



The University of Tehran Press

Natural Resources Governance

Vol. 2, No. 4, Winter 2025

Online ISSN: 3060-7183

Home Page: <https://jnrg.ut.ac.ir/>

Investigating Factors Affecting the Sustainable Governance of Groundwater Resources in Zanjan Province

Zahra Azizi ¹ | Rohollah Rezaei ²

- 1) Corresponding Author, Department of Extension, Communication and Rural Development, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. Email: azizi.z@znu.ac.ir
- 2) Department of Extension, Communication and Rural Development, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. Email: r_rezaei@znu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received 07 November, 2025
Revised 16 December, 2025
Accepted 20 December, 2025
Published online 22 December, 2025

Keywords:
Delphi Technique,
Groundwater Resources,
Key Drivers,
Sustainable Water Governance Model,
Zanjan Province.

ABSTRACT

Worldwide, the increasing depletion of groundwater reserves indicates that the fundamental challenge is no longer merely the physical scarcity of water, but rather the weakness and inefficiency of governance frameworks in managing these vital resources sustainably. Accordingly, this mixed-methods (qualitative-quantitative) research aimed to identify and prioritize the factors affecting sustainable groundwater governance in Zanjan Province, conducted using the Delphi technique. The statistical population consisted of 21 experts, senior executives from relevant organizations, and university faculty members specializing in water management and governance, purposively selected via the snowball sampling method based on their academic qualifications and professional experience. Data analysis was performed using SPSS software, employing mean, standard deviation, and Kendall's coefficient of concordance. Following two Delphi rounds and the confirmation of consensus stability (based on the Schmidt stability criterion and the consistency of Kendall's W), 22 key drivers were identified that simultaneously met the criteria for importance and convergence of opinions. Ultimately, the selected drivers were prioritized within a layered model; the critical layer, as the core of the model, focuses on three strategic factors: reforming the water pricing system, enhancing the deterrent power of laws, and deploying monitoring technologies. In the subsequent levels, the necessary layer comprised 14 factors (such as climate change adaptation, inter-institutional coordination, and policy stability), and the supporting layer included five factors (including clarifying water property rights, integrating customary and formal institutions, and local decentralization), which collectively constitute the strategic framework for sustainable groundwater governance in Zanjan Province. By providing a prioritized structure, the findings of this study offer an objective platform for the realization of evidence-based governance, serving as a reference model for reforming decision-making processes in regions facing similar hydrological stress.

Cite this article: Azizi, Z., Rezaei, R. (2025). Investigating Factors Affecting the Sustainable Governance of Groundwater Resources in Zanjan Province. *Journal of Natural Resources Governance*, 2 (4), 438-455.
<https://doi.org/10.22059/jnrg.2025.407388.1074>



© Zahra Azizi, Rohollah Rezaei

Publisher: University of Tehran Press.

<https://doi.org/10.22059/jnrg.2025.407388.1074>



انتشارات دانشگاه تهران

نشریه حکمرانی منابع طبیعی

دوره ۲، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴

سایت نشریه: <https://jnrng.ut.ac.ir/>

شاپا الکترونیکی: ۷۱۸۳-۳۰۶۰

واکاوی عوامل تأثیرگذار بر حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی در استان زنجان

زهرا عزیزی*^۱ | روح اله رضائی^۲

(۱) نویسنده مسئول، گروه ترویج، ارتباطات و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: azizi.z@znu.ac.ir

(۲) گروه ترویج، ارتباطات و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: r_rezaei@znu.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

علمی - پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

کلیدواژه:

استان زنجان،
پیشران‌های کلیدی،
تکنیک دلفی،
منابع آب زیرزمینی،
مدل حکمرانی پایدار آب.

در سراسر جهان کاهش فزاینده ذخایر آب‌های زیرزمینی نشان می‌دهد چالش اصلی دیگر ماهیت فیزیکی کمبود آب نیست، بلکه ضعف و ناکارآمدی چارچوب‌های حکمرانی در مدیریت پایدار این منابع حیاتی است. بر این اساس هدف این پژوهش آمیخته (کیفی - کمی)، شناسایی و اولویت‌بندی عوامل تأثیرگذار بر حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی در استان زنجان بود که با استفاده از تکنیک دلفی انجام شد. جامعه آماری این پژوهش شامل ۲۱ نفر از متخصصان و مدیران ارشد اجرایی در سازمان‌های مرتبط و اعضای هیأت علمی دانشگاهی آشنا به مدیریت و حکمرانی آب بودند که با توجه به سطح تحصیلات و سابقه کاری در حوزه منابع آب، به صورت هدفمند و با روش گلوله‌برفی انتخاب شدند. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS، از میانگین، انحراف معیار و ضریب کندال بهره گرفته شد. پس از انجام دو دور دلفی و تأیید پایداری اجماع (بر اساس معیار اشمیت و ثبات ضریب کندال)، ۲۲ عامل و پیشران کلیدی شناسایی شدند که همزمان از دو منظر «اهمیت» و «همگرایی نظرات» معیارهای لازم را داشتند. در نهایت پیشران‌های منتخب در قالب یک مدل لایه‌ای اولویت‌بندی شدند؛ لایه حیاتی به عنوان هسته مرکزی مدل، بر سه عامل کلیدی اصلاح نظام قیمت‌گذاری، ارتقای بازدارندگی قوانین و استقرار فناوری‌های پایش، تمرکز دارد. در سطوح بعدی، لایه ضروری مشتمل بر ۱۴ عامل (نظیر سازگاری با تغییر اقلیم، هماهنگی بین‌نهادی و ثبات در سیاست‌گذاری) و لایه پشتیبان شامل پنج عامل (از جمله شفاف‌سازی حقوق مالکیت، تلفیق نهادهای عرفی و رسمی و تمرکززدایی محلی) شناسایی شدند که در مجموع چارچوب راهبردی حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی در استان زنجان را تشکیل می‌دهند. یافته‌های این پژوهش با ارائه یک ساختار اولویت‌بندی شده، بستری عینی برای تحقق حکمرانی شواهدمحور فراهم آورده است که می‌تواند به‌مثابه الگویی مرجع برای اصلاح فرایندهای تصمیم‌گیری در مناطق با تنش هیدرولوژیکی مشابه استفاده شود.

استاد: عزیزی؛ زهرا، رضائی، روح‌اله (۱۴۰۴). واکاوی عوامل تأثیرگذار بر حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی در استان زنجان. حکمرانی منابع طبیعی، ۲ (۴)، ۴۳۸-۴۵۵.

<https://doi.org/10.22059/jnrng.2025.407388.1074>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© زهرا عزیزی، روح‌اله رضائی

<https://doi.org/10.22059/jnrng.2025.407388.1074>



۱. مقدمه

آب یک منبع اساسی برای حفظ حیات، پشتیبانی از عملکردهای اکولوژیکی، حفظ تنوع زیستی و ارتقای رفاه اجتماعی است (Hasan et al., 2025). در سطح جهانی، آب‌های زیرزمینی منبعی حیاتی برای امنیت آب، مصارف کشاورزی، تولیدات صنعتی و تأمین معیشت خانوار در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند (Hasan et al., 2025; Truong Khanh et al., 2025). در مجموع ۲/۵ میلیارد نفر صرفاً برای تأمین نیازهای اولیه خود به این منابع متکی‌اند (Navaneeth et al., 2024). این وابستگی در بخش کشاورزی بسیار شدیدتر است، به‌گونه‌ای که کشاورزی حدود ۷۰ درصد از مصرف آب جهانی را به خود اختصاص می‌دهد و حتی در ایران، این رقم از ۹۰ درصد فراتر رفته است. این امر کشور را به پنجمین مصرف‌کننده آب‌های زیرزمینی جهان تبدیل کرده است (Savari et al., 2025).

با این حال بهره‌برداری بی‌رویه به‌ویژه برای مصارف کشاورزی به موازات مسائل دیگری همچون شهرنشینی، خشکسالی‌های ناشی از تغییرات اقلیمی، حفر چاه‌های غیرقانونی و سهل‌انگاری در اجرای قوانین، به کاهش شدید کمی و کیفی سطح آب‌های زیرزمینی منجر شده است (Truong Khanh et al., 2025). این مسئله به‌نوبه خود پیامدهای منفی گسترده‌ای را در پی داشته است؛ پایین آمدن سطح سفره‌ها، کاهش جریان رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، افزایش هزینه‌های استخراج آب و بروز تهدیدهای محیط‌زیستی مانند فرونشست زمین و آلودگی‌های شیمیایی که سرتاسر جهان را تحت تأثیر قرار داده است (Gebreslassie et al., 2025). این وضعیت نه‌تنها به اکوسیستم‌های وابسته به منابع آب زیرزمینی آسیب می‌زند، بلکه با افزایش هزینه‌های تولید، کاهش درآمد کشاورزان، مهاجرت روستایی و تشدید نابرابری‌های اجتماعی همراه است (Fessahaye et al., 2025).

در نهایت، این روند می‌تواند تأمین امنیت غذایی جهان در آینده را با تهدید جدی مواجه کند (Savari et al., 2024; Mangal & Govind, 2025). در چنین چارچوبی، بحران‌های حوزه آب به‌طور گسترده‌ای با چالش‌های حکمرانی گره خورده‌اند (Kehinde et al., 2025)؛ در این میان متغیرهایی نظیر ضعف در حکمرانی، تعارض منافع و آگاهی محدود نسبت به ابزارهای مدیریتی کارآمد، از عوامل زیربنایی هستند که تحقق مدیریت پایدار منابع آب را در مقیاس جهانی بسیار دشوار کرده‌اند (Al Falahi & Guangcan, 2025).

این وضعیت بیان‌کننده آن است که بحران آب تنها یک مسئله تأمین منابع نیست، بلکه چالشی پیچیده در حوزه حکمرانی محسوب می‌شود که استقرار چارچوب‌های نهادی مستحکم و نظام‌مند را ایجاب می‌کند (محمدیان و همکاران، ۲۰۲۵). این امر، ضرورت تقویت ساختارهای حکمرانی پایدار را برای مدیریت بحران آب، به‌ویژه در بخش کشاورزی، بیش‌ازپیش آشکار می‌سازد. حکمرانی نقشی محوری در مدیریت مؤثر منابع آب جهت تحقق توسعه پایدار ایفا و به‌مثابه یکی از ابزارهای اصلی ارتقای کیفیت زندگی و عدالت اجتماعی، رهیافتی جامع برای مدیریت این منابع فراهم می‌کند (اعظمی و محجوبی، ۲۰۲۴). در واقع حکمرانی پایدار آب به طیف گسترده‌ای از رویه‌ها و فرایندهای سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و اداری اطلاق می‌شود که برای تنظیم، کنترل، توسعه و مدیریت پایدار منابع و خدمات آب در سطوح مختلف جامعه به کار گرفته می‌شوند (Ahsan et al., 2026; Abubakari, 2025; Rogers et al., 2006; Rogers & Hall, 2003).

در تعریفی دیگر از سوی بانک توسعه بین‌آمریکایی^۱ (۱۹۹۸)، حکمرانی پایدار آب زیرمجموعه‌ای از فرایندهای ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی و نهادی و توسعه همکاری‌های اجتماعی تلقی می‌شود که بر چالش‌های ذی‌نفعان، تعاملات میان آنان، سازوکارهای تخصیص بر مبنای مشارکت و برون‌دادها، همچنین ایجاد مؤسسات کارآمد تأکید می‌ورزد، بنابراین حکمرانی پایدار آب به گستره‌ای از نظام‌های اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و مدیریتی اشاره دارد که با جلب مشارکت تمامی گروه‌های ذی‌نفع از نهادهای رسمی و غیررسمی، به دنبال مدیریت و توسعه پایدار منابع آب هستند (Martín Velasco et al., 2023).

حکمرانی پایدار آب‌های زیرزمینی، کارکردی حیاتی در صیانت از ذخایر آبی و تداوم فعالیت‌های انسانی ایفا می‌کند. این مفهوم، تبیین‌گر فرایندهای پیچیده تنظیم‌گری و بهره‌برداری است که به‌طور هم‌زمان نظام‌های اکولوژیکی (ابعاد بیوفیزیکی و هیدرولوژیکی) و

^۱ Inter-American Development Bank

اجتماعی (چارچوب‌های قانونی، نهادی و نقش‌آفرینی ذی‌نفعان) را در بستر تعاملات تصمیم‌گیری با یکدیگر پیوند می‌دهد (Muenratch et al., 2022; Megdal et al., 2015).

در همین راستا کاستودیو^۱ و همکاران (۲۰۲۵) حکمرانی پایدار را در قالب چهار رکن اساسی صورت‌بندی کرده‌اند: ۱- چارچوب قانونی مقتدر، ۲- دانش مشترک و جامع از سیستم‌های آبخوان، ۳- ساختار نهادی منسجم (مبتنی بر رهبری، سازمان‌دهی کارآمد و مشارکت ذی‌نفعان) و ۴- سیاست‌ها، محرک‌ها و برنامه‌های همسو با اهداف کلان جامعه. با توجه به اهمیت فزاینده این حوزه در سال‌های اخیر، پژوهشگران پرشماری به شناسایی عوامل تأثیرگذار بر حکمرانی پایدار و تدوین چارچوب‌های مدیریتی نوین پرداخته‌اند.

برای نمونه افشاری و همکاران (۲۰۲۵) مؤلفه‌های اصلی ارتقای حکمرانی پایدار منابع آب را شامل مواردی نظیر بهبود دانش بهره‌برداران، شفاف‌سازی وظایف ارگان‌های مرتبط، پاسخگویی نهادهای متولی در اجرای سیاست‌ها، جلب مشارکت کشاورزان در اجرای قوانین و ایجاد بستر مناسب برای فعالیت نهادهای مردم‌نهاد دانسته‌اند. هم‌سو با این نگاه، مردانی و همکاران (۲۰۲۵) مدیریت مشارکتی را به‌عنوان رویکردی نوظهور در این عرصه تحلیل کرده و سیاست‌گذاری چندسطحی، دانش‌افزایی ذی‌نفعان و همکاری‌های بین‌نهادی را از ارکان محوری حکمرانی مشارکتی و پایدار برشمردند. در بُعد فناوری، دای^۲ و همکاران (۲۰۲۵) بر نقش کلیدی استقرار فناوری‌های پیش و کنترل از جمله حسگرهای مبتنی بر اینترنت اشیا، کنتورهای هوشمند و سامانه‌های تحلیل داده‌های بلادرنگ، در تقویت حکمرانی پایدار منابع آب تأکید ورزیده‌اند. افزون بر این سادات صدقیان ترک‌نژاد و همکاران (۲۰۲۴) طی مطالعه خود به این نتیجه دست یافتند که کارآمدی قوانین (لزوم اجرای مقررات کارشناسی شده)، تدوین خط‌مشی‌های کلان‌نظارتی با تمرکز بر توسعه راهکارهای مبتنی بر فناوری و توجه به بُعد سیاسی در حوزه‌های آبی، در مقایسه با سایر بیشترین تأثیر را عوامل حکمرانی پایدار منابع آب داشته‌اند.

در تداوم واکوی ادبیات پژوهش، سانگ^۳ و همکاران (۲۰۲۴) تبیین کردند که ایجاد تغییرات نهادی بنیادین (از طریق استقرار سازوکارهای اجرایی و نظارتی مقتدر) در کنار تقویت تعاملات میان‌بخشی ذی‌نفعان، نقشی کلیدی در کاهش مصرف آب و ارتقای شاخص‌های حکمرانی پایدار ایفا می‌کند. در همین راستا، لدر^۴ و همکاران (۲۰۲۴) بر اهمیت سرمایه اجتماعی در حکمرانی پایدار منابع آب تأکید ورزیده و نشان دادند مشارکت جوامع محلی (به‌ویژه نقش‌آفرینی زنان) به‌عنوان یک متغیر میانجی، رابطه مثبت و معناداری با مؤلفه‌هایی همچون پایداری سیستم، تخصیص عادلانه منابع، مدیریت تعارضات و بازتولید اعتماد اجتماعی دارد. از منظر ابعاد ساختاری، یافته‌های پژوهش صرامی فروشانی^۵ و همکاران (۲۰۲۳) نشان حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی بر سه رکن اصلی استوار است: ۱- کارایی (مبتنی بر نظام قیمت‌گذاری بازدارنده و چارچوب‌های قانونی شفاف)، ۲- اثربخشی (از طریق سیاست‌گذاری هماهنگ و تبیین دقیق نقش‌ها) و ۳- اعتماد و مشارکت (با تکیه بر شفافیت و تقویت نقش ذی‌نفعان). هم‌سو با این یافته‌ها، نصیری‌زارع و طهماسبی (۲۰۲۲) تسهیل مشارکت ذی‌نفعان، تمرکززدایی و تفویض اختیار به سطوح محلی را در کنار یک نظام نظارتی کارآمد (اصلاح قوانین و مقررات)، از حیاتی‌ترین پیشران‌های تحقق حکمرانی پایدار در بخش آب کشاورزی برشمردند. در سطحی کلان‌تر، صرامی فروشانی و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای دیگر نشان دادند مؤلفه‌های سیاست‌گذاری (شامل هماهنگی سیاست‌های بخشی و شفافیت در فرایند تدوین آنها)، اقدام‌های نوآورانه، پایداری بودجه و تأمین مالی، در کنار استحکام چارچوب‌های قانون‌گذاری، بیشترین تأثیر را بر حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی دارا بودند. در نهایت گاندو^۶ و همکاران (۲۰۲۰) با نگاهی جامع‌نگر، دریافته‌اند که علاوه بر متغیرهای ساختاری، عوامل دموگرافیک (نظیر تعادل جنسیتی، سن و بُعد خانوار) و ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی (همچون سطح تحصیلات، درآمد خانوار و راهبردهای قیمت‌گذاری آب)، از اصلی‌ترین مؤلفه‌های شکل‌دهنده به الگوی حکمرانی پایدار منابع آب به‌شمار می‌آیند.

¹ Custodio

² Dai

³ Song

⁴ Leder

⁵ Sarami-Foroushani

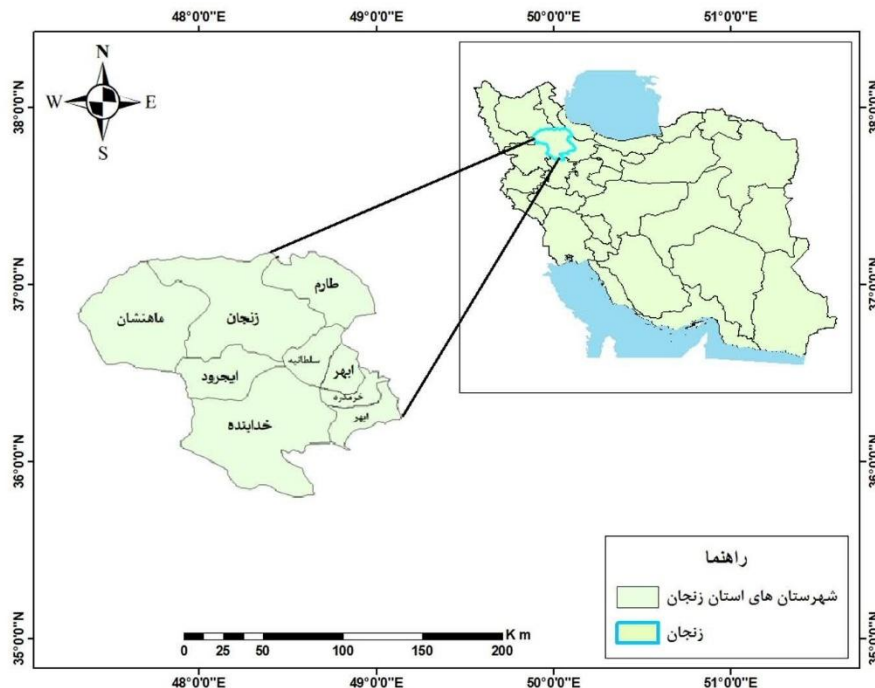
⁶ Gando

۲. روش‌شناسی تحقیق

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

استان زنجان واقع در شمال غرب ایران (شکل ۱)، با اقلیمی نیمه‌خشک و جایگاهی راهبردی در سبب تولیدات کشاورزی کشور، با بحرانی فزاینده در منابع آب زیرزمینی مواجه است. بررسی تراز هیدرولوژیکی استان نشان می‌دهد ۷۸ درصد از کل مصرف آب در بخش کشاورزی متمرکز شده و تأمین بیش از ۶۵ درصد از این حجم عظیم بر عهده سفره‌های زیرزمینی است (عبداللهی و همکاران، ۲۰۲۴). موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های سرزمینی این منطقه نشان‌دهنده گستردگی دشت‌هایی است که در دو دهه اخیر به‌طور مستمر تحت تأثیر خشکسالی‌های شدید قرار داشته‌اند، به‌گونه‌ای که امروز بیش از ۹۸ درصد مساحت این استان با تنش جدی کم‌آبی دست‌وپنجه نرم می‌کند (شجاعی‌شیری و همکاران، ۲۰۲۵؛ مرکز ملی خشکسالی و بحران، ۲۰۲۴).

تغییر الگوی بارش‌ها در کنار توسعه نامتوازن فعالیت‌های اقتصادی، حفر چاه‌های غیرمجاز و برداشت‌های فراتر از ظرفیت آستانه، به افت میانگین هشت متری تراز آبخوان‌ها و وقوع فرونشست‌های نگران‌کننده تا نرخ ۴۰ میلی‌متر در سال منجر شده است. این گسست توازن میان تغذیه و برداشت، دشت‌های زنجان را در وضعیت «سوءمدیریت ساختاری» قرار داده است (فکوریان و همکاران، ۲۰۲۴). گزارش‌های نظارتی (۲۰۲۵) حاکی از آن است که این بن‌بست هیدرولوژیکی، بیش از آنکه صرفاً ناشی از عوامل اقلیمی باشد، برآمده از ضعف در ارکان حکمرانی نظیر اجرای ناکارآمد قوانین، ناهماهنگی بین‌سازمانی، رویکرد پیشینی قهری و خلأ سامانه‌های هوشمند پایش است. در چنین بافتی، تداوم پارادایم‌های مدیریتی سنتی، نتیجه‌ای جز تخلیه کامل آبخوان‌ها و فروپاشی سکونت‌گاه‌های انسانی نخواهد داشت، از این رو واكوی پیشران‌های کلیدی و گذار به سمت تدوین یک مدل حکمرانی پایدار و تطبیق‌پذیر، نه تنها یک ضرورت علمی، بلکه یک مأموریت وجودی برای بازگرداندن پایداری به اکوسیستم حیاتی استان زنجان محسوب می‌شود.



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

۲-۲. روش پژوهش

پژوهش حاضر در چارچوب پارادایم تفسیرگرایی تدوین شده است و از نظر جهت‌گیری، ماهیتی کاربردی دارد. رویکرد تحقیق، استقرایی - قیاسی و روش‌شناسی آن مبتنی بر راهبرد پیمایشی در قالب روش تحقیق آمیخته (کیفی - کمی) با هدفی توصیفی - اکتشافی است. ضرورت اتخاذ این رویکرد چندگانه، ریشه در ماهیت «بغرنج» موضوع حکمرانی پایدار آب (Rittel & Webber, 1973) در بافتار هیدروپلیتیکی استان زنجان دارد؛ مسائلی که به سبب درهم‌تنیدگی ابعاد فنی، اجتماعی و سیاسی، فاقد پاسخ‌های

تک‌ساختی بوده و به دلیل محدودیت داده‌های کمی متقن، امکان مدل‌سازی ریاضی صرف را سلب می‌کنند. بر این اساس برای تبیین چنین پدیده‌های پیچیده‌ای، از تکنیک دلفی بهره گرفته شد. این تکنیک به‌عنوان یک روش تحقیق ساختاریافته، به‌طور خاص برای دستیابی به اجماع گروهی در مورد موضوعات پیچیده و فاقد قطعیت طراحی شده است (Duncombe, 2020; Hasson et al., 2025). به این ترتیب بهره‌گیری از خرد جمعی، دانش ضمنی و قضاوت‌های کارشناسی خبرگان از طریق فرایند دلفی، به‌منظور دستیابی به اجماع نخبگانی، به‌عنوان یک رکن کلیدی در فرایند پژوهش حاضر لحاظ شد.

جامعه آماری این پژوهش شامل تمامی متخصصان و مدیران ارشد اجرایی (در سازمان‌های مرتبط در استان زنجان شامل شرکت آب منطقه‌ای، سازمان جهاد کشاورزی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، استانداری و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی و مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی) و اعضای هیأت علمی دانشگاهی آشنا به مباحث مدیریت و حکمرانی پایدار آب در استان زنجان بود. برای انتخاب اعضای پانل، ابتدا از نمونه‌گیری هدفمند برای گزینش آگاهانه نخبگان با هدف دستیابی به بیشینه غنای اطلاعاتی استفاده شد. در ادامه تکنیک گلوله برفی برای گسترش شبکه نخبگان و شناسایی سایر متخصصان کلیدی از طریق معرفی خبرگان اولیه به کار گرفته شد تا جامعیت و تنوع دیدگاه‌های پانل تضمین شود. در این راستا، معیارهای ورود تخصصی جهت عضویت در پانل نهایی به شرح زیر تعیین شد:

- برای خبرگان دانشگاهی: داشتن مدرک دکتری تخصصی در رشته‌های مرتبط و سوابق پژوهشی مشخص در حوزه آب.
- برای مدیران و خبرگان اجرایی: داشتن حداقل مدرک کارشناسی؛ با این شرط که برای افراد دارای مدرک کارشناسی، حداقل ۱۵ سال سابقه و برای افراد دارای مدرک کارشناسی ارشد و بالاتر، حداقل ۱۰ سال سابقه فعالیت اجرایی و مدیریتی در سطوح عملیاتی و ستادی سازمان‌های متولی آب لحاظ شد.
- شرط مشترک: تسلط و تجربه مستقیم بر چالش‌های هیدروپلیتیکی و نهادی حوزه آبریز استان زنجان که از طریق بررسی سوابق شغلی احراز شد.

در نهایت، پانل خبرگان متشکل از ۲۱ نفر که واجد تمامی شرایط فوق بودند، نهایی شد. مشخصات دموگرافیک این پانل به تفکیک در جدول ۱ ارائه شده است.

ابزار گردآوری داده‌ها، پرسشنامه‌ای محقق‌ساخته بود که بر اساس ادبیات پژوهش و عوامل استخراج‌شده مرتبط با مدل حکمرانی پایدار منابع آب در فاز کیفی تدوین شد. برای سنجش میزان اهمیت عوامل، از یک مقیاس ۱۱ نقطه‌ای (از صفر به معنای کاملاً بی‌اهمیت تا ۱۰ به معنای کاملاً حیاتی) استفاده شد. انتخاب این مقیاس به جای طیف‌های مرسوم پنج گزینه‌ای (لیکرت)، به دلیل برخورداری از حساسیت و دقت بالاتر در تفکیک دیدگاه‌های خبرگان صورت گرفت. پژوهش‌های روش‌شناختی نشان می‌دهند مقیاس‌های ۱۱ نقطه‌ای (۰-۱۰) به دلیل نزدیکی به ساختار ذهن انسان در امتیازدهی عددی، خطای اندازه‌گیری را کاهش می‌دهند و اعتبار و پایایی بالاتری در مقایسه با مقیاس‌های کوتاه‌تر فراهم می‌کنند (Alwin & Krosnick, 1991). همچنین، این مقیاس با فراهم کردن واریانس بیشتر در داده‌ها، امکان تحلیل‌های آماری دقیق‌تر و شناسایی ظریف‌ترین تفاوت‌ها در اولویت‌بندی عوامل پیچیده را میسر می‌سازد (Dawes, 2008; Preston & Colman, 2000). به‌منظور تضمین استحکام علمی ابزار پژوهش و اطمینان از درستی یافته‌ها، روایی و پایایی پرسشنامه به شرح زیر مورد سنجش و تأیید قرار گرفت: (الف) روایی: روایی محتوا با رویکرد ترکیبی (کیفی و کمی) احراز شد. در بخش کیفی، پیش‌نویس پرسشنامه توسط اساتید راهنما و پنج خبره مستقل (خارج از پانل اصلی دلفی) از نظر شفافیت، سادگی و عدم هم‌پوشانی بازبینی و اصلاح شد، سپس در بخش کمی، شاخص روایی محتوا در سطح کل مقیاس^۱ (S-CVI) محاسبه شد. برای این منظور از خبرگان خواسته شد هر گویه را بر اساس دو معیار ضرورت (ارتباط محتوایی با اهداف حکمرانی) و شفافیت (وضوح و سادگی عبارت‌بندی) در یک طیف چهار گزینه‌ای امتیازدهی کنند. با توجه به اینکه میانگین شاخص مذکور برابر با ۰/۹۱، بالاتر از آستانه پذیرش استاندارد ۰/۹۰، به‌دست آمد (Polit & Beck, 2006)، روایی محتوایی ابزار پژوهش به‌طور کامل تأیید شد. (ب) پایایی: جهت سنجش سازگاری درونی پرسشنامه، ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شد که مقدار آن برای کل ابزار ۰/۸۹ به‌دست آمد. این رقم نشان‌دهنده پایایی عالی و قابلیت اعتماد بالای پرسشنامه در سنجش دیدگاه‌های

^۱ Scale-level Content Validity Index

خبرگان است (DeVellis & Thorpe, 2021). افزون بر این در تکنیک دلفی، پایایی از طریق سنجش پایداری نظرات بین دو دور متوالی نیز ارزیابی شد. در این مورد کاهش معنادار میانگین انحراف معیار از ۲/۱۷ در دور اول دلفی به ۱/۳۷ در دور دوم، در کنار افزایش ضریب همابستگی کندال به ۰/۴۹۴ و پایداری آن بر اساس معیار اشمیت^۱ (۱۹۹۷) (تغییرات کمتر از ۰/۳ بین دو دور)، ثبات و تکرارپذیری یافته‌های پژوهش را به اثبات رساند.

فرایند دلفی در این پژوهش طی دو دور متوالی اجرا و تحلیل داده‌ها با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS انجام شد. در دور اول، پرسشنامه اولیه مشتمل بر ۱۹ عامل شناسایی شده به همراه یک پرسش باز (برای دریافت دیدگاه‌های تکمیلی و شناسایی متغیرهای نوظهور) در اختیار ۲۱ عضو پانل قرار گرفت. تحلیل داده‌های این مرحله شامل محاسبه شاخص‌های آمار توصیفی نظیر میانگین (برای سنجش اهمیت گویه‌ها) و انحراف معیار (برای ارزیابی میزان پراکندگی نظرات) بود، همچنین ضریب همابستگی کندال برای ارزیابی سطح توافق کلی میان اعضا محاسبه شد. در مرحله گذار، داده‌های کیفی حاصل از پرسش باز با روش تحلیل محتوای کیفی پردازش و پس از ادغام با نتایج بخش کمی، فهرست نهایی ۲۲ عامل کلیدی تدوین شد. در دور دوم، پرسشنامه‌ای ساختاریافته حاوی ۲۲ گویه بر اساس مقیاس ۱۱ نقطه‌ای تدوین و برای اعضا ارسال شد. ویژگی متمایز این مرحله، ارائه «بازخورد آماری کنترل‌شده» بود، به این صورت که میانگین و انحراف معیار حاصل از دور اول در مقابل هر عامل به اطلاع متخصصان رسید تا اعضا ضمن آگاهی از دیدگاه جمعی گروه، امتیازات خود را بازبینی و در صورت لزوم تعدیل کنند. منطق توقف فرایند دلفی در این پژوهش بر اساس معیارهای دوگانه اشمیت (۱۹۹۷) استوار بود. طبق این چارچوب، دو شاخص برای اتمام دورها مدنظر قرار گرفت: نخست، احراز اتفاق نظر قوی میان اعضای پانل که از طریق مقدار ضریب همابستگی کندال و تأیید معناداری آماری آن سنجیده شد و دوم، احراز پایداری اجماع که بر اساس آن، ثابت ماندن یا افزایش جزئی (کمتر از ۰/۳) و غیرمعنادار ضریب کندال در دو دور متوالی، نشان‌دهنده عدم دستیابی به توافق جدید و اشباع نظرات است. با تحقق این شرایط و دستیابی به سطح توافق مطلوب در پایان دور دوم، فرایند دلفی متوقف و نتایج نهایی استخراج شد.

در فاز نهایی تحلیل، از شاخص‌های آمار توصیفی جهت اولویت‌بندی راهبردی پیشران‌های مؤثر بر حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی استان زنجان بهره گرفته شد. انتخاب عوامل برای ورود به مدل نهایی، مبتنی بر یک ساختار غربال‌گری دومرحله‌ای بود. به این صورت که تنها عواملی در فرایند مدل‌سازی لحاظ شدند که همزمان دو معیار فیلتر را احراز کردند: نخست، معیار اهمیت (با حد آستانه میانگین $\leq 0/7$) و دوم، معیار پایداری اجماع (با حد آستانه انحراف معیار $\geq 2/0$). در نهایت، پیشران‌هایی که با موفقیت از این دو فیلتر عبور کردند، بر مبنای وزن اهمیت استخراج‌شده، در قالب یک مدل لایه‌ای دسته‌بندی شدند. در این ساختار سلسله‌مراتبی، عوامل با میانگین $\leq 8/5$ در لایه «حیاتی» (هسته مرکزی)، عوامل با $7/0 \geq$ میانگین $\geq 8/5$ در لایه «ضروری» و سایر پیشران‌های پذیرفته‌شده با میانگین $\geq 7/0$ در لایه «پشتیبان» قرار گرفتند (Dunscombe, 2020). این تدقیق لایه‌ای، زیربنای لازم برای شکل‌گیری چارچوب نهایی مدل حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی را فراهم آورد.

۳. یافته‌های پژوهش

۳-۱. نتایج توصیفی

یافته‌های حاصل از تحلیل مشخصات جمعیت‌شناختی اعضای پانل دلفی در جدول ۱ ارائه شده که نشان‌دهنده غنای تخصصی و تجربی مشارکت‌کنندگان در این پژوهش است. مطابق داده‌های جدول ۱، از نظر سطح تحصیلات، ۹۰/۵ درصد از اعضا دارای مدارک تحصیلات تکمیلی هستند (۵۲/۴ درصد کارشناسی ارشد و ۳۸/۱ درصد دکتری). از منظر حوزه تخصص، بیشترین فراوانی متعلق به متخصصان «آبیاری و کشاورزی» (۴۷/۵ درصد) و «منابع آب» (۲۸/۶ درصد) که تمرکز پانل بر بدنه اصلی متولیان آب را نشان می‌دهد، همچنین از نظر سازمان محل خدمت، ۷۱/۳ درصد خبرگان از دو نهاد حاکمیتی کلیدی شامل «شرکت آب منطقه‌ای» و «سازمان جهاد کشاورزی» برگزیده شده‌اند که این ترکیب، انطباق بالایی یافته‌ها با واقعیت‌های اجرایی منطقه را تضمین می‌کند.

^۱ Schmidt

جدول ۱. خلاصه نتایج توصیفی مربوط به مشخصات فردی و تخصصی پانل خبرگان (n=۲۱)

شماره	متغیر	گروه‌ها	فراوانی	درصد
۱	سطح تحصیلات	کارشناسی	۲	۹/۵
		کارشناسی ارشد	۱۱	۵۲/۴
		دکتري	۸	۳۸/۱
۲	حوزه تخصصی	آبیاری و کشاورزی	۱۰	۴۷/۵
		سیاست‌گذاری - مدیریتی	۳	۱۴/۳
		منابع آب	۶	۲۸/۶
		فنی مهندسی آب	۱	۴/۸
		برنامه‌ریزی منطقه‌ای	۱	۴/۸
		شرکت آب منطقه‌ای استان زنجان	۸	۳۸/۱
		سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان	۷	۳۳/۲
		دانشگاه زنجان	۲	۹/۵
		مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان	۱	۴/۸
		استانداری زنجان	۱	۴/۸
۳	سازمان محل خدمت	مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی	۱	۴/۸
		سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان زنجان	۱	۴/۸

۳-۲. دور اول دلفی

نتایج به‌دست‌آمده از دور نخست دلفی نشان داد میانگین انحراف معیار پاسخ‌های پانل نخبگان در خصوص میزان اهمیت عوامل/پیشران‌های مستخرج از پیشینه پژوهش، برابر با ۲/۱۷ بود (جدول ۲). با توجه به گستره طیف مورد استفاده (صفر تا ۱۰)، این میزان از انحراف معیار بیانگر پراکندگی قابل توجه در دیدگاه‌ها و عدم دستیابی به اجماع نخبگانی در دور اول دلفی است که ضرورت بازبینی و بازخورد آرا در دور دوم را تبیین می‌کند، البته شایان ذکر است که در راستای ارتقای جامعیت مدل و با هدف احصای متغیرهای بومی و نوظهور، تحلیل محتوای پاسخ‌های بخش بازپاسخ به شناسایی سه عامل کلیدی جدید شامل «کنترل و مدیریت منابع آلاینده»، «برنامه‌ریزی جهت سازگاری با تغییر اقلیم» و «بهره‌گیری از فناوری‌های نوآورانه دیجیتال»، منجر شد (جدول ۲). بر این اساس پرسشنامه دور دوم دلفی با ترکیبی از این عوامل نوظهور و گویه‌هایی که میانگین امتیاز آنها از حد آستانه مقرر (۶/۰) فراتر رفته بود، برای نظرسنجی نهایی و دستیابی به توافق پایدار تدوین شد.

جدول ۲. نتایج ارزیابی اهمیت و سطح توافق نخبگان پیرامون عوامل حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی (یافته‌های دور اول دلفی)

شماره	عامل	میانگین	انحراف معیار
۱	اصلاح نظام قیمت‌گذاری و تعرفه‌گذاری آب	۹/۲۸	۱/۰۰
۲	سیاست‌های مرتبط با واقعی‌سازی یا هدفمندسازی قیمت حامل‌های انرژی	۷/۹۰	۲/۰۲
۳	توسعه ابزارهای حمایتی و تشویقی هدفمند	۶/۳۸	۳/۱۰
۴	ایجاد و تنظیم‌گری بازار محلی آب	۶/۱۴	۲/۷۴
۵	ارتقای سرمایه اجتماعی و اعتماد متقابل	۷/۷۱	۲/۱۲
۶	توانمندسازی و آموزش هدفمند بهره‌برداران	۷/۵۲	۲/۲۴
۷	افزایش سواد آبی و آگاهی عمومی	۷/۴۲	۲/۲۰
۸	تلفیق نهادهای عرفی و رسمی	۶/۶۶	۲/۰۸
۹	تقویت اراده سیاسی و ثبات در سیاست‌گذاری	۸/۲۸	۲/۴۳
۱۰	افزایش اثربخشی و بازدارندگی قوانین	۹/۱۹	۱/۳۶
۱۱	اصلاح و شفاف‌سازی نظام حقوق مالکیت آب	۶/۷۶	۲/۴۲

شماره	عامل	میانگین	انحراف معیار
۱۲	بهبود سازوکارهای هماهنگی بین نهادی	۸/۴۲	۱/۸۰
۱۳	ارتقای ظرفیت فنی و انسانی نهادهای متولی	۷/۴۷	۱/۹۱
۱۴	اجرای تمرکززدایی و تفویض اختیار به سطوح محلی	۶/۵۷	۲/۴۴
۱۵	نهادینه‌سازی شفافیت و پاسخگویی	۸/۱۹	۲/۳۵
۱۶	استقرار نظام یکپارچه پایش و ارزیابی	۷/۶۶	۲/۶۵
۱۷	توسعه و استقرار فناوری‌های پایش و کنترل	۸/۶۱	۱/۶۸
۱۸	اجرای راهکارهای فنی تعادل بخشی آبخوان	۷/۷۶	۲/۴۰
۱۹	مدیریت مخاطرات محیط‌زیستی ناشی از افت آب	۷/۷۶	۲/۳۰
۲۰	کنترل و مدیریت منابع آلاینده		
۲۱	برنامه‌ریزی برای سازگاری با تغییر اقلیم		
۲۲	بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال آفرین		

این عوامل توسط اعضای پانل در دور اول دلفی پیشنهاد و به پرسشنامه دور دوم اضافه شدند.

بر اساس مبانی روش‌شناختی پژوهش، برای ارزیابی سطح توافق و اجماع اعضای پانل نخبگان، ضریب هماهنگی کندال محاسبه شد. بر اساس یافته‌های حاصل از دور نخست مقدار این شاخص معادل $0/231$ به دست آمد. این مقدار از نظر آماری حاکی از سطح پایین هماهنگی و عدم دستیابی به اجماع معنادار در رتبه‌بندی عوامل و پیشران‌ها توسط خبرگان در این مرحله بود (جدول ۳).

جدول ۳. ضریب هماهنگی کندال و ارزیابی سطح اجماع نخبگان پیرامون عوامل حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی (یافته‌های دور اول دلفی)

تعداد	مقدار ضریب کندال	مقدار کای اسکوئر	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
۲۱	$0/231$	۸۷	۱۸	$0/001$

۳-۳. دور دوم دلفی

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۴، تحلیل تطبیقی میانگین و انحراف معیار پاسخ‌ها در دو دور دلفی نشان داد میانگین انحراف معیار عوامل از $2/17$ در دور نخست به $1/37$ در دور دوم (در مقیاس ۰ تا ۱۰) کاهش یافته است. این روند کاهشی، مبین دستیابی به همگرایی آرا و پایداری یافته‌های پژوهش است. به بیان دیگر تقلیل معنادار انحراف معیار در مرحله دوم، بیانگر تعدیل دیدگاه‌های خبرگان در سایه بازخوردهای ساختاریافته و تحقق یکی از اهداف بنیادین روش دلفی، یعنی نیل به اجماع گروهی در عین حفظ استقلال قضاوت‌های فردی است.

جدول ۴. تحلیل آماری نهایی و سنجش سطح اجماع نخبگان پیرامون عوامل حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی (یافته‌های دور دوم دلفی)

ردیف	عامل	میانگین (R ₁)	میانگین (R ₂)	انحراف معیار (R ₁)	انحراف معیار (R ₂)
۱	اصلاح نظام قیمت‌گذاری و تعرفه‌گذاری آب	۹/۲۸	۹/۲۷	۱/۰۰	۰/۵۹
۲	سیاست‌های مرتبط با واقعی‌سازی یا هدفمندسازی قیمت حامل‌های انرژی	۷/۹۰	۷/۸۷	۲/۰۲	۱/۲۵
۳	توسعه ابزارهای حمایتی و تشویقی هدفمند	۶/۳۸	۶/۳۸	۳/۱۰	۱/۸۹
۴	ایجاد و تنظیم‌گری بازار محلی آب	۶/۱۴	۶/۱۱	۲/۷۴	۱/۶۹
۵	ارتقای سرمایه اجتماعی و اعتماد متقابل	۷/۷۱	۷/۷۱	۲/۱۲	۱/۳۱
۶	توانمندسازی و آموزش هدفمند بهره‌برداران	۷/۵۲	۷/۵۳	۲/۲۴	۱/۳۶
۷	افزایش سواد آبی و آگاهی عمومی	۷/۴۲	۷/۴۱	۲/۲۰	۱/۳۲
۸	تلفیق نهادهای عرفی و رسمی	۶/۶۶	۶/۶۵	۲/۰۸	۱/۲۷
۹	تقویت اراده سیاسی و ثبات در سیاست‌گذاری	۸/۲۸	۸/۲۷	۲/۴۳	۱/۴۵
۱۰	افزایش اثربخشی و بازدارندگی قوانین	۹/۱۹	۹/۱۸	۱/۳۶	۰/۸۷
۱۱	اصلاح و شفاف‌سازی نظام حقوق مالکیت آب	۶/۷۶	۶/۷۹	۲/۴۲	۱/۵۰

ردیف	عامل	میانگین (R ₁)	میانگین (R ₂)	انحراف معیار (R ₁)	انحراف معیار (R ₂)
۱۲	بهبود سازوکارهای هماهنگی بین نهادی	۸/۴۲	۸/۴۵	۱/۸۰	۱/۱۲
۱۳	ارتقای ظرفیت فنی و انسانی نهادهای متولی	۷/۴۷	۷/۵۱	۱/۹۱	۱/۱۱
۱۴	اجرای تمرکززدایی و تفویض اختیار به سطوح محلی	۶/۵۷	۶/۵۶	۲/۴۴	۱/۵۰
۱۵	نهادینه سازی شفافیت و پاسخگویی	۸/۱۹	۸/۱۷	۲/۳۵	۱/۴۴
۱۶	استقرار نظام یکپارچه پایش و ارزیابی	۷/۶۶	۷/۶۱	۲/۶۵	۱/۶۵
۱۷	توسعه و استقرار فناوری‌های پایش و کنترل	۸/۶۱	۸/۵۷	۱/۶۸	۱/۰۴
۱۸	اجرای راهکارهای فنی تعادل بخشی آبخوان	۷/۷۶	۷/۷۳	۲/۴۰	۱/۴۷
۱۹	مدیریت مخاطرات محیط زیستی ناشی از افت آب	۷/۷۶	۷/۸۱	۲/۳۰	۱/۴۱
۲۰	کنترل و مدیریت منابع آلاینده	---	۸/۰۶	---	۱/۱۹
۲۱	برنامه ریزی برای سازگاری با تغییر اقلیم	---	۸/۴۸	---	۱/۲۴
۲۲	بهره گیری از فناوری‌های دیجیتال آفرین	---	۷/۴۲	---	۱/۵۰
	میانگین انحراف معیار	---	---	۲/۱۷	۱/۳۷

بر پایه یافته‌های حاصل از واکاوی داده‌های دور دوم، ضریب هماهنگی کندال برای دیدگاه‌های اعضای پانل نخبگان پیرامون میزان اهمیت عوامل حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی به عدد ۰/۴۹۴ رسید که در سطح خطای کمتر از ۰/۰۰۱ از نظر آماری کاملاً معنادار است (جدول ۵). همان‌طور که قبلاً اشاره شد، مطابق با معیار دوم اشمیت (۱۹۹۷)، فرایند دلفی زمانی به نقطه اشباع و توقف می‌رسد که تغییرات ضریب هماهنگی بین دو دور متوالی کمتر از آستانه ۰/۳ باشد. بر این اساس با توجه به اینکه میزان تغییرات شاخص ضریب هماهنگی کندال کمتر از حد آستانه تعیین شده بود (افزایش از مقدار ۰/۲۳۱ در دور نخست به ۰/۴۹۴ در دور دوم)، بنابراین دستیابی به «اجماع پایدار» محرز و فرایند دلفی در این مرحله متوقف شد. در نهایت ۲۲ عامل شناسایی شده که میانگین امتیاز آنها بالاتر از حد آستانه مقرر (۵۰) بود، به‌عنوان پیشران‌های نهایی و کلیدی تأثیرگذار بر حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی استان زنجان تثبیت شدند.

جدول ۵. ضریب هماهنگی کندال و ارزیابی سطح اجماع نخبگان پیرامون عوامل حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی (یافته‌های دور دوم دلفی)

تعداد	مقدار ضریب کندال	مقدار کای اسکوتر	درجه آزادی	سطح معنی داری
۲۱	۰/۴۹۴	۲۱۷/۰	۲۱	۰/۰۰۱

۳-۴. اولویت بندی و تحلیل لایه‌ای عوامل تأثیرگذار بر حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی

پس از احراز پایداری اجماع نخبگانی در پایان دور دوم تکنیک دلفی، عوامل و پیشران‌هایی نهایی مدل بر اساس تلاقی دو معیار کلیدی «وزن اهمیت» (میانگین نمرات) و «درجه همگرایی» (انحراف معیار) در قالب یک مدل اولویت بندی سه لایه طبقه بندی شدند. هم‌سو با منطبق روش شناختی اتخاذ شده در این پژوهش، به جای حذف متغیرهای با امتیاز پایین‌تر، از رویکرد تحلیل لایه‌ای بهره گرفته شد تا نداشت دقیق تری از پیکربندی عوامل تأثیرگذار بر حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی استان زنجان ترسیم شود. محوری ترین یافته در این بخش، دستیابی به اجماع حداکثری پیرامون تمامی ۲۲ پیشران شناسایی شده است، به گونه‌ای که انحراف معیار نهایی هیچ یک از عوامل از آستانه ۲/۲۰ فراتر نرفته که این امر نشان دهنده همگرایی عمیق پانل نخبگان و توافق متقن بر سر میزان اهمیت عوامل در مدل نهایی است.

نتایج تحلیل لایه‌ای حاکی از آن است که تمامی ۲۲ عامل (با میانگین نمرات بالای ۵۰) در ساختار نهایی ابقا شده و در سه طبقه متمایز سازمان دهی شده‌اند. لایه نخست که مشتمل بر پیشران‌های حیاتی است، سه عامل کلیدی را شامل می‌شود که با میانگین اهمیت بالاتر از ۸/۵، هسته مرکزی و اولویت‌های فوری مدل محسوب می‌شوند. در این لایه، «اصلاح نظام قیمت گذاری و تعرفه گذاری آب» (با میانگین ۹/۲۷)، «افزایش اثربخشی و بازدارندگی قوانین» (با میانگین ۹/۱۸) و «توسعه و استقرار فناوری‌های

پایش و کنترل» (با میانگین ۸/۵۷) قرار دارند، ضمن آنکه عامل اول یعنی «اصلاح نظام قیمت‌گذاری و تعرفه‌گذاری آب» با کمترین انحراف معیار (۰/۵۹)، مورد اجماع‌ترین و مهم‌ترین پیشنهاد از دیدگاه نخبگان شناخته شد. لایه دوم با عنوان پیشنهادها ضروری که بدنه اصلی و ستون فقرات مدل را تشکیل می‌دهد، مشتمل بر ۱۴ عامل است که گستره آن از «برنامه‌ریزی برای سازگاری با تغییر اقلیم» (با میانگین ۸/۴۸) تا «افزایش سواد آبی و آگاهی عمومی» (با میانگین ۷/۴۲) را در بر می‌گیرد. در نهایت پنج عامل دیگر نیز با میانگین اهمیت بین ۶/۱۲ تا ۶/۷۹ در لایه پیشنهادها پشتیبان به‌عنوان عوامل مکمل و قوام‌بخش مدل شناسایی شدند که اگرچه در اولویت‌های بعدی قرار دارند، اما همچنان به‌منزله بخشی مرتبط از ساختار حکمرانی مورد توافق قرار گرفته‌اند. جزئیات کامل شاخص‌های توصیفی، میزان اجماع و رتبه‌بندی نهایی تمامی پیشنهادها در جدول ۶ ارائه شده است.

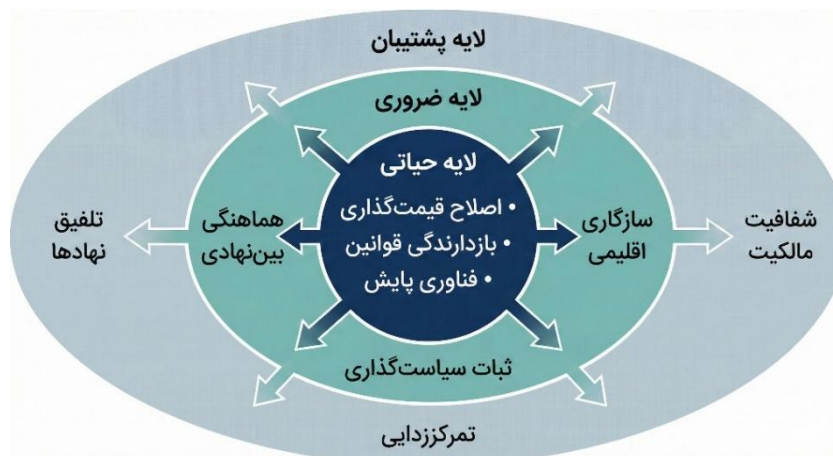
جدول ۶. تحلیل لایه‌ای و اجماع نهایی عوامل تأثیرگذار بر حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی در استان زنجان

اولویت	عامل	میانگین نهایی (اهمیت)	انحراف معیار (اجماع)	لایه اهمیت	سطح اجماع
۱	اصلاح نظام قیمت‌گذاری و تعرفه‌گذاری آب	۹/۲۷	۰/۵۹		
۲	افزایش اثربخشی و بازدارندگی قوانین	۹/۱۸	۰/۸۷	لایه ۱: حیاتی	اجماع بالا
۳	توسعه و استقرار فناوری‌های پایش و کنترل	۸/۵۷	۱/۰۵		
۴	برنامه‌ریزی برای سازگاری با تغییر اقلیم	۸/۴۸	۱/۲۵		
۵	بهبود سازوکارهای هماهنگی بین‌نهادی	۸/۴۵	۱/۱۳		
۶	تقویت اراده سیاسی و ثبات در سیاست‌گذاری	۸/۲۸	۱/۴۶		
۷	نهادینه‌سازی شفافیت و پاسخگویی	۸/۱۸	۱/۴۴		
۸	کنترل و مدیریت منابع آلاینده	۸/۰۶	۱/۱۹		
۹	سیاست‌های مرتبط با واقعی‌سازی یا هدفمندسازی قیمت حامل‌های انرژی	۷/۸۸	۱/۲۵		
۱۰	مدیریت مخاطرات محیط‌زیستی ناشی از افت آب	۷/۸۲	۱/۴۱	لایه ۲: ضروری	اجماع بالا
۱۱	اجرای راهکارهای فنی تعادل‌بخشی آبخوان	۷/۷۴	۱/۴۸		
۱۲	ارتقای سرمایه اجتماعی و اعتماد متقابل	۷/۷۱	۱/۳۱		
۱۳	استقرار نظام یکپارچه پایش و ارزیابی	۷/۶۲	۱/۶۶		
۱۴	توانمندسازی و آموزش هدفمند بهره‌برداران	۷/۵۳	۱/۳۷		
۱۵	ارتقای ظرفیت فنی و انسانی نهادهای متولی	۷/۵۲	۱/۱۲		
۱۶	بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال آفرین	۷/۴۲	۱/۵۱		
۱۷	افزایش سواد آبی و آگاهی عمومی	۷/۴۱	۱/۳۳		
۱۸	اصلاح و شفاف‌سازی نظام حقوق مالکیت آب	۶/۷۹	۱/۵۱		
۱۹	تلفیق نهادهای عرفی و رسمی	۶/۶۵	۱/۲۸		
۲۰	اجرای تمرکززدایی و تفویض اختیار به سطوح محلی	۶/۵۶	۱/۵۱	لایه ۳: پشتیبان	اجماع بالا
۲۱	توسعه ابزارهای حمایتی و تشویقی هدفمند	۶/۳۹	۱/۸۹		
۲۲	ایجاد و تنظیم‌گری بازار محلی آب	۶/۱۲	۱/۷۰		

۳-۵. تبیین راهبردی مدل لایه‌ای و تدوین نقشه راه عملیاتی برای تحقق حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی

مطابق با یافته‌های آماری، تمامی ۲۲ پیشران نهایی در قالب یک مدل سلسله‌مراتبی لایه‌ای (مدل پیازی) سازماندهی شدند تا نقشه راه اجرایی برای سیاست‌گذاران شفاف شود (شکل ۲). شایان ذکر است که جهت حفظ سادگی و ارتقای خوانایی مدل بصری، در هر لایه تنها به سه مورد از کلیدی‌ترین پیشران‌ها به‌عنوان نماینده اشاره شده است، در حالی که تحلیل آماری و جزئیات کامل تمامی ۲۲ عامل پژوهش در جدول ۶ ارائه شده است. تفاوت عملیاتی و کارکردی این لایه‌ها که منطق توالی اقدام‌ها را تعیین می‌کند، به شرح زیر تبیین می‌شود:

۱. هسته مرکزی (لایه حیاتی - محرک سیستم): عوامل این لایه نقش «پیش‌نیاز ساختاری» را ایفا می‌کنند. تفاوت عملیاتی این لایه با سایر سطوح در قدرت نفوذ و فوریت اجرایی آن است، به‌گونه‌ای که بدون اصلاح این هسته (نظیر قیمت‌گذاری و بازدارندگی قانونی)، اقدام‌ها در لایه‌های بیرونی فاقد کارایی بوده و فرایند حکمرانی عملاً در گام اول متوقف می‌ماند.
 ۲. لایه میانی (لایه ضروری - بدنه عملکردی): این لایه شامل ظرفیت‌های اجرایی مدل (نظیر سازگاری با اقلیم و هماهنگی بین‌نهادی) است. تمایز عملی این لایه در این است که اثربخشی آن «وابسته» به بسترسازی‌های لایه حیاتی است. در واقع این لایه نقش مجری و عملیاتی‌کننده هدف‌های کلان هسته مرکزی را به‌عهده دارد.
 ۳. لایه بیرونی (لایه پشتیبان - تثبیت‌کننده): این لایه دربرگیرنده ساختارهای تسهیل‌گر (مانند تمرکززدایی و شفافیت) است. تفاوت عملیاتی این عوامل در این است که نبود آنها مانع از شروع اصلاحات نمی‌شود، اما وجودشان با کاهش اصطکاک‌های اجتماعی و نهادی، تاب‌آوری مدل را در بلندمدت تضمین و محیط را برای عملکرد بهینه لایه‌های درونی منعطف می‌کند.
- فلش‌های جهت‌دار در شکل ۲ نشان‌دهنده این توالی منطقی و «نظم اجرایی» از مرکز به سمت پیرامون است. این ساختار تبیین می‌کند که حکمرانی پایدار یک فرایند مرحله‌بندی شده است که در آن لایه حیاتی حکم «محرک»، لایه ضروری حکم «مجری» و لایه پشتیبان حکم «تثبیت‌کننده» را دارد.



شکل ۲. مدل لایه‌ای اولویت‌های راهبردی در حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی در استان زنجان

۴. بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بازتعریف نظام مدیریت منابع آب زیرزمینی استان زنجان و گذار از رویکردهای صلب دستوری به سوی رهیافت «حکمرانی پایدار» تدوین شد. یافته‌های حاصل از این واکاوی راهبردی نشان داد پایداری هیدرولوژیکی منطقه، بیش از اقدام‌های مقطعی، در گرو بازمهندسی «هسته حیاتی» مدل است. این هسته که بر سه پیشران کلیدی اقتصادی، حقوقی و فنی استوار شده به‌مثابه سنگ بنای اجرایی و پیش‌نیاز ساختاری عمل و نفوذ عملیاتی سایر لایه‌های حکمرانی را تضمین می‌کند. یافته‌های پژوهش «اصلاح نظام قیمت‌گذاری» را به‌عنوان محوری‌ترین عامل در لایه حیاتی حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی در استان زنجان اولویت‌بندی کرده است. این یافته که با بدنه گسترده‌ای از تحقیقات پیشین همسو است (صرامی فروشانی و همکاران، ۲۰۲۱; Sarami Froushani et al., 2023; Gando et al., 2020)، بیان‌کننده آن است که بدون اصلاح ساختار فعلی

قیمت‌گذاری آب، هیچ سیاست مدیریت تقاضایی نمی‌تواند پایدار باشد. در ادبیات بین‌المللی و داخلی، یک همگرایی گسترده وجود دارد مبنی بر اینکه آب، همزمان یک حق انسانی، یک منبع طبیعی کمیاب و در عین حال، یک کالای اقتصادی با ارزش ذاتی است. این سه‌گانگی، حکمرانی آب را به چالشی چندبعدی تبدیل می‌کند. سیاستگذاران موفق، قیمت‌گذاری را نه به‌عنوان ابزاری ضدعدالت، بلکه به‌مثابه سازوکاری برای هماهنگی بین عدالت اجتماعی، کارایی اقتصادی و پایداری محیط‌زیستی قلمداد می‌کنند. در این چارچوب، یارانه‌های بی‌رویه که اغلب در نظام‌های تعرفه‌ای ناکارآمد رخ می‌دهد، نه تنها منابع آب را اتلاف می‌کنند، بلکه به تخصیص غیرعادلانه و تضعیف مالی نهادهای آب‌رسانی منجر می‌شوند. این وضعیت به‌ویژه در بخش کشاورزی، جایی که کشاورزان خرده‌مالک و معیشتی با بهره‌وری پایین مواجه‌اند، پیچیده‌تر می‌شود (Molinis-Senante & Donoso, 2016). افزایش تند و صرف‌قیمت آب بدون در نظر گرفتن ساختار اجتماعی - اقتصادی بهره‌برداران، می‌تواند رفاه و بقای آنها را به مخاطره بیندازد، از این رو اصلاح تعرفه‌ها مستلزم یک «طراحی هوشمند» است. این طراحی باید مبتنی بر ارزش اقتصادی آب (و نه صرفاً هزینه فیزیکی)، همراه با یارانه‌های هدفمند و استقرار زیرساخت‌های اندازه‌گیری دقیق باشد. در واقع ترکیب «قیمت‌گذاری منطقی»، «سه‌میه‌بندی» و «انگیزه‌های صرفه‌جویی» می‌تواند همزمان هم مصرف آب را کاهش و هم بهره‌وری را بدون فشار ناعادلانه بر کشاورزان واجد شرایط افزایش دهد (Zhang & Oki, 2023). نکته حائز اهمیت در این مسیر، مشروط بودن تمایل به پرداخت کاربران به بهبود خدمات و عدالت در دسترسی است. نظام قیمت‌گذاری نباید صرفاً با هدف درآمدزایی برای سازمان‌ها طراحی شود، بلکه باید در خدمت «تغییر رفتار مصرفی» باشد. در این راستا ارزش آب باید بر اساس نوع محصول و ماهیت کاربری (شرب، کشاورزی معیشتی یا صنعت پرداخت) تعیین شود تا هم عدالت تضمین شود و هم کارایی ارتقا یابد (Vicky et al., 2025).

با نگاهی به ویژگی‌های خاص استان زنجان، می‌توان استدلال کرد که نظام فعلی دور از ارزش واقعی آب بوده و بیشتر جنبه‌ای نمادین دارد. در حالی که بهای آب شرب پس از کسر یارانه‌ها حدود ۹,۰۰۰ ریال در هر مترمکعب و بخش کشاورزی تقریباً رایگان (۱,۰۰۰ تا ۲,۰۰۰ ریال) است، صنایع پرمصرف مستقر در مناطق با ظرفیت محدود، مبالغی بسیار ناچیز پرداخت می‌کنند (شرکت آب و فاضلاب زنجان، ۲۰۲۱). مقایسه این ارقام با قیمت ۳۰۰,۰۰۰ ریالی که صنایع فولاد در حوزه خلیج فارس بابت هر مترمکعب آب پرداخت می‌کنند (وزارت نیروی ایران، ۲۰۲۲)، نشان‌دهنده یک «ناهماهنگی قیمتی» است. این وضعیت مانع از شکل‌گیری سیگنال‌های اقتصادی برای بهبود بهره‌وری می‌شود. در نتیجه بدون اصلاح فاحش این نظام بر پایه «ارزش کاربری» و «توان پرداخت»، هرگونه سیاست حفاظتی یا مدیریت تقاضا در زنجان، فراتر از یک «تمرین کاغذی» نخواهد بود.

در ادامه تحلیل اولویت‌های هسته حیاتی، نتایج این پژوهش، عامل «افزایش اثربخشی و بازدارندگی قوانین» را به‌عنوان دومین پیشران راهبردی در حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی در استان زنجان شناسایی کرد. این یافته که با جریان غالب مطالعات داخلی و بین‌المللی همسو است (افشاری و همکاران، ۲۰۲۵؛ سادات صدقیان و همکاران، ۲۰۲۴؛ نصیری‌زارع و طهماسبی، ۲۰۲۲؛ صرامی فروشانی و همکاران، ۲۰۲۱؛ Song et al., 2024; Sarami Froushani et al., 2023)، بر این واقعیت استوار است که «کارایی قوانین» بیشترین تأثیر را بر کیفیت حکمرانی پایدار آب در ایران دارد (ساتات صدقیان و همکاران، ۲۰۲۴). استدلال محوری در این بخش آن است که «وجود قانون» به تنهایی تضمین‌کننده پایداری نیست، بلکه اعتبار و اقتدار قانون در گرو نظام پایش، پاسخگویی و تحریم‌های بازدارنده‌ای است که هزینه تخلف را از سود حاصل از آن فراتر ببرد (Ahmed et al., 2025). تجربیات جهانی نشان می‌دهند در غیاب مجازات‌های واقعی و اجرایی، حتی جامع‌ترین قوانین حفاظتی نیز در جلوگیری از افت سطح آبخوان‌ها ناتوان بوده‌اند، چراکه تخلفاتی نظیر حفر چاه‌های غیرمجاز به دلیل فقدان پیامدهای حقوقی و مالی، به رفتاری تکرار شونده و عادی تبدیل شده‌اند (Abu Romman & Al Kuisi, 2023). در واقع، بعد حقوقی - قانونی را نباید به‌عنوان یک مؤلفه مجزا، بلکه باید به‌مثابه «زیرساخت پیونددهنده» سایر ابعاد حکمرانی نگریست؛ چارچوبی که پایداری اقتصاد آب، مشارکت نهادهای محلی و اثربخشی سامانه‌های پایش تماماً به استحکام آن وابسته است. بدون بازدارندگی قانونی، سیاست‌های مدیریت تقاضا در برابر نوسانات سیاسی و ناهماهنگی‌های بین‌نهادی، به شدت آسیب‌پذیر خواهند بود.

تحلیل وضعیت کنونی استان زنجان، گویای وجود یک «شکاف اجرایی» عمیق در این زیرساخت است. به‌رغم وجود ابزارهای قانونی قدرتمندی همچون ماده ۴۵ قانون توزیع عادلانه آب، در عمل هیچ سازوکار بازدارنده‌ای برای مقابله با برداشتهای بی‌رویه

از آب‌های زیرزمینی در سطح استان زنجان فعال نیست (کارگروه آب و کشاورزی زنجان، ۲۰۲۵). استدلال این پژوهش بر آن است که مانع اصلی در زنجان، نه خلأ قانونی، بلکه امتناع دستگاه قضایی از صدور یا اجرای احکام بازدارنده است که منجر به «بی‌اثری نظام‌مند قانون» گردیده است. این وضعیت با تضعیف اعتماد عمومی، نه تنها منجر به تشدید تخلفات شده، بلکه سرعت تخلیه آبخوان‌ها و نرخ فرونشست زمین در دشت‌های استان را شتاب بخشیده است. در نهایت نیل به حکمرانی پایدار در این منطقه مستلزم گذار از رویکردهای تشریفاتی به سمت تدوین «برنامه جامع قانون آب» با تکیه بر ابزارهای سلبی و نظارت فناورانه است. البته، باید توجه داشت اصلاح قانون تنها زمانی اثربخش خواهد بود که با «اجرای بدون استثنا» و «جریمه‌های سنگین مالی» همراه شود تا اقتدار حاکمیت بر منابع آب احیا شود. بدون چنین تحولی در هسته حیاتی، اثربخشی قوانین همچنان به‌عنوان حلقه مقفوده حکمرانی پایدار در استان زنجان باقی مانده و هرگونه تلاش برای مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی را ناکام خواهد گذاشت.

در نهایت این پژوهش «توسعه و استقرار فناوری‌های پایش و کنترل» را به‌عنوان سومین رکن هسته حیاتی در حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی در استان زنجان شناسایی کرد. این یافته که با روند پژوهش‌های نوین ملی و بین‌المللی همگرایی دارد (سادات صدقیان و همکاران، ۲۰۲۴؛ Dai et al., 2025)، دلالت بر این واقعیت دارد که فناوری‌های نوین پایش، صرفاً ابزارهای مهندسی برای ارتقای کارایی فیزیکی نیستند، بلکه این ابزارها بستری ساختارشکن برای بازتعریف الگوهای قدرت، تقویت شفافیت و ارتقای پاسخگویی در نظام حکمرانی پایدار محسوب می‌شوند. استدلال محوری در این بخش آن است که فناوری‌های دیجیتال و سامانه‌های پایش، در تعامل با بافت‌های نهادی و اجتماعی، پتانسیل زیر سؤال بردن ساختارهای ناکارآمد کنونی و جایگزینی آنها با مدل‌های هوشمند را دارا هستند. با این حال، بایستی توجه داشت که اثربخشی این فناوری‌ها پدیده‌ای ذاتی نیست، بلکه به جهت‌گیری‌های سیاسی و پذیرش اجتماعی آنها بستگی دارد. تجارب جهانی نشان می‌دهد هنگامی که استقرار فناوری صرفاً در خدمت درآمدزایی سازمان یا اعمال کنترل فنی یک‌سویه باشد، با مقاومت‌های اجتماعی مواجه شده و از رسالت تحول‌آفرین خود بازمی‌ماند. در مقابل، چنانچه این ابزارها در راستای تحقق اهداف هنجاری نظیر «عدالت در توزیع» و «مشارکت شهروندی» طراحی شوند، گذار از حکمرانی واکنشی به «حکمرانی هوشمند و تطبیق‌پذیر» را میسر می‌سازند (Banerjee et al., 2022). در این پارادایم، داده‌ها نه به‌عنوان دارایی محرمانه سازمان‌ها، بلکه به‌مثابه یک «کالای عمومی» و منبعی راهبردی برای اصلاح سیاست‌ها نگریسته می‌شوند، در غیر این صورت حتی پیشرفته‌ترین فناوری‌ها نیز در حصار کارایی فنی تنگ‌نظرانه باقی خواهند ماند (Zhao et al., 2024).

در بستر بحرانی استان زنجان که با تخلیه شتابان و کاهش کیفیت سفره‌های آب زیرزمینی در دو دهه اخیر مواجه است، استقرار فناوری‌های پایش دیگر یک انتخاب فنی ثانویه نیست، بلکه یک «پیش‌نیاز اجتناب‌ناپذیر» برای هرگونه اصلاح ساختاری است (کارگروه آب و کشاورزی زنجان، ۲۰۲۵). استدلال نهایی این پژوهش آن است که بدون دسترسی به داده‌های معتبر، برخط و قابل اتکا از نرخ مصرف و برداشت، تمامی ادعاها در مورد «اصلاح نظام قیمت‌گذاری» (عامل اول) یا «تقویت بازدارندگی قوانین» (عامل دوم)، فاقد پایه اجرایی و وجاهت علمی خواهند بود. در واقع، فناوری‌های پایش و کنترل در دشت‌های زنجان، نه تنها شرط امکان‌گرایی مدل‌های نوین حکمرانی، بلکه «شرط وجودی مشروعیت» هرگونه اقدام اصلاحی، از قیمت‌گذاری عادلانه تا برخورد قضایی با متخلفان، محسوب می‌شوند.

در مجموع ترکیب یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد حکمرانی پایدار منابع آب زیرزمینی در استان زنجان مستلزم هم‌افزایی نظام‌مند سه رکن «اقتصادی»، «حقوقی» و «فنی» در هسته حیاتی مدل است. این پیشران‌ها نه به‌صورت موازی، بلکه در یک پیوند ارگانیک عمل می‌کنند؛ به‌طوری‌که قیمت‌گذاری منطقی بدون پایش برخط، قوانین بازدارنده بدون داده‌های معتبر و فناوری‌های نوین بدون پشتوانه قضایی، کارایی خود را از دست خواهند داد. این هم‌خوانی ساختاری، شرط لازم برای خروج از وضعیت «مدیریت واکنشی» و حرکت به سمت «پایداری پیشگیرانه» در دشت‌های استان زنجان است. بر این اساس، جهت عملیاتی‌سازی این چارچوب نظری و بر مبنای اولویت‌های استخراج‌شده، پیشنهادهای راهبردی زیر ارائه می‌شود:

۱- بازطراحی ساختاری نظام تعرفه‌گذاری بر مبنای «ارزش اقتصادی و تنوع کاربری»: استقرار نظام تعرفه‌گذاری هوشمند و تفکیکی، نخستین پیشنهاد راهبردی جهت رفع ناهماهنگی‌های ساختاری در دشت‌های بحرانی استان زنجان است. این ضرورت از آنجا ناشی

می‌شود که قیمت‌گذاری نمادین و یکنواخت کنونی (۱,۰۰۰ تا ۹,۰۰۰ ریال)، علاوه بر نادیده انگاشتن ابعاد سه‌گانه آب (حق انسانی، کالای اقتصادی و منبع محیط‌زیستی)، به تخصیص ناعادلانه و اتلاف منابع منجر شده است، از این رو پیشنهاد می‌شود نظام جدید بر پایه الگوی «کاربری - معیشت» بازطراحی شود، به گونه‌ای که در بخش شرب، حق دسترسی عادلانه تا سقف سهمیه استاندارد انسانی (۱۰۰ لیتر در روز) با معافیت کامل تضمین شود و در بخش کشاورزی معیشتی نیز تعرفه‌های ترجیحی صرفاً مشروط به ارتقای راندمان آبیاری و با همکاری مشترک شرکت آب منطقه‌ای و جهاد کشاورزی در قالب اعطای یارانه‌های غیرنقدی اعمال شود. در نهایت برای کشاورزی تجاری و صنایع پرمصرف مستقر در مناطق ممنوعه، قیمت‌ها باید بر پایه «ارزش حاشیه‌ای اقتصادی» و نرخ نایابی محلی تعیین شود تا ضمن صیانت از گروه‌های آسیب‌پذیر، سیگنال‌های اقتصادی لازم برای بازتخصیص کارآمد منابع و بازدارندگی از توسعه صنایع آب‌بر فراهم آید.

۲- ایجاد سازوکار «خودتنظیم قضایی - اجرایی» در انطباق با قانون توزیع عادلانه آب: در راستای رفع ناکارآمدی ناشی از رویکردهای قهری و سلیقه‌ای در نظارت بر منابع آب زیرزمینی استان زنجان، استقرار یک سازوکار خودتنظیم برای تضمین «بازدارندگی نظام‌مند» پیشنهاد می‌شود. این راهکار در پاسخ به چالش تکرار تخلفاتی نظیر حفر چاه‌های غیرمجاز که عمدتاً ریشه در ضعف پیگردهای قانونی و گسست میان نهادهای اجرایی و قضایی دارد، تدوین شده است. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود با حذف واسطه‌های انسانی و کاهش ضریب نفوذ قدرت‌زدگی، فرایند شناسایی تخلفات به داده‌های متفن فناورانه (نظیر تصاویر ماهواره‌ای و سنسورهای هوشمند برخط) متصل شود. در این مدل، شواهد مستخرج از سامانه‌های پایش به‌طور خودکار به «دادگاه تخصصی آب استان» ارجاع شده و منجر به اجرای فوری تحریم‌های سلبی پیش‌بینی‌شده، از جمله قطع جریان برق و سلب دائم حق برداشت می‌شود. استقرار این زنجیره هوشمند نه تنها محدودیت منابع انسانی نظارتی را جبران می‌کند، بلکه با نهادینه‌سازی مجازات‌های قطعی و غیرقابل اغماض، منجر به بازسازی مشروعیت نظام حقوقی آب و احیای اقتدار قانون در حوضه‌های بحرانی زنجان خواهد شد.

۳- استقرار زیرساخت داده‌محور حکمرانی یکپارچه آب^۱ (IWGDI) به‌عنوان بازوی عملیاتی اصلاحات: با هدف خروج از انسداد اطلاعاتی در دشتهای زنجان، پیشنهاد می‌شود زیرساخت داده‌محور حکمرانی یکپارچه در قالب یک «داشبورد مدیریتی برخط» راه‌اندازی شود. این سامانه با تجمیع هوشمند داده‌های حاصل از کنتورهای حجمی، حسگرهای تراز آبخوان و پایش ماهواره‌ای سطح زیر کشت، تصویری واقعی و لحظه‌ای از بیلان منابع ارائه می‌دهد. تبدیل داده‌ها به یک «کالای عمومی شفاف»، نه تنها انحصار اطلاعاتی را شکسته و نفوذ سلیقه‌ای یا سیاسی در تصمیم‌گیری را حذف می‌کند، بلکه بستری عینی و شواهدمحور برای اجرای عادلانه نظام قیمت‌گذاری و تقویت بازدارندگی قوانین فراهم می‌آورد. استقرار این زیرساخت، لازمه تحول راهبردی از مدیریت واکنش‌گرای سنتی به «حکمرانی پایدار و هوشمند» در این استان بحرانی است.

^۱. Integrated Water Governance Data Infrastructure

References

- Abu Romman, Z., & Al Kuisi, M. (2023). The impact of water legislation on groundwater sustainability in an arid region: Spatial statistical approach. *Environmental Development*, 46, 100852. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100852>
- Abubakari, M. A. (2025). Gender-inclusive governance in rural water management in Ghana. *Discover Water*, 5(1), 55. <https://doi.org/10.1007/s43832-025-00253-7>
- Afshari, S., Sepahvand, F., & Naderi Mahdei, K. (2025). A prospective analysis of how to realise local water governance in the Qarachai Watershed. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, 20(2), 275–294. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/iaeej.2025.451844.1794>
- Ahmed, T., Ahmed, M., Sipra, H., Hassan, F. U., & Scholz, M. (2025). Sustainable urban water management through the application of smart water meters in developing countries: Example case study from Pakistan. *Sustainable Water Resources Management*, 11(2), 32. <https://doi.org/10.1007/s40899-025-01211-w>
- Ahsan, M. N., Naim, J., Sakib, N., Kumar, P., Okano, N., Hossain, M. S., Miwa, K., et al. (2026). When waters turn against communities: Unravelling water governance, security, and household well-being in hazard-prone coastal Bangladesh. *Progress in Disaster Science*, 29, 100500. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2025.100500>
- Al Falahi, A., & Guangcan, Z. (2025). Challenges and solutions in water management: A comprehensive study of Yemen's water policies and practices. *Water Policy*, 27(3), 317–333. <https://doi.org/10.2166/wp.2025.218>
- Alwin, D. F., & Krosnick, J. A. (1991). The reliability of survey attitude measurement. *Sociological Methods & Research*, 20(1), 139–181. <https://doi.org/10.1177/0049124191020001005>
- Azami, S., & Mahjoubi, M. (2024). Investigating the effect of good governance on environmental quality: An emphasis on the role of institutional quality in achieving sustainable development. *Industrial Economics Research*, 8(30), 59–82. (In Persian). <https://doi.org/10.30473/JIER.2025.73616.1488>
- Banerjee, C., Bhaduri, A., & Saraswat, C. (2022). Digitalization in urban water governance: Case study of Bengaluru and Singapore. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 816824. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.816824>
- Custodio, E., Cabrera, M. C., Sánchez-García, D., de la Hera-Portillo, A., García-Aróstegui, J. L., Jódar, J., & Queralt, E. (2025). Proposal of groundwater governance indexes: Application to nine Spanish aquifers. *Water Resources Management*, 39, 3129–3147. <https://doi.org/10.1007/s11269-025-04100-1>
- Dai, Y., Huang, Z., Khan, N., & Labbo, M. S. (2025). Smart water management: Governance innovation, technological integration and policy pathways toward economic and ecological sustainability. *Water*, 17(13), 1932. <https://doi.org/10.3390/w17131932>
- Dawes, J. (2008). Do data characteristics change according to the number of scale points used? *International Journal of Market Research*, 50(1), 61–77. <https://doi.org/10.1177/147078530805000106>
- DeVellis, R. F., & Thorpe, C. T. (2021). *Scale development: Theory and applications* (5th ed.). Sage.
- Dunscombe, M. (2020). *A guide to good research in small-scale social research projects* (R. Rezaei & L. Safa, Trans.). Zanjan University Press.
- Fakourian, M. H., Naderi, M., & Teymouri, M. (2024). Assessing the level of normal and sustainable management in the groundwater resources of Zanjan Province. *Iranian Water Research*, 18(2), 59–68. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/IWRJ.2024.14687.2585>
- Fessahaye, A. K., Xie, Y., Hu, Y., Dai, G., Zheng, H., & Teng, W. (2025). Groundwater over-extraction: Comprehensive review of socio-economic impacts and pathways to sustainable management. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 3(2), 190–211. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2025.3\(2\).15](https://doi.org/10.59324/ejtas.2025.3(2).15)
- Gebreslassie, H., Berhane, G., Gebreyohannes, T., Hagos, M., Hussien, A., & Walraevens, K. (2025). Water harvesting and groundwater recharge: A comprehensive review and synthesis of current practices. *Water*, 17(7), 976. <https://doi.org/10.3390/w17070976>
- Hasan, N., Islam, M., & Siam, A. A. (2025). Policy-driven water resource governance mechanisms in the Surma River Basin using DPSIR framework. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 13, 119475. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.119475>
- Hasson, F., Keeney, S., & McKenna, H. (2025). Revisiting the Delphi technique: Research thinking and practice. *International Journal of Nursing Studies*, 168, 105119. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2025.105119>

- Inter-American Development Bank. (1998). *Strategy for integrated water resources management* (ENV-125).
- Kehinde, M. O., Bharadwaj, L. A., Bataebo, S., & Schuster-Wallace, C. J. (2025). Principles, barriers, and challenges of Indigenous water governance around the world. *Environmental Science & Policy*, 164, 103987. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2025.103987>
- Khanh, P. T., Thao, P. T. P., Tuan, N. V., Xuyen, N. T. K., & Ngoc, T. T. H. (2025). Community, enterprise, and state in groundwater governance: The case of the Long Xuyen Quadrangle, Vietnam. *International Journal of Environmental Sciences*, 11(23s), 2919–2925. <https://doi.org/10.64252/ffaks606>
- Leder, S., Upadhyaya, R., van der Geest, K., Adhikari, Y., & Büttner, M. (2024). Rural out-migration and water governance. *World Development*, 177, 106544. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2024.106544>
- Mangal, M., & Govind, A. (2025). Water, agriculture, and climate: A study of Moroccan agricultural water management policy. *Water Policy*, 27(9), 941–960. <https://doi.org/10.2166/wp.2025.313>
- Mardani, M., Tosan, M., & Falaki, M. (2025). Participatory groundwater governance (PGM). *Journal of Aquifer and Qanat*, 5(2), 121–138. (In Persian). <https://doi.org/10.22077/jaaq.2025.8975.1100>
- Martín Velasco, M. J., Calderon, G., Lima, M. L., Matencón, C. L., & Massone, H. E. (2023). Water governance challenges at a local level. *Water Policy*, 25(7), 623–638. <https://doi.org/10.2166/wp.2023.194>
- Megdal, S. B., Gerlak, A. K., Varady, R. G., & Huang, L. Y. (2015). Groundwater governance in the United States. *Groundwater*, 53(5), 677–684. <https://doi.org/10.1111/gwat.12294>
- Ministry of Energy of Iran. (2022). *Guidelines for water tariff estimation in Iran*. (In Persian). Iran Water Resources Management Company.
- Mohammadian, S., Heydari, A., & Rahimi, M. (2025). Water resources governance system within Iran's Seventh Development Plan. *Natural Resources Governance*, 2(1), 90–110. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jnrg.2025.396798.1038>
- Molinos-Senante, M., & Donoso, G. (2016). Water scarcity and affordability in urban water pricing. *Utilities Policy*, 43, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.04.014>
- Muenratch, P., Nguyen, T. P. L., Shrestha, S., Chatterjee, J. S., & Virdis, S. G. (2022). Governance and policy responses to pressures on groundwater resources. *Groundwater for Sustainable Development*, 18, 100791. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100791>
- Nasiri Zare, S., & Tahmasbi, A. (2022). Analysis of key drivers of agricultural water resources governance. *Journal of Water and Sustainable Development*, 9(1), 39–52. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jwsd.v9i1.2111.1102>
- National Drought and Crisis Management Centre. (2024). *Drought situation in the country*. (In Persian).
- Navaneeth, A., Sreedha, P., Maya, T. V., Surendran, U., & Harikumar, P. S. (2024). Unlocking sustainable groundwater governance in secondary cities. *Urban Climate*, 57, 102116. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102116>
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index. *Research in Nursing & Health*, 29, 489–497. <https://doi.org/10.1002/nur.20147>
- Preston, C. C., & Colman, A. M. (2000). Optimal number of response categories in rating scales. *Acta Psychologica*, 104(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/S0001-6918\(99\)00050-5](https://doi.org/10.1016/S0001-6918(99)00050-5)
- Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155–169. <https://doi.org/10.1007/BF01405730>
- Rogers, P. P., Llamas, M. R., & Martínez Cortina, L. (Eds.). (2006). *Water crisis: Myth or reality?* CRC Press.
- Rogers, P., & Hall, A. W. (2003). *Effective water governance*. Global Water Partnership.
- Sadat Sedgjan Tarknejad, N., Khanmohammadi, E., & Aslipour, H. (2024). Analysis of factors affecting water governance in Iran. *Quarterly Journal of Public Policy in Management*, 14(50), 69–90. (In Persian).
- Sarami-Foroshani, T., Belali, H., & Movahedi, R. (2021). Evaluation of groundwater resources governance indicators. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 52(3), 591–615. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/IJAEDR.2021.313265.668972>

- Sarami-Foroushani, T., Balali, H., Movahedi, R., Kurban, A., Värnik, R., Stamenkovska, I. J., & Azadi, H. (2023). Importance of good groundwater governance in economic development. *Groundwater for Sustainable Development*, 21, 100892. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100892>
- Savari, M., Damaneh, H. E., & Damaneh, H. E. (2024). Managing the effects of drought. *Climate Risk Management*, 45, 100619. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2024.100619>
- Savari, M., Damaneh, H. E., & Damaneh, H. E. (2025). Ethical evolution in water resources management. *Agricultural Water Management*, 318, 109714. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109714>
- Schmidt, R. C. (1997). Managing Delphi surveys using nonparametric statistical techniques. *Decision Sciences*, 28(3), 763–774. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1997.tb01330.x>
- Shojaei Shiri, H., Arzani, H., Keshtkar, H., Bagheri, S., & Kavsi, O. (2025). Assessment and monitoring of drought conditions. *Journal of Ecohydrology*, 12(1), 613–634. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/IJE.2025.380086.1841>
- Song, S., Wen, H., Wang, S., Wu, X., Cumming, G. S., & Fu, B. (2024). Quantifying the effects of institutional shifts on water governance. *Journal of Hydrology*, 629, 130638. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.130638>
- Vicky, A., Olyanga, A., & Francis, M. (2025). Water tariff structures and access to clean water. *JEFMS Journal*, 8(12), 2017–2028. <https://doi.org/10.47191/jefms/v8-i4-04>
- Zanjan Water and Agriculture Working Group. (2025). *Zanjan Province governance and legislation think tank: Working report*. (In Persian).
- Zanjan Water and Wastewater Company. (2021). *Water tariff schedule for domestic, agricultural, and industrial consumers in Zanjan Province (1400–1403)*. (In Persian).
- Zhang, C. Y., & Oki, T. (2023). Water pricing reform for sustainable water resources management. *Agricultural Water Management*, 275, 108045. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108045>
- Zhao, X., Yang, D., & Zhou, Y. (2024). The impact of digital technology on water resources management. *Water*, 16(19), 2867. <https://doi.org/10.3390/w16192867>