

Global Warming in Khuzestan Province during 1988-2016, using the nonparametric method

Kurosh Bahadori^{1*}, Zahra Beygomhedjazizadeh¹, Mohamad Saligheh¹

1-Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University

Keywords: Global warming, Time series, Moving averages, Trend line equation, Trend line coefficient, Nonparametric

1-Introduction

With the beginning of the Industrial Revolution and the growth of industries and factories and thereby with the increased use of fossil fuels on the one hand and destruction of forests and agricultural land-use change, on the other hand, the volume of greenhouse gases, especially carbon dioxide has increased in recent decades. The concentration of carbon dioxide has increased from 280 ppm in 1750 to 379 ppm in 2005 and exceeded 390 ppm in 2010 (IPCC Summary for Policymakers, 2013). The increased concentration of greenhouse gases is the leading cause of global warming. It causes vast and profound changes in the Earth's climates. Global warming began in the late 19th century and led to an increase of 0.85 °C in the mean air temperature near land and ocean surface until the early 21st century. The mean temperature of land and ocean surface over the period of 1880-2016 in Figure 1 shows an increase of 0.85 °C equivalent to 0.65 °C in oceans and 1.06 °C on the land surface. Temperature changes around the world have been different. From 1979, the Earth's surface temperature has increased about twice as the oceanic temperature (Trenberth et al., 2007). The oceanic temperature has risen slowly than lands due to the higher thermal capacity of oceans than lands (Sutton et al., 2007). Apart from lands and ocean surface, the mean temperature of the bottom layer of the troposphere shows an increase of 0.13-0.22 °C per decade since 1979. But recent reports of the World Meteorological Organization suggest that the warmest years on the Earth from 1860 until now occurred during the last 25 years (1990 to 2014). In the meantime, 2014 was the warmest year with 0.68 °C temperature rise higher than the global average followed, respectively, by 2010 and 2005 with 0.66 °C and 0.65 °C temperature rise compared to the global average (World Meteorological Organization, 2014). Much research has been conducted on the temperature change trends by researchers over the world, including Iran. Türkes et al. (1998) investigated the average annual temperature variability in a 63-year period in 85 stations in Turkey. Jianping et al. (2002) used climate variables to demonstrate climate change in China. They showed that the average rainfall, air temperature, evapotranspiration, sunshine hours, and average annual wind speed reduced in all stations, while the average annual rainfall and relative humidity increased slightly. Numerous researches around the world have corroborated this issue. For example, Freiwan and Kadioğlu (2008) in Jordan. Qiang et al. (2005) in China, Kumar et al. (2005) in Firenze, Italy, and Tayanc et al. (2009). Turkey demonstrated trends in maximum and minimum temperatures time series. Alijani and Ghavidel Rahimi (2005) investigated the relationship between temperature and precipitation in Tabriz and the Earth's temperature anomalies. Using linear regression and neural networks, they found that the average annual air temperature in Tabriz is affected by greenhouse warming. According to their results, 59 percent of stations showed a positive trend, while 41 percent showed a negative trend in temperature changes.

* Corresponding author: kurosh228@yahoo.com

DOI: 10.22055/AAG.2020.32680.2095

Received 2020-02-19

Accepted 2020-04-05

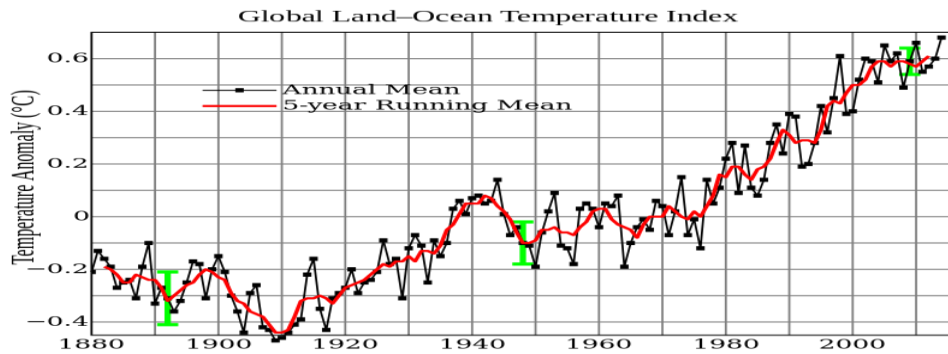


Fig. 1. Mean air temperature changes from 1880 to 2016.

2. Methodology

Khuzestan province is located in the southwest of Iran. It has an area of about 67, 282 km² with a longitude of 47° to 50°, and latitude of 30° to 33°. Khuzestan province is limited to Lorestan and Ilam provinces from the north, Chahar-Mahal-Bakhtiari, and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces from the east and Bushehr province from the southwest. The southern limit of Khuzestan province is the Persian Gulf. Khuzestan province is limited to Iraq from the west. The mean annual temperature of the selected stations (Ahwaz, Abadan, Dezful, Bostan, Omidieh, Ramhormoz, Mahshahr, and Masjed-Soleiman) during 1998-2016 was extracted from the meteorological database of Khuzestan province (Fig. 2), to detect global warming in Khuzestan province.



Fig. 2. Khuzestan province divisions.

Table 1. The characteristics of synoptic stations in Khuzestan province.

Station	Longitude	Latitude	Height
Abadan	48,12,53	30,22,37	6.6
Omidieh	49,40,14	30,44,32	26
Ahwaz	48,44,39	31,20,44	22.5
Bostan	48,00,36	31,42,28	8.6
Dezful	48,25,59	32,15,12	82
Ramhormoz	49,35,47	31,16,22	150
Mahshahr	49,09,36	30,33,40	6.2
Masjed-Soleiman	49,14,26	32,00,03	320

2.1. Trend

Generally, time-series behavior is a combination of several different factors, such as the long-term trend of seasonal changes, cyclical changes, and random changes which can be fully deconstructed and examined based on each factor. The trend is a critical component of a series that is widely used to study the long-term trends of climate time series. Several tests have been suggested to examine the significance of trends; some of them are parametric, and some are nonparametric. In the case of the normal distribution of data, the significance test can be carried out by testing the hypothesis $a_1=0$ using the T statistics.

3. The Mann-Kendall test

The Mann-Kendall test was first introduced by Mann in 1945 and then was developed by Kendall in 1975. This method is widely used in the analysis of meteorological and hydrological series trends. As an advantage, this method is adequately applied in time series that do not follow a specific statistical distribution. As another advantage, this method is slightly affected by the limit values observed in a number of time series.

Table 2. The trend coefficient of air temperature in Khuzestan province stations during 1988-2016.

Station	The trend coefficient of the mean temperature of synoptic stations in Khuzestan province
Abadan	0.079
Ahwaz	0.076
Omidieh	0.074
Bostan	0.107
Dezful	0.068
Ramhormoz	0.97
Mahshahr	0.74
Masjed-Soleiman	0.046

The results of Table 2 represent a significant increase in air temperature in selected stations in Khuzestan province. During this period, Bostan and Ramhormoz stations show the maximum temperature rise among synoptic stations in Khuzestan province with the highest trend coefficients of 0.107 and 0.097, respectively. Also, Masjid-Soleiman station shows the lowest temperature rise among the stations with a trend coefficient of 0.046 (Figs 3 - 10).

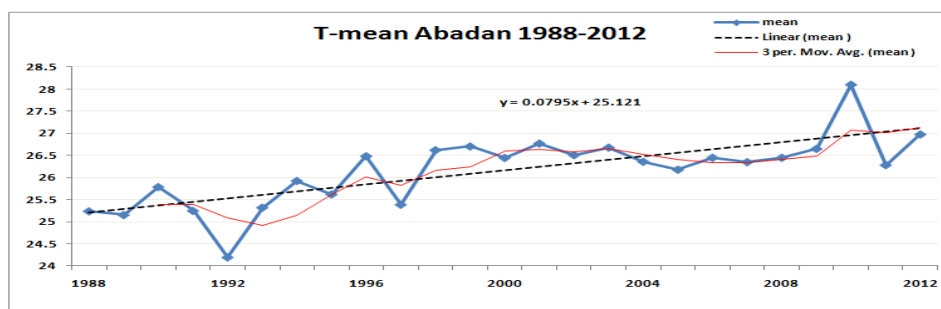


Fig. 3. The mean air temperature in Abadan station during 1988-2016.

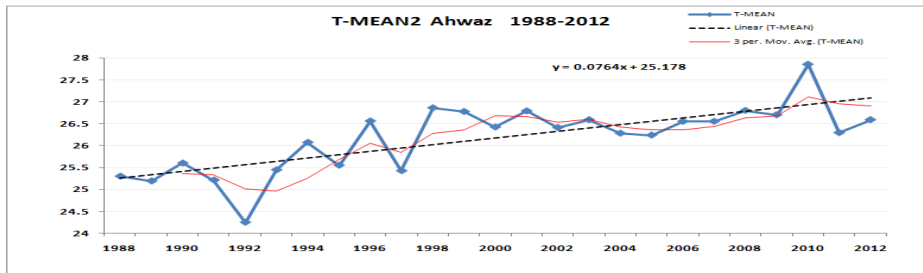


Fig. 4. The mean air temperature in Ahwaz station during 1988-2016.

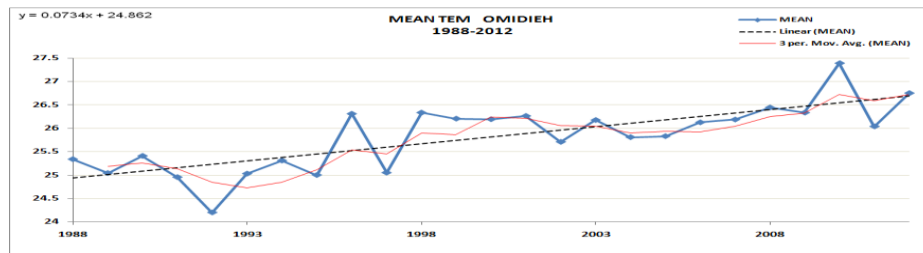


Fig. 5. The mean air temperature in Omidieh station during 1988-2016.

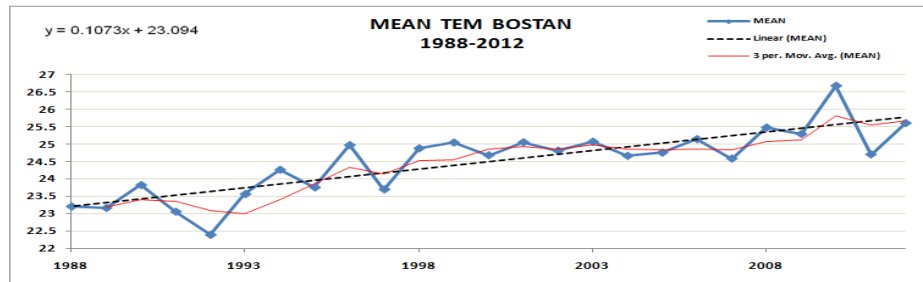


Fig. 6. The mean air temperature in Bostan station during 1988-2016.

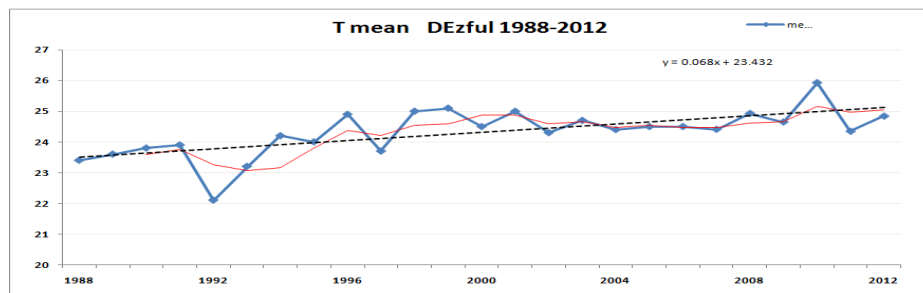


Fig. 7. The mean air temperature in Dezful station during 1988-2016.

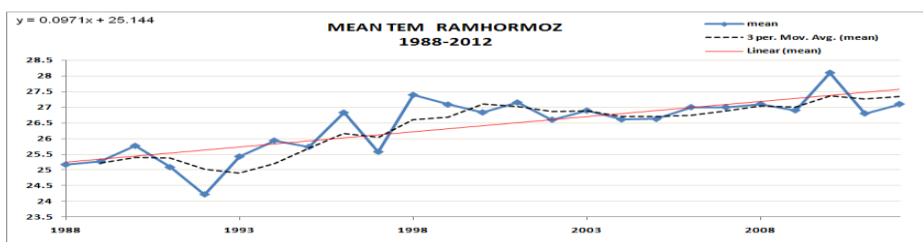


Fig. 8. The mean air temperature in Ramhormoz station during 1988-2016.

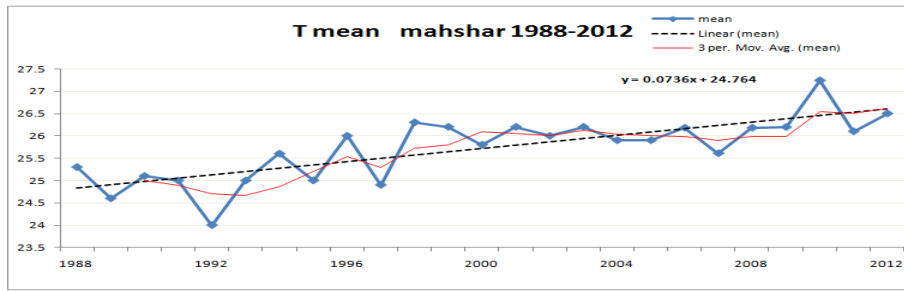


Fig. 9. The mean air temperature in Mahshahr station during 1988-2016.

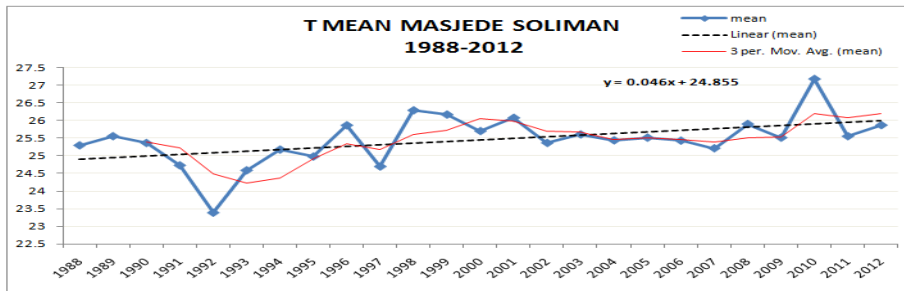


Fig.10. The mean air temperature in Masjed Solieman station during 1988-2016.

The results of the Mann-Kendall test on the annual temperature in Khuzestan province stations represent a significant positive trend for the selected stations in Khuzestan province during 1988-2016. Apart from the Masjed-Soleiman synoptic station, which shows a significant positive trend at the significance level of 5%, other stations show a significant positive trend at the significance level of 1% (Table 3).

Table 3. The results of Mann-Kendall test on mean annual temperature of stations in Khuzestan Province.

	Station	Total score	z-static	Result	Significance level		
					0.01	0.05	0.1
					2.576	1.96	1.65
1	Abadan	84	2.71	Significant positive trend			
2	Ahwaz	88	2.84	Significant positive trend			
4	Omidieh	97	3.16	Significant positive trend			
4	Bostan	114	3.7	Significant positive trend			
7	Dezful	97	3.14	Significant positive trend			
8	Ramhormoz	101	3.27	Significant positive trend			
10	Mahshahr	96	3.11	Significant positive trend			
11	Masjed-Soleiman	64	2.06	Significant positive trend			

5. Conclusion

According to the results, in a similar vein to other parts of the world and Iran, Khuzestan province is not exempt from the phenomenon of global warming in the past 25 years. Synoptic stations in Khuzestan province have experienced an increase in mean temperature at significance levels of 1 to 5 percent. Bostan and Ramhormoz stations showed the highest temperature rise compared to other stations, while Masjed-Soleiman station showed the lowest temperature rise in Khuzestan province. According to the results, it seems that the rising temperature trend in northern stations such as Dezful and Masjed-Soleiman is less prominent than the southern and central regions of Khuzestan province.

References

- Alijani, B.V., Ghavidel Rahimi, Y., 2005. Comparison and prediction of annual temperature changes in Tabriz with temperature anomalies of the Earth using linear regression and neural network. *Journal of Geography and Development* 6, 21-38.
- Azizi, Gh., Roshani, M., 2008. The study of climate change on the southern shores of the Caspian Sea by Mann-Kendall method. *Geographic Studies* 64, 13-28.
- Freiwan, M., Kadioğlu, M., 2008. Climate Variability in Jordan. *International Journal of Climatology* 28, 69-89.
- IPCC Summary for Policymakers, 2007. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L (eds) *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC Summary for Policymakers, 2013. *Detection and Attribution of Climate Change*, pp. 14-15.
- Jiangping, Z., Zhong, Y., Daojie, W., Xinbao, Z., 2002. Climate change and causes in the Yuanmou Dry-Hot valley of Yunnan, China. *Journal of Arid Environments* 51, 153-162.
- Kumar, P.V., Bindi, M., Crisci, A., Maracchi, G., 2005. Detection of variations in air temperature at different time scales the period 1889-1998 at Firenze, Italy. *Climatic Change* 72, 123-50.
- Qiang, Z., Jiang, C., Zengxin, Z., 2005. Observed climatic changes in Shanghai during 1873-2002. *Journal of Geographical Sciences* 15, 217-222.
- Shirgholami, H., Ghahraman, B., 2005. The trend of annual temperature change of Iran. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 9, 10-15.
- Sutton, R. T., Dong, B., Gregory, J. M., 2007. Land/sea warming ratio in response to climate change: IPCC AR4 model results and comparison with observations. *Geophysical Research Letters* 34, 20-25.
- Tayanç, M., Im, U., Doğruel, M., Karaca, M., 2009. Climate change in Turkey for the last half century. *Climatic Change* 94, 483-502.
- Trenberth, K.E., Jones, P.D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein, T., Parker, D., 2007. Observations: surface and atmospheric climate change. IPCC, *Climate change*, pp. 235-336.
- Türkes, M., Sümer, U.M., Kiliç, G., 1998. Observed changes in maximum and minimum temperatures in Turkey. *International Journal of Climatology* 16, 463-477.
- World Meteorological Organization, 2014. WMO statement on the status of the global climate in 2014.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Bahadori, K., Beygomhedjazizadeh, Z., Saligheh, M., 2020. Global Warming in Khuzestan Province during 1988-2016, using the nonparametric method. *Adv. Appl. Geol.* 10(1), 47-59.
 DOI: 10.22055/AAG.2020.32680.2095
 url: https://aag.scu.ac.ir/article_15487.html?lang=en

بررسی پدیده گرمایش جهانی در استان خوزستان طی دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۸ با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک

کوروش بهادری*

دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

زهرا بیگم حجازی زاده

دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

محمد سلیقه

دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۷

#kurosh228@yahoo.com

چکیده

افزایش غلظت میزان گازهای گلخانه‌ای منجر به تشدید پدیده‌های بنام گرمایش جهانی گردیده است. پدیده‌ای که باعث شده تا میانگین دمای سالانه سطح کره زمین طی قرن گذشته ۰٫۷۴ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد. گرمایش جهانی پدیده‌ای است که اثرات ناخوشایند فراوانی بر زندگی انسان‌ها و جانوران می‌گذارد. رخداد و شدت یافتن پدیده‌هایی نظیر خشکسالی، کاهش بارندگی، افزایش رخداد روزهای گرد و خاک و سیلاب نیز ناشی از پدیده تغییر اقلیم و نهایتاً گرمایش جهانی در دنیا بوده است.

در این تحقیق جهت بررسی پدیده گرمایش جهانی در استان خوزستان با استفاده از روش‌های معمول سری‌های زمانی (میانگین‌های متحرک، معادله خط روند-ضریب خط روند) و آزمون ناپارامتریک من کندال، تغییرات درجه حرارت میانگین سالانه هوا طی دوره ۱۹۸۸-۲۰۱۶ در ۸ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی (آبادان-اهواز- امیدیه- بستان- دزفول رامهرمز- ماهشهر- مسجد سلیمان) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصله حاکی از افزایش قابل ملاحظه دمای میانگین هوا در تمام ایستگاه‌های استان بوده، به‌نحوی که ایستگاه‌های منتخب طی دوره مطالعاتی (به جز ایستگاه مسجد سلیمان روند افزایشی در سطح ۵ درصد) روند افزایشی معنی-داری در سطح ۱ درصد نشان می‌دهند. همچنین ایستگاه‌های بستان و رامهرمز به ترتیب با ۰٫۱۰۷ و ۰٫۰۹۷ درجه سانتیگراد در هر سال، بیشترین ضریب افزایش درجه حرارت سالانه را دارا بوده‌اند.

کلمات کلیدی: گرمایش جهانی، سری‌های زمانی، میانگین متحرک، معادله خط روند، ناپارامتریک

مقدمه

اقیانوس‌ها، به دلیل ظرفیت بالای حرارتی نسبت به خشکی‌ها آهسته‌تر از دمای زمین افزایش یافته (Rowan et al., 2007) است. جدای از سطح خشکی‌ها و اقیانوس‌ها میانگین دمای لایه پایین تروپوسفر نیز از سال ۱۹۷۹ تاکنون به‌ازای هر دهه افزایش معادل ۰٫۱۳ تا ۰٫۲۲ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد (IPCC, 2007). اما گزارش‌های اخیر سازمان هواشناسی جهانی حاکی از آن بوده که گرم‌ترین سال‌های کره زمین از سال ۱۸۶۰ تاکنون، طی ۲۵ سال اخیر (۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶) روی داده، در این میان سال ۲۰۱۴ با ۰٫۶۸ درجه افزایش نسبت به میانگین جهانی گرم‌ترین سال زمین بوده و پس از آن سال‌های ۲۰۱۰ با (۰٫۶۶) درجه سانتی‌گراد و ۲۰۰۵ با (۰٫۶۵) و سال ۱۹۹۸ با (۰٫۶۱)، نسبت به میانگین جهانی گرم‌ترین سال‌های کره زمین محسوب شده‌اند، (World Meteorological Organization, 2014).

تحقیقات زیادی در خصوص روند تغییرات دما توسط محققان در سرتاسر دنیا، از جمله ایران صورت پذیرفته است. تورکش وهمکاران (Turkes et al., 1998) در سال ۱۹۹۸ تغییرپذیری روند میانگین دمای سالانه را در یک دوره ۶۳ ساله در ۸۵ ایستگاه ترکیه مورد بررسی قرار دادند. جیانگ و همکاران نیز در سال ۲۰۱۲ (Jiangping et al., 2002) از متغیرهای اقلیمی برای بیان تغییر اقلیم در چین استفاده کردند و نشان دادند که

با آغاز انقلاب صنعتی و رشد صنایع و کارخانه‌ها و در نتیجه افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی از یک سو و تخریب جنگل‌ها و تغییر کاربری اراضی کشاورزی از سوی دیگر میزان گازهای گلخانه‌ای مخصوصاً گاز دی‌اکسید کربن در چند دهه اخیر افزایش یافته است، به‌گونه‌ای که مقدار این گاز از ۲۸۰ پی‌پی‌ام در سال ۱۷۵۰ به ۳۷۹ پی‌پی‌ام در سال ۲۰۰۵ رسیده، و در سال ۲۰۱۰ نیز از حد ۳۹۰ پی‌پی‌ام عبور نموده است (IPCC :D.3; Detection and Attribution of Climate Change, 2013). افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای عامل اصلی رخداد پدیده‌ای بنام گرمایش جهانی بوده و سبب تغییرات ژرف و وسیع در اقلیم سطح زمین گردیده است. پدیده‌ای که از اواخر قرن ۱۹ میلادی شروع شده و تا اوایل قرن ۲۱، باعث افزایش ۰٫۸۵ درجه سانتی‌گراد میانگین دمای هوای نزدیک سطح زمین و اقیانوس‌ها شده است. میانگین دمای سطح زمین و اقیانوس‌ها طی دوره ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۶ میلادی افزایشی معادل ۰٫۸۵ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد که در اقیانوس‌ها معادل ۰٫۶۵ درجه و در سطح خشکی‌ها این افزایش معادل ۱٫۰۶ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. تغییرات دما در سراسر جهان متفاوت بوده است. از سال ۱۹۷۹، دمای سطح زمین در مورد دو برابر دمای اقیانوس‌ها افزایش یافته است. (Trenberth et al., 2007)

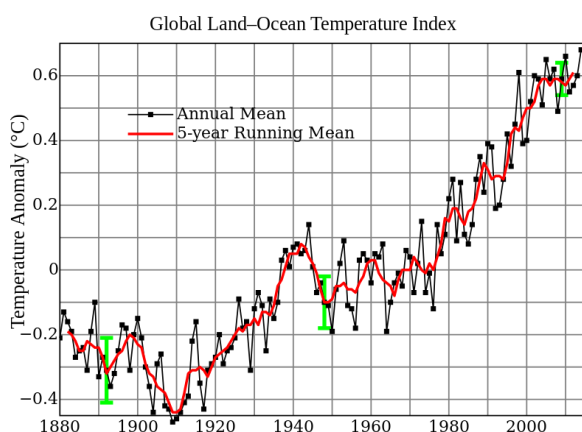
(Ghavidel Rahimi, 2005). در این تحقیق نیز که براساس روش‌های وایازی خطی و شبکه عصبی بود، مشخص گردید که دمای سالانه تبریز تحت تأثیر گرمایش گلخانه‌ای است.

نتایج اکثریت بیانگر ترکیبی از روند افزایشی و کاهش‌ی در داده‌های بارش سالانه مناطق مختلف کشور بود همچنین تغییرات دما در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه مشاهده می‌شود که در بیشتر آنها این روند مثبت است. بیشترین تغییرات در دمای متوسط تابستان مشاهده شده و کم‌ترین تغییرات دما در فصل زمستان همچنین ایستگاه‌های اهواز و خرم‌آباد در فصول سال به سمت سردتر شدن پیش می‌روند.

متوسط بارش، دمای هوا، تبخیر-تعرق، ساعات آفتابی و سرعت باد سالانه در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه کاهش یافته بود، در حالی که بارش سالانه و متوسط رطوبت نسبی افزایش کمی داشتند.

تحقیقات بسیاری از محققان نیز در نقاط مختلف دنیا مؤکد این موضوع بوده است. از جمله فریوان کودیوگلو در اردن (Freiwan and Kadioğlu, 2008) و کیانگ و همکاران (Qiang et al., 2005) در چین، کومار و همکاران (Kumar et al., 2005) رندهائی را در سری‌های زمانی دماهای حداقل و حداکثر به اثبات رسانده‌اند.

همچنین علیجانی و قویدل در سال ۱۳۸۴ رابطه بین دما و بارش تبریز را با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین بررسی کردند (Alijani and)

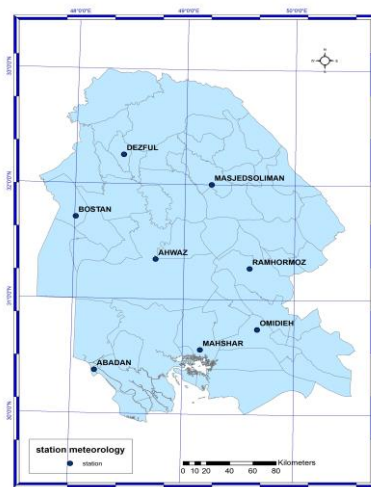


شکل ۱- تغییرات دمای میانگین هوا از سال ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۶.
Fig 1. Mean air temperature changes from 1880 to 2016.

جغرافیایی از ۳۰ درجه تا ۳۳ درجه می‌باشد، این استان از شمال به استان‌های ایلام و لرستان و از شرق به استان‌های چهارمحال بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد و از جنوب شرق به استان بوشهر ارتباط دارد و حد جنوبی این استان به خلیج فارس و در مرز باختری آن کشور عراق قرار دارد.

مواد و روش‌ها استان خوزستان

استان خوزستان که در جنوب غربی کشور واقع شده است دارای مساحتی حدود ۶۷۲۸۲ کیلومتر مربع و گستره جغرافیایی ۴۷ درجه تا ۵۰ درجه و عرض



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی هواشناسی استان خوزستان.
Fig 2. Location of studied stations in the map showing the Khuzestan Province divisions.

دوره ۲۰۱۶-۱۹۸۸، از بانک اطلاعات هواشناسی استان خوزستان استخراج شده است.

در این پژوهش به منظور آشکارسازی گرمایش جهانی در استان خوزستان داده‌های دمای میانگین سالانه ایستگاه‌های منتخب استان (آبادان- اهواز- امیدیه- بستان- دزفول رامهرمز- ماهشهر- مسجدسلیمان) طی دوره آماری

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان.

Table 1. The characteristics of synoptic stations in Khuzestan Province.

Station	Longitude	Latitude	Height
Abadan	48,12,53	30,22,37	6.6
Omidieh	49,40,14	30,44,32	26
Ahwaz	48,44,39	31,20,44	22.5
Bostan	48,00,36	31,42,28	8.6
Dezful	48,25,59	32,15,12	82
Ramhormoz	49,35,47	31,16,22	150
Mahshahr	49,09,36	30,33,40	6.2
Masjed-Soleiman	49,14,26	32,00,03	320

روند

$$\begin{aligned} \operatorname{sgn}(x) &= 1 && \text{if } x > 0 \\ \operatorname{sgn}(x) &= 0 && \text{if } x = 0 \\ \operatorname{sgn}(x) &= -1 && \text{if } x < 0 \end{aligned}$$

به دلیل اینکه طول دوره آماری مورد استفاده بیش از ۲۰ سال می‌باشد، از رابطه زیر برای تعیین واریانس استفاده می‌شود.

$$\operatorname{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(i-1)(2i+5)}{18} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که n تعداد داده‌های مشاهداتی و \bar{t} معرف تعداد سری‌هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. در اینجا t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است.

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۳})$$

اگر رابطه $Z \leq Z_{\alpha/2}$ در سطح اطمینان ۹۵ درصد باشد باید فرضیه H_0 (قبول تصادفی بودن سری داده‌ها) را پذیرفت. در غیر این صورت باید فرضیه H_1 (وجود روند) را قبول کرد. اگر معنی‌داری در سطح $\alpha=0.01$ آزمون شد و $Z = Z_{0.995} = 2.575$ برقرار باشد مقادیر مثبت Z روند صعودی و مقادیر منفی Z روند نزولی سری داده‌ها را نشان می‌دهد.

نتایج تحقیق

ضریب روند دمای هوا در ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان در قالب جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج حاصله از جدول ۲ بیانگر افزایش محسوس دمای هوا در ایستگاه‌های استان می‌باشد، طی این دوره ایستگاه بستان با ضریب روند 0.107 و ایستگاه رامهرمز با ضریب روند 0.097 بیشترین افزایش دما را در بین ایستگاه‌های استان خوزستان دارا بوده‌اند. همچنین ایستگاه مسجدسلیمان با ضریب 0.046 کمترین افزایش دما را در بین ایستگاه‌های دارا بوده است (شکل‌های ۳ تا ۱۰).

بطور کلی رفتار سری‌های زمانی ترکیبی از چند عامل مختلف مانند روند بلند مدت تغییرات فصلی تغییرات دوره‌ای و تغییرات تصادفی هستند که می‌توانند بطور کامل تجزیه شده و هر یک از عامل‌های آن بطور جداگانه مورد بررسی قرارگیرد. روند یکی از مولفه‌های بسیار مهم یک سری می‌باشد که در بررسی گرایش دراز مدت سری‌های زمانی اقلیمی کاربرد فراوان دارد.

برای بررسی معنی‌داری وجود روند تعدادی آزمون توصیه شده است، که برخی از آن‌ها پارامتری و برخی ناپارامتری هستند. در شرایطی که از نرمال بودن توزیع داده‌ها اطمینان حاصل شود. آزمون معنی‌داری روند می‌تواند از طریق آزمون فرض $a_1=0$ به وسیله آماره T انجام پذیرد آزمون‌های تاو-کندال و من-کندال آزمون‌های ناپارامتریکی^۱ هستند که امروزه استفاده از آن‌ها در مطالعات اقلیمی به‌ویژه در بررسی معنی‌داری روند به سرعت گسترش یافته‌اند.

آزمون من-کندال

آزمون من-کندال ابتدا توسط Mann در سال (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط Kendall در سال ۱۹۷۵ بسط و توسعه یافت. این روش بطور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی بکار گرفته می‌شود از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش، فرض یک و رد فرض صفر دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

الف) محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به شرح زیر:

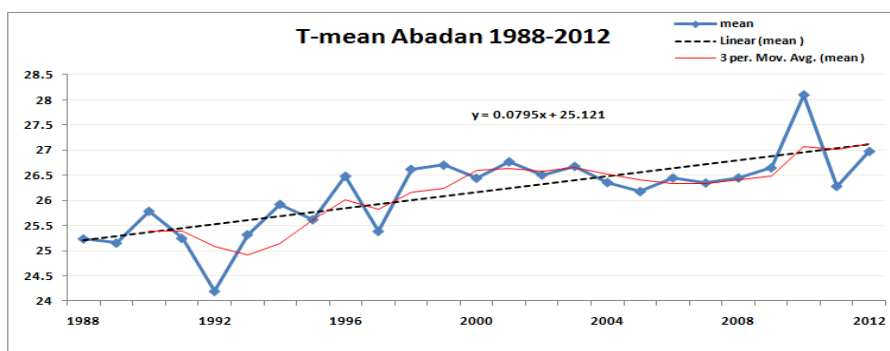
$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad (\text{رابطه ۱})$$

که n تعداد مشاهدات سری، و x_k و x_j به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند. تابع علامت نیز به شرح زیر قابل محاسبه است:

جدول ۳- ضریب روند دمای هوا در ایستگاه‌های استان خوزستان دوره ۱۹۸۸-۲۰۱۶.

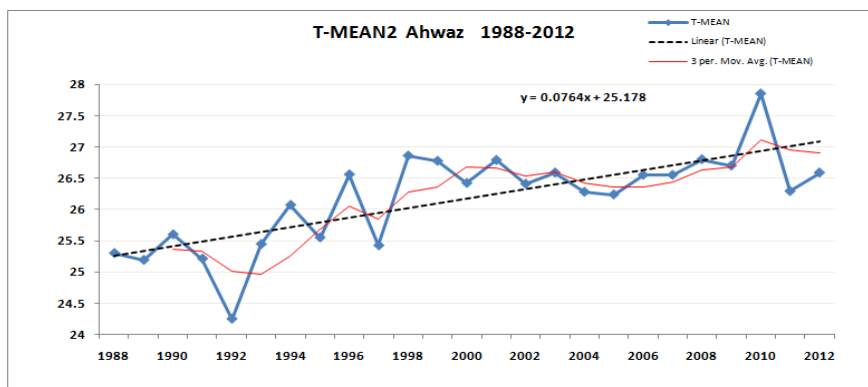
Table 2. The trend coefficient of air temperature in Khuzestan Province stations during 1988-2016.

Station	The trend coefficient of the mean temperature of synoptic station
Abadan	0.079
Ahwaz	0.076
Omidieh	0.074
Bostan	0.107
Dezful	0.068
Ramhormoz	0.97
Mahshahr	0.74
Masjed- Solaiman	0.046



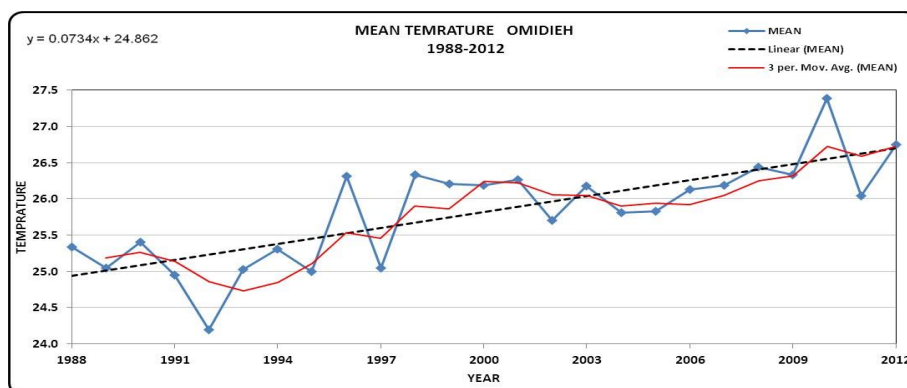
شکل ۳- میانگین دمای ایستگاه آبادان دوره ۱۹۸۸-۲۰۱۶.

Fig 3. The mean air temperature in Abadan station during 1988-2016.



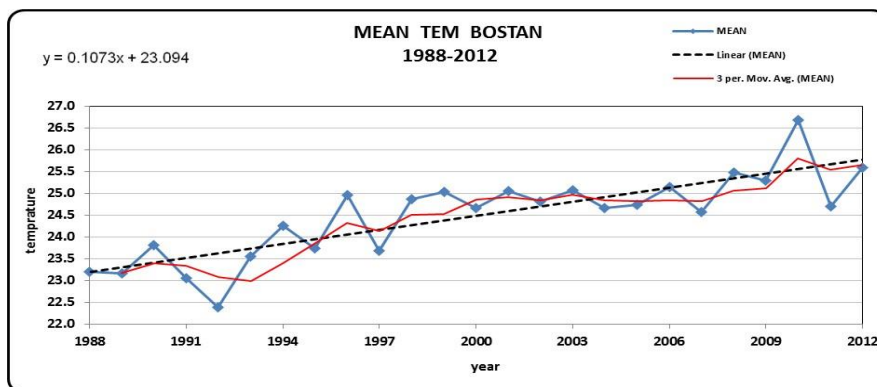
شکل ۴- میانگین دمای ایستگاه اهواز دوره ۱۹۸۸-۲۰۱۶.

Fig 4. The mean air temperature in Ahwaz station during 1988-2016.

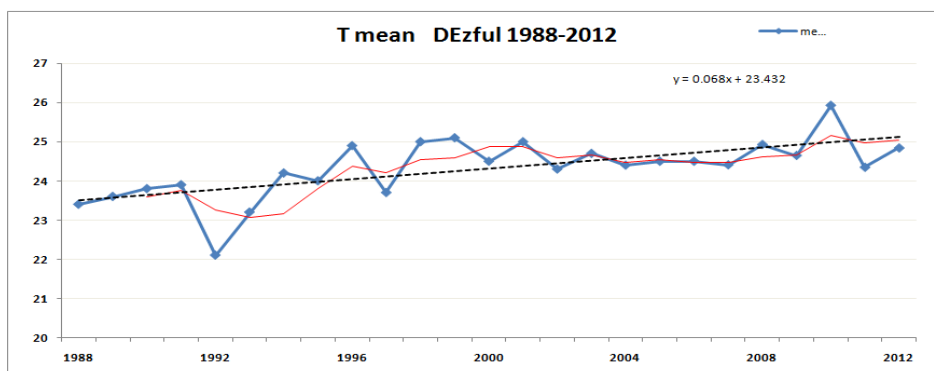


شکل ۵- میانگین دمای ایستگاه امیدیه دوره ۱۹۸۸-۲۰۱۶.

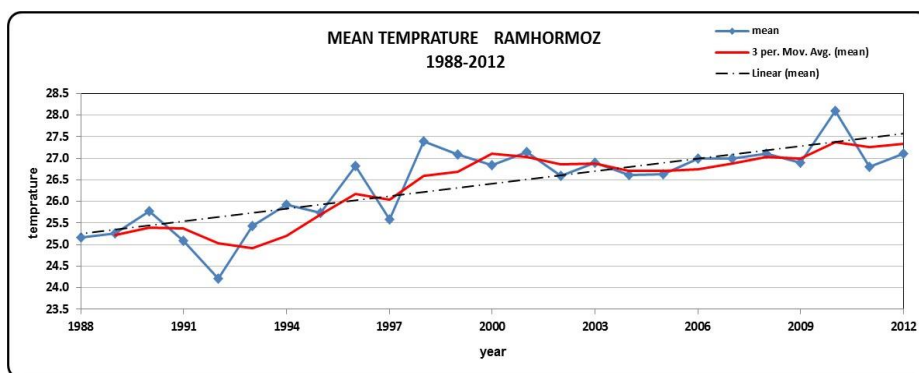
Fig 5. The mean air temperature in Omidieh station during 1988-2016.



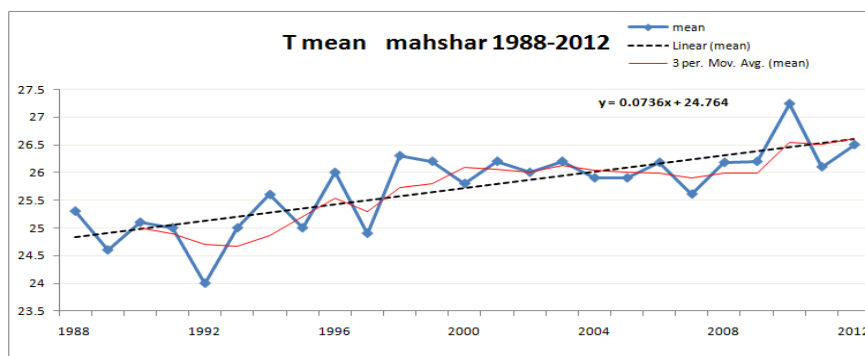
شکل ۶- میانگین دمای ایستگاه بستان دوره ۱۹۸۸-۲۰۱۶.
Fig 6. The mean air temperature in Bostan station during 1988-2016.



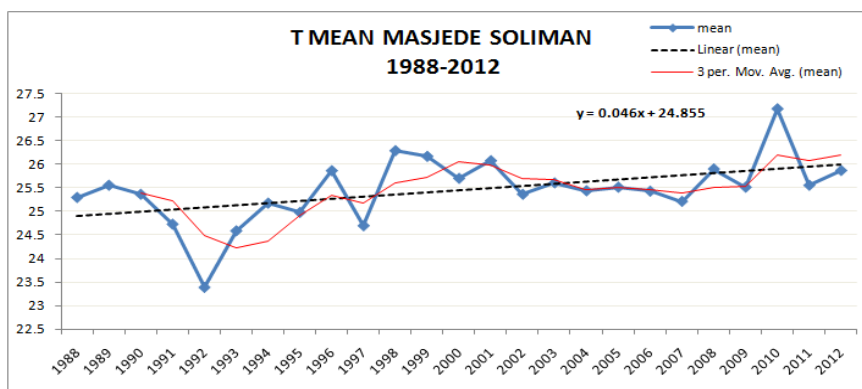
شکل ۷- میانگین دمای ایستگاه دزفول دوره ۱۹۸۸ - ۲۰۱۶.
Fig 7. The mean air temperature in Dezful station during 1988-2016.



شکل ۸- میانگین دمای ایستگاه رامهرمز دوره ۱۹۸۸-۲۰۱۶.
Fig 8. The mean air temperature in Ramhormoz station during 1988-2016.



شکل ۹- میانگین دمای ایستگاه ماهشهر دوره ۱۹۸۸-۲۰۱۶.
Fig 9. The mean air temperature in Mahshahr station during 1988- 2016.



شکل ۱۰- میانگین دمای ایستگاه مسجد سلیمان دوره ۱۹۸۸-۲۰۱۶.

Fig 10. The mean air temperature in Masjed Solieman station during 1988-2016.

به نحوی که به غیر از ایستگاه سینوپتیک مسجد سلیمان که در سطح ۵ درصد روند مثبت و معنی داری داشته است سایر ایستگاه‌های استان روند مثبت و معنی دار دما را در سطح ۱ درصد نشان می‌دهند (جدول ۳).

همچنین نتایج حاصل از اجرای آزمون من کندال بر روی داده‌های دمای سالانه ایستگاه‌های استان خوزستان بیانگر وجود روند مثبت و معنی دار برای ایستگاه‌های منتخب استان خوزستان طی دوره آماری ۱۹۸۸-۲۰۱۶ می‌باشد.

جدول ۳- نتایج آزمون من کندال دمای میانگین سالانه ایستگاه‌های استان خوزستان.

Table 3. The results of Mann-Kendall test on mean annual temperature of stations in Khuzestan Province.

Significance level			Results	z-static	total s score	Station	
0.01	0.05	0.1					
2.576	1.96	1.65	Significant positive trend	2.71	84	Abadan	1
			Significant positive trend	2.84	88	Ahwaz	3
			Significant positive trend	۱۶3.	۹۷	Omidieh	4
			Significant positive trend	3.7	114	Bostan	4
			Significant positive trend	3.14	97	Dezful	7
			Significant positive trend	3.27	101	Ramhormoz	8
			Significant positive trend	3.11	96	Mahshahr	10
			Significant positive trend	2.06	64	Masjed-Soliman	11

همچنین با توجه به بررسی نتایج موجود به نظر می‌رسد که روند افزایش دما در ایستگاه‌های شمال استان خوزستان نظیر دزفول و مسجد سلیمان کمتر از مناطق جنوبی و مرکزی استان بوده است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت آموزشی دانشکده جغرافیای دانشگاه خوارزمی آقای دکتر احمدآبادی و استاد گرامی سرکار خانم دکتر اکبری و همچنین از جناب آقای دکتر چیت‌سازان سردبیر محترم این مجله بخاطر همکاری‌ها و حمایت‌هایشان دارند.

نتیجه گیری

با توجه به تحقیق به عمل آمده استان خوزستان نیز همچون سایر نقاط جهان و ایران طی ۲۵ سال گذشته از پدیده گرمایش جهانی مستثنی نبوده و در سطوح معنی دار ۱ تا ۵ درصد ایستگاه‌های استان افزایش دمای سالانه را تجربه نموده‌اند و ایستگاه‌های بستان و رامهرمز بیشترین افزایش دما را نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارا بوده و ایستگاه مسجد سلیمان کمترین افزایش دما را نسبت به سایر ایستگاه‌های استان خوزستان دارا بوده است.

منابع

- Alijani, B.V., Ghavidel Rahimi, Y., 2005. Comparison and prediction of annual temperature changes in Tabriz with temperature anomalies of the Earth using linear regression and neural network. *Journal of Geography and Development* 6, 21-38.
- Freiwan, M., Kadioğlu, M., 2008. Climate Variability in Jordan. *International Journal of Climatology* 28, 69-89.

- IPCC Summary for Policymakers, 2007. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L (eds) Climate change 2007: The physical science basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC Summary for Policymakers, 2013. Detection and Attribution of Climate Change, pp. 14-15.
- Jiangping, Z., Zhong, Y., Daojie, W, Xinbao, Z., 2002. Climate change and causes in the Yuanmou Dry-Hot valley of Yunnan, China. *Journal of Arid Environments* 51, 153-162.
- Kumar, P.V., Bindi, M., Crisci, A., Maracchi, G., 2005. Detection of variations in air temperature at different time scales the period 1889-1998 at Firenze, Italy. *Climatic Change* 72 , 123-50.
- Qiang, Z., Jiang, C., Zengxin, Z., 2005. Observed climatic changes in Shanghai during 1873-2002. *Journal of Geographical Sciences* 15, 217-222.
- Shirgholami, H., Ghahraman, B., 2005. The trend of annual temperature change of Iran. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 9, 10-15.
- Sutton, R.T., Dong, B., Gregory, J.M., 2007. Land/sea warming ratio in response to climate change: IPCC AR4 model results and comparison with observations. *Geophysical Research Letters* 34, 20-25.
- Trenberth, K.E., Jones, P.D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein, T., Parker, D., 2007. Observations: surface and atmospheric climate change. IPCC, Climate Change, pp. 235-336.
- Türkes, M., Sümer, U.M., Kiliç, G., 1998. Observed changes in maximum and minimum temperatures in Turkey. *International Journal of Climatology* 16, 463-477.
- World Meteorological Organization, 2014. WMO statement on the status of the global climate in 2014.

