

A commentary on the consequences of desertification in urban settlements with a foresight approach: A case study of the Lake Urmia catchment area in West Azerbaijan Province

Parisa Hamedani ¹, Zahra Sadat Saeideh Zarabadi ², Arash Vahid ³ and Esmaeil Shieh ⁴

1- Department of Urban Planning, W.T.C, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Department of Urban Development, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3- Department of Urban Planning, W.T.C, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4- Department of Urban Planning, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article type:

Research Article

Received:

2025/08/03

Accepted:

2026/05/17

pp:

22-41

Keywords:

Desertification,
Climate Change,
Foresight,
MICMAC Software,
West Azerbaijan
Province.

ABSTRACT

Today, desertification stands as one of the most pressing socio-economic and environmental challenges facing humanity, imposing profound consequences on urban settlements. This phenomenon is increasingly prevalent across Iran, with the Lake Urmia basin serving as a prominent locus of these compounding environmental pressures. Meanwhile, foresight, as a strategic tool for predicting and analyzing trends and possible consequences in various social, economic, and environmental fields, can be a powerful tool for understanding and managing the consequences of this crisis in urban settlements and help create effective policies and programs to deal with it. For this purpose, the present study was conducted with a foresight approach to explain the consequences of Lake Urmia desertification on the cities of its catchment area in West Azerbaijan Province. In this descriptive-analytical study, first, using the snowball sampling method and questioning 34 specialists, experts, and elites related to the content of this study, the consequences of the drying process of this lake on the cities under study were identified. Then, within the framework of the cross-impact matrix and in the MICMAC software, the direct and indirect influence and dependence of each of these consequences were measured, and according to their scores, the most important and key consequences were explained. The results indicated that the increase in natural events (such as dust, salt storms, drought, earthquakes, etc.), reduction in water resources, loss of agricultural and garden lands, reduction in agricultural production, social unrest, soil erosion and reduction in its fertility, destruction of vegetation, weakening of agriculture-related jobs, lack of inter-institutional cooperation in dealing with crises, increased unemployment and intensified population displacement are among the most important consequences of desertification of the lake on the cities of its catchment area in West Azerbaijan Province. As a result, the findings emphasize the need to adopt cross-sectoral, evidence-based, and locally appropriate solutions to enhance the urban and livelihood resilience of the lake catchment communities.



Citation: Hamedani, P., Saeideh Zarabadi, Z. S., Vahid, A., & Shieh, E. (2026). A commentary on the consequences of desertification in urban settlements with a foresight approach: A case study of the Lake Urmia catchment area in West Azerbaijan Province. *Journal of Geography and Regional Future Studies*, 4(3), 22-41.



© Authors retain the copyright and full publishing rights. **Publisher:** Urmia University.

DOI: <https://doi.org/10.30466/grfs.2026.56337.1142>

DOR: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.2981118.1405.4.3.2.1>

¹ **Corresponding author:** Zahra Sadat Saeideh Zarabadi, **Email:** z.zarabadi@iau.ac.ir, **Tell:** +989121078853

Extended Abstract

Introduction

Today, desertification, as one of the most important socio-economic and environmental challenges of humanity, has affected urban settlements with significant consequences. This phenomenon is also spreading in Iran, encompassing Lake Urmia. Due to successive droughts and climate changes in recent years, along with unprincipled exploitation of valuable resources such as water, soil, and plants, the process of drying up this lake and turning it into a salt desert has intensified, and this has caused climate change and an increase in the intensity of dust storms in the human settlements of the lake's catchment. Thus, this issue will in turn lead to the migration of residents, including residents of surrounding cities, and numerous social and economic problems such as the threat to food security, the reduction of welfare and quality of life, the spread of urban poverty, the weakening of jobs related to agriculture, the threat to the health of citizens, the increase in the cost of living in the energy, health and treatment sectors, etc. in these cities. Meanwhile, foresight, as a strategic tool for predicting and analyzing trends and possible consequences in various social, economic, and environmental fields, can be a powerful tool for understanding and managing the consequences of this crisis in urban settlements and help create effective policies and programs to deal with it. For this purpose, the present study was conducted with a foresight approach to explain the consequences of Lake Urmia desertification on the cities of its catchment area in West Azerbaijan Province. Therefore, in this study, first, all the consequences affected by the desertification process of the lake were identified, and then, using a foresight approach in the light of the cross- impact matrix method and in the MICMAC software, its key consequences were explained.

Methodology

In this study, in the first step, using library and documentary methods, the consequences of desertification on the level of urban settlements were collected and organized in the form of a structured questionnaire and distributed using the snowball sampling method among 34

specialists, experts, and elites related to the content of this study (such as urban and regional planners, geographers, urban managers, environmental experts, agricultural biotechnology experts, etc.) in the study cities. They were asked to explain the consequences of desertification of Lake Urmia on the level of their cities in accordance with the social, economic, environmental, and institutional contexts of these cities. In the next step, after explaining these consequences, the same specialists and experts were asked to assign points to the identified consequences based on the degree of impact and influence within the framework of the cross- impact matrix, with numbers in the range of zero to three. In this scoring, zero was considered as no impact, one as weak impact, two as medium impact and three as high impact. Finally, the scores in the cross- impact matrix were entered into the MICMAC software to measure the direct and indirect impact and influence of each outcome. Based on the impact and influence scores of the outcomes, the important and key consequences of Lake Urmia desertification on the case study cities were identified.

Results and discussion

The consequences of Lake Urmia's desertification for the municipal areas within its catchment basin in West Azerbaijan province can be categorized into five distinct structural types. First, key consequences represent the most critical primary impacts, encompassing an increase in natural hazards (e.g., dust, salt storms, drought, and seismic events), depletion of water resources, degradation and loss of agricultural land, soil erosion and reduced fertility, and a lack of inter-institutional cooperation during crisis responses. Second, intermediate consequences denote impacts that exert limited influence on other variables while remaining moderately susceptible to external factors; these include social unrest, intensified population displacement, heightened threats to living standards, food security, and public health, as well as rising unemployment, declining agricultural yield, and expanding urban poverty. Third, outcome-level consequences refer to secondary impacts on

case study cities exhibiting low influence alongside high susceptibility to broader systemic shifts; these manifest as reduced citizen welfare, quality of life, and personal income, compounded by diminished public trust in the efficacy of urban governance and the exposure of critical vulnerabilities in crisis management. Fourth, negligible consequences capture minor impacts on cities displaying both low influence and low susceptibility, including reduced regional tourism, loss of biodiversity, ambient temperature increases, local microclimate alterations, and a higher incidence of respiratory illnesses. Finally, fifth, clustered or uncertain consequences include impacts with variable or systemic drivers, such as escalating living costs in the energy and healthcare sectors, the weakening of agriculture-dependent livelihoods, and the widespread destruction of natural vegetation cover.

Conclusion

The phenomenon of desertification, after the crisis of water scarcity and drought, is recognized as one of the three major global challenges of the 21st century. Beyond land degradation and water resource depletion, this phenomenon has jeopardized the efficiency of providing living spaces, public health, and food security for residents by intensifying resource poverty and urban land use erosion. From this perspective, understanding the consequences of this crisis on urban settlements is crucial to ensuring sustainability and urban development.

Lake Urmia is no exception to this rule. The process of drying and desertification is considered one of the most important environmental, social and economic challenges in the region, which has had widespread impacts such as an increase in natural events such as dust, salt storms, drought, earthquakes, reduction in water resources, loss of agricultural and garden lands, reduction in agricultural production, social unrest, soil erosion and reduction in its fertility, destruction of vegetation, weakening of agriculture-related jobs, lack of inter-institutional cooperation in dealing with crises, increased unemployment and intensified population displacement on the cities studied. These consequences have long-term implications for urban sustainability, biological and social security, and economic viability of communities living in these cities, and therefore require prioritizing comprehensive and intersectoral interventions at local and regional levels.

Declarations

Funding: There is no funding support.

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

Conflict of Interest: The authors declared no conflict of interest.

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



خوانشی بر پیامدهای بیابان‌زایی در سکونتگاه‌های شهری با رهیافت آینده‌نگاری (مورد پژوهی: شهرهای حوضه آبریز دریاچه ارومیه در استان آذربایجان غربی)

پریسا همدانی^۱، زهرا سادات سعیده زرابادی^۲، آرش وحید^۳ و اسماعیل شیعیه^۴

۱- گروه شهرسازی، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- گروه شهرسازی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- گروه شهرسازی، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۴- گروه شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

دریافت:

۱۴۰۴/۰۵/۱۲

پذیرش:

۱۴۰۵/۰۲/۲۷

صص:

۴۱-۲۲

واژگان کلیدی:

بیابان‌زایی،

تغییرات اقلیمی،

آینده‌نگاری،

نرم‌افزار میک‌مک،

استان آذربایجان غربی.

چکیده

امروزه بیابان‌زایی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های اجتماعی-اقتصادی و محیط‌زیستی پیشروی بشر، سکونتگاه‌های شهری را با پیامدهای قابل‌توجهی روبرو نموده است. این پدیده در کشور ایران هم‌رو به گسترش بوده و دریاچه ارومیه نیز مجزا از این مسئله نیست. در این بین، آینده‌نگاری به‌عنوان یک ابزار استراتژیک برای پیش‌بینی و تحلیل روندها و پیامدهای احتمالی در زمینه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و محیطی، می‌تواند ابزار قدرتمندی برای درک و مدیریت پیامدهای این بحران در سکونتگاه‌های شهری باشد و به ایجاد سیاست‌ها و برنامه‌های مؤثر برای مقابله با آن کمک نماید. به همین منظور، پژوهش حاضر در راستای تبیین پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی با رویکرد آینده‌نگاری انجام شده است. در این پژوهش با ماهیت توصیفی-تحلیلی، ابتدا با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی و پرسشگری از ۳۴ نفر از متخصصان، کارشناسان و نخبگان مرتبط با محتوای پژوهش، پیامدهای روند خشک شدن این دریاچه بر شهرهای موردپژوهش شناسایی شده و در ادامه در چارچوب ماتریس اثرات متقابل و در محیط نرم‌افزار میک‌مک، تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم و غیرمستقیم هر کدام از این پیامدها سنجیده شده و با توجه به امتیاز تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آن‌ها، مهم‌ترین و کلیدی‌ترین آن‌ها تبیین شدند. نتایج بیانگر آن بود که افزایش رخدادهای طبیعی (همچون گردوغبار، طوفان‌های نمکی، خشکسالی و زلزله)، کاهش منابع آبی، از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغی، کاهش تولیدات کشاورزی، نابسامانی‌های اجتماعی، فرسایش خاک و کاهش حاصلخیزی آن، تخریب پوشش گیاهی، تضعیف مشاغل مرتبط با کشاورزی، نمایان ساختن عدم همکاری بین نهادهای در باب مواجهه با بحران‌ها، افزایش بیکاری و تشدید جابجایی‌های جمعیتی از مهم‌ترین پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی به شمار می‌روند. در نتیجه، یافته‌ها بر ضرورت اتخاذ راهکارهای میان‌بخشی، مبتنی بر شواهد و متناسب با بافت محلی تأکید دارند تا تاب‌آوری شهری و معیشتی جوامع حوضه آبریز دریاچه ارتقا یابد.

استناد: همدانی، پریسا؛ سعیده زرابادی، زهرا سادات؛ وحید، آرش؛ و شیعیه، اسماعیل. (۱۴۰۵). خوانشی بر پیامدهای بیابان‌زایی در سکونتگاه‌های شهری با رهیافت آینده‌نگاری (مورد پژوهی: شهرهای حوضه آبریز دریاچه ارومیه در استان آذربایجان غربی). فصلنامه جغرافیا و آینده‌پژوهی منطقه‌ای، ۴(۳)، ۴۱-۲۲.

ناشر: دانشگاه ارومیه.

© نویسندگان حق چاپ و حقوق نشر را حفظ می‌کنند.



DOI: <https://doi.org/10.30466/grfs.2026.56337.1142>

DOR: <https://dori.net/dor/20.1001.1.2981118.1405.4.3.2.1>



^۱ نویسنده مسئول: زهرا سادات سعیده زرابادی، پست الکترونیکی: z.zarabadi@iau.ac.ir، تلفن: ۰۹۱۲۱۰۷۸۸۵۳

این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان «تبیین الگوی تاب‌آوری سکونتگاه‌های انسانی در مواجهه با بیابان‌زایی (مطالعه موردی: حوضه آبریز دریاچه ارومیه در استان آذربایجان غربی)» است که باراهنمایی نویسنده‌های دوم و سوم و مشاوره نویسنده چهارم در گروه شهرسازی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب در حال انجام است.

مقدمه

طبق گزارش سازمان ملل متحد، امروزه میزان بیابان‌زایی^۱ ۳۰ برابر سریع‌تر از گذشته در حال افزایش است و به‌طور میانگین بین ۱۲ تا ۱۴ میلیون هکتار در هر سال به مساحت بیابان‌ها افزوده می‌شود و در هر روز تخریب اراضی با بیابانی شدن برای بشر، حدود سه میلیارد دلار هزینه دارد (You et al, 2024: 1-2). همچنین مطابق با کنوانسیون سازمان ملل متحد در راستای مبارزه با بیابان‌زایی^۲، این پدیده زندگی ۲۵۰ میلیون نفر در سراسر جهان را تحت تأثیر قرار داده و ممکن است تا سال ۲۰۴۵، حدود ۱۳۵ میلیون نفر به دلیل بیابان‌زایی آواره شوند که تمامی این مسائل، این بحران را در حال حاضر به یکی از شدیدترین و مهم‌ترین چالش اجتماعی-اقتصادی و محیط‌زیستی پیشروی بشر تبدیل نموده است (Pontius & McIntosh, 2024: 136-137).

بیابان‌زایی مشتمل بر فرآیندهایی است که در نتیجه عوامل طبیعی و عملکرد نادرست انسان ایجاد می‌گردد (Hakimovich & Alishovich, 2023: 32). در حقیقت، عوامل ایجادکننده‌ی این پدیده یا عوامل طبیعی مانند آب‌وهوای خشک، پوشش گیاهی، خاک یا شامل عوامل انسانی همانند چرای بی‌رویه، جنگل‌زدایی و عملکرد نامناسب کشاورزی هستند. در این میان، عوامل انسانی نقش کلیدی در افزایش سرعت آن دارند، طوری که علاوه بر اینکه نقش مستقیمی در آسیب‌رساندن به محیط دارند، محرک و تقویت‌کننده‌ی عوامل محیطی از جمله تغییر اقلیم^۳ نیز به شمار می‌روند (Almutairi et al, 2020: 596-597). بدین ترتیب، جنگل‌زدایی، تخریب مراتع، تبدیل عرصه‌های جنگل‌ها به سایر کاربری‌ها و تغییر کاربری‌ها، مصداقی از بیابان‌زایی هستند (Egidi & Salvati, 2020: 157). شواهد نشان می‌دهند که این پدیده تأثیری جدی بر جمعیت‌های آسیب‌پذیر در سکونتگاه‌های انسانی کشورهای در حال توسعه دارد. طوری که بیابان‌زایی از طریق محدود کردن منابع بالقوه طبیعی، موجب کاهش تولیدات کشاورزی شده و این فعالیت را به‌طور فزاینده‌ای متزلزل و پرمخاطره می‌نماید. از سوی دیگر، تشدید این پدیده منجر به تهدید امنیت غذایی، کاهش منابع آب، افزایش میزان دما، آلودگی و گردوغبار، فقر و مهاجرت، از بین رفتن تنوع زیستی، تهدید امنیت عمومی و سلامتی انسان‌ها و در عمل کاهش کیفیت زیست و زندگی سکونتگاه‌های شهری می‌شود (D'Ettorre et al, 2024: 2; Badapalli et al, 2023: 95-96; Han et al, 2021: 1-2- Bayramzadeh & Mousavi, 2024). تمامی این مسائل و چالش‌ها باعث شد که یکی از کنوانسیون‌های جهانی تدوین‌شده در رابطه با سرزمین، کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی باشد که در کنار کنوانسیون تغییرات اقلیمی و تنوع زیستی، اقدامات گسترده‌ای را برای تغییر افکار عمومی، ارتقای آگاهی‌ها، تسهیل تبادلات دانش و به اشتراک گذاشتن تجارب موفق بین کشورهای مختلف در این زمینه انجام دهند (Suyunov et al, 2025: 2- Mousavi et al., 2022 Stefanski et al, 2025: 1- Nasr et al., 2024).

در این بین، آینده‌نگاری به‌عنوان یک ابزار استراتژیک برای پیش‌بینی و تحلیل روندها و پیامدهای احتمالی در زمینه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و محیطی (Manouchehri Miandoab, 2024: 129)، می‌تواند نقش مهمی در تبیین پیامدهای این بحران بر سطح سکونتگاه‌های شهری ایفا نماید. در واقع، آینده‌نگاری می‌تواند ابزار قدرتمندی برای درک و مدیریت پیامدهای بیابان‌زایی در سکونتگاه‌های شهری باشد و به ایجاد سیاست‌ها و برنامه‌های مؤثر برای مقابله با این چالش کمک کند. از این منظر، ایجاد استراتژی‌های سازگاری، توسعه فناوری‌های پایدار و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نوین می‌تواند از تأثیرات منفی بیابان‌زایی بر سکونتگاه‌های شهری کاسته و کیفیت زندگی شهروندان را بهبود بخشد (Dutta et al, 2022: 133).

در پرتو اطلاعات موجود، مناطق جغرافیایی با بیشترین خطر آسیب‌پذیری در برابر این چالش شامل منطقه ساحل^۴ (با آب‌وهوای گرم و خشک، دمای بالا و بارندگی کم) در قاره آفریقا، صحرای گوبی^۵ (واقع در شمال چین و جنوب مغولستان و با مساحتی نزدیک به ۱۳۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع که از این حیث، بزرگ‌ترین بیابان قاره‌ی آسیا محسوب می‌شود) در قاره آسیا و بخشی‌هایی از آمریکای جنوبی (طبقه‌بندی شدن بیش از ۲۵ درصد از زمین‌های آن به‌عنوان مناطق خشک و بیش از ۶۸ درصد از مساحت آن در نتیجه جنگل‌زدایی و چرای بی‌رویه، دچار فرسایش خاک شده است) هستند (Pimm et al, 2024: 1; TreeHugger, 2021). در این بین، پدیده بیابان‌زایی در کشور ایران نیز روبه گسترش بوده است. بر اساس آمارهای در دسترس، حدود ۸۰ درصد کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده و یک‌سوم آن مستعد بیابان‌زایی است (Yaghoobi et al, 2020: 104). دریاچه ارومیه نیز مجزا از این مسئله نیست. طوری که به‌واسطه خشکسالی‌های پی‌درپی و تغییرات اقلیمی طی سال‌های اخیر و به همراه بهره‌برداری‌های غیراصولی از منابع ارزشمند نظیر آب، خاک و گیاه، روند خشک شدن این

1 Desertification

2 UN Convention to Combat Desertification

3 Climate change

4 The Sahel

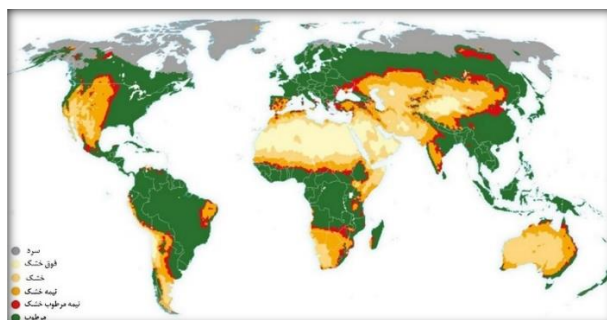
5 Gobi Desert

دریاچه و تبدیل شدن آن به بیابانی از نمک، تشدید یافته و این امر موجب تغییر آب‌وهوایی و افزایش و شدت طوفان‌های گردوخاک در سطح سکونتگاه‌های انسانی حوضه‌ی آبریز دریاچه شده است. بدین ترتیب این مسئله در عمل به نوبه خود، منجر به مهاجرت ساکنان از جمله ساکنان شهرهای اطراف آن و مشکلات عدیده اجتماعی و اقتصادی همچون تهدید امنیت غذایی، کاهش سطح رفاه و کیفیت زندگی، گسترش فقر شهری، تضعیف مشاغل مرتبط با کشاورزی، تهدید سلامت شهروندان، افزایش هزینه‌های زندگی در بخش انرژی، بهداشت و درمان و غیره در سطح این شهرها خواهد بود. در این میان، آینده‌نگاری، امکان شناسایی و اولویت‌بندی پیامدهای مهم بیابان‌زایی این دریاچه بر شهرهای مورد پژوهش را با دقت و وسعتی فراتر از رویکردهای مرسوم (مانند تحلیل‌های علی یا مطالعات صرفاً توصیفی) فراهم می‌آورد. چراکه این رهیافت با ترکیب تکنیک‌های کیفی و کمی (نظیر تحلیل روندها، شناسایی و سنجش عوامل پیشران، ساخت سناریوها و استفاده از ابزارهای مشارکتی کارشناسان و ذی‌نفعان)، نه تنها پیامدهای مستقیم محیطی را مشخص می‌سازد، بلکه ساختارهای علت و معلولی پیچیده، اثرات غیرمستقیم اجتماعی- اقتصادی و بازخوردهای میان‌بخشی را نیز در یک چشم‌انداز سیستمی و چندبعدی مورد بررسی قرار می‌دهد. در واقع، آینده‌نگاری با توجه همزمان به عدم قطعیت‌های آتی و تعاملات بین‌بخشی، قابلیت‌ی تحلیلی فراهم می‌کند که امکان کمی‌سازی میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پیامدها را میسر ساخته و راهنمایی برای اولویت‌گذاری سیاست‌ها و مداخلات سازگارانه ارائه می‌دهد، چیزی که رویکردهای خطی و توصیفی در سطح جامعیت و پیش‌بینی‌پذیری، قادر به دستیابی به آن نیستند. به همین منظور، پژوهش حاضر در راستای تبیین پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی با رویکرد آینده‌نگاری انجام شده است.

بنابراین، در این پژوهش، ابتدا به شناسایی تمامی پیامدهای متأثر از روند بیابانی شدن دریاچه بر نقاط شهری اطراف آن اقدام شده و سپس با رهیافت آینده‌نگاری در پرتو روش ماتریس اثرات متقاطع و در محیط نرم‌افزار میک مک به تبیین پیامدهای کلیدی آن مبادرت شده است تا در بستر آن، در آگاهی‌بخشی به مدیران و مسئولان شهری به منظور انجام اقدامات مؤثر در مواجهه با این بحران و کاهش اثرات آن بر شهرهای مورد پژوهی متمرکز واقع شود. از این جهت، می‌توان سؤال اصلی این پژوهش را مبنی بر «مهم‌ترین و کلیدی‌ترین پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی کدامند؟»، مطرح نمود.

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

بیابان یا صحرا یک زمین‌چهر است که در ناحیه‌ای خشک و کم‌باران از سایر مناطق جهان متمایز است. بارندگی سالیانه ناچیز، پوشش گیاهی محدود و اختلاف زیاد دمای روزانه، از مهم‌ترین مشخصات مناطق بیابانی به شمار می‌روند. در واقع، بیابان به نواحی اطلاق می‌شود که با کمی رطوبت، موجودات زنده و تغییر شدید دمای شب و روز مشخص می‌شوند (Polis, 2023: 1-2). از این رو، امروزه پیشروی آن‌ها در سراسر جهان به حدی رسیده که مسئله بیابان‌زایی به مثابه یکی از چالش‌های اساسی بسیاری از کشورهای جهان و از جمله کشورهای در حال توسعه مطرح بوده که نتیجه آن از بین رفتن منابع تجدیدشونده در هریک از این کشورها است (Ahmed et al, 2024: 1-2). برآوردهای سازمان ملل متحد نشان می‌دهد که ۱۱۰ کشور در معرض خطر جدی این پدیده هستند. همچنین یافته‌های این گزارش بیانگر آن است که سالانه در حدود ۱۲ میلیون هکتار زمین توسط فعالیت‌های انسانی به بیابان تبدیل می‌شود و حدود یک‌چهارم از کل زمین‌های کشاورزی در دنیا نیز به شدت در معرض فرسایش هستند (Roy et al, 2024: 2). فرسایش و نابودی زمین در قسمت‌های مختلف جهان خود را در اشکال مختلف بیابان‌زایی، فرسایش و شسته شدن خاک نشان می‌دهد. این روند در بعضی مناطق جهان سرعت بیشتری دارد (شکل ۱). طوری که در آفریقا حدود دوسوم از کل زمین‌های حاصلخیز در معرض فرسایش قرار دارند. بدین ترتیب، گسترش بیابان‌ها و همچنین افزایش خشکسالی‌ها روند توسعه در بسیاری از جوامع بشری را کند نموده است (Rodrigues do Nascimento, 2023: 50-51).



شکل ۱- وضعیت بیابان‌زایی در سطح جهان

(منبع: McSweeney, 2019)

بیابان‌زایی به‌عنوان فرآیند تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه مرطوب خشک تعریف می‌شود (Hailu, 2023: 95) که ناشی از ترکیبی از عوامل طبیعی (مانند تغییرات اقلیمی، ماندایی شدن خاک و تغییر در الگوهای دما و بارش) و فعالیت‌های انسانی (مانند بهره‌برداری ناپایدار از منابع، شیوه‌های کشاورزی ناپایدار، چرای مفرط و تغییر کاربری اراضی) است و منجر به کاهش توان اکولوژیکی و بیولوژیکی زمین می‌گردد (Rosen et al, 2022: 1463). این پدیده از طریق مکانیسم‌هایی مانند فرسایش بادی و آبی، تخریب پوشش گیاهی، شور شدن خاک و کاهش منابع آب، کارایی سرزمین را تضعیف می‌کند (Heydari Alamdarloo et al, 2022: 2). از این منظر، بیابان‌زایی پدیده‌ای بوده که مدت‌ها منجر به وجود آمدن مشکلات جدی اقتصادی، اجتماعی، نهادی و محیط‌زیستی همچون تهدید امنیت غذایی، کاهش منابع آب، افزایش میزان دما، افزایش آلودگی و گردوغبار، فقر و مهاجرت، از بین رفتن تنوع زیستی، تهدید امنیت عمومی و سلامتی انسان‌ها و در عمل کاهش کیفیت زیست و زندگی در سطح بسیاری از شهرهای کشورهای جهان شده است (جدول ۱).

جدول ۱- پیامدهای بیابان‌زایی بر سطح سکونتگاه‌های شهری

ابعاد	اجتماعی	اقتصادی	محیطی	نهادی
پیامدها	- ناامنی اجتماعی	- کاهش تنوع در فعالیت‌های اقتصادی	- نابودی زیرساخت‌ها و امکانات شهری	
	- تعارضات اجتماعی	- محدود ساختن رشد اقتصادی	- کمبود آب آشامیدنی	
	- افزایش نابرابری و نارضایتی اجتماعی	- افزایش هزینه‌های زندگی در بخش انرژی، بهداشت و درمان	- کاهش منابع آبی	- ناکارآمد ساختن اقدامات
	- تشدید جابجایی‌های جمعیتی	- افزایش بیکاری	- کاهش تنوع زیستی	- ناهماهنگی متولی در امر مواجهه با بحران‌ها
	- افزایش آسیب‌های اجتماعی	- کاهش درآمد خانواده‌ها	- افزایش میزان دما	- بی‌اعتماد ساختن شهروندان نسبت به کارایی نهادهای متولی
	- تأثیر بر سطح زندگی مردم	- مهاجرت نیروی کار	- کاهش کیفیت هوا	- شهرهای در امر مواجهه با بحران‌ها
	- تهدید امنیت غذایی	- کاهش سرمایه‌گذاری	- تهدید سلامت شهروندان	- نمایان ساختن ضعف مدیریت بحران
	- کاهش سطح رفاه و کیفیت زندگی	- کاهش گردشگری	- افزایش بیماری‌های تنفسی	- نمایان ساختن عدم همکاری بین نهادهای در باب مواجهه با بحران‌ها
	- افزایش گرسنگی	- کاهش تولیدات کشاورزی	- تخریب پوشش گیاهی	- نمایان ساختن ضعف آموزش و آگاهی‌بخشی کم در مورد بیابان‌زایی
	- تضعیف بنیان خانواده‌ها	- کاهش بهره‌وری کشاورزی	- از بین رفتن منابع غذایی	
	- افزایش مشکلات روانی شهروندان	- افزایش قیمت‌های مواد غذایی	- نابودی میراث فرهنگی و تاریخی	
	- تغییر در سبک زندگی شهروندان	- گسترش فقر	- گسترش حاشیه‌نشینی و سکونتگاه‌های غیررسمی	
		- کاهش ارزش زمین و مسکن	- تخریب محیط‌زیست	
		- از بین رفتن شاغل مرتبط با کشاورزی	- فرسایش خاک و کاهش کیفیت آن	
		- کاهش صادرات شهر در بخش کشاورزی	- تغییرات در الگوی گسترش شهری	
			- تغییرات در اقلیم محلی	
			- افزایش رخدادهای طبیعی همچون گردوغبار، سیلاب، خشکسالی و غیره	

(منبع: تحلیل محتوای نگارندگان به استناد از: Rubio et al, 2025; Islam et al, 2025; Ahmed et al, 2024; D'Ettoire et al, 2024; Wang et al, 2023; Korneeva, 2023; Rodrigues do Nascimento, 2023; Seyed Akhlaghi et al, 2023; Sun et al, 2023; Badapalli et al, 2023; Nadi et al, 2022; (Al-Obaidi et al, 2022; Behnia et al, 2021; Han et al, 2021; Briassoulis, 2019

با توجه به پیامدهای چندوجهی بیابان‌زایی، آینده‌نگاری به‌مثابه فرآیند تحلیل و پیش‌بینی تحولات آینده و بررسی روندهای موجود برای درک سازماندهی بهتر فعالیت‌ها و تصمیم‌گیری‌های آینده (Fallah Haghighi et al, 2024: 92-93)، امکان درک پویایی‌های پیچیده‌ی این پدیده را در سطح سکونتگاه‌های انسانی فراهم می‌سازد. از منظر نظری، این رهیافت به‌عنوان چارچوبی نظام‌مند برای تلفیق دانش پراکنده و مدیریت عدم قطعیت‌ها عمل می‌کند. بدین معنا که از طریق سناریوپردازی چندبعدی، شناسایی عوامل پیشران و فرایندهای مشارکتی، مفاهیم انتزاعی نظیر بازخوردهای غیرخطی، آستانه‌های سیستمی و اثرات میان‌بخشی را به ابزارهای عملیاتی تبدیل می‌نماید (Neely et al, 2023: 3). در حقیقت، آینده‌نگاری نه تنها پیامدهای زنجیره‌ای و مستقیم بیابان‌زایی را مشخص می‌سازد، بلکه تأثیرات غیرمستقیم اجتماعی-اقتصادی و ساختارهای علی-معلولی پیچیده را در یک چشم‌انداز سیستمی و چندبعدی مدل‌سازی و با ارائه‌ی راهبردهای انعطاف‌پذیر مبتنی بر شواهد، پلی میان مبانی نظری و نیازهای عملی سیاست‌گذاری ایجاد می‌نماید. از این منظر، این رهیافت می‌تواند نقش مؤثری در درک و مدیریت پیامدهای این پدیده در سطح شهرها داشته باشد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود (Bushnell, 2024: 3; Dutta et al, 2022):

❑ **تحلیل روندها و الگوهای موجود:** آینده‌نگاری می‌تواند به شناسایی و تحلیل روندهای کنونی و الگوهای رفتاری مرتبط با بیابان‌زایی کمک نماید.

❑ **مدل‌سازی سناریو:** با ایجاد سناریوهای مختلف برای آینده، می‌توان پیامدهای مختلف این پدیده را بررسی نمود. این سناریوها می‌توانند به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان کمک کنند تا طرح‌های مؤثر برای مبارزه با بیابان‌زایی و سازگاری با چالش‌های آن را توسعه دهند.

❑ **آگاهی‌بخشی و آموزش:** از طریق آینده‌نگاری، می‌توان آگاهی عمومی را افزایش داده و به مردم و جوامع انسانی درک بهتری از پیامدهای این پدیده و اهمیت اقدام به‌موقع ارائه نمود.

❑ **توسعه سیاست‌های جامع:** با تجزیه و تحلیل پیامدهای آینده بیابان‌زایی، می‌توان سیاست‌های جامع و مبتنی بر شواهد را برای پیشگیری و کاهش آثار آن تدوین نمود.

مرور پژوهش‌های پیشین در باب این پدیده و پیامدهای آن بر سطح سکونتگاه‌های شهری، حاکی از آن است که بسیاری از این پژوهش‌ها به شناسایی شاخص‌های بیابان‌زایی و توصیف پیامدهای مستقیم آن در سطح منطقه‌ای مبادرت داشته‌اند. طوری که طالقانی و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی اذعان داشتند که مهم‌ترین شاخص‌ها از منظر متخصصان در شناسایی مناطق مستعد بیابان‌زایی، شاخص فرسایش بادی، پوشش گیاهی و شوری خاک است. همچنین، احمدی (۱۴۰۳) در پژوهشی به این نکته اشاره داشته است که کاهش تنوع زیستی، افزایش طوفان‌های نمکی، افزایش بیماری‌ها، از بین رفتن گردشگری، تضعیف کشاورزی، افزایش بیکاری و مهاجرت و کاهش درآمد مردم منطقه از مهم‌ترین پیامدهای خشک شدن دریاچه ارومیه محسوب می‌شود. علاوه بر آن، بارانی پسپان و همکاران (۱۳۹۶) نیز در پژوهشی نشان دادند که طوفان و ریزگردهای نمکی، بیابان‌زایی و توسعه آن به نواحی پیرامون، قوم‌گرایی و درگیری‌های قومی، تشدید نوسانات اقلیمی و تغییر در زمان‌بندی فصول و از بین رفتن اراضی کشاورزی و حاصلخیزی خاک از مهم‌ترین پیامدهای خشک شدن دریاچه ارومیه هستند.

از سوی دیگر، برخی دیگر از این پژوهش‌ها به پیامدهای بیابان‌زایی و راهبردهای مقابله با آن در مقیاس‌های کلان و ملی توجه داشته‌اند. طوری که یحیی^۱ و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی مطرح کردند که این پدیده در شمال نیجر به شدت بر کشاورزی و منابع آب تأثیر گذاشته و مشکلات امنیت غذایی را افزایش داده است. همچنین، کولیک و ولسنکو^۲ (۲۰۲۴) در پژوهشی اذعان داشتند که فرآیند بیابان‌زایی و تخریب سرزمین یکی از چالش‌های عمده محیط‌زیستی و اجتماعی-اقتصادی در روسیه و دیگر نقاط جهان است که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و سوءاستفاده از منابع طبیعی قرار دارد. از این منظر، کاهش تولیدات کشاورزی، افزایش هزینه‌های اقتصادی، بروز طوفان‌های گردوغبار، مهاجرت و ناپایداری اجتماعی از جمله پیامدهای این پدیده در این کشور محسوب می‌شوند. علاوه بر آن، رودریگز دو ناسیمنتو^۳ (۲۰۲۳) در پژوهشی بیان کرده که دلایل و پیامدهای بیابان‌زایی در جهان متنوع و تحت تأثیر عوامل فیزیکی و انسانی هستند که این پیامدها شامل تخریب زیستگاه‌ها و فقر اجتماعی می‌باشد که به دلیل عوامل ساختاری چون تمرکز درآمد، عدم تولید سیاست‌های مؤثر و تکنیک‌های نادرست کشاورزی تشدید می‌گردد و الکلابی^۴ (۲۰۲۲) در پژوهشی با ماهیت توصیفی-تحلیلی از مهم‌ترین پیامدهای این پدیده به کاهش تولیدات کشاورزی، از بین رفتن تنوع زیستی، تأثیرات سوء اقتصادی، تغییرات اجتماعی، ضعف در منابع آب و افزایش میزان دما اشاره داشته است.

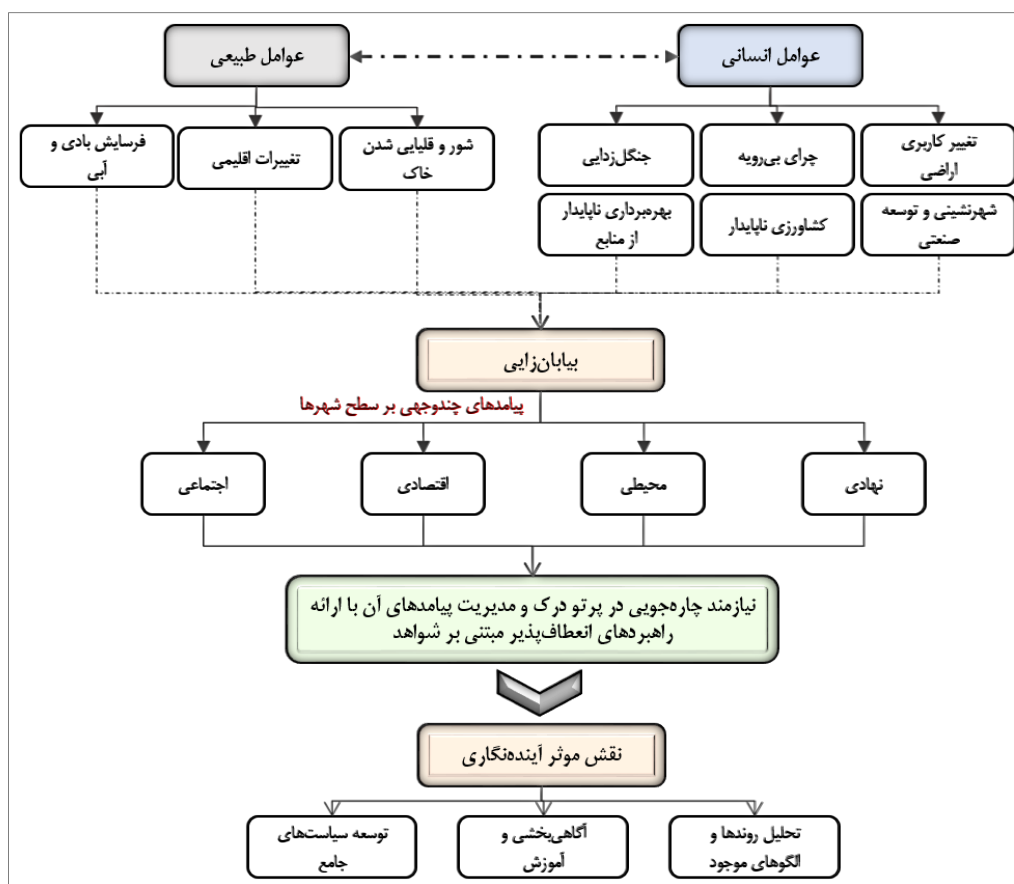
بدین ترتیب، اگرچه پژوهش‌های پیشین به خوبی به توصیف پیامدهای بیابان‌زایی پرداخته‌اند، اما کمتر پژوهشی به تبیین پیامدهای کلیدی این بحران در بستر شهرها اشاره داشته و راهبردهای پیشنهادی آن‌ها نیز اغلب از سازگاری کافی با شرایط محلی و ویژگی‌های شهری برخوردار نبوده است. علاوه بر این، شمار کمی از این مطالعات از رهیافت‌های آینده‌نگارانه برای تبیین پیامدهای این بحران استفاده کرده‌اند. درحالی‌که رویکرد آینده‌نگاری، به‌ویژه با استفاده از روش‌هایی مانند ماتریس اثرات متقاطع، قابلیت شناسایی روابط پویای میان پیامدها، کمی‌سازی میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری و اولویت‌بندی پیامدهای کلیدی این پدیده را فراهم می‌آورد؛ بنابراین، شکاف دانشی اصلی در این زمینه، عدم استفاده از ابزارهای آینده‌نگر برای تحلیل نظام‌مند پیامدهای بیابان‌زایی و ارائه راهکارهای مبتنی بر شواهد است. درنتیجه این مقاله با پر کردن این شکاف‌ها، به درک جامع‌تری از تأثیرات این بحران بر سکونتگاه‌های شهری و ارائه راهبردهای مؤثر و متناسب با بافت محلی برای مقابله با آن کمک نموده است (شکل ۲).

1 Yahaya

2 Kulik & Vlasenko

3 Rodrigues do Nascimento

4 Al-Kulabi



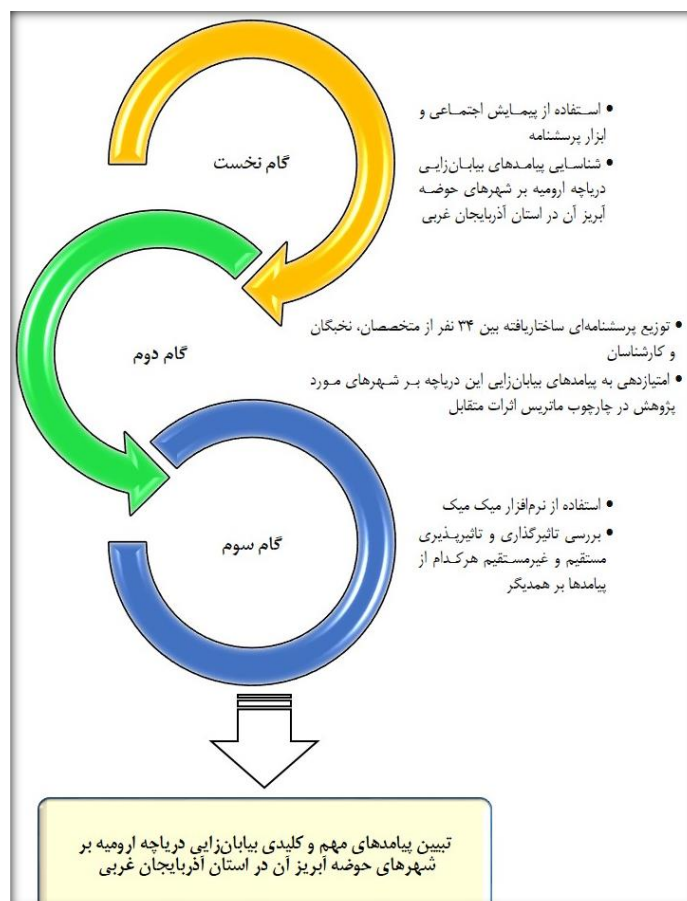
شکل ۲- مدل مفهومی پژوهش

(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۴)

مواد و روش پژوهش

پژوهش حاضر در راستای تبیین پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی با رویکرد آینده‌نگاری انجام شد. این پژوهش با توجه به محتوا و ماهیت از حیث روش، پژوهشی کمی- کیفی، به لحاظ هدف، پژوهشی کاربردی و به لحاظ ماهیت، پژوهشی توصیفی- تحلیلی محسوب شد. در گام نخست با استفاده از روش کتابخانه‌ای و اسنادی، پیامدهای بیابان‌زایی بر سطح سکونتگاه‌های شهری گردآوری شدند (جدول ۱) و به‌منظور تبیین آن‌ها در سطح مورد پژوهی از پیمایش اجتماعی و ابزار پرسشنامه بهره گرفته شد. به بیانی بهتر، پیامدهای این پدیده بر سطح سکونتگاه‌های شهری در قالب پرسشنامه‌ای ساختاریافته تنظیم و با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله برفی بین ۳۴ نفر از متخصصان، کارشناسان و نخبگان مرتبط با محتوای این پژوهش (همچون برنامه‌ریزان شهری و منطقه‌ای، جغرافیدانان، مدیران شهری، کارشناسان محیط‌زیست، کارشناسان بیوتکنولوژی کشاورزی و غیره) در سطح شهرهای موردپژوهش توزیع شد. با توجه به ماهیت روش گلوله‌برفی که مبتنی بر معرفی نمونه‌ها توسط افراد قبلی است، این روش امکان دسترسی به افراد کلیدی را فراهم می‌آورد، اما ممکن است به دلیل وابستگی به شبکه‌های ارتباطی اولیه، خطر سوگیری در نمونه‌گیری وجود داشته باشد که برای کاهش این مسئله، سعی شد از تنوع تخصصی و سازمانی در انتخاب نمونه‌ها اطمینان حاصل شود. در نتیجه از آن‌ها خواسته شد تا متناسب با زمینه‌های اجتماعی، اقتصادی، محیطی و نهادی این شهرها، پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر سطح شهرهایشان را تبیین نمایند.

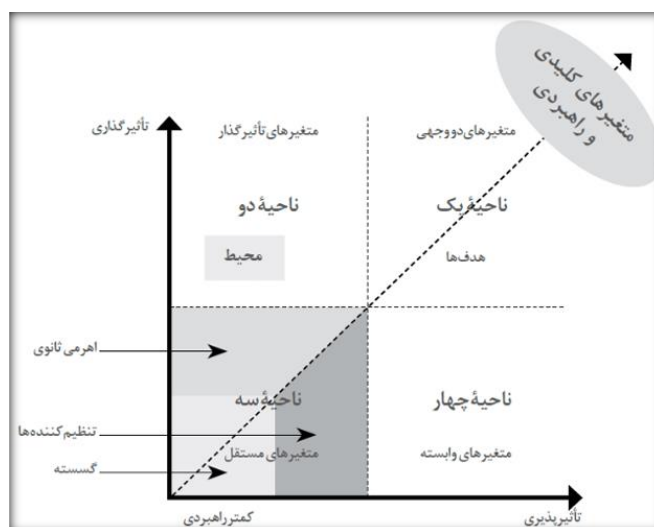
در گام بعدی، پس از تبیین این پیامدها، از همان متخصصان و کارشناسان خواسته شد تا در چارچوب ماتریس اثرات متقابل، به پیامدهای شناسایی‌شده بر مبنای میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری با اعداد در طیف صفر تا سه امتیاز دهند. در این امتیازدهی، صفر به‌منزله بدون تأثیر، یک به‌منزله تأثیر ضعیف، دو به‌منزله تأثیر متوسط و سه به‌منزله تأثیر زیاد بود. در نهایت امتیازها در ماتریس اثرات متقابل، وارد محیط نرم‌افزار میک مک شدند تا تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم و غیرمستقیم هر کدام از پیامدها سنجیده شوند (شکل ۳).



شکل ۳- فرایند انجام پژوهش

(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۴)

نرم‌افزار میک میک با محاسبه دو شاخص اصلی تأثیرگذاری مستقیم و غیرمستقیم و تأثیرپذیری مستقیم و غیرمستقیم هر پیامد، نقش آن‌ها را در سیستم ارزیابی می‌کند. به‌طور مشخص، این نرم‌افزار با ترکیب امتیازهای مستقیم و غیرمستقیم، ماتریس نهایی تأثیرات را تولید نموده و بر اساس آن، پیامدها را به چهار دسته شامل عوامل کلیدی (تأثیرگذار و تأثیرپذیر بالا)، عوامل مستقل (تأثیرگذار بالا ولی تأثیرپذیر پایین)، عوامل وابسته (تأثیرپذیر بالا ولی تأثیرگذار پایین) و عوامل کم‌اثر (تأثیرگذار و تأثیرپذیر پایین) تقسیم می‌نماید (شکل ۴). بدین ترتیب، با توجه به امتیاز تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پیامدها، پیامدهای مهم و کلیدی بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای مورد پژوهی شناسایی شدند.

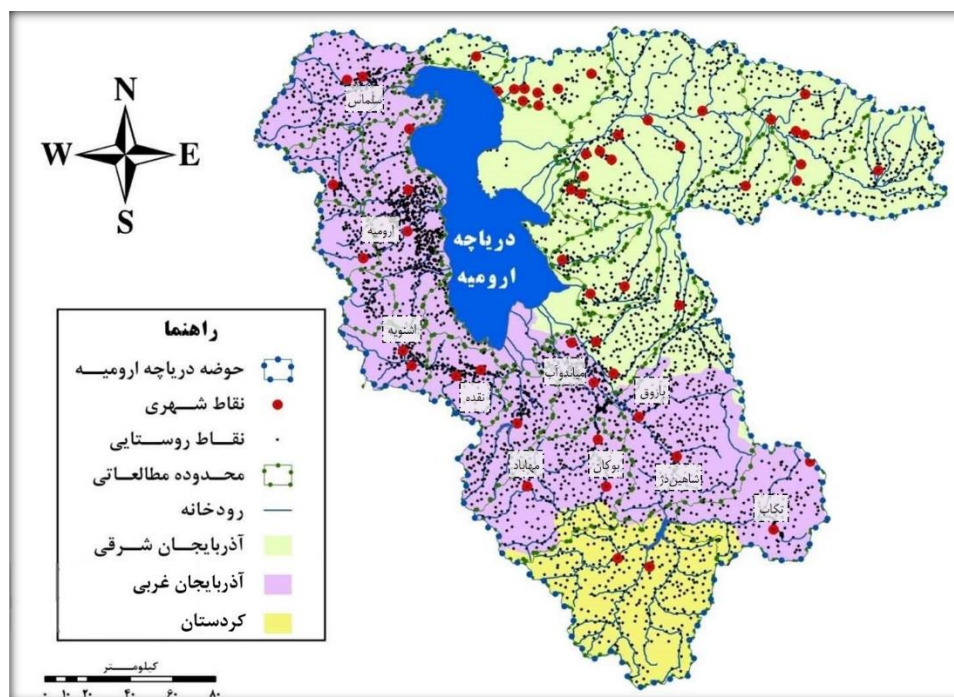


شکل ۴- نمایش انواع متغیرها متناسب با تأثیرگذاری و تأثیر پذیری آن‌ها

(منبع: Zulfaghazadeh Kermani et al, 2022)

محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران واقع شده که از نظر جغرافیایی بین مدار ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. مساحت این حوضه بیش از ۵۲۰۰۰ کیلومترمربع، معادل ۳/۲۱ درصد مساحت کل کشور است. ۹۰۰۰ کیلومتر آن را مناطق مسطح و دشتی و ۳۵۲۰۰ کیلومترمربع آن را مناطق کوهستانی و ۷۸۰۰ کیلومترمربع را دریاچه ارومیه و باتلاق‌های حاشیه‌ای تشکیل می‌دهد. از نظر سرزمینی این حوضه، قسمت‌های مرکزی، غربی و جنوب غربی استان آذربایجان شرقی (تقریباً ۱۹۰۰۰ کیلومترمربع)، حدود نیمی از استان آذربایجان غربی (تقریباً ۲۱۵۰۰ کیلومترمربع) و قسمتی از شمال استان کردستان (حدود ۵۰۰۰ کیلومترمربع) را شامل می‌شود (شکل ۵). بر اساس اعلام اداره کل محیط‌زیست استان آذربایجان غربی، هم‌اکنون ۷۰ درصد از مساحت دریاچه ارومیه خشک شده و بیش از دوسوم از وسعت آبی آن به شورمزار تبدیل شده است که این پسروری و کوچک شدن وسعت دریاچه، هشدار مهمی است؛ زیرا با خشک شدن این دریاچه، یک کویر نمک به وسعت بیش از ۴۴۰۰ کیلومترمربع تشکیل می‌شود. باد، نمک‌های موجود در شورمزارها را به سمت مزارع پیرامونی منتقل و این امر باعث آسیب دیدن باغات و مزارع کشاورزی در سکونتگاه‌های انسانی حوضه آبریز دریاچه شده که عمده‌ترین منبع درآمد ساکنان آن‌ها بوده و همچنین برای سلامت آن‌ها نیز تبعات منفی در پی خواهد داشت.



شکل ۵- حوضه آبریز دریاچه ارومیه

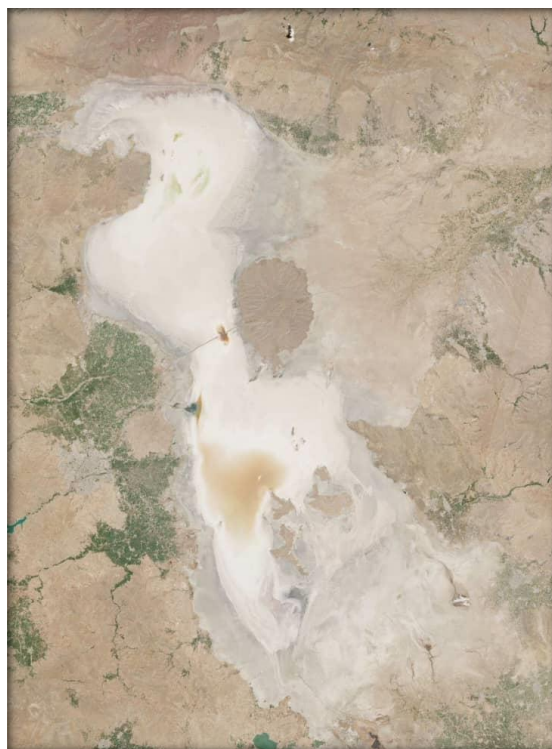
(منبع: Mohebi et al, 2020)

مبتنی بر آمار و اطلاعات موجود، بیش از ۳۶ شهر و ۳۱۵۰ روستا با جمعیتی بالغ بر ۵/۵ میلیون نفر در حوضه آبریز دریاچه سکونت دارند که از این تعداد، ۴ میلیون نفر (معادل ۷۲/۷ درصد) در نقاط شهری و ۱/۵ میلیون نفر (معادل ۲۷/۳ درصد) در نقاط روستایی ساکن هستند (Karami et al, 2019: 4-5). در این بین، بیش از ۲۵ شهر با جمعیتی بالغ بر ۱/۶ میلیون نفر در استان آذربایجان غربی قرار دارند (Statistical Center of Iran, 2016). بدین ترتیب، شهرهایی همچون ارومیه، مهاباد، سلماس، قوشچی، نوشین، نقده، محمدیار، اشنویه، بوکان، شاهین‌دژ، چهاربرج، میان‌دوآب، باروق، کشاورز، تکاب و غیره از آذربایجان غربی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع شده‌اند.

بحث و ارائه یافته‌ها

شناسایی پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی؛ دریاچه ارومیه به‌مثابه بزرگترین دریاچه آب‌شور خاورمیانه، طی سال‌های اخیر با تغییرات قابل‌توجهی در وسعت و حجم آب مواجه بوده است. طوری که بر اساس آمارهای

موجود، امروزه وسعت این دریاچه به ۱۱۴۰ کیلومترمربع رسیده که نسبت به مدت مشابه سال ۱۴۰۳، کاهش ۲۱۰ کیلومترمربعی را نشان می‌دهد. همچنین سطح تراز آن نیز ۱۲۷۰/۲۸ متر بوده که نسبت به سال ۱۴۰۳، کاهش یافته است. بدین ترتیب، این کاهش وسعت و حجم آب دریاچه ارومیه، باعث شده که روند بیابان‌زایی آن طی سال‌های اخیر افزایش یابد (شکل ۶). از مهم‌ترین دلایل بیابان‌زایی این دریاچه می‌توان به کاهش نزولات جوی و افزایش تبخیر ناشی از تغییرات اقلیمی، احداث سدهای متعدد بر روی رودخانه‌های حوضه آبریز، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی برای کشاورزی، توسعه اراضی کشاورزی به‌ویژه در بخش‌های بالادست حوضه آبریز، ضعف مدیریت یکپارچه منابع آب، عدم اجرای طرح‌های جامع احیا، ناکارآمدی سیستم‌های آبیاری و غیره اشاره داشت.



شکل ۶- خشک شدن دریاچه ارومیه و تبدیل شدن آن به بیابانی از نمک

(منبع: Google Earth)

بدین ترتیب، بیابان‌زایی دریاچه ارومیه یکی از چالش‌های مهم محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی در منطقه محسوب می‌شود که تأثیرات گسترده‌ای بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی دارد؛ بنابراین، همان‌طور که اشاره شد، به‌منظور تبیین این تأثیرات، با استفاده از روش گلوله برفی، اقدام به پرسشگری از ۳۴ نفر از متخصصان، کارشناسان و نخبگان مرتبط با محتوای این پژوهش در سطح شهرهای موردپژوهش شد و پیامدهایی که بیش از نصف متخصصان و کارشناسان به آن‌ها اشاره داشتند، در مجموع به‌عنوان پیامدهای بیابان‌زایی این دریاچه در عرصه‌های اجتماعی، اقتصادی، محیطی و نهادی بر شهرهای مورد سنجش شناسایی شدند (جدول ۲).

جدول ۲- پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی

عرصه	پیامدها
اجتماعی	نابسامانی‌های اجتماعی، تشدید جابجایی‌های جمعیتی، تهدید سطح زندگی شهروندان، تهدید امنیت غذایی، کاهش سطح رفاه و کیفیت زندگی شهروندان
اقتصادی	افزایش هزینه‌های زندگی در بخش انرژی، بهداشت و درمان، افزایش بیکاری، کاهش درآمد شهروندان، کاهش گردشگری، کاهش تولیدات کشاورزی، گسترش فقر شهری و تضعیف مشاغل مرتبط با کشاورزی
محیطی	کاهش منابع آبی، کاهش تنوع زیستی، افزایش میزان دما، تهدید سلامت شهروندان، افزایش بیماری‌های تنفسی، تخریب پوشش گیاهی، فرسایش خاک و کاهش کیفیت (حاصل‌خیزی) آن، از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغی، تغییرات در اقلیم محلی، افزایش رخداد‌های طبیعی همچون گردوغبار، طوفان‌های نمکی، خشکسالی، زلزله و غیره
نهادی	بی‌اعتماد ساختن شهروندان نسبت به کارایی نهادهای متولی شهری در امر مواجهه با بحران‌ها، نمایان ساختن ضعف مدیریت بحران و نمایان ساختن عدم همکاری بین نهادی در باب مواجهه با بحران‌ها

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

تبیین میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متقابل پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی با روش تحلیل آثار متقابل؛ پس از شناسایی پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای موردپژوهش، در ادامه این پیامدها در قالب پرسشنامه‌ای ساختاریافته تنظیم شدند و از همان متخصصان، کارشناسان و نخبگان خواسته شد تا در چارچوب ماتریس اثرات متقابل، به پیامدهای بیابان‌زایی این دریاچه بر شهرهای مورد پژوهی بر مبنای میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری با اعداد در طیف صفر تا سه امتیاز دهند. سپس امتیازها در قالب ماتریس اثرات متقابل، وارد محیط نرم‌افزار میک مک شدند. بدین ترتیب، ماتریس ۲۵*۲۵ با شاخصه‌های مطابق با جدول ۳ در این نرم‌افزار مورد تجزیه و تحلیل واقع شد.

جدول ۳- ویژگی‌های ماتریس اثرات مستقیم و غیرمستقیم پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی

ویژگی‌های ماتریس	
اندازه ماتریس	۲۵*۲۵
تعداد چرخش	۲
تعداد صفرها	۲۰۱
تعداد یک‌ها	۲۲۰
تعداد دوها	۱۶۷
تعداد سه‌ها	۳۷
تعداد اثر بالقوه	۰
مجموع	۴۲۴
شاخص پرشدگی	۶۷/۸۴ درصد

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

شاخص پرشدگی ۶۷/۸۴ درصد بیانگر تأثیرگذاری بالا و پیچیدگی سیستم است. طوری که اکثر روابط میان پیامدها دارای تأثیرات معنادار هستند. از این منظر، این نتایج حاکی از وجود شبکه‌ای از روابط قوی و پویایی بالا در سیستم مورد مطالعه است. بایستی اذعان داشت که در چارچوب ماتریس اثرات متقابل، میزان تأثیرگذاری یک پیامد بر سایر پیامدها را از حاصل جمع سطریهای ماتریس و میزان تأثیرپذیری یک پیامد از سایر پیامدهای بیابان‌زایی این دریاچه بر شهرهای موردسنجش را می‌توان از حاصل جمع ستونیهای ماتریس به دست آورد. بدین ترتیب، در مجموع می‌توان پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای مورد پژوهی را در راستای شناسایی پیامدهای مهم و کلیدی متناسب با تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم مطابق با جدول ۴ ارائه نمود.

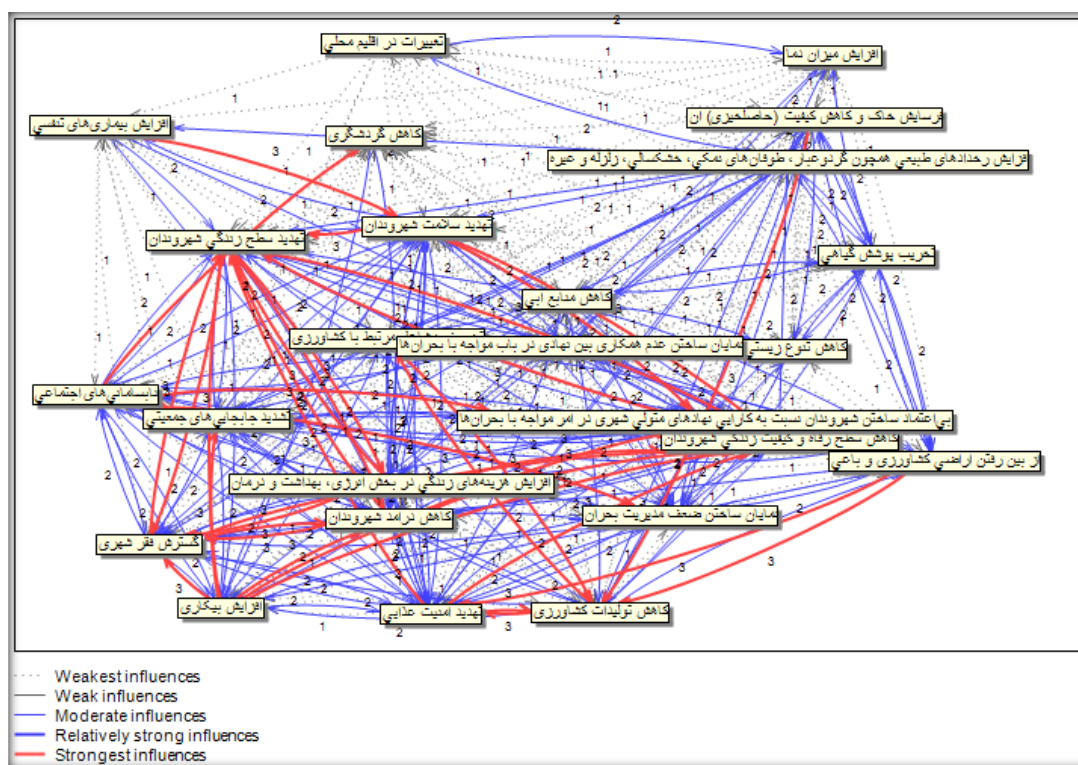
جدول ۴- میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی بر همدیگر

ردیف	پیامدها	تأثیرگذاری مستقیم	تأثیرپذیری مستقیم
۱	نابسامانی‌های اجتماعی	۴۸۱	۴۵۱
۲	تشدید جابجایی‌های جمعیتی	۴۶۶	۵۱۱
۳	تهدید سطح زندگی مردم	۴۶۶	۷۲۱
۴	تهدید امنیت غذایی	۴۶۶	۶۰۱
۵	کاهش سطح رفاه و کیفیت زندگی	۳۴۵	۶۹۱
۶	افزایش هزینه‌های زندگی در بخش انرژی، بهداشت و درمان	۳۶۰	۴۵۱
۷	افزایش بیکاری	۴۶۶	۴۵۱
۸	کاهش درآمد شهروندان	۳۶۰	۴۹۶
۹	کاهش گردشگری	۱۸۰	۲۸۵
۱۰	کاهش تولیدات کشاورزی	۴۹۶	۴۲۱
۱۱	گسترش فقر شهری	۴۳۶	۶۱۶
۱۲	تضعیف مشاغل مرتبط با کشاورزی	۴۲۱	۳۳۰
۱۳	کاهش منابع آبی	۵۲۶	۲۴۰
۱۴	کاهش تنوع زیستی	۲۵۵	۲۴۰
۱۵	افزایش میزان دما	۲۵۵	۲۱۰
۱۶	تهدید سلامت شهروندان	۴۶۶	۵۴۱
۱۷	افزایش بیماری‌های تنفسی	۲۷۰	۱۳۵

ردیف	پیامدها	تأثیرگذاری مستقیم	تأثیرپذیری مستقیم
۱۸	تخریب پوشش گیاهی	۴۰۶	۲۵۵
۱۹	فرسایش خاک و کاهش کیفیت (حاصلخیزی) آن	۴۶۶	۲۲۵
۲۰	از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغی	۵۲۶	۲۸۵
۲۱	تغییرات در اقلیم محلی	۲۲۵	۹۰
۲۲	افزایش رخدادهای طبیعی همچون گردوغبار، طوفان‌های نمکی، خشکسالی، زلزله و غیره	۶۰۱	۱۸۰
۲۳	بی‌اعتماد ساختن شهروندان نسبت به کارایی نهادهای متولی شهری در امر مواجهه با بحران‌ها	۲۵۵	۶۳۱
۲۴	نمایان ساختن ضعف مدیریت بحران	۳۶۰	۵۵۶
۲۵	نمایان ساختن عدم همکاری بین نهادهای در باب مواجهه با بحران‌ها	۴۳۶	۳۷۵

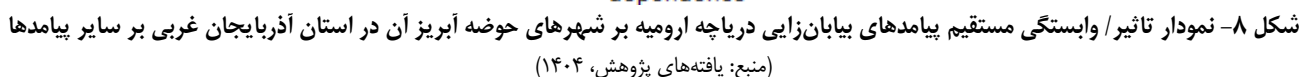
(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

مطابق با جدول ۴، از بین پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن، پیامدهایی همچون افزایش رخدادهای طبیعی همچون گردوغبار، طوفان‌های نمکی، خشکسالی، زلزله و غیره، کاهش منابع آبی، از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغی، نابسانی‌های اجتماعی و تشدید جابجایی‌های جمعیتی، به ترتیب بیشترین تأثیرگذاری مستقیم بر سایر پیامدها و در مقابل پیامدهایی همچون تهدید سطح زندگی مردم، کاهش سطح رفاه و کیفیت زندگی شهروندان، بی‌اعتماد ساختن شهروندان نسبت به کارایی نهادهای متولی شهری در امر مواجهه با بحران‌ها، گسترش فقر شهری و تهدید امنیت غذایی به ترتیب، بیشترین تأثیرپذیری مستقیم را از سایر پیامدهای بیابان‌زایی این دریاچه بر شهرهای موردپژوهش داشته‌اند که گراف شکل ۷ بیانگر آن است.



شکل ۷- گراف تأثیرگذاری مستقیم پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی بر سایر پیامدها (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

تبیین پیامدهای مهم و کلیدی بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی؛ پس از تبیین میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متقابل پیامدهای بیابان‌زایی این دریاچه بر شهرهای مورد پژوهی با روش تحلیل آثار متقابل، در ادامه با استفاده از نمودار تاثیر/وابستگی مستقیم این پیامدها، اقدام به شناسایی پیامدهای مهم و کلیدی بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن شده است (شکل ۸).



به‌طور کلی در این نمودار، ۵ گونه از پیامدهای بیابان‌زایی برای شهرهای حوضه آبریز دریاچه ارومیه در استان آذربایجان غربی قابل ردیابی هستند. ناحیه اول: پیامدهای کلیدی؛ نشان‌دهنده‌ی مهم‌ترین و کلیدی‌ترین پیامدهای بیابان‌زایی این دریاچه بر شهرهای موردپژوهش محسوب می‌شوند که شامل پیامدهایی همچون افزایش رخدادهای طبیعی همچون گردوغبار، طوفان‌های نمکی، خشکسالی، زلزله و غیره، کاهش منابع آبی، از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغی، فرسایش خاک و کاهش کیفیت (حاصلخیزی) آن و نمایان ساختن عدم همکاری بین نهادهای در باب مواجهه با بحران‌ها هستند. ناحیه دوم: پیامدهای حد واسط؛ نشان‌دهنده‌ی پیامدهایی از بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن می‌باشند که تاثیر کمی بر پیامدهای دیگر می‌گذارند و هم تاثیر کمی از پیامدهای دیگر می‌پذیرند که شامل پیامدهایی همچون نابسامانی‌های اجتماعی، تشدید جابجایی‌های جمعیتی، تهدید سطح زندگی مردم، تهدید امنیت غذایی، افزایش بیکاری، کاهش تولیدات کشاورزی، گسترش فقر شهری و تهدید سلامت شهروندان هستند. ناحیه سوم: پیامدهای نتیجه؛ نشان‌دهنده‌ی پیامدهایی از بیابان‌زایی این دریاچه بر شهرهای مورد پژوهی می‌باشند که میزان تأثیرگذاری کم و میزان تأثیرپذیری زیادی از پیامدهای دیگر دارند که شامل پیامدهایی همچون کاهش سطح رفاه و کیفیت زندگی، کاهش درآمد شهروندان، بی‌اعتماد ساختن شهروندان نسبت به کارایی نهادهای متولی شهری در امر مواجهه با بحران‌ها و نمایان ساختن ضعف مدیریت بحران می‌شوند. ناحیه چهارم: پیامدهای قابل‌چشم‌پوشی؛ نشان‌دهنده‌ی پیامدهایی از بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن می‌باشند که میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری کمی دارند که این پیامدها شامل کاهش گردشگری، کاهش تنوع زیستی، افزایش میزان دما، افزایش بیماری‌های تنفسی و تغییرات در اقلیم محلی هستند و درنهایت، ناحیه پنجم: پیامدهای خوشه‌ای یا نامعین؛ با توجه به قرارگیری این پیامدها در نواحی مرزی هر یک از چهار ناحیه دیگر، امکان پیوستن این پیامدها در آینده تشدید بیابان‌زایی این دریاچه به یکی از چهار ناحیه دیگر بسیار زیاد است که با این تفاسیر، پیامدهایی همچون افزایش هزینه‌های زندگی در بخش انرژی، بهداشت و درمان، تضعیف مشاغل مرتبط با کشاورزی و تخریب پوشش گیاهی در این‌گونه برای شهرهای موردپژوهش قرار می‌گیرند.

بدین ترتیب، مطابق با شکل ۸، پیامدهایی که در نواحی اول، دوم و پنجم قرار گرفته‌اند، دارای درجه اهمیت زیاد و آسیب‌پذیری بالاتری هستند، زیرا پیامدهای ناحیه اول به‌عنوان پیامدهای کلیدی، پیامدهای ناحیه دوم که در بالای نیمسازند به این جهت که میزان تأثیرگذاری آن‌ها در مقایسه با تأثیرپذیری آن‌ها بیشتر است و همچنین پیامدهای ناحیه پنجم نیز به دلیل تأثیرگذاری بالا و تمایل این پیامدها به سمت پیامدهای کلیدی برای مدیریت بحران اهمیتی ویژه دارند، چراکه در آینده احتمال قرارگیری این پیامدها در بین پیامدهای کلیدی وجود دارد؛ بنابراین، مهم‌ترین و کلیدی‌ترین پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی به شرح جدول ۵ هستند.

جدول ۵- مهم‌ترین و کلیدی‌ترین پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی

رتبه	پیامدها	عرصه
۱	افزایش رخدادهای طبیعی همچون گردوغبار، طوفان‌های نمکی، خشکسالی، زلزله و غیره	محیطی
۲	کاهش منابع آبی	محیطی
۳	از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغی	محیطی
۴	کاهش تولیدات کشاورزی	اقتصادی
۵	نابسامانی‌های اجتماعی	اجتماعی
۶	فرسایش خاک و کاهش کیفیت (حاصلخیزی) آن	محیطی
۷	تخریب پوشش گیاهی	محیطی
۸	تضعیف مشاغل مرتبط با کشاورزی	اقتصادی
۹	نمایان ساختن عدم همکاری بین نهادهای در باب مواجهه با بحران‌ها	نهادی
۱۰	افزایش بیکاری	اقتصادی
۱۱	تشدید جابجایی‌های جمعیتی	اجتماعی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

مطابق با جدول ۵، از مهم‌ترین پیامدهای اجتماعی، اقتصادی، محیطی و نهادی بیابان‌زایی این دریاچه بر شهرهای مورد پژوهی به ترتیب می‌توان به نابسامانی‌های اجتماعی، کاهش تولیدات کشاورزی، افزایش رخدادهای طبیعی همچون گردوغبار، طوفان‌های نمکی، خشکسالی، زلزله و غیره و نمایان ساختن عدم همکاری بین نهادهای در باب مواجهه با بحران‌ها اشاره داشت. به‌طورکلی نتایج نشان می‌دهد که بیابان‌زایی دریاچه ارومیه در بستر کاهش منابع آبی و از بین رفتن اراضی کشاورزی، زنجیره‌ای از تأثیرات محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی را فعال می‌سازد که به‌صورت متقابل یکدیگر را تقویت می‌کنند. طوری که کاهش سطح آب دریاچه، سبب گسترش پهنه‌های نمکی می‌شود که با تضعیف پوشش گیاهی و فرسایش خاک همراه است و این روند خود زمینه‌ساز افزایش رخدادهای گردوغبار و طوفان‌های نمکی می‌گردد. این فرایندهای محیط‌زیستی، از طریق کاهش تولیدات کشاورزی و تضعیف مشاغل وابسته به کشاورزی، فشارهای اقتصادی به جوامع محلی وارد ساخته که منجر به افزایش بیکاری، گسترش فقر شهری و تشدید جابجایی‌های جمعیتی می‌شود. بدین ترتیب، پیامدهای محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی بیابان‌زایی دریاچه ارومیه به لحاظ علی- معلولی همدیگر را تقویت نموده و ضعف سازوکارهای نهادی و عدم هماهنگی بین‌بخشی جوامع حوضه آبریز آن، این مکانیسم‌های معیوب را تشدید می‌نماید.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

پدیده بیابان‌زایی پس از بحران کمبود آب و خشکسالی، به‌عنوان یکی از سه چالش مهم جهانی قرن بیست‌ویکم شناخته می‌شود. این پدیده فراتر از تخریب اراضی و کاهش منابع آب، با تشدید فقر منابع و فرسایش کاربری‌های شهری، کارایی تأمین فضاها، زیستی، سلامت عمومی و امنیت غذایی ساکنان را به مخاطره انداخته است. از این منظر، درک پیامدهای این بحران بر سکونتگاه‌های شهری برای تضمین پایداری و توسعه شهری امری حیاتی است. به همین منظور این پژوهش با هدف تبیین پیامدهای بیابان‌زایی دریاچه ارومیه بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی با رویکرد آینده‌نگاری انجام گرفت تا شکاف موجود در ادبیات را برطرف و نتایج قابل کاربست برای سیاست‌گذاری محلی فراهم آورد، چراکه اتخاذ رویکردهای سنجیده و آینده‌نگرانه نه‌تنها می‌تواند فعالیت‌های بشری را در باب بیابان‌زایی کاهش دهد، بلکه به تقویت انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری شهرها در مقابل این پدیده کمک و نقش مهمی در تضمین امنیت زیستی و اجتماعی ساکنان آن‌ها ایفا نماید.

برونداد این پژوهش نشان داد که پیامدهایی همچون افزایش رخداد‌های طبیعی (همچون گردوغبار، طوفان‌های نمکی، خشکسالی، زلزله و غیره)، کاهش منابع آبی، از بین رفتن اراضی کشاورزی و باغی، کاهش تولیدات کشاورزی، نابسامانی‌های اجتماعی، فرسایش خاک و کاهش کیفیت (حاصلخیزی) آن، تخریب پوشش گیاهی، تضعیف مشاغل مرتبط با کشاورزی، نمایان ساختن عدم همکاری بین نهادی در باب مواجهه با بحران‌ها، افزایش بیکاری و تشدید جابجایی‌های جمعیتی از مهم‌ترین پیامدهای بیابان‌زایی این دریاچه بر شهرهای مورد پژوهی محسوب می‌شوند. این پیامدها، تبعات بلندمدتی برای پایداری شهری، امنیت زیستی، اجتماعی و توان اقتصادی اجتماعات ساکن این شهرها به همراه دارند و از این‌رو، نیازمند اولویت‌بندی مداخلات جامع و بین‌بخشی در سطوح محلی و منطقه‌ای هستند. پژوهش‌های احمدی (۱۴۰۳)، بارانی پسین و همکاران (۱۳۹۶) و الکلابی (۲۰۲۲) نیز به نحوی برخی از این پیامدها را به‌عنوان پیامدهای مهم این پدیده ذکر کرده بودند.

علاوه بر این، از دیگر پیامدهای اجتماعی، اقتصادی، محیطی و نهادی بیابان‌زایی این دریاچه بر شهرهای اطراف آن می‌توان به تهدید امنیت غذایی، کاهش سطح رفاه و کیفیت زندگی شهروندان، افزایش هزینه‌های زندگی در بخش انرژی، بهداشت و درمان، کاهش درآمد شهروندان، کاهش گردشگری، گسترش فقر شهری، کاهش تنوع زیستی، افزایش میزان دما، تهدید سلامت شهروندان، افزایش بیماری‌های تنفسی، تغییرات در اقلیم محلی، بی‌اعتماد ساختن شهروندان نسبت به کارایی نهادهای متولی شهری در امر مواجهه با بحران‌ها و نمایان ساختن ضعف مدیریت بحران در باب مواجهه با بحران‌ها اشاره نمود که این برونداد با نتایج پژوهش‌های طالقانی و همکاران (۱۴۰۳)، یحیی و همکاران (۲۰۲۴)، کولیک و ولسنکو (۲۰۲۴) و رودریگز دو ناسیمنتو (۲۰۲۳) هم‌جهت بودند. هر چند این پژوهش به پیامدهای محیطی، اجتماعی و اقتصادی بیابان‌زایی پرداخته، اما نقش عوامل انسانی و نهادی نظیر ویژگی‌های سیاست‌گذاری محلی، سطح مشارکت جامعه مدنی و الگوهای تصمیم‌گیری نهادهای محلی را که می‌توانند نقش تعیین‌کننده‌ای در تشدید یا کاهش روند این پدیده داشته باشند را پوشش نداده است. از این‌رو، پژوهش‌های آتی می‌توانند در بستر بهره‌گیری از روش‌های کیفی - کمی (مصاحبه‌های عمیق، تحلیل شبکه‌های نهادی و مطالعات میدانی مشارکتی) برای روشن‌سازی نقش کنشگران کلیدی انجام پذیرند. همچنین، اثرگذاری فناوری‌های نوین در کاهش یا تسهیل بیابان‌زایی صرفاً از منظر پیشنهاد‌های راهبردی مطرح‌شده و ارزیابی کمی یا تطبیقی از کارایی ابزارهای پایش (همچون سنجش‌ازدور، شبکه‌های حسگر و مدل‌های هوش مصنوعی) در بافت محلی انجام‌نشده است که پژوهش‌های تجربی و پایلوت فناوری می‌توانند اثربخشی این راهکارها را به‌صورت سیستماتیک موردسنجش قرار دهند. علاوه بر این، پژوهش حاضر بیشتر بر شناسایی پیامدها متمرکز بوده و راهکارهای عملیاتی برای کاهش این پیامدها را به‌طور مفصل بررسی نکرده است که از این حیث، مطالعات آینده می‌توانند با ارائه راهکارهای اجرایی، گام بعدی در مدیریت بیابان‌زایی را بردارند.

بدین ترتیب، بیابان‌زایی دریاچه ارومیه در عمل تأثیرات گسترده‌ای بر شهرهای حوضه آبریز آن در استان آذربایجان غربی دارد که در ذیل به برخی از پیشنهادها در راستای چاره‌جویی آن اشاره شده است:

- همکاری بین تمامی شهروندان و نهادهای متولی در استفاده از فناوری‌های نوین برای امر آبیاری
- ایجاد صندوق‌های منطقه‌ای یا برنامه‌های یارانه‌ای برای تأمین هزینه فناوری‌های آبیاری دقیق، زهکشی بهینه، تصفیه و بازچرخانی آب
- طراحی یک پلتفرم دیجیتال برای تسهیل همکاری بین نهادهای دولتی، محلی، دانشگاه‌ها و سازمان‌های مردم‌نهاد اطراف دریاچه برای اجرای طرح‌های مقابله با بیابان‌زایی آن
- اصلاح الگوی کشاورزی و کاهش مصرف آب در شهرهای نزدیک به دریاچه
- ترویج کشاورزی همساز با کم‌آبی و خشکسالی در شهرهای حوضه آبریز دریاچه
- آگاهی‌بخشی به شهروندان شهرهای اطراف دریاچه در باب پیامدهای بیابان‌زایی و راهکارهای کاهش اثرات آن
- توانمندسازی شوراهای شهر و روستا، دهیاری‌ها و سازمان‌های محلی اطراف دریاچه برای مشارکت فعال در برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های مقابله با بیابان‌زایی آن
- جنگل‌کاری و کاشت درختان متناسب با شرایط اقلیمی در شهرهای اطراف دریاچه برای تثبیت خاک و کاهش فرسایش آن
- ایجاد دیوارهای سبز در شهرهای اطراف دریاچه برای کاهش سرعت فرسایش خاک و تثبیت اراضی
- برگزاری کمپین‌های اطلاع‌رسانی و آموزشی در مدارس، مراکز عمومی و رسانه‌ها درباره اهمیت صرفه‌جویی در مصرف آب و حفاظت از محیط‌زیست شهری
- استفاده از فناوری‌های نوین مانند سنجش‌ازدور، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی برای پایش مستمر وضعیت دریاچه و مناطق اطراف آن
- توسعه سیستم‌های تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب به‌منظور کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی در شهرهای حوضه آبریز دریاچه ارومیه

□ طراحی سناریوهای واکنش به پیامدهای مرتبط با بیابان‌زایی دریاچه (گردوغبار شدید، افزایش شوری، کاهش منابع آب، خشکسالی) و تعیین نقش‌ها و مسئولیت‌های دقیق نهادهای استانی، شهرداری‌ها، دهیاری‌ها، بهداشت و بخش‌های امدادی برای شهرهای حوضه آبریز آن

References:

- Ahmadi, S. (2024). Investigating the causes and consequences of the drying up of Lake Urmia. *Monthly Scientific Journal Economic Security*, 12(2), 43-50. https://es.tesrc.ac.ir/article_716325.html [In Persian]
- Ahmed, Z., Gui, D., Abd- Elmabod, S. K., Murtaza, G., & Ali, S. (2024). An overview of global desertification control efforts: Key challenges and overarching solutions. *Soil Use and Management*, 40(4), e13154. <https://doi.org/10.1111/sum.13154>
- Al-Kulabi, A. K. J. (2022). The concept of desertification, its causes and effects, and treatments. *Journal La Lifesci*, 3(1), 1-13. <https://doi.org/10.37899/journallalifesci.v3i1.550>
- Almutairi, A., Mourshed, M., & Ameen, R. F. M. (2020). Coastal community resilience frameworks for disaster risk management. *Natural Hazards*, 101(2), 595-630. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03875-3>
- Al-Obaidi, J. R., Yahya Allawi, M., Salim Al-Taie, B., Alobaidi, K. H., Al-Khayri, J. M., Abdullah, S., & Ahmad-Kamil, E. I. (2022). The environmental, economic, and social development impact of desertification in Iraq: a review on desertification control measures and mitigation strategies. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(6), 440. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10102-y>
- Badapalli, P. K., Kottala, R. B., & Pujari, P. S. (2023). Impact of Desertification in Semi-arid Regions. In *Aeolian Desertification: Disaster with Visual Impact in Semi-arid Regions of Andhra Pradesh, South India*. Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6729-2_6
- Barani Pesyan, V., Porakrami, M., & Fotouhi Mehrbani, B. (2017). The investigation of Lake Urmia drying trend and its important consequence on the surrounding settlements. *Journal of Rural Research*, 8(3), 438-453. <https://doi.org/10.22059/jrrr.2017.63473> [In Persian]
- Bayramzadeh, N., Mousavi, M. N. (2024). Investigating the Relationship Between Development and Resource Allocation in the Creation of New Human Settlements During the Years 2011 to 2021 (Case Study: Iran). *Journal of Geography and Environmental Studies*, 13(49), 120-139. <https://sanad.iau.ir/Journal/ges/Article/1107624> [In Persian]
- Behnia, M., Zehtabian, G., Khosravi, H., Ahmadali, K., Nazari Samani, A., & Mesbahzadeh, T. (2021). Investigating the relationship between desertification criteria and land use change and providing operational monitoring methodology Using IMDPA. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 10(29), 69-86. <https://doi.org/10.22111/jneh.2020.33487.1630> [In Persian]
- Brassoulis, H. (2019). Combating land degradation and desertification: The land-use planning quandary. *Land*, 8(2), 27. <https://www.britannica.com/place/Libyan-Desert>
- Bushnell, D. M. (2024). Prospective Approaches for Ecosystem Sustainability Including Climate Mitigation. *Ecological Civilization*, 1(4), 10009. <https://doi.org/10.35534/ecolciviliz.2024.10009>
- D'Ettorre, U. S., Liso, I. S., & Parise, M. (2024). Desertification in karst areas: A review. *Earth-Science Reviews*, 104786. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104786>
- Dutta, S., Das, D., Manna, A., Sarkar, A., & Dutta, A. (2022). Sustainable technology: foresight to green ecosystem. In *Innovations in Environmental Biotechnology*. Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4445-0_5
- Egidi, G., & Salvati, L. (2020). Desertification risk, economic resilience and social issues: From theory to practice. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 18(2), 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2021.04.022>
- Fallah Haghighi, N., Sharifi, Z., & Ahmadi, H. (2024). Future studies of the factors affecting the development of Yazd province. *Journal of Geography and Regional Future Studies*, 2(3), 87-109. <https://doi.org/10.30466/grfs.2024.55369.1063> [In Persian]
- Hailu, F. (2023). Climate change as a trigger for desertification and possible alternatives to reduce biodiversity loss. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 11(1), 94-111. <https://sar.lurawi.com/index.php/jsab/article/view/263/318>
- Hakimovich, H. H., & Alishovich, K. B. (2023). Community-Based Approaches to Combating Desertification. *Czech Journal of Multidisciplinary Innovations*, 19, 31-36. <https://www.peerianjournal.com/index.php/czjmi/article/view/612>
- Han, J., Wang, J., Chen, L., Xiang, J., Ling, Z., Li, Q., & Wang, E. (2021). Driving factors of desertification in Qaidam Basin, China: An 18-year analysis using the geographic detector model. *Ecological Indicators*, 124, 107404. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107404>
- Heydari Alamdarloo, E., Barabadi, H., Dehghan Rahimabadi, D., Khosravi, H., & Rafieh Sharifiabad, J. (2022). Evaluation of control strategies for desertification using SWOT model in Yazd-Ardakan plain. *Integrated Watershed Management*, 2(1), 1-14. <https://doi.org/10.22034/iwm.2022.550355.1025> [In Persian]
- Islam, W., Zeng, F., Siddiqui, J. A., Zhihao, Z., Du, Y., Zhang, Y., ... & Khan, K. A. (2025). Combating desertification: comprehensive strategies, challenges, and future directions for sustainable solutions. *Biological Reviews*. <https://doi.org/10.1111/brv.70015>
- Karami, T., Zanganeh, A., & Mirzazadeh, H. (2019). Peri-urban spaces and population density of Urmia watershed. *Journal of Peri-urban Space Development*, 1(1), 1-8. <https://doi.org/20.1001.1.26764164.1398.1.1.1.1> [In Persian]

- Korneeva, E. A. (2023). Evaluation of Environmental Damage Associated with Desertification of Arid Territories on the South of European Russia. *Arid Ecosystems*, 13(1), 59-64. <https://doi.org/10.1134/S2079096123010043>
- Kulik, K. N., & Vlasenko, M. V. (2024). Experience in implementing major national projects to combat degradation and desertification in Russia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100583. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100583>
- Manouchehri Miandoab, A. (2024). Analyzing the sustainable future of worn-out fabric with a future studies approach (Case study: historical areas of Urmia city). *Journal of Geography and Regional Future Studies*, 2(3), 125-142. <https://doi.org/10.30466/grfs.2024.55708.1074> [In Persian]
- McSweeney, R. (2019). Explainer: 'Desertification' and the role of climate change. <https://www.carbonbrief.org/explainer-desertification-and-the-role-of-climate-change>.
- Mohebi, F., Dadashpour, B., & Mohebi-Rad, H. (2020). Investigating the causes and consequences of environmental destruction of Lake Urmia. *Quarterly Extension Journal of Water Resources Ecology*, 3(2), 49-61. https://ewrj.areeo.ac.ir/article_122379.html [In Persian]
- Mousavi, M., Omidvarfar, S., Hoseinzadeh, R., & Bayramzadeh, N. (2022). Analysis of Spatial Justice in the Distribution of Service Uses in Urban Areas (Case Study: 5 Regions - Urmia). *Journal of Geography, Urban and Regional Studies*, 11(43), 162- 177. <https://sanad.iau.ir/en/Journal/ges/Article/691454?jid=691454> [In Persian]
- Nadi, M., Kalantari, S., Khavaninzadeh, A., & Tazeh, M. (2022). Evaluation of desertification situation in Tabas city based on technogenic desertification indicators using satellite images. *Management of Natural Ecosystems*, 2(2), 34-45. <https://doi.org/10.22034/emj.2022.254751> [In Persian]
- Nasr, T., Jafarpour Ghalehtemouri, K., Khedmatzadeh, A., Najaf Mousavi, M., & Rajabi, A. (2024). Predicting Urban Green Infrastructures of Ecosystem Services in Tehran Metropolitan Area Sprawl with Landsat Satellite time Series Data. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies (JARS)*, 22(1), Article 268554. <https://doi.org/10.56261/jars.v22.268554>
- Neely, C., Trautman, S., Parramon-Gurney, M., Milne, E., Kindt, R., Winowiecki, L., Karambiri, M., Bourne, M., Vagen, T.G., & Lemann, T. (2023). Exploring the Resilience of Restoration Efforts Under Climate Change: The value of applying foresight analysis for accelerating the impacts of the Great Green Wall Initiative. https://regreeningafrica.org/wp-content/uploads/2024/02/SHARED-Foresight-Brief_20_12_23-FINAL.pdf
- Pimm, S., Rafferty, L., & John, P. (2024). desertification. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/desertification>
- Polis, G. A. (Ed.). (2023). *The ecology of desert communities*. University of Arizona Press. <https://books.google.com/books>
- Pontius, J., & McIntosh, A. (2024). Environmental problem-solving in an age of climate change. *Regenerative agriculture*. Springer, Cham, 135-147. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-48762-0>
- Rodrigues do Nascimento, F. (2023). Causes and Impacts of Desertification in the World. In *Global Environmental Changes, Desertification and Sustainability*. Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-32947-0_4
- Rodrigues do Nascimento, F. (2023). Deserts, Desertification and Environmental Degradation in the World. In *Global Environmental Changes, Desertification and Sustainability*. Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-32947-0_5
- Rosen, A. M., Janz, L., Dashzeveg, B., & Odsuren, D. (2022). Holocene desertification, traditional ecological knowledge, and human resilience in the eastern Gobi Desert, Mongolia. *The Holocene*, 32(12), 1462-1476. <https://doi.org/10.1177/0959683622112177>
- Roy, P., Pal, S. C., Chakraborty, R., Chowdhuri, I., Saha, A., Ruidas, D., ... & Islam, A. (2024). Climate change and geo-environmental factors influencing desertification: a critical review. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32432-9>
- Rubio, J. L., Recatalá, L., & Andrew, V. (2025). European desertification. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 31. <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/RISK98/RISK98001FU.pdf>
- Seyed Akhlaghi, S. J., & Gohardoost, A. (2023). An analysis of man-made factors' role in desertification Case study: Niyatak dust corridor in Sistan. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 30(2), 230-246. <https://doi.org/10.1001.1.17350875.1402.30.2.4.4> [In Persian]
- Statistical Center of Iran. (2016). the results of the 8th general population and housing census. <https://www.amar.org.ir> [In Persian]
- Stefanski, R., Toreti, A., Aich, V., Hagenlocher, M., Lamizana Diallo, B., McDonnell, R., ... & Wens, M. (2025). Drought resilience demands urgent global actions and cooperation. *Nature Water*, 1-4. <https://doi.org/10.1038/s44221-024-00373-9>
- Sun, C., Feng, X., Fu, B., & Ma, S. (2023). Desertification vulnerability under accelerated dryland expansion. *Land Degradation & Development*, 34(7), 1991-2004. <https://doi.org/10.1002/ldr.4584>
- Suyunov, A., Suyunov, S., Khushmurodov, F., Suyunov, S., Omonov, I., & Eshboev, B. (2025). Ecological consequences of the desertification process in the agrolandscapes of the Kashkadarya oasis. In *BIO Web of Conferences*. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202516002006>
- Taleghani, S., Bardoei, A., Najafi Dehjalali, A. M., & Minaei, M. (2024). Assessment of Areas Susceptible to Desertification with Emphasis on Erosion Models Using Multi-Criteria Decision Analysis A Case Study (Sistan Suture Zone and Afghan Blocks). *Iranian Journal of Remote Sensing and GIS*. <https://doi.org/10.48308/gisj.2024.234399.1198> [In Persian]

- TreeHugger. (2021). What Is Desertification, and Where Is It Happening? <https://www.treehugger.com/what-is-desertification-5115926>
- Wang, X., Ge, Q., Geng, X., Wang, Z., Gao, L., Bryan, B. A., ... & Chen, F. (2023). Unintended consequences of combating desertification in China. *Nature Communications*, 14(1), 1139. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36835-z>
- Yaghobi, S., Karimi, K., & Faramarzi, M. (2020). The study and Comparison of desertification process on the basis of climate Criterion (Case Study: Abbas and Dehloran Plains, Ilam). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 7(2), 103-120. <http://jsaeh.khu.ac.ir/article-1-2567-fa.html> [In Persian]
- Yahaya, I. I., Wang, Y., Zhang, Z., Inuwa, A. Y., Zhao, Y., You, Y., ... & Shoukat, W. (2024). Assessing desertification vulnerability and mitigation strategies in northern Nigeria: A comprehensive approach. *Heliyon*, 10(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31167>
- You, Y., Zhou, N., & Wang, Y. (2024). Policies and regulations for desertification prevention and control in Mongolia. *Land*, 13(4), 559. <https://doi.org/10.3390/land13040559>
- Zulfagharzadeh Kermani, M. M., Haji Ahmadi, A., Esmaili Givi, M. R., & Khashei Varnamekhashti, V. (2022). Identifying and analyzing the mutual influence of effective drivers in the future scenarios of entertainment in radio and television. *Political Sociology of Iran*. 5 (12), 2758–2776. <https://doi.org/10.30510/psi.2022.310699.2473>



COPYRIGHTS



© Authors retain the copyright and full publishing rights. This is an open access article under the CC BY-NC license:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Publisher: Urmia University.