Rahpooye Memari-o Shahrsazi
(Quarterly Journal of Architecture and Urbanism)
Vol. 5, No. 20, Winter 2027

Design and Development of a Risk Management Model for the Sustainable Conservation of the Qasabeh Qanat of Gonabad World Heritage Site[1]

Mehdi Pirhayati[2], Behnaz Safar Ali Najar[3], Amir Tayyebi[4], Hossein Raie[5]

Received: 2026-04-19, Accepted: 2026-07-24
DOI: 10.22034/RAU.2026.2086888.1316

Extended Abstract

The Qasabeh Qanat of Gonabad, recognized as one of the most remarkable examples of ancient hydraulic engineering and inscribed on the UNESCO World Heritage List, represents a unique socio-hydrological heritage system that has functioned continuously for centuries in the arid landscapes of northeastern Iran. As one of the oldest and deepest qanat systems in the world, it demonstrates an extraordinary human capacity to adapt to harsh environmental conditions through sustainable water management practices. The Qasabeh Qanat is considered a "living heritage system," whose survival depends not only on the preservation of its physical structure but also on the continuity of traditional knowledge, effective governance mechanisms, and the ecological balance of the aquifer that sustains it. However, in recent decades, this historic infrastructure has faced increasingly complex and interconnected challenges resulting from environmental change, socio-economic transformation, and evolving management structures. Climate change, prolonged droughts, unsustainable groundwater extraction, demographic shifts, and weakening traditional maintenance systems have collectively intensified pressures on the qanat's integrity and functionality. Despite its global significance, there remains a critical lack of a comprehensive and systematic risk management framework tailored specifically to socio-hydrological heritage systems such as qanats. Addressing this gap, the present study develops an integrated risk management framework for the

1. This article is derived from a research project entitled 'Defining a theoretical framework for the risk management plan for Iranian Qanats inscribed on the World Heritage List' at the Gundi Shapur Research Institute, affiliated with Jundi-Shapur University of Technology of Dezful.

2. Jundi-Shapur Research Institute, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran (Corresponding Author). Email: m.pirhayati@jsu.ac.ir 0000-0003-2547-4635
3. Jundi-Shapur Research Institute, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran. Email: behnaz.najar@jsu.ac.ir 0000-0002-3820-336X
4. Jundi-Shapur Research Institute, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran. Email: a_tayyebi@jsu.ac.ir 0000-0003-3530-2909
5. Jundi-Shapur Research Institute, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran. Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. Email: hoseinraie@iust.ac.ir 0000-0002-1914-793X

Qasabeh Qanat of Gonabad aimed at identifying, classifying, and prioritizing the major risks threatening its Outstanding Universal Value (OUV) while proposing a structured and time-bound strategy for its long-term conservation and sustainable management.

This study is applied in terms of its objective and descriptive-analytical in its methodological approach. The research adopts a hybrid methodological framework grounded in the principles of the ISO 31000 international standard for risk management. This framework provides a systematic and continuous process for identifying, assessing, mitigating, and monitoring risks. The study began by establishing the contextual framework, which included defining the internal and external conditions affecting the qanat system, identifying relevant stakeholders, and clarifying management objectives related to heritage conservation and water resource sustainability. Following this stage, a systematic risk identification process was conducted using the Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT) analytical framework. This qualitative analysis drew upon historical management records, previous conservation initiatives, technical reports, and extensive field studies. The SWOT analysis enabled the identification of a wide spectrum of internal factors—including structural conditions of the underground tunnels, traditional maintenance practices, governance arrangements, and socio-cultural dynamics—as well as external pressures such as environmental hazards, economic constraints, and policy challenges. Through this rigorous process, a comprehensive inventory of potential risks was developed, encompassing both endogenous vulnerabilities (e.g., an aging demographic of skilled traditional workers, fragmented land ownership, insufficient financial resources) and exogenous drivers (e.g., climate change, groundwater depletion, urban expansion, and agricultural intensification).

To move beyond qualitative identification and establish a robust, quantitative basis for decision-making, the study employed the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate and prioritize the identified risks and corresponding management strategies. Empirical data was gathered through the judgments of a specialized panel consisting of 15 experts representing multiple disciplinary backgrounds, including cultural heritage conservation, risk management, hydrogeology, water engineering, and local governance. To synthesize and aggregate the individual judgments of the expert panel, the geometric mean method was utilized. The analysis was conducted using Expert Choice 11 software, yielding a Consistency Ratio (CR) of less than 0.1 across all pairwise comparison matrices, validating the reliability and coherence of the expert judgments.

The decision hierarchy was structured into four main criteria categories: managerial and institutional challenges (MC1), technical and physical challenges (MC2), socio-economic and cultural challenges (MC3), and environmental and external threats (MC4). The AHP evaluation revealed a distinct hierarchy among the identified risks, highlighting the overwhelming predominance of environmental and external pressures. Environmental and external threats emerged as the most critical category (weight: 0.410), empirically demonstrating that the most significant threats to the qanat's sustainability originate from macro-level

processes largely beyond the immediate control of site managers. Within this dominant category, climate change and prolonged drought conditions were identified as the single most critical risk factor across the entire system (weight: 0.519). This specific risk functions as a fundamental driver that intrinsically intensifies cascading vulnerabilities within the heritage system, leading to measurable reductions in water discharge levels.

The second most influential category consisted of managerial and institutional challenges (weight: 0.301), underscoring the importance of resilient governance structures. Within this category, insufficient and unstable funding for conservation activities emerged as the most significant sub-criterion (weight: 0.484), indicating that without reliable financial resources, systematic maintenance and protective infrastructure investments become structurally impossible. Technical and physical challenges ranked third (weight: 0.171), encompassing structural degradation and potential physical damage, with sediment accumulation identified as the most critical technical issue (weight: 0.402) due to its direct impact on hydrodynamic efficiency. Finally, socio-economic and cultural challenges ranked fourth (weight: 0.118). Despite its lower relative weight, this remains an essential qualitative dimension. The erosion of indigenous knowledge and traditional maintenance skills due to an aging workforce emerged as the most prominent risk here (weight: 0.431). The systemic analysis suggests that technical and socio-cultural challenges function primarily as intermediary risks catalyzed by broader environmental and managerial pressures; for example, drought-induced water reduction lowers economic motivation for maintenance, which subsequently accelerates sediment accumulation and the abandonment of traditional practices.

To validate these findings, a rigorous sensitivity analysis was performed to test the stability and robustness of the prioritization results. The sensitivity analysis confirmed that the structural ranking remained stable across various weighted scenarios. Specifically, the analysis demonstrated that even dynamic variations in the weight assigned to the environmental criterion maintained the overarching necessity of the proposed risk treatment strategies, thereby highlighting the dominant and pervasive influence of environmental conditions on the socio-hydrological system. The moderate changes simulated in the weights of other criteria produced relatively negligible impacts on the final strategic prioritization. This quantitative confirmation reinforces the definitive conclusion that external environmental processes—particularly climate-induced water scarcity—represent the critical drivers shaping the future trajectory of the Qasabeh Qanat.

Based on the synthesis of these findings, the study developed and proposed a comprehensive, time-bound risk treatment plan meticulously aligned with the continuous improvement cycle of the ISO 31000 standard. The proposed strategic response is structured across three distinct temporal horizons: short-term (within two years), medium-term (within five years), and long-term (within ten years), formalized within an executive matrix that specifies responsible institutions, implementation priorities, and precise monitoring indicators. Short-term measures focus primarily on immediate preventive actions and the establish-

طراحی و تبیین الگوی مدیریت ریسک جهت حفاظت پایدار از میراث جهانی قنات قصبهٔ گناباد[۱]

مهدی پیرحیاتی[۲]، بهناز صفر علی نجار[۳]، امیر طیبی[۴]، حسین راعی[۵]

تاریخ دریافت: ۳۰-۰۱-۱۴۰۵، تاریخ پذیرش: ۰۱-۰۵-۱۴۰۵

DOI: 10.22034/rau.2026.2086888.1316

چکیده

قنات قصبهٔ گناباد به عنوان اثر ثبت‌شده در فهرست میراث جهانی یونسکو، در سال‌های اخیر با مجموعه‌ای از مخاطرات محیطی، مدیریتی، اجتماعی و فنی مواجه بوده که پایداری و تداوم عملکرد آن را تهدید می‌کنند. هدف پژوهش حاضر، شناسایی ریسک‌های مؤثر بر این میراث آبی و تدوین چارچوبی برای مدیریت ریسک در راستای حفاظت پایدار آن است. در این مطالعه کاربردی و توصیفی-تحلیلی، ابتدا عوامل داخلی و خارجی مؤثر بر مدیریت قنات از طریق SWOT شناسایی و دسته‌بندی شدند. سپس با بهره‌گیری از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، معیارها، زیرمعیارها و راهکارهای مدیریتی اولویت‌بندی گردیدند. داده‌های پژوهش از طریق بررسی اسناد، مطالعات میدانی و نظرات گروه پازده‌نفره از خبرگان حوزه‌های میراث فرهنگی، مدیریت ریسک، منابع آب و قنات گردآوری شد. برای تجمیع قضاوت‌های خبرگان از میانگین هندسی استفاده شد و ماتریس‌های مقایسات زوجی دارای نسبت سازگاری کمتر از ۰/۱ بودند. یافته‌ها نشان داد که چالش‌های محیطی و بیرونی (نظیر خشکسالی، افت آب‌های زیرزمینی و فشارهای توسعه‌ای) بالاترین اولویت را در تهدید پایداری قنات دارند. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نیز پایداری رتبه‌بندی و استحکام نتایج مدل تصمیم‌گیری را در سناریوهای مختلف وزنی تأیید می‌کند. بر اساس نتایج، مجموعه‌ای از اقدامات کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت در قالب یک ماتریس اجرایی شامل نهادهای مسئول، اولویت اجرا و شاخص‌های پایش پیشنهاد شد. پژوهش حاضر نشان می‌دهد که تلفیق استاندارد با روش SWOT-AHP می‌تواند چارچوبی کارآمد برای مدیریت ریسک و حفاظت پایدار میراث آبی تاریخی فراهم آورد و به عنوان الگویی قابل‌تعمیم برای سایر سامانه‌های قناتی و میراث آبی مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: میراث جهانی، میراث آبی، قنات قصبهٔ گناباد، مدیریت ریسک، ISO 31000، SWOT-AHP

---

۱. این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با عنوان «تبیین چارچوب نظری پلان مدیریت ریسک قنات‌های ایرانی ثبت شده در فهرست میراث جهانی» در مرکز پژوهشی جندی‌شاپور متعلق به دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول است.

۲. مرکز پژوهشی جندی‌شاپور، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول، ایران (نویسندهٔ مسئول).
0000-0003-2547-4635 Email: m.pirhayati@jsu.ac.ir

۳. مرکز پژوهشی جندی‌شاپور، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول، ایران.
0000-0002-3820-336X Email: Behnaz.najar@jsu.ac.ir

۴. مرکز پژوهشی جندی‌شاپور، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول، ایران.
0000-0003-3530-2909 Email: A_tayyebi@jsu.ac.ir

۵. مرکز پژوهشی جندی‌شاپور، دانشگاه صنعتی جندی‌شاپور دزفول، ایران.
دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.
0000-0002-1914-793X Email: hoseinraie@iust.ac.ir

۱. مقدمه

مدیریت و حفاظت از میراث فرهنگی، به‌ویژه در برابر پیامدهای تغییرات اقلیمی و بلایای طبیعی، به یکی از ارکان مهم توسعه پایدار تبدیل شده است (Guzman, 2025; UNESCO, 2023). بسیاری از سایت‌های میراث جهانی در محیط‌های طبیعی پیچیده‌ای قرار دارند که آنها را به‌شدت در معرض فرسایش آبی و مخاطرات محیطی قرار می‌دهد (Wang et al., 2025; Wei et al., 2024). وقوع سیلاب‌های ویرانگر در دهه‌های اخیر در مناطقی نظیر بالکان (۲۰۱۴)، پاکستان (۲۰۱۰) و هند (۲۰۱۳) نشان‌دهنده الگویی نگران‌کننده از افزایش شدت بلایا و تهدیدات علیه سازه‌های تاریخی است. باوجود افزایش توجه پژوهشگران به مدیریت پایدار میراث و بهبود تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیمی (Casarotto et al., 2025; Durrant et al., 2023; Bosher et al., 2019; Brimblecombe, 2014)، همچنان بسیاری از آثار تاریخی متحمل خسارات جبران‌ناپذیری می‌شوند که این امر نیاز فوری به راهبردهای مؤثر مدیریت ریسک را برجسته می‌سازد (Li, 2024). مطالعات مدیریت ریسک در سایت‌های میراث جهانی همچنان محدود بوده و عمدتاً بر خطراتی تک‌بعدی (مانند سیل) یا پیامدهای تغییرات اقلیمی متمرکز است (Arrighi, 2021; Carmichael et al., 2023; Guzman et al., 2020). درنتیجه، جای خالی پژوهش‌های نظام‌مندی که بتوانند هم‌زمان آثار مخرب بلایا را تحلیل کرده و وضعیت فعلی برنامه‌های مدیریت ریسک را ارزیابی کنند، احساس می‌شود.

در سطح منطقه‌ای و در کشورهایی با شرایط اقلیمی خشک مانند ایران، تأمین آب همواره چالشی حیاتی بوده و زمینه‌ساز شکل‌گیری دانش، نبوغ و فرهنگ بومی منحصربه‌فردی شده است (Attarian and Safar Ali Najar, 2022). بارزترین نمود این نبوغ، سیستم «قنات» است (Esmaeili et al., 2022). قنات‌ها، علاوه بر نقش حیاتی در تأمین آب، به مثابهٔ بخشی از میراث مهندسی و فرهنگی، نیازمند رویکردی چندبعدی برای پایش، مستندنگاری و حفاظت از حریم خود هستند (مالیان و همکاران، ۱۳۹۶؛ شیخی و پازکی، ۱۴۰۰؛ فداکارداورانی، ۱۳۸۸). این سیستم با استفاده از نیروی گرانش، آب‌های زیرزمینی را از مناطق مرتفع به اراضی پایین‌دست هدایت می‌کند (Naeimiasl et al., 2025). قنات‌ها تنها یک سیستم مهندسی برای انتقال آب نیستند، بلکه نمادی برجسته از میراث ناملموس فرهنگی و همزیستی پایدار انسان با طبیعت خشک به شمار می‌روند (Boumaiza et al., 2022؛ مختارنیا و همکاران، ۱۴۰۱). تا سال ۲۰۱۴، بالغبر ۳۷٬۰۰۰ رشته قنات فعال در ایران وجود داشته است که طولانی‌ترین و عمیق‌ترین آنها در استان یزد و شهر گناباد قرار دارند (Yousefian et al., 2025; Mousazadeh et al., 2023). ثبت جهانی قنات قصبهٔ گناباد (عمیق‌ترین قنات جهان) و نقش بی‌بدیل آن در توسعه شهری و روستایی، ضرورت حفاظت نظام‌مند و حمایت‌های قانونی از آن را دوچندان کرده است (حسینی و جهان‌دیده، ۱۳۹۵). باوجوداین اهمیت بی‌بدیل، قنات‌ها امروزه با تهدیدات و ریسک‌های متعددی ازجمله آلودگی ناشی از پساب‌های صنعتی، کشاورزی و فاضلاب انسانی مواجه‌اند (Mohtashami et al., 2025). اگرچه پژوهش‌های اولیه عمدتاً بر جنبه‌های مهندسی این سازه‌ها متمرکز بود، اما امروزه پژوهشگران به‌طور فزاینده‌ای به اهمیت فرهنگی و اجتماعی قنات‌ها در برنامه‌ریزی و مدیریت ریسک توجه می‌کنند (Ghasemi et al., 2013; Harandi et al., 2014). حفاظت از این سیستم‌های اجتماعی-هیدرولوژیک و کاهش آسیب‌پذیری آنها، مستلزم استقرار مدیریت ریسک یکپارچه و ادغام آن در طرح‌های آمایش سرزمین است. از منظر مدیریت یکپارچه ریسک، اقدامات موضعی به‌تنهایی پاسخگوی تهدیدات بیرونی نیستند. ازاین‌رو، تثبیت جایگاه قنوات در اسناد بالادستی و طرح‌های جامع منطقه‌ای و توسعه شهری، یک ضرورت غیرقابل‌انکار است؛ رویکردی که نه‌تنها حریم کیفی و کمی این منابع را در برابر ساخت‌وسازها و حفر چاه‌های عمیق مصون می‌دارد، بلکه قنوات را به عنوان یکی از ارکان اصلیِ تأمین پایدار آب در منطقه به رسمیت می‌شناسد. براین‌اساس، پژوهش حاضر با هدف شناسایی ریسک‌های تهدیدکننده این میراث آبی و ارائه یک چارچوب پیشنهادی (و مبتنی بر شرایط بومی) برای مدیریت ریسک تدوین شده است تا گامی اولیه در راستای حفاظت پایدار از آن برداشته شود. در راستای تحقق این هدف، پژوهش حاضر به دنبال یافتن پاسخ برای پرسش‌های زیر است:

۱. ریسک‌های مؤثر بر پایداری و حفاظت قنات قصبهٔ گناباد چیست و اولویت‌بندی این ریسک‌ها چگونه قابل تبیین است؟

۲. چارچوب مدیریت ریسک مبتنی بر ISO 31000 چگونه می‌تواند از طریق تلفیق روش‌های SWOT و AHP در راستای حفاظت پایدار قنات قصبهٔ گناباد توسعه یابد؟

ادبیات نوین مدیریت میراث فرهنگی، گذار از حفاظت ایستا به مدیریت پویای ریسک را برای تقابل با عدم قطعیت‌های

DOI: 10.22034/rau.2026.2086888.1316

محیطی ضروری می‌داند (ICCROM, 2016). در همین راستا، این پژوهش برای تصمیم‌گیری آگاهانه در حفاظت از قنات، چارچوبی مبتنی بر استاندارد **ISO 31000** (۲۰۱۸) پیشنهاد می‌دهد. در این مدل، از تکنیک SWOT برای شناسایی ریسک‌ها و از مدل AHP برای کمّی‌سازی و اولویت‌بندی آنها استفاده شده است. این رویکرد ترکیبی، ضمن غلبه بر محدودیت فقدان داده‌های کمّی (نظیر سری‌های زمانی)، مدلی کاربردی برای سیاست‌گذاری جامع در سیستم‌های میراثی زنده فراهم می‌آورد.

۲. روش تحقیق

چارچوب مدیریت ریسک در این پژوهش بر پایه استاندارد ISO 31000 استوار است؛ این استاندارد با ارائه یک فرایند سیستماتیک شامل تعیین بستر، شناسایی، تحلیل، ارزیابی و برخورد با ریسک، نظم‌ساختاری‌ویکپارچگی لازم‌رابرای‌مدیریت‌سیستم‌های‌پیچیده میراثی فراهم می‌کند. در کنار این استاندارد، از SWOT به عنوان یک ابزار راهبردی جهت صورت‌بندی دقیق نقاط قوت و ضعف (عوامل درون‌زا) و فرصت‌ها و تهدیدها (عوامل برون‌زا) استفاده شده است. ترکیب این دو چارچوب نظری برای قنات به عنوان یک سیستم اجتماعی-هیدرولوژیک، بستری فراهم می‌آورد تا شناسایی کیفی و بومیِ ریسک‌ها به صورت منطقی به تصمیم‌گیری‌های کمّی متصل گردد. بااین‌حال، ازآنجاکه SWOT به‌تنهایی قادر به اولویت‌بندی دقیق ریسک‌ها و سنجش شدت نسبی آنها نیست و بیشتر در سطح شناسایی و طبقه‌بندی باقی می‌ماند، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر قضاوت خبرگان به چارچوب پژوهش افزوده شده است تا معیارهای کیفی استخراج‌شده را به وزن‌های نسبی قابل‌مقایسه تبدیل نماید. از منظر نظری، این روش به‌ویژه برای مطالعاتی مناسب است که در آنها داده‌های کمّی بلندمدت یا دقیق (نظیر داده‌های پیوسته دبی آب، فرونشست زمین یا شاخص‌های هیدروژئولوژیک) به‌طورکامل در دسترس نیست، اما دانش تخصصی و تجربه انباشته خبرگان نقش کلیدی در فهم ریسک‌ها ایفا می‌کند. در این پژوهش در راستای پیاده‌سازی این چارچوب ترکیبی از یک رویکرد پایین به بالا و مبتنی بر دانش بومی استفاده شده است. جامعه آماری و هسته اصلی تصمیم‌گیری پژوهش را یک گروه خبرگان پانزده‌نفره تشکیل می‌دهد. جمع‌آوری داده‌های اولیه از طریق بازدیدهای میدانی مستمر، بررسی اسناد تاریخی و مصاحبه‌های عمیق نیمه‌ساختاریافته با این حافظان سنتی قنات صورت گرفته است. در گام بعد، از طریق کدگذاری باز و محوریِ این تجربیات بومی، مقوله‌های اصلی ریسک استخراج شده و به منظور شناسایی دقیق، در قالب ماتریس SWOT دسته‌بندی گردیده‌اند. این رویکرد تضمین می‌کند که ساختار چهارسطحی ریسک‌ها کاملاً منطبق بر واقعیات میدانی باشد. درنهایت، بر اساس نظرات گروه خبرگان، مقایسات زوجی (با مقیاس نُه‌درجه‌ای) انجام‌پذیرفته و داده‌ها صرفاً جهت محاسبه وزن‌ها و ارزیابی شاخص سازگاری منطقی در مدل AHP مورد تحلیل قرارگرفته‌اند تا اولویت‌بندی نهایی ریسک‌ها و برنامه‌های درمان استخراج شود.

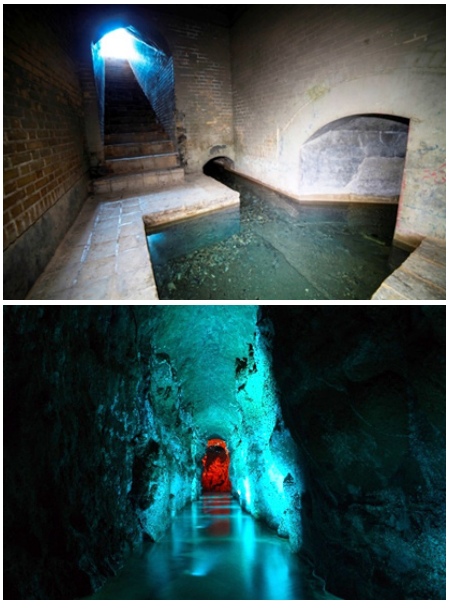
۳. بررسی محدوده پژوهش: قنات قصبهٔ گناباد

قنات قصبهٔ گناباد به عنوان یکی از برجسته‌ترین نظام‌های تاریخی مدیریت آب در ایران، نمونه‌ای قابل‌توجه از انطباق جوامع انسانی با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. این میراث گران‌بها با طولی در حدود ۳۳ کیلومتر، شامل دو شاخهٔ اصلیِ قصبه و دولاب بوده و درمجموع ۴۷۲ حلقه چاه را در بر می‌گیرد (شکل‌های ۱ و ۲). مقیاس اجرایی این قنات، از حیث عمق حفاری، حجم خاک‌برداری و دقت در تنظیم شیب و امتداد زیرزمینی، حاکی از پیچیدگی فنی و مهندسی آن در بستر دانش بومی ایران است. افزون بر این، تداوم کارکرد و جایگاه آن در نظام بهره‌برداری از منابع آب، بر اهمیت تاریخی و عملکردی این اثر می‌افزاید. درنتیجه، قنات قصبهٔ گناباد در ۱۵ ژوئیه ۲۰۱۶ در نشست کمیته میراث جهانی در استانبول، به عنوان بخشی از میراث جهانی یونسکو ثبت شد (گزارش پایگاه میراث جهانی قنات ایرانی، ۱۴۰۱) (جدول ۱).

در راستای صیانت از این قنات، نشست‌های تخصصی و هم‌اندیشی متعددی در دفتر پایگاه قنات‌های ایران با حضور طیف گسترده‌ای از ذی‌نفعان ازجمله مدیران محلی و ستادی، اعضای هیئت راهبردی سایت‌های میراثی، کارشناسان،

جدول ۱. موقعیت قنات قصبهٔ گناباد.

تصویر	مختصات	موقعیت	قنات
	X: ۵۸٫۶۸۳۹۱ Y: ۳۴٫۳۳۲۳۵	استان خراسان جنوبی	قنات قصبهٔ گناباد



شکل‌های ۱ و ۲. تصاویری از کوره‌های قنات قصبهٔ گناباد.



شکل ۳. ورودی‌های شمارهٔ ۱ و ۲ قنات قصبهٔ گناباد.



شکل‌های ۴ و ۵. ورودی شمارهٔ ۱ و ۲ قنات قصبهٔ گناباد.

دانشگاهیان و نمایندگان نهادهای مرتبط، برگزار شد تا چالش‌های موجود بررسی و راهکارهای عملیاتی تدوین گردد. برآیند این بررسی‌ها نشان می‌دهد که با توجه به اهمیت راهبردی این میراث تاریخی، مستندسازی و تعیین دقیق حرایم قنات باید به عنوان یک ضرورت قطعی در اسناد بالادستی نظیر طرح‌های آمایش سرزمین و برنامه‌های جامع منطقه‌ای لحاظ شود تا جایگاه حفاظتی آن در کلان‌روندهای توسعه تثبیت گردد. افزون بر این، تضمین حفاظت پایدار از این سامانه‌های تاریخی، عمیقاً نیازمند نهادینه‌سازی در تمامی سطوح آموزشی جامعه است.

۴. تحلیل و ارزیابی: طرح پیشنهادی مدیریت یکپارچه ریسک

در این بخش، یافته‌های حاصل از فرایند شناسایی، صورت‌بندی و ارزیابی ریسک‌ها در قالب یک طرح پیشنهادی برای مدیریت یکپارچه ریسک قنات قصبه ارائه می‌شود. بدین‌منظور، ابتدا عوامل درون‌زا و برون‌زای مؤثر بر آسیب‌پذیری این میراث در قالب ماتریس SWOT تحلیل شده، سپس معیارها و زیرمعیارهای اصلی ریسک بر اساس داده‌های میدانی و نظرات خبرگان سازماندهی و ارزیابی می‌گردند. درنهایت، با اتکا به نتایج اولویت‌بندی، مجموعه‌ای از راهکارهای مدیریتی، حفاظتی و اجرایی برای ارتقای تاب‌آوری و پایداری این سیستم میراثی پیشنهاد می‌شود.

۴. ۱. شناسایی ریسک‌ها از طریق SWOT

در گام نخستِ تحلیل، ماتریس SWOT به منظور شناسایی ساختاریافته ریسک‌ها و تبیین عوامل درون‌زا و برون‌زای مؤثر بر سیستم میراثی قنات قصبه به کار گرفته شده است. تحلیل حاضر، چشم‌انداز راهبردی جامعی از عوامل درون‌زا و برون‌زای مؤثر بر سیستم قنات ارائه می‌دهد. مؤلفه‌ها و گویه‌های ساختاریافته در این ماتریس، دستاورد کاربست رویکرد کیفی و رهیافت نظریه داده‌بنیاد است؛ به‌نحوی‌که تمامی عوامل از طریق مصاحبه‌های عمیق با یک گروه تخصصی پانزده‌نفره، مشاهدات مستمر میدانی و اجرای فرایند سیستماتیک کدگذاری داده‌ها استخراج و تدوین شده‌اند. خروجی این مرحله، بستر نظری و عملیاتی لازم را جهت تدوین راهبردهای اثربخش مدیریتی و حفاظتی فراهم می‌آورد (جدول ۲).

تجزیه‌وتحلیل عوامل بیانگر آن است که مؤلفه‌های در این ماتریس از ماهیتی تعاملی و هم‌افزا برخوردارند؛ براین‌اساس،

DOI: 10.22034/rau.2026.2086888.1316

جدول ۲. تحلیل **SWOT** قنات قصبه.

نقاط قوت	میراث عملکردی	این قنات صرفاً یک یادگار تاریخی نیست؛ بلکه یک سیستم مدیریت آب فعال است که نقش مهمی در کشاورزی محلی و توسعه پایدار ایفا می‌کند.
	مهندسی سنتی پیشرفته	این قنات نمایانگر یک نوآوری فنی باستانی و پیچیده برای انتقال آب در محیط‌های خشک است و معیارهای یونسکو را برآورده می‌کند.
	تنوع و مقیاس	این میراث شامل مناطق جغرافیایی مختلف بوده و انواع سازه‌های معماری و تطبیق‌های گوناگون را به نمایش می‌گذارد.
	نظام مدیریت سنتی تثبیت‌شده	یک نظام سلسله‌مراتبی از مدیران سنتی (مانند مقنی‌ها) دارای دانش بومی ارزشمندی برای نگهداری و واکنش به بحران است.
	ارزش فرهنگی ـ طبیعی	این قنات تلفیقی منحصربه‌فرد از میراث فرهنگی و طبیعی متشکل از منابع آبی، اکوسیستم‌های خاص و آداب‌ورسوم و سنت‌های متنوع است.
	چارچوب نهادی موجود	نهادهای دولتی متعدد (وزارت میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع‌دستی، جهاد کشاورزی) از پیش‌شناسایی شده و دارای وظایف مشخصی هستند که ساختاری برای هماهنگی فراهم می‌کند.
	مرکز مستندات	مرکز مستندات متمرکز در تهران به جمع‌آوری، حفظ و اشاعه دانش کمک زیادی کرده است.
نقاط ضعف	فقدان مدیریت یکپارچه	علی‌رغم تعدد ذی‌نفعان، فقدان یک رویکرد مدیریتی واحد و یکپارچه کاملاً مشهود است؛ مسئله‌ای که به بروز شکاف‌های عملکردی و هم‌پوشانی‌های احتمالی می‌انجامد.
	پیری نیروی کار و انتقال دانش	نیروی کار سنتی مقنی‌ها در حال پیر شدن است و خطر انتقال نیافتن کامل دانش فنی آنها به نسل‌های جوان‌تر وجود دارد.
	موقعیت در مناطق خشک	قنات‌ها به دلیل موقعیتشان در مناطق کم‌باران ذاتاً آسیب‌پذیر بوده و در برابر اثرات تغییرات اقلیمی مانند خشک‌سالی‌های طولانی‌مدت حساس هستند.
	مالکیت پراکنده	بخش‌هایی از سیستم‌های قنات و حریم آنها در اراضی خصوصی، موقوفه یا سایر اراضی دولتی واقع‌شده که مدیریت و اجرای اقدامات حفاظتی را پیچیده می‌کند.
	محدودیت‌های مالی	بودجه‌های تخصیص‌یافته فعلی پاسخگوی مقیاس گسترده عملیات مرمت و نگهداری نیست؛ این کسری بودجه، پروژه را به منابع مالی متفرقه و ناپایدار وابسته کرده است.
	تخریب فیزیکی	بسیاری از قنات‌ها برای جلوگیری از ریزش، نیازمند نگهداری مداوم، لایروبی و مقاوم‌سازی سازه‌ای هستند که این امر چالشی مستمر است.
فرصت‌ها	توسعه گردشگری	پتانسیل قابل‌توجهی برای گردشگری فرهنگی، طبیعت‌گردی و گردشگری سلامت وجود دارد که می‌تواند درآمدزایی کرده، آگاهی‌بخشی نماید و انگیزه‌ای برای حفاظت ایجاد کند.
	نقش اقتصادی پایدار	تقویت نقش قنات‌ها در کشاورزی پایدار می‌تواند اقتصادهای محلی را رونق بخشد و ارتباط آنها را در دنیای امروز نشان دهد.
	مشارکت جامعه و سازمان‌های مردم‌نهاد	فرصت مناسبی برای رسمیت بخشی و گسترش نقش جوامع محلی و سازمان‌های مردم‌نهاد در حفاظت، پایش و گردشگری وجود دارد که احساس مالکیت را تقویت می‌کند.
	پژوهش و آموزش	همکاری با نهادهای دانشگاهی و مراکز علمی، زمینه توسعه مطالعات تخصصی و ادغام دانش سنتی قنات را فراهم می‌آورد.
	ادغام فناوری	فناوری مدرن می‌تواند قابلیت‌های پایش و مدیریت را در ترکیب با دانش سنتی به‌طور قابل‌توجهی ارتقا دهد.
	شناخت و تأمین مالی بین‌المللی	ثبت در فهرست میراث جهانی یونسکو دسترسی به تخصص بین‌المللی، کمک‌های فنی و فرصت‌های اعطای کمک بلاعوض بالقوه را فراهم می‌کند.
	احیای فرهنگی	این محوطه می‌تواند به عنوان یک محرک برای احیای سنت‌های محلی، صنایع‌دستی و آداب‌ورسوم مرتبط با فرهنگ قنات عمل کند.
تهدیدها	بلایای طبیعی	خشک‌سالی (کاهش جریان آب)، سیل (ایجاد ریزش و رسوب) و زلزله تهدیدهای طبیعی دائمی به شمار می‌روند.
	آسیب‌های زیست‌محیطی انسانی	حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در نزدیکی قنات‌ها سطح آب زیرزمینی را پایین آورده و مستقیماً آبدهی آنها را کاهش می‌دهد. فاضلاب‌های صنعتی و شهری نیز موجب آلودگی می‌شوند.
	تجاوز شهری و کشاورزی	ساخت‌وسازهای غیرمجاز، تغییر کاربری اراضی و پروژه‌های زیرساختی می‌توانند مسیر قنات‌ها را تخریب یا نابود کنند.
	بی‌توجهی و رها شدن	مهاجرت از روستا به شهر منجر به کاهش جمعیت محلی آشنا با قنات و توانمند در نگهداری از آن می‌شود و به‌طور بالقوه به رها شدن آنها می‌انجامد.
	تغییرات اقلیمی	افزایش فراوانی و شدت خشک‌سالی‌ها و سیلاب‌ها تهدیدی جدی و بلندمدت برای امنیت آبی است که قنات‌ها تأمین می‌کنند.
	کمبود آگاهی	درک ناکافی از ارزش قنات‌ها در میان عموم مردم و حتی برخی مسئولان می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های ضعیف سیاسی و فقدان حمایت منجر شود.
	فشارهای اقتصادی	عدم توجیه‌پذیری اقتصادی کشاورزی در مقیاس کوچک در برخی مناطق، انگیزه نگهداری از قنات‌ها را برای هدف اصلی آنها کاهش می‌دهد.

ضعف‌های ساختاری و مدیریتیِ درون‌سیستمی (نظیر فقدان آگاهی‌های محلی)، به‌طور معناداری ظرفیت آسیب‌پذیری قنات را ضریب بخشیده و موجب تشدید مخاطرات در مواجهه با تهدیدات برون‌سیستمی (همچون تغییرات و نوسانات اقلیمی) می‌گردند. با توجه به این پویایی تعاملی، توجیه علمی راهبردهای حفاظت ایجاب می‌کند که تمرکز برنامه‌های مدیریت و درمان ریسک در گام نخست بر رفع ضعف‌های درون‌سیستمی، اصلاح ساختار حکمرانی و ارتقای ظرفیت‌های اجتماعی معطوف گردد

تا از این طریق، تاب‌آوری سیستم افزایش یافته و اثرات مخرب تهدیدات خارجی مدیریت شود.

۴. ۲. تحلیل و ارزیابی ریسک

به‌منظور ساختاردهی به مدل تصمیم‌گیری، معیارها و زیرمعیارهای پژوهش از طریق تلفیقِ نتایج ماتریس SWOT، مرور نظام‌مند پیشینه تحقیق و مصاحبه با خبرگان استخراج شدند. در این ساختار سلسله‌مراتبی، معیارها نمایانگر ابعاد کلان و دسته‌بندی‌های اصلی ریسک (نظیر ابعاد مدیریتی، محیطی و کالبدی) بوده و زیرمعیارها به معنای شاخص‌های خرد، عملیاتی و قابل‌سنجشی هستند که ماهیت هر معیار کلان را با جزئیات بیشتر تبیین کرده و امکان مقایسه زوجی و وزن‌دهی دقیق را فراهم می‌سازند (جدول ۳).

به‌منظور تدوین راهکارها و استراتژی‌های مدیریت ریسک (جدول ۴)، از ترکیب منطقی مؤلفه‌های درون‌سیستمی (نقاط قوت و ضعف) و برون‌سیستمی (فرصت‌ها و تهدیدها) که در ماتریس SWOT شناسایی شده بودند، استفاده شد. درواقع، راهکارهای پیشنهادی حاصل برآیند ماتریس SWOT و هم‌اندیشی گروه خبرگان هستند؛ به‌گونه‌ای که هر راهکار با هدفِ بهره‌گیری از نقاط قوت برای دفع تهدیدات (ST)، استفاده از فرصت‌ها برای رفع ضعف‌ها (WO) و نیز کاهش هم‌زمان ضعف‌ها و تهدیدات (WT) استخراج شده است.

بر اساس مقایسات زوجی مستخرج از نظرات خبرگان و پیاده‌سازی مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، نتایج اولویت‌بندی

جدول ۳. معیارهای اصلی و زیرمعیارها.

زیرمعیارها و راهکارهای متناظر	دسته‌بندی اصلی مشکلات (معیارها)
عدم وجود مدیریت یکپارچه و هماهنگی (MC1-SC1)	چالش‌های مدیریتی و نهادی (MC1)
مالکیت پراکنده و مشکلات حقوقی (MC1-SC2)	
بودجه ناکافی و ناپایدار (MC1-SC3)	
فقدان پایش و نظارت سیستماتیک (MC1-SC4)	
تخریب سازه‌ای و خطر ریزش (MC2-SC1)	چالش‌های فنی و فیزیکی (MC2)
انباشت رسوب و نیاز به لایروبی منظم (MC2-SC2)	
کاهش دِبی آب (خشک‌شدن) (MC2-SC3)	
عدم به‌کارگیری فناوری‌های نوین (MC2-SC4)	
پیری نیروی کار و فرسایش دانش بومی (MC3-SC1)	چالش‌های اجتماعی ـ اقتصادی و فرهنگی (MC3)
مهاجرت روستایی و گسست اجتماعی (MC3-SC2)	
آگاهی پایین عمومی (MC3-SC3)	
عدم توجیه‌پذیری اقتصادی کشاورزی در مقیاس کوچک (MC3-SC4)	
خشک‌سالی و تغییرات اقلیمی (MC4-SC1)	چالش‌های محیط‌زیستی و تهدیدات خارجی (MC4)
آلودگی آب (MC4-SC2)	
تداخل اراضی شهری و کشاورزی (MC4-SC3)	
خسارات ناشی از سیل (MC4-SC4)	

جدول ۴. راه‌حل‌های مبتنی بر SWOT.

کد	شرح راهکار
S1	تشکیل کمیته راهبری دائمی و فرا سازمانی با اختیارات مشخص و برگزاری منظم جلسات هماهنگی
S2	نهایی‌سازی و اجرای دقیق تحدید حدود قانونی قنات. تدوین و اعمال مقررات شفاف کاربری اراضی برای تمام حریم‌ها، صرف‌نظر از نوع مالکیت
S3	ایجاد صندوق مالی تخصصی و چند منبعی به منظور حفاظت، از طریق تجمیع منابع دولتی، درآمدهای گردشگری و کمک‌های بین‌المللی
S4	اجرای سامانه پایش مبتنی بر GIS با شاخص‌های تعریف‌شده (دبی آب، یکپارچگی سازه و پایش آلودگی) و الزام به گزارش‌دهی دوره‌ای
S5	اجرای برنامه مستمر مرمت سازه‌ای، با تلفیق فنون سنتی، استحکام‌بخشی (با آجر و سنگ) و مصالح نوین در موارد مقتضی
S6	نهادینه‌سازی و تأمین بودجه برای برنامه لایروبی دوره‌ای و زمان‌بندی‌شده ویژه قنوات فعال، با مدیریت کارشناسان سنتی (مقنی‌ها)
S7	اعمال دقیق مقررات کنترل حفاری چاه‌های عمیق. بررسی و اجرای فنون تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی برای تقویت سطح آب
S8	تجهیز قنوات به سامانه‌های حسگر جهت پایش سطح/کیفیت آب و صدور هشدار زودهنگام سیل و زلزله، همراه با یکپارچه‌سازی داده‌ها در GIS مرکزی
S9	راه‌اندازی و مستندسازی برنامه رسمی انتقال دانش "استاد ـ شاگردی" تحت حمایت نهادهای دولتی و دانشگاه‌ها
S10	توسعه طرح‌های گردشگری و کشاورزی اجتماع‌محور به منظور ایجاد مشوق‌های اقتصادی برای جوامع محلی جهت ترغیب به حفظ قنوات و ماندگاری در منطقه
S11	اجرای مستمر پویش‌های آگاهی‌بخشی (از طریق مدارس، رسانه‌ها، جشنواره‌ها) جهت تبیین ارزش فرهنگی، تاریخی و اقتصادی قنوات
S12	ترویج و بازاریابی محصولات کشاورزی شاخصِ آبیاری شده با آب قنات (نظیر زعفران) تحت عنوان "برند میراثی" به منظور افزایش سودآوری اقتصادی
S13	احیا و ترویج فنون سنتی حفاظت از آب. تدوین طرح‌های سازگاری با اقلیم برای هریک از سیستم‌های قناتی
S14	نصب حفاظ‌های ایمنی بر روی دهانه چاه‌ها (میل‌ها). پایش و کنترل تخلیه فاضلاب در مناطق بالادست. آزمایش منظم کیفیت آب
S15	اعمال قوانین حفاظتی برای صیانت از حریم‌های مصوب. لحاظ نمودن نقشه حریم قنات در تمامی طرح‌های جامع و تفصیلی توسعه شهری و منطقه‌ای
S16	احداث زیرساخت‌های حفاظتی (نظیر کانال‌های انحرافی و بندهای خاکی کوچک) مبتنی بر تلفیق دانش بومی و مهندسی مدرن، به منظور کاهش اثرات سیلاب

DOI: 10.22034/rau.2026.2086888.1316

معیارها و زیرمعیارها محاسبه و ارزیابی شده است (جدول ۵). مقادیر درج‌شده در ستون وزن نسبی، خروجی محاسبات فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) هستند که بر مبنای مقایسات زوجی خبرگان (با استفاده از طیف ۱ تا ۹) و تجمیع نظرات محاسبه شده‌اند. در این راستا، پس از تشکیل ماتریس‌های مقایسه و نرمال‌سازی آنها، وزن نهایی هر شاخص استخراج شده است. قابل‌ذکر است که نرخ ناسازگاری (CR) ماتریس‌ها کمتر از ۰/۱ محاسبه شد که نشان‌دهنده سازگاری قضاوت‌هاست.

مطابق «جدول ۵»، معیار MC4 (تهدیدات بیرونی و زیست‌محیطی) با وزن ۰٫۴۱۰ در صدر است؛ چراکه سیستم بازِ قنات در برابر شوک‌های برون‌زا (مانند تغییرات اقلیمی) شکننده بوده و کنترل آن خارج از توان مدیریتی است. در رتبه دوم، MC1 (چالش‌های مدیریتی؛ 0.301) قرار دارد که به عنوان ضعف‌های درون‌سیستمی، محرکِ تشدید تهدیدات خارجی است. MC2 (چالش‌های فنی و فیزیکی؛ ۰٫۱۷۱) در جایگاه سوم است، زیرا فرسودگی کالبدی عمدتاً معلولِ مدیریت ناکارآمد است. درنهایت، MC3 (چالش‌های اجتماعی-فرهنگی؛ ۰٫۱۱۸) کمترین اولویت را دارد؛ چراکه در مدل ذهنی خبرگان، بقای فیزیکی مقدم بر ابعاد فرهنگی است.

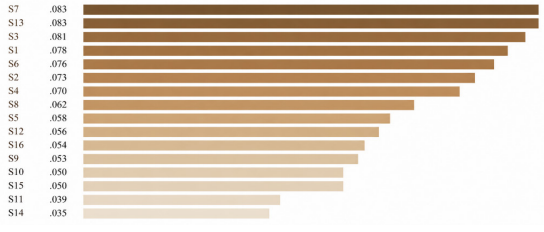
جدول ۵. اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارها در برنامه مدیریت ریسک.

وزن نسبی (L)	عنوان
۰٫۳۰۱	MC1 (چالش‌های مدیریتی و نهادی)
۰٫۲۲۸	MC1-SC1 (عدم وجود مدیریت یکپارچه)
۰٫۱۵۵	MC1-SC2 (مالکیت پراکنده)
۰٫۴۸۴	MC1-SC3 (کمبود بودجه)
۰٫۱۳۴	MC1-SC4 (فقدان پایش سیستماتیک)
۰٫۱۷۱	MC2 (چالش‌های فنی و فیزیکی)
۰٫۱۸۳	MC2-SC1 (تخریب سازه‌ای)
۰٫۴۰۲	MC2-SC2 (انباشت رسوب)
۰٫۳۲۱	MC2-SC3 (کاهش دبی آب)
۰٫۰۹۴	MC2-SC4 (عدم به‌کارگیری فناوری)
۰٫۱۱۸	MC3 (چالش‌های اجتماعی-اقتصادی و فرهنگی)
۰٫۴۳۱	MC3-SC1 (پیری نیروی کار)
۰٫۲۴۶	MC3-SC2 (مهاجرت روستایی)
۰٫۱۸۹	MC3-SC3 (آگاهی پایین عمومی)
۰٫۱۳۵	MC3-SC4 (عدم توجیه اقتصادی کشاورزی کوچک)
۰٫۴۱۰	MC4 (چالش‌های زیست‌محیطی و طبیعی)
۰٫۵۱۹	MC4-SC1 (تغییر اقلیم و خشک‌سالی)
۰٫۲۱۱	MC4-SC2 (آلودگی منابع آب)
۰٫۱۱۲	MC4-SC3 (مخاطرات زمین‌شناسی)
۰٫۱۵۸	MC4-SC4 (تغییر کاربری اراضی)

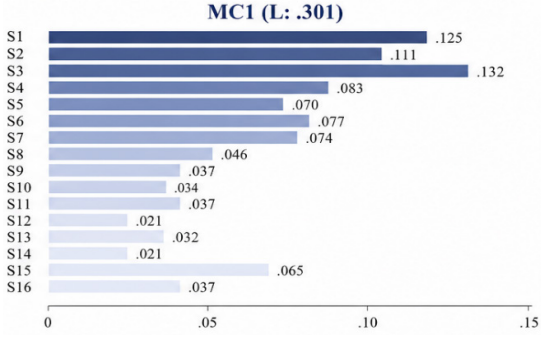
۴. ۳. تحلیل حساسیت و اولویت‌بندی مؤلفه‌های ریسک

به منظور ارزیابی میزان پایداری نتایج و سنجش میزان اثرپذیریِ اولویت‌بندی نهایی راهکارهای مدیریت ریسک از تغییرات وزنیِ هریک از معیارهای اصلی، فرایند تحلیل حساسیت انجام شده است. در این راستا، شکل‌های ۷ تا ۱۰ نمودارهای خروجی حاصل از این تحلیل را برای چهار معیار کلان ارزیابی (شامل ابعاد مدیریتی، فنی، اجتماعی و زیست‌محیطی) نشان می‌دهند.

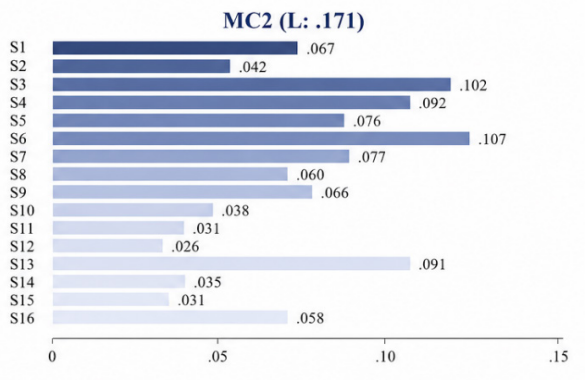
ارزیابی اولویت‌ها و تحلیل حساسیت مؤلفه‌ها (شکل‌های ۷ تا ۱۰) نشان می‌دهد که الگوی ریسک در قنات قصبه، بیش از هر چیز تحت تأثیر محرک‌های برون‌زا است. معیار زیست‌محیطی



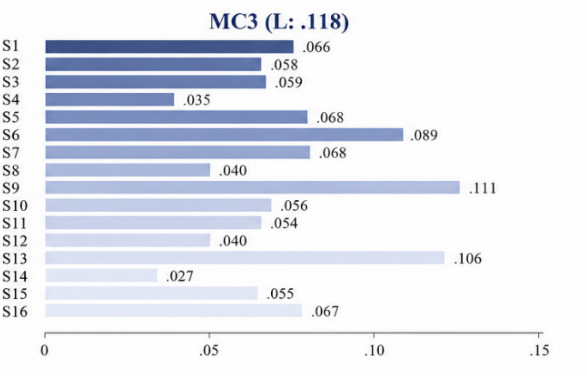
شکل ۶. تحلیل حساسیت نسبت به هدف: برنامه مدیریت ریسک (قنات قصبه).



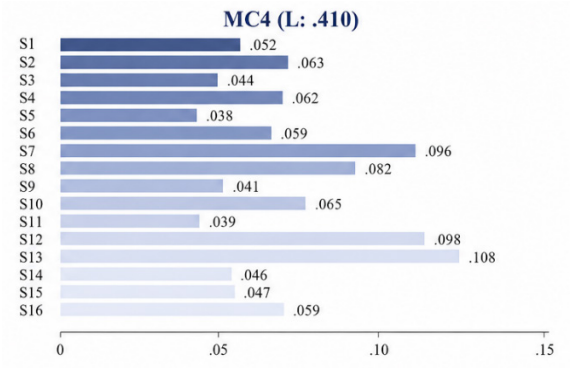
شکل ۷. تحلیل حساسیت نسبت به هدف: برنامه مدیریت ریسک (قنات قصبه) > MC1 (با وزن: ۰٫۳۰۱).



شکل ۸. تحلیل حساسیت نسبت به هدف: برنامه مدیریت ریسک (قنات قصبه) > MC2 (با وزن: ۰/۱۷۱).



شکل ۹. تحلیل حساسیت نسبت به هدف: برنامه مدیریت ریسک (قنات قصبه) > MC3 (با وزن: ۰/۱۱۸).



شکل ۱۰. تحلیل حساسیت نسبت به هدف: برنامه مدیریت ریسک > MC4 (با وزن: ۰/۴۱۰).

و بیرونی (MC4) با وزن ۰/۴۱۰، که زیرمعیارِ بحرانی آن (خشکسالی و تغییرات اقلیمی) وزنی معادل ۰/۵۱۹ دارد، به عنوان نیروی محرک اصلی در مدل عمل می‌کند. این یافته با منطق سیستم‌های اجتماعی-هیدرولوژیک همخوانی دارد؛ چراکه شوک‌های محیطی، سایر آسیب‌پذیری‌های فنی و نهادی را تشدید می‌کنند. ازاین‌رو، راهبردهای انطباقی کلان، نظیر مقابله با پیامدهای خشکسالی و کنترل دقیق حفاری‌های غیرمجاز جهت حفاظت از حریم آبخوان، در رأس اولویت‌های اقدام قرار دارند. در رتبه دوم، ظرفیت‌های مدیریتی و نهادی (MC1) قرار می‌گیرد که فقدان سازوکارهای تأمین مالی پایدار چالش بنیادین آن است. از منظر تئوری‌های حکمرانی آب، بدون استقرار ساختار نهادی منسجم (نظیر کمیته راهبری فراسازمانی) و ایجاد صندوق مالی چندمنبعی، اثربخشی مداخلات فنی و کالبدی (MC2)، که مهم‌ترین بخش آن لایروبی منظم و مقابله با انباشت رسوب است، تضمین نخواهد شد و یکپارچگی فیزیکی سازه به خطر می‌افتد. افزون بر این، اگرچه معیار اجتماعی-اقتصادی و فرهنگی (MC3) در مدل از وزن کمتری برخوردار است، اما زیرمعیارِ فرسایش دانش بومی و پیری مقنیان، تهدیدی بنیادین و خاموش برای این میراث زنده محسوب می‌شود. بقای بلندمدت سیستم‌های سنتی آب، مستلزم حفظ سرمایه اجتماعی از طریق برنامه‌های نهادینهِ انتقال دانش (استاد-شاگردی) است. نهایتاً، نتایج بر ضرورتِ پیاده‌سازی یک استراتژی دوگانه تأکید دارند: نخست، مداخله فوری جهت مهار تهدیدات برون‌زای اقلیمی و انسانی، و دوم، توانمندسازی ساختارهای حکمرانی محلی به عنوان پیش‌شرطِ قطعیِ اجرای مؤثر سایر برنامه‌های حفاظتی.

۵. یافته‌ها

نتایج تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نشان‌دهنده ماهیت غالبِ برون‌زای ریسک‌ها در سیستم اجتماعی-هیدرولوژیک قنات قصبه است. در این میان، چالش‌های زیست‌محیطی (MC4) با وزن ۰/۴۱۰ که متغیرِ تغییرات اقلیمی با وزن ۰/۵۱۹ اصلی‌ترین زیرمعیار آن است، در جایگاه ریسک‌های محرک قرار گرفته و پایداری ساختاری سیستم را به چالش می‌کشند. این یافته گویای آن است که مداخلات درون‌سیستمی، بدون تقابل فعال با تهدیدات بیرونی، اثربخشی بلندمدت نخواهند داشت. از سوی دیگر، چالش‌های مدیریتی (MC1: 0.301) نقش ریسک واسط را ایفا می‌کنند؛ به‌نحوی که فقدان سازوکارهای تأمین مالی (۰/۴۸۴)

DOI: 10.22034/rau.2026.2086888.1316

و ضعف ساختار نهادی، تاب‌آوری سیستم در برابر شوک‌های محیطی را به حداقل می‌رساند. اولویت پایین‌ترِ چالش‌های فنی (MC2: 0.171) و اجتماعی-فرهنگی (MC3: 0.118) نیز حاکی از آن است که این موارد، درواقع ریسک‌های پیامدی ناشی از فشارهای بیرونی و خلأهای مدیریتی (نظیر انباشت رسوب یا فرسایش دانش بومی) هستند. این ساختار علت‌ومعلولی، ضرورتِ اتخاذ یک استراتژی مدیریت ریسک دوگانه را تبیین می‌کند: تعدیل تهدیدات برون‌سیستمی همگام با تقویت ظرفیت‌های حکمرانی. بر این اساس و در راستای تکمیل چرخه استاندارد ISO 31000، این چارچوب تحلیلی در ادامه به برنامه‌های عملیاتی تبدیل شده و استراتژی‌های مداخله‌جویانه (درمان ریسک) و مکانیسم‌های نظارتی (پایش و بازبینی) ارائه می‌گردند.

۵. ۱. راهبردهای پیشنهادی تعدیل ریسک بر مبنای خروجی‌های SWOT-AHP (در چارچوب ISO 31000)

به منظور عملیاتی‌سازی راهبردهای مستخرج، برنامه‌های اجرایی در قالب دسته‌بندی‌های مشخصی در «جدول ۶» تدوین گردیده‌اند. این اقدامات، برآیند تحلیل ترکیبی خروجی‌های مدل SWOT-AHP و انطباق آنها با چارچوب مدیریت ریسک ISO 31000 است. مطابق معماری این استاندارد، پس از طی مراحل شناسایی، تحلیل و ارزیابی، گام نهایی به «درمان و پاسخ به ریسک» اختصاص می‌یابد؛ لذا در این مرحله، جهت دستیابی به حفاظت پایدارِ میراث جهانی قنات قصبه، طرح پیشنهادی «مدیریت یکپارچه ریسک» تدوین شده است. این برنامه شامل مجموعه‌ای از اقدامات زمان‌بندی‌شده (کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت) و راهبردهای مبتنی بر شواهد است که در ادامه تبیین می‌گردد.

۵. ۲. پایش، بازبینی و ارتباطات ریسک (در چارچوب ISO 31000)

در چارچوب مدیریت ریسک ISO 31000، مرحله «پایش، بازبینی و ارتباطات» یک فرایند پویا و مستمر محسوب می‌شود. با توجه به ماهیت متغیر محیط پیرامونی قنات قصبه و مؤلفه‌های تحلیل‌شده در مدل SWOT، اولویت‌بندی ریسک‌ها در مدل

جدول ۶. برنامه‌ها و طرح‌های عملیاتی برای طرح مدیریت یکپارچه ریسک.

دوره زمانی	دسته‌بندی	شرح اقدامات
کوتاه‌مدت (دو سال)	اقدامات پیشگیرانه پیش از بحران	بازبینی و به‌روزرسانی دوره‌ای مطالعات پایه، نظیر آنالیز مصالح سنگی و سازه‌های موجود در محدوده قنات به منظور تعیین کیفیت فیزیکی آنها و تعیین نفوذپذیری آب‌های سطحی و تغذیه آبخوان قنات
		مستندسازی و جمع‌آوری داده‌ها از نهادهای مرتبط در مورد شرایط اکولوژیکی و بیولوژیکی محوطه‌های قنات
		توسعه پایگاه داده GIS
		تکمیل نقشه‌های تعیین حدود و حریم قنات
		نقشه‌برداری، مستندسازی و تعیین دقیق حرایم مادرچاه‌ها و مسیر کانال‌های انتقال به صورت دوره‌ای و منظم
		شناسایی اولیه خطرات زیست‌محیطی و تهیه نقشه‌های موضوعی برای عوامل طبیعی (زلزله، سیل و آلودگی‌های زیست‌محیطی) و خطرات انسانی (سرقت، آسیب‌های ناشی از بازدیدکنندگان و توسعه‌ها)
		ارائه اقدامات پیشگیرانه و حفاظتی مبتنی بر نقشه‌های خطر (سدهای مهار سیلاب، چاه‌های جذبی، کانال‌های هدایت آب، حسگرها و سیستم‌های هشدار لرزه‌ای)
		پایش میزان دبی آب خروجی قنات به صورت ماهانه و فصلی (در طول دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی)
		پایش فعالیت‌های ذی‌نفعان و بهره‌برداران نظیر لایروبی، بررسی و تنظیم شیب و ابعاد گالری‌های قنات به صورت دوره‌ای، تجهیز و پاک‌سازی مادرچاه‌ها، مسدودسازی بخش‌های بالایی و میانی دهانه ورودی مادرچاه‌ها جهت جلوگیری از ورود آلاینده‌ها، بهسازی راه‌های آبی، کانال‌ها و بسترها، مقاوم‌سازی، نصب کلاف‌های سیمانی، آجرچینی و تقویت گالری‌های قنات از طریق روش‌های سنتی نظیر سنگ‌چین و آجرکاری
		تعیین مسیر امدادرسانی و دسترسی آسان به موقعیت قنات
		پایش و بررسی سدها و دیواره‌های زیرزمینی به صورت دوره‌ای و منظم برای کنترل هدررفت آب قنات
		هماهنگی امور با هیئت مدیریت ریسک جهت استفاده از امکانات در دسترس آنها
		جداسازی مسیر رودخانه از مسیر قنات از طریق ایجاد ترانشه‌های بزرگ جهت جلوگیری از تخریب قنات
		طراحی مسیر انحرافی برای رودخانه در زمان افزایش دبی جریان اصلی (بیش از ۲۰۰ تا ۲۵۰ لیتر) و متعادل‌سازی حجم آب

ادامه در صفحهٔ بعد ←

ادامهٔ جدول ۶. برنامه‌ها و طرح‌های عملیاتی برای طرح مدیریت یکپارچه ریسک.

دوره زمانی	دسته‌بندی	شرح اقدامات
کوتاه‌مدت (دو سال)	اقدامات پیشگیرانه پیش از بحران	اختلاط آب با گل در مسیر اصلی جریان قنات در زمان دبی ناکافی آب
		ایجاد بندهای خاکی کوچک که عمود بر گالری‌های قنات و عرضی بر رودخانه باشند با استفاده از مصالحی که از حفره‌زایی بستر رودخانه و گالری‌های قنات کاسته و در زمان سیل از قنات محافظت کنند
		ساخت درپوش‌های لازم برای مسدودسازی مادرچاه‌های اصلی
		برگزاری دوره‌های آموزشی و ترویج فرهنگی برای مردم محلی و کشاورزان (ساکنان محدوده قنات)
		به‌روزرسانی مطالعات مردم‌شناختی، بررسی‌های ساختار جمعیتی و تحلیل‌های کمی رشد جمعیت خانواده‌های پیرامون قنات
		تعیین روش‌های حفاظت از قنات و تعیین نهادها و افراد مسئول پس از بحران
		تعیین مکان‌های مناسب به عنوان پناهگاه موقت برای مردم و اسکان نیروهای آتش‌نشانی، پلیس و اعضای هلال‌احمر
		به‌روزرسانی دستورالعمل‌های مشارکت بهره‌برداران و ذی‌نفعان در حفاظت از قنوات
	اقدامات حین بحران	تشکیل جلسات کارگروه تخصصی، ارائه راهکارها در شرایط بحرانی و تعیین وظایف ذی‌نفعان در مدیریت سنتی قنات
		مدیریت صحیح نهادهای مختلف و استقرار گروه‌های امدادی در مکان‌های از پیش تعیین‌شده بر اساس طرح‌های تدوین‌شده قبلی
		تغییر یا کنترل جریان آب با استفاده از روش‌های سنتی و نیروهای محلی غیرمتمرکز برای تخلیه اضطراری و واکنش‌های سریع
		اعزام نیروهای متخصص به موقعیت قنات برای بررسی خسارات در ساعات اولیه بحران
		تهیه گزارش وضعیت قنات و ارسال آن به نظام مدیریت سنتی قنات، سازمان جهاد کشاورزی و سازمان مدیریت و کاهش بلایا
	اقدامات پس از بحران	همکاری با نهادهای مرتبط برای برنامه‌ریزی و اجرای بازدیدهای میدانی و بازبینی‌های دوره‌ای، انجام بررسی زیست‌محیطی منطقه، مطالعه عوامل مؤثر بر قنات و ارزیابی میزان خسارت و برنامه‌ریزی برای رفع خسارات و رفع عوامل مزاحم
		پایدارسازی اضطراری و حفاظت از بخش‌های آسیب‌دیده
		بازبینی و بررسی مادرچاه‌ها از نظر مقاومت سازه‌ای پس از بحران جهت بررسی احتمال تخریب
		بازسازی و جبران خسارات وارده به قنات پس از تکمیل گزارش‌های خسارت با همکاری سازمان جهاد کشاورزی، مردم محلی و هیئت‌های مدیریت سنتی قنات
		آنالیز کیفیت آب از طریق روش‌های کمی و کیفی جهت کنترل و کاهش آلودگی
		پایش وظایف ذی‌نفعان و بهره‌برداران بر اساس طرح‌ها و دستورالعمل‌های مربوطه
		اقدامات فیزیکی و حفاظتی توسط نهادهای مختلف
میان‌مدت (۵ سال)		به‌روزرسانی مستندات و مطالعات فیزیکی، نظیر آنالیز مواد سنگ‌ها و ساختار محوطه‌های اطراف قنات و تعیین ویژگی‌های فیزیکی آنها به منظور ارزیابی دقیق‌تر نفوذپذیری آب سطحی و آبخوان تغذیه‌کننده قنات
		به‌روزرسانی پایگاه داده GIS
		به‌روزرسانی نقشه‌های شناسایی و بازبینی‌های فصلی کانال‌های انتقال آب، مادرچاه‌ها و گالری‌های قنات به صورت دوره‌ای و منظم
		به‌روزرسانی نتایج شناسایی تحلیل خطرات زیست‌محیطی و تهیه نقشه‌های موضوعی برای عوامل طبیعی و خطرات انسانی
		ارتقای تجهیزات حفاظتی و پیشگیرانه مبتنی بر نقشه‌های خطر (دیواره سیل‌گیر، کانال‌های هدایت آب، حسگرها و سیستم‌های هشدار لرزه‌ای)
بلندمدت (۱۰ سال)		ساماندهی مسیرهای بازدید برای گالری‌های قنات
		تهیه طرح جامع مقاوم‌سازی قنات و سازه‌های مرتبط با آن
		شناسایی و احیای قنوات متروکه در محدوده قنات‌ها
		توسعه طرح گردشگری سلامت برای انتقال و معرفی ظرفیت‌های قنات‌ها
		ترویج فرهنگی و آموزش کودکان در طرح کمک‌های داوطلبانه توسعه قنات
		لحاظ کردن حریم قنوات در طرح‌های جامع و تفصیلی و همچنین برنامه‌ریزی سرزمینی
		مطالعه و شناسایی شبکه‌های قنات در مناطق شهری و روستایی و تأثیر آنها بر یکدیگر
		برگزاری رویدادهای ویژه درباره قنات‌ها برای معرفی ارزش‌های جهانی برجسته قنات و تأثیر آنها بر اقتصاد پایدار جوامع محلی

DOI: 10.22034/rau.2026.2086888.1316

AHP نیز نیازمند بازنگری‌های دوره‌ای است. در این راستا، استقرار یک نظام پایش مشارکتی با حضور تمامی ذی‌نفعان (از حافظان دانش سنتی تا نهادهای حاکمیتی)، ضمن به‌روزرسانی مستمر سیما و وضعیت ریسک، تاب‌آوری این میراث جهانی را در برابر تهدیدات نوظهور تضمین می‌کند. درنهایت، نتایج حاصل از این ارزیابی‌های دوره‌ای، مبنایی کلیدی جهت اصلاح و انطباق استراتژی‌های «درمان ریسک» در دوره‌های آتی خواهد بود.

جدول ۷. برنامه‌های پایش برای طرح یکپارچه مدیریت ریسک.

حوزه پایش	شاخص‌های پایش	دوره	ابزارهای پایش
سیل	ورودی آب	ماهانه	دستگاه اندازه‌گیری دبی / گزارش دوره‌ای
زلزله	آبخوان طبیعی	سالانه	آزمایش شیمیایی آب
خشک‌سالی و تغییرات اقلیمی	مجاری عمودی و افقی	فصلی	بازدید میدانی / گزارش دوره‌ای / نمونه‌برداری آزمایشگاهی / مستندسازی
جنگ	مزارع و باغات	ماهانه	تصاویر هوایی / GIS / طرح‌های توسعه و میدانی / گزارش‌های دوره‌ای
توسعه	سازه‌های وابسته به قنات	ماهانه	تصاویر هوایی / GIS / طرح‌های توسعه و میدانی / گزارش‌های دوره‌ای
فرونشست	محیط‌زیست	ماهانه	تصاویر هوایی / GIS / طرح‌های توسعه و میدانی / گزارش‌های دوره‌ای
چشم‌انداز طبیعی و تاریخی	منظر	ماهانه	تصاویر هوایی / GIS / طرح‌های توسعه و میدانی / گزارش‌های دوره‌ای
تغییر سیستم‌های مدیریتی	مهاجرت	پنج‌سال	سرشماری / مرکز آمار ایران
	جمعیت	پنج‌سال	سرشماری / مرکز آمار ایران
تغییر سیستم‌های اجتماعی ـ فرهنگی	نیروهای متخصص و مقنیان	سالانه	سرشماری / مرکز آمار ایران
	سبک زندگی	پنج‌سال	سرشماری / مرکز آمار ایران
	مالکیت	پنج‌سال	سرشماری / مرکز آمار ایران
	نظام بهره‌برداری آب	پنج‌سال	سرشماری / مرکز آمار ایران

۶. نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با ارائه چارچوبی یکپارچه مبتنی بر استاندارد ISO 31000، تحلیل SWOT و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، به مدیریت ریسک‌های تهدیدکننده پایداری قنات قصبهٔ گناباد پرداخته و خلأ میان شناخت کیفی و تصمیم‌گیری کمّی ریسک را برطرف می‌سازد. نتایج نشان می‌دهد آسیب‌پذیری این سیستم ریشه در تقابل فشارهای برون‌زای محیطی و ضعف‌های درون‌زای ساختاری دارد؛ به‌طوری‌که خروجی‌های مدل، خشکسالی و تغییرات اقلیمی را به عنوان بحرانی‌ترین ریسک‌های محرک، و چالش‌های مدیریتی و نهادی را در جایگاه دوم اهمیت قرار می‌دهند. در این میان، ریسک‌های فنی و اجتماعی ـ اقتصادی ماهیتی پیامدی داشته و کنترل آنها درگرو مدیریت فشارهای بیرونی و اصلاح حکمرانی است. تحلیل یافته‌ها لزوم گذار از نگاه صرفاً کالبدی به رویکردی جامع‌نگر را برجسته ساخته و بر اتخاذ راهبردهای پیشگیرانه، انطباق با تغییرات اقلیمی و ایجاد سازوکارهای تأمین مالی پایدار تأکید می‌کند. براین‌اساس، برنامه درمان ریسک زمان‌بندی‌شده‌ای در سه افق زمانی تدوین گردید که چرخه مدیریت ریسک را تکمیل کرده و رویکرد حفاظتی را از حالتی انفعالی به سیستمی پیش‌نگر سوق می‌دهد؛ رویکردی که قنات را به مثابهٔ یک «سیستم میراث زنده» بازتعریف می‌کند. پایداری این میراث در بلندمدت، نیازمند ارتقای آگاهی عمومی و ادغام مفاهیم مرتبط در نظام‌های آموزشی پایه و دانشگاهی است. درنهایت، توسعه مدل‌های کمّی اقلیمی، ارزیابی هزینه ـ فایده راهکارها و تعمیق مطالعات میان‌رشته‌ای می‌تواند این چارچوب را به الگویی مرجع و تعمیم‌پذیر برای مدیریت ریسک سایر سازه‌های هیدرولیکی تاریخی در مناطق خشک و نیمه‌خشک تبدیل نماید.

فهرست منابع

حسینی، سید حسین؛ جهان‌دیده، زهیر (۱۳۹۵)، چالش‌های حمایت‌های کیفری از قنوات. مطالعهٔ موردی: قنات قصبهٔ گناباد، *مطالعات حقوق انرژی*، دوره ۲ پاییز و زمستان ۱۳۹۶ شماره ۲، ۲۷۹ - ۳۰۴.

شیخی، داود؛ پازکی، معصومه (۱۴۰۰)، بررسی کارکردهای اجتماعی قنات در نواحی روستایی با تأکید بر شاخص‌های سرمایه اجتماعی (مورد مطالعه: شهرستان همدان)، *پژوهش‌های جغرافیای اقتصادی*، ۲(۳)، ۵۹-۷۳.

فداکارداورانی، محمدمهدی (۱۳۸۸)، قنات و سرمایه اجتماعی، *برنامه‌ریزی رفاه و توسعه اجتماعی*، ۱(۱)، ۱۴۹-۱۷۹.

مالیان، عباس؛ تیموری دامسکی، مرضیه؛ عربی، مهدی (۱۳۹۶)، آشکارسازی و مستندنگاری رشته قنات برپایه ادغام تصاویر هوایی و فضایی، *نشریه علوم و فنون نقشه برداری*، ۷(۲)، ۷۹-۹۲.

مختارنیا، کاظم؛ طالبیان، محمدحسن؛ عشرتی، پرستو (۱۴۰۱)، توسعهٔ چهارچوب نظری ارزش در قنات ایرانی، *مطالعات معماری ایران*، ۱۱ (۲۱)، ۲۰۵-۲۲۳.

گزارش پایگاه میراث جهانی قنات ایرانی (۱۴۰۱).

Arrighi, Ch., A global scale analysis of river flood risk of UNESCO world heritage sites, Frontiers in Water 3 (2021) 1–12, https://doi.org/10.3389/frwa.2021.764459.

Attarian, K., Safar Ali Najar, B. Heritage documentation and structural analysis of historic water-supply canals. Environ Earth Sci 81, 100 (2022). https://doi.org/10.1007/s12665-022-10206-1

Bosher, L., Kim, D., Okubo, T., Chmutina, K, J., (2019). Dealing with multiple hazards and threats on cultural heritage sites: an assessment of 80 case studies, Disaster Prev. Manag. : Int. J. 29 (1). 109–128, https://doi.org/10.1108/dpm-08-2018-0245.

Boumaiza, A.; Sajjad, M.; Sanfilippo, A.; Mohandes, N. (2022). Energy trading blockchain framework, agents modelling approach. In Sustainable Energy-Water-Environment Nexus in Deserts: Proceedings of the First International Conference on Sustainable Energy-Water-Environment Nexus in Desert Climates; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2022; pp. 543–550. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-76081-6_68.

Brimblecombe, P. (2014). Refining climate change threats to heritage, J. Inst. Conserv. 37 (2) 85–93, https://doi.org/10.1080/19455224.2014.916226.

Carmichael, B., Cathy Daly, Sandra Fatori'c, Mark Macklin, Sue McIntyre-Tamwoy, Witiya Pittungnapoo, Global riverine archaeology and cultural heritage: flood-risk management and Adaptation for the anthropogenic climate change crisis, Climate 11 (2023) 1–12, https://doi.org/10.3390/cli11100197.

Casarotto, A., Fiorentino, S., & Vandini, M. (2025). An Approach to Risk Assessment and Planned Preventive Maintenance of Cultural Heritage: The Case of the Hypogeum Archaeological Site of Sigismund Street (Rimini, Italy). Heritage, 8(9), 344. https://doi.org/10.3390/heritage8090344

Durrant, L. J., Vadher, N., A., Teller, Jigyasu, R. (2023). Disaster risk management and cultural heritage: The perceptions of European world heritage site managers on disaster risk management, International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 89, https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103625.

Esmaeili, G.; Habibi, A.; Esmaeili, H. R. Qanat system, an ancient water management system in Iran: History, architectural design and fish diversity. Int. J. Aquat. Biol. 2022, 10, 131–144.

Ghasemi H, Valipour E, Morad DH (2013) Application of traditional architectural structure as a sustainable approach to the mitigation of shortage water supply in desert regions. Acad J Sci 2(1): 125–132

Guzman, P. (2025). Cultural heritage in climate planning: An analysis of the Norwegian national climate documents and guidelines, Journal of Cultural Heritage, Volume 74, 35-47, https://doi.org/10.1016/j.culher.2025.05.003.

Guzman, P., Fatori'c, S., Ishizawa, M., Monitoring climate change in world heritage properties: evaluating landscape-based approach in the state of conservation system, Climate 8 (39) (2020) 1–19, https://doi.org/10.3390/cli8030039.

Harandi MF, de Vries MJ (2014) An appraisal of the qualifying role of hydraulic heritage systems: a case study of qanats in central Iran. Water Sci Technol: Water Supply 14(6): 1124–1132

HP of UNESCO World Heritage Centre: The Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention. <https://whc. unesco. org/en/guidelines/> (accessed July/18.2023).

ICCROM (2016) A Guide to Risk Management of Cultural Heritage, Government of Canada, Canadian Conservation Institute. ICCROM-ATHAR Regional Conservation Centre, Sharjah, U. A. E. www.iccrom.org/athar

ISO 31000, (2009). provides principles and generic guidelines on risk management. https://www.iso.org/standard/43170.html

Li, M. (2024), Disaster risk management of cultural heritage: A global scale analysis of characteristics, multiple hazards, lessons learned from historical disasters, and issues in current DRR measures in world heritage sites, International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 110, https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104633.

Mohtashami, A., Al-Ghafri, A., Labbaf Khaneiki, M. Akbarpour, A., (2025). Application of the quality border delineation for sustainable protection of groundwater resources, qanats, against contamination using meshless numerical method, Journal of Contaminant Hydrology, Volume 273, https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2025.104608.

DOI: 10.22034/rau.2026.2086888.1316

Mousazadeh H, Ghorbani A, Azadi H, Almani FA, Zangiabadi A, Zhu K, Dávid LD. (2023). Developing Sustainable Behaviours for Underground Heritage Tourism Management: The Case of Persian Qanats, a UNESCO World Heritage Property. Land. 12(4): 808. https://doi.org/10.3390/land12040808

Naeimiasl F, Vahidi H, Soheili N. (2025). Leveraging Principal Component Analysis for Data-Driven and Objective Weight Assignment in Spatial Decision-Making Framework for Qanat-Induced Subsidence Susceptibility Assessment in Railway Networks. ISPRS International Journal of Geo-Information. 14(5): 195. https://doi.org/10.3390/ijgi14050195

Salek, A. Rediscovering Community Participation in Persian Qanats: An Actor-Network Framework. Eur. J. Creat. Pract. Cities Landsc. 2019, 2, 153–172.

Wang, T., Fu, Zh., Zhang, Sh., Li, Zh., (2025). Water erosion risk assessment and predictive modelling for cultural heritage under climate change: A case study of the Great Wall in the Yellow River Basin, China, Journal of Cleaner Production, Volume 510, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145645.

Wang, X., Griffiths, J., Gibson, A., Kumar, P., (2025). Disaster management practices in churches in London, UK, International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 128, https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2025.105690.

Wei, G., Han, G., Lang, X., (2024). Using RS and GIS for risk management of natural disasters consequences: The case of cultural heritage in Jinan city, China, Heliyon, Volume 10, Issue 19, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38217.

Yousefian, N., Shahnoushi Foroushani, N., Firozzare, A., Taghvaeian, S., (2025). Prioritising the effects of sustainable development of reviving the qanat in Fariman-Torbat Jam plain- The Eastern of Iran, Groundwater for Sustainable Development, Volume 28, https://doi.org/10.1016/j.gsd.2024.101365.