Urmia University

Journal of Geography and Regional Future Studies
Vol 1, No 2, Autumn 2023
Online ISSN: 2981-118X
https://grfs.urmia.ac.ir/

Future research of climatic parameters facing urban areas (Case Study: Isfahan City)

Asghar Abedini[1], Negin Habib Pour[2], Fatemeh Khojasteh Maghal[3]

1- Associate Professor in Department of Urban Planning, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran.
2- MA Student of Urban Planning, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran.
3- MA Student of Urban Planning, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran.

Article info

Article type:
Research Article

Received:
2023/07/24
Accepted:
2023/09/24
pp:
61-82

Keywords:
Future studies,
Climate change,
canESM2,
Urban areas,
Isfahan.

Abstract

Climatic changes in Iran have been associated with increasing weather anomalies such as sudden and heavy rains, decreasing rain, increasing the average temperature of some cities, and causing widespread drought. Therefore, in this research, an attempt is made to evaluate the impact of climate changes on water-sensitive cities, especially the city of Isfahan, and to predict these changes. The research method in this article is applied based on its purpose and exploratory based on its nature. Also, Demartin's model has been used to measure the dryness factor of Isfahan. In the following, using document and library studies and with the help of information from synoptic stations of Isfahan city and using SDSM software, first the important effects of climate have been measured and then the effects of climate change on this city in the future have also been discussed. The findings of this research indicate that the city of Isfahan is going through very critical conditions in terms of climate. If the process of these changes is not curbed, we will see huge changes in the city of Isfahan in the not-too-distant future. According to the results of Demartin's method, it can be seen that Isfahan is located in a dry and desert region and climate changes strongly affect it. In addition, the results obtained from simulations in SDSM software, which were evaluated with NCEP data (rainfall and temperature), showed that Isfahan City will witness a warming of 2 degrees Celsius by the year 2050, which will affect the entire climate. It will cause the precipitation patterns and the other 26 variables of the Meteorological Organization to collide. This is despite the fact that if measures are not taken to curb the increase in temperature (based on the increase in greenhouse gases) by 2050, this increase will take an upward trend and will increase up to 4 degrees Celsius in 2080.

Citation: Abedini, A., Habib Pour, N. & Khojasteh Maghal, F. (2023). Future research of climatic parameters facing urban areas (Case Study: Isfahan City). *Journal of Geography and Regional Future Studies*, 1(2), 61-82.

© The Author(s).

Publisher: Urmia University.

DOI: https://doi.org/10.30466/grfs.2023.54878.1017

DOR: https://dorl.net/dor/20.1001.1.2981118.1402.1.2.5.1

[1]**Corresponding author:** Asghar Abedini, **Email:** as.abedini@urmia.ac.ir, **Tell:** +989141873260

Extended Abstract

Introduction

Water is one of the most essential needs of living beings and without it, no living thing will be able to continue its life. Since the beginning of urbanization, humans settled in areas that are close to a huge water source and continued their lives in this way. A small part of the earth's water is fresh, and due to the uneven geographical distribution of these resources, the problem of water shortage has been raised in the world. For the first time since the last decade of the 20th century, the threats that had challenged the human society appeared in a new way; In such a way that its scope crossed the borders of the states and exposed the foundation of human societies to threats, among which climate change was one of these threats. The root and basis of all previous climate changes was natural, but the origin of today's climate changes is human (artificial). The various consequences of climate are increasing rapidly and the most negative effects are on the poor and marginalized people around the world. This situation has made existing human inequalities more and more vulnerable; Because these societies are less able to adapt to the existing situation due to poverty, and this has caused the issue of climate change and human rights to become more intertwined. Due to being located in a dry and semi-arid region, Iran has a more favorable situation in terms of water resources compared to the world average due to its rainfall equivalent to one third of the global average rainfall and three times the global evaporation. Climatic changes in Iran have been associated with an increase in weather anomalies such as sudden and torrential rains, heavy snowfall in hot and dry places, a decrease in rain in humid mountainous areas, an increase in the average temperature of some cities, and widespread drought. One of the most important water sources in the central plateau of Iran is the Zayandeh River or Zinda River, which is considered the vital vessel and the main factor of the fertility of the metropolis of Isfahan and plays an important role in the provision of drinking, industrial and agricultural water in the province and directly and indirectly, it has created various jobs for the residents of this province. In addition to the economic and cultural benefits of Zayandeh-Rood, this river is considered an element of identity and the cultural and historical landscape of Isfahan, but for several years, the bed of Zayandeh-Rood has been drying for most days of the year and the water flow has stopped. It has severely affected the economic life and leisure time of Isfahani families and tourists who enter this city. Isfahan is one of the water-sensitive cities, and it can be said that the lack of water in the Zayandeh River has had a great impact on Isfahan's sensitivity to water. Probably, this city will not be able to continue its existence as one of the tourist hubs. The main goal of this research is to evaluate the climatic changes in the city of Isfahan. Among the sub-goals of this research, we can mention the presentation of near and far scenarios and the prediction of changes in temperature and precipitation and their impact in the future and providing solutions for water management. Therefore, in this research, we sought to identify the effects of climate change on cities in order to reduce its effects and also provide a solution to use water resources properly. It also answers the question of what conditions climate change will create for the city of Isfahan in the future.

Methodology

The research method in this article is applied based on its purpose and exploratory based on its nature. Also, Demartin's model has been used to measure the dryness factor of Isfahan. In the following, using document and library studies and with the help of information from synoptic stations of Isfahan city and using SDSM software, first the important effects of climate have been measured and then the effects of climate change on this city in the future have also been discussed. In addition, the results obtained from simulations in SDSM software were evaluated with NCEP data (precipitation and temperature).

Results and discussion

It can be said that the precipitation patterns will change completely based on the climate changes that will occur in the coming years. According to the diagram and taking into account the scenarios, the disruption of the order of precipitation is quite evident. In this way, in the cold months of the year (November to March), a decrease in rainfall is observed, while in the hot seasons of the year (July to September), extensive rainfall is observed, which makes water storage not happen during

the rainfall. In most cases, dehydration and drought will intensify. According to the outputs of the SDSM model, it can be said that the city of Isfahan is experiencing very critical conditions in terms of climate. On the one hand, Isfahan city is an industrial city that has many factories, which has made it difficult to reduce water consumption, on the other hand, climate changes based on temperature changes and precipitation patterns with the results obtained are very high. If the process of these changes is not curbed, in the not-too-distant future we will see huge changes in the city of Isfahan, which will even lead to a war between countries over water.

Conclusion

According to the research carried out by the Demartin method, it can be concluded that Isfahan is located in a dry and desert area and climate changes strongly affect Isfahan. The total average annual precipitation of Isfahan station is reported to be 127 mm. It is very important to mention that the maximum annual rainfall in this station is 338.8 mm, which occurred in 1954. Also, the minimum annual rainfall reaches 40.3 mm, which occurred in 1960. Based on these statistics, it can be concluded that April and late March are the rainiest months of this station. Comparing the current research with two other researches, we came to the conclusion that the temperature has increased and the precipitation has decreased in the cold seasons of the year, which are the most important times of precipitation. So, it can be said that the results obtained from the software in the field of predicting climate effects are correct and effective

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

The authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فصلنامه جغرافیا و آینده پژوهی منطقه‌ای
دوره ۱، شماره ۲، پاییز ۱۴۰۲
شاپا الکترونیکی: 2981-118X
https://grfs.urmia.ac.ir/

آینده‌پژوهی پارامترهای اقلیمی در مواجهه با مناطق شهری (نمونه موردی: شهر اصفهان)

اصغر عابدینی[۱]، نگین حبیب‌پور[۲]، فاطمه خجسته‌مقال[۳]

۱- دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

دریافت:
۱۴۰۲/۰۵/۰۲

پذیرش:
۱۴۰۲/۰۷/۰۲

صص:
۸۲-۶۱

واژگان کلیدی:
آینده پژوهی، تغییر اقلیم، canESM2، مناطق شهری، اصفهان.

چکیده

تغییرات اقلیمی در ایران با افزایش ناهنجاری‌های جوی نظیر بارش ناگهانی و سیل‌آسا، کاهش باران، افزایش متوسط دمای برخی شهرها و ایجاد خشک‌سالی گسترده همراه بوده است؛ بنابراین در این پژوهش سعی بر این است که تأثیر تغییرات اقلیمی بر شهرهای حساس به آب، به‌خصوص شهر اصفهان، ارزیابی‌شده و نیز به پیش‌بینی این تغییرات پرداخته شود. روش تحقیق در این مقاله بر اساس هدف، کاربردی و نیز بر اساس ماهیت، اکتشافی می‌باشد. همچنین از مدل دمارتن برای سنجش ضریب خشکی اصفهان استفاده‌شده است. در ادامه با استفاده از مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای و به کمک اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک شهر اصفهان و با استفاده از نرم‌افزار SDSM ابتدا تأثیرات مهم اقلیم سنجیده شده و سپس به تأثیرات تغییرات اقلیمی بر این شهر در آینده نیز پرداخته‌شده است. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که شهر اصفهان به لحاظ آب و هوایی شرایط بسیار بحرانی را سپری می‌کند. اگر روند این تغییرات به‌گونه‌ای مهار نشود، در آینده‌ای نه‌چندان دور شاهد تغییرات عظیمی در شهر اصفهان خواهیم بود. با توجه به نتایج روش دمارتن، مشاهده می‌شود که اصفهان در محدوده خشک و بیابانی قرار داشته و تغییرات اقلیمی به‌شدت بر آن تأثیرگذار است. علاوه بر این، نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی‌ها در نرم‌افزار SDSM که با داده‌های NCEP)بارش و دما) مورد ارزیابی قرار گرفت، نشان داد که شهر اصفهان تا سال ۲۰۵۰ شاهد گرم شدن ۲ درجه سانتی‌گرادی خواهد بود که این دما با تأثیرگذاری در کل شرایط جوی باعث بر هم خوردن الگوهای بارش و سایر متغیرهای ۲۶ گانه سازمان هواشناسی خواهد شد. این در حالی است که اگر تا سال ۲۰۵۰ تمهیداتی برای مهار افزایش دما (مبتنی برافزایش گازهای گلخانه‌ای) اندیشیده نشده باشد، این افزایش روند صعودی به خود گرفته و تا ۴ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۸۰ افزایش خواهد داشت.

استناد: عابدینی، اصغر؛ حبیب‌پور، نگین؛ و خجسته مقال، فاطمه. (۱۴۰۲). آینده پژوهی پارامترهای اقلیمی در مواجهه با مناطق شهری (نمونه موردی: شهر اصفهان). *فصلنامه جغرافیا و آینده‌پژوهی منطقه‌ای*، ۱(۲)، ۸۲-۶۱.

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه ارومیه.

DOI: https://doi.org/10.30466/grfs.2023.54878.1017
DOR: https://dorl.net/dor/20.1001.1.2981118.1402.1.2.5.1

[۱] **نویسنده مسئول:** اصغر عابدینی، **پست الکترونیکی:** as.abedini@urmia.ac.ir، **تلفن:** ۰۹۱۴۱۸۷۳۲۶۰

مقدمه

آب از ضروری‌ترین نیازهای موجودات زنده است و بدون آن هیچ جانداری قادر به ادامه حیات خود نخواهد بود. از ابتدای شهرنشینی، انسان‌ها در مناطقی سکونت می‌کردند که نزدیک به یک منبع آب عظیم باشد و از این طریق به ادامه زندگی می‌پرداختند. بخش کوچکی از آب‌های کره زمین شیرین بوده و به دلیل توزیع ناهمگون جغرافیایی این منابع، مسئله کمبود آب در جهان مطرح‌شده است (Shayesteh, 2019: 4). نحوه توزیع، استفاده و دفع آب با تشدید فشارهای محیطی، افزایش تصاعدی جمعیت جهان و افزایش سرعت شهرنشینی، حیاتی‌تر می‌شود. این عوامل استرس‌زا بیشتر با تأثیرات فزاینده تغییرات آب و هوایی ترکیب می‌شوند، به‌طوری‌که گرم شدن دمای جهانی و تغییر الگوهای بارش می‌تواند به‌شدت بر عرضه آب و کیفیت محیطی آبزیان اطراف نیز تأثیر بگذارد(Lee, 2010: 2).

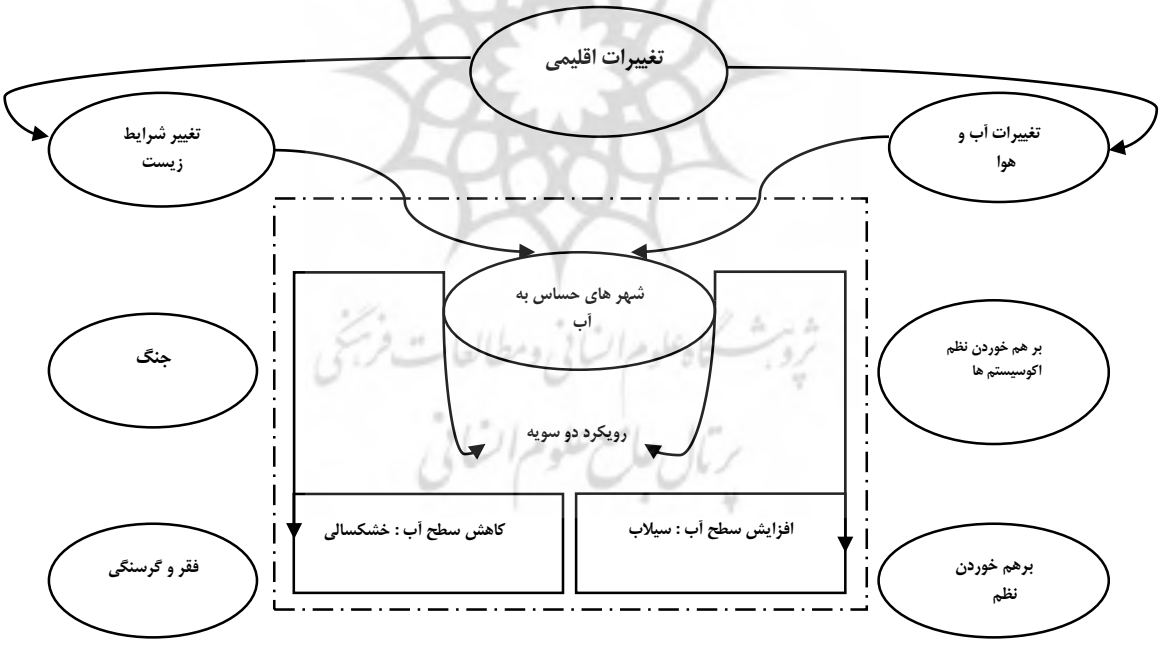
نخستین بار از دهه پایانی سده بیستم، تهدیداتی که جامعه انسانی را دچار چالش کرده بود در وجه تازه‌ای ظاهر شد؛ به‌گونه‌ای که گستره آن از مرز دولت‌ها گذشت و بنیاد جوامع انسانی را در معرض تهدید قرارداد که دراین‌بین تغییرات اقلیمی از جمله این تهدیدات بود. خاستگاه دگرگونی آب‌وهوا در دوره‌های زمین‌شناسی با آنچه امروزه زمین آن را می‌آزماید، تفاوتی اساسی دارد. ریشه و پایه همه دگرگونی‌های آب و هوایی پیشین، طبیعی بوده اما منشأ دگرگونی‌های امروزی آب‌وهوا، آدمی بنیاد (مصنوعی) است. پیامدهای گوناگون آب‌وهوا به‌سرعت در حال افزایش بوده و بیشترین تأثیرات منفی آن بر روی مردم فقیر و حاشیه‌ای اطراف جهان هست. این وضعیت، نابرابری‌های بشری موجود را بیشتر و آسیب‌پذیرتر ساخته است؛ چراکه این جوامع به دلیل فقر کمتر قادر به انطباق با وضعیت موجود هستند و این امر باعث شده که موضوع تغییرات اقلیمی و حقوق بشر بیشتر درهم‌تنیده شوند. از جمله پیامدهای تغییرات اقلیمی می‌توان بر بی‌ثباتی جهانی، قحطی، فقر و جنگ، کمبود میزان آب و غذا، تنش‌ها در خصوص منابع آب و تعداد آوارگان بلایای طبیعی اشاره کرد (Samiei, 2021: 2). بحران جهانی آب برای برآوردن نیازهای انسان، کم‌آبی نیست، بلکه مدیریت بد آب است. سوءاستفاده از منابع آب، چالش‌های آلودگی آب، سیل و کمبود آب را افزایش می‌دهد. شهرنشینی سریع منجر به کاهش منابع آب شیرین (به دلیل تقاضای بیشتر)، افزایش مقادیر فاضلاب تولیدشده و کاهش تغذیه آب زیرزمینی می‌شود (Elsein et al, 2022: 2).

کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه‌خشک و بارندگی معادل یک‌سوم میانگین بارندگی‌های جهانی در مقابل سه برابر تبخیر جهانی از نظر منابع آب وضعیتی مطلوب‌تر نسبت به متوسط دنیا دارد (Alavi Nia, 2016: 2). تغییرات اقلیمی در ایران با افزایش ناهنجاری‌های جوی نظیر بارش ناگهانی و سیل‌آسا، بارش سنگین برف در نقاط گرم و خشک، کاهش باران در نقاط مرطوب کوهستانی، افزایش متوسط دمای برخی شهرها و ایجاد خشک‌سالی گسترده همراه بوده است. درواقع تغییرات اقلیمی دلایل متفاوت طبیعی و غیرطبیعی دارد. دلایل طبیعی که معمولاً فرآیندهای کند و طولانی هستند، شامل نحوه گردش زمین نسبت به خورشید، حرکت آب‌های گرم و سرد اقیانوسی، حرکت و جابجایی قاره‌ها و فوران آتش‌فشان‌ها است. تغییرات درازمدت اقلیمی را به نحوه گردش زمین نسبت به خورشید و حرکت قاره‌ها نسبت داده‌اند که اثرات آن‌ها در درازمدت نمایان می‌شود. مطالعات زمین‌شناسی نشان می‌دهد که هر هزار سال یک‌بار یک دوره یخبندان و یک دوره گرمایشی در سطح کره زمین به وجود می‌آید. به‌علاوه فوران آتش‌فشان‌ها حجم زیادی گاز و حرارت به سطح زمین وارد می‌کند که اثرات کوتاه‌مدتی برافزایش دمای سطح زمین می‌گذارد. حرکت آب‌های گرم و سرد اقیانوسی تحت عنوان گلف استریم‌ها و حرکات البرادور شناخته می‌شوند، نیز در گرمایش زمین و تغییر اقلیم مؤثرند (Samiei, 2021: 2).

در کشور ایران یکی از عوامل محدودکننده توسعه فعالیت‌های اقتصادی در آینده، کمبود آب خواهد بود. ایران با متوسط نزولات جوی ۲۶۰ میلی‌متر در سال از کشورهای خشک جهان و دارای منابع آب محدود به شمار می‌رود. عواملی همچون رشد جمعیت، نیاز به غذای بیشتر، توسعه صنعتی و حفاظت اکوسیستم‌ها و... تقاضای آب را روزبه‌روز بیشتر می‌کند. همچنین هدر رفت آب در ایران بیش از میانگین جهانی است. میزان هدر رفت آب در کشور ایران ۲۸ تا ۳۱ درصد است درحالی‌که این اتلاف در دنیا ۹ تا ۱۲ درصد می‌باشد (Khorram Araei, 2020: 18). یکی از مهم‌ترین منابع آبی در فلات مرکزی ایران، رودخانه زاینده‌رود یا زنده رود است که رگ حیاتی و عامل اصلی حاصلخیزی کلان‌شهر اصفهان به شمار می‌رود و نقش مهمی در تأمین آب آشامیدنی،

صنعتی و کشاورزی استان ایفا می‌کند و به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم شغل‌های مختلفی برای ساکنین این استان ایجاد کرده است. علاوه بر فواید اقتصادی و فرهنگی زاینده‌رود، این رودخانه عنصر هویت‌بخش و منظر فرهنگی و تاریخی اصفهان محسوب می‌شود اما چند سالی است که بستر زاینده‌رود در بیشتر روزهای سال خشک است و قطع جریان آب به شدت زندگی اقتصادی و اوقات فراغت خانواده‌های اصفهانی و گردشگرانی که وارد این شهر می‌شوند را تحت تأثیر قرار داده است (Karimian, 2020: 5-6).

شهر اصفهان سومین شهر ایران که پارسیان آن را نصف جهان نامیده‌اند و قدمت آن به دوران باستان برمی‌گردد، در مرکز ایران جای گرفته و چندین سال است که به علت گرمای بیش‌ازحد زمین با مشکلاتی همچون کمبود آب آشامیدنی، مدیریت منابع آبی و... مواجه شده است. در این مقاله سعی داریم راهکاری ارائه دهیم که با مدیریت منابع آب و پیش‌بینی تغییرات اقلیمی، بتوان اصفهان را به شهری که در گذشته بود (سرزنده و پویا) تبدیل نمود. اصفهان یکی از شهرهای حساس به آب می‌باشد که می‌توان گفت کم‌آبی رودخانه زاینده‌رود تأثیر بسیار زیادی در حساس بودن شهر اصفهان نسبت به آب داشته است. این موضوع در درازمدت ممکن است تأثیر منفی بر بعد اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی اصفهان بگذارد، چه‌بسا این شهر دیگر نتواند به‌عنوان یکی از قطب‌های گردشگری و توریستی به حیات خود ادامه دهد (Karimian, 2020: 3-4). هدف اصلی این پژوهش ارزیابی تغییرات اقلیمی در شهر اصفهان می‌باشد. از اهداف فرعی این پژوهش می‌توان به ارائه سناریوهای دور و نزدیک و پیش‌بینی تغییرات دما و بارش و میزان تأثیر آن در آینده و ارائه راهکارهایی به‌منظور مدیریت آب اشاره نمود؛ بنابراین در این پژوهش، به دنبال شناسایی تأثیرات تغییرات اقلیم بر روی شهرها بوده تا تأثیرات آن را کاهش داده و نیز راهکاری ارائه دهیم که از منابع آبی به‌درستی استفاده شود. همچنین به این سؤال پاسخ می‌دهد که تغییرات اقلیمی در آینده چه شرایطی را برای شهر اصفهان ایجاد خواهد کرد.



شکل ۱- رابطه بین شهرهای حساس به آب و تغییرات اقلیمی

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

با توجه به‌ضرورت منابع آبی و تأثیر تغییرات اقلیمی بر شهرها، مطالعات متعددی در این خصوص انجام‌شده‌اند که به برخی از آن‌ها می‌پردازیم:

الزین و همکاران[1](۲۰۲۲) در مقاله‌ای با عنوان «درس‌های آموخته‌شده برای شهرهای خشک‌سالی: گام‌های امیدوارکننده برای طراحی شهری حساس به آب در شهرهای خشک و نیمه‌خشک» با هدف ایجاد یک چارچوب راهنما برای گذار از طراحی شهری مرسوم فعلی در شهرهای مصر به رویکردی حساس به آب با روش توصیفی _ تحلیلی به این نتایج رسیدند که تلاش‌ها برای رویکرد حساس به آب می‌تواند در مصر موفقیت‌آمیز باشد و تمایل دولت برای تغییر شیوه‌های مدیریت آب برای تغییر ضروری است و دولت باید به همه ابعاد (زیست‌محیطی، اجتماعی– فرهنگی، اقتصادی و فیزیکی) بپردازد.

رادهاکریشنان و همکاران[2](۲۰۱۸) در مقاله‌ای با عنوان «برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیر برای شهرهای حساس به آب» با هدف شناسایی مکان‌های انعطاف‌پذیر برای نصب سیستم‌های مدیریتی کنترل ریسک سیلاب شهری با روش ارزیابی نتایج و تجزیه‌وتحلیل تأثیرات سازگاری‌ها به این نتایج دست‌یافته‌اند که در زمینه مدیریت آب شهری انعطاف‌پذیری فرآیند برنامه‌ریزی (WSCapp) بر اساس انتشار تغییرات می‌تواند افزایش یابد، سازگاری در شهرها، جایی که امکان شناسایی و انتخاب مکان مناسب وجود دارد مانند مخازن آب باران و عایق‌کاری مرطوب خانه‌ها که منجر به سازگاری مسیرهای انعطاف‌پذیر و اقتصادی شدن آن‌ها می‌گردد، می‌تواند برای کسانی که به برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی اهمیت می‌دهند مفید باشد. این تصمیم‌گیری‌ها می‌تواند در مورد ماهیت مداخلات مانند پیشرفت در منظره خیابان، ساخت مکان یا اشکال معماری که هدف آن رسیدن به یک شهر حساس به آب است، کمک نماید.

خرم‌آرایی (۱۳۹۹) در مقاله‌ای با عنوان «طراحی منظر حساس به آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مورد پژوهی: پردیس‌های دانشگاهی)» با هدف مدیریت آب و بهره‌برداری از آن در جهت جمع‌آوری، تصفیه و بازیافت سیلاب‌ها با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با مسئولین، پس از تجزیه‌وتحلیل و آسیب‌شناسی به این نتایج رسیده است که ارائه راه‌حل‌هایی از جمله طراحی سطوح قابل‌نفوذ، زهکش‌های طبیعی انتقال آب، تالاب‌های ساخته‌شده، بام‌های سبز و فضاهایی برای ذخیره‌سازی و استفاده مجدد از آب به‌صورت عمده رواناب حاصل از آب باران پرداخته‌شده است و سعی در افزایش پایداری زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی دارد.

هوشیار و همکاران (۱۳۹۷) در مقاله‌ای با عنوان «چشم‌انداز تغییرات دماهای حداکثر ارومیه با استفاده از ریزگردانی آماری خروجی مدل canESM2» با هدف بررسی روند تغییرات دماهای حداکثر در طول دوره آماری پایه (۱۹۶۱–۲۰۰۵) و همچنین چشم‌انداز تغییرات آتی دماهای حداکثر در یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۵۱–۲۰۲۱) در ایستگاه سینوپتیک ارومیه با کاربست مدل ریزمقیاس گردانی SDSM پرداخته و به این نتایج رسیده‌اند که داده‌های مدل canESM2 میزان دماهای حداکثر افزایش خواهد یافت که این میزان برابر با ۰/۷ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه می‌باشد. از نظر فصلی نیز بیشترین و کمترین تغییرات مربوط به تابستان با ۱/۶ و فصل زمستان ۰/۱ درجه سلسیوس می‌باشد.

قلی‌پور (۱۳۹۵) در مقاله‌ای با عنوان «طراحی شهری حساس به آب: ارزیابی پیامدهای خشک‌شدن فصلی زاینده‌رود بر کیفیات تجربی _ زیبایی‌شناختی فضای شهری نمونه موردی: محدوده اطراف پل خواجو تا پل چوبی» با هدف استخراج معیارهای طراحی شهری شهر حساس به آب با استفاده از روش تحلیلی _ توصیفی و با استفاده از تجربیات زیبایی‌شناختی فضاهای شهری در قالب یک مدل شامل هفت بعد طراحی شهری (ریخت‌شناسی، ادراکی، بصری، اجتماعی، زمینه، زمان و زیست‌محیطی) به این نتایج رسیدند که طراحی شهری حساس به آب یک راهکار کارآمد و عملی در حیطه‌ی طراحی شهری در جهت مقابله با مشکلات زیست‌محیطی و اثرات سوء خشک‌سالی زاینده‌رود و بهبود کیفیات تجربی زیبایی‌شناختی فضاهای شهری حاشیه‌ای می‌باشد.

نوروزی (۱۳۹۳) در مقاله‌ای با عنوان «راهنمای طراحی شهری حساس نسبت به آب با تأکید بر بعد زیبایی‌شناختی نمونه موردی: بابل» با هدف دستیابی به راهی برای مدیریت پایدار آب‌های سطحی در شهر بابل با روش توصیفی _ تحلیلی و استفاده از مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای و مشاهده، مصاحبه و تصویربرداری به این نتایج رسیدند که با استفاده از رویکرد نوین و خلاقانه و با ادغام روش‌های هدایت و کنترل رواناب‌ها و رعایت اصول طراحی شهری می‌توان چرخه آب را مدیریت نمود.

[1] ElZein et al
[2] Radhakrishnan et al

با توجه به موارد ارائه‌شده در مورد شهرهای حساس به آب این موضوع جزو رویکردهای جدید در زمینه مدیریت و طراحی منابع آب در شهرها می‌باشد.

بر اساس پنل بین‌المللی تغییرات اقلیمی، گازهای گلخانه‌ای و به‌طور خاص کربن دی‌اکسید، در اثر استفاده از منابع انرژی و انتشار این مواد و تجمع آن ذرات در اتمسفر، منجر به افزایش تدریجی میانگین دمای جهانی شده است. از دهه ۱۹۹۰ برای حل مشکل گرمایش جهانی و متعاقب آن تغییرات اقلیمی جامعه بین‌المللی، با تصویب و پذیرش یک سری از معاهدات بین‌المللی که منجر به تعهد دولت به کاهش استفاده از گازهای گلخانه‌ای و محدود کردن اثرات آن می‌شود، یک رژیم حقوقی را شکل داده است. در این راستا، کارگروه سازمان ملل متحد در زمینه معاهدات مربوط به تغییرات اقلیمی و پروتکل کیوتو به عنوان پاسخ جهانی به معضل تغییرات اقلیمی در قرن بیستم در نظر گرفته شد که متعاقباً با توافق پاریس ۲۰۱۵ تکمیل شد (Azar, 2021: 2). افزایش گازهای گلخانه‌ای پس از انقلاب صنعتی و در اثر آن گرمایش جهانی موجب برهم خوردن تعادل سیستم اقلیمی کره زمین گردیده است. این پدیده می‌تواند بر بخش‌های مختلف همچون منابع آب، کشاورزی، محیطزیست، صنعت و... اثر منفی داشته باشد (Sadeqi & Jelodarlu.2021:1).

موضوع کاهش میزان رواناب‌ها به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران یکی از چالش‌های اساسی در رابطه با مدیریت منابع آب می‌باشد. تغییرات هیدرولوژیکی به وجود آمده عمدتاً ناشی از عوامل طبیعی (اقلیمی) و انسانی بوده است (Nowruz Zadeh et al, 2022: 2).

از اوایل قرن بیستم دانشمندان تغییری را در اقلیم کره زمین مشاهده می‌کنند که نمی‌توان آن را تنها به اثرات طبیعی گذشته نسبت داد و از اهمیت زیادی برخورداراست. پدیده تغییر اقلیم ممکن است در اثر فرآیندهای داخلی و یا نیروهای خارجی رخ دهد. نیروهای خارجی عواملی چون تغییر در ترکیبات اتمسفر در اثر فعالیت انسانی و تغییر در انتشارات خورشیدی و آتش‌فشانی را شامل می‌شوند. با وجود عوامل نام‌برده شده، فعالیت‌های انسانی مانند رشد صنایع و کارخانه‌ها، جنگل‌زدایی و تخریب محیطزیست، تغییر در مقدار گازهای گلخانه‌ای و ذرات ریز در نتیجه ایجاد تغییر اقلیم می‌باشد (Shayesteh, 2019: 28).

حکمروایی شایسته آب، هماهنگی بین عرضه، تحویل و استفاده آب با تضمین سطح کافی و عادلانه‌ای از رفاه اجتماعی و اقتصادی، بدون در معرض قرار دادن اکوسیستم تعریف می‌شود. همچنین این مفهوم به معنای سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آبی است؛ به‌گونه‌ای که از نظر اجتماعی پذیرفته‌شده باشد و هدف آن توسعه پایدار، کاربرد صحیح منابع آبی و اجرای این سیاست‌ها با همکاری مؤثر ذی‌نفعان و کنشگران درگیر در این فرآیند‌است. دو موضوع اصلی برای بهبود حکمروایی شایسته آب در آینده‌ای نزدیک وجود دارد؛ اول شیوه‌های جدید تولید و توزیع اطلاعات و دوم ایجاد چارچوب‌های نهادی و شبکه‌های اجتماعی که می‌تواند منجر به فرآیند دموکراتیک شود (Rezaei et al, 2019: 76).

یکی از راه‌های مهم سازگاری با خشکی و جلوگیری از روند بیابان‌زایی، استفاده مفید از منابع آب است و باید سعی کرد تا حد ممکن از ریزش‌های جوی و جریان‌های سطحی به نحو مطلوب استفاده شود. با توجه به محدودیت منابع آب‌وخاک، برای تأمین آب موردنیاز مزرعه و توسعه کشاورزی، به یک مدیریت صحیح نیاز ضروری می‌باشد تا از این منابع به‌طور بهینه استفاده شود؛ بنابراین در مدیریت صحیح کشاورزی سعی می‌شود جهت تأمین مواد غذایی موردنیاز و افزایش درآمد و کارایی مصرف آب از پتانسیل‌های آب‌وخاک در دسترس به نحو احسن استفاده شود. به‌عبارت‌دیگر در الگوی کشت باید محصولاتی مورداستفاده قرار گیرند که به آب کمتر نیاز داشته ولی درآمد بیشتری را به همراه داشته باشند (Ghashang Zadeh & Futuhi, 2021: 5).

وانگ و براون در سال ۲۰۰۹، سه رکن شهرهای حساس به آب را این‌گونه توصیف می‌کنند:

الف) هماهنگی بین برنامه‌ریزی شهری و برنامه‌ریزی برای آب؛

ب) استفاده از زیرساخت‌های چندمنظوره؛

ج) مولد و همکاری بین علم، سیاست، جامعه و عمل (Hemmati, 2016: 45).

جدول ۱- اهداف شهرهای حساس به آب از دیدگاه چسترفیلد و همکاران

اطمینان از کیفیت فضای شهری	بهبود سلامت زیست‌محیطی	ترویج زیرساخت‌های سازگار	بهبود بازده بهره‌وری منابع	رعایت عدالت در ارائه خدمات ضروری	ارتقای ظرفیت اجتماعی	حرکت به سمت حکومتی حساس به آب
فعال کردن ارتباط فضاهای سبز و آبی	زیستگاه‌های سالم و متنوع	تنوع مناسب در تأمین آب	بازیابی حداکثر منابع	دسترسی عادلانه به تأمین آب ایمن و مطمئن	آگاهی نسبت به آب	ظرفیت‌های علمی، مهارتی و سازمانی
عناصر شهری به‌منظور کاهش آثار گرمایش	کیفیت آب‌های سطحی و جریان‌ها	زیرساخت‌های چند عملکردی آب	کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای	دسترسی عادلانه و قابل‌اعتماد به خدمات بهداشتی	ارتباط با آب	آب به‌عنوان عنصری کلیدی در طراحی و برنامه‌ریزی شهری
پوشش گیاهی	کیفیت آب‌های زیرزمینی و تغذیه مجدد آن‌ها	کنترل هوشمند و یکپارچه	فرصت‌های کسب‌وکار مرتبط با آب	محافظت در برابر سیل به‌صورت عادلانه	مالکیت، مدیریت و مسئولیت‌های مشترک	توافق‌ها و فرآیندهای سازمانی، میان بخش‌ها
	حفاظت از نواحی زیست‌محیطی باارزش	زیرساخت‌های مستحکم	کاهش متقاضی آب شرب	دسترسی عادلانه و بهینه به خدمات مرتبط با آب	جامعه‌ای آماده در برابر رخدادهای غیرمترقبه	مشارکت مردمی و شفاف‌سازی
		زیرساخت و مالکیت در مقیاس مختلف	منابع در سایر بخش‌ها		مشارکت ساکنین در برنامه‌ریزی آب	چشم‌انداز بلندمدت، مدیریت و تعهد
		تعمیر و نگهداری مناسب				تأمین منابع آبی و مالی برای دستیابی به مطبوعیت اجتماعی
						احترام به دیدگاه مردمی

(منبع: Malek Marzban & Ertefaei, 2018: 7)

جدول ۲- زیستگاه‌های حساس به آب

شهرهای حساس به آب			
۴	۳	۲	۱
به حداکثر رساندن بازده (حداکثر بازده از حداقل منابع)	**سازگار با تغییر (انعطاف‌پذیری ساختمان)**	**زیرساخت‌های آبی – سبز (مدیریت حساس به آب)**	**نوآوری (منابع جدید آب)**
– تفکیک منابع	– تاب‌آوری	– برنامه‌ریزی و طراحی	– حفاظت و مدیریت تقاضای آب
– متمرکز و غیرمتمرکز	– حکومت مقتدر	– ارزش‌های اقتصادی	– جمع‌آوری آب باران/ رواناب
– کاهش گازهای گلخانه‌ای	– یادگیری اتحاد و مشارکت	– تأثیرات سلامتی	– بازیابی نهرها
– تصفیه آب با توجه به اهداف	– قانون و سیاست	– خدمات زیست‌محیطی	– آب زیرزمینی
– تصفیه و پیشگیری/ بازیابی ارزش‌ها	– پذیرش عمومی/ اجتماعی	– توسعه اجتماعی	– نمک‌زدایی آب
– تصفیه یکپارچه	– مدیریت	– گستره آب‌ها	
– بازیابی منابع		– رودخانه‌های شهری	
– تصفیه طبیعی فاضلاب		– زراعت شهری	

(منبع: Malek Marzban & Ertefaei, 2018: 9)

مواد و روش پژوهش

روش تحقیق در این مقاله بر اساس هدف کاربردی و نیز بر اساس ماهیت اکتشافی می‌باشد. همچنین از مدل دمارتن برای سنجش ضریب خشکی اصفهان و تحلیل آن استفاده خواهد شد.

مدل دمارتن، مدلی آماری برای سنجش ضریب خشکی شهرها بوده که نیازمند دو عامل میانگین درجه حرارت سالانه و میانگین بارندگی سالانه می‌باشد و از رابطه (۱) به دست می‌آید.

رابطه (۱): $A= P/(T+10)$

A= ضریب خشکی ,P = میانگین بارندگی سالانه و T= میانگین درجه حرارت سالانه

همچنین محدوده این مدل شامل محدوده‌های کوچک‌تر از ۱۰ (خشک)، ۱۰ تا ۱۹,۹ (نیمه‌خشک)، ۲۰ تا ۲۳,۹ (مدیترانه‌ای)، ۲۴ تا ۲۷,۹ (نیمه مرطوب)، ۲۸ تا ۳۴,۹ (مرطوب) و بزرگ‌تر از ۳۵ (بسیار مرطوب) می‌باشد (مطابق جدول ۳).

جدول ۳- طبقه‌بندی اقلیمی

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچک‌تر از ۱۰
نیمه‌خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه‌ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگ‌تر از ۳۵

در این مقاله با استفاده از مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای و به کمک اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک اصفهان و با استفاده از نرم‌افزار SDSM ابتدا تأثیرات مهم اقلیم سنجیده خواهد شد و سپس به تحلیل تأثیر دوسویه تغییرات اقلیمی و شهرهای حساس به آب پرداخته می‌شود.

مدل ریزمقیاس سازی SDSM در سال ۲۰۰۲ در انگلستان توسط ویلبای[1] و داوسون[2] توسعه یافت. این مدل جزو اولین ابزارهای کمکی برای ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم محلی می‌باشد. این مدل بر اساس داده‌های روزانه اقلیمی محلی (بارش و دما) و داده‌های بزرگ‌مقیاس ناحیه‌ای NCEP تنظیم می‌شود. سپس آب‌وهوای روزانه محلی برای دوره‌های پایه و آینده را با استفاده از متغیرهای بزرگ جوی ناشی شده از مدل‌های اقلیم جهانی شبیه‌سازی می‌کند. این مدل ترکیبی از مدل مولدهای آب‌وهوای رگرسیونی است و برای ارزیابی ارتباط بین متغیرهای ریزمقیاس محلی و متغیرهای بزرگ‌مقیاس جوی از داده‌های مستقل مشاهداتی استفاده می‌کند. برای بررسی و ارزیابی تغییر اقلیم در آینده، به یک دوره پایه به‌عنوان شاهد یا مرجع نیازاست. به این منظور سازمان هواشناسی دوره پایه را (۱۹۶۱-۱۹۹۰) انتخاب کرده تا یک هماهنگی در انتخاب دوره پایه در مطالعات مختلف صورت گیرد و امکان مقایسه آن‌ها فراهم گردد. در مواردی که در این دوره داده‌ای ثبت نشود دوره (۱۹۷۱-۲۰۰۵) پیشنهاد می‌شود.

اگر داده وجود داشته باشد بهترین حالت این است که از سال ۱۹۶۱ تا سال ۲۰۰۵ برای ارزیابی داده‌ها موارد در نظر گرفته شود که در این مقاله این مورد لحاظ شده است.

طریقه استفاده از نرم‌افزار SDSM شامل ۶ مرحله است:

۱- کنترل کیفیت و تبدیل داده‌ها،

۲- انتخاب متغیرهای پیش‌بینی کننده غالب،

۳- واسنجی مدل،

۴- تولید داده‌های تاریخی و صحت‌سنجی مدل،

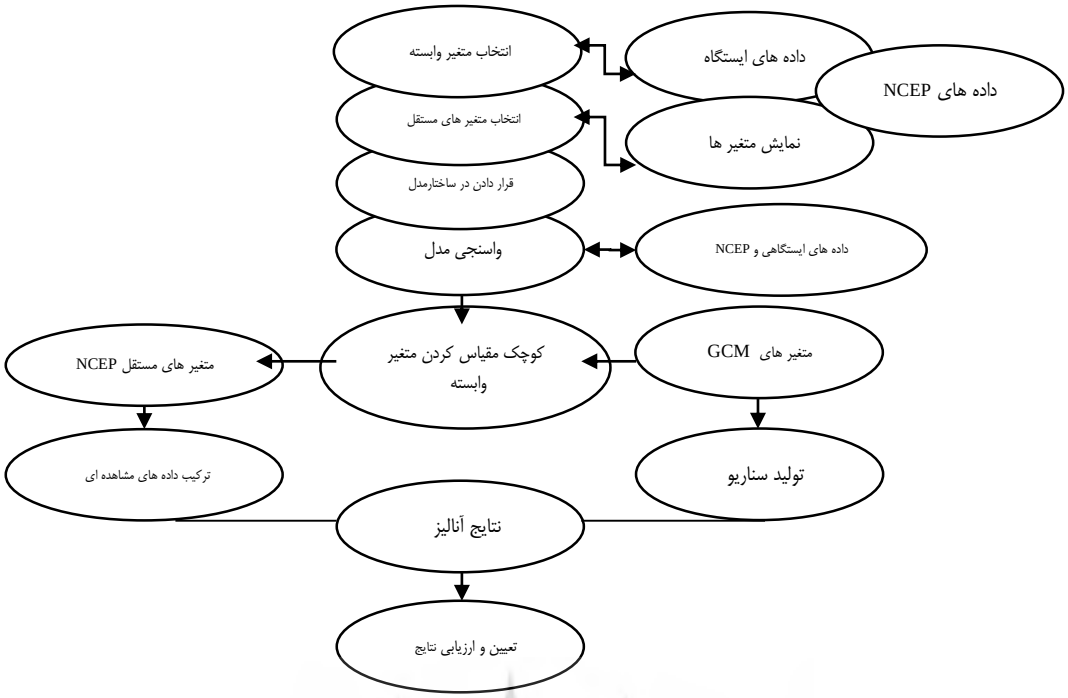
۵- آنالیز داده‌ها،

۶- تولید سناریوهای اقلیمی آینده.

در این پژوهش داده‌های مربوط به بارش و دمای متوسط روزانه ثبت‌شده در ایستگاه اصفهان مورد ارزیابی قرارگرفته است و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده تحلیل مربوطه و سناریوهای آتی ارائه گردیده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1] Wilby
[2] Dawson



شکل ۲- فرآیند ریزمقیاس سازی و تولید سناریوهای اقلیمی مدل SDSM

(منبع: Rezaei et al, 2014: 123)

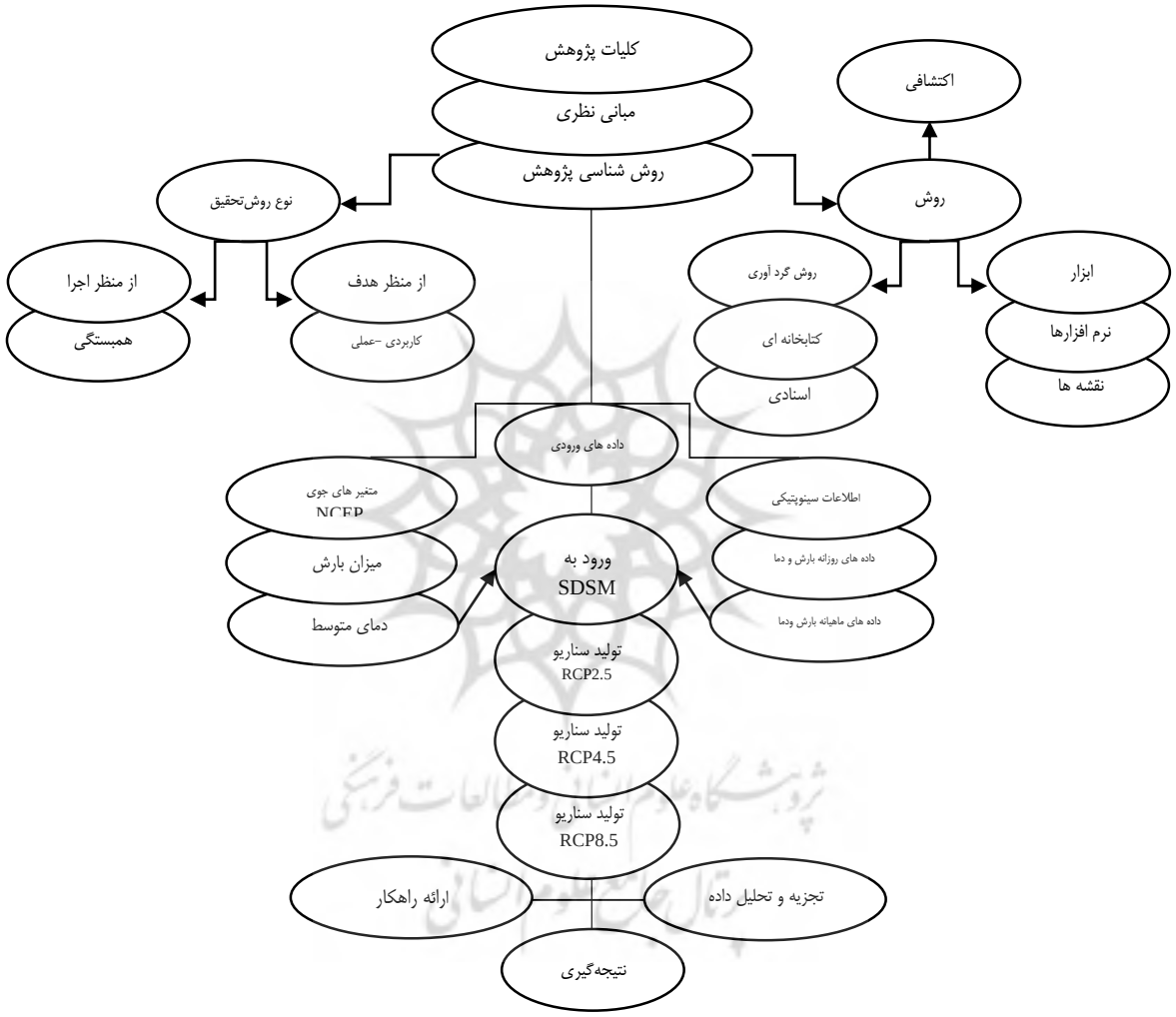
در این پژوهش ایستگاه سینوپتیک اصفهان انتخاب گردیده که با توجه به داده‌های ورودی به نرم‌افزار (دما و بارش)، با استفاده از سناریوهای RCP خروجی‌های canESM2 شبیه‌سازی‌شده است. داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک اصفهان برای دوره آماری ۱۹۶۱–۲۰۰۵ از سازمان هواشناسی اخذ گردیده است و با توجه به ساختار نرم‌افزارSDSM و گزارش پنجم این داده‌ها فقط تا سال ۲۰۰۵ امکان ورود داده دارند و برای صحت‌سنجی باید یک دوره پایه در نظر گرفته شود. علاوه بر آن بر اساس تنش آبی که در شهر اصفهان وجود دارد و تبدیل به مسئله سیاسی شده است، دریافت اطلاعات از سازمان‌های مختلف دشوار و سخت بوده و در برخی موارد دریافت این اطلاعات باعث درگیری با سازمان‌ها می‌شود. در مدل canESM2 برای داده‌های ورودی، از میان ۲۶ متغیر جوی، آن دسته از متغیرهایی که بیشترین همبستگی آماری را با داده‌های ایستگاه سینوپتیک داشته‌اند، انتخاب گردیده و سناریوهایRCP8.5 – RCP4.5 -RCP2.6 بررسی گردیده‌اند.

جدول ٤- متغیرهای ٢٦ گانه پیش‌بینی کننده NCEP

ردیف	متغیر	ردیف	متغیر
۱	شدت‌جریان ژئوستروفیک در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال	۱۴	ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال
۲	چرخندگی در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال	۱۵	ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتو پاسکال
۳	شدت مؤلفه مداری در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال	۱۶	رطوبت ویژه نزدیک سطح زمین
۴	شدت مؤلفه نصف‌النهاری در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال	۱۷	رطوبت ویژه تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال
۵	جهت باد در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال	۱۸	رطوبت ویژه تراز ۸۵۰ هکتو پاسکال
۶	واگرایی در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال	۱۹	میانگین دما در ارتفاع نزدیک سطح زمین
۷	شدت‌جریان ژئوستروفیک در تراز ۸۰۰ هکتو پاسکال	۲۰	بارش
۸	چرخندگی در تراز ۸۰۰ هکتو پاسکال	۲۱	شدت‌جریان ژئوستروفیک در تراز ۱۰۰۰ هکتو پاسکال
۹	شدت مؤلفه مداری در تراز ۸۰۰ هکتو پاسکال	۲۲	چرخندگی در تراز ۱۰۰۰ هکتو پاسکال
۱۰	شدت مؤلفه نصف‌النهاری در تراز ۸۰۰ هکتو پاسکال	۲۳	شدت مؤلفه مداری در تراز ۱۰۰ هکتو پاسکال
۱۱	جهت باد در تراز ۸۰۰ هکتو پاسکال	۲۴	شدت مؤلفه نصف‌النهاری در تراز ۱۰۰۰ هکتو پاسکال
۱۲	واگرایی در تراز ۸۰۰ هکتو پاسکال	۲۵	جهت باد در تراز ۱۰۰۰ هکتو پاسکال
۱۳	میانگین فشار تراز دریا	۲۶	واگرایی در تراز ۱۰۰۰ هکتو پاسکال

(منبع: Asakereh & Gholami, 2021: 29)

سناریو RCP2.5: این سناریو دربرگیرندهٔ کمترین نرخ افزایش گازهای گلخانه‌ای و واداشت تابشی ناشی از آن است. مطابق این سناریو واداشت تابشی در اواسط این قرن به ۳/۱ وات بر مترمربع رسیده و سپس کاهش‌یافته و به ۶/۲ وات بر مترمربع در سال ۲۱۰۰ رسیده است. برای این سطح از واداشت تابشی بایستی گازهای گلخانه‌ای به میزان قابل‌توجهی کاهش یابند.
سناریو RCP4.5: در این سیر واداشت تابشی ناشی از گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۱۰۰ در مقدار ۴/۵ وات بر مترمربع فرض می‌شود.
سناریو RCP8.5: انتشار و غلظت گازهای گلخانه‌ای در این سناریو در طول زمان به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌یابد و در پایان قرن بیست و یکم موجب ایجاد تابشی حدود ۸/۵ وات بر مترمربع می‌شود (Asakereh & Gholami, 2021: 30).
این سه سناریو حالت‌های بدترین تا بهترین وضع را در نظر می‌گیرند و با توجه به آن خروجی‌های مدل ارائه می‌گردد.

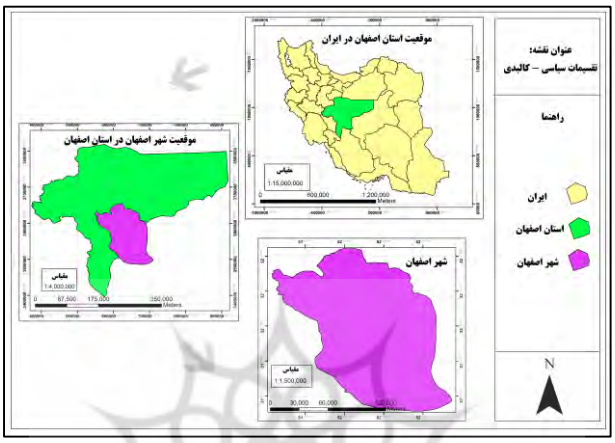


شکل ۳- مدل مفهومی پژوهش
(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

محدوده موردمطالعه

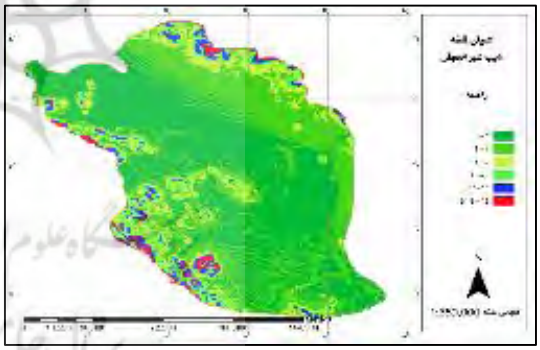
استان اصفهان با مساحت ۱۰۶,۱۷۹ کیلومترمربع، حدود ۶,۲۵ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. این استان با هشت استان مرز همسایگی دارد. از شمال به استان‌های قم، مرکزی و سمنان، از جنوب به استان‌های فارس و کهکیلویه و بویراحمد، از شرق به استان یزد و از غرب به استان‌های لرستان و چهارمحال و بختیاری محدود می‌شود. شهر اصفهان در مرکز این استان بعد از تهران و مشهد سومین شهر بزرگ ایران محسوب می‌گردد (Comprehensive plan of Isfahan, 2009). بر اساس اطلاعات سازمان هواشناسی کشور آب‌وهوای استان اصفهان به‌طورکلی معتدل خشک است، اما با توجه به تأثیر بادها و دوری و نزدیکی به

منطقه کوهستانی غرب و دشت کویر در شرق و جنوب شرقی، می‌توان آب‌وهوای آن را به ۳ بخش متمایز تقسیم کرد: آب‌وهوای بیابانی که شمال شهرستان نائین، حوزه بیابانک و انارک تا شمال اردستان را در برمی‌گیرد. مشخصه ویژه آن تغییر شدید و سریع درجه حرارت، کمی بارش باران و وزش بادهای تند در طول سال است. آب‌وهوای نیمه بیابانی که شهرستان اصفهان را در برمی‌گیرد و خشکی هوا و کم بودن بارندگی از مشخصات این نوع آب‌وهوا است. رودخانه زاینده‌رود به طرز چشمگیری بر روی آب‌وهوای این ناحیه تأثیر مثبت دارد و آن را تعدیل می‌کند. آب‌وهوای نیمه مرطوب سرد که قلمرو غرب و جنوب غربی اصفهان را در برمی‌گیرد، به نسبت افزایش ارتفاع، میزان بارندگی افزایش می‌یابد و از درجه حرارت هوا کاسته می‌شود (Rahimi, 2020: 2). با توجه به اطلاعات موجود در طرح تفصیلی شهر اصفهان، نقشه‌های جی‌آی‌اس شهر اصفهان برای شیب، بارش و دما تولید گردیده است.



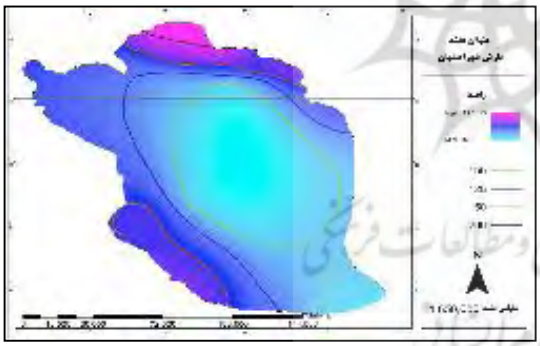
شکل ٤- موقعیت شهر اصفهان

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)



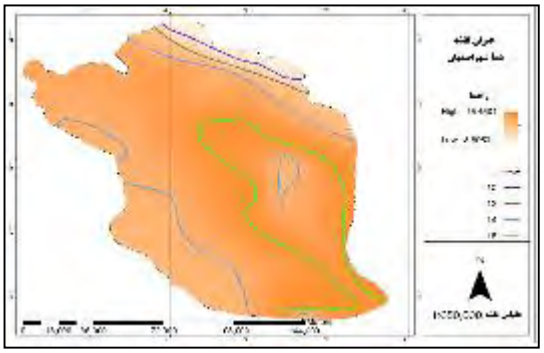
شکل ٥- شیب شهر اصفهان

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)



شکل ٦- بارش شهر اصفهان

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

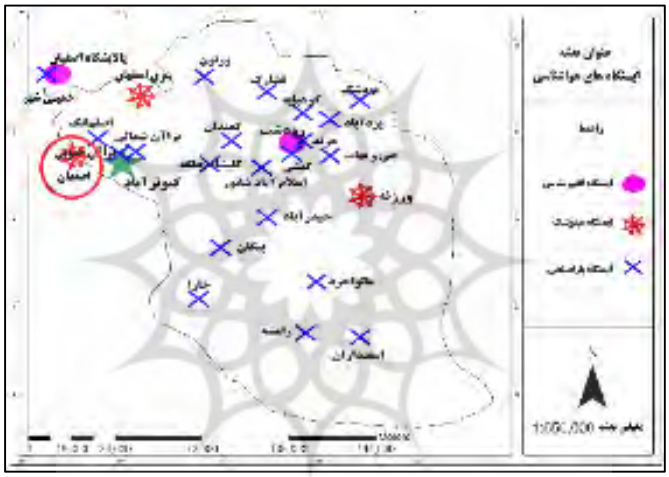


شکل ۷- دمای شهر اصفهان

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

با توجه به شکل (۵)، بیشترین میزان شیب شهر در محدوده ۰ تا ۳ درصد قرارگرفته است در داخل شهر پستی‌وبلندی کمتری مشاهده می‌شود و شهر هموار است همچنین می‌توان گفت در قسمت‌های شمال شرق و جنوب غرب و قسمت‌هایی از شمال غربی می‌توان شیب بالای ۱۵ درصد را مشاهده نمود که این مورد به دلیل وجود کوه در اطراف شهر اصفهان هست. با توجه به شکل (۶) می‌توان گفت میزان بارش در قسمت‌های میانی شهر تا ۱۲۵mm متغیر بوده و میزان بارش کم است ولی در قسمت‌های شمال و جنوب غرب میزان بارش افزایش می‌یابد و از ۱۵۰ تا ۲۰۰mm متغیر است و این ممکن است به دلیل وجود کوه‌ها در این قسمت‌ها باشد. با توجه به شکل (۷)، مشاهده می‌شود که قسمت‌های میانی شهر دارای دمای بین ۱۲ تا ۱۴ درجه سیلسیوس بوده و گرم و خشک محسوب می‌شوند، اما با توجه به تحلیل بارش در شکل (۶)، اطراف شهر به دلیل داشتن بارش نسبتاً زیاد دارای درجه حرارت کمتری هستند.

شهرستان اصفهان دارای ۴ ایستگاه سینوپتیک به نام‌های ایستگاه سینوپتیک و جو بالای اصفهان، ایستگاه تحقیقاتی هواشناسی کبوترآباد، ایستگاه شرق اصفهان (فرودگاه شهید بهشتی) و ایستگاه ورزنه که تازه تأسیس است، می‌باشد. همچنین تعداد ایستگاه‌های باران‌سنجی شهرستان اصفهان ۲۱ ایستگاه می‌باشد. در شکل (۵) موقعیت این ایستگاه‌ها نشان داده‌شده است. این ایستگاه‌ها بر اساس شرایط جوی متناسب با استان به‌صورت متعادل پخشایش داشته‌اند.



شکل ۸- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی شهر اصفهان

(منبع: General Department of Meteorology of Isfahan province. 2023 https://www.esfahanmet.ir/fa/pages/22/show)

از میان ۴۳ ایستگاه موجود در استان اصفهان، ایستگاه اصفهان انتخاب گردیده است تا با استفاده از آن‌ها پیش‌بینی‌های لازم در مورد شهر اصفهان صورت گیرد.

جدول ۵- معرفی ایستگاه اصفهان

ایستگاه	محل استقرار	نوع ایستگاه	سال تأسیس	ارتفاع از سطح دریا	طول شرقی			عرض شمالی		
اصفهان	اصفهان	سینوپتیک خودکار	۱۳۳۰	۱۵۵۰	۲۴	۴۲	۵۱	۴	۳۱	۳۲

(General Department of Meteorology of Isfahan province. 2023 https://www.esfahanmet.ir/fa/pages/22/show)

بحث و ارائه یافته‌ها

ابتدا با استفاده از روش دمارتن به بررسی شهر اصفهان از لحاظ اقلیم پرداخته می‌شود و سپس با استفاده از اطلاعات دریافتی از ایستگاه اصفهان مدل‌سازی برای دوره دور و نزدیک انجام خواهد گرفت. در این روش از میانگین دما و بارندگی سالانه برای تعیین اقلیم استفاده می‌شود. با توجه به میانگین بارش سالانه ۱۱۰ تا ۱۶۰ میلی‌لیتر و میانگین درجه حرارت سالانه ۱۰ الی ۱۶ که از

ایستگاه‌های سینوپتیک به‌دست‌آمده است، می‌توان اقلیم شهر اصفهان را با استفاده از رابطه (۱) که در بالا به آن اشاره شد، تعیین نمود:

$$A=\frac{۱۳۵}{۱۳+۱۰}$$

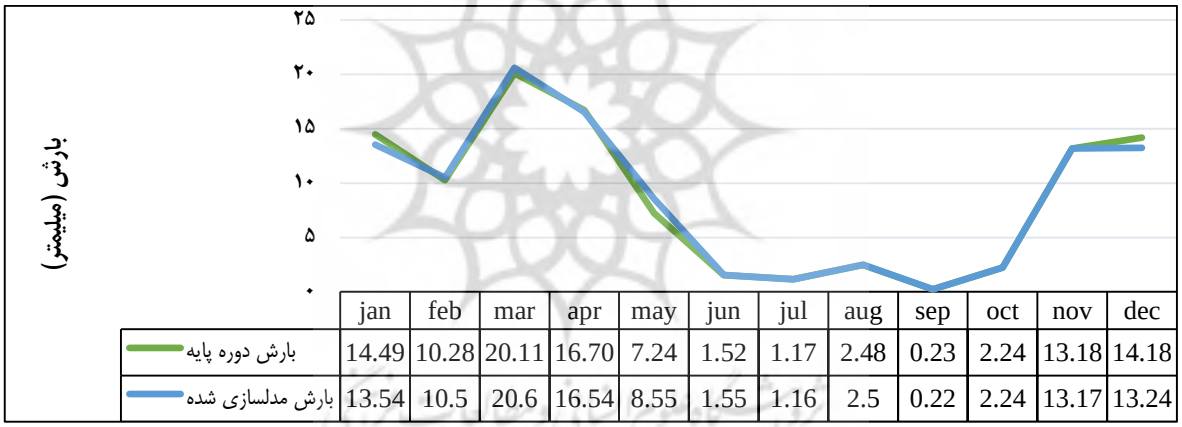
$$A=۵/۸$$

با توجه به عدد به‌دست‌آمده از مدل دمارتن و با توجه به جدول (۳) مشاهده می‌شود که شهر اصفهان در محدوده خشک و بیابانی قرار داشته و تغییرات اقلیمی به‌شدت بر آن تأثیرگذار است.

نتایج حاصل از نرم‌افزار SDSM

ایستگاه سینوپتیک اصفهان

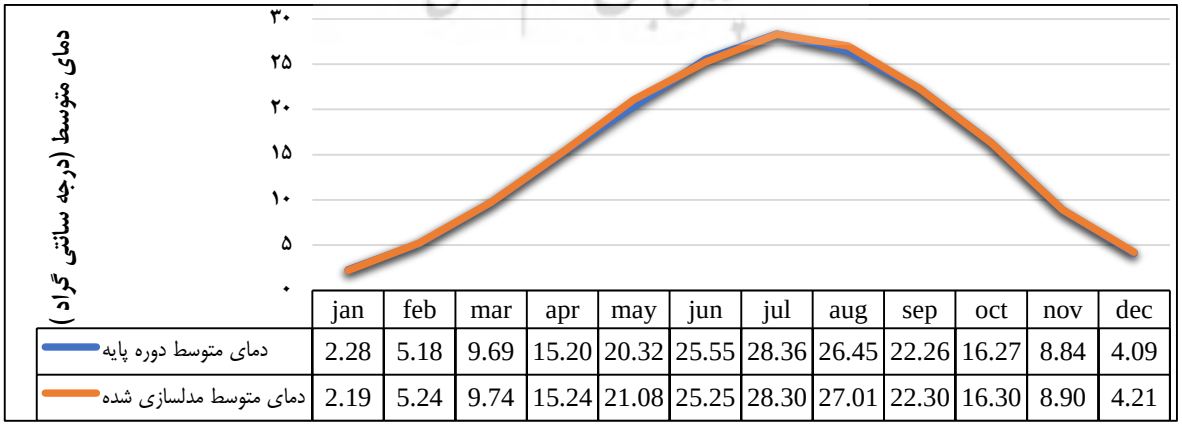
صحت‌سنجی دمای میانگین: ورودی‌های این مرحله شامل فایل کالیبره شده مرحله‌ای واسنجی برای دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۹۶۱ می‌باشد (فایلی که نشان‌دهنده ارتباط بین داده‌های مشاهداتی و متغیرهای NCEP است) و متغیرهای بزرگ‌مقیاس را ریز نمایی می‌کند و با دوره پایه (مشاهداتی) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.



	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
بارش دوره پایه	14.49	10.28	20.11	16.70	7.24	1.52	1.17	2.48	0.23	2.24	13.18	14.18
بارش مدلسازی شده	13.54	10.5	20.6	16.54	8.55	1.55	1.16	2.5	0.22	2.24	13.17	13.24

نمودار ۱- مقایسه بارش مشاهداتی ایستگاه اصفهان با بارش شبیه‌سازی‌شده در دوره پایه

(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)



	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
دمای متوسط دوره پایه	2.28	5.18	9.69	15.20	20.32	25.55	28.36	26.45	22.26	16.27	8.84	4.09
دمای متوسط مدلسازی شده	2.19	5.24	9.74	15.24	21.08	25.25	28.30	27.01	22.30	16.30	8.90	4.21

نمودار ۲- مقایسه دمای میانگین مشاهداتی ایستگاه اصفهان با دمای میانگین شبیه‌سازی‌شده در دوره پایه

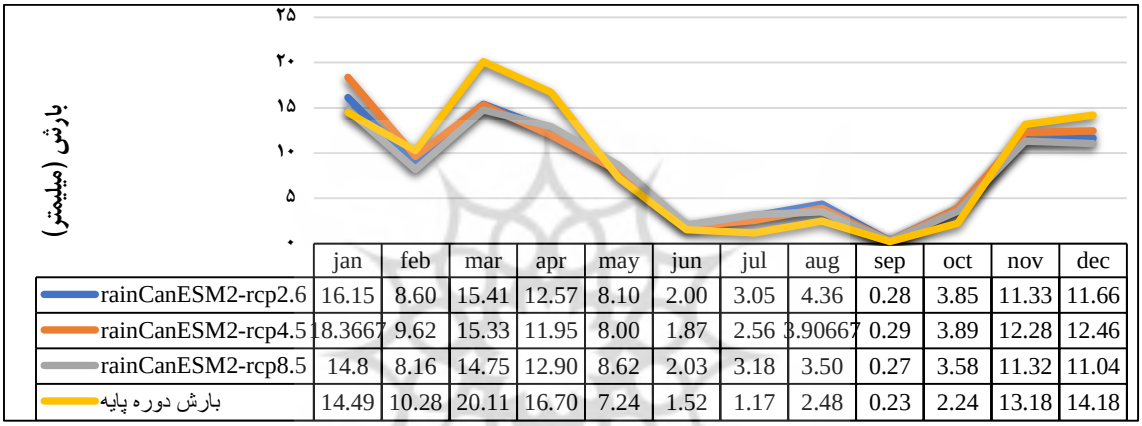
(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

با توجه به نمودار (۱) بیشترین میزان بارش مشاهده‌شده در سال‌های ۲۰۰۵ –۱۹۶۱ بیشترین میزان بارش در ماه‌های مارس و ژانویه ثبت‌شده است که با دوره مدل‌سازی شده تقریباً یکسان است فقط در ماه‌های ژانویه – دسامبر و می اندکی تفاوت دیده می‌شود. در نمودار (۲) که میانگین دمای متوسط در نظر گرفته‌شده است، دوره پایه و دوره مدل‌سازی شده مطابقت را نشان می‌دهند. پس می‌توان گفت صحت سنجی در این مرحله انجام‌شده و می‌توان سناریوها را در نظر گرفت.

شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی برای دوره‌های آتی

پس از اجرای مراحل صحت‌سنجی در مدل SDSM موارد در نرم‌افزار شبیه‌سازی می‌شوند. به‌این‌ترتیب که دوره‌های آینده نزدیک بین ماه‌های (۲۰۵۰–۲۰۲۱) و آینده دور بین ماه‌های (۲۰۵۱ –۲۰۸۰) موردبررسی قرارگرفته و سه سناریو به‌دست‌آمده (RCP2.6 = S1) -(S2 =RCP4.5)- (S3 =RCP8.5) با دوره پایه مقایسه و ارزیابی می‌گردد.

۱. بارش



	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
rainCanESM2-rcp2.6	16.15	8.60	15.41	12.57	8.10	2.00	3.05	4.36	0.28	3.85	11.33	11.66
rainCanESM2-rcp4.5	18.3667	9.62	15.33	11.95	8.00	1.87	2.56	3.90667	0.29	3.89	12.28	12.46
rainCanESM2-rcp8.5	14.8	8.16	14.75	12.90	8.62	2.03	3.18	3.50	0.27	3.58	11.32	11.04
بارش دوره پایه	14.49	10.28	20.11	16.70	7.24	1.52	1.17	2.48	0.23	2.24	13.18	14.18

نمودار ۳- مقایسه بارش در آینده نزدیک با دوره پایه در ایستگاه اصفهان (۲۰۲۱-۲۰۵۰)

(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

جدول ٦- میزان اختلاف بارش تحت سناریوها

ماه	S1	S2	S3
jan	−۱٫۶۶	−۳٫۸۸	−۰٫۳۱
feb	۱٫۶۸	۰٫۶۶	۲٫۱۲
mar	۴٫۷۰	۴٫۷۸	۵٫۳۶
apr	۴٫۱۳	۴٫۷۵	۳٫۸۰
may	−۰٫۸۶	−۰٫۷۶	−۱٫۳۸
jun	−۰٫۴۷	−۰٫۳۴	−۰٫۵۱
jul	−۱٫۸۸	−۱٫۳۹	−۲٫۰۱
aug	−۱٫۸۷	−۱٫۴۲	−۱٫۰۲
sep	−۰٫۰۵	−۰٫۰۶	−۰٫۰۴
oct	−۱٫۶۲	−۱٫۶۶	−۱٫۳۴
nov	۱٫۸۵	۰٫۹۰	۱٫۸۶
dec	۲٫۵۲	۱٫۷۳	۱٫۷۳

(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

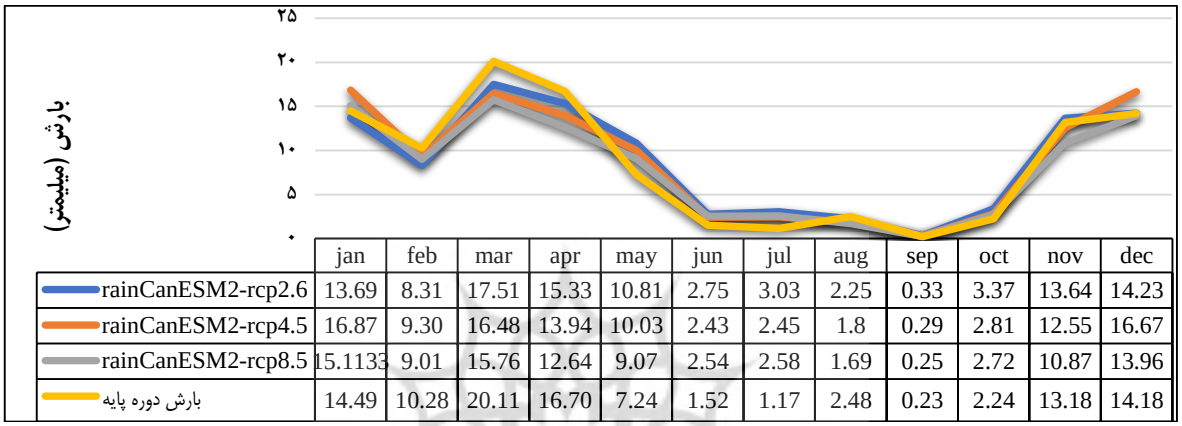
با توجه به نمودار (۳) و مطابق سناریوها در جدول (۶)، بیشترین میزان اختلاف بارش نسبت به سال پایه:

S1: افزایش بارش، ماه مارس (فروردین) با میزان ۴٫۷۰ میلی‌متر بارش و کمترین آن، ماه سپتامبر (شهریور) با میزان ۰٫۰۵- می‌باشد.

S2: افزایش بارش، ماه مارس (فروردین) با میزان ۴٫۷۸ میلی‌متر بارش و کمترین آن، ماه ژانویه (دی) با میزان ۳٫۸۸- می‌باشد.

S3: ماه مارس (فروردین) با میزان ۵٫۳۸ میلی‌متر بارش و کمترین آن، ماه سپتامبر (شهریور) با میزان ۰٫۰۴- هست.

می‌توان گفت الگوهای بارش بر اساس تغییرات اقلیمی که در سال‌های آتی رخ خواهد داد، کاملاً تغییر می‌کند با توجه به نمودار و در نظر گرفتن سناریوها بر هم خوردن نظم ریزش نزولات جوی کاملاً مشهود است. به این حالت که در ماه‌های سرد سال (آذر تا اسفند) کاهش بارش مشاهده می‌گردد و این در حالی است که در فصل‌های گرم سال (تیر تا شهریور) بارش گسترده مشاهده می‌گردد که این موضوع باعث می‌شود ذخیره آب در هنگام بارش اتفاق نیفتد و در بیشتر موارد کم‌آبی و خشک‌سالی تشدید شود.



	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
rainCanESM2-rcp2.6	13.69	8.31	17.51	15.33	10.81	2.75	3.03	2.25	0.33	3.37	13.64	14.23
rainCanESM2-rcp4.5	16.87	9.30	16.48	13.94	10.03	2.43	2.45	1.8	0.29	2.81	12.55	16.67
rainCanESM2-rcp8.5	15.1133	9.01	15.76	12.64	9.07	2.54	2.58	1.69	0.25	2.72	10.87	13.96
بارش دوره پایه	14.49	10.28	20.11	16.70	7.24	1.52	1.17	2.48	0.23	2.24	13.18	14.18

نمودار ٤- مقایسه بارش در آینده دور با دوره پایه در ایستگاه اصفهان (۲۰۵۱-۲۰۸۰)

(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

جدول ۷- میزان اختلاف بارش تحت سناریوها

ماه	S1	S2	S3
jan	۰٫۸۸	-۲٫۳۸	-۰٫۶۲
feb	۱٫۹۷	۰٫۹۸	۱٫۲۷
mar	۲٫۶۰	۳٫۶۳	۴٫۳۵
apr	۱٫۳۷	۲٫۷۷	۴٫۰۶
may	-۳٫۵۶	-۲٫۷۹	-۱٫۸۳
jun	-۱٫۲۳	-۰٫۹۱	-۱٫۰۱
jul	-۱٫۸۶	-۱٫۲۸	-۱٫۴۱
aug	۰٫۲۳	۰٫۶۸	۰٫۷۹
sep	-۰٫۱۱	-۰٫۰۶	-۰٫۰۲
oct	-۱٫۱۳	-۰٫۵۷	-۰٫۴۸
nov	-۰٫۴۶	۰٫۶۳	۲٫۳۱
dec	-۰٫۰۵	-۲٫۴۹	۰٫۲۲

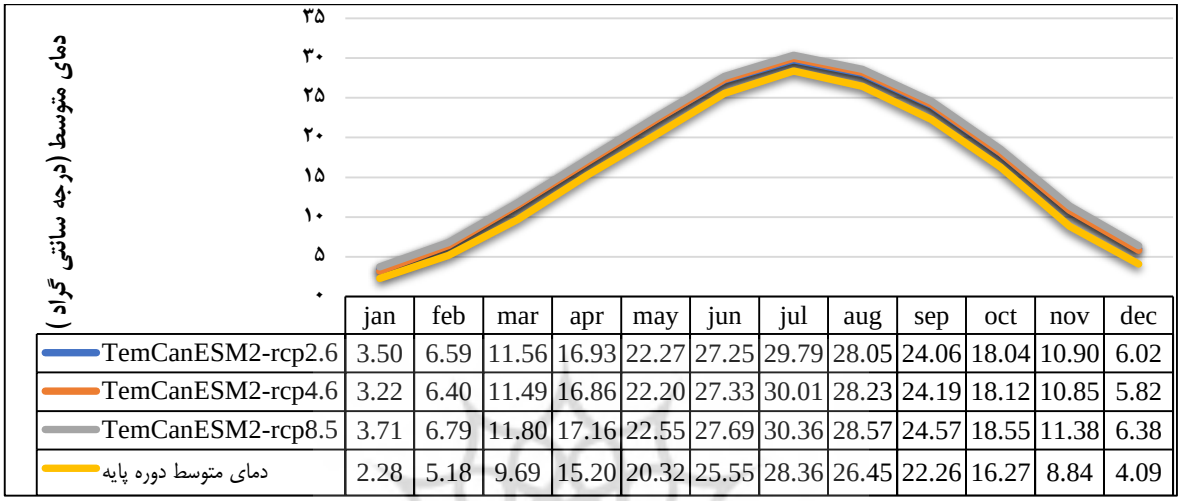
(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

برحسب نمودار (۴) مطابق سناریوها مطابق جدول (۷): کاهش بارش برای آینده دور (۲۰۸۰-۲۰۵۱) به ترتیب از سناریو خوش‌بینانه S1 تا سناریو بدبینانه S3 در حال کاهش می‌باشد و این کاهش بارش ادامه‌دار خواهد بود تا میزان بارش به حداقل میزان خود برسد.

S1: افزایش بارش، ماه مارس (فروردین) با میزان ۲٫۶۰ میلی‌متر بارش و کمترین آن، ماه دسامبر (دی) با میزان ۰٫۰۵- می‌باشد.

S2: افزایش بارش، ماه مارس (فروردین) با میزان ۳٫۶۳ میلی‌متر بارش و کمترین آن، ماه مه (اردیبهشت) با میزان ۲٫۷۹- می‌باشد.
S3: ماه مارس (فروردین) با میزان ۴٫۳۵ میلی‌متر بارش بیشترین و کمترین آن، ماه سپتامبر (شهریور) با میزان ۰٫۰۴- می‌باشد.
با توجه به سناریوها می‌توان گفت در آینده دور ۲۰۸۰ کاملاً الگوی بارش نامنظم شده است. به‌طوری‌که در تابستان مقدار بارش فراوان‌تر است.

۲. دمای حداکثر



	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
TemCanESM2-rcp2.6	3.50	6.59	11.56	16.93	22.27	27.25	29.79	28.05	24.06	18.04	10.90	6.02
TemCanESM2-rcp4.6	3.22	6.40	11.49	16.86	22.20	27.33	30.01	28.23	24.19	18.12	10.85	5.82
TemCanESM2-rcp8.5	3.71	6.79	11.80	17.16	22.55	27.69	30.36	28.57	24.57	18.55	11.38	6.38
دمای متوسط دوره پایه	2.28	5.18	9.69	15.20	20.32	25.55	28.36	26.45	22.26	16.27	8.84	4.09

نمودار ۵- مقایسه دمای متوسط با دوره پایه در ایستگاه اصفهان (۲۰۲۱-۲۰۵۰)

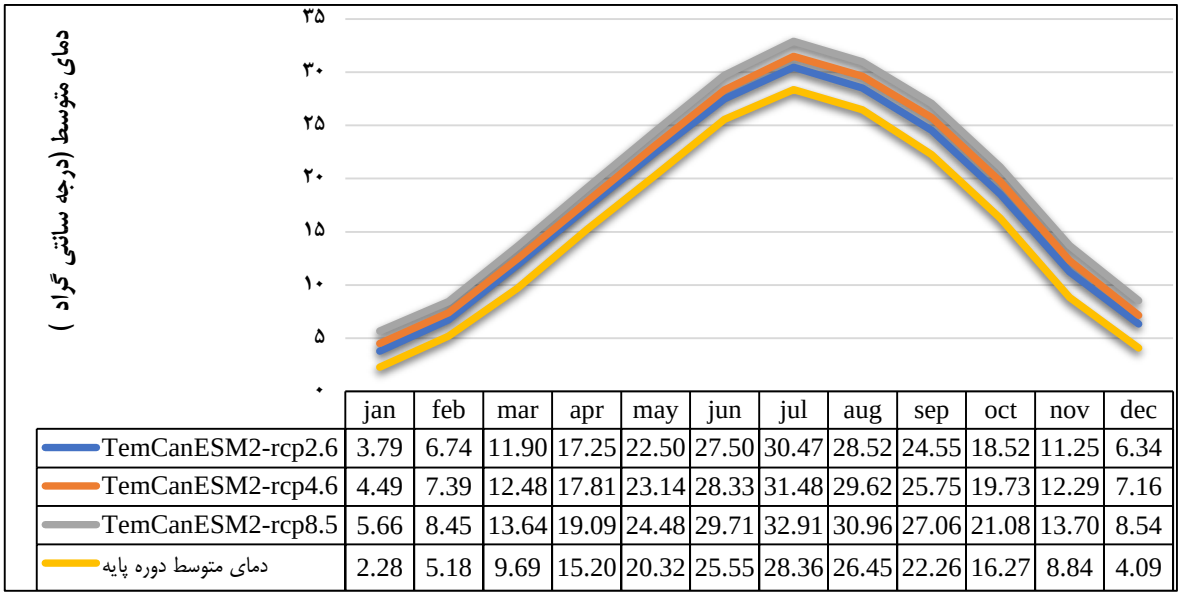
(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

جدول ۸- میزان اختلاف دمای متوسط تحت سناریوها

ماه	S1	S2	S3
jan	-۱٫۲۲	-۰٫۹۴	-۱٫۴۳
feb	-۱٫۴۱	-۱٫۲۲	-۱٫۶۱
mar	-۱٫۸۶	-۱٫۸۰	-۲٫۱۰
apr	-۱٫۷۳	-۱٫۶۶	-۱٫۹۶
may	-۱٫۹۵	-۱٫۸۸	-۲٫۲۳
jun	-۱٫۷۰	-۱٫۷۸	-۲٫۱۴
jul	-۱٫۴۴	-۱٫۶۵	-۲
aug	-۱٫۵۹	-۱٫۷۷	-۲٫۱۲
sep	-۱٫۸۰	-۱٫۹۳	-۲٫۳۱
oct	-۱٫۷۷	-۱٫۸۴	-۲٫۲۸
nov	-۲٫۰۶	-۲٫۰۱	-۲٫۵۵
dec	-۱٫۹۳	-۱٫۷۲	-۲٫۲۹

(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

برحسب نمودار (۵) مطابق سناریوها مطابق جدول (۸): افزایش دما به ترتیب از سناریو خوش‌بینانه S1 تا سناریو بدبینانه S3 در حال افزایش است و این افزایش دما نشان از گرم شدن شهر اصفهان نسبت به دوره پایه در آینده نزدیک است. هرچقدر تغییرات دمایی در شهر اصفهان بیشتر باشد امکان وقوع خشک‌سالی نیز بالاتر می‌رود. در بدبینانه‌ترین حالت می‌توان گفت دمای اصفهان طی ۳۰ سال آتی به‌طور متوسط سالانه ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد داشت.



	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
TemCanESM2-rcp2.6	3.79	6.74	11.90	17.25	22.50	27.50	30.47	28.52	24.55	18.52	11.25	6.34
TemCanESM2-rcp4.6	4.49	7.39	12.48	17.81	23.14	28.33	31.48	29.62	25.75	19.73	12.29	7.16
TemCanESM2-rcp8.5	5.66	8.45	13.64	19.09	24.48	29.71	32.91	30.96	27.06	21.08	13.70	8.54
دمای متوسط دوره پایه	2.28	5.18	9.69	15.20	20.32	25.55	28.36	26.45	22.26	16.27	8.84	4.09

نمودار ٦- مقایسه دمای متوسط در آینده دور با دوره پایه در ایستگاه اصفهان (۲۰۵۱-۲۰۸۰)

(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

جدول ۹- میزان اختلاف دمای متوسط تحت سناریوها

ماه	S1	S2	S3
jan	-۱,۵۱	-۲,۲۱	-۳,۳۸
feb	-۱,۵۶	-۲,۲۱	-۳,۲۷
mar	-۲,۲۰	-۲,۷۸	-۳,۹۴
apr	-۲,۰۶	-۲,۶۱	-۳,۸۹
may	-۲,۱۸	-۲,۸۲	-۴,۱۶
jun	-۱,۹۴	-۲,۷۸	-۴,۱۶
jul	-۲,۱۲	-۳,۱۲	-۴,۵۵
aug	-۲,۰۶	-۳,۱۶	-۴,۵۱
sep	-۲,۲۹	-۳,۴۹	-۴,۸۰
oct	-۲,۲۵	-۳,۴۵	-۴,۸۱
nov	-۲,۴۱	-۳,۴۶	-۴,۸۶
dec	-۲,۲۵	-۳,۰۶	-۴,۴۵

(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

برحسب نمودار (۶) مطابق سناریوها مطابق جدول (۹): دما به ترتیب از سناریو خوش‌بینانه S1 تا سناریو بدبینانه S3 در حال افزایش است و این افزایش دما نشان از گرم شدن شهر اصفهان نسبت به دوره پایه در آینده دور است. در بدبینانه‌ترین حالت می‌توان گفت دمای اصفهان طی ۶۰ سال آتی به‌طور متوسط سالانه ۲/۱ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد داشت و این افزایش دما به معنی نابودی کامل شهر اصفهان می‌باشد.

با توجه به خروجی‌های مدل SDSM می‌توان گفت شهر اصفهان به لحاظ آب و هوایی شرایط بسیار بحرانی را سپری می‌کند. از یک‌سو شهر اصفهان یک شهر صنعتی است که برخورداری از کارخانه‌های متعدد کار را برای کاهش مصرف آب، سخت کرده است و از طرفی تغییرات اقلیمی مبتنی بر تغییرات دمایی و الگوهای بارش با نتایج به‌دست‌آمده، بسیار زیاد است. اگر روند این تغییرات به‌گونه‌ای مهار نشود، در آینده‌ای نه‌چندان دور شاهد تغییرات عظیمی در شهر اصفهان خواهیم بود که حتی منجر به جنگ بین کشورها بر سر آب خواهد بود.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

تغییر اقلیم عبارت است از تغییر معنی‌دار در متوسط داده‌های هواشناسی در طی یک دوره معین زمانی که این دوره زمانی ۱۰ ساله یا بیشتر می‌باشد. بر اساس پنل بین‌المللی تغییرات اقلیمی، گازهای گلخانه‌ای و به‌طور خاص کربن‌دی‌اکسید منجر به افزایش تدریجی میانگین دمای جهانی شده است. افزایش گازهای گلخانه‌ای پس از انقلاب صنعتی و در اثر آن گرمایش جهانی موجب برهم خوردن تعادل سیستم اقلیمی کره زمین گردیده است. این پدیده می‌تواند بر بخش‌های مختلف همچون منابع آب، کشاورزی، محیطزیست، صنعت و... اثر منفی داشته باشد.

با توجه به تحقیقات صورت گرفته به روش دمارتن، می‌توان به این نتیجه پی برد که اصفهان در محدوده خشک و بیابانی قرار دارد و تغییرات اقلیمی به‌شدت بر اصفهان تأثیرگذار است. مجموع میانگین بارش سالانه ایستگاه اصفهان ۱۲۷ میلی‌متر گزارش‌شده است. ذکر این نکته بسیار حائز اهمیت می‌باشد که بیشینه بارش سالانه در این ایستگاه ۳۳۸٫۸ میلی‌متر است که در سال ۱۹۵۴ میلادی رخ‌داده است. همچنین کمینه بارش سالانه به ۴۰٫۳ میلی‌متر می‌رسد که در سال ۱۹۶۰ میلادی رخ‌داده است. بر اساس این آمار می‌توان به این نکته دست‌یافت که ماه فروردین و اواخر اسفند پرباران‌ترین ماه‌های این ایستگاه می‌باشند. علاوه بر آن نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی‌ها در نرم‌افزار SDSM که با داده‌هایNCEP (بارش و دما) مورد ارزیابی قرار گرفت؛ نشان داد که شهر اصفهان تا سال ۲۰۵۰ شاهد گرم شدن ۲ درجه سانتی‌گرادی خواهد بود که این دما با تأثیرگذاری در کل شرایط جوی باعث بر هم خوردن الگوهای بارش و سایر متغیرهای ۲۶ گانه سازمان هواشناسی خواهد شد. این در حالی است که اگر تا سال ۲۰۵۰ تمهیداتی برای مهار افزایش دما (مبتنی برافزایش گازهای گلخانه‌ای) اندیشیده نشده باشد، این افزایش روند صعودی به خود گرفته و تا ۴ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۸۰ افزایش خواهد داشت.

شاهی‌نژاد و همکاران در مقاله خود با مطالعه دو ایستگاه کاکا رضا و دهنو، در دوره زمانی ۱۹۷۰ –۲۰۰۵ به این نتایج دست‌یافته‌اند که بارش دارای روند نزولی و دمای متوسط تحت سناریوها دارای آهنگ افزایشی است، به‌گونه‌ای که در بازه زمانی ۲۰۷۶–۲۱۰۰ تحت سناریوی RCP8.5 (سناریوی بدبینانه) در این دو ایستگاه بارش به ترتیب ۳۹ و ۳۶ درصد در مقیاس ماهانه و ۳۶/۳۰ و ۳۵/۳۳ درصد در مقیاس سالانه، بیشترین کاهش و دمای متوسط به ترتیب ۱۷/۵ و ۱۷/۱ درصد در مقیاس ماهانه و ۹/۳۲ و ۹/۰۶ درصد در مقیاس سالانه بیشترین افزایش را خواهند داشت (Shahinejad et al.2022:657).

با توجه به پژوهش حاضر در این مقاله نیز نتیجه گرفته شد که الگوهای بارش روند کاهشی در فصل‌های سرد سال که مهم‌ترین فصل‌ها برای بارش و ذخیره منابع آبی هستند، وجود دارد و علاوه بر آن دما نیز سیر صعودی خواهد داشت و تأثیر زیادی بر دمای شهر اصفهان خواهد گذاشت به‌طوری‌که می‌توان گفت: اصفهان به کم آب‌ترین شهر ایران تبدیل خواهد شد.

هوشیار و همکاران در مقاله خود بامطالعه ایستگاه سینوپتیک ارومیه به این نتایج رسیدند که دمای شهر ارومیه در دوره آماری افزایش خواهد داشت که این افزایش به‌صورت متوسط سالانه برابر با ۰/۷ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه خواهد بود بیشترین و کمترین تغییرات زمانی فصلی نیز به ترتیب برابر با ۱/۶ مربوط به تابستان و ۰/۱ مربوط به زمستان هست (Houshyar et al, 2018: 320).

در مقاله پژوهشی حاضر در مورد دمای حداکثر به این نتیجه رسیدیم که در سال‌های آتی با افزایش دما در شهر اصفهان مواجه خواهیم شد که این افزایش به‌طور متوسط سالانه ۲ درجه سلسیوس می‌باشد یعنی می‌توان گفت مهار افزایش دما در سال ۲۰۸۰ در شهر اصفهان غیرممکن خواهد بود و ممکن است شهر اصفهان دماهایی را تجربه کند که برای زندگی انسان‌ها مناسب نباشد.

راهکارهای بسیاری در مورد مهار آهنگ افزایش دما و جلوگیری از تغییرات اقلیمی در دست‌کار قرارگرفته‌اند اما هیچ‌یک تاکنون به راه‌حلی قطعی نبوده‌اند. استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر، تغییر روش آبیاری در کشت، کاهش مصرف آب در بخش صنعت، افزایش جنگل‌های مصنوعی و دست‌ساز برای جذب مقدار زیاد گرما به خود و ... می‌تواند برای مدیریت استفاده از منابع آب و نیز جلوگیری از هدر رفت آن، مفید واقع شود. با استفاده از این روش‌ها تا حدودی می‌توان از گرم شدن سریع کره زمین جلوگیری کرد؛ به شرطی که تمامی شهرها تابع اجرای قوانین اصولی باشند.

References:

- Alavi Nia, S. (2016). Assessment of the impact of climate change on the underground water resources of Isfahan-Barkhor plain. *PhD thesis, Kashan University (Faculty of Natural Resources and Earth Sciences)*. https://ganj.irandoc.ac.ir/viewer/fff9fa86b1df48077810d54bf42c2b19 **[In Persian]**
- Asakereh, H., & Gholami, A. (2021). Simulating maximum temperature recorded in Qazvin Synoptic Station Using Statistical Downscaling of CanESM2 Output. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 30*(118), 25-41. 10.22131/sepehr.2021.246103 **[In Persian]**
- Azad Jelodarlu, K., & Sadeqi, A. (2021). Projection of Quantitative Changes in Groundwater of Ardabil Plain under the Climatic Stresses Based on Precipitation and Runoff. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, *10*(4), 95-108. 10.30495/WSRCJ.2021.18083 **[In Persian]**
- Azar, S. (2021). The evolution of the government's responsibility towards climate change, with a look at the Kyoto Treaty and the Paris Agreement. *The second international conference on knowledge and technology of law and humanities*. https://ganj.irandoc.ac.ir/viewer/2528a4d74e605df1ca2642e9ab2bcc65 **[In Persian]**
- Comprehensive plan of Isfahan. (2009). **[In Persian]**
- ElZein, Z., Abdou, A., & Säumel, I. (2022). Lessons Learned for Drought Cities: Promising Steps towards Water Sensitive Urban Design in Arid and Semi-arid Cities. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1619130/v1
- General Department of Meteorology of Isfahan Province, Isfahan Climatic Profile. [In Persian].
- General Department of Meteorology of Isfahan province. (2023). https://www.esfahanmet.ir/fa/pages/22/show **[In Persian]**
- Ghashang Zadeh, A., & Futuhi, F. (2021). The effect of fluctuation of precipitation due to climate change on crop production and water limitation management in Iran. *The 10th International Conference on Rain Catchment Surface Systems* . https://civilica.com/doc/1411106 **[In Persian]**
- Hemmati, G. (2016). Localization of the model of water-sensitive cities (case study: Tehran metropolis). *Master's thesis, Allameh Tabatabai University (Faculty of Social Sciences)*. https://ganj.irandoc.ac.ir/viewer/c3903bd8041daf7cde4bf6c84146d2b5 **[In Persian]**
- Houshyar, M., Sobhani, B., & Hossein, A. (2018). Future projection of Maximum Temperature in Urmia through Downscaling Output of CanESM2 Model. Journal of Geography and Planning .4-15. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_7598 **[In Persian]**
- Jelodarlu, k. Sadeqi, A. (2021). Projection of Quantitative Changes in Groundwater of Ardabil Plain under the Climatic Stresses Based on Precipitation and Runoff. water and soil resources conservation. Volume 10, Issue 4, August 2021, Pages 98-108. 10.30495/wsrcj.2021.18083 **[In Persian]**
- Karimian, R. (2020). Evaluation of executive policies in the city of Isfahan in the field of planning water-sensitive cities in the period of 2018-2018. *Master's thesis in urban planning. Isfahan university of art*. https://ganj.irandoc.ac.ir/viewer/b4034563fc1d049564ed8203ff9f8def **[In Persian]**
- Khorram Araei, M. (2020). Water-sensitive landscape design in arid and semi-arid regions (case study: university campus). *Master's thesis in Landscape Architecture Engineering, Shahid Beheshti University, Faculty of Architecture and Urban Planning, Department of Landscape Architecture*. https://ganj.irandoc.ac.ir/viewer/6caf2586a31f843fb036796c086aa54c **[In Persian]**
- Lee, S., Yigitcanlar, T., Dawes, L., & Goonetilleke, A. (2010). Investigating challenges and opportunities of water-sensitive urban design for knowledge-based development of Australian cities. Proceedings from The 3rd Knowledge Cities World Summit-From Theory to Practice, 676-686.. https://eprints.qut.edu.au/39235/1/39235.pdf
- Malek Marzban, A., & Ertefaei, F. (2018). Introducing the water-sensitive city and its place in today's cities in order to optimally use urban water resources. *The second international conference on civil engineering, architecture, and urban management in Iran*. https://civilica.com/doc/973678 **[In Persian]**
- Nowruz Zadeh, Hajar., Hassan Pourkashani, M., & Rasul Zadeh, A. (2022). Investigating climate changes and human activities in the flow rate of Qarasu River in Ardabil. *The fourth National Conference of Hydrology of Iran*. https://civilica.com/doc/1544693 **[In Persian]**
- Radhakrishnan, M., Pathirana, A., Ashley, R. M., Gersonius, B., & Zevenbergen, C. (2018). Flexible adaptation planning for water-sensitive cities. *Cities*, *78*, 87-95. https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.01.022
- Rahimi, N. (2020). Reusing a solution to adapt existing buildings to climate change, the case study of Isfahan Dehdashti House and No. Haft House, Isfahan, *۱۰th International Conference on Sustainable Development and Urban Construction*. https://civilica.com/doc/1388214 **[In Persian]**
- Rezaei, E., Ebrahimzadeh, D., & Eskandari Sani, D. (2019). Critical Analysis of Urban Water Policies in terms of Institutional Capacity (Case Study: Birjand City). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, *9*(31), 73-92. 10.22111/GAIJ.2019.4706 **[In Persian]**

- Rezaei, M., Nohtani, M., Abkar, A., Rezaei, M., & Mirkazehi, R. M. (2014). Performance evaluation of statistical downscaling model (SDSM) in forecasting temperature indexes in two arid and hyper-arid regions (case study: Kerman and Bam). https://jwmr.sanru.ac.ir/article-1-417-fa.html **[In Persian]**
- Samiei, S. (2021). An analysis of climate changes on the planet and the crises of natural resources and biodiversity of the world. *The 4th International Conference of Biology and Earth Sciences, Hamadan, March 1400*. https://civilica.com/doc/1447014 **[In Persian]**
- Shahinejad, B., Kakavand, A., Yonesi, H., & Yousefi, H. (2022). Downscaling of Precipitation and Temperature Using CanESM2 Model Based on RCP Scenarios (case study: Horrood River). *Iranian Journal of Ecohydrology*, *9*(3), 657-673. 10.22059/IJE.2022.346258.1664 **[In Persian]**
- Shayesteh, M. (2019). Investigating the effects of climate and anthropogenic changes on the quality of Zayandeh Rood water basin with the help of GIS software. *Master's thesis, Shahid Rajaee Tarbiat University (Faculty of Materials Engineering and Modern Technologies)*, Ganj. random.ac.ir/viewer/a51378be541d587b9daf7b9eabbe834b **[In Persian]**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی