

## Research Paper

# Investigating the Effects of Climate Change on the Livability of Cities: A Case Study of Mashhad City

Hossein Hataminejad<sup>1</sup> , Ali Hosseini<sup>\*2</sup> , Abolfazl Mansouri Etminan<sup>3</sup> , Maryam Bayrami<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Professor, Department of Human Geography and Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Human Geography and Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

<sup>3</sup> Ph.D. Candidate, Department of Human Geography and Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

<sup>4</sup> Ph.D. Candidate, Department of Human Geography and Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

[10.22080/usfs.2025.27655.2464](https://doi.org/10.22080/usfs.2025.27655.2464)

Received:  
September 7, 2024

Accepted:  
December 22, 2024

Available online:  
May 31, 2025

**Keywords:**  
Global Warming,  
Greenhouse Gases,  
Climate Change, Urban  
Livability, Mashhad City

## Abstract

In recent years, the phenomenon of climate change has become the main focus of the destabilizing challenges of human settlements. Today, many cities in the world are facing the consequences of climate change, including increased temperatures, decreased rainfall, drought and water shortages, food insecurity, air pollution, threats to human health, impacts on energy demand in hot and cold seasons, and the like, all of which have had an impact on the livability of the residents of these cities. In the meantime, cities can be a suitable platform for responding to the effects of climate change in the form of mitigation and adaptation approaches. For this purpose, the present research has been conducted to investigate the effects of climate change on the livability of Mashhad city. This research is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of its nature and method. In this way, based on the measurement framework, a researcher-made questionnaire based on the Likert scale and using the snowball method was distributed among 40 experts and researchers related to the research topic in Mashhad city. The results of document data analysis in this research show that during the last five decades, the city of Mashhad has faced an increase of 2.8 degrees Celsius in temperature, a decrease of 41.2 mm in precipitation, and a decrease of 31 days in the number of freezing days. These cases show the existence of climate change in this city. Also, the results indicate that there is a significant, inverse, and strong relationship between the effects of climate change and the livability of Mashhad (correlation coefficient -0.922), which indicates that the climatic changes that have occurred in the city of Mashhad have had negative effects on the livability of this city. On the other hand, among the social, economic, physical, and environmental effects of climate change, the environmental effects (with a regression coefficient of -0.602) have had the greatest effect on reducing the livability of Mashhad.

Copyright © 2024 The Authors. Published by University of Mazandaran. This work is published as an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

\*Corresponding Author: Ali Hosseini

Address: Department of Human Geography and  
Planning, University of Tehran, Tehran, Iran.

Tel: 09125490196

Email: [a.hosseini@ut.ac.ir](mailto:a.hosseini@ut.ac.ir)

## 1. Introduction

Nowadays, the phenomenon of climate change and global warming has attracted the minds of all thinkers and researchers as this phenomenon has become the focus of destabilizing challenges of human society during the last two decades. In this way, cities are considered the peak of climate change phenomenon in this world. Therefore, the position of cities in addressing the challenge of climate change in the global agenda is very important. From this point of view, today, climate change directly threatens the urban environment and the built environment of humans with the risks of natural disasters such as heat and flood, which has changed the way of urban life and production and has affected urban life and its livability.

The city of Mashhad is the second most populous metropolis in Iran, and the development of urbanization and human activities, as well as the process of urban construction, have influenced its climatic conditions. Also, the urbanization process in the city of Mashhad has caused the reduction or destruction of natural vegetation and increased the absorption of radiant energy by the earth's surface, causing ecological and climate change in the city of Mashhad. On the other hand, various human activities, such as transportation, production centers, etc., have been continuously accompanied by energy consumption. In the production process, some of it has been scattered in space, which has resulted in an increase in the temperature of Mashhad. From another point of view, with the increase in the population of Mashhad, the production of waste has also increased, and the traffic of waste collection vehicles has also increased in the city. All these factors have actually affected the climatic

changes in the city of Mashhad and have led to a decrease in the quality of life and livability of the citizens of this city, which has doubled the necessity of investigating the effects of climate change on the livability and quality of life of the city of Mashhad. For this purpose, the present research has been conducted to investigate the effects of climate change on the livability of Mashhad city.

## 2. Research Methodology

The current research has been carried out to investigate the effects of climate change on the livability of Mashhad city. In fact, this research sought to explain the relationship and the extent of climate change's effects on Mashhad city's livability. Thus, according to its content and nature, this study is quantitative-qualitative research in terms of method, applied research in terms of purpose, and descriptive and analytical research in terms of nature. Therefore, based on the review of the theoretical concepts and foundations of climate change and the reasons for its formation, as well as the effects of climate change on the livability of human settlements, including cities, the conceptual framework of the research has been compiled. Based on that, the dimensions and integrated indicators of the effect of climate change on the livability of the city of Mashhad were compiled. Then, a researcher-made questionnaire based on the Likert scale and using the snowball method was distributed among 40 experts and researchers related to the research topic in the city of Mashhad.

## 3. Research Findings

According to available statistics and information, the country's temperature has increased by about 2 degrees Celsius in the last 50 years. This process has taken

place in many cities of the country, including Mashhad. The average annual temperature of Mashhad city has been facing a significant increase in the last 50 years, from 11 degrees Celsius in 1971 to 19.2 degrees Celsius (an increase of 2.8 degrees Celsius) in 2021. On the other hand, based on the available statistics, the country's precipitation has decreased in recent decades. In order to investigate this issue at the level of Mashhad city, an analysis of the changes in the annual rainfall of this city during the last 50 years has been carried out. The results of this survey show that the annual rainfall of Mashhad has faced a significant decrease in the last 50 years, so the annual rainfall of this city has reached from 360 mm in 1971 to 264.8 mm (a decrease of 41.2 mm) in 2021.

The decrease in the number of freezing days (reduction of cold waves) due to climate change is one of the other parameters used to reveal the phenomenon of climate change in the city of Mashhad. In order to investigate this issue at the level of Mashhad, the changes in the number of annual freezing days in this city during the last 50 years have been investigated based on the information from the synoptic station of Mashhad. The results of this survey show that the number of annual freezing days in Mashhad has decreased significantly in the last 50 years so that the number of frosty days in this city in 1971 has reached 72 days (a reduction of 31 frosty days) in 2021 from 103 days. Also, the results of questioning experts and elites related to the content of this research indicated that there is a significant, inverse, and strong relationship between the effects of climate change and the livability of Mashhad. This indicates that the climatic changes that have occurred in the city of Mashhad have had negative effects on its livability. Also,

among the social, economic, physical, and environmental effects of climate change, the environmental effects have had the greatest effect on reducing the livability of Mashhad city.

#### 4. Conclusion

The phenomenon of climate change has faced many human settlements with many challenges. This phenomenon has led to many social, economic, physical and environmental effects at the level of cities, all of which have somehow influenced the livability of cities.

The results of the investigations carried out in this research show that during the last 5 decades (1971-2021), the average annual temperature of Mashhad city increased from 11 degrees Celsius to 19.2 degrees Celsius (an increase of 8.2 degrees Celsius), the annual rainfall from 360 mm to 264.8 mm (reduction of 41.2 mm of precipitation) and the number of frosty days has increased from 103 days to 72 days (reduction of 31 frosty days). All these cases indicate the existence of climate change in the city of Mashhad. Thus, this research has been written to investigate the effects of climate change on Mashhad's livability. The results of questioning experts and elites related to the content of this research indicated that there is a significant, inverse, and strong relationship between the effects of climate change and the livability of Mashhad. This indicates that the climatic changes that have occurred in the city of Mashhad have had negative effects on its livability. Also, among the social, economic, physical, and environmental effects of climate change, the environmental effects have had the greatest effect on reducing the livability of Mashhad city.

#### 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 persons for scientific consulting in this paper.



## علمی پژوهشی

## بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهرها: موردپژوهی شهر مشهد

حسین حاتمی‌نژاد<sup>۱</sup> ID، علی حسینی<sup>۲\*</sup> ID، ابوالفضل منصوری اطمینان<sup>۳</sup> ID، مریم بایرامی<sup>۴</sup> ID

<sup>۱</sup>استاد، گروه جغرافیای انسانی و برنامه‌ریزی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.

<sup>۲</sup>دانشیار، گروه جغرافیای انسانی و برنامه‌ریزی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.

<sup>۳</sup>دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای انسانی و برنامه‌ریزی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.

<sup>۴</sup>دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای انسانی و برنامه‌ریزی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.



10.22080/usfs.2025.27655.2464

## چکیده

طی سال‌های اخیر، پدیده تغییر اقلیم به محور اصلی چالش‌های ناپایدارکننده سکونتگاه‌های شهری تبدیل شده است. به‌طوری‌که امروزه بسیاری از شهرهای جهان با پیامدهای برآمده از تغییرات اقلیمی از جمله افزایش سطح دما، کاهش میزان بارش، خشکسالی و کمبود آب، ناامنی غذایی، آلودگی هوا، تهدید سلامت انسان‌ها، تأثیر بر میزان تقاضای انرژی در فصول گرم و سرد و امثال آن مواجه هستند که تمامی این پیامدها در عمل بر زیست‌پذیری ساکنان این شهرها اثرگذار بوده است. در این بین، شهرها می‌توانند بستر مناسبی برای پاسخ به اثرات تغییرات اقلیمی به‌صورت رویکردهای کاهش و سازگاری باشند. به همین منظور، پژوهش حاضر در راستای بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهر مشهد انجام گرفته است. این پژوهش به لحاظ هدف، کاربردی و از لحاظ ماهیت و روش انجام، توصیفی-تحلیلی است. بدین ترتیب، مبتنی بر چارچوب سنجشی، پرسشنامه‌ای محقق ساخته براساس طیف لیکرت و با استفاده از روش گلوله‌برفی بین ۴۰ نفر از متخصصان و پژوهشگران مرتبط با موضوع پژوهش در سطح شهر مشهد توزیع شده و برونداد آن با آزمون همبستگی پیرسون و تحلیل رگرسیون چندگانه، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج بررسی داده‌های اسنادی در این پژوهش نشان می‌دهد که شهر مشهد طی پنج دهه اخیر با افزایش ۸/۲ درجه سانتی‌گرادی دما، کاهش ۴۱/۲ میلی‌متری بارش و کاهش ۳۱ روزی تعداد روزهای یخبندان مواجه بوده که این موارد مبین وجود پدیده تغییر اقلیم در سطح این شهر است. همچنین نتایج حاکی از آن است که بین اثرات تغییرات اقلیمی و زیست‌پذیری شهر مشهد رابطه‌ای معنادار، معکوس و قوی برقرار بوده (ضریب همبستگی -۰/۹۲۲-) که این امر نشانگر آن است که تغییرات اقلیمی حادث شده در سطح شهر مشهد در عمل بر زیست‌پذیری این شهر اثرات سو داشته‌اند. از سوی دیگر، از بین اثرات اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و محیط‌زیستی تغییرات اقلیمی، اثرات محیط‌زیستی (با ضریب رگرسیونی -۰/۶۰۲-)، بیشترین اثرگذاری را بر کاهش زیست‌پذیری شهر مشهد داشته است.

## تاریخ دریافت:

۱۷ شهریور ۱۴۰۳

## تاریخ پذیرش:

۰۲ دی ۱۴۰۳

## تاریخ انتشار:

۱۰ خرداد ۱۴۰۴

## کلیدواژه‌ها:

گرمایش جهانی، گازهای گلخانه‌ای، تغییرات اقلیمی، زیست‌پذیری شهری، شهر مشهد

\* نویسنده مسئول: علی حسینی

آدرس: دانشیار، گروه جغرافیای انسانی و برنامه‌ریزی، دانشکده

تلفن: ۰۹۱۲۵۴۹۰۱۹۶ ایمیل: a.hosseini@ut.ac.ir

جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.



## ۱ مقدمه

امروزه رخداد تغییر اقلیم و گرمایش جهانی، ذهن همه اندیشمندان و پژوهشگران را به خود جلب نموده است (مصری علمداری و رسولی<sup>۱</sup>، ۲۰۲۱: ۲۳۱). به طوری که این پدیده، طی دو دهه اخیر به کانون چالش‌های ناپایدار کننده جامعه بشری تبدیل شده است (شورت و فارمر<sup>۲</sup>، ۲۰۲۱). تغییرات اقلیمی به افزایش میانگین دمای سالانه جو زمین بازمی‌گردد که به علت افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای مانند کربن دی‌اکسید، متان، کلرو فلورو کربن (CFC) و اکسید نیتروژن (N<sub>2</sub>O) ایجاد می‌گردد (شی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۲) که مبتنی بر گزارش هیئت بین‌المللی تغییرات آب‌وهوایی<sup>۴</sup> (IPCC)، غلظت این گازها از سال ۱۷۵۰ هم‌زمان با افزایش فعالیت‌های انسانی مانند احتراق سوخت‌های فسیلی به طور چشمگیری افزایش یافته است (هی<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۳؛ فیضی و برک‌پور<sup>۶</sup>، ۲۰۲۱). تغییر اقلیم یعنی هر تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب‌وهوایی که در طولانی‌مدت در یک منطقه خاص یا برای کل اقلیم جهانی، رخ بدهد. تغییر اقلیم نشان‌دهنده تغییرات غیرعادی در اقلیم درون اتمسفر زمین و پیامدهای ناشی از آن در قسمت‌های مختلف کره زمین است (اگرر<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۱).

هم‌اکنون شهرها نقطه اوج وقوع پدیده تغییرات اقلیمی در این کره خاکی محسوب می‌شوند (می<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۹)؛ بنابراین، جایگاه شهرها برای پرداختن به چالش تغییرات اقلیمی در دستور کار جهانی از اهمیت بسیاری برخوردار است. از این منظر، امروزه تغییرات اقلیمی مستقیماً محیط-زیست شهری و محیط ساخته‌شده انسان‌ها را با

خطرات بلایای طبیعی مانند گرما و سیل تهدید می‌کند که این امر، شیوه زندگی شهری و تولید را تغییر داده و بر زندگی شهری و زیست‌پذیری آن تأثیرگذار بوده است (لیانگ<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). در حقیقت، براساس پژوهش‌های انجام‌گرفته در رابطه با تغییرات اقلیمی، این پدیده، پیامدهای متعددی را در سطح شهرها در برداشته که از جمله می‌توان به بالا آمدن سطح آب دریاها و نابودی زیرساخت‌ها و ساختمان‌ها در شهرهای ساحلی (احمد<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۲۳)، خشکسالی و کمبود آب (تیموری<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۳)، آلودگی هوا (الاحمد<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۳)، تأثیر بر میزان تقاضای انرژی در فصول گرم و سرد (پاریک<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۰)، اثرات اقتصادی (به دلیل نابودی زیرساخت‌ها، از بین رفتن گردشگری در شهرهای ساحلی، هزینه‌های تأمین انرژی، بیمه و غیره) (دiaz و مور<sup>۱۴</sup>، ۲۰۱۷)، تأثیرات بر اشتغال (اسدی<sup>۱۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۳) و معیشت افراد به خصوص افراد کم‌درآمد و اثرگذاری بر سلامت افراد به دلیل افزایش دما (چان<sup>۱۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۹) و بیماری‌های مرتبط و تلفات ناشی از سیل (آسیب-پذیری بیشتر برای گروه‌های در معرض خطر نظیر فقرا، حاشیه‌نشینان و غیره) اشاره کرد که این پیامدها در سکونتگاه‌های شهری عملاً بر زیست-پذیری و کیفیت زندگی ساکنان آن‌ها اثرگذار بوده است (لیال فیلهو<sup>۱۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۱؛ سمنزا و ابی<sup>۱۸</sup>، ۲۰۱۹).

زیست‌پذیری مفهومی است که طی دهه‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (شی و همکاران، ۲۰۲۲)؛ زیرا فضاهای شهری دچار مسائلی چون کیفیت پایین محیط، آلودگی صوتی و

<sup>10</sup> Ahmed

<sup>11</sup> Teymouri

<sup>12</sup> Alahmad

<sup>13</sup> Pareek

<sup>14</sup> Diaz and Moore

<sup>15</sup> Asadi

<sup>16</sup> Chan

<sup>17</sup> Leal Filho

<sup>18</sup> Semenza and Ebi

<sup>1</sup> Mesri Alamdari and Rasouli

<sup>2</sup> Short and Farmer

<sup>3</sup> Shi

<sup>4</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change

<sup>5</sup> He

<sup>6</sup> Feizi and Barakpour

<sup>7</sup> Egerer

<sup>8</sup> Mi

<sup>9</sup> Liang





مشهد، تولید زباله‌ها نیز افزایش یافته و به همان میزان نیز تردد خودروهای جمع‌آوری پسماند در سطح شهر افزایش یافته که تمامی این عوامل در عمل بر تغییرات اقلیمی شهر مشهد اثرگذار بوده و منجر به کاهش کیفیت زندگی و زیست‌پذیری شهروندان این شهر شده است که این امر ضرورت بررسی اثرات تغییر اقلیمی بر زیست‌پذیری و کیفیت زندگی شهر مشهد را دوچندان نموده است. به همین منظور، پژوهش حاضر در راستای بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهر مشهد انجام گرفته است.

## ۲ پیشینه پژوهش

طی سال‌های اخیر به واسطه مشهودتر شدن پیامدهای تغییر اقلیم بر سطح زیست‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی و ازجمله شهرها، پژوهش‌های زیادی در این باب به رشته تحریر درآمده است. شی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان «چگونگی اثرگذاری تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهری در چین» به این نتیجه رسیدند که چاره‌جویی برای ناهمگونی فضایی زیست‌پذیری شهری در چین، نیازمند توجه برنامه‌ریزان و مدیران شهری به تقویت عملکرد اکولوژیکی شهری از طریق نوآوری فنی و تحول صنعتی است. شورت و فارمر (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان «شهرها و تغییرات اقلیمی» به عدم سنخیت بین سرعت سریع تغییر اقلیم و توانایی ضعیف‌تر شهرها برای اجرای کامل استراتژی‌های مؤثر سازگاری و کاهش اثرات تغییرات آب‌وهوایی اشاره دارند. نتایج پژوهش لیانگ و همکاران (۲۰۲۰) با عنوان «ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهرهای چین» نشان‌دهنده بهبود ۱۲ درصدی میانگین شاخص زیست‌پذیری شهرها در چین در طول دهه گذشته بوده است. هوپی و گریم (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان

هوا و غیره شده بودند. انتقادات وارده از سوی پژوهشگران شهری و اجتماعات انسانی، آن‌ها را بر آن داشتند تا بر مفهوم زیست‌پذیری به مثابه یکی از رهیافت‌های دستیابی به محیط شهری قابل زیست و باکیفیت تأکید کنند (رزاقی اصل<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). زیست‌پذیری زیرمجموعه‌ای از پایداری است که مستقیماً بر ابعاد فیزیکی، اجتماعی-اقتصادی و روانی زندگی مردم تأثیر می‌گذارد و دربرگیرنده مجموعه‌ای از ویژگی‌های اکتسابی محیط است که آن را به مکانی مطلوب، مناسب و جذاب برای زندگی، کار و بازدید همه مردم تبدیل می‌کند (کیان<sup>۲</sup>، ۲۰۱۶).

بدین ترتیب، شهرها نقش مهمی در حل چالش‌های جهانی مرتبط با تغییرات آب‌وهوا ایفا می‌کنند (گolestani<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۴). در حقیقت، شهرها به‌طور هم‌زمان، از بزرگ‌ترین کانون‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به تغییرات آب‌وهوایی (هوپی و گریم<sup>۴</sup>، ۲۰۲۰) و بستر مناسبی برای پاسخ به این تغییرات به‌صورت رویکردهای کاهش<sup>۵</sup> (انتشار گازهای گلخانه‌ای) و سازگاری<sup>۶</sup> (با پیامدهای تغییر آب‌وهوا) می‌باشند (فریادی و علوی نائینی<sup>۷</sup>، ۲۰۲۰).

شهر مشهد دومین کلان‌شهر پرجمعیت ایران است که توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های انسانی و همچنین فرایند ساخت‌وسازهای شهری بر شرایط اقلیمی آن تأثیرگذار بوده است. همچنین، فرایند شهرنشینی در شهر مشهد سبب کاهش و یا نابودی پوشش گیاهی طبیعی شده و جذب انرژی تابشی توسط سطح زمین را افزایش داده و باعث تغییر اکولوژیکی و اقلیم شهر مشهد شده است. از سوی دیگر، فعالیت‌های مختلف انسانی مانند حمل‌ونقل، مراکز تولیدی و غیره پیوسته همراه با مصرف انرژی بوده که در فرایند تولید، مقداری از آن در فضا پراکنده شده و افزایش دمای شهر مشهد را به دنبال داشته است. از منظر دیگر، با افزایش جمعیت شهر

<sup>5</sup> Mitigation

<sup>6</sup> Adaptation

<sup>7</sup> Faryadi and Alavi Naini

<sup>1</sup> Razaghi Asl

<sup>2</sup> Qian

<sup>3</sup> Golestani

<sup>4</sup> Hobbie & Grimm



عنوان «تبیین اثرات اقتصادی تغییرات اقلیمی در حیات جوامع انسانی» به روش توصیفی-تحلیلی، سعی در تبیین اثرات اقتصادی تغییرات اقلیمی نموده است.

با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته، می‌توان گفت که وجه تمایز پژوهش حاضر در قیاس با سایر پژوهش‌ها در ماهیت موضوعی و مکانی این پژوهش است. در حقیقت، کمتر پژوهش آکادمیکی در باب این موضوع در سطح کشور به انجام رسیده و همچنین تاکنون پژوهشی با این محتوا در سطح شهر مشهد به رشته تحریر در نیامده است که از این نظر این پژوهش می‌تواند در زمره نخستین پژوهش‌های صورت گرفته باشد.

### ۳ مبانی نظری

با آغاز انقلاب صنعتی در دهه ۱۸۵۰ میلادی و شتاب‌گیری آن، تاکنون مصرف سوخت‌های فسیلی توسط بشر موجب بالا رفتن سطح دی‌اکسید کربن طی دوران جدید شده که این امر به‌عنوان عامل اصلی محسوب می‌شود که موجب گرم شدن جهان شده است (آکادمی ملی علوم، ۲۰۲۰). بدین ترتیب، در طول تاریخ زمین، اقلیم به‌طور مداوم و با یک‌روند آهسته طی صدها و هزاران سال تغییر کرده، اما تغییرات اقلیمی اکنون تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی با سرعت بسیار بیشتری در حال وقوع است؛ بنابراین، هرچند تغییرات اقلیمی و گرم شدن زمین ممکن است به‌عنوان بخشی از فرایندهای طبیعی و در پی نوسانات شدت نور خورشید، انحراف در مسیر حرکت زمین و فعالیت‌های آتشفشانی ایجاد شود، اما اقلیم پس از انقلاب صنعتی و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی به طرز فزاینده‌ای تحت

«رویکردهای مبتنی بر طبیعت برای مدیریت اثرات تغییر اقلیم در شهرها» ضمن اشاره به مدیریت و انطباق با تغییرات اقلیمی در مناطق شهری، به مزایای کاربست رویکردهای مبتنی بر طبیعت برای مدیریت اثرات تغییر اقلیم بر شهرها اشاره دارند و اذعان می‌کنند که این استراتژی‌های نسبت به رویکردهای سنتی، انعطاف‌پذیرتر، چند عملکردی‌تر و سازگارتر با آینده تغییرات اقلیمی (نامشخص و غیرثابت) هستند.

محمدی ده چشمه<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان «مدل‌سازی پیامدهای ساختاری تغییرات اقلیمی در شهر اهواز با بهره‌گیری از مدل System Dynamic» نشان دادند که تغییرات اقلیمی در بُعد زیست‌محیطی، پیامدهای شدیدتری در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و سیاسی را به دنبال دارد. عابدی و صداقت<sup>۲</sup> (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی اثرات تغییرات اقلیم بر تقاضای گردشگری در شهرهای ایران» نشان دادند که متغیرهای اقلیمی شامل درجه حرارت، میزان بارندگی و میزان انتشار دی‌اکسید کربن، تأثیر منفی و معنی‌داری بر تعداد گردشگران خارجی ورودی به شهرهای ایران داشته‌اند به‌طوری‌که مطابق نتایج، یک درصد افزایش در متغیرهای اقلیمی دما، بارندگی و انتشار دی‌اکسید کربن، به ترتیب سبب کاهش ۰/۲۳، ۱/۱۱ و ۰/۴۵ درصد در میزان گردشگران خارجی شده است. کرمی<sup>۳</sup> (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «بازکاوی پیامدها و شیوه‌های مدیریت تغییرات اقلیمی (نمونه موردی: حوضه آبریز مرکزی ایران)» به این نتیجه رسیده است که تغییرات اقلیمی بر پهنه جغرافیای ایران در وجه تغییر الگوی بارش، کاهش بارش و افزایش دما خود را نشان داده و همچنین تغییرات اقلیمی در حوزه آبریز مرکزی در ابعاد گوناگون بر زیست‌جامعه و کشور مؤثر افتاده، به‌گونه‌ای که در صورت تداوم روند موجود تمدن ایرانی را دچار چالش راهبردی خواهد نمود. ولیقلی‌زاده<sup>۴</sup> (۲۰۱۸) در پژوهشی با

<sup>۴</sup> Valigholizadeh

<sup>۵</sup> National Academy of sciences

<sup>۱</sup> Mohammadi Deh Cheshmeh

<sup>۲</sup> Abedi and Sedaghat

<sup>۳</sup> Karami



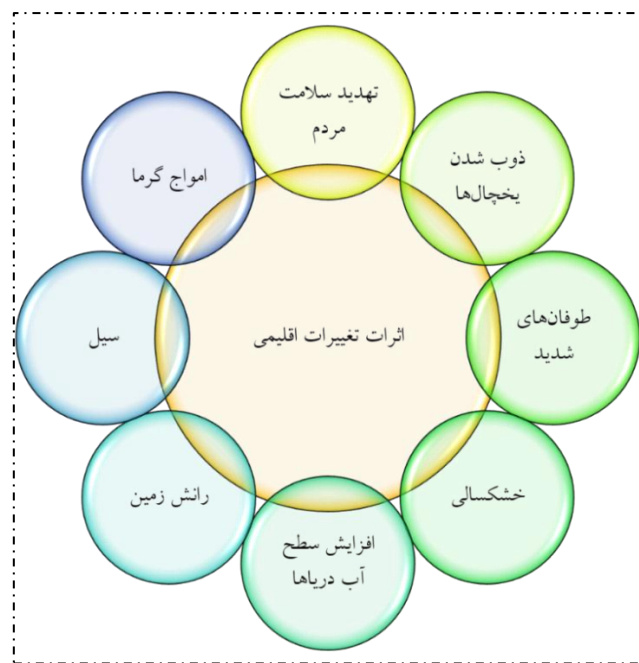


آب دریاها، از بین رفتن اکوسیستم‌های ساحلی، از بین رفتن گونه‌های گیاهی، مهاجرت بخشی از جمعیت و ضررهای اقتصادی شدید جهانی اعلام نمود (شکل ۱). همچنین در سال ۲۰۱۸، سازمان ملل هشدار داد که بدون اقدامات لازم و فوری، دمای زمین تا پایان قرن، ۳ درجه افزایش خواهد یافت؛ بنابراین، با این وضعیت، شرایط خیلی سخت‌تری نسبت به افزایش ۱/۵ درجه‌ای دما به وجود خواهد آمد (ما<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). به‌طوری‌که بسیاری از شهرهای ساحلی به زیر آب خواهند رفت و صدها میلیون نفر به‌خاطر افزایش سطح آب اقیانوس‌ها یا خشکسالی، مجبور به مهاجرت خواهند شد، بسیاری از گونه‌های گیاهی و حیوانی منقرض خواهند شد، چراکه نمی‌توانند خود را با شرایط دمایی جدید هماهنگ سازند (دو<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۹) که این پیامدها در سکونتگاه‌های شهری عملاً بر زیست-پذیری و کیفیت زندگی ساکنان آن‌ها اثرگذار بوده است.

تأثیر فعالیت‌های انسانی قرارگرفته است (نیاشیلو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۳؛ کومار<sup>۲</sup>، ۲۰۲۱).

تغییر اقلیم به نوسانات اقلیم جهانی زمین یا نوسانات اقلیم‌های منطقه‌ای در طول زمان اشاره می‌کند که در فاصله زمانی بین دهه‌ها تا میلیون‌ها سال به‌طور طبیعی رخ می‌دهد. این تغییرات ممکن است از فرایندهای درونی زمین مانند آتش‌فشان‌ها و جریان‌های اقیانوسی و یا نیروهای خارج از آن نظیر نوسانات شدت نور خورشید، یا زمان‌های اخیر در اثر فعالیت‌های مربوط به بشر حاصل‌شده باشد (آکادمی ملی علوم، ۲۰۲۰: ۱۰-۴).

تأثیری که تغییرات اقلیمی بر روی کره زمین می‌گذارند، بسته به میزان گرمایش زمین است (خو و لامارک<sup>۳</sup>، ۲۰۱۸). در سال ۲۰۱۸، نتایج مطالعه هیئت بین‌دولتی تغییرات اقلیمی، پیامدهای افزایش ۱/۵ درجه سانتی‌گراد دمای زمین را به‌صورت بروز تغییرات شدیدتر وضعیت آب‌وهوایی، افزایش سطح



شکل ۱. اثرات تغییرات اقلیمی (منبع: آکادمی ملی علوم، ۲۰۲۰)

<sup>4</sup> Ma

<sup>5</sup> Du

<sup>1</sup> Nyashilu

<sup>2</sup> Kumar

<sup>3</sup> Xu and Lamarque



کیفیت و کمیت منابع آبی را تحت تأثیر قرار داده و خواهد داد. بیش از یک میلیارد نفر در حال حاضر به آب تمیز دسترسی ندارند و تغییرات اقلیمی این وضعیت را بدتر خواهد کرد. پدیده‌های اقلیمی شدید مثل گردباد و سیل، زیرساخت‌های آبی و بهداشتی را تحت تأثیر قرار داده و آب آلوده به‌جا می‌گذارند و به‌این‌ترتیب به انتقال بیماری‌هایی که از طریق آب آلوده منتقل می‌شوند کمک می‌کنند. سیستم‌های فاضلاب نیز، به‌خصوص در نواحی شهری، تحت تأثیر قرار خواهند گرفت (شکل ۲).

امروزه مفهوم زیست‌پذیری در بیشتر شهرهای توسعه‌یافته جهان به‌مثابه یک اصل بنیادین و در مسیر اهداف توسعه پایدار در بسیاری از سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های شهری گسترش پیدا کرده است (امیلیجا<sup>۱</sup>، ۲۰۱۷). این مفهوم را برای اولین بار اداره هنر آمریکا در سال ۱۹۷۰ و به‌منظور دستیابی به ایده‌های برنامه‌ریزی شهری مدنظر قرارداد و بعدها، مراکز و سازمان‌های تحقیقاتی دیگر این واژه را به کار گرفتند و امروزه با گسترش مشکلات جوامع انسانی و تشدید روزه‌روز آن‌ها و افت کیفیت و شاخص‌های زندگی ساکنان بسیار قوت گرفته، به‌نحوی که بیشتر طراحان و برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان شهری به آن توجه و تأکید دارند. درواقع، موج گسترده شهرنشینی و مشکلات آن همواره به‌طور فزاینده‌ای بر اهمیت زیست‌پذیری افزوده و چشم‌پوشی از آن را دشوار و غیرممکن کرده است (پریزادی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۹). تعاریف متعددی از زیست‌پذیری ارائه شده است. به‌گونه‌ای که تاکنون اجماع نظر در تعریف آن به وجود نیامده است (شی و همکاران، ۲۰۲۲). بااین‌وجود، در تعریف‌های ارائه شده بر مفاهیم مشترکی چون تأمین رفاه و رضایت ساکنان، کیفیت زندگی، تأمین نیازهای گوناگون، دستیابی به زندگی مطلوب و رضایت‌بخش به چشم می‌خورد؛ بدین ترتیب، مجموعه ویژگی‌های عینی و ذهنی که جذابیت و مطلوبیت مکان را عرضه می‌کنند،

از این منظر، تغییرات اقلیمی امروزه مستقیماً محیط‌زیست شهری و محیط ساخته‌شده انسان‌ها را با خطرات بلایای طبیعی مانند گرما و سیل تهدید می‌کند که این امر، شیوه زندگی شهری و تولید را تغییر داده و بر زندگی شهری و زیست‌پذیری آن تأثیرگذار بوده است (لیانگ و همکاران، ۲۰۲۰). در ادامه برخی از حوزه‌هایی که تغییرات اقلیمی بر آن‌ها اثرات سو داشته و منجر به کاهش زیست‌پذیری شهرها شده، معرفی می‌شوند (لیال فیلهو و همکاران، ۲۰۲۱):

**حوزه سلامت؛** اثرات عمده تغییرات اقلیمی بر سلامت شامل افزایش خطر آسیب، بیماری و مرگ ناشی از امواج گرما و آتش‌سوزی‌های شدیدتر، افزایش خطر سوءتغذیه در نتیجه کاهش تولید غذا در نواحی فقیر و افزایش خطر بیماری‌های انتقال یابنده از طریق غذا و آب و بیماری‌های انتقال یابنده از طریق افراد ناقل خواهد بود.

**حوزه انرژی؛** افزایش دمای هوا سبب افزایش درخواست برای دستگاه‌های خنک‌کننده و در نتیجه افزایش درخواست برای انرژی می‌شود.

**حوزه زیرساخت‌ها؛** حباب گرما بر زیرساخت‌ها تأثیر می‌گذارد و جذب نور خورشید سبب افزایش احتمال فرسودگی و ازکارافتادگی این زیرساخت‌ها می‌شود.

**حوزه مسکن؛** پدیده‌های اقلیمی شدید نظیر سیل و آتش‌سوزی گسترده، پیشاپیش در حال تخریب خانه‌های مردم و واداشتن آن‌ها به نقل‌مکان هستند. خشکسالی، فرسایش خاک و سیل می‌توانند به‌مرورزمان محیط‌زیست را تغییر دهند، درحالی که افزایش سطح دریاها، خانه‌های میلیون‌ها نفر در سراسر جهان را که در مناطق پایین‌تر از سطح دریا زندگی می‌کنند، مورد تهدید قرار می‌دهد.

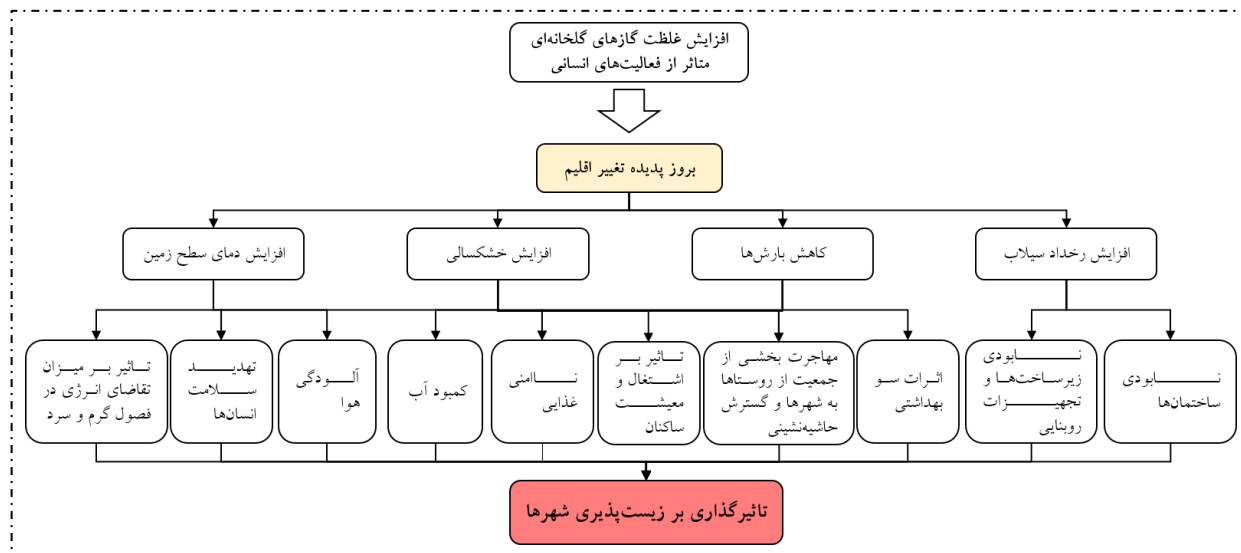
**حوزه آب و بهداشت؛** تلفیق عواملی نظیر ذوب شدن برف و یخ، کاهش باران، افزایش دما و افزایش سطح دریاها نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی

<sup>2</sup> Parizadi<sup>1</sup> Emilija



زیست‌پذیری زیرمجموعه‌ای از پایداری است که مستقیماً بر ابعاد فیزیکی، اجتماعی-اقتصادی و روانی زندگی مردم تأثیر می‌گذارد و دربرگیرنده مجموعه‌ای از ویژگی‌های اکتسابی محیط است که آن را به مکانی مطلوب، مناسب و جذاب برای زندگی، کار و بازدید همه مردم تبدیل می‌کند (کیان، ۲۰۱۶).

زیست‌پذیری تلقی شده است (هیگز<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). در حقیقت، زیست‌پذیری مجموعه ویژگی‌هایی است که محیط شهر را به مکانی جذاب برای زندگی تبدیل می‌کند. این ویژگی‌ها می‌تواند به ویژگی‌های قابل‌لمس (دسترسی به زیرساخت‌های شهری) و ویژگی‌های غیرقابل لمس (حس مکان، هویت محلی و غیره) تقسیم شود. به تأویلی بهتر،



شکل ۲. چارچوب مفهومی پژوهش

(منبع: نگارندگان)

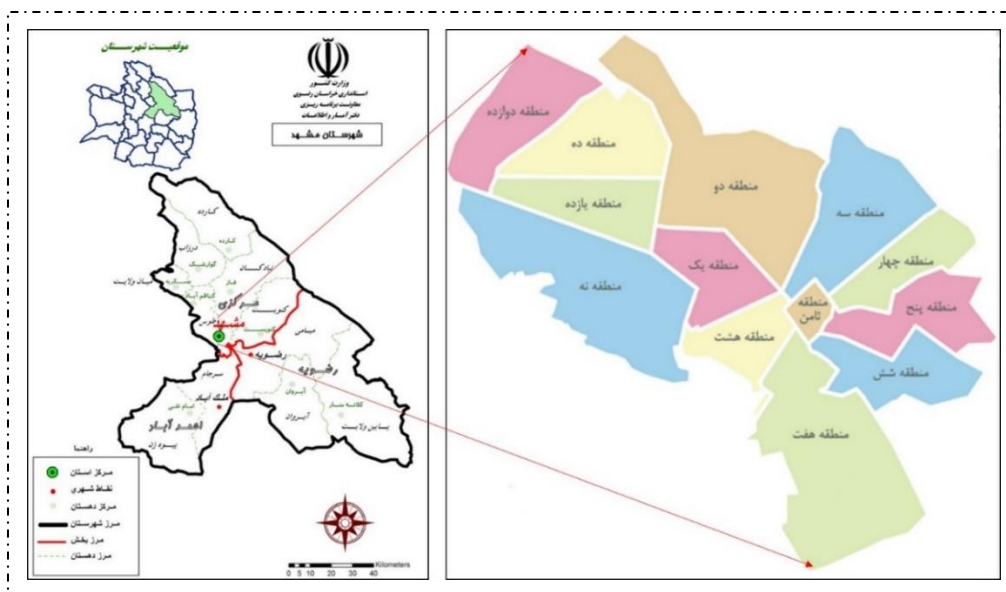
شرقی ایران واقع شده است (شکل ۳). این شهر طی دهه‌های اخیر از رشد جمعیت بالایی برخوردار بوده است. طوری که طی سال‌های ۹۵-۱۳۳۵، جمعیت شهر مشهد از ۲۴۱۹۸۹ نفر به ۳۰۱۱۸۴ نفر رسیده است. همچنین براساس آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، شهر مشهد دارای ۹۱۴۱۴۶ خانوار و بعد خانوار آن نیز ۳/۲۸ نفر بوده است (مرکز آمار ایران، ۲۰۱۶).

## ۴ روش تحقیق

### ۴٫۱ معرفی محدوده مورد مطالعه

شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی، دومین شهر پرجمعیت ایران، در حوضه آبریز کشف‌رود، بین رشته‌کوه‌های بینالود و هزارمسجد (پایگاه اطلاع-رسانی شهرداری شهر مشهد، ۲۰۲۲) و در شمال

<sup>1</sup> Higgs



شکل ۳. موقعیت جغرافیایی شهر مشهد

(منبع: نگارندگان)

مبانی و مفاهیم نظری در باب تغییرات اقلیمی و دلایل شکل‌گیری آن و همچنین اثرات تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی و ازجمله شهرها، به تدوین چارچوب مفهومی پژوهش اقدام (شکل ۲) و در ادامه مبتنی بر آن، ابعاد و شاخص‌های تلفیقی اثرگذار تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهر مشهد تدوین (جدول ۱) و سپس پرسشنامه‌ای محقق ساخته براساس طیف لیکرت و با استفاده از روش گلوله‌برفی بین ۴۰ نفر از متخصصان و پژوهشگران مرتبط با موضوع پژوهش در سطح شهر مشهد توزیع شده است.

## ۴٫۲ روش انجام پژوهش

پژوهش حاضر در راستای بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهر مشهد انجام‌گرفته است. در حقیقت این پژوهش به دنبال تبیین رابطه و میزان تأثیرگذاری اثرات تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهر مشهد بوده است. بدین ترتیب این پژوهش، با توجه به محتوا و ماهیت آن از حیث روش، پژوهشی کمی- کیفی، به لحاظ هدف، پژوهشی کاربردی و به لحاظ ماهیت، پژوهشی توصیفی و تحلیلی است؛ بنابراین، مبتنی بر مرور



جدول ۱. چارچوب سنجشی پژوهش

| مفهوم                                                         | ابعاد   | شاخص‌ها                                                                                                                                                                                              | منابع                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| بررسی تأثیر<br>تغییرات<br>اقلیمی بر<br>زیست‌پذیری<br>شهر مشهد | اجتماعی | - تهدید سلامت<br>شهروندان<br>- مهاجرت از نقاط<br>روستایی به شهر<br>مشهد<br>- سو تغذیه و<br>ناامنی غذایی                                                                                              | صادقلو و عرب، ۱، ۲۰۲۴؛ یغفوری و رحمانی، ۲، ۲۰۲۳؛<br>محمدی ده چشمه و همکاران، ۲۰۲۲؛ لی، ۳ و همکاران،<br>۲۰۲۴؛ هان، ۴ و همکاران، ۲۰۲۴؛ طاهر و الغامدی، ۵، ۲۰۲۳؛<br>اورستی، ۶ و همکاران، ۲۰۲۲؛ رنی شورت، ۷، ۲۰۲۱؛ لیال فیلهو<br>و همکاران، ۲۰۲۱؛ هوبی و گریم، ۲۰۲۰؛ لیانگ و همکاران،<br>۲۰۲۰؛ پاریک و همکاران، ۲۰۲۰؛ آکادمی ملی علوم، ۲۰۲۰؛<br>لوپز، ۸ و همکاران، ۲۰۲۰؛ سمزنا و ابی، ۲۰۱۹؛ چان و<br>همکاران، ۲۰۱۹؛ دو و همکاران، ۲۰۱۹؛ دیاز و مور، ۲۰۱۷ |
|                                                               | اقتصادی | - تهدید اشتغال و<br>معیشت ساکنان<br>- افزایش تقاضا<br>برای انرژی در<br>فصول گرم و سرد<br>- آسیب دیدن<br>زیرساخت‌های<br>اقتصادی<br>- قیمت بالای مواد<br>غذایی<br>- اختلال در تأمین<br>انرژی برق و گاز |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                               | کالبدی  | - آسیب دیدن<br>زیرساخت‌ها و<br>تجهیزات روبنایی<br>- آسیب دیدن<br>ساختمان‌ها<br>- فرو نشن و<br>لغزش زمین<br>- اختلال در<br>سیستم دفع آب-<br>های سطحی                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

<sup>1</sup> Sadeghlou and Arab<sup>2</sup> Yaghfoury and Rahmani<sup>3</sup> Lee<sup>4</sup> Han<sup>5</sup> Tahir & Al-Ghamdi<sup>6</sup> Orsetti<sup>7</sup> Rennie Short<sup>8</sup> López





|  |                                                                                                                                                                                                                                 |                |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
|  | ناشی از بارش‌های<br>ناگهانی                                                                                                                                                                                                     |                |
|  | - تهدید تنوع<br>گونه‌های گیاهی و<br>جانوری<br>- آلودگی هوا<br>- پدیده جزایر<br>گرمایی<br>- کمبود آب<br>- سیلابی شدن<br>شهر<br>- افزایش دمای<br>سطح شهر<br>- تهدید سطح<br>سبزینگی و فضای<br>سبز شهر<br>- افزایش ناامنی<br>اقلیمی | محیط-<br>زیستی |

(منبع: نگارندگان)

(۳۰ درصد) دکتری داشتند. برای تعیین روایی پرسشنامه پژوهش از اعتبار محتوایی (نظر متخصصان) و برای پایایی آن از آلفای کرونباخ استفاده شده که مقدار آن برای این پژوهش ۰/۹۲۴ بوده که نشان از پایایی مطلوب پرسشنامه پژوهش حاضر دارد (جدول ۲). همچنین نتایج حاصل از پرسشنامه با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون و تحلیل رگرسیون چندگانه مورد تجزیه و تحلیل واقع شده است.

از بین ۴۰ نفر از متخصصان و پژوهشگران، ۲۱ نفر (۵۲/۵ درصد) مرد و ۱۹ نفر (۴۷/۵ درصد) نیز زن بودند. سن بیشتر پرسش‌شوندگان (۱۶ نفر معادل ۴۰ درصد) ۳۰ تا ۴۰ سال بوده است. همچنین ۱۵ نفر (۳۷/۵ درصد) کمتر از ۳۰ سال، ۶ نفر (۱۵ درصد) بین ۴۱ تا ۵۰ سال و ۳ نفر دیگر نیز (۷/۵ درصد) بیش از ۵۰ سال سن داشتند. از سوی دیگر، بیشتر پرسش‌شوندگان (۲۲ نفر معادل ۵۵ درصد) دارای تحصیلات کارشناسی ارشد بودند، همچنین ۶ نفر (۱۵ درصد) دارای تحصیلات کارشناسی و ۱۲ نفر نیز



جدول ۲. آزمون پایایی پرسشنامه پژوهش با استفاده از آلفای کرونباخ

| آزمون پایایی پرسشنامه پژوهش |               |               |
|-----------------------------|---------------|---------------|
| معیارهای پژوهش              | تعداد پرسش‌ها | آلفای کرونباخ |
| اثرات اجتماعی               | ۳             | ۰/۷۷۷         |
| اثرات اقتصادی               | ۵             | ۰/۷۸۹         |
| اثرات کالبدی                | ۴             | ۰/۷۷۱         |
| اثرات محیط‌زیستی            | ۸             | ۰/۸۴۵         |
| اثرات تغییرات اقلیمی        | ۲۰            | ۰/۹۲۴         |

(منبع: نگارندگان)

یافته است (عباسی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۹) که این روند در بسیاری از شهرهای کشور از جمله شهر مشهد نیز به وقوع پیوسته است. به‌منظور بررسی این مسأله در سطح شهر مشهد، اقدام به بررسی تغییرات میانگین دمای سالانه این شهر طی ۵ دهه اخیر (۱۳۵۰-۱۴۰۰) مربوط به ایستگاه سینوپتیک شهر مشهد شده است (شکل ۴). نتایج این بررسی نشان می‌دهد که میانگین دمای سالانه شهر مشهد طی ۵۰ سال اخیر با افزایش قابل‌توجهی روبه‌رو بوده است. به‌طوری‌که میانگین دمای سالانه این شهر در سال ۱۳۵۰ از ۱۱ درجه سانتی‌گراد به ۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد (افزایش ۸/۲ درجه سانتی‌گرادی دما) در سال ۱۴۰۰ رسیده است. به‌منظور درک بهتر این مسأله، خط روند نیز برای آن رسم شده که این پدیده به‌نحوی نمایانگر وجود پدیده تغییر اقلیم در سطح شهر مشهد است.

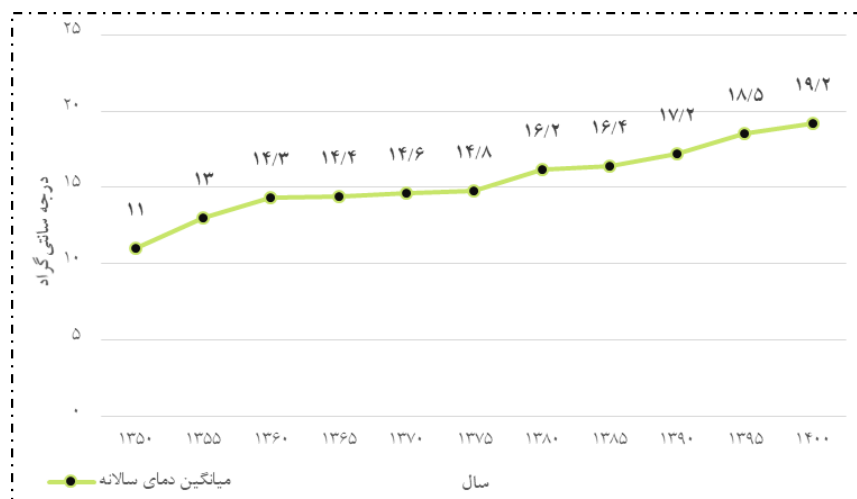
## ۵ یافته‌ها و بحث

### ۵/۱ آشکارسازی پدیده تغییر اقلیم در سطح شهر مشهد

همان‌طور که اشاره شد، افزایش دما، کاهش بارش، خشکسالی‌های پیاپی و شدید، افزایش رخداد سیلاب، امواج گرمایی و کاهش امواج سرما به‌عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم در سطح سکونتگاه‌های شهری مطرح است. بدین ترتیب، در این بخش به‌منظور آشکارسازی پدیده تغییرات اقلیمی در سطح شهر مشهد از نتایج تغییرات میانگین دما، بارش و تعداد روزهای یخبندان سالانه شهر مشهد طی ۵۰ سال اخیر کمک گرفته شده است.

براساس آمار و اطلاعات در دسترس، دمای کشور طی ۵۰ سال اخیر حدود ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش

<sup>1</sup> Abasi

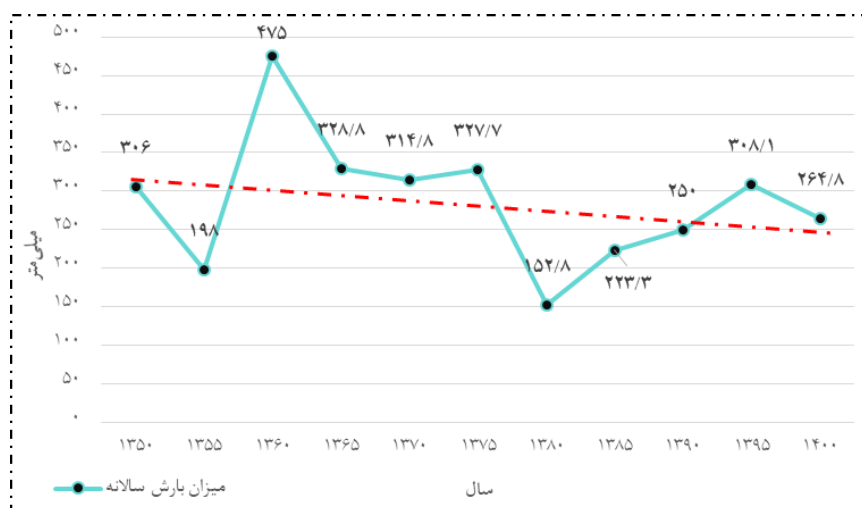


شکل ۴. تغییرات میانگین دمای سالانه شهر مشهد طی ۵۰ سال اخیر

(منبع: نگارندگان به استناد از اطلاعات سازمان هواشناسی کشور، ۲۰۲۲)

می‌دهد که میزان بارش سالانه شهر مشهد طی ۵۰ سال اخیر با کاهش قابل توجهی روبه‌رو بوده است. به‌طوری‌که میزان بارش سالانه این شهر در سال ۱۳۵۰ از ۳۶۰ میلی‌متر به ۲۶۴/۸ میلی‌متر (کاهش ۴۱/۲ میلی‌متری بارش) در سال ۱۴۰۰ رسیده است. به‌منظور درک بهتر این مسأله خط روند نیز برای آن رسم شده که این پدیده به‌صورت مبرهن نمایانگر وجود پدیده تغییر اقلیم در سطح شهر مشهد است.

از سوی دیگر براساس آمارهای موجود، میزان بارش در سطح کشور طی دهه‌های اخیر با کاهش روبه‌رو بوده است (درخشنده<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۳؛ داودی و مرادجانی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۸). به‌منظور بررسی این مسأله در سطح شهر مشهد، اقدام به واکاوی تغییرات میزان بارش سالانه این شهر طی ۵۰ سال اخیر (۱۴۰۰-۱۳۵۰) براساس اطلاعات ایستگاه سینوپتیک شهر مشهد شده است (شکل ۵). نتایج این بررسی نشان



شکل ۵. تغییرات میزان بارش سالانه شهر مشهد طی ۵۰ سال اخیر

(منبع: نگارندگان به استناد از اطلاعات سازمان هواشناسی کشور، ۲۰۲۲؛ سالنامه آماری استان خراسان رضوی، ۲۰۲۰)

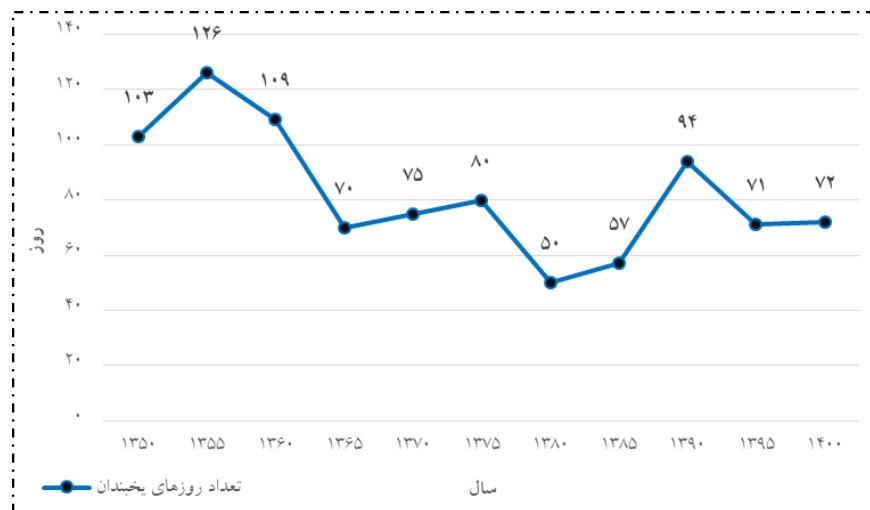
<sup>2</sup> Davoodi and Moradjani

<sup>1</sup> Derakhshandeh



می‌دهد که تعداد روزهای یخبندان سالانه شهر مشهد طی ۵۰ سال اخیر با کاهش قابل توجهی روبه‌رو بوده است. به‌طوری‌که تعداد روزهای یخبندان سالانه این شهر در سال ۱۳۵۰ از ۱۰۳ روز به ۷۲ روز (کاهش ۳۱ روزی یخبندان) در سال ۱۴۰۰ رسیده است. به‌منظور درک بهتر این نکته، خط روند نیز برای آن رسم شده که این پدیده به‌نحوی نمایانگر وجود پدیده تغییر اقلیم در سطح شهر مشهد است.

کاهش تعداد روزهای یخبندان (کاهش امواج سرما) متأثر از پدیده تغییرات اقلیمی از دیگر پارامترهایی است که به‌منظور آشکارسازی پدیده تغییر اقلیم در سطح شهر مشهد مورد استفاده واقع شده است؛ بنابراین، به‌منظور بررسی این مسأله در سطح شهر مشهد، اقدام به بررسی تغییرات تعداد روزهای یخبندان سالانه این شهر طی ۵۰ سال اخیر (۱۴۰۰-۱۳۵۰) براساس اطلاعات ایستگاه سینوپتیک شهر مشهد شده است (شکل ۶). نتایج این بررسی نشان



شکل ۶. تغییرات تعداد روزهای یخبندان سالانه شهر مشهد طی ۵۰ سال اخیر

(منبع: نگارندگان به استناد از اطلاعات سازمان هواشناسی کشور، ۲۰۲۲؛ سالنامه آماری استان خراسان رضوی، ۲۰۲۰)

متخصصان و پژوهشگران مرتبط با موضوع این پژوهش، با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون (جدول ۳) و تحلیل رگرسیون چندگانه (جدول ۴) به تبیین میزان تأثیر تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهر مشهد اقدام شده است.

## ۵٫۲ تبیین میزان تأثیر تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهر مشهد

پس از آشکارسازی پدیده تغییر اقلیم در سطح شهر مشهد، در ادامه و به‌منظور حصول به هدف اصلی این پژوهش، مبتنی بر پرسشگری از ۴۰ نفر از

جدول ۳. نتایج آزمون همبستگی پیرسون به‌منظور تبیین رابطه بین تأثیر تغییرات اقلیمی و زیست‌پذیری شهر مشهد

| زیست‌پذیری          |              | تبیین رابطه بین تأثیر تغییرات اقلیمی و زیست‌پذیری شهر مشهد |                |
|---------------------|--------------|------------------------------------------------------------|----------------|
| ضریب همبستگی پیرسون | سطح معناداری |                                                            | تأثیرات اقلیمی |
| -۰/۷۲۲              | ۰/۰۰۵        | اجتماعی                                                    |                |
| -۰/۸۷۱              | ۰/۰۰۰        | اقتصادی                                                    |                |
| -۰/۸۱۳              | ۰/۰۰۱        | کالبدی                                                     |                |
| -۰/۸۸۲              | ۰/۰۰۰        | محیط‌زیستی                                                 |                |
| -۰/۹۲۲              | ۰/۰۰۰        | تغییرات اقلیمی                                             |                |

(منبع: یافته‌های پژوهش)



گونه‌های گیاهی و جانوری، آلودگی هوا، پدیده جزایر گرمایی، کمبود آب، سیلابی شدن شهر، افزایش دمای سطح شهر، تهدید سطح سبزی‌نگی و فضای سبز شهر و افزایش ناامنی اقلیمی) و زیست‌پذیری در سطح شهر مشهد رابطه‌ای معنادار (سطح معناداری برای تمامی ابعاد اثرات تغییرات اقلیمی کمتر از ۰/۰۵) وجود دارد. همچنین شدت و جهت رابطه بین اثرات تغییرات اقلیمی و زیست‌پذیری در سطح این شهر، نشان از وجود رابطه معکوس و قوی بین ابعاد این دو متغیر دارد که این امر نشانگر آن است که اثرات اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و محیط-زیستی (درمجموع اثرات تغییرات اقلیمی) تغییرات اقلیمی در عمل منجر به کاهش زیست‌پذیری شهر مشهد شده است.

نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین تأثیر تغییرات اقلیمی و زیست‌پذیری در سطح شهر مشهد (جدول ۳)، حاکی از آن است که بین ابعاد اثرات تغییرات اقلیمی از جمله اثرات اجتماعی (شامل تهدید سلامت شهروندان، مهاجرت از نقاط روستایی به شهر مشهد، سو تغذیه و ناامنی غذایی و افزایش پهنه‌های فقیرنشین شهری)، اثرات اقتصادی (شامل تهدید اشتغال و معیشت ساکنان، افزایش تقاضا برای انرژی در فصول گرم و سرد، آسیب دیدن زیرساخت‌های اقتصادی، قیمت بالای مواد غذایی و اختلال در تأمین انرژی برق و گاز)، اثرات کالبدی (شامل آسیب دیدن زیرساخت‌ها و تجهیزات روبنایی، آسیب دیدن ساختمان‌ها، فرو نشستن و لغزش زمین و اختلال در سیستم دفع آب‌های سطحی ناشی از بارش‌های ناگهانی) و اثرات محیط‌زیستی (شامل تهدید تنوع

جدول ۴. نتایج تحلیل رگرسیون چندگانه به منظور تبیین میزان تأثیرگذاری اثرات تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهر مشهد

| متغیرهای تبیین‌کننده (مستقل) | ضریب همبستگی (R) | ضریب تعیین تعدیل‌شده (Adjusted R2) | ضریب رگرسیونی استاندارد شده (Beta) | آماره F | آماره t | سطح معناداری |
|------------------------------|------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|--------------|
| اجتماعی                      | -۰/۹۲۲           | ۰/۸۵۰                              | -۰/۱۵۱                             | ۷۳/۳۴۹  | -۱/۳۹۸  | ۰/۰۴۷        |
| اقتصادی                      |                  |                                    | -۰/۵۰۵                             |         | -۵/۶۶۴  | ۰/۰۰۰        |
| کالبدی                       |                  |                                    | -۰/۲۲۸                             |         | -۲/۴۰۷  | ۰/۰۴۳        |
| محیط-زیستی                   |                  |                                    | -۰/۶۰۲                             |         | -۶/۱۷۵  | ۰/۰۰۰        |

(منبع: یافته‌های پژوهش)

اثرات کالبدی (شامل آسیب دیدن زیرساخت‌ها و تجهیزات روبنایی، آسیب دیدن ساختمان‌ها، فرو نشستن و لغزش زمین و اختلال در سیستم دفع آب-های سطحی ناشی از بارش‌های ناگهانی) و اثرات محیط‌زیستی (شامل تهدید تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری، آلودگی هوا، پدیده جزایر گرمایی، کمبود آب، سیلابی شدن شهر، افزایش دمای سطح شهر، تهدید سطح سبزی‌نگی و فضای سبز شهر و افزایش ناامنی اقلیمی) به‌طور معنی‌داری زیست‌پذیری در سطح شهر مشهد را تبیین می‌کند که مقدار آن برابر با ۸۵ درصد است. همچنین با توجه به سطح معناداری و

همچنین نتایج تحلیل رگرسیون چندگانه به‌منظور تبیین میزان تأثیرگذاری اثرات تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهر مشهد (جدول ۴) نشان می‌دهد که ابعاد اثرات تغییرات اقلیمی از جمله اثرات اجتماعی (شامل تهدید سلامت شهروندان، مهاجرت از نقاط روستایی به شهر مشهد، سو تغذیه و ناامنی غذایی و افزایش پهنه‌های فقیرنشین شهری)، اثرات اقتصادی (شامل تهدید اشتغال و معیشت ساکنان، افزایش تقاضا برای انرژی در فصول گرم و سرد، آسیب دیدن زیرساخت‌های اقتصادی، قیمت بالای مواد غذایی و اختلال در تأمین انرژی برق و گاز)،



پژوهش حاضر نیز مبین این موضوع بود که از بین اثرات اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و محیط‌زیستی تغییرات اقلیمی، اثرات محیط‌زیستی (شامل تهدید تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری، آلودگی هوا، پدیده جزایر گرمایی، کمبود آب، سیلابی شدن شهر، افزایش دمای سطح شهر، تهدید سطح سبزی‌نگی و فضای سبز شهر و افزایش ناامنی اقلیمی) بیشترین اثرگذاری را بر کاهش زیست‌پذیری شهر مشهد داشته است.

## ۶ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

پدیده تغییر اقلیم بسیاری از سکونتگاه‌های انسانی را با چالش‌های فراوانی روبه‌رو نموده است. این پدیده در سطح شهرها منجر به اثرات اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و محیط‌زیستی فراوانی شده است که ازجمله اثرات اجتماعی می‌توان به تهدید سلامت شهروندان، جابه‌جایی‌های جمعیتی، ناامنی غذایی، افزایش پهنه‌های فقیرنشین شهری و غیره؛ از اثرات اقتصادی می‌توان به تهدید اشتغال و معیشت شهروندان، افزایش تقاضا برای انرژی در فصول گرم و سرد، آسیب رساندن به زیرساخت‌های اقتصادی، اثرگذاری بر قیمت بالای مواد غذایی، اختلال در تأمین انرژی برق و گاز و غیره؛ از اثرات کالبدی می‌توان به آسیب رساندن به زیرساخت‌ها و تجهیزات روبنایی، آسیب رساندن به ساختمان‌ها، اختلال در سیستم دفع آب‌های سطحی ناشی از بارش‌های ناگهانی و از اثرات محیط‌زیستی می‌توان به تهدید تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری، آلودگی هوا، پدیده جزایر گرمایی، کمبود آب، سیلابی شدن شهر، افزایش دمای سطح شهر و افزایش ناامنی‌های اقلیمی اشاره نمود که تمامی این اثرات به‌نحوی بر روی زیست‌پذیری شهرها تأثیرگذار بوده‌اند و در حقیقت منجر به افت کیفیت زیست شهروندان شده است.

نتایج بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش نشان می‌دهد که طی ۵ دهه اخیر (۱۳۵۰-۱۴۰۰)، میانگین دمای سالانه شهر مشهد از ۱۱ درجه سانتی-

ضریب رگرسیون استاندارد شده برای هریک از ابعاد اثرات تغییرات اقلیمی، اثرات محیط‌زیستی بیشترین اثرگذاری را بر کاهش زیست‌پذیری شهر مشهد داشته است.

## ۵،۳ بحث

افزایش آلودگی‌های هوا، تهدید سلامت انسان‌ها، ناامنی در معیشت و اقتصاد شهرها، آسیب دیدن زیرساخت‌ها و تجهیزات روبنایی و زیربنایی، افزایش تقاضا برای گرمایش/ سرمایش، سیلابی شدن شهرها، کمبود منابع آب و غیره ازجمله اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سطح شهرها و ازجمله شهر مشهد به شمار می‌رود که این چالش‌ها، در عمل زیست‌پذیری شهروندان این شهر را با افت روبه‌رو نموده است و همین مسأله ضرورت برنامه‌ریزی و چاره‌اندیشی در راستای مقابله و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی بر سطح شهر مشهد را مشهود ساخته است. نتایج بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که افزایش طول دوره رشد، افزایش دما، ذوب شدن یخ‌های قطب شمال، بالا آمدن تراز آب‌ها، کاهش بارش، خشکسالی‌های پی‌پی و شدید، افزایش رخداد سیلاب، امواج گرمایی و کاهش امواج سرما به‌عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم محسوب می‌شوند که نتایج این پژوهش نیز نشان‌دهنده همین موارد بود. طوری که افزایش دمای شهر مشهد، کاهش میزان بارش‌ها و کاهش تعداد روزهای یخبندان این شهر طی ۵ دهه اخیر ازجمله مواردی بودند که نشان می‌دهند، شهر مشهد نیز با مقوله تغییرات اقلیمی مواجه شده است. کرمی (۲۰۲۲) نیز در پژوهش خود از همین شاخص‌ها برای آشکارسازی پدیده تغییر اقلیم بر پهنه جغرافیایی ایران بهره برده است. بایستی اذعان داشت که متناسب با محتوای موضوع حاضر، پژوهش‌های داخلی در خور توجهی صورت نگرفته، اما نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش محمدی ده چشمه و همکاران (۲۰۲۲) هم‌جهت است. طوری که آن‌ها در پژوهش خودشان به تأثیرگذاری بیشتر اثرات محیط‌زیستی تغییرات اقلیمی بر زیست‌پذیری شهرها تأکید داشتند و





- ✚ تشویق شهروندان در بخش‌های مرکزی شهر به استفاده از حمل‌ونقل‌های عمومی
- ✚ توسعه مسیرهای پیاده‌روی و دوچرخه-سواری مناسب در سطح شهر به‌منظور کاهش استفاده شهروندان از اتومبیل‌های شخصی
- ✚ جابجایی کاربری‌های ناهم‌ساز و تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای از محدوده شهر به خارج از آن
- ✚ تشویق شهروندان به صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای
- ✚ تشویق شهروندان به استفاده از رنگ‌های روشن در نمای ساختمان‌هایشان به‌منظور بازتاب نور خورشید در فصول گرم سال
- ✚ بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر همچون خورشیدی در راستای روشنایی معابر و فضاهای عمومی شهر
- افزایش سطوح اسفنجی و متخلخل در مناطق مرکزی شهر در راستای مواجه با سیلاب‌های شهری

گراد به  $19/2$  درجه سانتی‌گراد (افزایش  $8/2$  درجه سانتی‌گرادی دما)، میزان بارش سالانه از  $360$  میلی-متر به  $264/8$  میلی‌متر (کاهش  $41/2$  میلی‌متری بارش) و تعداد روزهای یخبندان سالانه از  $103$  روز به  $72$  روز (کاهش  $31$  روزی یخبندان) رسیده است که تمامی این موارد حاکی از وجود پدیده تغییر اقلیم در سطح شهر مشهد است. بدین ترتیب، این پژوهش در راستای بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر زیست-پذیری شهر مشهد به رشته تحریر درآمده است. نتایج حاصل از پرسشگری از متخصصان و نخبگان مرتبط با محتوای این پژوهش بیانگر آن بود که بین اثرات تغییرات اقلیمی و زیست‌پذیری شهر مشهد رابطه‌ای معنادار، معکوس و قوی برقرار است که این امر نشانگر آن است که تغییرات اقلیمی حادث‌شده در سطح شهر مشهد در عمل بر زیست‌پذیری این شهر اثرات سو داشته است. همچنین از بین اثرات اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و محیط‌زیستی تغییرات اقلیمی، اثرات محیط‌زیستی بیشترین اثرگذاری را بر کاهش زیست‌پذیری شهر مشهد داشته است. بدین منظور در ادامه اقدام به ارائه برخی از راهکارهای برنامه‌ریزانه به‌منظور سازگاری با اثرات تغییرات اقلیمی در سطح شهر مشهد شده است:

- ✚ افزایش سطح سبزی‌نگی در سطح شهر در راستای کاهش پدیده جزایر گرمایی



## منابع

- Abbasi, F., Kohi, M., Flamarzi, Y., Javanshiri, Z., Malbusi, S., & Babaian, A. (2019). Analysis of the trend of average temperature and annual precipitation in Iran in the period from 1988 to 2017. *Newar Quarterly*, 43(106-107), 38-51,  
<https://doi.org/10.30467/NIVAR.2019.184059.1128> [In Persian].
- Abedi, S., & Sedaqat, M. (2021). Assessment the effects of climate change on tourism demand in Iranian cities. *Scientific Quarterly of Economics and Urban Management*, 10(37), 1-18,  
<https://doi.org/10.52547/iueam.10.37.1> [In Persian].
- Ahmed, N., Padda, I.U.H., Khan, A. Otil, M., Cismas, L., Miculescu, A., & Rehman, A. (2023). Climate change adaption strategies in urban communities: new evidence from Islamabad, Pakistan. *Environ Sci Pollut Res* 30, 42108–42121,  
<https://doi.org/10.1007/s11356-023-25316-x>.
- Alahmad, B., Khraishah, H., Althalji, Kh., MPhil, W., Al-Mulla, F., & Koutrakis, P. (2023). onnections Between Air Pollution, Climate Change, and Cardiovascular Health. *Canadian Journal of Cardiology*, 39(9),  
<https://doi.org/10.1016/j.cjca.2023.03.025>.
- Asadi, A., Nasiran, A., Khedri Gharibvand, H., & Keihani, S. (2023). Revealing climate changes using precipitation limit indices (case study: Najafabad city, Isfahan province). *Geography and Human Relations Quarterly*, 6(1), 379-400,  
<https://doi.org/10.22034/GAHR.2023.379092.1787> [In Persian].
- Chan, E. Y. Y., Ho, J. Y., Hung, H. H., & Lam, H. C. (2019). Health impact of climate change in cities of middle-income countries: the case of China. *British Medical Bulletin*, 130: 5-24,  
<https://doi:10.1093/bmb/ldz011>.
- Davoudi, A., & Muradjani, S. (2018). Spatial analysis of climate changes in Iran during recent decades. *Journal of Geographical Sciences (Applied Geography)*, 14(29), 82-90,  
[https://journals.iau.ir/article\\_669691\\_2ba468b81d3a1698995a14bd09dfb4d9.pdf](https://journals.iau.ir/article_669691_2ba468b81d3a1698995a14bd09dfb4d9.pdf) [In Persian].
- Derakhsandeh, A., Khurani, A., & Rezazadeh, M. (2023). Precipitation trends in Iran based on MERRA2 data. *Journal of Physics and Space*, 49(3), 669-683,  
<https://doi.org/10.22059/JESPHY.S.2023.350125.1007465> [In Persian].
- Diaz, D., & Moore, F. (2017). Quantifying the economic risks of climate change. *Nat. Climate Chang*, 7, 774-782,  
<https://doi.org/10.1038/nclimate3411>



- Du, Z., Lawrence, W. R., Zhang, W., Zhang, D., Yu, S., & Hao, Y. (2019). Interactions between climate factors and air pollution on daily HFMD cases: a time series study in Guangdong, China. *Sci. Total Environ.* 656, 1358-1364, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.11.391>.
- Egerer, M., Haase, D., McPhearson, T., Frantzeskaki, N., Andersson, E., Nagendra, H., & Ossola, A. (2021). Urban change as an untapped opportunity for climate adaptation. *Npj Urban Sustainability*, 1(1), 22, <https://doi.org/10.1038/s42949-021-00024-y>
- Emilija, S. (2017). Understanding the Livability in a City through Smart Solutions and Urban Planning Toward Developing Sustainable Livable Future of the City of Skopje. *Procardia Environmental Science*, (37), 442-453, <https://doi.org/10.1016/j.pro-env.2017.03.014>
- Faryadi, S., & Alavi Naini, A. (2020). Earth warming in Tehran city and presenting participatory policies to reduce its effects. *Earth Sciences Quarterly*, 30(118), 145-152, <https://doi.org/10.22071/gsj.2020.238434.1816> [In Persian].
- Feizi, F., & Barakpour, N. (2021). Assessment of the development plans of Tehran metropolis and its region from the perspective of the consequences of climate change. *Sofeh Scientific Journal of Architecture and Urban Planning*, 32(2), 71-88, <https://doi.org/10.52547/SOFEH.32.2.71> [In Persian].
- Golestani, Z., Borna, R., Mohammadi, H., & Asadian, F. (2024). Investigating the role of vegetation and land use in the occurrence of heat island (case study: Isfahan city). *Human Settlements Planning Studies Quarterly*, 19(1), [https://journals.iau.ir/article\\_701401.html](https://journals.iau.ir/article_701401.html) [In Persian].
- Han, Q., Kumar, R., & Kumar, A. (2024). Climate change and human migration: Perspectives for environmentally sustainable societies. *Journal of Geochemical Exploration*, 256, 107352, <https://doi.org/10.1016/j.jgexplo.2023.107352>.
- He, X., Khan, S., Ozturk, I., & Murshed, M. (2023). The role of renewable energy investment in tackling climate change concerns: Environmental policies for achieving SDG-13. *Sustainable Development*, 31(3), 1888-1901, <https://doi.org/10.1002/sd.2491>.
- Higgs, C., Badland, H., Simons, K., D. Knibbs, L., & Giles-Cort, B. (2018). The Urban livability Index: developing a policy-relevant urban livability composite measure and evaluating associations with transport mode choice. *International Journal of Health Geographic's*, <https://doi.org/10.1186/s12942-019-0178-8>.



- Hobbie, S. E., & Grimm, N. B. (2020). Nature-based approaches to managing climate change impacts in cities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794), 20190124, <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0124>.
- Information base of Mashhad city municipality. (2022). <https://www.mashhad.ir/> [In Persian].
- Iran Statistics Center. (2016). the results of the general population and housing census, <https://www.amar.org.ir> [In Persian].
- Karmi, S. (2020). Investigating the consequences and methods of climate change management (case example: the central watershed of Iran). *Applied Research Journal of Geographical Sciences*, 20(59), 19-37, <https://doi.org/10.29252/jgs.20.59.19> [In Persian].
- Kumar, P. (2021). Climate change and cities: challenges ahead. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3, 645613, <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.645613>.
- Leal Filho, W., Tuladhar, L., Li, C., Balogun, A. L. B., Kovaleva, M., Abubakar, I. R., ... & Donkor, F. K. (2021). Climate change and liveability of cities: an assessment of possible health threats associated with increased temperatures in cities, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-610514/v1>.
- Lee, C. C., Zeng, M., & Luo, K. (2024). How does climate change affect food security? Evidence from China. *Environmental Impact Assessment Review*, 104, 107324, <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107324>.
- Liang, L. I., Deng, X., Wang, P., Wang, Z., & Wang, L. (2020). Assessment of the impact of climate change on cities livability in China. *Science of the Total Environment*, 726, 138339, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138339>.
- López, I., Ortega, J., & Pardo, M. (2020). Mobility infrastructures in cities and climate change: an analysis through the superblocks in Barcelona. *Atmosphere*, 11(4), 410, <https://doi.org/10.3390/atmos11040410>.
- Ma, Q., Qi, Y., Shan, Q., Liu, S., & He, H. (2020). Understanding the knowledge gaps between air pollution controls and health impacts including pathogen epidemic. *Environ. Res.* 189:109949, <https://doi.org/10.1016/j.envres.109949>.
- Mesri Alamdari, P., & Rasouli, H. (2023). Analysis of the impact of urban climate changes on the spatial distribution of population with an emphasis on thermal islands (case



- example: Sari city). *Scientific Journal of Geography and Planning*, 25(77), 231-243, <https://doi.org/10.22131/sepehr.2023.551734.2863> [In Persian].
- Mi, Z., Guan, D., Liu, Z., Liu, J., Viguié, V., Fromer, N., & Wang, Y. (2019). Cities: The core of climate change mitigation. *Journal of Cleaner Production*, 207, 582-589, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.034>.
- Mohammadi deh Cheshme, M., Qhaedi, S., & Shanbepour, F. (2022). Modeling the structural consequences of climate change in Ahvaz using the System Dynamic model. *Geographical Information Quarterly (Sephr)*, 31(124), 87-101, <https://doi.org/10.22131/sepehr.2023.551734.2863> [In Persian].
- National Academy of sciences. (2020). *Climate Change: Evidence and Causes*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18730>.
- Nyashilu, I. M., Kiunsi, R., & Kyessi, A. G. (2023). Mainstreaming Climate Change Adaptation Planning in Tanzania's City's Master Plans. A Critical Review. *International Journal of Social Science Research and Review*, 6(1), 160-176, <https://doi.org/10.47814/ijssrr.v6i1.761>.
- Orsetti, E., Tollin, N., Lehmann, M., Valderama, VA., & Morató, J. (2022). Building Resilient Cities: Climate Change and Health Interlinkages in the Planning of Public Spaces. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3):1355. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031355>.
- Pareek, A., Dhankher, O. P., & Foyer, C. H. (2020). Mitigating the impact of climate change on plant productivity and ecosystem sustainability. *Journal of Experimental Botany*, 71(2), 451-456, <https://doi.org/10.1093/jxb/erz518>.
- Parizadi, T., Moradi, T., & Saki, F. (2019). Analysis of livability in the neighborhoods of the central part of the cities; Case study: the central part of Borujerd city. *Scientific-Research Quarterly of Urban Studies*, 8(31), 3-16, <https://doi.org/10.34785/J011.2019.827> [In Persian].
- Qian, Q. H. (2016). Present state, problems and development trends of urban underground space in China. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 55, 280-289. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2015.11.007>.
- Razzaghi Asl, S., Khatami, M., & Omati, M. (2018). Identifying the effective components in the livability of





- subsurface safe spaces based on the grounded theory approach. *Urban Management Quarterly*, 17(50), 137-144,  
<https://www.sid.ir/paper/91933/fa> [In Persian].
- Rennie Short, J. (2021). Cities worldwide aren't adapting to climate change quickly enough. 1.44pm BST.
- Rennie Short, J., & Farmer, A. (2021). Cities and Climate Change, *Earth*, 2, 1038-1045.  
<https://doi.org/10.3390/earth2040061>.
- Sadeghlou, T., & Arab, S. (2024). Analysis of adaptation solutions of local communities with the effects of 120-day winds in Sistan (case study: villages of Nahbandan city). *Human Settlements Planning Studies Quarterly*, 19(4), [https://journals.iau.ir/article\\_706356.html](https://journals.iau.ir/article_706356.html) [In Persian].
- Semenza, J. C., & Ebi, K. L. (2019). Climate change impact on migration, travel, travel destinations and the tourism industry. *Journal of Travel Medicine*, 26(5), taz026,  
<https://doi.org/10.1093/jtm/taz026>.
- Shi, Ch., Guo, N., Zeng, L., & Wu, F. (2022). How climate change is going to affect urban livability in China, *Climate Services*, 26, 100284,  
<https://doi.org/10.1016/j.cliser.2022.100284>.
- Statistical Yearbook of Razavi Khorasan Province. (2020). Chapter I, Land and Climate,  
[https://nnt.sci.org.ir/sites/Apps/year-book/Lists/year\\_book\\_req/Item/newifs.aspx](https://nnt.sci.org.ir/sites/Apps/year-book/Lists/year_book_req/Item/newifs.aspx) [In Persian].
- Tahir, F., & Al-Ghamdi, S. G. (2023). Climatic change impacts on the energy requirements for the built environment sector. *Energy Reports*, 9, 670-676,  
<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.11.033>.
- Teimuri, H., Hafeznia, M., & PapoliYazdi, M. (2023). Explaining the hydropolitical consequences of climate change in Iran (a case study of the Zayandehroud watershed). *Space Political Analysis Quarterly*, 5(3), 249-269,  
<https://doi.org/20.1001.1.26455145.2023.5.3.1.2> [In Persian].
- The website of the National Meteorological Organization. (2022).  
<https://www.irimo.ir/far/index.php> [In Persian].
- Valigholizadeh, A. (2019). Explaining the economic effects of climate change in the life of human societies. *Geographical Space Scientific Quarterly*, 19(67), 161-198, <http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-3412-fa.html> [In Persian].
- Xu, Y., & Lamarque, J. F. (2018). Isolating the meteorological impact of 21st century GHG warming on the





- removal and atmospheric loading of anthropogenic fine particulate matter pollution at global scale. *Earth Future*, 6, 428-440, <https://doi.org/10.1002/2017EF000684>.
- Yaghfour, H., & Rahmani, A. (2024). Climate change and urban instability: evaluating the consequences of climate migrants on cities, case study: Zahedan city. *Quarterly Journal of Geography and Environmental Studies*, 12(48), 126-141, <https://sanad.iau.ir/journal/ges/Article/703826?jid=703826> [In Persian]