

Original Research Article

# Evaluating the resilience of Isfahan Metropolis against drought and water shortage in the last ten years

Mohammadraza Rafiei<sup>1</sup>, Homayoon Nooraie<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> MA in urban planning, College of Architecture and Urban Planning, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran.

<sup>2</sup> Assistant professor in urban and regional planning, College of Architecture and Urban Planning, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran.



10.22034/GRD.2024.21467.1611

Received:

April 14, 2024

Accepted:

July 22, 2024

Keywords:

Evaluation, Isfahan,  
Resilience, Urban drought,  
Water shortage

## Abstract

Climate change has exacerbated the risks of natural hazards, such as droughts and water stress, in cities. The recurrent occurrence of droughts has hindered sustainable urban development. In response to this challenge, the novel approach of "urban drought resilience" has emerged to assist urban managers in measuring the adaptability of cities to environmental stresses. Accordingly, the overarching objective of this study is to evaluate the drought resilience of Isfahan Metropolitan City using a framework that integrates economic, social, environmental, and institutional dimensions. The research approach is applied, and the research method is descriptive-analytical. First, a list of indicators and variables was developed based on documentary and library studies. Then, the drought resilience of Isfahan Metropolitan City from 2011 to 2021 was evaluated using 22 indicators and 31 variables. Subsequently, the SWARA method was employed to determine the relative importance of each indicator or variable. The findings of the study indicate that the drought resilience of Isfahan Metropolis fluctuated over the period from 2011 to 2021. In the years 2011, 2012, 2015, 2018, 2019, and 2021, the city's drought resilience was relatively high, with scores close to 1, and ranged between 0.43 and 0.51. However, in the years 2013, 2014, 2016, and 2017, the city's drought resilience was lower, with scores close to 0 and ranging between 0.32 and 0.42. Overall, the drought resilience of Isfahan City during the decade 2011-2021 was not satisfactory. The city needs to develop and implement proactive measures to mitigate the impacts and consequences of droughts. If this is not done, the urban community of Isfahan will continue to bear the brunt of the damage caused by droughts and water scarcity.

E-ISSN: 2588-7009 /© 2023. Published by Yazd University. This is an open access article under the CC BY 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



\* **Corresponding Author:** Homayoon Nooraie

**Address:** College of Architecture and Urban Planning, Art University of Isfahan.

**Email:** H.nooraie@aui.ac.ir

## Extended Abstract

### 1. Introduction

Climate change is a pressing global challenge that brings about a range of adverse environmental consequences, including rising temperatures, increasing sea levels, altered precipitation patterns, and the intensification of droughts and water scarcity. These impacts pose significant threats to urban infrastructure, particularly in densely populated areas. With over 54% of the world's population currently residing in urban centers and projections indicating an additional two billion urban dwellers by 2030, the implications of urban disasters, such as urban droughts and water scarcity, become increasingly magnified. According to reports, 79 major cities worldwide experienced severe droughts in the first two decades of the 21st century. Moreover, it is estimated that over 27% of major cities, with a combined population of 233 million, will exhaust their current water resources by 2050. Drylands, encompassing over 40% of the Earth's land surface, are home to more than 30% of the global population and 45% of agricultural land. Unlike other natural disasters, droughts unfold gradually, often spanning months or even seasons, making them susceptible to underestimation and negligence. At the 15th session of the Conference of the Parties of the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), it was alarmingly reported that the frequency and duration of droughts have increased by 29% globally since 2000. The undeniable phenomenon of global warming, driven by climate change, suggests that over three-quarters of the world's population will be affected by droughts by 2050. Iran, with an average annual precipitation of 250 millimeters, has not been spared from the phenomenon of drought, experiencing 27 drought events in the past four decades. Droughts have profound consequences for various sectors of cities in Iran. Water-dependent industries are particularly vulnerable to water shortages, which can disrupt domestic and industrial consumption, sometimes leading to water rationing. The agricultural sector often bears the brunt of droughts, with reduced crop yields posing significant threats to food security and the livelihoods of farming communities. Water scarcity resulting from droughts can jeopardize sanitation and hygiene, leading to an increase in the incidence of waterborne diseases. In addition to these direct impacts, droughts can also have significant socioeconomic consequences, including population displacement. As people migrate from drought-stricken areas to cities with more resources, additional strain is put on already overburdened urban systems, and issues related to housing, employment, and social services are exacerbated. Long-term droughts can also have devastating environmental consequences. Soil erosion, biodiversity loss, and desertification can lead to drastic landscape changes and a decline in the carrying capacity of local ecosystems. Urban green spaces, which are vital for maintaining ecological balance and providing recreational opportunities for residents, are particularly vulnerable to these conditions. The multifaceted impacts of droughts on Iran's megacities underscore the urgent need for comprehensive planning and action to address the multiple challenges posed by climate change. This necessitates not only adaptation to immediate threats but also building long-term resilience and sustainability to cope with future environmental uncertainties. Therefore, the way in which this event is dealt with has a significant impact on the lives of many people. The prevailing approach to drought management in most parts of the world has been reactive, meaning that efforts are made to address the crisis and the problem after the effects of drought have become apparent. One of the weaknesses of this approach is that little attention is paid to preparation, reduction and prediction measures. Along with this approach, another approach called resilience is proposed, in which the important issue is paying attention to human talents and abilities. Among Iran's megacities, Isfahan is grappling with the alarming prospect of repeated and severe droughts. According to the reports examining the future of six Iranian megacities (Tehran, Mashhad, Isfahan, Karaj, Shiraz, and Tabriz) and predicting the likelihood of severe droughts from 2025 to 2100, Isfahan will experience the second-highest number of consecutive dry days (days with less than 1 millimeter of precipitation), after Shiraz. Indeed, water scarcity could become a critical issue for this city, affecting all sectors from agriculture to drinking water supply. It is worth

noting that the risks associated with urban drought can act like an infectious disease and spread to cities. Therefore, cities must take a proactive stance to defend against urban drought. Given this, the importance of addressing the issue of drought in Isfahan is clear. Therefore, this research aims to achieve the main objective of "Evaluating Urban Drought Resilience". A review of the relevant literature reveals that research has mainly focused on rural planning, with less attention paid to urban planning. The novelty of this research lies in its using a different approach to the phenomenon of drought, as other studies have only focused on drought mitigation and identification of its impacts. This research intends to pay special attention to drought adaptation and urban resilience. Therefore, the research gap identified here is the lack of attention to both drought and water scarcity at the city level. Additionally, few studies have addressed the issue of making Isfahan more resilient to drought.

## 2. Research Methodology

In terms of its research objective, this study is applied, as it examines guidelines, policies, frameworks, and strategies for building urban resilience to urban drought. It is also descriptive-analytical in terms of its methodology, as it identifies the factors that increase and decrease urban drought resilience and analyzes and evaluates urban drought resilience. Much of the data about the indicators could be traced in existing documents and reports (Isfahan City Statistical Yearbook). After the data collection, it was found that, in some cases, there was a lack of information. Therefore, to complete the research process and verify its accuracy, in-person visits were paid to the relevant departments, institutions and companies. The analysis of the collected data was also carried out quantitatively and qualitatively. In the integration section, the SWARA method or Gradual Weight Elicitation Ratio Analysis was used. In this method, the most important criterion is given the rank of one, and the least important criterion is given the lowest rank. Experts also play an important role to determine the weight of the criteria.

## 3. Results and discussion

Not all of the indicators that were collected from various scientific sources could be evaluated and measured in the case study. Therefore, some indicators were disregarded based on three criteria: the availability of information, the relevance to drought resilience, and the suitability to the conditions of the case study. As a result, alternative variables were used. The analysis process was then initiated based on the collected data. The analyses were conducted in such a way as to determine for each indicator in which year the level of resilience to drought and water scarcity was high and in which year it was low. The time period under review was also determined to be a ten-year period (2011-2022). This is because according to the crisis management reports of Isfahan Province, 80% of the province faced the most severe water scarcity and drought conditions during the period under review, and access to resources and statistics is also easier in this decade compared to previous years. The SWARA aggregation method was then used to prioritize the dimensions and indicators of the research.

In accordance with the steps of the SWARA technique, experts (at least 15 experienced experts) were first asked to rank the research dimensions in order of priority. Then, the dimensions were ranked in descending order ( $S_j$ ) by calculating the average rank based on their opinions. In the next step, each expert compared each dimension. After the completion of the comparisons, the arithmetic mean was taken from all the opinions, and the weight of the dimensions was obtained using the SWARA method formulas. The environmental, institutional, economic, and social dimensions have the greatest importance and impact the resilience of Isfahan Metropolis to drought and water scarcity. This result seems logical because drought and water scarcity have the greatest impact on the environmental dimension. In addition, the effects of the institutional, economic, and social dimensions have a shorter time horizon than the environmental dimension. The data were reported as the final weight of each variable ( $w_j$ ) calculated according to the SWARA method formulas.

#### 4. Conclusion

The path of the present study is towards providing an appropriate framework for evaluating urban resilience to drought. This framework is structured in the form of dimensions, indicators, variables, and solutions. According to the final scores obtained for each indicator or variable in each year, the overall resilience score for the year in question was determined. This sum shows in which years the resilience of Isfahan metropolis to drought and water scarcity increased and in which years it decreased. It was concluded that the resilience of Isfahan metropolis to drought and water scarcity increased in the years 2011, 2012, 2015, 2018, 2019 and 2021, but decreased in the years 2013, 2014, 2016, 2017, and 2020. Thus, the challenges and problems of the resilience of Isfahan Metropolis to drought and water scarcity in the years under study can be summarized as follows:

- Lack of an appropriate plan to increase tourism revenue in the aftermath of unforeseen events such as the COVID-19 (2020-2021).
- Lack of income and employment diversity in the years 2014-2015 and 2017-2021. This was due to the increase in droughts, which led to an increase in rural-urban migration. However, Isfahan was not been able to meet the employment and income needs.
- As droughts and water scarcity intensified, the share of workers in the agricultural sector gradually decreased, while the share of workers in the industrial sector increased.
- The pricing of water consumption in the final years of the study period (2017-2021) was not such as to encourage consumers to reduce their water consumption.
- As the number of wet and full days of the Zayandeh Rud River decreased, no plan or policy was implemented to revive the city's beating heart and keep water flowing through it.
- The number of healthy and clean days in Isfahan is decreasing, and the number of days with dust and haze is increasing accordingly.
- Low utilization of urban wastewater and graywater for irrigation of green spaces (this method was unknown in the past)
- Lack of communication among responsible organizations and the absence of a responsible organization to mobilize others to address the drought crisis
- Lack of strict government penalties in the early years of the study period for those who violated water conservation laws

The resilience of Isfahan to drought and water scarcity in the years under study is also characterized by the following strengths and potentials:

- Increased public and expert awareness of drought and water scarcity issues due to the growing number of recruitments in water resource management units (from 2016 to 2021)
- The water scarcity problem in the years under study has not led to an increase in prices for water-intensive food and food products.
- Prevention of new well drilling and closure of illegal wells by the Isfahan Regional Water Company
- Quality control of urban drinking water by the Health Center and its high quality
- Access to uninterrupted and unrationed urban drinking water for the residents of Isfahan

مقاله پژوهشی

# ارزیابی تاب‌آوری کلانشهر اصفهان در برابر خشکسالی

محمد رضا رفیعی<sup>۱</sup>، همایون نورائی<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.

<sup>۲</sup> دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.

doi 10.22034/GRD.2024.21467.1611

## چکیده

با تغییرات آب‌وهوایی، مخاطرات طبیعی خطیری نظیر خشکسالی و تنش‌های آبی گریبان‌گیر شهرها شده‌اند. به طوری که وقوع مکرر خشکسالی‌ها مانع توسعه پایدار شهری شده‌اند. درکنار این چالش، رویکرد نوین "تاب‌آوری شهری در برابر خشکسالی" به مدیران شهری کمک می‌کند تا میزان سازگاری شهرها با تنش‌های محیطی را اندازه‌گیری کنند. از این‌رو هدف کلی این مطالعه ارزیابی تاب‌آوری کلانشهر اصفهان در برابر خشکسالی با استفاده از چارچوبی است که ابعاد و سنجه‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی را ادغام می‌کند. نوع پژوهش کاربردی و روش بررسی آن توصیفی-تحلیلی است. ابتدا فهرستی از سنجه‌ها و متغیرها بر اساس مطالعات اسنادی-کتابخانه‌ای تدوین شد. سپس تاب‌آوری کلانشهر اصفهان از سال ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۰ در برابر خشکسالی توسط ۲۲ سنجه و ۳۱ متغیر مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه به منظور تعیین میزان اهمیت هر سنجه یا متغیر از روش تلفیق سوارا بهره گرفته شد. یافته‌ها گویای آن است که تاب‌آوری کلانشهر اصفهان در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۴، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۴۰۰ در برابر خشکسالی و کمبود آب افزایش (امتیازها نزدیک به عدد یک و بین ۰/۴۳-۰/۵۱) اما در سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۳، ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۹ کاهش یافته (امتیازها نزدیک به عدد صفر و بین ۰/۳۲-۰/۴۲) است. به طور کلی میزان تاب‌آوری کلانشهر اصفهان طی دهه ۱۳۹۰-۱۴۰۰ در برابر خشکسالی در وضعیت مطلوبی قرار نداشته و شهر اصفهان نیازمند تهیه واکنش‌ها و اقدامات متقابلی است که اثرات و پیامدهای خشکسالی را کاهش دهد. چنانچه این مهم به وقوع نپیوندد، جامعه شهری اصفهان زیر بار آسیب‌های ناشی از خشکسالی و کمبود آب کمر خم می‌کند.

تاریخ دریافت:

۲۶ فروردین ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش:

۳۱ تیر ۱۴۰۳

کلیدواژه‌ها:

ارزیابی،  
تاب‌آوری،  
خشکسالی شهری،  
کمبود آب،  
اصفهان

## ۱ مقدمه

در نتیجه تغییرات آب‌وهوایی هوا گرم‌تر، سطح آب دریاها افزایش، بارندگی‌ها کمتر و همچنین خشکسالی‌ها و کم‌آبی‌هایی رخ می‌دهد. به دنبال این موارد تهدیدات ویژه‌ای نیز برای زیرساخت‌های شهری رقم می‌خورد (جبارین، ۱۳۹۸: ۲). تقریباً ۵۴ درصد از جمعیت جهان در حال حاضر در شهرها زندگی می‌کنند. همچنین تخمین زده می‌شود که در سال ۲۰۳۰، دو میلیارد شهرنشین دیگر وجود داشته باشد. به تبع این توزیع جمعی از جمعیت، پیامدهای مجموعه وسیعی از بلایای شهری همچون خشکسالی شهری و کمبود آب را تشدید می‌کنند.

\* نویسنده مسئول: همایون نورائی

Email: H.noorae@au.ac.ir

آدرس: دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه نگارنده اول در رشته کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، با عنوان "ارزیابی تاب‌آوری شهرها در برابر خشکسالی (نمونه موردی کلان شهر اصفهان)" که با راهنمایی نگارنده دوم در بهمن ماه سال ۱۴۰۱ در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اصفهان دفاع شده است.

مطابق با گزارشات در دو دهه اول قرن بیست و یکم، ۷۹ شهر بزرگ جهان به شدت از فاجعه خشکسالی آسیب دیده‌اند. بعلاوه پیش‌بینی می‌شود که بیش از ۲۷ درصد از شهرهای بزرگ جهان با جمعیتی بالغ بر ۲۳۳ میلیون نفر، تا سال ۲۰۵۰ منابع آبی فعلی خود را به اتمام می‌رسانند (Zhang et al, ۲۰۱۹: ۲). در سطح جهان، مناطق خشک بیش از ۴۰ درصد از مساحت کل زمین را تشکیل می‌دهند و بیش از ۳۰ درصد جمعیت و ۴۵ درصد از زمین‌های کشاورزی را می‌زبانی می‌کنند. در مقایسه با سایر بلایای طبیعی، خشکسالی بسیار کندتر رخ می‌دهد که معمولاً ماه‌ها یا حتی فصل‌ها طول می‌کشد و به همین راحتی نادیده گرفته می‌شوند. در پانزدهمین جلسه کنفرانس اعضای کنوانسیون سازمان ملل متحد برای مبارزه با بیابان‌زایی (UNCCD) بیان شد که تعداد و مدت خشکسالی‌ها از سال ۲۰۰۰ تا کنون ۲۹ درصد در سطح جهان افزایش یافته است. پدیده انکار ناپذیر گرمایش جهانی به دلیل تغییرات آب‌وهوایی، پیش‌بینی می‌شود که بیش از سه چهارم جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ تحت تاثیر خشکسالی قرار گیرند (Ling et al, ۲۰۲۳: ۱-۲). کشور ایران با متوسط بارندگی سالانه ۲۵۰ میلی‌متر نیز از این پدیده مستثنی نبوده و در چهل سال گذشته ۲۷ رویداد خشکسالی را تجربه کرده است (ملکان و همکاران، ۱۳۹۸: ۶۶). خشکسالی پیامدهای عمیقی برای بخش‌های مختلف شهرهای ایران به دنبال دارد. صنایع وابسته به آب در برابر کمبود آب آسیب‌پذیر هستند و این کمبود می‌تواند با برهم زدن مصارف خانگی و صنعتی، گاهی اوقات منجر به اعمال سهمیه‌بندی آب شود. بخش کشاورزی اغلب بیشترین ضربه را از خشکسالی متحمل می‌شود و کاهش عملکرد محصولات کشاورزی، تهدیدات قابل توجهی برای امنیت غذایی و معیشت جوامع کشاورزی ایجاد می‌کند. کمبود آب ناشی از خشکسالی، می‌تواند بهداشت و نظافت را به خطر انداخته و منجر به افزایش بروز بیماری‌های مرتبط با آب شود. علاوه بر این خشکسالی‌ها می‌توانند اثرات اجتماعی-اقتصادی در پی داشته باشند، از جمله آوارگی جمعیت. با مهاجرت مردم از مناطق خشک‌زده به شهرهای دارای منابع بیشتر، فشار مضاعفی بر سیستم‌های شهری که در حال حاضر بار مضاعفی را تحمل می‌کنند وارد می‌شود و مسائل مربوط به مسکن، اشتغال و خدمات اجتماعی را پیچیده‌تر می‌کند. تخریب محیط‌زیست یکی دیگر از پیامدهای خشکسالی‌های طولانی‌مدت است. فرسایش خاک، کاهش تنوع زیستی و بیابان‌زایی، منجر به تغییر چشم‌اندازها و کاهش قابلیت حیات اکوسیستم‌های محلی می‌شود. فضای سبز شهری که برای حفظ تعادل اکولوژیکی و تأمین مناطق تفریحی برای ساکنین حیاتی است، در برابر این شرایط به ویژه آسیب‌پذیر است. پیامدهای چندوجهی خشکسالی در کلانشهرهای ایران، بر ضرورت برنامه‌ریزی و اقدام جامع برای مقابله با چالش‌های متعدد ناشی از تغییر اقلیم تأکید می‌کند. این امر نه تنها شامل سازگاری با تهدیدات فوری، بلکه دربردارنده تقویت تاب‌آوری و پایداری بلندمدت برای مقابله با عدم قطعیت‌های زیست‌محیطی آتی نیز می‌شود (Afsari et al, ۲۰۲۴: ۱۹). بنابراین نحوه برخورد با این رخداد اثرگذار بر زندگی بسیاری از انسان‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. رویکرد غالب برای مدیریت پدیده خشکسالی در اکثر نقاط جهان رویکردی انفعالی بوده بدین معنی که پس از آن که اثر خشکسالی ظاهر شد، درصد دفع بحران و مسئله برخواهند آمد. از نقاط ضعف این رویکرد این است که به اقدامات آمادگی، کاهش و پیش‌بینی توجه کمتری صورت می‌گیرد. در کنار این رویکرد، رویکرد دیگری با نام تاب‌آوری مطرح می‌گردد که مسئله مهم در آن توجه به استعدادها و توانمندی‌های انسان می‌باشد (ملکان و همکاران، ۱۳۹۸: ۶۸-۶۷). در میان کلانشهرهای ایران، اصفهان با چشم‌انداز نگران‌کننده خشکسالی‌های مکرر و شدید دست‌وپنجه نرم می‌کند. مطابق با گزارشات، مبنی بر بررسی آینده‌ی شش کلانشهر ایران (تهران، مشهد، اصفهان، کرج، شیراز و تبریز) و پیش‌بینی احتمال وقوع خشکسالی‌های شدید در بازه‌ی زمانی ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰، تعداد تجمعی روزهای خشک (روزهایی با بارش کمتر از ۱ میلی‌متر) اصفهان پس از شیراز، با بیشترین تعداد روز خشک مواجه خواهد شد. درواقع کمبود آب می‌تواند به یک مسئله بحرانی برای این شهر تبدیل شود و هم‌ی بخش‌ها از کشاورزی گرفته تا تأمین آب آشامیدنی را تحت تأثیر قرار دهد (Afsari et al, )

۱۷:۲۰۲۴). شایان ذکر است که خطرات ناشی از خشکسالی شهری می‌تواند همانند یک بیماری عفونی عمل کند و به شهرها سرایت کند. بنابراین شهرها باید در دفاع در برابر خشکسالی شهری موضعی فعال داشته باشند. با این حساب اهمیت پرداختن به موضوع خشکسالی در شهر اصفهان به وضوح روشن است. بنابراین پژوهش حاضر در پی حصول به هدف اصلی "ارزیابی تاب‌آوری شهرها در برابر خشکسالی" می‌باشد. با مرور پیشینه پژوهش مرتبط با این موضوع روشن می‌شود که غالب پژوهش‌ها در محور برنامه‌ریزی روستایی شکل گرفته‌اند و کمتر در زمینه برنامه‌ریزی شهری به آن توجه شده است. نوآوری این پژوهش نسبت به سایر پژوهش‌ها، تمایز نوع نگاه به پدیده خشکسالی است، زیرا سایر تحقیقات تنها به جبهه کاهش خشکسالی و شناسایی اثرات آن پرداخته‌اند. اما این پژوهش قصد دارد، به جبهه سازگاری با خشکسالی و تاب‌آوری شهری توجه ویژه‌ای داشته باشد. بنابراین خلاء پژوهشی یافت شده در اینجا دیده نشدن دو موضوع خشکسالی و کمبود آب در سطح شهر در کنار یکدیگر است. بعلاوه کمتر پژوهشی به تاب‌آور ساختن شهر اصفهان در این زمینه اشاره‌ای داشته است.

## ۲ مبانی نظری

### ۲٫۱ مروری بر مطالعات گذشته

خشکسالی مفهوم عامی‌ست که در اکثر رشته‌ها مورد تاکید قرار می‌گیرد. اما در زیر به آن دسته از پژوهش‌های داخلی و خارجی که در زمینه تاب‌آوری خشکسالی به تحقیق پرداخته‌اند، اشاره می‌نمائیم:

ملکان و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای به تحلیل نقش سرمایه اجتماعی بر ارتقای تاب‌آوری در برابر خشکسالی پرداخته‌اند. آنها به این نتیجه رسیدند که افزایش اعتماد و سرمایه اجتماعی در بین افراد موجب تقویت تاب‌آوری اجتماعات در برابر خطرها و همچنین موجب افزایش ظرفیت سازگاری و کاهش آسیب‌پذیری می‌شود.

قاسمی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به بررسی راهبردهای مناسب در زمینه تاب‌آور ساختن معیشت روستاییان در مواجهه با خشکسالی پرداخته‌اند. آنها به این مهم دست یافتند که ضروری است در نواحی در معرض خشکسالی پایه‌های توسعه را متناسب با کم‌آبی و اقتصاد غیرزراعی شکل داد تا تاب‌آوری معیشتی روستاییان در مواجهه با خشکسالی افزایش یابد.

ولی و محرابی در سال ۱۳۹۹ در مطالعه‌ای به دنبال تحلیل تاب‌آوری و آسیب‌پذیری اجتماعی-اقتصادی جوامع شهری در مقابل خشکسالی بوده‌اند. در این مطالعه از مهم‌ترین آسیب‌های اقتصادی خشکسالی به؛ درآمد و هزینه‌های روستایی و شهری، سهم اشتغال افراد در بخش صنعت اشاره شده است. در بخش اجتماعی نیز خشکسالی باعث کاهش تعداد شرکت‌های تعاونی، تعداد بیمه شوندگان صندوق‌های کشاورزی و بیمه بیکاری شده است. در بخش زیست‌محیطی نیز خشکسالی تاثیر مستقیمی بر آتش‌سوزی سطح مراتع و جنگل‌ها دارد.

لی و یو (۲۰۲۱) در مقاله‌ای به ارزیابی تاب‌آوری ۱۶۰ دولت محلی کره در برابر خشکسالی پرداخته‌اند. آنها از منحنی شاخص بارش استاندارد (SPI) جهت ارزیابی تاب‌آوری به خشکی بهره برده‌اند و در نهایت ۱۸ شاخص کیفی و کمی ارزیابی خشکسالی برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها از هر منطقه انتخاب نموده‌اند.

سایکیا و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی عوامل مختلف تاب‌آوری آب شهری را در چهار بعد؛ زیرساخت‌ها و اکوسیستم‌ها، سلامت و رفاه، برنامه‌ریزی و امور مالی، و رهبری و استراتژی شناسایی و دسته‌بندی نمودند. همچنین آنها شواهدی از کاربرد چارچوب تاب‌آوری آب شهری در کیپ تاون و سواحل بزرگ میامی ارائه داده‌اند.

لی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی یک سیستم شاخص ارزیابی چندبعدی برای تاب‌آوری سیستم آبرسانی شهری در برابر بلایای غذایی و خشکسالی بر اساس تحلیل همبستگی و تحلیل عاملی ایجاد کرده‌اند. این روش شامل؛ چهار بعد فرآیند تامین آب (منبع آب، نیروگاه آب، شبکه تامین و توزیع و استفاده‌کنندگان)، سیستم مدیریت شهری (جامعه، محیط طبیعی) و همچنین یک مدل ارزیابی جامع چندسطحی مبتنی بر مدل ابری برای شبیه‌سازی و تحلیل تاب‌آوری سیستم آبرسانی در چینگدائو ایجاد نموده‌اند.

**جدول ۱. جمع‌بندی مبانی تجربی**

کشور	برنامه‌های عملیاتی در راستای مدیریت خشکسالی و کمبود آب	منبع
استرالیا	تشکیل دفتر نظارت بر خشکسالی در سازمان هواشناسی، راه‌اندازی ستاد ملی مدیریت خشکسالی در سال ۱۹۶۵، اندازه‌گیری روزانه میزان بارش ایستگاه‌های هواشناسی و ارتباط بین کمبود بارش و خشکسالی‌های قبلی، کم‌های حمایتی مشاغل مختلف، تدوین برنامه‌های تحقیقاتی و حمایتی، آمادگی برای خشکسالی، سرمایه‌گذاری گذر از خشکسالی و طرح رفع بیکاری	گل محمدی و رضوی، ۱۳۹۱
آمریکا	تأسیس مرکز ملی مقابله با خشکسالی، تدوین برنامه جامع مقابله با خشکسالی (مدل برنامه‌ریزی ده مرحله‌ای)، تصویب قانون برنامه‌ریزی و واکنش به خشکسالی در سال ۲۰۱۴، ارائه مشوق‌های اقتصادی برای کاهش مصرف آب، ترویج استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده، توسعه سیستم‌های هشدار اولیه و ارائه فعالیت‌های آموزشی برای بهبود آمادگی در برابر خشکسالی، کمپین‌های آموزش عمومی برای تکنیک‌های صرفه‌جویی در مصرف آب و محدود کردن استفاده از آب شهری	Moore et al, ۲۰۲۱: ۳۳-۳۵
مجارستان	توسعه سیستم نظارت آب‌سنجی برای کنترل آغاز خشکسالی و ارزیابی مداوم منابع آب در وزارت محیط‌زیست و آب این کشور، فعال‌سازی اقدامات پیش‌بینی خشکسالی	امیرسالار میمنی و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۵۵
قبرس	استفاده از سیستم‌های بازیافت آب خاکستری در خانه‌ها و مدارس برای آبیاری باغ‌ها، باز کردن آبریز توالتها و غیره	امیرسالار میمنی و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۵۵
اسپانیا	عدم تصویب طرح‌های توسعه کاربری اراضی شهری بدون منابع آب تضمین شده (حجم آب مورد استفاده در استخرها، حداکثر تعداد استخرها، میزان آب لازم جهت آبیاری فضاهای سبز و باغبانی در برنامه‌ریزی‌های شهری دیده شود)	Cremades et al, ۲۰۲۱: ۵-۷
آفریقای جنوبی	اقداماتی که شهر کیپ تاون برای کاهش شدید صرفه‌جویی در مصرف آب و مدیریت تقاضا اعمال کرده است، بدین شرح است: افزایش تعرفه‌ها، محدودیت‌های استفاده، کاهش فشار و کمپین‌های اطلاعاتی، نصب دستگاه‌های مدیریت آب در خانوارهای پرمصرف، طرح‌های افزایش آب (شامل کارخانه‌های نمک‌زدایی (آب‌شیرین‌کن) و استخراج آب‌های زیرزمینی)	Bruhl and Visser, ۲۰۲۱: ۱-۸

(منبع: نگارندگان)

پس از بررسی چارچوب‌های نظری و تجربی پیرامون انگاشت‌های پایه موضوع پژوهش، اکنون با تعیین سنجه‌های نهایی (جدول ۲)، چارچوب مفهومی پژوهش تنظیم می‌شود. در تشکیل سنجه‌های پژوهش به هر سه حوزه توسعه پایدار اعم از زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی توجه ویژه‌ای شده است. همچنین از آنجاکه پژوهش‌های اندکی به مسئله خشکسالی در بعد نهادی و سازمانی علاقه نشان داده‌اند، تمایز این پژوهش با سایر پژوهش‌ها در این است که هر چهار بعد را در کنار یکدیگر مورد بررسی و ارزیابی قرار داده است.





*																			مستقیم	وضعیت جمع‌آوری و انتقال فاضلاب (بازچرخانی پساب فاضلاب)
	*				*			*											مستقیم	وضعیت تجربه تاریخی و در دسترس بودن سامانه‌های هشدار و پیش‌بینی خشکسالی
*	*		*		*													*	معکوس	میزان دگرگونی دسترسی نسبت به کمیت و تعداد قطعی آب در گذشته
	*				*	*													معکوس	میزان مقدار آب مصرفی (خانگی، صنعتی، کشاورزی) برای هر نفر
	*				*			*	*	*	*							*	مستقیم	میزان استفاده از کشت گونه‌های مقاوم در برابر خشکسالی
*					*														مستقیم	میزان همکاری بین‌المللی
			*																مستقیم	وضعیت ارتباط موثر برنامه‌ها و سیاست‌های دولت در مورد کمبود آب و خشکسالی
			*		*			*											مستقیم	میزان هماهنگی فعال بین و درون سازمان‌های دولتی
			*			*	*	*										*	مستقیم	میزان اختصاص بودجه برای بلایای منابع آبی و خشکسالی
	*																	*	مستقیم	وضعیت مجازات‌های اعمال شده برای نقض محدودیت‌ها

(منبع: نگارندگان)

### ۳ روش تحقیق

#### ۳،۱ داده‌ها و روش‌های پژوهش

این پژوهش از لحاظ نوع هدف، کاربردی است. زیرا به دستورالعمل‌ها، سیاست‌ها، چارچوب‌ها و راهبردهای تاب‌آوری شهری در برابر خشکسالی شهری می‌پردازد. همچنین از جهت روش انجام، توصیفی-تحلیلی است. زیرا از یک سو به شناسایی عوامل افزایش و کاهش دهنده تاب‌آوری شهرها در برابر خشکسالی می‌پردازد و از سوی دیگر تحلیل و ارزیابی تاب‌آوری در برابر خشکسالی را در شهرها در دستور کار قرار داده است. افزون بر این موارد، برون‌داد نهایی پژوهش راهکارها و راهبردهایی جهت کاربست در سیستم برنامه‌ریزی و مدیریت شهری جهت ایجاد اصفهانی پایدار و تاب‌آورتر در برابر بحران خشکسالی است. در این پژوهش پس از مشخص شدن اینکه بسیاری از داده‌ها و اطلاعات متناسب با سنج‌ها را می‌توان در اسناد و گزارش‌های موجود ردیابی کرد، به گردآوری اطلاعات پرداخته شد (آمارنامه‌های شهر اصفهان). پس از جمع‌آوری داده‌ها، این نتیجه حاصل شد که در برخی موارد با نقص اطلاعات و داده مواجه‌ایم. بنابراین برای تکمیل روند پژوهش و بررسی صحت و وسقم آن‌ها مجبور به مراجعه حضوری به ادارات، موسسات و شرکت‌های مربوطه شدیم. تجزیه و تحلیل اطلاعات گردآوری شده نیز به صورت توانم کمی و کیفی رقم خورده است. در بخش تلفیق از روش سوارا<sup>۱</sup> یا تحلیل نسبت ارزیابی وزندهی تدریجی، که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه شناخته می‌شود و هدف آن محاسبه وزن معیارها و زیرمعیارهاست استفاده شده است. در این روش به مهم‌ترین معیار رتبه یک و به کم اهمیت‌ترین معیار پایین‌ترین رتبه داده می‌شود. در این روش کارشناسان نقش مهمی در تعیین وزن معیارها دارند. مشخصه

<sup>1</sup> Swara

اصلی این روش، امکان برآورد کارشناسان در رابطه با نسبت اهمیت معیارها در فرآیند تعیین وزن آنها می‌باشد. در زیر گام‌های روش سوارا به طور مفصل شرح داده شده‌اند:

گام اول (مرتب کردن شاخص‌ها و معیارها): اولین گام در روش سوارا، شناسایی شاخص‌های پژوهش است. سپس بر اساس نظرات خبرگان شاخص‌ها غربال شده و بر اساس رتبه اهمیت مرتب می‌شوند.

گام دوم (تعیین اهمیت نسبی هر شاخص  $(S_j)$ ): در این مرحله می‌بایست اهمیت نسبی هرکدام از شاخص‌ها نسبت به شاخص مهم‌تر قبلی مشخص گردد. بدین صورت که این امتیازات از ۱ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد. به‌طور مثال اگر به شاخص  $Z$  ام نسبت به شاخص  $Z+1$  ام امتیاز صفر داده شود، یعنی این دو عامل از اهمیت برابری برخوردارند. هر چه امتیاز به سمت ۱۰۰ میل کند، نشان از برتری شاخص  $Z$  ام نسبت به شاخص  $Z+1$  ام است. این اهمیت توسط خبرگان مشخص می‌شود.

گام سوم (محاسبه ضریب  $(K_j)$ ): ضریب  $K_j$  تابعی از مقدار اهمیت نسبی هر شاخص می‌باشد که با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد:

$$K_j = S_j + 1 \quad (1)$$

گام چهارم (محاسبه وزن اولیه هر معیار  $(q_j)$ ): وزن اولیه معیارها از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود. در این رابطه باید توجه داشت که وزن معیار نخست که مهم‌ترین معیار است، برابر ۱ در نظر گرفته شود.

$$q_j = \frac{q_{j-1}}{K_j} \quad (2)$$

گام پنجم: محاسبه وزن نهایی  $(w_j)$ : در گام آخر باید وزن نهایی شاخص‌ها که در حقیقت همان وزن نرمال شده است را محاسبه نمود. وزن نهایی یا نرمال از رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$w_j = \frac{q_j}{\sum q_j} \quad (3)$$

## ۴ یافته‌ها و بحث

### ۴.۱ تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش

تمامی سنجه‌هایی که از منابع علمی مختلف گردآوری شده‌اند، امکان ارزیابی و مورد سنجش واقع شدن در نمونه مطالعاتی را نداشته‌اند. با این حساب، نادیده گرفتن برخی سنجه‌ها با توجه به چهار معیار؛ وجود اطلاعات و دسترسی به آن، در حیطه عمل تاب‌آوری در برابر خشکسالی قرار داشتن و تناسب با شرایط نمونه مطالعاتی را دارا بودن، انجام شده است. بدین ترتیب از متغیر جایگزین استفاده شده است (جدول ۳). سپس با توجه به داده‌ها و اطلاعات گردآوری شده، فرآیند تجزیه و تحلیل آغاز شد. تحلیل‌ها نیز بدین گونه صورت گرفته است که برای هر سنجه مشخص شد، در چه سالی سطح تاب‌آوری در برابر خشکسالی و کمبود آب بالا و در چه سالی پایین بوده است. بازه زمانی مورد بررسی نیز دوره ده ساله (۱۳۹۰-۱۴۰۰) مشخص شده است. زیرا مطابق با گزارشات مدیریت بحران استانداری اصفهان، ۸۰ درصد این استان در بازه مورد نظر با سخت‌ترین شرایط کم‌آبی و خشکسالی روبرو بوده و همچنین دسترسی به منابع و آمارنامه‌ها در این دهه نسبت به سال‌های گذشته آسان‌تر است. در ادامه نیز جهت اولویت‌بندی ابعاد و سنجه‌های پژوهش از روش تلفیق سوارا استفاده شد.

جدول ۳. جمع‌بندی اجمالی سنج‌های پژوهش

سال ۱۴۰۰	سال ۱۳۹۹	سال ۱۳۹۸	سال ۱۳۹۷	سال ۱۳۹۶	سال ۱۳۹۵	سال ۱۳۹۴	سال ۱۳۹۳	سال ۱۳۹۲	سال ۱۳۹۱	سال ۱۳۹۰	متغیر جایگزین	سنجه
۲۹۰۰۹ ۶	۸۰۵۸۱	۱۵۰۷۱۱ ۷	۱۵۱۸۹ ۷۸	۸۴۴۴۰ ۲	۸۱۶۲۲ ۹	۸۷۹۰۷ ۷	۷۸۴۷۹ ۱	۷۵۹۱۶ ۱	۱۳۷۲۷ ۰۱	۱۲۴۶۷ ۵۳	Q۱	وضعیت درآمد از صنعت گردشگری
۱/۲۶۳	۱/۰۰۶	۰/۸۱۵	۰/۸۱	۱/۰۷۹	۲/۹۹	۰/۷۱۸	۰/۲۳۹	۲/۴۶۹	۰/۸۸	۲/۲۳۶	Q۲	میزان توانایی تغییر شغل در زمان خشکسالی
۰	۰/۰۹۸	۰/۰۸۰۲	۰/۰۸۵	۰/۰۸۳	۰/۰۹۶	۰/۰۶۲	۰/۰۵۵	۰/۰۶۴	۰/۰۶	۰/۰۵۶	Q۳	تعداد پرسنل شاغل در واحدهای مدیریت حفاظت از آب، محیط‌زیست و تأسیسات عمومی
۴/۹۶۷ ۷۰	۳/۵۷۱ ۷۸	۳/۳۲۱ ۷۲	۴۰۰	۴۲/۴۱۱ ۹	۳/۳۶۳ ۹۶	۳۶۰	۳۹/۳۷ ۵	۴/۶۲۵ ۶۵	۳/۶۸۴ ۷۳	۳/۲۴۷ ۴۴	Q۴	نسبت سهم اشتغال صنعت به کشاورزی
۱/۰۲۳	۱/۰۹۲	۱/۱۳۶	۱/۳۱۱	۱/۳۷۸	۱/۵۷۶	۱/۵۱۷	۱/۶۶۶	۱/۶۱۹	۱/۸۱۶	۲/۲۱۱	Q۵	وضعیت قیمت‌گذاری صرفه‌جویی برای کاهش آب مصرفی (نرخ تامین آب)
۴۰/۰۱۳	۴/۲۴۸ ۳	۴/۴۲۱ ۳	۴/۹۱۸ ۸	۵/۷۰۱ ۷	۶/۶۲۷ ۳	۵/۹۶۳ ۸	۶/۲۲۳ ۷	۶۶/۹۴۱	۷/۵۴۳ ۴	۹۰/۳۳	Q۶	میزان هزینه‌های دسترسی خانوار به اقلام خوراکی
۲/۹۲۹ ۱	۲/۵۷۲ ۱	۲/۷۲۴ ۱	۲۱/۷۳	۲۰/۹۲۱	۲۱/۰۰۶	۲/۳۸۶ ۲	۲/۰۸۶ ۴	۲/۸۶۵ ۶	۲۶/۶۵	۲/۱۳۵ ۵	Q۷	میزان هزینه‌های دسترسی خانوارها به اقلام غیرخوراکی
۶۰/۳۵۱	۶/۶۳۹ ۱	۶۵/۹۶	۶/۶۸۶ ۸	۶/۹۰۴ ۸	۶/۷۸۲ ۸	۷/۰۰۵ ۱	۷/۳۳۹ ۳	۷/۸۳۵ ۳	۷/۵۷۹ ۱	۷/۷۱۸ ۶	Q۸	میزان حس دل‌بستگی ساکنین برای دسترسی به فضاهای شهری
۲/۸۱۶	۳/۳۹۹	۶/۷۲۵	۵/۷۹۷	۴/۲۸۵	۱۱/۹۶۳	۴/۳۸۴ ۰	۱/۸۷۳ ۵	۳/۱۸۵ ۵	۲/۸۶۲ ۵	۲/۹۱۳ ۳	Q۹	میزان نرخ مهاجرت
۰/۰۸	۰/۰۷۵	۰/۰۷	۰/۰۶۶	۰/۰۶۱	۰/۰۵۸	۰/۰۵۴	۰/۰۵۱	۰/۰۴۸	۰/۰۴۵	۰/۰۴۳	Q۱۰	وضعیت فروش آب متناسب با تعداد مشترکین
۳۲/۹۶ ۹۷۲	۳۴۰/۱۲ ۵۰	۳۰/۵۸ ۷۳۳	۲۸/۵۵ ۹۸۱	۳۱۷/۷ ۴۳	۳۲/۶۳ ۲۵۱	۳۱/۴۷ ۳۸۹	۳۲/۹۲ ۲۵۲	۳۳۰/۳ ۶۵	۳۳/۵۷ ۳۸۰	۳۳/۸۵ ۶۴۹	Q۱۱	وضعیت کنترل آلودگی هوا، گردوغبار
۵/۴۵۲ ۹	۶/۳۸۳ ۴	۶/۵۷۵ ۶	۷۰/۱۳۶	۷/۹۷۲ ۳	۷۸/۶۳	۶۶/۳۰۱	۸/۲۱۹ ۸	۷/۶۹۸ ۳	۸۶/۳۰۱	۶/۱۲۳ ۷	Q۱۲	میزان تغییرات بارندگی
۲۵/۳۸	۲۲/۸۳	۲۵/۰۲	۲۲/۹۲	۳۰/۸۶	۳۵/۳۴	۱۳/۸۸	۱۰/۲۲	۱۱/۵۹	۱۱/۸۷	۹/۶۸	Q۱۳	وضعیت حفاظت از منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی
۹/۷۶۶ ۲	۱۲/۱۳۳ ۳	۱۰۵/۱	۱/۷۳۳ ۳۲	۶/۶۶۶ ۹	۶۵/۶۶	۶۴/۳	۷/۶۶۶ ۲	۱/۹۳۳ ۵۵	۱۷/۷۶۶ ۵	۱۱۴/۳	Q۱۴	وضعیت جمع‌آوری و انتقال فاضلاب
۴۸/۴۵	۶۴/۶	۵۸/۳	۴۷/۳۳	۶۸/۸۲	۶۸/۳	۶۴/۶۲	۶۶/۷	۶۴/۵۱	۵۸/۹۵	۵۵/۴۴	Q۱۵	میزان دگرگونی دسترسی نسبت به کیفیت آب آشامیدنی
۸۷۱/۷ ۴	۸۴/۸۹ ۴۵	۸۷/۸۹ ۳۰	۸۵/۵۱ ۱۷	۹۰۸/۱۱ ۲	۸۷/۹۸ ۷۰	۸۲/۸۳ ۶۳	۸۵/۷۴ ۶	۹۰۰/۲۶ ۰	۸۷/۲۱ ۷۶	۸۹/۰۸ ۳۹	Q۱۶	وضعیت جمع‌آوری و انتقال فاضلاب
۹۶/۳۱	۱۲۱/۰۸	۸۳/۶۷	۱۰۶/۰۴	۹۸/۸۴	۱۱۹/۷	۹۹/۵۱	۷۱/۷۸	۱۰۵/۶۳	۱۲۹/۸	-	Q۱۷	میزان دگرگونی دسترسی نسبت به کمیّت و تعداد قطعی آب در گذشته
۶/۳۷	۶/۳۲	۶/۲۷	۶/۲۸	۷/۳۱	۶/۵۶	۶/۶۳	۶/۳۴	۶/۳۶	۶/۲۲	۶/۱۵	Q۱۸	میزان دگرگونی دسترسی نسبت به کمیّت و تعداد قطعی آب در گذشته
۴۸۷۹۱	۹۳۱۸۹	۸۵۹۹ ۷	۴۱۴۱۴	۴۶۸۱۵	۲۰۰۲۳	۲۹۶۰۷	۱۴۵۲۰	۲۵۵۹ ۴	۲۱۳۷۰	۲۶۱۵۰	Q۱۹	میزان دگرگونی دسترسی نسبت به کمیّت و تعداد قطعی آب در گذشته
۶۱۵۹	۷۵۸۱	۷۸۶۰	۶۹۴۰	۶۸۰۸	۶۷۹۱	۴۶۹۱	۲۱۸۴	۴۴۶۰	۴۱۷۴	۳۵۸۸	Q۲۰	وضعیت جمع‌آوری و انتقال فاضلاب
۲۳	۱۵	۲۰	۱۶	۱۲	۷	۳	۱	۰	۰	۰	Q۲۱	میزان دگرگونی دسترسی نسبت به کمیّت و تعداد قطعی آب در گذشته
۴/۵۶۷ ۶	۱/۲۵۲ ۹	۱/۴۶۳ ۹	۵/۱۵۴ ۴	۲۹/۱۲۱	۲/۸۳۴ ۴	۲/۰۸۹ ۴	۴۵/۶۵	۳/۹۹۴ ۰	۲/۲۵۷ ۹	۳/۹۴۴ ۷	Q۲۳	میزان مقدار آب مصرفی (خانگی، صنعتی، کشاورزی) برای هر نفر
۷/۳۲۲	۳/۳۹	۳۰/۸۸	۶/۱۹۲	۶/۴۵۴	۶/۰۴	۶/۱۴	۹/۶۲۱	۸/۰۰۴	۸/۷۸۶	۱۴/۴۱۹	Q۲۴	میزان مقدار آب مصرفی (خانگی، صنعتی، کشاورزی) برای هر نفر
۱۶/۰۱۸	۵/۹۷۷ ۵	۶/۵۴۵ ۰	۷/۰۱۶	۴/۸۵۲ ۵	۴/۳۸۱ ۸	۳/۷۲۳ ۲	۲/۴۸۸ ۳	۴/۶۹۴ ۳	۴۰/۱۰۳	۸/۴۲۹	Q۲۵	میزان استفاده از کشت گونه‌های مقاوم در برابر خشکسالی
۲۹۴۳۶ ۹	۳۲۸۴۴ ۳	۲۰۰۰۰۰	۲۵۷۹ ۸۲	-	-	-	-	-	-	-	Q۲۶	میزان همکاری بین‌المللی
۳۶/۳۹	۵/۴۷	۵/۳۴	۰	۰	۰	۰/۱۵۸	۰/۳۰۸	۰/۲۲	۰/۲۳	۰	Q۲۷	وضعیت ارتباط موثر برنامه‌ها و سیاست‌های دولت در مورد کمبود آب و خشکسالی
۲	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Q۲۸	وضعیت ارتباط موثر برنامه‌ها و سیاست‌های دولت در مورد کمبود آب و خشکسالی
۲	۰	۱	۲	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	Q۲۹	وضعیت ارتباط موثر برنامه‌ها و سیاست‌های دولت در مورد کمبود آب و خشکسالی

۵	۴	۴	۳	۳	۲	۲	۲	۱	۱	۰	Q۳۰	میزان هماهنگی فعال بین و درون سازمان‌های دولتی
۸۰۳	۷۶۴	۸۳۷	۷۱۲	۱۰۲۲	۱۰۰۶	۷۴۰	۳۱۲	۲۴۲	۱۷۱	۲۲۹	Q۳۱	وضعیت مجازات‌های اعمال شده برای نقض محدودیت‌ها
<p>Q۱ - تعداد بازدید کنندگان از عالی‌قاپو، هشت‌بهشت و چهل‌ستون</p> <p>Q۲ - نسبت تعداد فرصت‌های شغلی ایجاد شده در شهر اصفهان به جمعیت شهر</p> <p>Q۳ - نسبت تعداد کارکنان دولت در بخش‌های مدیریت آب و خشکسالی استان به جمعیت استان اصفهان</p> <p>Q۴ - نسبت سهم اشتغال صنعت به کشاورزی</p> <p>Q۵ - نسبت متوسط قیمت فروش آب به درآمد کل خانوار</p> <p>Q۶ - نسبت درآمدهای ناشی از آب‌بها و آبیونمان به تعداد مشترکین به متوسط درآمد کل خانوار</p> <p>Q۷ - نسبت متوسط هزینه خوراک به متوسط درآمد کل یک خانوار شهری</p> <p>Q۸ - نسبت متوسط هزینه غیرخوراکی به متوسط درآمد کل یک خانوار شهری</p> <p>Q۹ - نسبت تعداد روزهای تر به تعداد روزهای خشک رودخانه زاینده‌رود</p> <p>Q۱۰ - نسبت مهاجران روستا-شهری به کل مهاجران شهرستان اصفهان</p> <p>Q۱۱ - نسبت میزان فروش آب به تعداد مشترکین در کاربری مسکونی و مختلط</p> <p>Q۱۲ - نسبت تعداد روزهای سالم به کل روزهای سال</p> <p>Q۱۳ - نسبت تعداد روزهای همراه با گرد و غبار به کل روزهای سال در سه ایستگاه اصفهان</p> <p>Q۱۴ - میانگین بارندگی ماهانه سه ایستگاه بارانسنجی شهر اصفهان</p> <p>Q۱۵ - نسبت حجم آب برداشتی از چاه‌های فضای سبز به مساحت کل فضای سبز</p> <p>Q۱۶ - نسبت ظرفیت تولید منابع تامین آب به جمعیت شهر اصفهان</p> <p>Q۱۷ - نسبت حجم خروجی به حجم ورودی سد زاینده‌رود</p> <p>Q۱۸ - وضعیت pH اندازه‌گیری شده در تصفیه‌خانه‌ها</p> <p>Q۱۹ - تعداد نمونه‌برداری کلرسنجی آب آشامیدنی</p> <p>Q۲۰ - تعداد نمونه‌برداری میکروبی آب آشامیدنی</p> <p>Q۲۱ - درصد استفاده از آب‌های خاکستری (پساب) جهت آبیاری فضای سبز</p> <p>Q۲۲ - تعداد روزهای همراه با قطعی و جیره‌بندی آب</p> <p>Q۲۳ - نسبت مصرف آب در بخش شرب به کل مصارف</p> <p>Q۲۴ - نسبت مصرف آب در بخش صنعت به کل مصارف</p> <p>Q۲۵ - نسبت مصرف آب در بخش کشاورزی به کل مصارف</p> <p>Q۲۶ - عملکرد چمن حذف شده در مناطق شهر اصفهان</p> <p>Q۲۷ - نسبت سطح کاشت گیاهان دارویی به کل محصولات</p> <p>Q۲۸ - میزان همکاری بین‌المللی سازمان هواشناسی اصفهان با دیگر نقاط جهان در زمینه مدیریت خشکسالی و کمبود آب</p> <p>Q۲۹ - تعداد برنامه‌ها و سیاست‌های دولت در مورد کمبود آب و خشکسالی</p> <p>Q۳۰ - حجم فعالیت‌های شهرستانی در هماهنگی با دستگاه‌های اجرایی استان به منظور مقابله با حوادث و سوانح غیرمترقبه طبیعی</p> <p>Q۳۱ - تعداد چاه‌های غیرمجاز پر و مسدود شده در استان اصفهان</p>												

(منبع: نگارندگان)

## ۵ روش تلفیق

مطابق با گام‌های تکنیک سوارا، ابتدا از کارشناسان (حداقل ۱۵ نفر خبره و کارشناس)<sup>۱</sup> خواسته شد به ترتیب اولویت ابعاد پژوهش را مرتب کنند. سپس با محاسبه‌ی میانگین رتبه باتوجه به نظرات آنها، ابعاد به ترتیب نزولی مرتب شدند (S<sub>j</sub>). در گام بعد مقایسه بین هر بعد توسط هر کارشناس صورت گرفت. پس از تکمیل مقایسات توسط آنها از تمام نظرات میانگین حسابی گرفته شده است و با استفاده از فرمول‌های روش سوارا وزن ابعاد به دست آمد. مطابق با جدول ۴ به ترتیب بعد زیست‌محیطی، نهادی، اقتصادی و اجتماعی بیشترین اهمیت و تاثیر را در تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب دارا می‌باشند. این نتیجه منطقی به نظر می‌رسد چراکه اثرات و پیامدهای خشکسالی و کمبود آب بیشترین آسیب را به بعد زیست‌محیطی وارد می‌کنند. به‌علاوه اثرات ابعاد نهادی، اقتصادی و اجتماعی دوره کوتاه‌مدت‌تری را نسبت به بعد زیست‌محیطی در پیش خواهند گرفت.

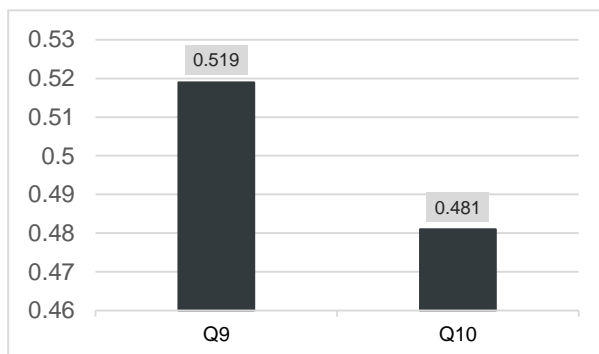
جدول ۴. میزان اهمیت ابعاد موثر در تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب

رتبه در اولویت‌بندی	ابعاد موثر در تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب	اهمیت نسبی هر سنجه (S <sub>j</sub> )	ضریب (K <sub>j</sub> )	وزن اولیه (q <sub>j</sub> )	وزن نهایی (w <sub>j</sub> )
SO <sub>1</sub>	زیست‌محیطی	۱	۱	۱	۰/۲۷۳
SO <sub>2</sub>	نهادی	۰/۱	۱/۱	۰/۹۰۹	۰/۲۴۸
SO <sub>3</sub>	اقتصادی	۰/۰۴	۱/۰۴	۰/۸۷۴	۰/۲۳۹
SO <sub>4</sub>	اجتماعی	۰	۱	۰/۸۷۴	۰/۲۳۹
	جمع کل			۳/۶۵۷	۱

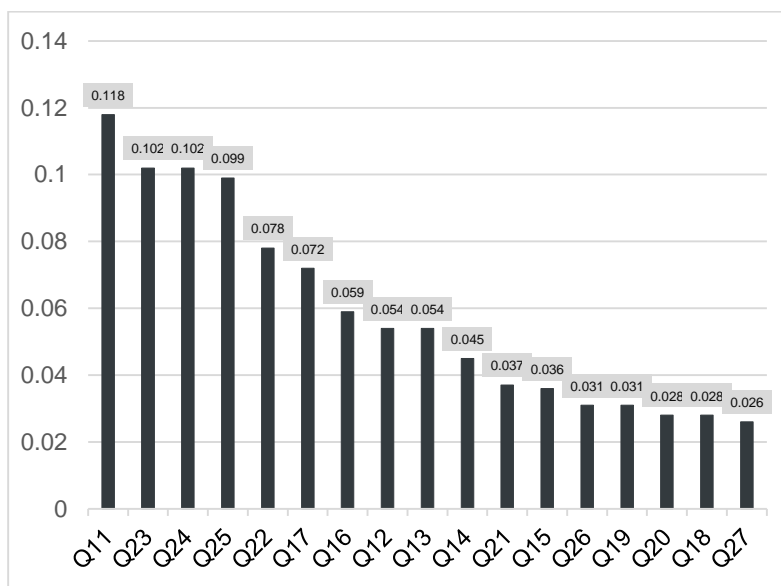
(منبع: نگارندگان)

اساتید دانشگاه هنر اصفهان، کارشناسان سازمان شهرداری اصفهان (معاونت شهرسازی و معماری، معاونت خدمات شهری، سازمان پارک‌ها و فضای سبز، سازمان رفاهی،<sup>۱</sup> تفریحی، فرهنگی)، کارشناسان سازمان میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع‌دستی، کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی استان و شهرستان اصفهان، کارشناسان سازمان هواشناسی استان اصفهان، کارشناسان اداره تعاون، کار و رفاه اجتماعی، کارشناسان شرکت آب و فاضلاب و شرکت سهامی آب منطقه‌ای اصفهان، کارشناسان مرکز بهداشت استان اصفهان.

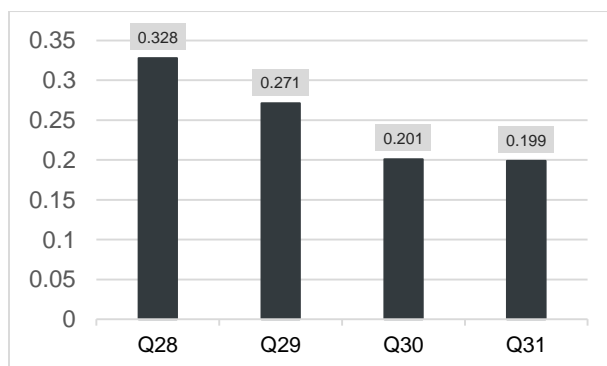
در ادامه پراهمیت‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین متغیرهای ابعاد پژوهش که تاثیر به سزایی در تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب دارند، در نمودارهای زیر نمایش داده شده‌اند. داده‌های نمودارهای زیر نیز همان وزن نهایی هر متغیر است (wj) که مطابق فرمول‌های روش سوارا و همانند جدول فوق محاسبه شده‌اند.



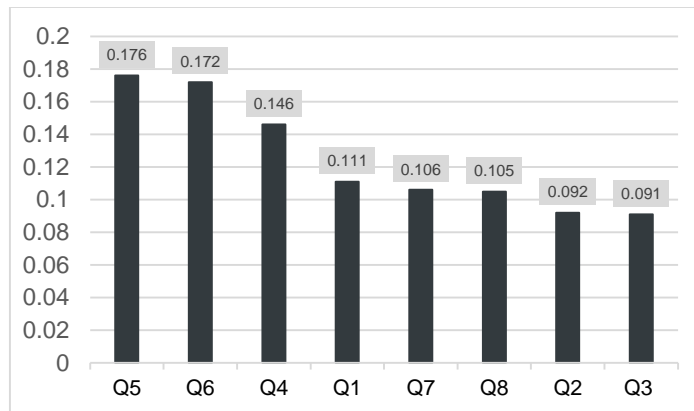
نمودار ۱. میزان اهمیت متغیرهای بعد اجتماعی در تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب



نمودار ۲. میزان اهمیت متغیرهای بعد زیست‌محیطی در تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب



نمودار ۳. میزان اهمیت متغیرهای بعد نهادی در تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب



نمودار ۴. میزان اهمیت متغیرهای بعد اقتصادی در تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب

## ۶. نرمال‌سازی داده‌های پژوهش

نرمال‌سازی داده‌ها روشی برای یکنواخت کردن بازه مقادیر مربوط به متغیرهای مختلف پژوهش است و به بی‌مقیاس‌سازی داده‌ها نیز معروف است. اگر واحد سنجش متغیرهای مورد مطالعه متنوع باشد با استفاده از روش‌های نرمال‌سازی می‌توان داده‌ها را بی‌مقیاس کرد. روش‌های متعددی به این منظور مطرح شده‌اند اما در این پژوهش از روش استاندارد کردن بهره برده‌ایم (رابطه ۴). از آنجا که رابطه‌ی برخی متغیرها با مبحث تاب‌آوری منفی و معکوس می‌باشد، بایستی متغیرها هم‌جهت شوند. بنابراین امتیاز متغیرهای Q۴، Q۷، Q۸، Q۱۰، Q۱۱، Q۱۳، Q۱۵، Q۱۷، Q۲۲، Q۲۳، Q۲۴ و Q۲۵ را از عدد یک کسر نموده‌ایم تا امتیازها هم‌راستا و هم‌جهت شوند (جدول ۵).

$$\frac{x - \min}{\max - \min} \quad (۴)$$

در ادامه امتیاز نهایی هر متغیر محاسبه شده است. این محاسبه با ضرب وزن نهایی هر متغیر (w<sub>j</sub>) در وزن نهایی بعد مربوطه و سپس در امتیاز نرمال شده هم‌جهت شده (جدول ۵)، بدست آمده است. حاصل جمع هر ستون، این مفهوم را می‌رساند که در هر سال رتبه و اندازه تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب تا چه میزان بوده است. بدیهی است هرچه این رتبه به یک نزدیک‌تر باشد، میزان تاب‌آوری بالاتر و به‌عکس هرچه این رتبه به صفر نزدیک‌تر باشد از میزان تاب‌آوری کاسته شده است. مطابق با یافته‌های پژوهش به دلیل آنکه امتیاز سنج‌ها در سال‌های ۱۳۹۸، ۱۳۹۴، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۷ بین ۰/۴۳ تا ۰/۵۱ بوده و به عدد یک نزدیک‌تر است، تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب افزایش اما در سال‌های ۱۳۹۶، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۹ به دلیل آنکه امتیاز سنج‌ها بین ۰/۳۲ تا ۰/۴۲ بوده و به عدد صفر نزدیک‌تر هستند، تاب‌آوری در برابر خشکسالی و کمبود آب کاهش یافته است (جدول و نمودار ۶).

جدول ۶. امتیاز نهایی متغیرهای پژوهش

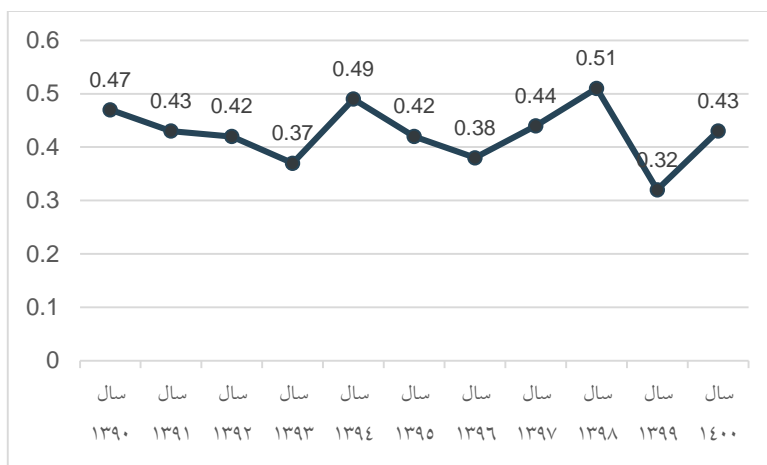
متغیر جایگزین	سال ۱۳۹۰	سال ۱۳۹۱	سال ۱۳۹۲	سال ۱۳۹۳	سال ۱۳۹۴	سال ۱۳۹۵	سال ۱۳۹۶	سال ۱۳۹۷	سال ۱۳۹۸	سال ۱۳۹۹	سال ۱۴۰۰
Q۱	۰/۰۲۱	۰/۰۲۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۲۶	۰/۰۲۵	۰	۰/۰۰۳
Q۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۴	۰/۰۱۷	۰	۰/۰۰۳	۰/۰۲۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷
Q۳	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۰۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۲	۰/۰۲۱	۰
Q۴	۰/۰۳۴	۰/۰۲۶	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲۹	۰/۰۲	۰/۰۱۱	۰/۰۱۹	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰

Q5	0/042	0/027	0/021	0/022	0/017	0/019	0/012	0/01	0/003	0/002	0
Q6	0/041	0/027	0/021	0/022	0/015	0/018	0/014	0/006	0/002	0/002	0
Q7	0/007	0/001	0	0/011	0/019	0/024	0/025	0/021	0/022	0/021	0/021
Q8	0	0/008	0/004	0/005	0/007	0/012	0/012	0/012	0/016	0/023	0/025
Q9	0/069	0/075	0/106	0/039	0/124	0/029	0/003	0/008	0/124	0/001	0
Q10	0/114	0/107	0/098	0/088	0/08	0/067	0/059	0/043	0/03	0/015	0
Q11	0/002	0/004	0/006	0/011	0/016	0/011	0/016	0/014	0/021	0	0/007
Q12	0/003	0/013	0/006	0/014	0/003	0/009	0/007	0/005	0/003	0/002	0
Q13	0/014	0/012	0/013	0/013	0/011	0	0/002	0/006	0/005	0/006	0/005
Q14	0/005	0/012	0/009	0	0	0	0	0/007	0/004	0/006	0/003
Q15	0/005	0/004	0/001	0	0	0	0/001	0	0/004	0/001	0/008
Q16	0/013	0/009	0/014	0/006	0	0/009	0/016	0/009	0/009	0/003	0/008
Q17	0/019	0	0/007	0/019	0/01	0/003	0/01	0/003	0/015	0/003	0/011
Q18	0	0	0/001	0/002	0/007	0/007	0	0	0	0	0/001
Q19	0/001	0	0/001	0	0/001	0	0/003	0/002	0/007	0/008	0/003
Q20	0/001	0/002	0/002	0	0/005	0/005	0/005	0/005	0/006	0/005	0/005
Q21	0	0	0	0	0/002	0/005	0/006	0/008	0/006	0/01	0/01
Q22	0/021	0/021	0/021	0/021	0/021	0/021	0/021	0/021	0/021	0/021	0/021
Q23	0/012	0/019	0/018	0/007	0/023	0/023	0/019	0/027	0/027	0/027	0/006
Q24	0	0/013	0/015	0/011	0/02	0/02	0/019	0/026	0/026	0/017	0/017
Q25	0/026	0/01	0/008	0/019	0/014	0/006	0/007	0/027	0/002	0/022	0/022
Q26	0	0	0	0	0	0	0	0/008	0/008	0/005	0/005
Q27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/007	0/007
Q28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/081	0/081
Q29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/067	0/067
Q30	0	0	0	0/012	0/012	0/012	0/012	0/036	0/036	0/049	0/049
Q31	0/003	0	0/004	0/007	0/032	0/048	0/049	0/033	0/038	0/036	0/036
جمع کل	0/47	0/43	0/42	0/37	0/42	0/42	0/38	0/44	0/51	0/32	0/43

(منبع: نگارندگان)

در انتها نمودار ۶، جهت بررسی وضعیت کلی سنج‌ها و متغیرهای پژوهش در سال‌های مختلف ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۰ استخراج شده است. بدیهی است هرچه این رتبه به یک نزدیک‌تر باشد، میزان تاب‌آوری بالاتر و به عکس هرچه این رتبه به صفر نزدیک‌تر باشد از میزان تاب‌آوری کاسته شده است. چنانچه بخواهیم روند کلی تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب را دریابیم می‌توان اظهار داشت که از سال ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۰ سطح تاب‌آوری با شیئی ملایم رو به پایین و کاهشی بوده است.





نمودار ۶. وضعیت امتیاز کل سنج‌ها در سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۰ (برگرفته از جدول ۶)

جدول ۵. نرمال شده جهت شده از امتیاز متغیرهای پژوهش

سال ۱۴۰۰	سال ۱۳۹۹	سال ۱۳۹۸	سال ۱۳۹۷	سال ۱۳۹۶	سال ۱۳۹۵	سال ۱۳۹۴	سال ۱۳۹۳	سال ۱۳۹۲	سال ۱۳۹۱	سال ۱۳۹۰	متغیر جایگزین	سنجه
۰/۱۴	۰	۰/۹۹	۱	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۵	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۸۹	۰/۸۱	Q1	وضعیت درآمد از صنعت گردشگری
۰/۳۷	۰/۲۷	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۱	۰/۱۷	۰	۰/۸۱	۰/۲۳	۰/۷۲	Q2	میزان توانایی تغییر شغل در زمان خشکسالی
۰	۱	۰/۵۸	۰/۶۹	۰/۶۵	۰/۹۵	۰/۱۶	۰	۰/۲	۰/۱۱	۰/۰۲	Q3	تعداد پرسنل شاغل در واحدهای مدیریت حفاظت از آب، محیط‌زیست و تأسیسات عمومی
۰	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۵۶	۰/۳۳	۰/۵۹	۰/۸۸	۰/۶	۰/۰۵	۰/۷۷	۱	Q4	نسبت سهم اشتغال صنعت به کشاورزی
۰	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۲۴	۰/۲۹	۰/۴۶	۰/۴۱	۰/۵۴	۰/۵	۰/۶۶	۱	Q5	وضعیت قیمت‌گذاری صرفه‌جویی برای کاهش آب مصرفی (نرخ تامین آب)
۰	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۷	۰/۳۵	۰/۴۶	۰/۳۷	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۶۸	۱	Q6	میزان هزینه‌های دسترسی خانوار به اقلام خوراکی
۰/۸۴	۰/۹	۰/۸۷	۰/۸۷	۱	۰/۹۹	۰/۷۶	۰/۴۷	۰	۰/۰۴	۰/۳	Q7	میزان هزینه‌های دسترسی خانوارها به اقلام غیرخوراکی
۱	۰/۹۳	۰/۶۶	۰/۵	۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۳۲	۰	Q8	میزان حس دل‌بستگی ساکنین برای دسترسی به فضاهای شهری
۰	۰/۰۱	۱	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۲۴	۱	۰/۳۲	۰/۸۶	۰/۶۱	۰/۵۶	Q9	میزان نرخ مهاجرت
۰	۰/۱۴	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۵۲	۰/۵۹	۰/۷۱	۰/۷۸	۰/۸۶	۰/۹۴	۱	Q10	وضعیت فروش آب متناسب با تعداد مشتریان
۰/۲۲	۰	۰/۶۶	۱	۰/۴۶	۰/۳۶	۰/۵۳	۰/۳۶	۰/۲	۰/۱۴	۰/۰۸	Q11	وضعیت کنترل آلودگی هوا، گردوغبار
۰	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۳۷	۰/۵	۰/۶۶	۰/۲۳	۱	۰/۴۹	۰/۹۳	۰/۲۶	Q12	میزان تغییرات بارندگی
۰/۳۹	۰/۴۹	۰/۴۱	۰/۴۹	۰/۱۸	۰	۰/۸۴	۰/۹۸	۰/۹۳	۰/۹۲	۱	Q13	وضعیت حفاظت از منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی
۰/۲۵	۰/۵۲	۰/۳۶	۰/۶۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰	۰/۰۷	۰/۸۲	۱	۰/۴۴	Q14	
۰/۹۵	۰/۲	۰/۴۹	۰	۰	۰/۰۳	۰/۲	۰/۱	۰/۲۱	۰/۴۶	۰/۶۳	Q15	
۰/۵۵	۰/۲۲	۰/۵۷	۰/۳۱	۱	۰/۶۱	۰	۰/۳۸	۰/۸۹	۰/۶۲	۰/۸۲	Q16	
۰/۵۸	۰/۱۶	۰/۸	۰/۴۱	۰/۵۴	۰/۱۸	۰/۵۳	۱	۰/۴۲	۰	۱	Q17	
۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱	۰/۱۱	۱	۰/۳۵	۰/۴۱	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۰۶	۰	Q18	

۰/۴۳	۱	۰/۹	۰/۳۴	۰/۴۱	۰/۰۶	۰/۱۹	۰	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۱۴	Q۱۹	میزان دگرگونی دسترسی نسبت به کیفیت آب آشامیدنی
۰/۷	۰/۹۵	۱	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۴۴	۰	۰/۴	۰/۳۵	۰/۲۴	Q۲۰	
۱	۰/۶۳	۰/۸۶	۰/۶۸	۰/۵	۰/۲۷	۰/۰۹	۰	۰	۰	۰	Q۲۱	وضعیت جمع آوری و انتقال فاضلاب
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	Q۲۲	میزان دگرگونی دسترسی نسبت به کمیت و تعداد قطعی آب در گذشته
۰/۲۲	۱	۱	۰	۰/۷۲	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۲۵	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۴۷	Q۲۳	میزان مقدار آب مصرفی (خانگی، صنعتی، کشاورزی) برای هر نفر
۰/۶۳	۰/۹۸	۱	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۴۳	۰/۵۷	۰/۵	۰	Q۲۴	
۰/۸۴	۰/۰۹	۰	۱	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۵۲	۰/۷	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۹۸	Q۲۵	
۰/۷۳	۱	۰	۰/۴۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Q۲۶	میزان استفاده از کشت گونه های مقاوم در برابر خشکسالی
۱	۰/۱۴	۰/۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Q۲۷	
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Q۲۸	میزان همکاری بین المللی
۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Q۲۹	وضعیت ارتباط موثر برنامه ها و سیاست های دولت در مورد کمبود آب و خشکسالی
۱	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰	۰	۰	Q۳۰	میزان هماهنگی فعال بین و درون سازمان های دولتی
۰/۷۴	۰/۶۹	۰/۷۸	۰/۶۳	۱	۰/۹۸	۰/۶۶	۰/۱۶	۰/۰۸	۰	۰/۰۶	Q۳۱	وضعیت مجازات های اعمال شده برای نقض محدودیت ها

Q۱ - تعداد بازدید کنندگان از عالی قاپو، هشت بهشت و چهل ستون  
 Q۲ - نسبت تعداد فرصت های شغلی ایجاد شده در شهر اصفهان به جمعیت شهر  
 Q۳ - نسبت تعداد کارکنان دولت در بخش های مدیریت آب و خشکسالی استان به جمعیت استان اصفهان  
 Q۴ - نسبت سهم اشتغال صنعت به کشاورزی  
 Q۵ - نسبت متوسط قیمت فروش آب به درآمد کل خانوار  
 Q۶ - نسبت درآمدهای ناشی از آبها و آبیونمان به تعداد مشترکین به متوسط درآمد کل خانوار  
 Q۷ - نسبت متوسط هزینه خوراکی به متوسط درآمد کل یک خانوار شهری  
 Q۸ - نسبت متوسط هزینه غیرخوراکی به متوسط درآمد کل یک خانوار شهری  
 Q۹ - نسبت تعداد روزهای تر به تعداد روزهای خشک رودخانه زاینده رود  
 Q۱۰ - نسبت مهاجران روستا-شهری به کل مهاجران شهرستان اصفهان  
 Q۱۱ - نسبت میزان فروش آب به تعداد مشترکین در کاربری مسکونی و مختلما  
 Q۱۲ - نسبت تعداد روزهای سالم به کل روزهای سال  
 Q۱۳ - نسبت تعداد روزهای همراه با گرد و غبار به کل روزهای سال در سه ایستگاه اصفهان  
 Q۱۴ - میانگین بارندگی ماهانه سه ایستگاه بارانسنجی شهر اصفهان  
 Q۱۵ - نسبت حجم آب برداشتی از چاه های فضای سبز به مساحت کل فضای سبز

Q۱۶ - نسبت ظرفیت تولید منابع تامین آب به جمعیت شهر اصفهان  
 Q۱۷ - نسبت حجم خروجی به حجم ورودی سد زاینده رود  
 Q۱۸ - وضعیت pH اندازه گیری شده در تصفیه خانه ها  
 Q۱۹ - تعداد نمونه برداری کلرسنجی آب آشامیدنی  
 Q۲۰ - تعداد نمونه برداری میکروبی آب آشامیدنی  
 Q۲۱ - درصد استفاده از آب های خاکستری (پساب) جهت آبیاری فضای سبز  
 Q۲۲ - تعداد روزهای همراه با قطعی و جیره بندی آب  
 Q۲۳ - نسبت مصرف آب در بخش شرب به کل مصارف  
 Q۲۴ - نسبت مصرف آب در بخش صنعت به کل مصارف  
 Q۲۵ - نسبت مصرف آب در بخش کشاورزی به کل مصارف  
 Q۲۶ - عملکرد چمن حذف شده در مناطق شهر اصفهان  
 Q۲۷ - نسبت سطح کاشت گیاهان دارویی به کل محصولات  
 Q۲۸ - میزان همکاری بین المللی سازمان هواشناسی اصفهان با دیگر نقاط جهان در زمینه مدیریت خشکسالی و کمبود آب  
 Q۲۹ - تعداد برنامه ها و سیاست های دولت در مورد کمبود آب و خشکسالی  
 Q۳۰ - حجم فعالیت های شهرستانی در هماهنگی با دستگاه های اجرایی استان به منظور مقابله با حوادث و سوانح غیرمترقبه طبیعی  
 Q۳۱ - تعداد چاه های غیرمجاز پر و مسدود شده در استان اصفهان

(منبع: نگارندگان)

## ۷ جمع بندی و نتیجه گیری

خشکسالی بر جوامع طبیعی و انسانی در سراسر جهان تأثیر می گذارد. از این رو درک فرآیند پیچیده زیربنای تاب آوری شهرها برای مقابله با خشکسالی و پیامدهای این بلای طبیعی بسیار مهم است. در همین راستا، مسیر پیموده شده پژوهش حاضر در جهت ارائه یک چارچوب مناسب با هدف ارزیابی تاب آوری شهرها در برابر خشکسالی شکل گرفته است. این چارچوب در قالب ابعاد، سنجها، متغیرها و راهکارهایی شکل گرفته است. مطابق با امتیازهای نهایی بدست آمده در هر سنج یا متغیر در هر سال، امتیاز کلی سال مورد نظر به لحاظ اندازه تاب آوری مشخص شده است (جدول ۶). این حاصل جمع نشان می دهد که تاب آوری کلان شهر اصفهان

در برابر خشکسالی و کمبود آب در چه سال‌هایی افزایش و در چه سال‌هایی کاهش یافته است. بنابراین این نتیجه حاصل شد که تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۴، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۴۰۰ افزایش اما در سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۳، ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۹ در برابر خشکسالی و کمبود آب کاهش یافته است. بدین ترتیب از چالش‌ها و مشکلات تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب در سال‌های مورد بررسی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عدم تنظیم برنامه مناسب در جهت افزایش درآمد حاصل از صنعت گردشگری در پی حوادث پیش‌بینی نشده همچون شیوع اپیدمی کرونا طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰.
- نبود تنوع درآمدی و شغلی در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۳ و ۱۴۰۰-۱۳۹۶. زیرا در پی افزایش خشکسالی‌ها، سیل مهاجرت از روستا به شهر افزایش یافته است. اما کلان‌شهر اصفهان نتوانسته نیاز شغلی و درآمدی آن‌ها را تامین کند.
- با تشدید وقوع خشکسالی و معضل کم‌آبی به تدریج از سهم شاغلان در بخش کشاورزی کاسته و به سهم شاغلان در حوزه صنعت افزوده شده است.
- نحوه قیمت‌گذاری برای آب مصرفی در سال‌های پایانی دهه مورد بررسی (۱۳۹۶-۱۴۰۰) به گونه‌ای نبوده که کاهش مصرف آب از سوی مصرف‌کنندگان را به ارمغان آورد.
- با کاهش تعداد روزهای تر و پر آب رودخانه زاینده‌رود، برنامه و سیاستی برای زنده کردن قلب تپنده شهر و جریان داشتن آب درون آن صورت نگرفته است.
- تعداد روزهای سالم و پاک در کلان‌شهر اصفهان رو به کاهش و به همان نسبت تعداد روزهای همراه با گردوغبار و گردوخاک افزایش داشته است.
- استفاده کم از پساب‌های فاضلاب شهری و آب‌های خاکستری برای آبیاری فضای سبز (در سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۴ این شیوه ناشناخته بوده است)
- کمبود ارتباطات میان سازمان‌های مسئول و همچنین نبود یک نهاد مسئول و بسیج سایرین برای حل بحران خشکسالی
- نبود مجازات‌های سخت دولتی در سال‌های ابتدایی دهه مورد بررسی برای افرادی که قوانین مرتبط با کاهش مصرف آب را زیر پا قرار می‌دادند.
- همچنین از پتانسیل‌ها و نقاط قوت تاب‌آوری کلان‌شهر اصفهان در برابر خشکسالی و کمبود آب در سال‌های مورد بررسی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
- با بالا رفتن تعداد پرسنل شاغل در واحدهای مدیریت حفاظت از منابع آب (طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۴۰۰) میزان آگاهی و درک عمومی و افراد متخصص در زمینه مسائل خشکسالی و کمبود آب افزایش یافته است.
- معضل کمبود آب در سال‌های مورد بررسی منجر به افزایش قیمت‌ها ناشی از تولید محصولات غذایی و خوراکی نیازمند به آب نشده است.
- جلوگیری از حفر چاه‌های جدید و بستن چاه‌های غیرمجاز توسط شرکت آب منطقه‌ای اصفهان
- کنترل کیفیت آب شرب شهری توسط مرکز بهداشت و بالا بودن کیفیت آن

- دسترسی به آب شرب شهری بدون قطعی و جیره‌بندی برای ساکنین کلان‌شهر اصفهان
  - به منظور دستیابی شهر اصفهان به یک شهر تاب‌آور در برابر خشکسالی و کمبود آب و نزدیک شدن سیاست‌های اجرایی آن به سنج‌ها و متغیرهایی پژوهش حاضر، راهکارهای زیر می‌توانند موثر باشند:
  - ۱. دستیابی به راهکارهای مدیریتی در بعد اقتصادی تاب‌آوری در برابر خشکسالی و کمبود آب
    - تقویت اقتصاد گردشگری به طوریکه در روزهای خشک زاینده‌رود نیز گردشگر در آن حضور پیدا کند
    - ایجاد معیشت جایگزین برای کشاورزان شهر اصفهان و سایر مشاغل آسیب‌پذیر
    - مدیریت تعرفه آب‌بها (افزایش تعرفه آب برای مصرف‌کنندگان در جهت دانستن ارزش واقعی آب)
  - ۲. دستیابی به راهکارهای مدیریتی در بعد اجتماعی تاب‌آوری در برابر خشکسالی و کمبود آب
    - کنترل توسعه شهری متناسب با ظرفیت تاب‌آوری منابع آب شرب (متناسب با ظرفیت منابع آب موجود مجوز انشعاب لوله کشی آب را برای ساخت‌وسازهای جدید و توسعه شهر در نظر گیرند بدین طریق است که می‌توان از رشد بی‌رویه شهر نیز جلوگیری کرد)
  - ۳. دستیابی به راهکارهای مدیریتی در بعد زیست‌محیطی تاب‌آوری در برابر خشکسالی و کمبود آب
    - استفاده از آب خاکستری (تصفیه فاضلاب ناشی از ماشین لباسشویی، دوش حمام، ظرفشویی آشپزخانه، روشویی‌ها به جز فاضلاب توالت) جهت آبیاری فضاهای سبز شهر اصفهان
    - تفکیک آب شرب از آب شستشو (در نظر گرفتن دو انشعاب آب مجزا برای مناطق مسکونی و حتی صنعتی جهت مصارف متفاوت شرب و غیرشرب)
    - رجوع به الگوها، راه‌حل‌ها و تدابیر گذشته در زمینه مدیریت و مصرف آب (در گذشته هر شهر متناسب با بافت خود شبکه آبرسانی متفاوتی را داشته است. به طور مثال رجوع به کارکرد انهار و مادی‌ها در شهر اصفهان یا بهره‌گیری از الگوی قنات‌ها در سایر شهرها)
    - تقویت سرزندگی فضاهای شهری و حاشیه زاینده‌رود، به ویژه در مواقع خشکی رودخانه
    - جلوگیری از کاشت و آبیاری گیاهان پراخ‌خواه (حذف چمن‌های با نیازهای آبی بالا، کاشت گونه‌های گیاهان زینتی سازگار با اقلیم اصفهان و متحمل به خشکی، کشت گیاهان دارویی که ارزآوری بالایی دارند)
    - استفاده از تجهیزات جهت جلوگیری از تبخیر، به خصوص در سد زاینده‌رود
  - ۴. دستیابی به راهکارهای مدیریتی در بعد نهادی تاب‌آوری در برابر خشکسالی و کمبود آب
    - مدیریت منابع آب بالاخص مدیریت حجم آب سد زاینده‌رود (بیش از ۹۵٪ آب مصرفی و شرب اصفهان از منبع زاینده‌رود تامین می‌شود)
    - تقویت ارتباط با محافل علمی- اجرایی بین‌المللی و نیز مراکز فعال در کشورهای پیشرفته مرتبط با خشکسالی
    - به روزرسانی کردن قوانین و آیین‌نامه‌های دولتی جهت کنترل مصرف و جلوگیری از هدر رفت منابع آب در بخش‌های مختلف و نظارت بر اجرای صحیح آن‌ها
    - فعال‌تر شدن سازمان‌ها و گروه‌های مردم نهاد در زمینه تقویت مقابله با خشکسالی و کمبود آب
    - تدوین برنامه جامع مدیریت بحران خشکسالی در مطالعات طرح‌ها و برنامه‌های شهری
- پژوهش حاضر را می‌توان از حیث سه زمینه متغیرهای پژوهش، متدولوژی و نتایج با تحقیقات مرتبط مقایسه کرد. در سطح جهانی افسری و همکاران (۲۰۲۴)، به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر خشکسالی در کلانشهرهای ایران پرداخته‌اند. آنها سناریوهای مختلفی را برای پیش‌بینی خشکسالی در بازه زمانی ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ ارائه می‌دهند و برای ارزیابی خشکسالی در هر شهر از شاخص‌های خشکسالی (ZSI، RAI، MCZI، CZI، PN، DI، SPI) استفاده کرده‌اند. درحالی‌که پژوهش حاضر به ارزیابی تاب‌آوری خشکسالی در چهار بعد اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی

پرداخته و از روش تلفیق سوارا جهت اولویت‌بندی آنها بهره برده است. همچنین آنها به اقداماتی در زمینه تاب‌آوری شهر اصفهان در برابر شرایط خشکسالی اشاره کرده‌اند که نتایج و دستاوردهای پژوهش حاضر را تأیید می‌کند: تعداد بالای روزهای خشک، لزوم توجه به امنیت آب، صرفه‌جویی در مصرف آب، انتخاب محصولات و تکنیک‌های زراعی در جهت اصلاح شیوه‌های کشاورزی، توسعه‌ی تاسیسات ذخیره‌سازی آب، پذیرش روش‌های بازیافت آب و پرورش فضای سبز شهری مقاوم به خشکی. اما در سطح ملی، ولی و محرابی (۱۳۹۹)، به تحلیل آسیب‌پذیری و تاب‌آوری جوامع شهری (استان یزد) با خشکسالی در طول دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۷۵-۱۳۹۵) پرداخته‌اند. آنها از متغیرهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی به عنوان شاخص‌های پژوهش استفاده نموده‌اند، که وجه تمایز پژوهش حاضر با آن افزودن بعد نهادی است. آنها با محاسبه شاخص SPI خشک‌ترین سال را مشخص کردند و به منظور بررسی تاثیر خشکسالی بر ابعاد پژوهش از آزمون پیرسون و روش رگرسیون خطی استفاده نموده‌اند. همچنین در جهت کاهش آسیب‌های خشکسالی بر جامعه به مواردی اشاره کرده‌اند که با نتایج و دستاوردهای پژوهش حاضر هم‌راستا می‌باشند: اصلاح شیوه‌های آبیاری، سهم اشتغال افراد در بخش صنعت، تنوع درآمدی و شغلی در زمان خشکسالی است. به‌علاوه پژوهش قاسمی و همکاران (۱۳۹۸) تنها پژوهش داخلی است که حوزه مطالعاتی آن با پژوهش حاضر تطابق دارد. آنها به شناسایی اثرات خشکسالی بر سکونت و سنجش میزان و اولویت‌بندی آن در شهر اصفهان پرداخته‌اند. متدولوژی آنها استفاده از پرسشنامه برای شناسایی اثرات بوده است و یا به‌کارگیری تکنیک تحلیل عرصه‌های تصمیم‌گیری سناریوهایی را طراحی نموده‌اند. آنها دریافتند که خشک شدن روخانه و مادی‌ها، دگرگونی کیفیت هوا بالاترین خطرپذیری را برای فعالیت‌های مسکونی در شهر اصفهان به دنبال دارد. بنابراین نتایج و دستاوردهای پژوهش حاضر هم‌راستا با این موارد می‌باشد.

سخن آخر اینکه، اگر خطرات و آسیب‌های خشکسالی همچنان در شهرها خود را نشان دهند، شهرها باید بتوانند در مقابل این بلای طبیعی از خود دفاع کنند و این کار میسر نخواهد شد، مگر با موضع‌گیری مناسب. این موضع‌گیری مناسب به نحو احسن اجرا می‌شود، مگر با به‌کارگیری رویکرد تاب‌آوری. لذا نقش و جایگاه برنامه‌ریزان شهری برای مقابله با آثار زیانبار خشکسالی باید در تمامی عرصه‌های مدیریتی دیده شود. به طوریکه کارشناسان و متخصصان این حوزه بایستی در طرح‌ها و برنامه‌های شهری به بحث خشکسالی و افزایش تاب‌آوری شهرها در مواجهه با آن نگاه شایسته‌ای داشته باشند.

## References

- Afsari, Rasoul, Mohammad Nazari-Sharabian, Ali Hosseini, and Moses Karakouzian. (2024). "A CMIP6 Multi-Model Analysis of the Impact of Climate Change on Severe Meteorological Droughts through Multiple Drought Indices—Case Study of Iran's Metropolises" *Water* 16, no. 5: 711. <https://doi.org/10.3390/w16050711>
- Ahmadi, A., & manoochehri, S. (2020). An Analysis of the Impact of Environmental Risks (Drought) on Rural Sustainability (Case Study: Villages of Qaenat County). *Geography and Development*, 18(58), 175-202. (In Persian)
- Amirsalari Meymani, F., Kazerooni, H., Hasanloo, H., & Ali Ramaee, R. (2020). Investigating Successful International Experiences in Drought Management. *Environment and Water Engineering*, 5(4), 351-359. (In Persian)

- Anvri, Mahmoudreza, Moradgholi, Aizaleh, Khazaei Faizabad, Mirahmad (2017). Investigating the resilience of urban households against drought; Case study: Hirmand city, Proceedings of the poster presentation of the National Conference on "Sustainable Development; Approach to the History, Culture, and Civilization of Sistan, 38-50. (In Persian)
- Bruhl, Johanna & Visser, Martine. (2021). The Cape Town drought: A study of the combined effectiveness of measures implemented to prevent "Day Zero", Water Resources and Economics, Volume 34, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2021.100177>
- Cremades, Roger, Sanchez-Plaza, Anabel, Hewitt, Richard J, Mitter, Hermine, A. Baggio, Jacopo, Olazabal, Marta, Broekman, Annelies, Kropf, Bernadette & Tudose, Nicu Constantin. (2021). Guiding cities under increased droughts: The limits to sustainable urban futures, Ecological Economics, Volume 189, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107140>
- Ghasemi, M., Sahebi, S., & Mehrganmajd, J. (2020). Identify livelihood resilience strategies against drought risk from the point of view of rural households (case study: Dehestan Golmakan, Chenaran county). *Environmental Sciences*, 18(1), 117-136. (In Persian)
- Ghasemi M, Moradi Chadegani D, Shahivandi A, Mohammadi M. (2019). Application of Strategic Planning Process to Reduce the Risk of Drought Impact on Isfahan's Habitation by Using AIDA. *GeoRes*, 34 (4) :455-469. (In Persian)
- Golmohammadi, Farhoud, Razavi, Seyyed Hamid (2013). A look at the experiences of successful countries in the world in dealing with drought: lessons for achieving sustainable development and security in the desert provinces of the southeast of the country, National conference of border cities and security; Challenges and approaches, 1085-1078. (In Persian)
- Jabarin, Joseph, translated by Mozafaripour, Najma. (2018). Designing resilient cities: concepts and strategies to face climate change and environmental hazards, Nozazi online magazine, 51(10), 1-23. (In Persian)
- Kord B, Rahati A, Mahmoudi P, Khosravi P, Bidar H. Prioritizing the counties of Sistan and Baluchestan province in order to optimize the management of drought budget. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards* 2020; 7 (2) :1-20. (In Persian)
- Lee, C-W & Yoo, D-G. (2021). Evaluation of Drought Resilience Reflecting Regional Characteristics: Focused on 160 Local Governments in Korea, *Water* 2021, 13, 1873. <https://doi.org/10.3390/w13131873>
- Li, Zhijie, Zhao, Hui, Liu, Jinning, Zhang, Jingqi & Shao, Zhiguo. (2022). Evaluation and promotion strategy of resilience of urban water supply system under food and drought disasters, *Sci Rep* 12, 1-21. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11436-w>
- Ling, Zihan, Shu, Longcang, Wang, Dingkui, Lu, Chengpeng, Liu, Bo. (2023). Assessment and projection of the groundwater drought vulnerability under different climate scenarios and land use changes in the Sanjiang Plain, China, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 49, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101498>

- Moore, Meredith, Chaney, Philip L, Brantley, Eve, Burton, Christopher G. (2021). Drought Management Plans of Major Cities in Alabama v. California, *Southeastern Geographer*, Volume 61, Number 1, Spring 2021, pp. 31-48. <https://doi.org/10.1353/sgo.2021.0003>
- malekan, A., khani, F., motiee langroodi, H., & darban astaneh, A. (2020). The Impact of Social Capital on Improving Drought Resilience (Case Study: Kangaveh County Villages). *Regional Planning*, 10(38), 65-80. (In Persian)
- Saikia, P, Beane, G, Garriga, R.G, Avello, P, Ellis, L, Fisher, S, Leten, J, Ruiz-Apilanez, I, Shouler, M, Ward, R, Jimenez, A. (2022). City Water Resilience Framework: A governancebased planning tool to enhance urban water resilience, *Sustainable Cities and Society* 77, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103497>
- Sarvari, Hadi, Rakhshanifar, Mansooreh, Tamošaitiene, Jolanta, Chan, Daniel W.M and Beer, Michael. (2019). A Risk Based Approach to Evaluating the Impacts of Zayanderood Drought on Sustainable Development Indicators of Riverside Urban in Isfahan-Iran, *Sustainability* 2019, 11(23), 6797, 2-20. <https://doi.org/10.3390/su11236797>
- Seyed Akhlaghi, S. J., & Taleshi, M. (2018). Improving the resilience of local communities; Future Strategy for dealing with drought Case study: Hablehrood watershed. *Iran Nature*, 3(3), 60-68. (In Persian)
- valaei M, abdollahee A, Eskandarzadeh A, Hoseinzade A, Zarbi H. (2020). Analysis Role of Rural Management in Resilience of Villagers against Drought (Case Study: Rural Settlements in the Township of Miyandoab). *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 3 (15), 857-872. (In Persian)
- vali A A, mehrabi M. Analysis. (2021). resilience and socio-economic vulnerability of urban communities to drought (Case study: Yazd province). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 8 (1), 215-232. (In Persian)
- yadegarifar F, poodineh M, esmaelnejad M. (2023). Evaluation of Zahedan Resilience against Water and Drought Crisis. *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 23 (68), 20. (In Persian)
- Zahra S. Evaluation and Evaluation of Resilience to Drought Hazards in Rural Areas Case Study: rural district Ghare Taghgan Neka. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards* 2020; 7 (2) :49-66. (In Persian)
- Zhang, X, Chen, N, Sheng, H, Ip, C, Yang, L, Chen, Y, Sang, Z, Tadesse, T, Pei Yee Lim, T, Rajabifard, A, Bueti, C, Zeng, L, Wardlow, B, Wang, S, Tang, S, Xiong, Z, Li, D, Niyogi, D. (2019). Urban drought challenge to 2030 sustainable development goals, *Science of the Total Environment* 693, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.342>