵/۶۵ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۹۱ میلادی و ۶/۰۸ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۹۳ میلادی افزایش خواهد یافت. ایستگاه ناین، تحت سناریوی A2 از گزارش چهارم و سناریوی RCP85 از گزارش پنجم، با افزایش دما به ترتیب به میزان ۵/۶۲ و ۶/۹۱ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۸۳ میلادی مواجه می‌گردد. هم‌چنین ایستگاه کاشان، تحت سناریوی A2 از گزارش چهارم و سناریوی RCP85 از گزارش پنجم، دما به ترتیب به میزان ۵/۴۳ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۷۵

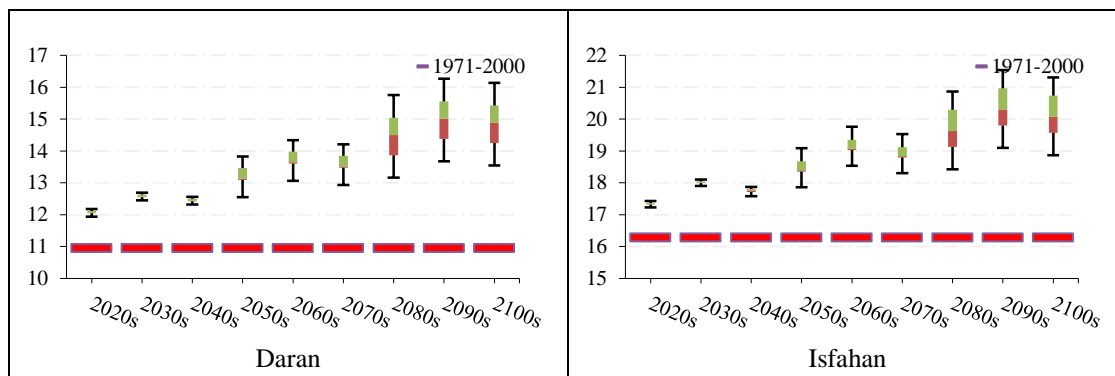


Fig. 5- Annual temperature of Isfahan and Daran stations in the fourth report scenarios

شکل ۵- دمای سالانه ایستگاه‌های اصفهان و داران در سناریوهای گزارش چهارم

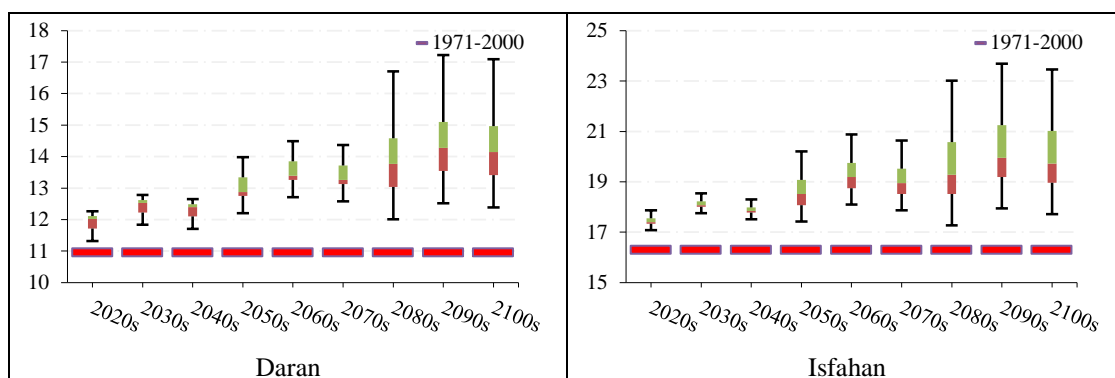


Fig. 6- Annual temperature of Isfahan and Daran stations in the fifth report scenarios

شکل ۶- دمای سالانه ایستگاه‌های اصفهان و داران در سناریوهای گزارش پنجم

به ترتیب  $3/63$  درجه افزایش و  $8$  درصد کاهش خواهد یافت. در سناریوهای گزارش پنجم، میانگین دما و بارش سالانه استان در دوره  $(2071-2100)$  نسبت به دوره پایه  $(1971-2000)$  به ترتیب  $1/24$  درجه و  $10/2$  درصد افزایش خواهد یافت. در دوره  $(2071-2100)$  بیشترین افزایش میانگین دمای سالانه نسبت به دوره پایه برای گزارش چهارم و پنجم به ترتیب برابر با  $3/7$  و  $1/3$  درجه سانتی گراد و مربوط به ایستگاه داران خواهد بود. همچنین بیشترین کاهش میانگین بارش سالانه در سناریوهای گزارش چهارم، به میزان  $22$  درصد و مربوط به ایستگاه اصفهان و بیشترین افزایش میانگین بارش سالانه در سناریوهای گزارش پنجم، به میزان  $13$  درصد و مربوط به ایستگاه کاشان می‌باشد. برای ایستگاه اصفهان، تحت سناریوی A2 از گزارش چهارم و سناریوی RCP85 از گزارش پنجم، دما به ترتیب به میزان  $5/52$  درجه سانتی گراد در سال  $2091$  میلادی و  $6/31$  درجه سانتی گراد در سال  $2094$  میلادی افزایش می‌یابد. برای ایستگاه داران، تحت سناریوی A2 از گزارش چهارم و سناریوی RCP85 از گزارش پنجم، دما به ترتیب به میزان  $5/65$  درجه سانتی گراد در سال  $2091$  میلادی و  $6/08$  درجه سانتی گراد در سال  $2093$  میلادی افزایش می‌یابد. برای ایستگاه نایین، تحت سناریوی A2 از گزارش چهارم و سناریوی RCP85 از گزارش پنجم، افزایش دما به ترتیب به میزان

### نتیجه گیری

در این پژوهش، سعی بر آن شد که تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش بخش‌های مختلف استان اصفهان تحت سناریوهای گزارش چهارم و پنجم تا سال  $2100$  میلادی بررسی و مقایسه گردد. یافته‌های کلی این مقایسه به طور خلاصه به صورت زیر بیان می‌گردد:

(۱) داده‌های دوره پایه در مدل‌های گزارش پنجم به داده‌های مشاهداتی ایستگاه‌ها، نسبت به داده‌های دوره پایه در مدل‌های گزارش چهارم، نزدیک‌تر می‌باشد. به گونه‌ای که انتخاب مدل‌های سازگار با منطقه در گزارش پنجم، آسان‌تر از مدل‌های گزارش چهارم است که این امر نشان دهنده دقت بالای مدل‌های گزارش پنجم IPCC است.

(۲) مدل‌های گزارش چهارم، افزایش دمای سالانه بیشتری را نسبت به مدل‌های گزارش پنجم پیش‌بینی می‌کنند که حاکی از حادث‌تر بودن شرایط تغییر اقلیم در گزارش چهارم IPCC می‌باشد.

(۳) بارش‌های استان اصفهان در دوره  $(2011-2040)$  در مدل‌های گزارش پنجم، بیشتر از بارش‌های مدل‌های گزارش چهارم است که با نتایج تحقیق Su et al. (2015) مطابقت دارد.

(۴) در سناریوهای گزارش چهارم، میانگین دما و بارش سالانه استان در دوره  $(2071-2100)$  نسبت به دوره پایه  $(1971-2000)$

۱۴) دمای حداکثر ماهانه در هر چهار ایستگاه واقع در استان در سناریوهای A1B، A2 و B1 از گزارش چهارم و سناریوهای RCP45، RCP60 و RCP85 از گزارش پنجم، در دوره (۲۱۰۰-۲۰۷۱) رخ خواهد داد. در حالی که در سناریوی RCP26 از گزارش پنجم، این تغییرات با اختلاف دقیقاً ۳۰ سال در هر چهار ایستگاه استان به وقوع می‌پیوندد.

۱۵) جهت مدیریت بهتر پدیده‌های آب و هوایی و مقابله با شرایط نامطلوب ایجاد شده توسط آن‌ها، لازم است اقداماتی از قبیل طرح باروری ابرها، هشدارهای اداره هواشناسی استان در مورد وقوع مخاطرات آب و هوایی و هماهنگی دستگاه‌های اجرایی جهت مقابله با مخاطرات پس از وقوع آن‌ها انجام شود.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از همکاری اداره کل آب و هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۵/۶۲ و ۶/۹۱ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۸۳ میلادی خواهد بود. برای ایستگاه کاشان، تحت سناریوی A2 از گزارش چهارم و سناریوی RCP85 از گزارش پنجم، دما به ترتیب به میزان ۵/۴۳ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۷۵ میلادی و ۶/۸۸ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۷۵ میلادی افزایش می‌یابد.

۱۱) برای سناریوهای گزارش چهارم، بیشترین افزایش دمای ماهانه نسبت به دوره پایه، مربوط به ماه آگوست و به میزان ۵/۶۸ درجه سانتی‌گراد و برای سناریوهای گزارش پنجم، در ماه می و به میزان ۷/۷۷ درجه سانتی‌گراد خواهد بود.

۱۲) تغییرات اقلیم بخش‌های غربی استان در مقایسه با بخش‌های مرکزی و شرقی بیشتر خواهد بود و با توجه به این امر که بخش غالب بارش استان در قسمت غربی می‌باشد، تبعات منفی از قبیل کاهش ذخایر و افزایش مصرف آب را در پی خواهد داشت که Montazeri (2014) نیز به این نتیجه رسید.

۱۳) تغییرات دما و بارش در اواخر قرن بیست و یکم تحت سناریوی A2 از گزارش چهارم IPCC دارای حدی‌ترین وضعیت می‌باشد که با نتایج Massah Bavani (2008) مطابقت دارد.

### References

- 1- Ajamzadeh, A., 2015. Assessment of climate change effects on optimal water resources selection in Firoozabad river in Fars province, M.Sc. thesis, Zabol University, p.177. (In Persian).
- 2- Anandhi A., Frei A., Pierson DC., Schneiderman EM., Zion MS., Lounsbury D., 2011. Examination of change factor methodologies for climate change impact assessment. *Water Resources Research*, 47(3), pp. 1- 10. (In Persian).
- 3- Babran, S., 2008. Climate change is the twenty-first century environmental challenge. *In Environmental Protection*, 1, pp.17-34. (In Persian).
- 4- Iranmanesh, R., Jalal Kamali, N., Jalal Kamali, A. and Yousefi, M., 2012. Prediction of the effect of climate change phenomena on maximum and minimum temperature at Kerman Station in the period (2030-2011) using Lars and the output of BCMK3 and BCM2 models . *5<sup>th</sup> National Conference on Water and Soil Management*, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. (In Persian).
- 5- Kim J., Choi J., Choi C. and Park S., 2013. Impacts of changes in climate and land use/land cover under IPCC RCP scenarios on streamflow in the Hoeya River Basin, Korea. *Science of The Total Environment*, 452, pp.181-195.
- 6- Massah Bavani, A., 2008. Risk Assessment of climate change and its impact on water resources, Ph.D. thesis, Tarbiat Modares University. (In Persian).
- 6- Montazeri, M., 2014. Application of multivariate statistical methods in zoning of climatic zones (Case study: Isfahan province). *Journal of Geographic Research*, 3(28), pp. 1-16. (In Persian).
- 7- Mozafari, Gh., Shafiei, Sh. and Taghizadeh, Z., 2016. Drought evaluation in Sistan and Balouchestan province using a microscopic scale of data for general atmospheric circulation model. *Journal of Geographic Information*, 93(24), pp.101-114. (In Persian).
- 8- Park C-K., Byun H-R., Deo R. and Lee B-R., 2015. Drought prediction till 2100 under RCP 8.5 climate change scenarios for Korea. *Journal of Hydrology*, 526, pp.221-230.
- 9- Peel, M. C. and Finlayson, B. L. and McMahon, T. A., 2007. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 4(2), pp 439-473.

- 10- Perkins, S. E., Pitman, A. J. and Holbrook, N. J., 2007. Evaluation of the AR4 Climate Models' Simulated Daily Maximum Temperature, Minimum Temperature, and Precipitation over Australia Using Probability Density Functions, *Journal of Climate*, 20(17), pp. 4356-4376.
- 11- San José R., Pérez JL., González RM., Pecci J., Garzón A. and Palacios M., 2016. Impacts of the 4.5 and 8.5 RCP global climate scenarios on urban meteorology and air quality: Application to Madrid, Antwerp, Milan, Helsinki and London. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 293, pp.192-207.
- 12- Santini M. and Paola A., 2015. Changes in the world rivers' discharge projected from an updated high resolution dataset of current and future climate zones. *Journal of Hydrology*, 531, pp.768-780.
- 13- Su B., Zeng X., Zhai J., Wang Y. and Li X., 2015. Projected precipitation and streamflow under SRES and RCP emission scenarios in the Songhuajiang River basin, China. *Quaternary International*, 381, pp.95-105.
- 14- Sun YD., Wignall PB., Joachimski MM., Bond DPG., Grasby SE, Lai XL., 2016. Climate warming, euxinia and carbon isotope perturbations during the Carnian (Triassic) Crisis in South China. *Earth and Planetary Science Letters*, 444, pp.88-100.