



Research Paper

## Analysis of Factors Affecting Sustainable Management of Qanats in Yazd Province

Mohsen Sedighimoghaddam<sup>a\*</sup> , Omid Jamshidi<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Economics, Extension and Agricultural Education, Islamic Azad University, Science and Research Branch: Tehran, Tehran, Iran

<sup>b</sup> Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Crop Sciences, Sari University of Agriculture and Natural Resources, Sari, Iran

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received: 22 October 2024

Revised: 01 February 2025

Accepted: 03 February 2025

#### Keywords:

Drought

Water policy

Sustainable agriculture

Water resources

Management

Farmer participation

### ABSTRACT

Sustainable water resource management in Iran, particularly in arid and water-scarce regions such as the central plateau, is of vital importance. Qanats, as historic water exploitation structures, play a crucial role in water supply. This study aimed to identify the factors influencing the sustainable management of qanats in Yazd Province. The research is applied in nature and uses a survey-based data collection method. The statistical population included all farmers utilizing qanats in the province (N = 80,759). Using Cochran's formula, a sample of 280 participants was selected through proportional random sampling. Data were collected via a researcher-designed questionnaire, whose validity was confirmed by a panel of agricultural extension and education experts and officials from the Agricultural Jihad Organization of Yazd. Reliability was confirmed using Cronbach's alpha. Data analysis was conducted with Lisrel version 8.5 through confirmatory factor analysis. Results indicated that all constructs had t-values above 1.96, demonstrating statistical significance. The AVE,  $\alpha$ , and CR indices were satisfactory for all constructs. Findings revealed that supportive, educational, participatory, extension, environmental, social, policy, and economic factors significantly influence sustainable qanat management. Strengthening these factors through coherent policies and programs can improve sustainable qanat management and water resource protection in Yazd Province. Recommended measures include qanat dredging, management system improvements, and training specialized personnel to enhance sustainable management of qanats in the country.

\*Corresponding author: Phd, Department of Economics, Extension and Agricultural Education, Islamic Azad University, Science and Research Branch: Tehran, Tehran, IR

E-mail address: [m.sedighi24@yahoo.com](mailto:m.sedighi24@yahoo.com)

<https://doi.org/10.22034/iaeej.2025.226321>

## 1. Introduction

Sustainable management of water resources, especially qanats, which are among the most vital water supply sources in rural areas, plays a fundamental role in agricultural and rural development. Qanats not only provide essential water for agricultural and domestic use in villages but also help ensure the sustainability of rural ecosystems and the continuity of farming activities. This traditional irrigation system, used for thousands of years, now faces challenges from climate change and population growth, necessitating optimized management and utilization to maintain its role in water supply and support rural livelihoods. Statistics indicate that ongoing droughts and water shortages cause approximately \$2.5 billion in annual damages to the country's agriculture and livestock sectors, largely affecting rural areas. In Yazd Province, one of the driest regions of Iran, this problem is especially pronounced. Reduced water resources not only have environmental and economic impacts but also increase rural-to-urban migration, weakening agriculture and rural development. Proper and efficient water management, particularly of qanats, supports rural livelihoods, sustains agriculture, and plays a crucial role in reducing migration and promoting sustainable rural development. Synthesizing previous studies, nine factors—economic, technical and managerial, policy, supportive, educational, environmental, extension, social, and participatory—have been identified as influential in the sustainable management of qanats. Accordingly, this study seeks to examine the extent to which these factors affect the sustainable management of qanat utilization in Yazd Province.

## 2. Methodology

The study population consisted of 80,759 farmers utilizing qanats in Yazd Province. The sample size was initially estimated at 265 using Cochran's formula, based on the standard deviation obtained from a pilot study for the sustainable management variable ( $\sigma = 3.08$ ) and a 95% confidence level. To satisfy the condition of having at least 5 to 20 samples per estimated parameter in confirmatory factor analysis using structural equation modeling, the sample size was increased to 280, and data were ultimately collected from 280 qanat users. Multi-stage random sampling was employed: first, four counties—Taft, Mehriz, Ardakan, and Yazd—covering the majority of the province's qanats were selected, and then participants from each county were proportionally assigned based on the number of qanat users in that county. The primary data collection tool was a researcher-made questionnaire, evaluated for validity and reliability in two stages. Face and content validity were confirmed through a panel of experts, including professors of agricultural extension and education from various universities and specialists in rural development, water resources, and irrigation from the Yazd Agricultural Jihad Organization. Reliability was assessed using Cronbach's alpha, ordinal theta, and Composite Reliability (CR), all of which indicated satisfactory reliability. Construct validity was further confirmed through confirmatory factor analysis, using the Average Variance Extracted (AVE) index.

## 3. Results

To determine the contribution of each of the nine first-order constructs to the formation of the second-order construct of factors affecting sustainable qanat management, the gamma coefficient within the structural equation modeling framework was used. All constructs showed a statistically significant relationship with the second-order construct, with t-values exceeding the threshold for 99% confidence. The economic factor had the strongest influence, highlighting the critical role of considerations such as profitability, maintenance costs, revenue from water use, and water-saving benefits, as economic sustainability underpins the effectiveness of other interventions. The technical and managerial factor was the second most important, emphasizing the significance of regular maintenance, modern repair techniques, and optimal management practices, supported by the highest level of statistical confidence. Policy, educational, supportive, and environmental factors also played major roles, reflecting the importance of effective policy-making, government support, farmer knowledge enhancement, and maintaining environmental conditions, such as preventing pollution and minimizing environmental degradation in qanat basins. The promotional factor, though slightly less influential, remained important in raising awareness, sharing successful practices, and encouraging farmers to adopt sustainable management methods. Overall, the findings indicate that economic and technical/managerial factors are

the most critical for sustainable qanat management, while policy, education, environmental protection, and promotion provide complementary support to ensure long-term sustainability.

#### **4. Discussion**

Water supply and utilization represent one of the major global crises of the present century, posing serious threats to populations worldwide. The multidimensional nature of water issues—arising from both natural factors, such as climate change, and human factors, including mismanagement of supply and demand across domestic, industrial, and agricultural users—underscores the complexity of this challenge. In this context, sustainable management of water resources, particularly qanats in central Iran, has historical and practical significance for providing drinking and irrigation water. This study identifies nine key factors directly affecting sustainable qanat management in Yazd province, including economic, technical, managerial, environmental, social, participatory, policy, educational, and promotional factors, with economic, technical/managerial, and policy-related aspects having the greatest influence. Economic considerations, such as profitability, maintenance costs, agricultural returns, and investment incentives, are crucial for motivating farmers to maintain qanats; without economic viability, even the best technical and institutional measures may fail. Technical and managerial factors, including regular maintenance, skilled personnel, traditional water allocation systems, and local institutional capacity for coordination, are essential for maintaining qanat functionality and preventing structural deterioration. Policy factors play a foundational role in guiding, organizing, and regulating qanat management through comprehensive strategies, legal frameworks, and participatory governance structures. Effective policy ensures integration of other factors such as community participation, economic investment, and technical preservation. Additionally, educational and promotional efforts, including local storytelling, documentaries, and competitions, can enhance community awareness and engagement, while modern monitoring systems, such as smart water-level sensors and satellite imagery, help regulate usage and protect qanat resources. Overall, sustainable management of qanats in Yazd requires a coordinated approach that integrates economic incentives, technical expertise, governance policies, education, promotion, and modern technology, ensuring long-term water security, preservation of traditional water systems, and sustainable rural and agricultural development in arid and semi-arid regions.

#### **5. Conclusion**

Sustainable management of qanats in Yazd province depends on a combination of economic, technical, managerial, and policy-related factors, supported by environmental, social, participatory, educational, and promotional efforts. Economic viability and technical maintenance are critical for

## تحلیل عوامل موثر بر مدیریت بهره‌برداری پایدار از قنوات در استان یزد

محسن صدیقی‌مقدم<sup>۱\*</sup> و امید جمشیدی<sup>۲</sup>

(دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۱؛ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵)

## چکیده

مدیریت پایدار منابع آبی در ایران، به‌ویژه در مناطق خشک و کم‌آب مانند فلات مرکزی، اهمیت حیاتی دارد. قنات‌ها به‌عنوان یکی از ساختارهای تاریخی بهره‌برداری از آب، نقش مهمی در تامین منابع آبی دارند. این پژوهش با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر مدیریت بهره‌برداری پایدار از قنوات استان یزد انجام شد. پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ نحوه جمع‌آوری اطلاعات پیمایشی است. جامعه آماری این پژوهش، شامل کلیه کشاورزان بهره‌بردار از قنوات این استان ( $N=10759$ ) بود. حجم نمونه براساس فرمول کوکران ۲۸۰ نفر تعیین و با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی با انتساب متناسب انتخاب شدند. ابزار جمع‌آوری داده‌ها پرسشنامه محقق‌ساخت بود که روایی آن از طریق پیل متخصصان متشکل از اساتید ترویج و آموزش کشاورزی دانشگاه‌های مختلف کشور و کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی استان یزد مورد تایید قرار گرفت. پایایی ابزار نیز با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ تایید شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Lisrel نسخه ۸.۵ و در قالب تحلیل عاملی تاییدی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تمامی سازه‌ها دارای مقدار  $t$  بالاتر از ۱/۹۶ بوده و از نظر آماری معنی‌دار هستند. شاخص‌های  $AVE$  و  $\alpha$  و  $CR$  نیز در تمامی موارد از مقادیر مناسبی برخوردار بودند. نتایج یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که عوامل حمایتی، آموزشی، مشارکتی، ترویجی، محیط‌زیستی، اجتماعی، سیاست‌گذاری و اقتصادی بر مدیریت بهره‌برداری پایدار از قنوات مؤثر بودند. بنابراین، تقویت این عوامل از طریق تدوین سیاست‌ها و برنامه‌های منسجم می‌تواند نقش مهمی در بهبود مدیریت بهره‌برداری پایدار از قنوات و حفاظت از منابع آبی در استان یزد ایفا کند. بر اساس یافته‌ها، راهکارهایی مانند لایروبی قنوات، اصلاح سیستم مدیریت و تربیت نیروی متخصص به منظور بهبود وضعیت مدیریت پایدار قنوات در کشور پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، سیاست‌گذاری آب، کشاورزی پایدار، مدیریت منابع آب، مشارکت کشاورزان.

<sup>۱</sup> دانش آموخته دکتری توسعه کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

<sup>۲</sup> استادیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

\* نویسنده مسئول: پست الکترونیک: m.sedighi24@yahoo.com

در قرن ۲۱، بحران منابع آبی به یکی از مهم‌ترین چالش‌های جهانی تبدیل شده است. افزایش جمعیت، رشد صنایع، کشاورزی ناپایدار و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع زیرزمینی موجب کاهش کمیت و کیفیت آب در بسیاری از مناطق جهان شده است (Gleeson *et al.*, 2020). بانک جهانی هشدار داده است که تا سال ۲۰۳۰، تقاضا برای آب ممکن است تا ۴۰ درصد بیشتر از عرضه موجود شود، که این شکاف عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک نمود خواهد یافت (Shiferaw *et al.*, 2024). هم‌زمان با افزایش مصرف آب در سطح جهانی، پدیده تغییر اقلیم نیز فشار مضاعفی بر منابع آبی وارد کرده است (Jamshidi *et al.*, 2019). تغییرات اقلیمی منجر به کاهش بارندگی‌های سالانه، افزایش تبخیر و نوسانات شدید اقلیمی شده‌اند که پیامدهای مستقیم آن بر منابع آب زیرزمینی و سطحی در مناطق خشک و نیمه‌خشک آشکار است (Qasem & Scholz, 2025). به‌ویژه در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA)، که ایران نیز جزء آن است، این تغییرات تهدیدی جدی برای امنیت آبی، امنیت غذایی و پایداری اجتماعی به‌شمار می‌رود. براساس بررسی‌های انجام‌شده، اقلیم خشک و نیمه‌خشک این منطقه و افزایش دمای جهانی، احتمال خشکسالی‌های شدیدتر و طولانی‌تر را افزایش داده است (Bouhioui & Loudyi, 2025). در این شرایط بهره‌برداری پایدار از منابع آب موجود ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است (Chartzoulakis, & Bertaki, 2015). بهره‌برداری پایدار از منابع آب، مفهومی فراتر از صرفاً استفاده بهینه از آب است؛ این مفهوم ناظر بر ایجاد تعادلی پویا میان نیازهای کنونی بشر و ظرفیت‌های طبیعی منابع آبی برای تداوم خدمات‌رسانی در بلندمدت است (Nikolaou *et al.*, 2020). بهره‌برداری پایدار نه تنها به حفظ منابع برای نسل‌های آینده کمک می‌کند، بلکه تاب‌آوری جوامع محلی را در برابر شوک‌های محیطی و اقلیمی افزایش می‌دهد (Marques *et al.*, 2022). در این چارچوب، استفاده پایدار از آب باید به گونه‌ای باشد که هم به تامین نیازهای انسانی پاسخ دهد و هم اکوسیستم‌های آبی و زمینی را حفظ کند. بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع زیرزمینی، تخریب اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، خشک شدن تالاب‌ها، و افت سطح آب‌های زیرزمینی از پیامدهای مستقیم مدیریت ناپایدار منابع آبی است (Gohari *et al.*, 2021).

ضرورت بهره‌برداری پایدار از منابع آب در شرایط کنونی به‌واسطه چند عامل تقویت شده است: نخست، افزایش تنش آبی ناشی از رشد جمعیت و توسعه صنعتی؛ دوم، اثرات فزاینده تغییر اقلیم که باعث تغییر در الگوهای بارندگی، افزایش دما و وقوع خشکسالی‌های شدیدتر شده است (Jamshidi *et al.*, 2019)؛ و سوم، نقش حیاتی آب در امنیت غذایی، انرژی و توسعه پایدار. در چنین شرایطی، سیاست‌های مدیریت منابع آب باید به سمت استفاده مجدد از آب، کاهش اتلاف، ارتقاء فناوری‌های بومی مانند قنوات و تقویت حکمرانی مشارکتی آب حرکت کنند (Madani *et al.*, 2021).

ایران به‌دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود و قرارگیری در کمربند خشک زمین و نوار بیابانی، یکی از کم‌باران‌ترین کشورهای جهان است (ملایی و همکاران، ۱۴۰۰). خشکسالی‌های مکرر در دهه‌های اخیر، واقعیت اقلیمی حاکم بر ایران را به‌خوبی نشان می‌دهد. طی ۴۰ سال گذشته، این کشور با ۲۷ خشکسالی روبه‌رو بوده که این امر تأکیدی بر رایج‌بودن تغییر اقلیم در این منطقه جغرافیایی است (Zarafshani *et al.*, 2016; Jamshidi *et al.*, 2020). در چنین شرایطی، مدیریت پایدار منابع آب برای مقابله با کمبود آب به یک ضرورت انکارناپذیر تبدیل شده است. آب به‌عنوان حیاتی‌ترین منبع طبیعی، نقش کلیدی در بقا و توسعه جوامع بشری ایفا می‌کند (Madani *et al.*, 2021). این اهمیت در کشورهایمانند ایران که بخش اعظم آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، دوچندان می‌سازد (افشاری و همکاران، ۱۳۹۵). مدیریت نادرست منابع آبی در این مناطق می‌تواند به پیامدهای ناگواری مانند کاهش تولیدات کشاورزی، نابودی اشتغال روستایی و افزایش مهاجرت‌های دسته‌جمعی منجر شود (Bouhioui & Loudyi, 2025). مدیریت پایدار منابع آب در بخش کشاورزی، به یکی از چالش‌های اساسی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تبدیل شده است (Chartzoulakis, & Bertaki, 2015). کشاورزی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی در روستاها، نیازمند منابع آبی پایدار و قابل‌اطمینان است. از آنجایی که بیشتر مناطق روستایی ایران به کشاورزی و دامداری وابسته هستند، هرگونه اختلال در مدیریت منابع آب می‌تواند پیامدهای ناگواری همچون کاهش تولید، از دست دادن اشتغال و افزایش فقر را در پی داشته باشد (Jamshidi *et al.*, 2020). مدیریت نادرست منابع آب، به‌ویژه در مناطق روستایی، نه تنها باعث کاهش تولید کشاورزی می‌شود، بلکه از نظر اجتماعی نیز تأثیرات منفی همچون افزایش مهاجرت روستاییان به شهرها را به دنبال دارد (سواری و همکاران، ۱۳۹۷؛ صدیقی‌مقدم، ۱۳۹۹).

در چنین بستر اقلیمی آسیب‌پذیر و شکننده‌ای، قنوات به‌عنوان یکی از میراث‌های فنی-بومی و سیستم‌های سنتی مدیریت منابع آب زیرزمینی، نقشی حیاتی در پایداری معیشت روستایی ایفا کرده‌اند. این سازه‌های آبی که سابقه‌ای بیش از دو هزار سال در فلات ایران دارند، با بهره‌گیری هوشمندانه از شیب زمین و جریان ثقلی، آب را بدون نیاز به مصرف انرژی از لایه‌های زیرزمینی به سطح زمین انتقال می‌دهند (Taghavi-Jeloudar *et al.*, 2013). قنوات برخلاف چاه‌های عمیق و سیستم‌های پمپاژ، کمترین اثر منفی را بر منابع آبی زیرزمینی دارند و با برداشت تدریجی و تنظیم‌شده، مانع از افت شدید سطح آب می‌شوند. این ویژگی موجب شده است تا قنوات در زمره روش‌های بهره‌برداری پایدار از منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک دسته‌بندی شوند (Mohtashami *et al.*, 2025). نقش قنوات فراتر از تامین آب صرف برای کشاورزی است؛ آن‌ها به‌عنوان پایه‌ای برای شکل‌گیری و توسعه سکونتگاه‌های انسانی و نظام‌های تولیدی پایدار در مناطق خشک عمل کرده‌اند. در استان‌هایی مانند یزد، کرمان و خراسان، بقای بسیاری از روستاها و شهرها وابسته به استمرار بهره‌برداری از قنوات بوده است. این سیستم‌ها در واقع ترکیبی از دانش سنتی، مدیریت مشارکتی و مهندسی محیط‌زیستی هستند که اصولی چون خودتنظیمی، عدم وابستگی به انرژی فسیلی، و حفظ تعادل هیدرولوژیکی را در خود دارند (Mohtashami *et al.*, 2025). امروزه با توجه به بحران شدید منابع آبی، احیای این سامانه‌ها می‌تواند راهکاری مؤثر برای افزایش تاب‌آوری جوامع روستایی و تحقق امنیت آبی در کشور باشد (Abbasnejad, 2017). قنات‌ها در طول تاریخ به‌عنوان شریان حیاتی مناطق روستایی و کشاورزی ایران شناخته شده‌اند و هنوز هم بخش عمده‌ای از تامین آب کشاورزی در استان‌هایی مانند یزد از طریق قنوات انجام می‌شود. از این‌رو، حفظ و نگهداری این سیستم‌های آبی سنتی، برای تداوم فعالیت‌های کشاورزی و توسعه پایدار روستایی ضروری است.

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های بین‌المللی و داخلی متعددی نیز در راستای بررسی بحران منابع آب، تأثیر تغییر اقلیم و ضرورت بهره‌برداری پایدار از منابع آبی در مناطق خشک مانند ایران، به‌ویژه در قالب بهره‌گیری از سیستم‌های سنتی مانند قنوات انجام شده است. این مطالعات، نه تنها بحران کمبود آب را مورد تحلیل قرار داده‌اند، بلکه راهکارهایی چون تلفیق دانش بومی با رویکردهای مدرن، سیاست‌گذاری کل‌نگر و تقویت مشارکت محلی را به‌عنوان مؤلفه‌های کلیدی در حکمرانی پایدار منابع آب پیشنهاد کرده‌اند. برای مثال، گلیسن و همکاران (Gleeson *et al.*, 2020) در مطالعه‌ای جهانی نشان دادند که ردپای آب زیرزمینی در بسیاری از مناطق جهان از ظرفیت پایدار منابع بیشتر شده و بر لزوم بازنگری در سیاست‌های بهره‌برداری تأکید کردند. آنان هشدار دادند که ادامه روند فعلی، منابع آب را در معرض فروپاشی قرار می‌دهد و باید از ابزارهای سیاست‌گذاری هماهنگ در سطح منطقه‌ای و جهانی استفاده کرد. همچنین مدنی و همکاران (Madani *et al.*, 2021) با بررسی بحران آب ایران، آن را نه‌تنها حاصل کم‌آبی اقلیمی، بلکه نتیجه مستقیم حکمرانی ضعیف، سیاست‌گذاری بخشی و نبود شفافیت و پاسخ‌گویی در نهادهای تصمیم‌ساز دانستند. آن‌ها تأکید دارند که مدیریت پایدار نیازمند هم‌افزایی نهادی، رویکردهای مشارکتی و اصلاح ساختار حکمرانی آب است. در زمینه مدیریت مشارکتی و محلی منابع آب، مطالعه قاسم و شولز (Qasem & Scholz, 2025) به‌طور خاص وضعیت منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA) را تحلیل کرده و بر این نکته تأکید دارد که تاب‌آوری اجتماعی در برابر بحران‌های آبی تنها از طریق مشارکت جوامع محلی، آموزش و درک صحیح از وضعیت منابع آبی قابل تحقق است. آن‌ها تأکید می‌کنند که ارتقاء آگاهی و استفاده از ظرفیت‌های اجتماعی نقش بسزایی در بهبود وضعیت مدیریت منابع آب ایفا می‌کند. از سوی دیگر، محتشمی و همکاران (Mohtashami *et al.*, 2025) در پژوهشی به احیای قنوات و نقش آن‌ها در احیای منابع زیرزمینی با استفاده از مدل‌سازی عددی پرداختند. این مطالعه یکی از نمونه‌های ارزشمند استفاده از فناوری در تلفیق دانش سنتی و علم روز است. آنان قنوات را به‌عنوان سامانه‌هایی با بهره‌وری بالا، کم‌هزینه و کم‌خطر برای محیط‌زیست معرفی کرده‌اند که قادر به حفظ تعادل منابع زیرزمینی هستند. این دیدگاه با یافته‌های عباس‌نژاد (Abbasnejad, 2017) هم‌راستا است که در پژوهش خود قنوات را نمونه‌ای موفق از مدیریت پایدار در مناطق خشک دانسته و بر ضرورت احیای آن‌ها در سیاست‌گذاری‌های ملی تأکید کرده‌اند. در مطالعه دیگری بوهیوی و لودی (Bouhioui & Loudyi, 2025) در یک مرور سیستماتیک، با تحلیل روندهای خشکسالی، بر ارتباط مستقیم تغییر اقلیم با تشدید بحران منابع آب تأکید کردند. آنان بازنگری در الگوهای کشت، حمایت از فناوری‌های بومی، و تقویت زیرساخت‌های نهادی را از جمله راهکارهای اولویت‌دار برای بهبود پایداری منابع آب معرفی کردند.

## تحلیل عوامل مؤثر بر مدیریت بهره‌برداری پایدار از قنوات در استان یزد

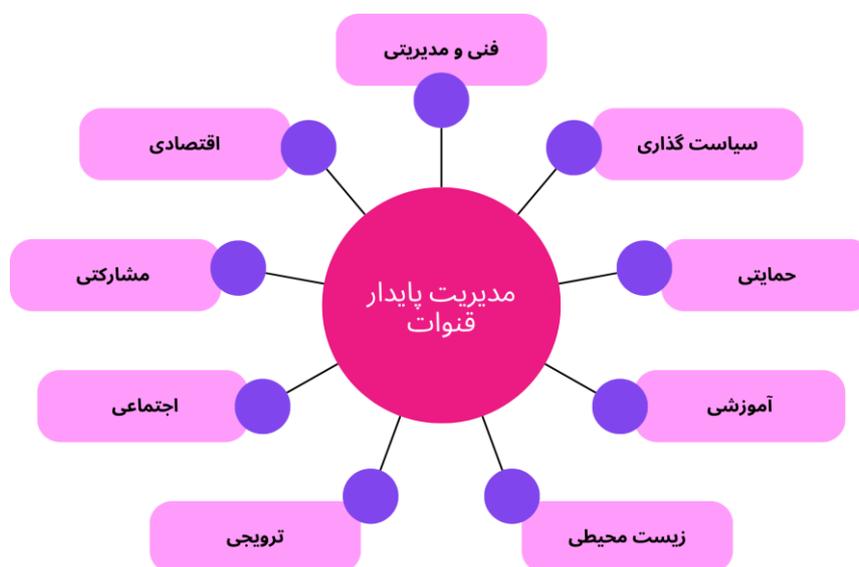
مرادی‌اندرزی و قنبری (۱۴۰۳) در مطالعه خود بیان می‌کنند که برای دستیابی به اجرای هرچه مؤثرتر مدیریت تقاضای آب، نیاز به استفاده توأمان ترکیبی از سازوکارهای سیاستی و هماهنگی و هم‌افزایی بین نهادهای دولتی، خصوصی و جوامع محلی است. صدقیان ترک‌نژاد و همکاران (۱۴۰۲) نشان دادند که کارآمدی قوانین آب و لزوم برخورداری از سیاست‌گذاری‌های کلان در حکمرانی منابع آب ایران تأثیر به‌سزایی در اصلاح نظام حکمرانی منابع آب ایران دارد. نصرآبادی (۱۳۹۴) شواهد زیست‌محیطی بحران آب در ایران و راهکارهای مدیریتی آن را مورد توجه قرار داد. وی نتیجه گرفت که علاوه بر پدیده‌های محیطی و طبیعی همچون خشکسالی‌ها، تغییر الگوهای اقلیمی، افزایش دما و تبخیر و تعرق، بحران آب ایران ریشه در رشد فزاینده و توزیع نامتعادل جمعیت، سوء مدیریت منابع آب، ناکارآمدی بخش کشاورزی، بخشی‌نگری مدیران، رشد لجام گسیخته شهرنشینی و نبود فرهنگ مناسب مصرف دارد.

صدیقی‌مقدم و همکاران (۱۴۰۰)، پاپلی‌یزدی و همکاران (۱۳۹۶)، عاقبت بخیر و همکاران (۱۳۹۳) و فتح‌اله‌زاده و منتصری (۱۳۹۳) در مطالعات خود بر بازنگری سیاست‌های مدیریت منابع آب در جهت توسعه تجارت آب مجازی بر مبنای مزیت نسبی و همکاری همه بخش‌ها تأکید می‌کنند و معتقدند که می‌توان با بهره‌گیری از الگوهای جدید در ارزیابی جایگاه کشور از نظر مزیت نسبی در تولید محصولات کشاورزی و تغییر در سیاست‌های واردات و صادرات مواد غذایی به صرفه‌جویی در مصرف آب در بخش پرمصرف کشاورزی همت گماشت. بیکی و خاشعی سیوکی (۱۳۹۷) بر لزوم توجه به بهره‌وری آب کشاورزی در نواحی خشک به عنوان یک راهکار در کاهش مصرف آب تأکید کرده و الگوی کشت محصولات کم‌آب را برای نواحی خشک توصیه می‌کنند، شیرزادی لسکوکلایه و هنرمند (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای سوء مدیریت و افزایش جمعیت را از عوامل اصلی بحران آب دانسته و بر راهکارهایی مانند کاهش جمعیت و جلوگیری از هجوم جمعیت به شهرها، قیمت‌گذاری مناسب آب، رعایت الگوی کشت تأکید می‌کنند. یازرلو و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای به بررسی نقش دانش جوامع محلی بر نگرش و رفتارهای بهره‌برداری مشارکتی از منابع آب تأکید داشتند. همچنین در راستای مدیریت پایدار منابع آب، افشانی و شیری محمدآباد (۱۳۹۹) به این نتیجه رسیدند که کشاورزان در حوزه آبی، کم سواد نیستند، بلکه قادر به درک شرایط موجود بوده و از آگاهی نسبتاً مناسبی نیز برخوردار هستند. همچنین در مورد ظرفیت‌های اجتماعی نیز، استفاده از پتانسیل روحانیون، کشاورزان باتجربه، استفاده از ظرفیت آموزش و پرورش، بهره‌گیری از ظرفیت هنرمندان و نهادهای غیردولتی را پیشنهاد می‌کنند. ملایی و همکاران (۱۴۰۰) نیز راهکارهای نهادی و تقویت زیرساخت‌ها را به‌عنوان اولویت اصلی در بهبود مدیریت پایدار منابع آب معرفی کرده‌اند.

استان یزد، با دارا بودن ۲۶۸۳ رشته قنات فعال و مجموع تخلیه سالیانه حدود ۱۷۰ میلیون متر مکعب آب، یکی از مهم‌ترین استان‌های ایران از لحاظ بهره‌برداری از قنوات است (صدیقی‌مقدم و همکاران، ۱۴۰۰). با این حال، میانگین آب‌دهی قنوات این استان در دهه‌های اخیر به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است؛ به‌طوری‌که در سال ۱۳۷۷ این میزان حدود ۴ لیتر در ثانیه بود، اما در سال‌های اخیر به ۲ لیتر در ثانیه کاهش یافته است. این کاهش ناشی از عوامل مختلفی نظیر تغییرات اقلیمی، برداشت بیش از حد از منابع زیرزمینی و سوءمدیریت منابع آبی است که در نهایت باعث خشکی و کاهش بهره‌وری قنوات شده است (استانداری یزد، ۱۳۹۸). قنات‌ها در استان یزد، به‌واسطه شرایط اقلیمی خاص این منطقه، نقشی حیاتی در تامین آب مورد نیاز روستاها ایفا می‌کنند؛ به‌گونه‌ای که تداوم حیات و سکونت در بسیاری از این مناطق مستقیماً به بقای قنوات وابسته است. از منظر تاریخی نیز، قنات‌ها در یزد جایگاهی ویژه دارند، چرا که نماد نظام‌های زیستی زیرزمینی و شیوه‌های هوشمندانه سازگاری با کم‌آبی در طول قرون گذشته بوده‌اند. مطالعات کارشناسی انجام‌شده در این استان نشان می‌دهد که قنوات، با برخورداری از ساختاری کم‌هزینه، پایدار و کم‌نیاز به نگهداری، یکی از مؤثرترین روش‌های بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به‌شمار می‌روند. برخی از این سازه‌ها قدمتی چندصدساله دارند و همچنان با بهره‌گیری از دانش بومی، آب مورد نیاز جوامع روستایی را تامین می‌کنند. در شرایط کنونی، با تشدید پدیده خشکسالی و بحران کمبود منابع آبی، احیای قنوات یزد نه‌تنها برای مصارف شرب، کشاورزی و دامپروری ضروری است، بلکه نقشی کلیدی در حفظ معیشت روستایی و تقویت پایداری اقتصادی این مناطق ایفا می‌کند (شنبدیان و موعلی، ۱۴۰۲).

مدیریت پایدار منابع آب به‌ویژه قنوات، به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین منابع تامین آب در مناطق روستایی، نقشی اساسی در توسعه کشاورزی و روستایی دارد. قنوات نه تنها منبعی مهم برای تامین آب کشاورزی و شرب در روستاها هستند، بلکه

به‌واسطه‌ی آن‌ها، پایداری اکوسیستم‌های روستایی و تداوم فعالیت‌های کشاورزی نیز تضمین می‌شود (دسترنج و همکاران، ۱۴۰۱). این سیستم سنتی آبیاری، که برای هزاران سال مورد استفاده بوده، با تغییرات اقلیمی و رشد جمعیت نیازمند مدیریت و بهره‌برداری بهینه است تا بتواند نقش خود را در تامین منابع آبی و حفظ معیشت روستاییان به‌درستی ایفا کند (Mohtashami *et al.*, 2024). بر اساس آمارها، خشکسالی‌های مداوم و کمبود منابع آبی باعث شده است که سالانه حدود ۲/۵ میلیارد دلار خسارت به بخش کشاورزی و دامداری کشور وارد شود که بخش عمده‌ای از این خسارت در مناطق روستایی و مرتبط با تولیدات کشاورزی است (سواری و همکاران، ۱۳۹۷). این مساله در استان یزد، که از نظر شرایط اقلیمی یکی از خشک‌ترین استان‌های کشور است، نمود بیشتری دارد. کاهش منابع آب، علاوه بر تأثیرات محیط‌زیستی و اقتصادی، باعث افزایش مهاجرت روستاییان به شهرها و در نتیجه تضعیف بخش کشاورزی و توسعه روستایی می‌شود. مدیریت صحیح و بهینه منابع آب، به‌ویژه در مورد قنوت، نه تنها به حفظ معیشت روستاییان و پایداری کشاورزی کمک می‌کند، بلکه نقش حیاتی در کاهش مهاجرت و توسعه پایدار روستاها دارد. با جمع‌بندی مطالعات صورت گرفته به‌طور کلی ۹ عامل اقتصادی، فنی و مدیریتی، سیاست‌گذاری، حمایتی، آموزشی، محیط‌زیستی، ترویجی، اجتماعی و مشارکتی به عنوان عوامل مؤثر بر مدیریت پایدار قنوت شناسایی شد (نگاره ۱). در این راستا، پژوهش حاضر به دنبال پاسخگویی به این پرسش است که این عوامل چه میزان بر مدیریت بهره‌برداری پایدار قنوت در استان یزد تأثیر می‌گذارند؟



نگاره ۱- چارچوب نظری پژوهش

## روش پژوهش

پژوهش حاضر با هدف تحلیل عوامل مؤثر بر مدیریت بهره‌برداری پایدار از قنوت در استان یزد طراحی و اجرا شده است. این مطالعه از منظر هدف، یک تحقیق کاربردی و نظری محسوب می‌شود، چرا که درصدد ارائه راهکارهای عملی برای مدیریت منابع آب و هم‌زمان توسعه دانش علمی در این حوزه است. از نظر ماهیت و روش‌شناسی، رویکرد توصیفی-تحلیلی برای این پژوهش در نظر گرفته شده است. در این رویکرد، ابتدا وضعیت موجود مدیریت قنوت در سطح استان به‌صورت توصیفی بررسی شده و در ادامه، روابط بین متغیرهای مؤثر با بهره‌گیری از روش‌های آماری تحلیلی مدل‌سازی شده است. همچنین این پژوهش از نظر پارادایم پژوهش، کمی است، به این معنا که داده‌ها به‌صورت عددی گردآوری، تحلیل و تفسیر شده‌اند. جامعه آماری این پژوهش شامل ۸۰۷۵۹ کشاورزان بهره‌بردار از قنوت استان یزد بود. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران (رابطه ۱) و انحراف معیار به‌دست آمده از پیش‌آزمون برای متغیر مدیریت بهره‌برداری پایدار (۳/۰۸) و با در نظر گرفتن میزان خطای قابل پذیرش (۹۵ درصد انحراف معیار)، ۲۶۵ نمونه برآورد گردید. به‌منظور برقراری شرط حداقل ۵ الی ۲۰ نمونه به

## تحلیل عوامل موثر بر مدیریت بهره‌برداری پایدار از قنوات در استان یزد

ازای هر پارامتر تخمینی در تحلیل عاملی تاییدی مبتنی بر معادلات ساختاری، حجم نمونه به ۲۸۰ مورد افزایش و در نهایت اطلاعات مورد نیاز از ۲۸۰ بهره‌بردار جمع‌آوری گردید.

$$n = \frac{N(t.s)^2}{Nd^2 + (t.s)^2} \Rightarrow n = \frac{80759 (1.96 \times 2.5)^2}{80759 (0.05)^2 + (1.96 \times 2.5)^2} \approx 265$$

رابطه ۱

در این پژوهش، نمونه‌گیری از جامعه بهره‌برداران به روش چند مرحله‌ای تصادفی انجام شد. در مرحله اول چهار شهرستان تفت، مهریز، اردکان و یزد در استان یزد که قسمت عمده قنوات این استان را پوشش می‌دهند؛ برای نمونه‌گیری انتخاب شدند. در مرحله بعد، بهره‌برداران چهار شهرستان انتخابی به صورت انتصاب متناسب بر اساس تعداد بهره‌برداران هر شهر انتخاب شدند (جدول ۱).

جدول ۱- معرفی حجم نمونه آماری پژوهش بر حسب شهرستان‌های مورد مطالعه

نام شهرستان	تعداد قنات فعال	تعداد بهره‌بردار فعال	درصد بهره‌بردار به کل	حجم نمونه	درصد از حجم نمونه
تفت	۱۴۶۶	۵۱۹۲۱	۶۴	۱۷۰	۶۱
مهریز	۴۲۵	۱۵۳۸۴	۱۹	۶۰	۲۱
اردکان	۱۹۰	۸۷۷۹	۱۱	۳۵	۱۳
یزد	۶۴	۴۶۷۵	۶	۱۵	۵
جمع کل	۲۱۴۵	۸۰۷۵۹	۱۰۰	۲۸۰	۱۰۰

ابزار اصلی گردآوری داده‌ها در این پژوهش، پرسشنامه محقق‌ساخته بوده است که در دو مرحله مورد ارزیابی روایی و پایایی قرار گرفت. روایی ظاهری و محتوایی پرسشنامه با استفاده از نظرات یک پنل از متخصصان متشکل از اساتید ترویج و آموزش کشاورزی دانشگاه‌های مختلف کشور و کارشناسان حوزه ترویج و آموزش کشاورزی، توسعه روستایی، منابع آب و آبیاری سازمان جهاد کشاورزی استان یزد مورد تایید قرار گرفت. برای ارزیابی پایایی پرسشنامه، از سه شاخص معتبر آماری آلفای کرونباخ، تتای ترتیبی و پایایی مرکب (Composite Reliability (CR)) بهره گرفته شد. نتایج حاصل از این شاخص‌ها نشان داد که ابزار پژوهش از پایایی قابل‌قبولی برخوردار است. همچنین روایی سازه‌ای پرسشنامه از طریق تحلیل عاملی تاییدی و با بهره‌گیری از شاخص میانگین واریانس استخراج‌شده (Average Variance Extracted (AVE)) مورد ارزیابی و تایید قرار گرفت.

در پژوهش حاضر، تحلیل داده‌های گردآوری‌شده در دو بخش توصیفی و استنباطی انجام شد. در بخش توصیفی، از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد و شاخص‌هایی مانند میانگین، انحراف معیار، توزیع فراوانی و درصد مورد بررسی قرار گرفت. در بخش تحلیل استنباطی و مدل‌سازی ساختاری، تحلیل عاملی تاییدی (Confirmatory Factor Analysis (CFA)) برای ارزیابی برازش مدل اندازه‌گیری متغیرهای پنهان به کار گرفته شد. برای این منظور، از نرم‌افزار LISREL نسخه ۸.۵ استفاده گردید.

### یافته‌ها و بحث

براساس نتایج پژوهش، ۸۴/۴ درصد از پاسخ‌گویان مرد و بقیه را زنان تشکیل می‌دادند. میانگین سن کشاورزان در این بررسی حدود ۴۶ سال بود. همچنین، بررسی سطح تحصیلات نشان داد که تنها ۲۰ درصد از کشاورزان دارای تحصیلات دانشگاهی هستند. سابقه کاری کشاورزان به‌طور میانگین ۲۵ سال است. یافته‌ها نشان می‌دهد که حدود ۹ درصد از کشاورزان کمتر از ۵ هکتار زمین آبی دارند، در حالی که ۵۸ درصد از آن‌ها زمین‌هایی بین ۱۰ تا ۵۰ هکتار دارند. علاوه بر این، یافته‌ها نشان داد که ۳/۶ درصد از کشاورزان به‌صورت معیشتی و ۲۰/۷ درصد به‌صورت تجاری فعالیت می‌کنند. این در حالی است که بیش از نیمی از کشاورزان از نظام بهره‌برداری مختلط استفاده می‌کنند. در زمینه مالکیت قنات‌ها، ۵/۷ درصد از پاسخ‌دهندگان قنات خصوصی، ۷/۵ درصد قنات‌های وقفی و ۸۶/۸ درصد از قنات‌های مشاع و اشتراکی بهره‌برداری می‌کنند (جدول ۲).

جدول ۲- توزیع فراوانی ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای کشاورزان در جامعه مورد مطالعه

متغیر	فراوانی (نفر)	درصد	درصد تجمعی	نما:
جنس	مرد	۲۴۲	۸۴/۴	نما: مرد
	زن	۳۸	۱۳/۶	
	مجموع	۲۸۰	۱۰۰/۰	
سن	$\leq 30$	۱۹	۶/۸	بیشینه: ۸۰
	۳۱-۴۵	۱۱۹	۴۲/۵	کمینه: ۲۰
	۴۶-۶۰	۱۰۵	۳۷/۵	میانگین: ۴۶/۶۵
	۶۱-۷۵	۳۷	۱۳/۲	انحراف معیار: ۱۱/۲۵
	مجموع	۲۸۰	۱۰۰	
سطح تحصیلات	بی‌سواد	۱۹	۶/۸	نما: دیپلم
	ابتدایی	۵۵	۱۹/۶	
	راهنمایی	۶۹	۲۴/۶	
	دیپلم	۷۶	۲۷/۱	
	فوق‌دیپلم	۳۹	۱۳/۹	
	لیسانس	۱۴	۵	
	ارشد و دکتری	۸	۲/۹	
مجموع	۲۸۰	۱۰۰		
سابقه کار کشاورزی	$\leq 10$	۲۹	۱۰/۴	بیشینه: ۵۸
	$11 \leq X \leq 20$	۷۶	۲۷/۱	کمینه: ۲
	$21 \leq X \leq 30$	۱۱۱	۳۹/۶	میانگین: ۲۴/۶۰
	$31 \leq$	۶۴	۲۲/۹	انحراف معیار: ۱۱/۳۷
	مجموع	۲۸۰	۱۰۰	
اراضی زراعی آبی	$\leq 5$	۲۶	۹/۳	بیشینه: ۲۰۰
	۵-۱۰	۷۵	۲۶/۸	کمینه: ۱
	۱۰-۵۰	۱۶۲	۵۷/۹	میانگین: ۱۳/۶۵
	$50 \leq$	۱۷	۶/۱	انحراف معیار: ۱۵/۲۵
	مجموع	۲۸۰	۱۰۰	
نوع نظام بهره‌برداری	معیشتی	۱۰	۳/۶	نما: مختلط
	تجاری	۵۸	۲۰/۷	
	مختلط	۲۱۲	۷۷/۷	
	مجموع	۲۸۰	۱۰۰	
نوع مالکیت قنات	خصوصی	۱۶	۵/۷	نما: اشتراکی
	وقفی	۲۱	۷/۵	
	اشتراکی	۲۴۳	۸۶/۸	
	مجموع	۲۸۰	۱۰۰	

در پژوهش حاضر با بررسی منابع و پیشینه پژوهش، ۹ عامل، حمایتی، محیط‌زیستی، سیاست‌گذاری، مشارکتی، اقتصادی، فنی و مدیریتی، آموزشی، ترویجی و اجتماعی به عنوان عوامل موثر بر مدیریت بهره‌برداری پایدار شناسایی شد. در ادامه برای تعیین اهمیت نسبی هر عامل و شناسایی اولویت‌ها، از شاخص ضریب تغییرات (Coefficient of Variation (CV)) استفاده شده است. ضریب تغییرات با تقسیم انحراف معیار بر میانگین محاسبه می‌شود و نمایانگر نوسان‌پذیری نسبی در پاسخ‌های داده‌شده به هر عامل است. در این روش، ضریب تغییرات کمتر، نشان‌دهنده ثبات بیشتر در ارزیابی پاسخ‌دهندگان و در نتیجه، اهمیت بالاتر آن عامل از دیدگاه پاسخگویان است. طبق نتایج گزارش شده در جدول ۳، عوامل حمایتی دارای پایین‌ترین

## تحلیل عوامل موثر بر مدیریت بهره‌برداری پایدار از قنوات در استان یزد

ضریب تغییرات بودند و در نتیجه، به‌عنوان اولویت نخست در مدیریت بهره‌برداری پایدار قنوات شناخته شدند. پس از آن، به‌ترتیب عوامل محیط‌زیستی، سیاست‌گذاری، مشارکتی، اقتصادی و غیره در رده‌های بعدی قرار گرفتند. این ترتیب نشان می‌دهد که از دید بهره‌برداران، وجود عوامل حمایتی، محیط‌زیستی و سیاست‌گذاری نقش اساسی‌تری نسبت به دیگر عوامل ایفا می‌کنند و باید در طراحی برنامه‌های احیای قنوات و مدیریت پایدار، تمرکز بیشتری بر آن‌ها باشد.

جدول ۳- اولویت بندی مولفه‌های موثر بر بهره‌برداری پایدار قنوات

اولویت	ضریب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	عوامل موثر بر مدیریت پایدار
۱	۰/۰۸	۰/۳۸	۴/۸۸	عوامل حمایتی
۲	۰/۱۵	۰/۶۶	۴/۴۴	عوامل محیط‌زیستی
۳	۰/۱۶	۰/۶۹	۴/۲۵	عوامل سیاست‌گذاری
۴	۰/۱۷	۰/۷۱	۴/۱۷	عوامل مشارکتی
۵	۰/۱۸	۰/۸۰	۴/۳۴	عوامل اقتصادی
۶	۰/۱۸	۰/۷۰	۳/۸۹	عوامل فنی و مدیریتی
۷	۰/۲۱	۰/۸۹	۴/۲۱	عوامل آموزشی
۸	۰/۲۲	۰/۹۱	۴/۱۳	عوامل ترویجی
۹	۰/۲۳	۰/۹	۳/۸۶	عوامل اجتماعی
	۰/۱۷۵	۰/۷۳	۴/۱۸	میانگین کل مدیریت پایدار

در این پژوهش برای تحلیل و تایید سازه‌های موثر بر مدیریت بهره‌برداری پایدار از رهیافت تحلیل عاملی تاییدی (CFA) نوع دوم استفاده شد. برای این منظور بار عاملی هر نشانگر بر روی هر سازه برآورد و با استفاده از مقدار  $t$  معنی‌داری آن مورد تحلیل قرار گرفت. همچنین برای هر سازه دو شاخص میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) و پایایی ترکیبی (CR) به ترتیب برای اندازه‌گیری روایی و پایایی سازه‌ها محاسبه شد. شاخص AVE نشان می‌دهد چه درصدی از واریانس سازه مورد مطالعه تحت تاثیر نشانگرهای آن سازه بوده است. از شاخص AVE برای سنجش روایی سازه استفاده می‌شود و از آن تحت عنوان روایی همگرا (Convergent Validity) نیز یاد می‌شود. محققان مقدار بالاتر از  $0/5$  را برای مناسب بودن این شاخص تعیین نموده‌اند (Fornell & Larcker, 1981). با توجه به شاخص میانگین واریانس استخراج شده، مقادیر بالاتر از  $0/5$  نشان از روایی مناسب سازه‌های مورد بررسی دارد. علاوه بر این از شاخص AVE به منظور بررسی روایی تشخیصی (Discriminant Validity) نیز استفاده می‌شود. به این صورت که در روایی تشخیصی بایستی ریشه دوم یا جذر شاخص AVE برای هر سازه بزرگتر از مقدار ضریب همبستگی آن سازه با سایر سازه‌ها باشد (Hair et al., 2021). سپس در این قسمت به منظور بررسی روایی سازه از دو شاخص روایی همگرا و روایی تشخیصی استفاده می‌شود که هر دو شاخص براساس AVE استوارند. برای تعیین پایایی سازه‌ها در این پژوهش از روش پایایی مرکب (CR) استفاده شد که ضرایب آن برای سازه‌هایی که مقدار CR آن‌ها بالاتر از مقدار  $0/7$  باشند، پایایی قابل قبولی را نشان می‌دهد و هر چه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد، پایایی آن بیشتر است. علاوه بر این، از شاخص آلفای کرونباخ ( $\alpha$ ) نیز به منظور بررسی پایایی سازه‌ها نیز بهره گرفته شده است. لذا شاخص‌های فوق به همراه بررسی معنی‌داری بارهای عاملی جهت تایید مناسب نشانگرهای سازه‌ها مورد استفاده قرار گرفتند (Fornell & Larcker, 1981; Hair et al., 2021).

### مدل تاییدی عوامل موثر بر مدیریت پایدار قنوات

در مدل اندازه‌گیری عوامل موثر بر مدیریت پایدار قنوات روابط بین صفت‌های مکنون و نشانگرها شایسته توجه است. در این مرحله به منظور ارزیابی نقش نشانگرهای مورد استفاده در تشکیل و شکل‌گیری متغیر مکنون مستقل یعنی عوامل موثر (متشکل از ۹ متغیر مکنون عوامل حمایتی، عوامل آموزشی، عوامل مشارکتی، ترویجی، محیط‌زیستی، اجتماعی، سیاست‌گذاری، اقتصادی و فنی و مدیریتی) از روش تحلیل عاملی مرتبه دوم (Ordered Factor Analysis) و با استفاده از مدل معادلات

ساختاری استفاده گردید. نتایج این تحلیل در جدول ۴ و نگاره ۲ آمده است. با توجه به نتایج مشخص می‌شود که تمامی نشانگرهای سازه‌ها دارای مقدار  $t$  بالاتر از  $1/96$  هستند. همچنین نتایج جدول مزبور نشان می‌دهد که برای تمامی سازه‌ها مقدار شاخص‌های AVE،  $\alpha$  و CR از مقدار مناسبی برخوردار است. این نتایج گویای این مطلب است که تمامی نشانگرهای انتخابی برای سنجش سازه‌ها از دقت لازم و کافی برخوردارند و روایی و پایایی آن‌ها نیز مورد تایید قرار می‌گیرد.

جدول ۴- بارهای عاملی نشانگرها و سازه عوامل موثر بر مدیریت بهره‌برداری پایدار قنوات

نام عوامل	نماد نشانگر در مدل	پارامتر برآورد شده	$t$	خطای استاندارد	$\alpha$	CR	AVE
حمایتی	SUP1	۰/۴۱	-	-	-	-	-
	SUP2	۰/۵۳	۶/۲۷	۰/۰۵۳	۰/۷۳۳	۰/۷۷۴	۰/۵۴۲
	SUP3	۰/۸۲	۷/۲۴	۰/۱۱۳	-	-	-
	SUP4	۰/۸۲	۷/۲۳	۰/۱۱۳	-	-	-
آموزشی	EDU1	۰/۷۰	-	-	-	-	-
	EDU2	۰/۷۱	۱۱/۴۸	۰/۰۶۲	۰/۷۳۱	۰/۸۰۳	۰/۵۷۸
	EDU3	۰/۸۶	۱۲/۳۲	۰/۰۷۰	-	-	-
مشارکتی	PAR1	۰/۷۲	-	-	-	-	-
	PAR2	۰/۶۵	۱۱/۵۳	۰/۰۵۶	۰/۷۷۱	۰/۸۳۳	۰/۵۰۳
	PAR3	۰/۶۰	۱۰/۵۹	۰/۰۵۷	-	-	-
	PAR4	۰/۶۰	۱۰/۵۹	۰/۰۵۷	-	-	-
	PAR5	۰/۸۶	۱۴/۹۴	۰/۰۵۷	-	-	-
ترویجی	EXT1	۰/۷۸	-	-	-	-	-
	EXT2	۰/۵۸	۱۰/۶۳	۰/۰۵۳	۰/۷۰۲	۰/۷۴۸	۰/۵۱۲
	EXT3	۰/۵۶	۱۰/۳۱	۰/۰۵۴	-	-	-
	EXT4	۰/۶۷	۱۲/۶۲	۰/۰۵۳	-	-	-
	EXT5	۰/۶۹	۱۲/۸۹	۰/۰۵۳	-	-	-
محیط‌بستی	ENV1	۰/۷۲	-	-	-	-	-
	ENV2	۰/۷۸	۱۴/۴۸	۰/۰۵۴	۰/۸۳۴	۰/۸۹۵	۰/۶۸۳
	ENV3	۰/۸۵	۱۵/۶۶	۰/۰۵۴	-	-	-
	ENV4	۰/۹۴	۱۶/۸۹	۰/۰۵۶	-	-	-
اجتماعی	SOC1	۰/۷۷	-	-	-	-	-
	SOC2	۰/۶۹	۱۳/۴۴	۰/۰۵۱	۰/۸۳۱	۰/۸۸۸	۰/۶۶۸
	SOC3	۰/۹۱	۱۸/۵۱	۰/۰۴۹	-	-	-
	SOC4	۰/۸۸	۱۷/۷۹	۰/۰۴۹	-	-	-
	SOC5	۰/۶۷	۱۲/۶۲	۰/۰۵۳	-	-	-
سیاست‌گذاری	POL1	۰/۸۵	۱۲/۳۲	۰/۰۷۰	۰/۷۷۸	۰/۸۳۹	۰/۷۲۳
	POL2	۰/۶۵	۱۱/۵۳	۰/۰۵۶	-	-	-
	POL3	۰/۹۱	۱۸/۵۱	۰/۰۴۹	-	-	-
	POL4	۰/۶۹	۱۳/۴۴	۰/۰۵۱	-	-	-
	POL5	۰/۶۵	۱۲/۶۲	۰/۰۵۳	-	-	-
اقتصادی	ECO1	۰/۷۵	-	-	-	-	-
	ECO2	۰/۸۸	۱۷/۴۳	۰/۰۵۰	۰/۷۹۶	۰/۸۷۳	۰/۶۹۸
	ECO3	۰/۸۷	۱۷/۱۵	۰/۰۵۰	-	-	-
	ECO4	۰/۵۶	۱۰/۳۱	۰/۰۵۴	-	-	-
	ECO5	۰/۶۷	۱۲/۶۲	۰/۰۵۳	-	-	-

## تحلیل عوامل مؤثر بر مدیریت بهره‌برداری پایدار از قنوات در استان یزد

ادامه جدول ۴

AVE	CR	α	خطای استاندارد	t	پارامتر برآورد شده	نماد نشانگر در مدل	نام عوامل
			-	-	۰/۸۵	TEC1	فنی و مدیریتی
			۰/۰۴۴	۱۹/۳۷	۰/۸۵	TEC2	
۰/۷۲۳	۰/۸۳۹	۰/۷۷۸	۰/۰۵۴	۱۰/۳۱	۰/۴۶	TEC3	
			۰/۰۵۵	۷/۹۷	۰/۴۴	TEC4	
			۰/۰۵۳	۱۰/۶۳	۰/۵۸	TEC5	
			۰/۰۵۴	۱۰/۳۱	۰/۵۶	TEC6	

علاوه بر این، مقایسه ریشه دوم AVE برای هر سازه با مقادیر ضریب همبستگی بین آن سازه با سایر سازه‌ها به منظور بررسی روایی تشخیصی در جدول ۵ نشان داد که ریشه دوم یا جذر AVE برای هر سازه بزرگتر از مقدار ضریب همبستگی آن سازه با سایر سازه‌ها است. این نتایج گویای این مطلب است که تمامی نشانگرهای انتخابی برای سنجش سازه‌ها از دقت لازم و کافی برخوردارند و روایی و پایایی آن‌ها نیز مورد تایید قرار می‌گیرد. بر این اساس مشخص می‌شود که نشانگرهای انتخابی با زیر بنای عاملی طرح پژوهش مناسبت لازم و کافی را دارند.

جدول ۵- مقایسه ریشه دوم میانگین واریانس استخراج شده (AVE) و مقادیر ضریب همبستگی به منظور بررسی روایی تشخیصی

۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
								۰/۶۴۵**	۱- عوامل حمایتی
							۰/۷۵۷**	۰/۴۶۳**	۲- عوامل آموزشی
						۰/۶۸۶**	۰/۴۸۳**	۰/۴۸۳**	۳- عوامل مشارکتی
					۰/۶۵۶**	۰/۴۸۳**	۰/۸۰۸**	۰/۳۷۲**	۴- عوامل ترویجی
				۰/۸۲۵**	۰/۶۹۴**	۰/۰۵۰	۰/۵۸۹**	۰/۲۸۲**	۵- عوامل محیط‌زیستی
			۰/۷۸۴**	۰/۴۷۹**	۰/۵۸۰**	۰/۶۵۶**	۰/۶۰۰**	۰/۳۹۸**	۶- عوامل اجتماعی
		۰/۷۵۰**	۰/۷۶۶**	۰/۶۱۴**	۰/۷۸۲**	۰/۶۴۳**	۰/۶۷۷**	۰/۴۵۹**	۷- سیاستگذاری
	۰/۷۴۶**	۰/۵۴۹**	۰/۳۲۹**	۰/۲۳۷**	۰/۶۰۳**	۰/۶۷۶**	۰/۴۳۴**	۰/۵۱۷**	۸- اقتصادی
۰/۶۲۳**	۰/۴۸۹**	۰/۶۰۵**	۰/۳۹۵**	۰/۴۳۵**	۰/۶۷۶**	۰/۴۳۸**	۰/۴۸۰**	۰/۱۶۷**	۹- فنی و مدیریتی

\* ریشه دوم یا جذر میانگین واریانس استخراج شده (AVE) برای هر سازه

در ادامه برای تعیین سهم هر یک از سازه‌های نه‌گانه در شکل‌گیری سازه نهایی (عامل مرتبه دوم) تحت عنوان عوامل مؤثر بر مدیریت بهره‌برداری پایدار از قنوات، از ضریب گاما (γ) در چارچوب مدل معادلات ساختاری استفاده شد. این ضرایب نشان می‌دهند که هر یک از سازه‌های مرتبه اول تا چه میزان در شکل‌گیری مفهوم کلی مدیریت پایدار قنوات نقش دارند. نتایج در جدول ۶ نشان می‌دهد که تمامی سازه‌ها رابطه معنی‌داری با سازه مرتبه دوم دارند، چرا که مقدار t برای همه آن‌ها بیش از ۱/۹۶ است، که این امر نشان‌دهنده معناداری آماری آن‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد ( $p < 0.01$ ) است. بر اساس یافته‌ها می‌توان بیان کرد که:

- عامل اقتصادی با ضریب گامای ۰/۹۹ و مقدار t برابر ۱۵/۹۳ بالاترین نقش و اثر را در تبیین سازه نهایی ایفا می‌کند. این یافته نشان می‌دهد که ملاحظات اقتصادی نظیر سودآوری، هزینه‌های نگهداری قنات، درآمد حاصل از بهره‌برداری و صرفه‌جویی در مصرف آب، نقش محوری در مدیریت پایدار قنوات دارند. در واقع، بدون تامین پایداری اقتصادی، سایر مداخلات کمتر اثربخش خواهند بود.

- عامل فنی و مدیریتی نیز با ضریب ۰/۹۶ و مقدار t برابر با ۱۸/۰۳ به‌عنوان دومین عامل مؤثر شناسایی شد. این شاخص بیانگر اهمیت عوامل فنی مانند نگهداری منظم، استفاده از روش‌های نوین مرمت و تعمیر و همچنین مدیریت بهینه بهره‌برداری از قنات‌ها است. این عامل در عین حال، بالاترین مقدار t را در میان تمامی سازه‌ها به خود اختصاص داده است که بیانگر اطمینان بالا در برآورد آماری آن است.

- عوامل سیاست‌گذاری (۰/۹۲)، آموزشی (۰/۹۰)، حمایتی (۰/۸۹) و محیط‌زیستی (۰/۸۹) به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. این سازه‌ها نشان می‌دهند که شکل‌گیری سیاست‌های هدفمند و حمایت‌های دولتی، در کنار ارتقای دانش و آگاهی بهره‌برداران، سهم عمده‌ای در پایداری این ساختار سنتی و حیاتی ایفا می‌کند. همچنین، حفظ شرایط محیط‌زیستی حوضه‌های قنات، مانند جلوگیری از آلودگی و کاهش تخریب‌های محیط‌زیستی، از دیگر مؤلفه‌های اثرگذار شناخته شده‌اند.

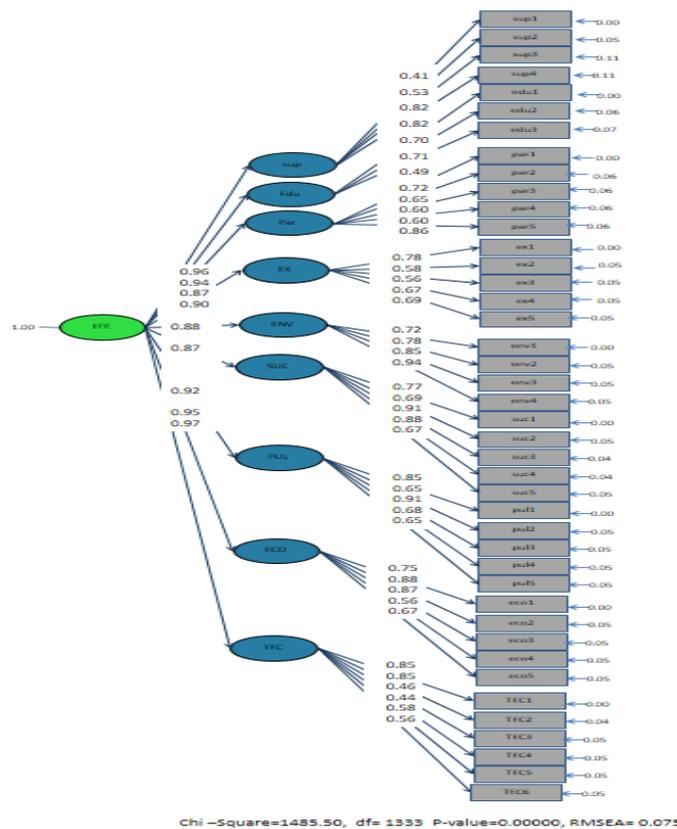
- عوامل ترویجی (۰/۷۹) با وجود دارا بودن اثر نسبتاً کمتر، همچنان نقش مؤثری در زمینه اطلاع‌رسانی، انتقال تجربه‌های موفق و تشویق بهره‌برداران برای بهره‌گیری از روش‌های بهینه دارند.

- در رتبه‌های آخر، عوامل اجتماعی (۰/۶۰) و عوامل مشارکتی (۰/۵۶) قرار گرفته‌اند. این نتیجه ممکن است حاکی از آن باشد که مشارکت اجتماعی و انسجام محلی در مدیریت قنات در استان یزد، هنوز به سطح مطلوب نرسیده یا تأثیر مستقیم آن‌ها نسبت به عوامل اقتصادی و مدیریتی کمتر است. با این حال، از آنجا که ضرایب t مربوط به این عوامل نیز بالاتر از ۱/۹۶ است، اثر آن‌ها در مدل همچنان معنادار تلقی می‌شود و می‌تواند از طریق سیاست‌های توانمندسازی اجتماعی تقویت شود.

جدول ۶- رتبه بندی اثر سازه‌های مرتبه اول در تشکیل سازه مرتبه دوم بر اساس بار عاملی

رتبه	سازه مرتبه اول بر سازه مرتبه دوم	$\gamma$	t	Sig
۱	اقتصادی	۰/۹۹	۱۵/۹۳	۰/۰۱
۲	فنی و مدیریتی	۰/۹۶	۱۸/۰۳	۰/۰۱
۳	سیاست‌گذاری	۰/۹۲	۱۳/۷۴	۰/۰۱
۴	عوامل حمایتی	۰/۸۹	۱۴/۸۷	۰/۰۱
۵	عوامل آموزشی	۰/۹۰	۱۴/۹۵	۰/۰۱
۶	محیط‌زیستی	۰/۸۹	۱۴/۷۲	۰/۰۱
۷	ترویجی	۰/۷۹	۱۲/۶۲	۰/۰۱
۸	اجتماعی	۰/۶۰	۶/۳۱	۰/۰۱
۹	عوامل مشارکتی	۰/۵۶	۸/۵۹	۰/۰۱

نگاره ۲ مدل اندازه‌گیری تایید شده برای تحلیل عوامل مؤثر بر مدیریت پایدار بهره‌برداری از قنات در استان یزد را نمایش می‌دهد. بارهای عاملی (Factor Loadings) نمایش داده شده در خطوط بین سازه‌ها و گویه‌های مربوطه، بیانگر میزان همبستگی هر گویه با سازه اصلی خود است. مقدارهای بیشتر از ۰/۵ معمولاً نشان‌دهنده بار عاملی قابل قبول هستند. در این مدل، اکثریت گویه‌ها دارای بار عاملی بالای ۰/۶ هستند که نشان از همگرایی مناسب گویه‌ها با سازه خود دارد.



نگاره ۲- مدل اندازه‌گیری برازش یافته بخش عوامل موثر بر مدیریت پایدار بهره‌برداری از قنوات

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تامین و بهره‌برداری از آب یکی از بحران‌های اصلی قرن حاضر در سراسر کره زمین است که آسیب‌ها و تهدیدات جدی برای مردم جهان ایجاد کرده است (علیئی و همکاران، ۱۳۹۷). به دلیل چند بعدی بودن مساله آب عوامل متعددی همچون عوامل طبیعی (تغییرات اقلیمی) و یا عوامل انسانی (عدم مدیریت عرضه و تقاضای آب میان بهره‌برداران مختلف جهت شرب، صنعت و کشاورزی) در تضاد ناشی از بحران آب نقش اساسی داشته‌اند که این امر حاکی از پیچیده بودن این موضوع می‌باشد (اسلامیان و اخروی، ۱۳۹۴؛ علیئی و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به اهمیت موضوع مدیریت منابع آب، به خصوص در بخش مرکزی کشور و سابقه تاریخی قنوات در تامین آب شرب و کشاورزی در گستره وسیعی از سرزمین ایران این پژوهش به دنبال بررسی عوامل موثر بر مدیریت پایدار بهره‌برداری از قنوات در استان یزد بود. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که ۹ عامل به‌طور مستقیم بر مدیریت بهره‌برداری پایدار از منابع آب قنوات در استان یزد تأثیرگذار هستند. این عوامل شامل عوامل اقتصادی، فنی، مدیریتی، محیط‌زیستی، اجتماعی، مشارکتی، سیاست‌گذاری، آموزشی و ترویجی می‌باشند. با توجه به اهمیت و سهم این عوامل در مدیریت پایدار قنوات، مشخص شد که عوامل اقتصادی، فنی و مدیریتی و سیاست‌گذاری بیشترین تأثیر را دارند.

یافته‌ها نشان داد که عامل اقتصادی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل، تأثیر بسزایی در مدیریت پایدار قنوات دارد. در بسیاری از موارد، ناکارآمدی اقتصادی بهره‌برداری از منابع آب سنتی مانند قنوات، عامل اصلی در زوال و ترک آن‌ها توسط کشاورزان بوده است. نبود صرفه اقتصادی، بازدهی پایین محصولات کشاورزی، هزینه‌های بالای احیا و نگهداری قنوات و نبود نظام‌های مالی حمایتی مؤثر، موجب شده‌اند که انگیزه‌ای برای حفظ این منابع پایدار وجود نداشته باشد. گلیسن و همکاران (Gleeson et al., 2020) هشدار می‌دهند که پایداری اقتصادی و انگیزه مالی، پیش‌شرط‌های ضروری برای موفقیت سیاست‌های حفاظت منابع آب هستند و بدون آن، حتی بهترین چارچوب‌های فنی و نهادی نیز به شکست می‌انجامند. همچنین مدنی و همکاران

(Madani *et al.*, 2021) بر این نکته تأکید دارند که در ایران، توسعه بی‌رویه کشاورزی بدون تحلیل هزینه-فایده و یارانه‌های ناعادلانه منجر به تخریب منابع آب شده است. ایجاد فرصت‌های اقتصادی جایگزین و ارزش‌آفرینی برای محصولات قناتی، می‌تواند انگیزه حفظ و سرمایه‌گذاری مجدد در قنوت را افزایش دهد و مسیر بهره‌برداری پایدار را هموار سازد. در همین راستا محتشمی و همکاران (Mohtashami *et al.*, 2025) بیان می‌کنند که احیای فیزیکی قنوت می‌تواند موجب بهبود عملکرد و تقویت جنبه‌های اقتصادی مدیریت آن‌ها شود. در این راستا باید با ایجاد زنجیره ارزش محصولات قنات‌محور (مانند پسته قناتی، زعفران، یا صنایع دستی وابسته)، انگیزه اقتصادی بهره‌برداران در جهت حفظ قنوت افزایش یابد.

مطابق یافته‌ها عامل فنی و مدیریتی نیز نقش کلیدی در بهره‌برداری پایدار از قنوت ایفا می‌کند، زیرا پایداری این سامانه‌های آبی سنتی وابسته به نگهداری منظم، مدیریت دقیق جریان آب و هماهنگی بهره‌برداران در استفاده عادلانه و کارآمد از منابع محدود آب است. این عامل، شامل مواردی چون کیفیت تعمیر و مرمت قنوت، وجود نیروی متخصص بومی (مانند میراب‌ها و مقنی‌ها)، مکانیزم‌های سنتی مدیریت آب (نوبت‌دهی، تقسیم‌بندی سهم آب) و نیز ظرفیت نهادهای محلی برای نظارت و هماهنگی میان ذی‌نفعان است. ضعف در این زمینه می‌تواند منجر به افت آبدهی، انسداد مسیر قنات، فرسایش بدنه و در نهایت ترک بهره‌برداری از آن شود. این یافته با مطالعه افشاری و همکاران (۱۳۹۹)، محتشمی و همکاران (Mohtashami *et al.*, 2024) و آبادی و همکاران (Abadi *et al.*, 2023) همسو بود. جایی که آن‌ها نشان دادند استمرار عملکرد قنوت عمدتاً مرهون ساختارهای سنتی مدیریتی دقیق و فنی بودن نحوه نگهداری آن‌هاست؛ عواملی که در بسیاری از مناطق ایران به دلیل مهاجرت نیروهای ماهر یا کاهش مشارکت اجتماعی، در حال زوال‌اند. از منظر مدیریتی نیز، نبود الگوهای مدون بهره‌برداری، فقدان اسناد بهره‌برداری مشترک و نبود نظام‌های تشویقی برای مدیریت مشارکتی از مهم‌ترین ضعف‌های موجود در ایران است. این وضعیت باعث شده است در برخی مناطق، استفاده غیرمنصفانه یا غیرعلمی از آب قنات‌ها، منجر به تنش‌های اجتماعی و زوال سامانه شود. گلیسن و همکاران (Gleeson *et al.*, 2020) نیز تأکید دارند که هرگونه نظام بهره‌برداری پایدار از منابع زیرزمینی، ساختارهای مدیریتی محلی و فنی نقش مکمل و ضروری دارند. به طور کلی می‌توان گفت که عامل فنی و مدیریتی، اگرچه گاهی نادیده گرفته می‌شود، اما زیربنای پایداری عملکرد فیزیکی قنوت است. بدون مدیریت دقیق جریان آب، دانش بومی برای مرمت و سازوکارهای سنتی برای توزیع، حتی منابع پرآب قنوت نیز به سرعت کارایی خود را از دست می‌دهند. بنابراین، احیای قنوت بدون احیای نظام مدیریت بومی آن، یک اقدام ناقص خواهد بود.

عامل سیاست‌گذاری به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم و ساختاری در مدیریت پایدار بهره‌برداری از قنوت، نقشی بنیادین در جهت‌دهی، ساماندهی و تنظیم روابط نهادی، حقوقی و اجرایی بهره‌برداران ایفا می‌کند. سیاست‌گذاری مؤثر، فراتر از وضع قوانین است، بلکه شامل تدوین راهبردهای جامع، هماهنگ‌سازی بین‌بخشی، ایجاد بسترهای قانونی شفاف، و فراهم‌سازی سازوکارهای نظارتی و اجرایی می‌شود که بر مبنای مشارکت ذی‌نفعان و شرایط اقلیمی منطقه طراحی شده باشد. در پژوهش حاضر، عامل سیاست‌گذاری به‌لحاظ تأثیرگذاری بر بهره‌برداری پایدار قنوت در جایگاه سوم قرار گرفت، اما نقش آن از منظر سیستماتیک بسیار کلیدی است. یافته‌ها نشان می‌دهد که نبود سیاست‌های یکپارچه در حوزه منابع آب، تضاد قوانین بین دستگاه‌های اجرایی، و نبود چشم‌انداز ملی برای مدیریت سامانه‌های سنتی آبی، از جمله دلایل ناکارآمدی فعلی در نگهداری و بهره‌برداری از قنوت هستند. این وضعیت با نتایج مطالعات جهانی نیز هم‌راستا است. به‌عنوان مثال، قاسم و شولز (Qasem & Scholz, 2025) در بررسی انتقادی ساختارهای حکمرانی منابع آب در منطقه خاورمیانه، نشان می‌دهند که اغلب کشورها فاقد سیاست‌گذاری هماهنگ و منعطف متناسب با چالش‌های اقلیمی هستند. آن‌ها تأکید می‌کنند که تمرکز صرف بر سیاست‌های عرضه‌محور و نادیده گرفتن حکمرانی تقاضا، موجب تشدید ناپایداری منابع آب شده است. همچنین مدنی و همکاران (Madani *et al.*, 2021) در تحلیل بحران آب ایران، بیان می‌کنند که ریشه اصلی بحران نه در کمبود فیزیکی آب بلکه در سیاست‌های ناسازگار، بخشی‌نگری و عدم شفافیت تصمیم‌گیری است. این پژوهشگران بر لزوم اصلاح قوانین، ایجاد ساختارهای مشارکتی بین‌بخشی، و شفاف‌سازی مسئولیت‌ها در سطوح مختلف تأکید دارند. از سوی دیگر، فقدان نهاد رگولاتور مستقل آب یا سازمانی که به‌صورت خاص به "قنوت" اختصاص داشته باشد، موجب شده بسیاری از سیاست‌های توسعه و بودجه‌ریزی کلان در کشور، متوجه این منابع بومی و ارزشمند نباشند. در حالی که قنوت می‌تواند در قالب قوانین توسعه پایدار، به‌عنوان زیرساخت‌های سبز (Green Infrastructure) شناخته شوند و از مزایای قانونی ویژه مانند معافیت‌های مالیاتی، بیمه‌های منابع

## تحلیل عوامل مؤثر بر مدیریت بهره‌برداری پایدار از قنوت در استان یزد

زیستی، یا تسهیلات حفاظت محیط‌زیست بهره‌مند گردند. در همین راستا باید بیان نمود که عامل سیاست‌گذاری به‌عنوان زیرساخت حکمرانی پایدار، نقشی کلیدی در جهت‌دهی به سایر عوامل مانند مشارکت مردمی، سرمایه‌گذاری اقتصادی و حفظ فنی قنوت ایفا می‌کند. بدون طراحی ساختارهای سیاستی هدفمند، شفاف و منطبق با بافت فرهنگی و اقلیمی منطقه، سایر تلاش‌ها در سطح اجرایی بی‌اثر خواهد ماند. در همین راستا پیشنهاد می‌شود "نهاد ملی حکمرانی قنوت" با ساختاری بین‌بخشی، مستقل و پاسخ‌گو در استان‌های دارای منابع قناتی تشکیل شود. همچنین لازم است کلیه سیاست‌های بهره‌برداری از منابع آب کشور بازنگری شده و "حقوق قنات" به‌صورت رسمی در قوانین منابع آب لحاظ گردد. باتوجه به اثرگذاری معنی‌دار سایر عوامل بر مدیریت پایدار قنوت پیشنهادات کاربردی زیر ارائه می‌گردد:

- پیشنهاد می‌شود شوراهای بهره‌برداران قنوت به‌عنوان نهادهای رسمی محلی به رسمیت شناخته شده و در تدوین سیاست‌ها دخالت داده شوند. همچنین تربیت نسل جدید "پیشکاران قنات" به‌عنوان متولیان فنی و اجتماعی در دستور کار قرار گیرد.
- پیشنهاد می‌شود برنامه‌های ترویجی و آموزشی در زمینه قنوت با استفاده از هنرمندان محلی، قصه‌گویی، فیلم‌های مستند و مشارکت نخبگان بومی انجام شود. همچنین می‌توان مسابقات محلی احیای قنات با مشارکت روستاییان برگزار کرد.
- طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های هوشمند پایش سطح آب قنوت و منابع زیرزمینی، بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای برای پایش خشکسالی، و تعیین "حریم حفاظت" برای قنوت پیشنهاد می‌شود. همچنین باید سیستم‌های برداشت چاه‌ها در مجاورت قنوت به‌طور جدی محدود یا کنترل شوند.

به‌طور کلی، این پژوهش تایید می‌کند که مدیریت بهره‌برداری پایدار از قنوت در استان یزد به عواملی وابسته است که نیازمند توجه ویژه و یکپارچه در سطوح اقتصادی، فنی و مدیریتی هستند. اهمیت این عوامل نشان می‌دهد که برای دستیابی به پایداری در بهره‌برداری از قنوت، ترکیبی از سیاست‌های حمایتی، آموزشی و ترویجی به همراه فناوری‌های نوین و مدیریت صحیح باید به کار گرفته شود. توجه به این عوامل کلیدی می‌تواند به حفظ و بهره‌برداری پایدار از منابع آبی قنوت در آینده کمک کند و توسعه کشاورزی و روستایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور را تضمین نماید.

### منابع

- استاندارداری یزد. (۱۳۹۸). استاندارد یزد. قابل دسترسی در آدرس اینترنتی: <<https://ostanyazd.ir>>
- اسلامیان، س.، و اخروی، س. (۱۳۹۴)، نگاه کمی به پدیده تغییر اقلیم و راهکارهای سازش با آن. *مجله علمی-ترویجی سامانه‌های سطوح آبرگیر باران*، دوره ۳، شماره ۳، صص ۲۶-۱۵.
- افشاری، س.، قلی‌زاده، ح.، رضائی، ر. ا.، و شعبانعلی فمی، ح. (۱۳۹۵). عوامل تأثیرگذار بر به کارگیری اقدامات مرتبط با مدیریت پایدار منابع آب در بین کشاورزان شهرستان کمیجان، استان مرکزی. *فصلنامه علوم محیطی*، دوره ۱۴، شماره ۳، صص ۷۳-۸۸.
- افشانی، س. ع.، و شیری محمدآباد، ح. (۱۳۹۹). ارزیابی ذی‌نفعان و مطلعین کلیدی استان یزد از راهکارهای عملیاتی بهره‌برداری از ظرفیت‌های اجتماعی در راستای مدیریت پایدار منابع آب. *توسعه محلی روستایی-شهری (توسعه روستایی)*، دوره ۱۲، شماره ۱، صص ۳۳۱-۳۰۵. <https://doi.org/10.22059/jrd.2021.312355.668594>
- بیکی، ع.، و خاشعی سیوکی، ع. (۱۳۹۷). بررسی هیدرواستاتیکی حجم آبخوان و پیش بینی وضعیت آبی (مطالعه موردی: آبخوان بیرجند). همایش ملی راهبردهای مدیریت منابع آب و چالش‌های زیست محیطی، ساری، ۵ آبان.
- پاپلی‌یزدی، م.، جمعه پور، م.، و مهدی‌زاده اردکانی، م. (۱۳۹۶). بررسی پیامدهای اجتماعی بحران کمبود منابع آب در مناطق کویری (مطالعه موردی شهرستان اردکان). *فصلنامه علوم/اجتماعی*. دوره ۲۴، شماره ۷۷، صص ۱۳۶-۹۹.
- دسترنج، ع.، و رجائی، ح. (۱۴۰۱). بررسی عوامل مؤثر بر آب‌دهی قنات به‌عنوان روشی برای استحصال پایدار آب از منابع آب زیرزمینی. *سامانه‌های سطوح آبرگیر باران*، دوره ۱۰، شماره ۴، صص ۶۶-۵۷. <https://doi.org/20.1001.1.24235970.1401.10.4.5.0>
- سواری، م.، فمی، ح.، ایروانی، ه.، و اسدی، ع. (۱۳۹۷). تدوین راهبردهای پایداری معیشت کشاورزان کوچک مقیاس و آموزش مسیر راهبردهای معمول از گذرگاه پایداری و آسیب‌پذیری در شرایط خشکسالی. *فصلنامه علمی آموزش*

- محیط زیست و توسعه پایدار. دوره ۶، شماره ۳، صص ۱۵۶-۱۳۷. <https://doi.org/20.1001.1.23223057.1397.6.3.10.0>
- شنیدیان، م.، و موغلی، م. (۱۴۰۱). اولویت بندی عوامل مؤثر در بهسازی قنوات قدیمی با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: شهر سیراف استان بوشهر). *اکوسیستم‌های طبیعی ایران*. دوره ۱۴، شماره ۲، صص ۳۸-۱۶.
- شیرزادی لسکوکلایه، س.، و هنرمند، م. (۱۳۹۷). بررسی نقاط قوت و ضعف و ارایه راهکار جهت بهبود مدیریت بهینه منابع آب کشاورزی با تأکید بر توسعه پایدار کشاورزی. اولین همایش بین‌المللی و سومین همایش ملی مدیریت پایدار منابع خاک و محیط زیست، کرمان، ۱۳ شهریور.
- صدقیان ترک‌نژاد، ن.، خانمحمدی، ه.، و اصلی‌پور، ح. (۱۴۰۲). تحلیل عوامل مؤثر بر حکمرانی آب در ایران. *فصلنامه خط‌مشی‌گذاری عمومی در مدیریت*، دوره ۱۴، شماره ۵۰، صص ۲۲-۱.
- صدیقی‌مقدم، م. (۱۳۹۹). طراحی الگوی مدیریت بهره‌برداری پایدار آب از قنوات استان یزد. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه تخصصی اقتصاد و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- صدیقی‌مقدم، م.، حسینی، س. م.، و حسینی، س. ف. (۱۴۰۰). شناسایی راهکارهای مدیریت بهره‌برداری پایدار آب از قنوات در استان یزد، *ایران. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*. دوره ۵۲، شماره ۴، صص ۸۳۷-۸۴۹. <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2021.320087.669019>
- عاقبت بخیر، ک.، نستوه، ا.، و شاقوزایی، م. (۱۳۹۳). آب مجازی، ضرورت تغییر نگرش در مدیریت منابع آب. همایش ملی راهکارهای پیش روی بحران آب در ایران و خاورمیانه، شیراز، ۱ اسفند.
- علیئی، ع.، رستمی، س.، و کرمی، س. (۱۳۹۷). بحران کم‌آبی و مخاطرات اجتماعی آن در ایران؛ نقد و راهکارها، *ماهنامه پژوهش ملل*، دوره ۳، شماره ۲۹، صص ۷۴-۶۳.
- فتح‌اله‌زاده، ع.، و منتصری، م. (۱۳۹۳). ارائه راهکاری برای جلوگیری از بحران آب، آب مجازی و کالری محصولات: مطالعه موردی دشت ارومیه. همایش ملی راهکارهای پیش روی بحران آب در ایران و خاورمیانه، شیراز، ۱ اسفند.
- مرادی‌اندرزی، پ.، و قنبری، ف. (۱۴۰۳). یادداشت تحلیلی مدیریت تقاضای آب: مفاهیم، سیاست‌های اجرایی و چارچوب پیاده‌سازی. *فصلنامه آب و توسعه پایدار*، دوره ۱۱، شماره ۲، صص ۱۱۵-۱۰۶.
- ملایی، ف.، حسینی، س. م.، حجازی، س. ی.، و پیش‌بین، س. ا. (۱۴۰۰). شناسایی راهکارهای سازگاری کشاورزان با تغییر اقلیم برای بهره‌برداری پایدار از منابع آب بخش کشاورزی در خراسان جنوبی. *علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران*، شماره ۱۷ (ویژه‌نامه)، صص ۱۱۷-۱۰۵. <https://doi.org/20.1001.1.20081758.1400.17.0.8.2>
- نصرآبادی، ا. (۱۳۹۴). شواهد زیست‌محیطی بحران آب ایران و برخی راه‌حل‌ها. *فصلنامه راهبرد اجتماعی فرهنگی*. دوره ۴، شماره ۱۵، صص ۵۹-۶۵.
- یازرلو، ب.، شهیدی، ع.، و فرزانه، م. ر. (۱۴۰۱). بررسی نقش دانش جوامع محلی بر نگرش و رفتارهای بهره‌برداری مشارکتی از منابع آب. *محیط زیست و توسعه فرابخشی*. دوره ۷، شماره ۷۸، صص ۳۷-۲۴.

- Abadi, B., Sadeghfam, S., Ehsanitar, A., and Nadiri, A. A. (2023). Investigating socio-economic and hydrological sustainability of ancient Qanat water systems in arid regions of central Iran. *Groundwater for Sustainable Development*, 23, <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100988>
- Abbasnejad, A. (2017). Qanat: A resource or a hazard? Rebuttal to qanat is not a hazard. *Environmental Earth Sciences*, 76(5), 2014. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6526-8>
- Bouhioi, Z., and Loudyi, D. (2025). Drought trends and challenges in the MENA region: A systematic review. *Natural Hazards Research*, in Press. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2025.02.006>
- Chartzoulakis, K., and Bertaki, M. (2015). Sustainable water management in agriculture under climate change. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 88-98. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.011>
- Fornell, C., and Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M. F., and van Beek, L. P. (2020). Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature*, 488(7410), 197-200. <https://doi.org/10.1038/nature11295>

- Gohari, A., Eslamian, S., Abedi-Koupai, J., Massah Bavani, A., Wang, D., and Madani, K. (2021). Climate change impacts on crop production in Iran's Zayandeh-Rud River Basin. *Science of The Total Environment*, 804, 150212. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150212>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., and Anderson, R. E. (2021). *Multivariate Data Analysis*. India: Cengage India.
- Jamshidi, O., Asadi, A., Kalantari, K., Azadi, H., and Scheffran, J. (2019). Vulnerability to climate change of smallholder farmers in the Hamadan province, Iran. *Climate Risk Management*, 23, 146-159. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.06.002>
- Jamshidi, O., Asadi, A., Kalantari, K., Movahhed Moghaddam, S., Dadrass Javan, F., Azadi, H., ... and Witlox, F. (2020). Adaptive capacity of smallholder farmers toward climate change: evidence from Hamadan province in Iran. *Climate and Development*, 12(10), 923-933. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1710097>
- Madani, K., AghaKouchak, A., and Mirchi, A. (2021). Iran's socio-economic drought: Challenges of a water-bankrupt nation. *Iranian Studies*, 54(1), 23-44. <https://doi.org/10.1080/00210862.2020.1795312>
- Marques, A. C., Veras, C. E., and Rodriguez, D. A. (2022). Assessment of water policies contributions for sustainable water resources management under climate change scenarios. *Journal of Hydrology*, 608, 127690. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127690>
- Mohtashami, A., Al-Ghafri, A., and Akbarpour, A. (2025). Qanats' assistance in reviving groundwater resources using numerical groundwater model. *Paddy and Water Environment*, 1. <https://doi.org/10.1007/s10333-025-01026-7>
- Mohtashami, A., Al-Ghafri, A., and Al-Abri, Z. (2024). Quality Prediction of Sustainable Groundwater Resources, a Falaj in Oman. *Water Conservation Science and Engineering*, 9(2), 81. <https://doi.org/10.1007/s41101-024-00316-1>
- Nikolaou, G., Neocleous, D., Christou, A., Kitta, E., and Katsoulas, N. (2020). Implementing sustainable irrigation in water-scarce regions under the impact of climate change. *Agronomy*, 10(8), 1120. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081120>
- Qasem, R. H. M., and Scholz, M. (2025). Climate change impact on resources in the MENA region: a systematic and critical review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2025.103936>
- Shiferaw, B. A., Reddy, V. R., and Sharma, B. (2024). Groundwater governance under climate change in India: lessons based on evaluation of World Bank interventions. *International Journal of Water Resources Development*, 40(3), 401-424. <https://doi.org/10.1080/07900627.2023.2207694>
- Taghavi-Jeloudar, M., Han, M., Davoudi, M., and Kim, M. (2013). Review of ancient wisdom of Qanat, and suggestions for future water management. *Environmental Engineering Research*, 18(2), 57-63. <https://doi.org/10.4491/eer.2013.18.2.057>
- Zarafshani, K., Sharafi, L., Azadi, H., and Van Passel, S. (2016). Vulnerability assessment models to drought: toward a conceptual framework. *Sustainability*, 8(6), 588. <https://doi.org/10.3390/su8060588>