تحقیقات منابع آب ایران
انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران

واکاوی چالش‌ها و ارائه راهکارهای سیاستی در بحران حکمرانی آب (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی)

علی نصیریان*[1]، صادق یعقوب زاده[2]، وحید خرم نژاد[3]

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه بیرجند. ایمیل: a.nasirian@birjand.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری مهندسی و مدیریت منابع آب، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی دانشگاه بیرجند.

۳- دانشجوی دکتری مهندسی و مدیریت منابع آب، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی دانشگاه بیرجند.

ویراستاری نشده میرفایل استناد

چکیده

بحران آب در مناطق خشک ایران، اگرچه تحت‌تأثیر تغییر اقلیم است، اما شواهد نشان می‌دهد که ماهیتی عمدتاً حکمرانی‌محور دارد. پژوهش حاضر با هدف واکاوی آسیب‌های ساختاری نظام مدیریت آب در استان خراسان جنوبی و تدوین نقشه راه سیاستی انجام شده است. روش‌شناسی پژوهش مبتنی بر رویکرد ترکیبی (Mixed-Methods) است؛ ابتدا وضعیت تنش آبی با تحلیل روند داده‌های ۳۰ساله اقلیمی و هیدرولوژیکی تبیین شد و سپس با بهره‌گیری از مدل تلفیقی AHP-TOPSIS و تحلیل شبکه اجتماعی (SNA)، چالش‌ها ریشه‌یابی و راهکارها اولویت‌بندی گردیدند. یافته‌ها حاکی از آن است که ناترازی شدید آبخوان‌ها بیش از آنکه تابع افت نزولات جوی باشد، محصول «تمرکزگرایی دولتی»، «تضاد منافع سازمانی» و «غفلت از مدیریت تقاضا» است. بر اساس خروجی مدل TOPSIS، از میان راهکارهای پیشنهادی، "ایجاد سامانه ملی داده‌های آب" ($C^* = 0.812$)، "اصلاح الگوی کشت و توسعه گلخانه‌ها" ($C^* = 0.786$) و "مسدودسازی چاه‌های غیرمجاز و نصب کنتورهای هوشمند" ($C^* = 0.741$) در اولویت‌های اجرایی نخست قرار گرفتند. تحلیل SNA نیز با تأیید ساختار تصمیم‌گیری تک‌قطبی و دولت‌محور، نشان داد که گذار به پایداری مستلزم تغییر پارادایم از «مدیریت سازه‌ای و متمرکز» به «حکمرانی شبکه‌ای، مشارکتی و داده‌محور» است.

کلمات کلیدی: حکمرانی آب، بحران آب، مدیریت یکپارچه منابع آب، مشارکت ذی‌نفعان، اصلاحات نهادی، استان خراسان جنوبی

۱ -مقدمه

آب در فلات ایران همواره فراتر از یک نهاده اکولوژیک، محور شکل‌گیری نظامات اجتماعی، فرهنگی و توسعه اقتصادی بوده است (Rasaei and Bayatani, 2020; Yavari et al., 2017). اگرچه جوامع محلی طی قرون متمادی با ابداع نهادهای بومی و دانش سنتی (مانند قنات و بُنه)، زیست‌بوم خود را با محدودیت‌های ذاتی طبیعت سازگار کرده بودند (Banihabib and Ghafouri Kharanaq, 2019; Jamali and Abdollahi, 2021)، اما در دوران معاصر، کشور با چالش‌هایی مواجه شده که ماهیت آن با خشکسالی‌های تاریخی متفاوت است (Miremadi, 2018; Yavari et al., 2017). شواهد نگران‌کننده‌ای همچون کسری انباشته مخازن زیرزمینی (Mirnazami and Bagheri, 2017)، خشکیدگی تالاب‌ها (Hashemi, 2022)، فرونشست زمین (Yavari et al., 2017) و تشدید منازعات محلی (Fallon et al., 2022)، نشانگر آن است که مسئله آب از فاز «کمیابی فیزیکی» عبور کرده و به یک بحران پیچیده «حکمرانی» تبدیل شده است

(Nabavi et al., ۲۰۲۱). مطالعات متأخر با تأکید بر وخامت اوضاع، هشدار می‌دهند که تداوم این روند، مسئله آب را به مقوله‌ای درهم‌تنیده با «امنیت ملی» مبدل ساخته است (Veisi, 2024).

شکاف عملی در حکمرانی آب ایران، ریشه در گذار ناقص و ناموفق از مدیریت‌های جامعه‌محور به ساختار تمرکزگرای دولتی دارد. با ملی‌شدن منابع آب، دولت به تنها بازیگر عرصه مدیریت بدل شد و نقش جامعه مدنی و بخش خصوصی به حاشیه رفت (Ghasemi et al., 2023). این پارادایم «مدیریت دولتی» که بر رویکردهای سازه‌ای و عرضه متمرکز بود، منجر به شکل‌گیری ساختاری دیوان‌سالار و بخشی‌نگر شد که در آن میان متولیان عرضه (وزارت نیرو) و مصرف (وزارت جهاد کشاورزی) تعارض منافع نهادینه وجود دارد (Rahbar Ghazi and Taleei Hor, 2024). محققین این وضعیت

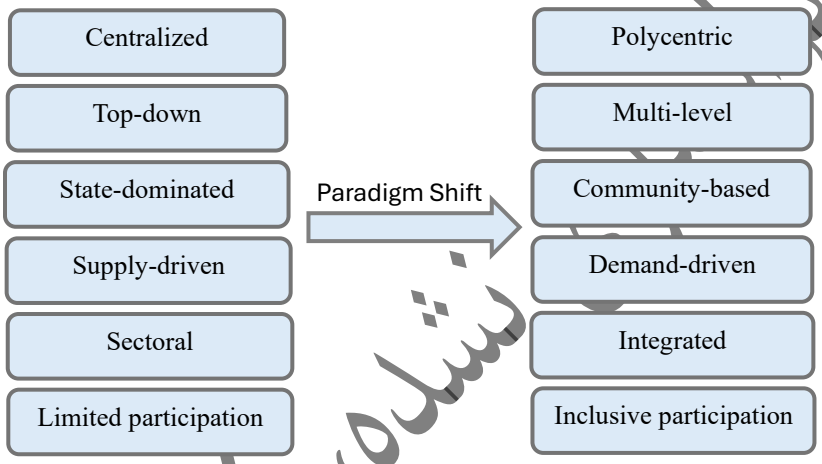


Fig.1- The Governmental Management Paradigm vs. the Water Governance Paradigm.

شکل ۱- مقایسه دو پارادایم «مدیریت دولتی» و «حکمرانی آب»

آسیب دیده را تحت عنوان «گسست حکمرانی» تبیین می‌کند؛ وضعیتی که در آن دولت با وجود تمرکز اختیارات قانونی، فاقد نفوذ اجرایی مؤثر در لایه‌های پایین اجتماعی است و زنجیره اعمال سیاست قطع شده است (Ashtarian, 2024). نتیجه این گسست، بی‌اعتمادی فزاینده ذی‌نفعان و شکست طرح‌های تعادل‌بخشی بوده است (Fedaei Tehrani and Mirzaei, 2023).

در پاسخ به این ناکارآمدی‌ها، ادبیات جهانی گذار به «حکمرانی خوب آب» را با محوریت اصول OECD (اثربخشی، کارایی، اعتماد) پیشنهاد می‌کند (Romano and Akhmouch, 2019). تجربیات جهانی نشان داده است که چالش‌های آب صرفاً فنی نیستند، بلکه ماهیتی سیاسی-اجتماعی دارند. مطالعات در بسترهای متنوع جغرافیایی از جمله آفریقا (Molle, 2009; Silima, 2016)، نپال (Suhardiman et al., 2021) و چین (Xu et al., 2025) همگی تأیید می‌کنند که بدون اصلاحات نهادی و درک پیچیدگی‌های سیاسی، مداخلات فنی محکوم به شکست هستند. همچنین پژوهش‌های انتقادی بر لزوم توجه به حقوق بومیان (von der Porten and de Loë, 2013) و پرهیز از نسخه‌های تجویزی یکسان تأکید دارند.

با این حال، یک شکاف نظری جدی در انطباق این الگوهای جهانی با بستر بومی ایران وجود دارد. اکثر چارچوب‌های موجود، مانند «۱۰ بلوک ساختمانی حکمرانی» (Dai et al., 2022) یا مدل‌های مدیریت تطبیقی (Keller and Hartmann, 2020)، برای نظام‌هایی طراحی شده‌اند که حداقل‌های شفافیت

و ساختارهای دموکراتیک در آن‌ها فراهم است. پژوهشگران بر لزوم رویکردهای میان‌رشته‌ای (Hagemann and Kirschke, 2017) و راهکارهای زمینه‌محور نظیرافزایش سواد آبی، استفاده از اصول تولید پاک‌تر و... (Navaneeth et al., 2021; Ahmad et al. 2022) تأکید دارند، اما ادبیات موجود کمتر به این پرسش پرداخته است که: «در یک ساختار متمرکز، غیرشفاف و درگیر با تنش شدید اقلیمی مانند شرق ایران، چگونه می‌توان گذار از حکمرانی سلسله‌مراتبی به حکمرانی شبکه‌ای را عملیاتی کرد؟».

این پژوهش با هدف پر کردن این شکاف نظری و عملی، رویکردی دوگانه در نوآوری دارد. از بعد نظری، تلاش می‌کند با عبور از تحلیل‌های تک‌بعدی، مدلی بومی برای گذار از حکمرانی سلسله‌مراتبی به شبکه‌ای در ساختارهای متمرکز ارائه دهد. از بعد روش‌شناسی، نوآوری پژوهش در به‌کارگیری یک چارچوب ترکیبی و یکپارچه شامل تحلیل سلسله‌مراتبی، تاپسیس و تحلیل شبکه اجتماعی (AHP-TOPSIS-SNA) است. این مدل ترکیبی اجازه می‌دهد تا چالش‌های کیفی حکمرانی (مانند ساختار قدرت و تعارض منافع) به‌صورت کمی مدل‌سازی شده و نقاط شکست (Failure Points) در چرخه سیاست‌گذاری با دقت ریاضی شناسایی و اولویت‌بندی شوند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- روش تحقیق

این پژوهش با هدف آسیب‌شناسی حکمرانی آب و ارائه راهکارهای سیاستی، از یک رویکرد «توصیفی-تحلیلی» بهره گرفته است. فرآیند پژوهش در یک ساختار منسجم و در سه گام اصلی طراحی گردید: (۱) پایش روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب، (۲) واکاوی ساختار حکمرانی و شناسایی چالش‌ها، و (۳) اولویت‌بندی راهکارها با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره.

پایگاه داده‌های این پژوهش بر اساس آمار رسمی و ثبت‌شده شکل گرفته است. داده‌های اقلیمی (شامل بارش و دما) برای دوره آماری ۳۳ ساله (۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲) مستقیماً از «ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بیرجند» استخراج گردید. همچنین داده‌های مربوط به منابع آب زیرزمینی، نوسانات سطح ایستابی و بیلان دشت‌ها از گزارش‌های فنی و پایه‌های اطلاعاتی «شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی» اخذ شده است. این داده‌ها مبنای تحلیل‌های هیدرولوژیکی و بررسی وضعیت کمی و کیفی منابع آب در منطقه مطالعاتی قرار گرفتند.

به منظور پرهیز از قضاوت‌های بصری و تضمین دقت علمی در تحلیل سری‌های زمانی، از رویکردی دوگانه استفاده شد. نخست، **آزمون ناپارامتریک من-کندال** (Mann-Kendall Test) برای بررسی معنی‌داری آماری روندهای اقلیمی به کار گرفته شد، چرا که این آزمون به عنوان استانداردی جهانی، نیازی به نرمال بودن توزیع داده‌ها ندارد و حساسیت کمی به داده‌های پرت دارد. دوم، برای کمی‌سازی دقیق شدت تغییرات و برآورد نرخ سالانه روند، از **تخمین‌گر شیب سِن** (Sen's Slope Estimator) استفاده گردید. در این پژوهش، معنی‌داری روندها در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P\text{-value} < 0.05$) سنجیده شد.

در بخش تحلیل حکمرانی و اولویت‌بندی راهکارها، از ترکیب روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، تاپسیس (TOPSIS) و تحلیل شبکه نهادی (SNA) استفاده شد. ورودی‌های این مدل‌ها و وزن‌دهی به معیارها مبتنی بر «قضاوت خبرگی» (Expert Judgment) است. به منظور کاهش سوگیری و تضمین جامعیت تصمیم‌گیری، ساختار پنل خبرگان در این پژوهش بر اساس رویکرد «نمونه‌گیری هدفمند» و با تنوع‌بخشی به تخصص‌ها

ویراستاری نشده، غیر قابل استناد

طراحی شد. تیم تحقیق متشکل از سه دیدگاه مکمل شامل: (۱) دیدگاه اجرایی و حاکمیتی (کارشناس شرکت آب منطقه‌ای)، (۲) دیدگاه فنی و عملیاتی (کارشناس شرکت مهندسین مشاور) و (۳) دیدگاه نظری و آکادمیک (عضو هیئت‌علمی دانشگاه) بود. این ترکیب ناهمگن سبب شد تا وزن‌دهی‌ها صرفاً تک‌بعدی نباشند و همزمان محدودیت‌های اجرایی و استانداردهای علمی لحاظ گردند. با این حال، محدودیت تعمیم‌پذیری ناشی از تعداد محدود خبرگان در این مطالعه به عنوان یک محدودیت پژوهشی تصریح شده و پیشنهاد شده است در مطالعات آتی از پنل‌های دلفی گسترده‌تر برای اعتبارسنجی استفاده شود.

۲-۲- محدوده مورد مطالعه

استان خراسان جنوبی از نظر جغرافیایی در شرق کشور و در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده و با مساحتی بالغ بر ۱۵۰ هزار کیلومتر مربع، حدود ۹ درصد از مساحت کل ایران را به خود اختصاص داده است. این استان با جمعیتی نزدیک به ۷۷۰ هزار نفر (بر اساس سرشماری ۱۳۹۵) تنها کمتر از یک درصد جمعیت کشور را در خود جای داده است. این نسبت پایین جمعیت به مساحت، از یک سو فشار جمعیتی مستقیم بر منابع آب را کاهش می‌دهد، اما از سوی دیگر به دلیل پراکندگی جمعیت و وسعت زیاد، مدیریت منابع آب و تأمین آب شرب و کشاورزی را با چالش‌های جدی مواجه می‌سازد. تقسیمات کشوری استان شامل ۱۲ شهرستان و ۳۱ شهر است که هر یک شرایط خاصی از نظر منابع و مصارف آب دارند. این استان در چهار

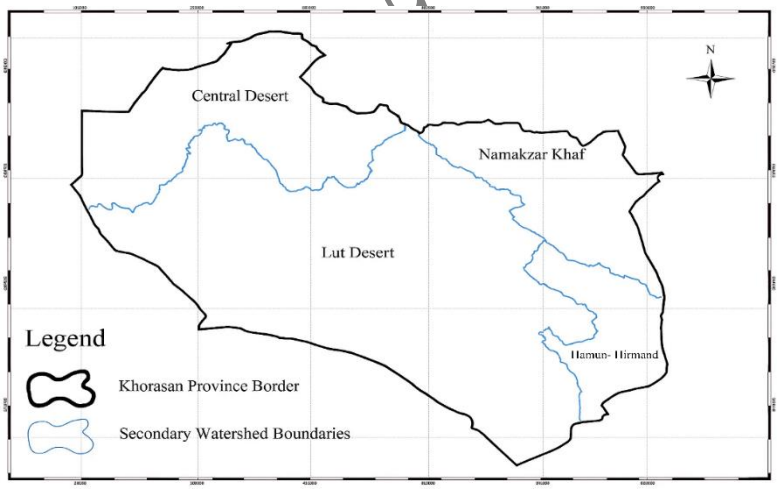


Fig.2- Spatial distribution of drainage basins in South Khorasan Province

شکل ۲- پراکندگی حوضه‌های آبریز استان خراسان جنوبی

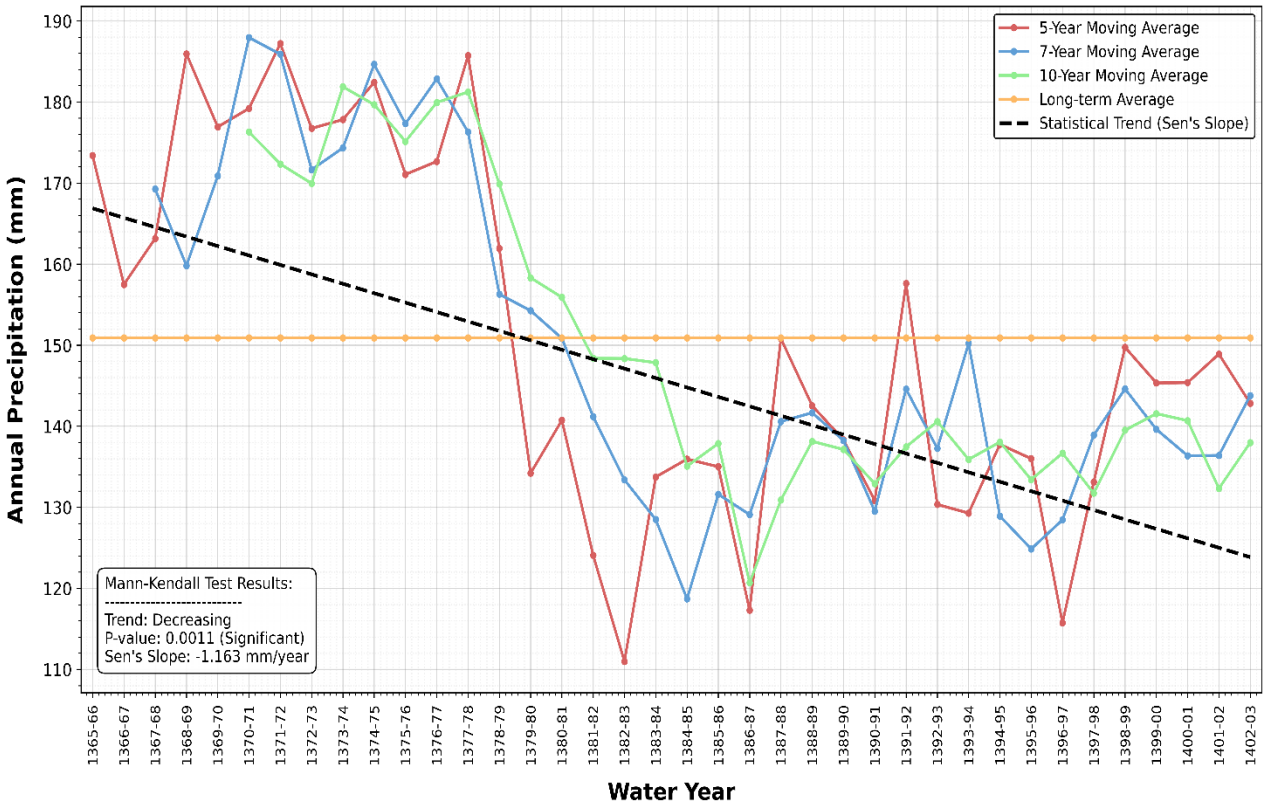
حوضه آبریز اصلی کویر لوت (۵۷٪)، کویر مرکزی (۲۰٪)، نمکزار خواف (۱۴٪) و هامون هیرمند (۹٪) قرار دارد. این پراکندگی حوضه‌ای باعث شده است که ویژگی‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی هر منطقه متفاوت باشد و مدیریت آب نیازمند رویکردی منطقه‌ای و متناسب با ویژگی‌های هر حوضه باشد. بخش عمده منابع آبی استان متکی بر آب‌های زیرزمینی (چاه‌ها، قنوات و چشمه‌ها) است و بیش از ۸۰٪ این منابع در محدوده‌های بحرانی یا ممنوعه قرار دارند.

ویراستاری نشده

۳- نتایج و بحث:

۳-۱- بررسی شرایط اقلیمی منطقه

داده‌های اقلیمی بلندمدت استان خراسان جنوبی نشان می‌دهد که در سه دهه‌ی اخیر، منطقه با روندی آشکار از خشکسالی‌های پی‌درپی و افزایش دمای میانگین مواجه بوده است. بررسی میانگین بارش بلندمدت ۵۰ ساله شهرستان بیرجند (مرکز استان) حاکی از کاهش میانگین سالانه از حدود ۱۷۶ میلی‌متر در دهه‌ی ۱۳۶۰ به کمتر از ۱۳۸ میلی‌متر در دهه‌ی اخیر است (افت ۲۱.۵ درصدی). تحلیل سری‌های زمانی با میانگین‌های متحرک ۵، ۷ و ۱۰ ساله روندی مداوم از کاهش بارش را تأیید می‌کند؛ به‌طوری که از آغاز دهه‌ی ۱۳۸۰ به بعد وضعیت بارندگی زیر حد میانگین ۳۰سالهٔ بارش قرار گرفته است. جهت اعتبارسنجی آماری این روند و پرهیز از استنتاج صرفاً بصری، آزمون ناپارامتریک من–کندال (Mann-Kendall) بر روی سری زمانی بارش اعمال گردید. نتایج حاصل با مقدار P-value برابر با ۰.۰۰۱۱ (کمتر از ۰.۰۱)، وجود یک روند نزولی کاملاً معنی‌دار را در سطح اطمینان ۹۹ درصد اثبات می‌کند. علاوه بر این، شاخص «شیب سِن (Sen's Slope)» نشان‌دهنده نرخ کاهش متوسط سالانه ۱.۱۶۳ میلی‌متر در بارش منطقه است. این شیب منفی پایدار (که با خط‌چین سیاه در نمودار نمایش داده شده) مؤید این تغییر الگوی بارش بوده نظام حکمرانی آب را که به‌طور سنتی بر مدیریت «تأمین و عرضه» استوار بوده، با ناکارآمدی مواجه کرده است؛ زیرا با کاهش ورودی‌ها سامانه، دیگر منابع جدیدی برای تخصیص وجود ندارد.



در کنار افت بارش، روند بلندمدت دمای میانگین سالانه این شهرستان نشان‌دهنده‌ی افزایش حدود ۲ درجه سانتی‌گراد طی سه دهه‌ی گذشته است. این گرمایش مستمر، همراه با افزایش تبخیر و تعریق، موجب تشدید ناپایداری‌های هیدرولوژیکی، کاهش رطوبت خاک و افزایش نیاز آبی در بخش کشاورزی شده است. به این ترتیب، عامل دما در تشدید خشکی اقلیمی و افت منابع آب زیرزمینی نقشی تعیین‌کننده دارد. داده‌های هواشناسی نشان می‌دهند که هم‌زمان با افت بارندگی، نوسانات حرارتی نیز افزایش یافته و الگوی زمانی بارش‌ها نامنظم‌تر شده است؛ بخش عمده‌ای از بارش سالانه اکنون در چند رخداد کوتاه متمرکز می‌شود که منجر به افزایش رواناب سطحی و کاهش تغذیه آبخوان‌ها گردیده است.

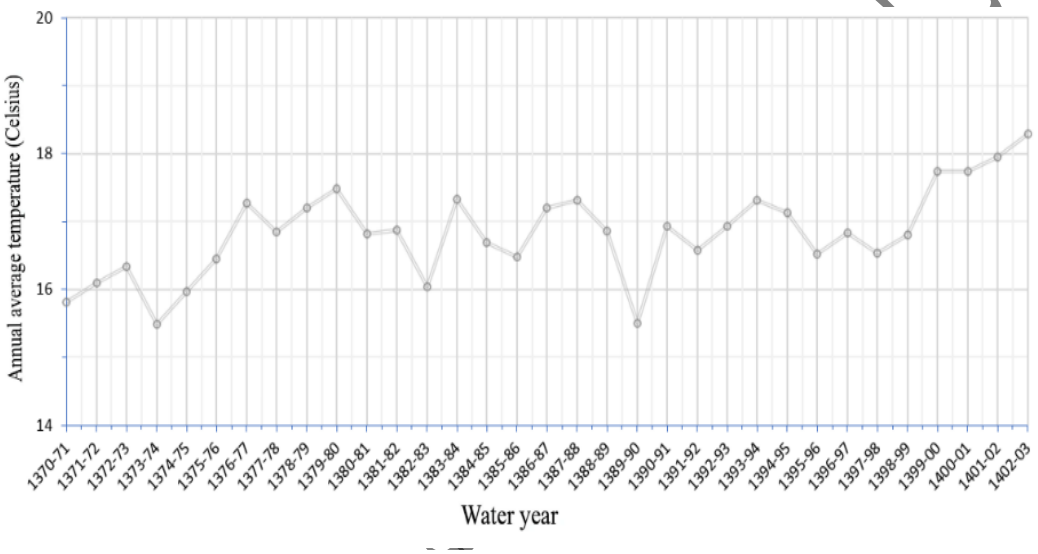


Fig.4- Annual mean temperature trend (°C) over the period 1370-1402

شکل ۴- روند میانگین دمای سالانه (سانتی‌گراد) طی دوره ۱۴۰۲-۱۳۷۰

تحلیل داده‌های ۲۵ساله سطح آب زیرزمینی در استان نشان می‌دهد که میانگین افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های استان ۲۲ سانتی‌متر در سال است. این افت تجمعی در بیش از ۸۰ درصد دشت‌های استان مشاهده می‌شود و در دشت‌های بحرانی مانند بشرویه، دستگردان، بیرجند و سرایان میزان افت تا ۷۵ سانتی‌متر در سال گزارش شده است. برآورد کل بیلان منفی منابع زیرزمینی استان نشان‌دهنده کسری حجمی ۱۲۷ میلیون مترمکعب در سال است که بیانگر فشار مفرط بر منابع محدود و ناپایداری ساختار بهره‌برداری است. در نتیجه، بسیاری از دشت‌ها وارد محدوده ممنوعه یا بحرانی شده‌اند که برداشت از آن‌ها صرفاً به قیمت افت بیشتر سطح ایستابی امکان‌پذیر است.

این افت کمی به مرور به بحرانی کیفی نیز تبدیل شده است. داده‌های هیدروشیمیایی نشان می‌دهند که هدایت الکتریکی (EC) و شوری آب در بخش زیادی از دشت‌های مرکزی و شرقی استان به سرعت رو به افزایش است. منابع زیرزمینیِ شور که پیش‌تر فقط در حواشی کویری دیده می‌شدند، اکنون در نواحی میانی نیز گسترش یافته‌اند؛ به طوری که کیفیت آب در برخی مناطق به کمتر از استانداردهای شرب رسیده و کاربرد کشاورزی آن هم محدود شده است. بدین‌ترتیب، بحران کمیِ منابع، با تأخیر کوتاهی به بحران کیفی ساختاری بدل شده است.

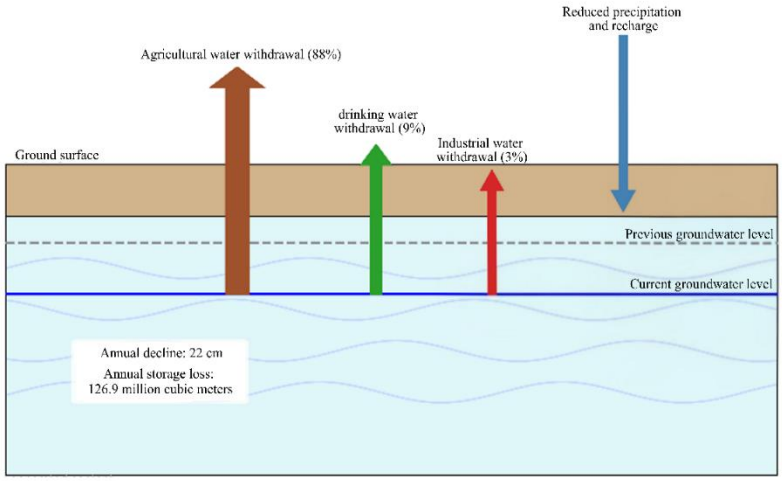


Fig.5- Groundwater budget imbalance and major withdrawal sources in the province

شکل ۵- عدم تعادل در بیلان آبخوان و عوامل اصلی برداشت از منابع آب زیرزمینی استان

الگوی مصرف آب نیز این شکنندگی را تشدید می‌کند. از کل برداشت سالانه آب، حدود ۷۳ درصد از چاه‌ها، ۲۳ درصد از قنوات و ۴ درصد از چشمه‌ها تأمین می‌شود؛ که بیانگر وابستگی تقریباً کامل استان به آب‌های زیرزمینی است. در ترکیب بخشیِ مصارف، بخش کشاورزی با سهم ۸۸ درصد اصلی‌ترین مصرف‌کننده است؛ در حالی که سهم بخش‌های شرب و صنعت به ترتیب تنها ۹ و ۳ درصد است. توزیع مکانی مصرف نیز بسیار غیرمتعادل است؛ در شهرستان‌هایی نظیر نهبندان و قائنات، آب کشاورزی بیش از ۹۰ درصد کل برداشت را شامل می‌شود.

در مجموع، روندهای اقلیمی و هیدرولوژیکی استان خراسان جنوبی آشکارا دلالت بر ورود منطقه به یک شرایط خشک‌تر، گرم‌تر و ناپایدارتر دارند. کاهش بارش و افزایش دما، تبخیر شدید، افت پیوسته سطح ایستابی، گسترش شوری، و الگوی مصرف کشاورزیِ سنگین، پویایی یک نظام شکننده هیدروسوسیالی را ترسیم می‌کنند که بدون اصلاح ساختاری در حکمرانی آب و مدیریت تقاضا، پایداری منابع و امنیت معیشتی آن در خطر جدی قرار خواهد گرفت.

فراتر از ابعاد صرفاً فنی، این ویژگی‌های هیدرولوژیکی و جغرافیایی، بسترساز چالش‌های عمیق و ساختاری در نظام حکمرانی آب استان شده‌اند .وسعت جغرافیایی زیاد استان و پراکندگی شدید کانون‌های جمعیتی و کشاورزی، عملاً هزینه پایش و نظارت فیزیکی را برای نهادهای دولتی به شدت افزایش داده است. این دشواری در نظارت، موجب شده تا کنترل هزاران چاه پراکنده در دشت‌های دورافتاده با چالش جدی مواجه شود و بستر برای تخلفات و برداشت‌های غیرمجاز فراهم گردد. علاوه بر این، تشدید بحران کمی و کیفی منابع، موجب افزایش رقابت بر سر آب شده و مقاومت اجتماعی کشاورزان

در برابر سیاست‌های کنترلی دولت را افزایش داده است؛ امری که نشان می‌دهد حکمرانی دستوری و متمرکز فعلی، بدون جلب مشارکت جوامع محلی، در اعمال قانون ناتوان است.

۳-۲- تحلیل شاخص فالکن مارک در استان

سنجش وضعیت تنش آبی با شاخص‌های مختلفی نظیر شاخص فالکن‌مارک(FI) ، شاخص بهره‌برداری آب(WEI) ، شاخص فقر آب (WPI) و شاخص تنش آب (WSI) ارزیابی می‌شود؛ با این حال، در این پژوهش به دلیل تمرکز مستقیم شاخص فالکن‌مارک بر رابطه محدودیت اقلیمی و فشار جمعیتی و ارائه تصویری شفاف‌تر از کمبود ساختاری برای تحلیل‌های حکمرانی، این شاخص انتخاب شده است. این معیار بر پایه نسبت منابع تجدیدپذیر در دسترس به جمعیت محاسبه می‌شود و طبق طبقه‌بندی بین‌المللی، **سرانه** بیش از ۱۷۰۰ مترمکعب در سال نشانه وضعیت بی‌تنش، بین ۱۷۰۰ تا ۱۰۰۰ تنش آبی، بین ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ کم‌آبی شدید و کمتر از ۵۰۰ بحران مطلق آب است.

Table 1- Falkenmark Index for counties of South Khorasan Province (2011 and 2021).

جدول ۱- شاخص فالکن مارک برای شهرستان‌های استان خراسان جنوبی (۱۳۹۰ و ۱۴۰۰).

County	Falkenmark Index (FI) – 2011	Falkenmark Index (FI) – 2021
Birjand	643	226
Ferdows	1770	766
Darmian	1152	836
Sarayan	1544	875
Qaenat	1400	957
Tabas	—	982
Zirkuh	—	1407
Sarbisheh	2709	1451
Nehbandan	1639	1540
Khusf	—	1988
Boshruyeh	2964	2861

Source: South Khorasan Regional Water Company (2021).

تحلیل داده‌های استان خراسان جنوبی در بازه ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ کاهش چشمگیر منابع سرانه آب را نشان می‌دهد. بیشتر شهرستان‌ها از محدوده تنش عبور کرده و در وضعیت بحران قرار گرفته‌اند؛ از جمله بیرجند با افت از ۶۴۳ به ۲۲۶ مترمکعب در سال که حاکی از بحران مطلق است. در شهرستان‌های فردوس ۷۶۶، درمیان ۸۳۶، سرایان ۸۷۵ و قائنات ۹۵۷ نیز وضعیت کم‌آبی شدید مشاهده می‌شود. تنها نقاطی چون بشرویه ۲۸۶۱ و خوسف ۱۹۸۸ هنوز در محدوده نسبتاً ایمن‌اند، هرچند روند کاهشی منابع در آنها نیز ادامه دارد.

ویراستاری نشده، غیر قابل استناد

سه عامل اصلی در سقوط شاخص عبارت‌اند از: کاهش منابع تجدیدپذیر در پی خشکسالی‌های متوالی، رشد جمعیت و فشار تقاضا، و تداوم الگوی بهره‌برداری ناپایدار به‌ویژه در بخش کشاورزی. این روند بیانگر مرحله‌ای از تنش آبی ساختاری و بلندمدت است که ریشه در ضعف حکمرانی و نبود مدیریت تقاضا دارد.

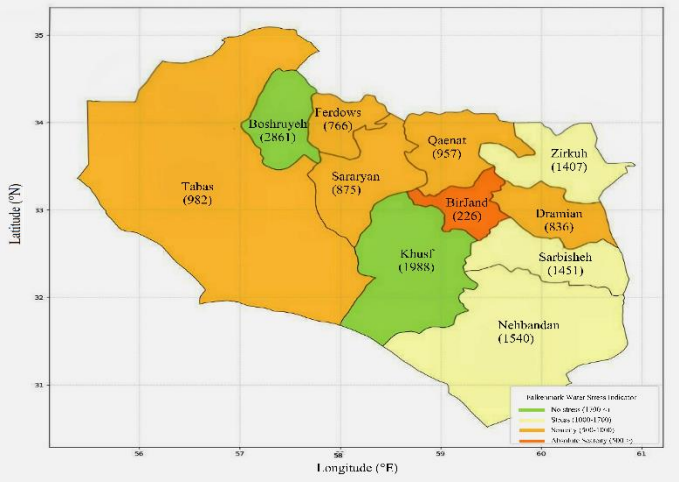


Fig.6- Falkenmark Index for counties of South Khorasan Province.

شکل ۶- شاخص فالکون مارک برای شهرستان های استان

نتیجه این تحلیل آن است که استان خراسان جنوبی از مرز بحران عبور کرده و با کمبود پایدار مواجه است. تداوم وضع موجود نه‌تنها قابلیت توسعه پایدار را تهدید می‌کند، بلکه ضرورت اصلاحات نهادی، افزایش بهره‌وری مصرف، تنوع‌بخشی به منابع و پیاده‌سازی سیاست‌های مدیریت تقاضا را در تمامی سطوح برجسته می‌سازد.

۳-۳- چالش های حکمرانی آب در منطقه

حکمرانی منابع آب به عنوان یکی از بنیان‌های اصلی توسعه پایدار، نقشی حیاتی در مدیریت عادلانه، کارآمد و پایدار این منبع حیاتی ایفا می‌کند. در ایران، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند استان خراسان جنوبی، چالش‌های حکمرانی آب بیش از آن‌که ناشی از کمبود مطلق منابع باشد، ریشه در ضعف‌های ساختاری، نهادی و مدیریتی دارد (Nabavi et al., 2021). عدم هماهنگی بین نهادهای ذی‌ربط، مدیریت جزیره‌ای، ضعف در اعمال قانون، نبود اطلاعات شفاف و فقدان نظام قیمت‌گذاری واقعی، از جمله موانعی هستند که باعث ناکارآمدی سیاست‌های آبی شده‌اند (Fedaei Tehrani andMirzaei, 2023; Jamali and Abdollahi, 2021; Rahbar Ghazi and Taleei Hor, 2024). این چالش‌ها نه تنها بهره‌برداری پایدار از منابع را تهدید می‌کنند، بلکه نابرابری در دسترسی، اتلاف منابع و بروز تنش‌های اجتماعی را نیز تشدید می‌سازند. در شرایطی که تقاضا به‌طور پیوسته در حال افزایش است، نبود ظرفیت حکمرانی انعطاف‌پذیر و تطبیق‌پذیر با تغییرات، تاب‌آوری منابع آب کشور را کاهش داده و کارآمدی برنامه‌ریزی را تضعیف کرده است (Yavari et al., 2017).

۳-۳-۱- چالش‌های نهادی و مدیریتی

هرچند ساختار حکمرانی آب در ایران متمرکز است، اما شرایط خاص جغرافیایی خراسان جنوبی (وسعت زیاد و پراکندگی منابع) باعث شده است که سیاست‌های ابلاغی مرکز، گاهی با واقعیت‌های میدانی فاصله داشته باشند و امکان مشارکت مؤثر ذی‌نفعان را محدود سازند (Jamali and Abdollahi, 2021; Miremadi, 2018; Nabavi et al., 2021). در سطح استان، با وجود تلاش‌های شرکت آب منطقه‌ای برای تعادل‌بخشی، تداخل وظایف میان دستگاه‌های متولی «تولید» (جهاد کشاورزی) و متولیان «حفاظت» (وزارت نیرو) مشهود است؛ به‌طوری‌که در دشت‌های ممنوعه استان، اولویت‌های کوتاه‌مدت معیشتی گاهی مانع اجرای دقیق برنامه‌های حفاظتی شده است (Fedaei Tehrani and Mirzaei, 2023).

همچنین، پیچیدگی‌های «اقتصاد سیاسی غیررسمی» در منطقه باعث شده است که شبکه‌های ذی‌نفعان محلی با ایجاد فشار برای دریافت مجوزها، بر تصمیمات فنی سایه افکنند (Fallon et al., 2019). در این شرایط، فقدان سامانه یکپارچه اطلاعاتی مورد توافق، اعتماد متقابل میان بهره‌برداران و دولت را کاهش داده و شفافیت آماری را با چالش مواجه کرده است (Fedaei Tehrani et al., 2018; Hashemi, 2022). افزون بر این، قوانینی مانند «تعیین تکلیف چاه‌های فاقد پروانه»، عملاً ابزارهای نظارتی شرکت را در برخورد با تخلفات محدود کرده و چالش‌های اجرایی را افزایش داده است (Mirnazami and Bagheri, 2021).

۳-۳-۲- چالش‌های حقوقی و قانونی

تصویب «قانون توزیع عادلانه آب» (۱۳۶۱) به عنوان یک قانون ملی، اگرچه با هدف انتظام‌بخشی بود، اما با ساختار سنتی و بومی مدیریت آب در خراسان جنوبی (نظام‌های قنات و میرآبی) همخوانی کامل نداشت و ناخواسته باعث کمرنگ شدن نقش مدیریت‌های محلی گردید (Jamali and Abdollahi, 2016; Rahbar Ghazi and Taleei Hor, 2024;). این خلاء قانونی سبب شد صدور مجوزها بر اساس رویه‌های ملی، بر آبخوان‌های تغذیه‌کننده قنوات تأثیر بگذارد.

از سوی دیگر، نبود قیمت‌گذاری واقعی موجب شده است ارزش اقتصادی آب در اقلیم خشک استان نادیده گرفته شود و تعرفه‌های فعلی تکافوی هزینه‌های سنگین تأمین آب را ندهد (Banihabib and Ghafouri Kharanaq, 2019; Miremadi, 2020). قوانین موجود نیز انعطاف لازم برای گذار از «حق مصرف» به «مسئولیت مشترک» را فراهم نکرده‌اند (Kumkin and Neto, 2016) و ضعف در بازدارندگی حقوقی، مقابله با برداشت‌های غیرمجاز را دشوار ساخته است (Fallon et al., 2019).

۳-۳-۳- چالش‌های اجتماعی و فرهنگی

فروپاشی سرمایه اجتماعی در اثر خشکسالی‌های پیاپی، مانع اصلی حکمرانی مشارکتی است (Fattahi et al., 2017; Gholami et al., 2023). تمرکز تصمیم‌گیری‌ها، جوامع محلی را از حافظان قنات به مصرف‌کنندگان منفعل تبدیل کرده است (Nabavi et al., 2021; Mirnazami and Bagheri, 2017). مهاجرت روستاییان به حاشیه شهرها، بافت اجتماعی روستاها را برای تشکیل تشکل‌های آب‌بران تضعیف کرده است.

ویراستاری نشده، غیر قابل استناد

همچنین، جایگزینی سریع دانش بومی با رویکرد سازه‌ای (مانند تمرکز صرف بر پروژه‌های عمرانی)، فرهنگ «سازگاری با کم‌آبی» را تضعیف کرده است (Fallon et al., 2019). سطح پایین آگاهی عمومی و فقدان برنامه‌های فرهنگی مستمر، سبب شده آب همچنان به عنوان یک منبع لایزال تلقی شود و الگوی مصرف تغییر نکند (Miremadi, 2020; Romano and Akhmouch, 2019).

۳-۳-۴- چالش‌های اقتصادی و محیط زیستی

توسعه ناپایدار و بارگذاری بیش از ظرفیت اکولوژیک دشت‌ها، مدیریت آب استان را با چالش روبرو کرده است (Mirnazami and Bagheri, 2021). با وجود اقلیم خشک، وابستگی اقتصاد استان به کشاورزی بسیار بالاست و شاخص فالکن‌مارک نشان‌دهنده «کمبود مطلق آب» است (Nabavi et al., 2021).

علاوه بر این، توسعه صنایع آب‌بر (نظیر فولاد) بدون توجه کافی به آمایش سرزمین، کیفیت آبخوان‌ها را با خطر شوری مواجه کرده است (Jabbari, 2019; Yavari et al., 2017). هدررفت آب در شبکه‌های فرسوده و عدم اصلاح الگوی قیمت‌گذاری، بار مالی سنگینی ایجاد کرده است (Banihabib and Ghafouri Kharanaq, 2019). نهایتاً، تغییرات اقلیمی و کاهش بارش‌ها، ظرفیت طبیعی تجدیدپذیری منابع را فرسوده کرده و بحران را تشدید نموده است (Fallon et al., 2019).

چالش‌های فوق در یک شبکه‌ی علی به‌هم‌پیوسته عمل می‌کنند: تمرکز نهادی و ضعف قانون، موجب فروپاشی اعتماد اجتماعی شده و سیاست‌های اقتصادی نادرست، بحران زیست‌محیطی را تثبیت کرده‌اند. حکمرانی فعلی مبتنی بر شفافیت و تبادل داده و مشارکت واقعی جامعه نیست؛ بلکه ترکیبی از ناکارآمدی، نابرابری و اتلاف منابع است. رفع این بحران نیازمند گذار از ساختار سلسله‌مراتبی به حکمرانی تطبیقی و اجتماع‌محور است که بتواند سه اصل کلیدی OECD (اثربخشی، کارایی و مشارکت)را محقق کند (Fedaei Tehrani et al., 2018; Rahbar Ghazi and Taleei Hor, 2024). بنابراین، گذار از حکمرانی متمرکز به الگوی تطبیقی و اجتماع‌محور نه‌تنها شرط لازم برای ارتقای کارایی و عدالت آبی است، بلکه مبنایی تحلیلی برای طراحی راهکار و ایجاد پیوندی مؤثر میان سیاست‌گذاری ملی و واقعیت‌های محلی و اکولوژیکی به شمار می‌آید.

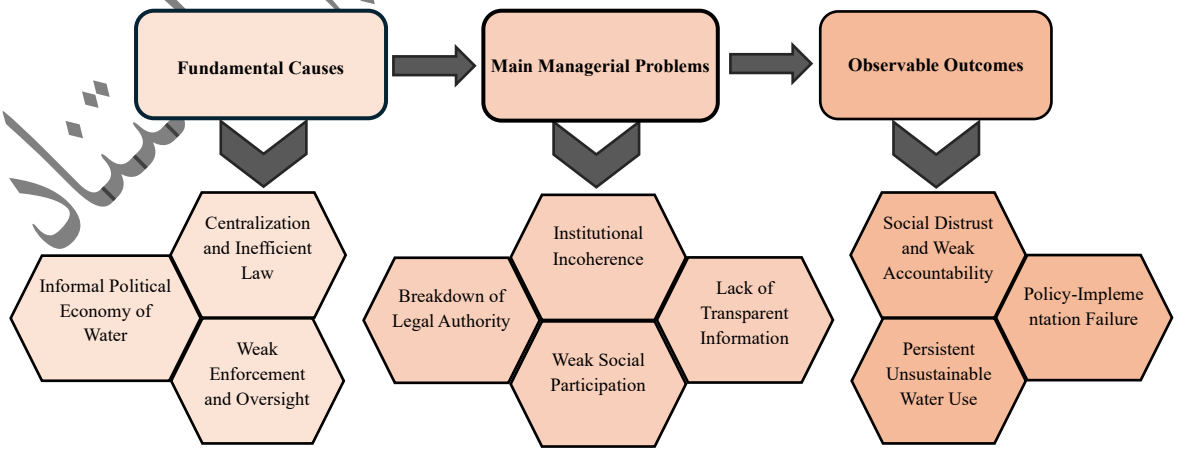


Fig.7- Water Management Problems: From Causes to Outcomes

شکل ۷- چهارچوب تحلیلی مشکلات مدیریت منابع آب: از علل بنیادین تا پیامدهای مشهود

ویراستاری شده، در انتظار انتشار

۳-۴- تحلیل راهکارهای سیاستی برای بهبود حکمرانی منابع آب

۳-۴-۱- اصلاحات نهادی و ساختاری: گذار از مدیریت متمرکز به حکمرانی شبکه‌ای

ساختار متمرکز و بالا به پایین مدیریت آب در ایران، با واقعیت‌های جغرافیایی خراسان جنوبی (وسعت زیاد و پراکندگی منابع) در تعارض است. تمرکز قدرت در نهادهای دولتی (وزارت نیرو) مانع شکل‌گیری نظامی پاسخگو شده است (Nabavi et al., 2021). برای عبور از این بحران در سطح استان، اصلاحات زیر ضروری است:

۳-۴-۱-۱- کاهش تمرکزگرایی و واگذاری امور اجرایی: با توجه به ناکارآمدی دولت در نقش همزمان «مجری» و «ناظر»، راهکار کلیدی در این استان پهناور، انتقال مسئولیت‌های اجرایی (توزیع آب و نگهداری شبکه) به نهادهای محلی و محدود کردن دولت به نقش تنظیم‌گری است (Fedaei Tehrani et al., 2018).

۳-۴-۱-۲- تقویت نهادهای مدنی و غیردولتی: نهادهای مدنی در استان باید از حاشیه به متن بیایند. برنامه ششم توسعه کافی نیست و باید جایگاه حقوقی مشخصی برای «انجمن‌های آب‌بران» و «شوراهای حوضه‌ای» تعریف شود تا به عنوان بازوی نظارتی و عامل اعتمادسازی میان مردم و حاکمیت عمل کنند.

۳-۴-۱-۳- اصلاح ساختار قانونی: قانون توزیع عادلانه آب (۱۳۶۱) به دلیل رویکرد دولتی، نقش ذی‌نفعان را حذف کرده است. تدوین قوانین جدید مبتنی بر اصول حکمرانی خوب که اختیارات تصمیم‌گیری را در دشت‌های ممنوعه استان به شوراها واگذار کند، الزامی است (Jamali and Abdollahi, 2016).

۳-۴-۲- تقویت مشارکت مردمی و سرمایه اجتماعی

تحلیل‌های شبکه اجتماعی نشان‌دهنده گسست میان کنشگران و ضعف سرمایه اجتماعی است. در بستر سنتی خراسان جنوبی، راهکارها باید بومی باشند:

۳-۴-۲-۱- توانمندسازی جوامع محلی: مشارکت نباید تشریفاتی باشد بلکه توانمندسازی واقعی اعطای قدرت تصمیم‌گیری به نمایندگان کشاورزان و حقابه‌بران قنات‌ها در فرآیند تخصیص منابع می‌باشد (Fallon et al., 2019).

۳-۴-۲-۲- سازوکارهای حل منازعه محلی: نظام قضایی رسمی برای حل سریع منازعات آب در مناطق روستایی دورافتاده ناکارآمد است. احیای مکانیزم‌های «کدخدامنشی» و میانجی‌گری توسط معتمدین محلی برای حل اختلافات (به‌ویژه میان چاه‌داران و قنات‌داران) پیشنهاد می‌شود (Hashemi, 2022).

۳-۴-۲-۳- به رسمیت شناختن نهادهای سنتی: نادیده گرفتن میراث «قنات» و نظام‌های «میرآبی» و «بُنه» در مدیریت مدرن یک خطای استراتژیک بوده است. راهکار علمی، ایجاد نظام حقوقی دوگانه‌ای است که عرف‌های محلی مدیریت آب در استان را در چارچوب قوانین ملی ادغام کند (Banihabib and Ghafouri Kharanaq, 2019).

ویراستاری شده غیر قابل استناد

۳-۴-۳- شفاف‌سازی، اطلاعات و دانش

۳-۴-۳-۱- سامانه اطلاعاتی شفاف: عدم دسترسی به داده‌ها عامل عدم توازن قدرت است. ایجاد «داشبورد ملی و استانی داده‌های آب» که وضعیت چاه‌ها و دشت‌ها را شفاف کند، ضروری است.

۳-۴-۳-۲- ارتقای آگاهی عمومی: اجرای برنامه‌های ترویجی برای درک وضعیت بحرانی دشت‌های استان توسط بهره‌برداران، پیش‌نیاز هرگونه اقدام اصلاحی است.

۳-۴-۳-۳- تلفیق دانش بومی و مدرن: ترکیب تجربه کشاورزان زعفران‌کار و زرشک‌کار استان با یافته‌های علمی نوین، راه‌حل‌های پایدارتری نسبت به نسخه‌های صرفاً مهندسی ارائه می‌دهد (Nabavi et al., 2021).

۳-۴-۴- راهکارهای مدیریت تقاضا در بخش کشاورزی

با توجه به مصرف ۹۰ درصدی آب در بخش کشاورزی و بحران دشت‌های استان، اصلاحات در این بخش حیاتی است:

۳-۴-۴-۱- اصلاح الگوی کشت (مدیریت زنجیره ارزش): صرف توصیه به کشت جایگزین کافی نیست. راهکار عملیاتی، تکمیل «زنجیره ارزش محصولات مزیت‌دار استان» (زرشک، زعفران، عناب و گیاهان دارویی) است. دولت باید به جای دستور، در تأمین نهاده، ایجاد صنایع تبدیلی و تضمین بازار دخالت کند تا کشاورز داوطلبانه به سمت کشت‌های کم‌آب‌بر اما پربازده حرکت کند. توسعه گلخانه‌ها نیز به دلیل کاهش تبخیر در اقلیم استان، یک ضرورت است.

۳-۴-۴-۲- استفاده از آب‌های غیرمتعارف: جایگزینی آب چاه با پساب تصفیه‌شده برای کشت‌های غیرخوراکی (فضای سبز، چوب و گیاهان صنعتی) در حاشیه شهرهای بیرجند و قاین، فشار را از روی آبخوان‌ها برمی‌دارد (Mortazapour et al., 2021).

۳-۴-۴-۳- نظارت و اعمال قانون: رویکرد تسامح در برابر چاه‌های غیرمجاز شکست خورده است. راهکار دوگانه شامل «پلمب بدون اغماض چاه‌های غیرمجاز» و «نصب کنتور هوشمند روی تمام چاه‌های مجاز» برای کنترل دقیق برداشت بر اساس پروانه است (Mirnazami and Bagheri, 2021).

۳-۴-۴-۴- آگاهی و مشارکت کشاورزان: سیاست‌های قهری بدون همراهی کشاورزان شکست می‌خورد. استفاده از ظرفیت NGOها و رهبران مذهبی/محلی برای اقناع کشاورزان نسبت به خطرات خشک شدن قنات‌ها و آبخوان‌ها ضروری است.

۳-۴-۵- راهکارهای مدیریت تقاضا در بخش صنعت

۳-۴-۵-۱- تأمین آب از پساب: صنایع اصلی استان (نظیر کاشی، سرامیک و فولاد) باید ملزم به استفاده از پساب تصفیه‌شده شهری شوند. این استراتژی برد-برد، آب کیفی را برای شرب و کشاورزی آزاد می‌کند (Ghafoori Kharanaq et al., 2018).

۳-۴-۵-۲- بازچرخانی آب: الزام صنایع به استقرار سامانه‌های مداربسته تصفیه برای استفاده مجدد از آب در چرخه‌های خنک‌کاری و شستشو.

۳-۴-۵-۳- ممیزی و بهینه‌سازی: انجام ممیزی دقیق آب در واحدهای صنعتی برای شناسایی نقاط هدررفت.

ویراستاری نشده، غیر قابل استناد

۳-۴-۵-۴- هدایت سرمایه‌گذاری: ممنوعیت استقرار صنایع آب‌بر جدید و هدایت سرمایه‌ها به سمت صنایع های‌تک و کم‌آب‌بر متناسب با اقلیم خشک استان.

۳-۴-۶- مدیریت تقاضا در بخش شرب و شهری

۳-۴-۶-۱- کاهش آب بدون درآمد: با توجه به پراکندگی شبکه در خراسان جنوبی، اولویت باید بر نشت‌یابی هوشمند، مدیریت فشار و نوسازی لوله‌های فرسوده متمرکز شود.

۳-۴-۶-۲- کنتورهای هوشمند و تعرفه: نصب کنتورهای هوشمند برای رصد لحظه‌ای و اجرای دقیق تعرفه‌های پلکانی جهت جریمه پرمصرف‌ها.

۳-۴-۶-۳- فرهنگ‌سازی: استفاده از ظرفیت رسانه‌ها و مدارس برای نهادینه کردن فرهنگ مصرف بهینه در خانوارهای شهری.

۳-۴-۷- اصلاح قیمت‌گذاری و بازار آب

نظام فعلی که آب را کالای عمومی ارزان می‌پندارد، انگیزه‌ای برای حفاظت ایجاد نمی‌کند. اصلاحات باید شامل:

۱. تعرفه‌های حجمی و پلکانی برای واقعی‌سازی قیمت.

۲. ایجاد بازار آب: در دشت‌های بحرانی استان، باید امکان تبادل قانونی حقابه فراهم شود تا آب از کشاورزی کم‌بازده به سمت مصارف با ارزش افزوده بالاتر (گلخانه و صنعت) جریان یابد.

اگرچه این اصلاحات با چالش‌های اجتماعی روبروست، اما برای پایداری منابع و تأمین هزینه نگهداری زیرساخت‌ها در بلندمدت اجتناب‌ناپذیر است و باید به صورت تدریجی و با در نظر گرفتن عدالت اجتماعی اجرا شود.

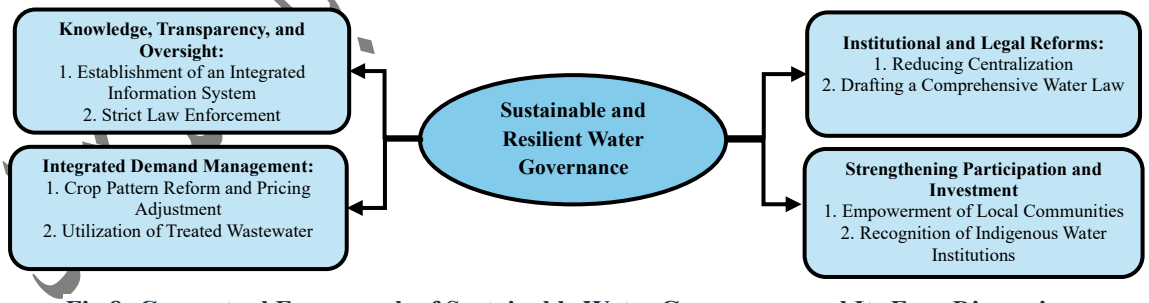


Fig.8- Conceptual Framework of Sustainable Water Governance and Its Four Dimensions

شکل ۸- چارچوب مفهومی حکمرانی پایدار آب و ابعاد چهارگانه آن

۳-۵- اولویت اجرایی راهکارها و چالش‌ها در حکمرانی منابع آب استان

در این پژوهش، چالش‌ها و راهکارها بر اساس اولویت اجرایی طبقه‌بندی شده‌اند.در سطح اولویت بسیار بالا، چالش‌های بنیادین حکمرانی قرار دارند که شامل تعارض نهادی، مدیریت متمرکز و دیوان‌سالار، فساد اداری و اقتصاد غیررسمی آب، و ضعف مشارکت ذی‌نفعان است. راهکارهای کلیدی برای این

ویراستاری نشده، غیر قابل

سطح، ایجاد یک نهاد فرادستگاهی هماهنگ‌کننده، واگذاری اختیارات و تقویت تشکل‌های محلی آب‌بران، و ایجاد سامانه ملی داده‌های آب برای تضمین شفافیت است. همزمان، مسائل فنی–اقتصادی حیاتی مانند برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی، مصرف ناکارآمد در کشاورزی، و فقدان نظام قیمت‌گذاری واقعی نیازمند اقدامات فوری همچون مسدودسازی کامل چاه‌های غیرمجاز، نصب کنتورهای هوشمند، اصلاح الگوی کشت مبتنی بر زنجیره ارزش، و اجرای آزمایشی بازار آب در دشت‌های بحرانی هستند.

در سطح اولویت بالا، بر چالش‌های زیرساختی و ظرفیت‌سازی تأکید می‌شود. مسائلی نظیر عدم انطباق پروژه‌ها با طرح‌های آمایش سرزمین، پراکندگی سکونتگاه‌ها و ضعف شبکه‌های آبرسانی روستایی، و کیفیت پایین آب آبیاری در این دسته قرار دارند. راهکارهای پیشنهادی شامل ارتقای شبکه‌های روستایی با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، استفاده از پساب تصفیه‌شده، اجرای برنامه‌های آموزشی مستمر با مشارکت رسانه‌ها و سازمان‌های مردم‌نهاد، و ترویج مفهوم «آب مجازی» در سیاست‌های تجاری است.

در نهایت، در سطح اولویت متوسط، چالش‌های مرتبط با پایش، انطباق‌پذیری و نوآوری قرار گرفته‌اند. این موارد شامل فقدان چارچوب پایش و ارزیابی پروژه‌ها، بی‌توجهی به سناریوهای تغییر اقلیم در برنامه‌ریزی‌ها، عدم استفاده از فناوری‌های نوین (مانند سنجش از دور)، و ناهماهنگی قوانین با حقوق عرفی آب است. برای مقابله با این چالش‌ها، راهکارهایی چون تدوین شاخص‌های ارزیابی عملکرد، تهیه نقشه راه یکپارچه حوضه‌ای، نهادینه‌سازی مدیریت تطبیقی، و تدوین منشور حقوق بومی آب پیشنهاد می‌گردد.

به‌منظور اجتناب از قضاوت‌های سلیقه‌ای و تضمین روایی گزینش، راهکارهای شناسایی‌شده بر مبنای منطقی سه‌وجهی شامل «فوریت مقابله با تهدیدات هیدرولوژیکی»، «نقش زیربنایی و پیش‌نیاز بودن اقدامات» و «انطباق با ظرفیت‌های قانونی و مالی استان» غربالگری شدند. حاصل این فرآیند استراتژیک، استخراج ۱۰ راهکار حیاتی در سطح اولویت بسیار بالا بود که به عنوان ورودی‌های اصلی جهت رتبه‌بندی نهایی و تعیین توالی اجرا، در مدل TOPSISمورد ارزیابی قرار گرفتند.

این دسته‌بندی می‌تواند به‌عنوان نقشه راهی عملیاتی برای سیاست‌گذاران و مدیران محلی جهت تمرکز بر اقدامات کلیدی و ارتقای حکمرانی پایدار آب مورد استفاده قرار گیرد.

Table 2- Summary of Challenges and Proposed Solutions

جدول ۲- خلاصه چالش ها و راهکارهای پیشنهادی

.N	Challenge	Proposed Solution	Exec. Prior
۱	Engineering bias over demand management	Shift from supply-based to demand-side paradigm; prioritize efficiency pla	Very Higl
2	Inefficient water use in agriculture	Crop pattern reform via value chain; promote greenhouses; support low-wa crops	Very Higl
۳	Absence of real pricing system	Apply volumetric & tiered tariffs; pilot water market in critical plains	Very Higl
٤	Administrative corruption and informal water econom	Establish independent oversight bodies; full transparency; strict sanctions	Very Higl
٥	Institutional conflict and lack of coordination	Create supra-agency body linking Energy, Agriculture, Environment, and Regional Water	Very Higl
٦	Illegal groundwater abstraction and unlicensed wells	Immediate sealing of illegal wells; install smart meters on licensed ones	Very Higl

ویراستاری نسخه غیر قابل استناد

۷	Weak data system and lack of transparency	Create national water data platform; install precise field meters	Very High
۸	Lack of schedule for well operation	Define authorized operating hours by crop type and local climate	Very High
۹	Weak participation and trust among users	Form local water user associations; empower local communities	Very High
۱۰	Centralized and bureaucratic water management	Delegate tasks to local bodies; form basin water councils	Very High
11	Projects misaligned with land-use and ecology plans	Align infrastructure with spatial plans; conduct pre-implementation EIA	High
12	Scattered settlements & weak rural supply	Upgrade rural water networks; use solar and renewable energy	High
13	Poor education and public awareness	Run continuous education via schools, media, local NGOs	High
14	Low irrigation water quality and salinity	Use treated wastewater; adjust cropping per salinity levels	High
15	Lack of public water information	Create local water info portal with open access to data	High
16	Weak adoption of renewables	Build small-scale solar plants for well electrification	High
17	No coherent policy on water-intensive imports	Promote “virtual water” concept; focus on low-water crops	High
18	Poor tech transfer and innovation	Establish agri-tech centers; link universities to farms	High
19	No monitoring framework for water projects	Form water monitoring & evaluation committee	Medium
20	No continuous groundwater observation	Strengthen observation wells; analyze 10–20-year trends	Medium
21	Ignoring climate change in planning	Integrate climate scenarios in agri, water & infrastructure design	Medium
22	Weak use of new water techs	Promote remote sensing, hydro-models, smart warning systems	Medium
23	No performance evaluation mechanism	Design KPIs for assessing water projects	Medium
24	Lack of integrated basin planning	Develop basin-based integrated provincial roadmap	Medium
25	Legal mismatch with traditional water norms	Draft indigenous water rights charter; recognize qanats & local systems	Medium
26	Incompatible land-use models with ecology	Develop eco-based territorial planning suited to basin resilience	Medium
27	Lack of resilience & adaptive governance	Institutionalize adaptive management & learning mechanisms	Medium

۳-۶ - نتایج مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره(AHP–TOPSIS–SNA)

در این پژوهش به‌منظور ارزیابی و اولویت‌بندی راهکارهای حکمرانی منابع آب، از سه مدل مکمل تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است. نخست با مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، وزن نسبی پنج معیار اصلی شامل اثربخشی (Effectiveness)، امکان‌پذیری اجرایی (Feasibility)، هزینه–فایده اقتصادی (Cost Efficiency)، پذیرش اجتماعی (Social Acceptance) و ظرفیت نهادی (Institutional Capacity) تعیین شد. نرخ ناسازگاری (CR = 0.0460) که کمتر از آستانه ۰.۱ است، بیانگر سازگاری و پایایی بسیار بالای قضاوت‌های انجام‌شده است. همانطور که در شکل ۹ نشان داده شده،

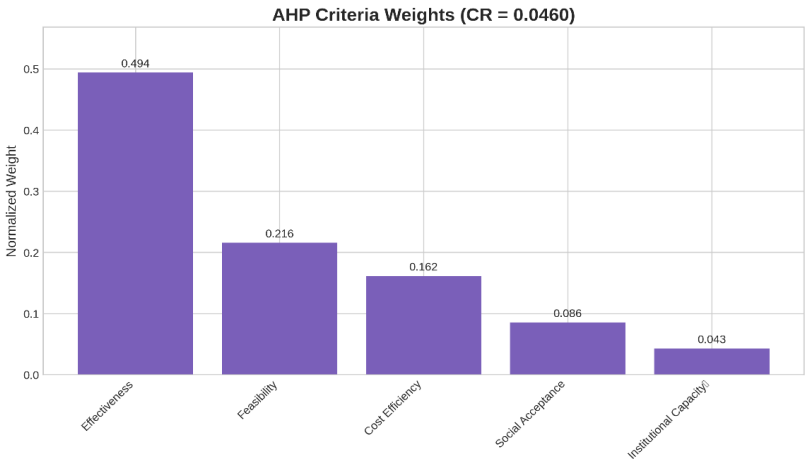


Fig.9- Final Criteria Weights based on AHP Model (CR=0.046)

شکل ۹- وزن نهایی معیارها بر اساس مدل AHP (CR=0.0460)

ویراستاری نشده غیر قابل انتشار

معیار «اثربخشی» با وزن ۰.۴۹۴ بیشترین اهمیت را در ارزیابی سیاست‌ها به خود اختصاص داده و پس از آن، معیارهای «امکان‌پذیری» (۰.۲۱۶) و «هزینه–فایده» (۰.۱۶۲) در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

در گام دوم، وزن‌های به‌دست‌آمده از مدل AHP به همراه ماتریس عملکرد گزینه‌ها (که حاصل قضاوت فنی پنل خبرگان با تخصص‌های دانشگاهی، اجرایی و فنی بود)، به‌عنوان ورودی در مدل TOPSIS به کار گرفته شد تا ده راهکار سیاستی کلیدی بر اساس شاخص نزدیکی به راه‌حل آرمانی (C^*) رتبه‌بندی شوند. نتایج نهایی که در شکل ۱۰ نمایش داده شده، نشان می‌دهد که راهکار «ایجاد سامانه ملی داده‌های آب» با کسب بالاترین امتیاز ($C^* = 0.812$)به عنوان اولویت نخست شناسایی شده است. پس از آن، «راهکارهای اصلاح الگوی کشت و توسعه گلخانه‌ها» و «مسدودسازی چاه‌های غیرمجاز و نصب کنتورهای هوشمند» به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفته‌اند. این رتبه‌بندی، اهمیت شفافیت اطلاعاتی و اقدامات عملیاتی برای کنترل تقاضا را برجسته می‌سازد.

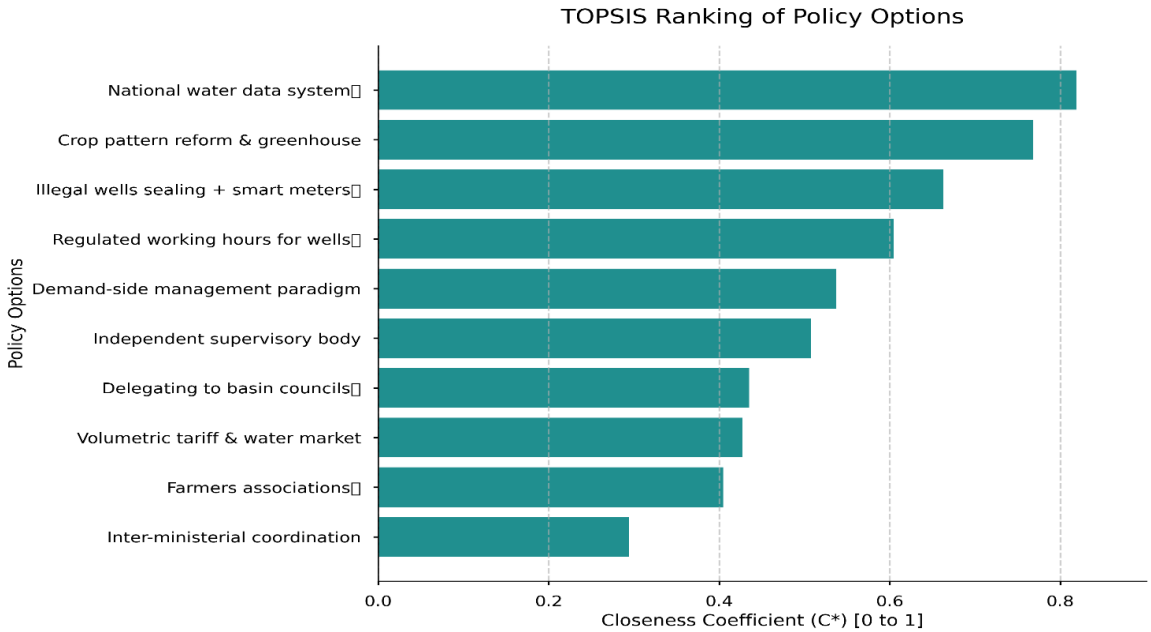


Fig.10- TOPSIS Ranking of Policy Options based on C^*

شکل ۱۰- رتبه‌بندی راهکارهای سیاستی با مدل TOPSIS بر اساس C^*

در نهایت، برای تحلیل ساختار تعاملات نهادی میان بازیگران عرصه حکمرانی آب، از مدل تحلیل شبکه اجتماعی (SNA) استفاده شد. تحلیل بر روی شبکه هسته (روابط با وزن ۲ و ۳) انجام گرفت. نمودار نهایی در شکل ۱۱، ساختار مرکز–پیرامون (Core-Periphery) این شبکه را به وضوح نشان می‌دهد. بر اساس شاخص‌های مرکزیت، استانداری با بیشترین امتیاز قدرت به عنوان محوری‌ترین و هماهنگ‌کننده‌ترین بازیگر در مرکز شبکه قرار دارد. پس از آن، نهادهای دولتی دیگر مانند شرکت آب منطقه‌ای و سازمان جهاد کشاورزی هسته اصلی قدرت و تصمیم‌گیری را تشکیل می‌دهند. در مقابل، بازیگرانی از جامعه مدنی و بخش دانش، نظیر NGOمحیط زیست و دانشگاه، در موقعیت پیرامونی قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده نفوذ محدودتر آن‌ها در فرآیندهای اصلی است. این ساختار، یک الگوی حکمرانی دولت‌محور را تأیید می‌کند و بر ضرورت تقویت ارتباطات افقی و توانمندسازی بازیگران غیردولتی برای حرکت به سوی یک حکمرانی شبکه‌ای و مشارکتی تأکید دارد.

ترکیب نتایج سه مدل، تصویری یکپارچه از اولویت اجرایی راهکارها و هم‌افزایی نهادی در حکمرانی منابع آب استان ارائه می‌دهد. نتایج تلفیقی سه مدل AHP، TOPSIS و SNA ، تصویری منسجم از اولویت‌بندی و نقشه حکمرانی برای اجرای گزینه‌های سیاستی آب ارائه می‌دهند. این نتایج کمی، اعتبار اولویت‌های اجرایی کیفی مطرح‌شده در بخش‌های پیشین را تأیید می‌کنند.

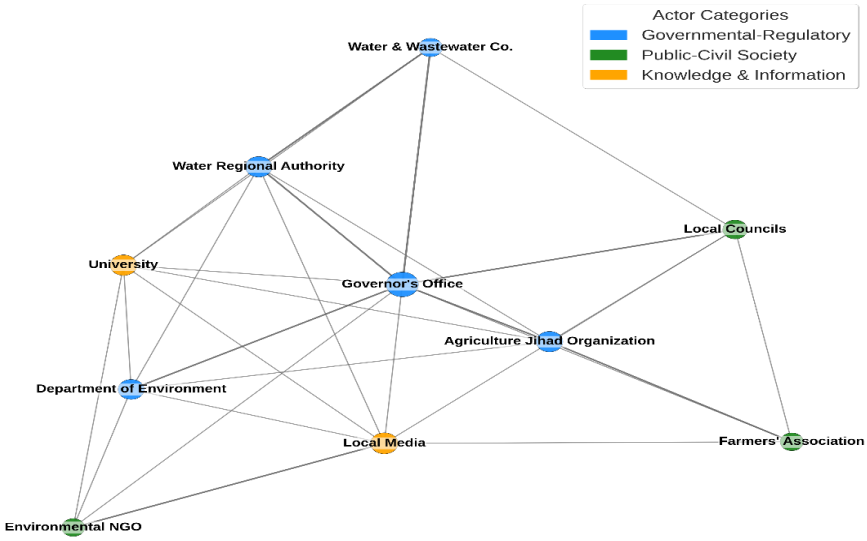


Fig.11- Institutional Interaction Network in Water Governance (South Khorasan)
شکل ۱۱- شبکه تعامل نهادی در حکمرانی آب استان خراسان جنوبی

۴- نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد بحران آب استان خراسان جنوبی، بیش از محدودیت‌های اقلیمی، برآیند یک نظام حکمرانی ناکارآمد است. یافته‌های اقلیمی کاهش ۲۱.۵ درصدی بارش و افزایش ۲ درجه‌ای دما را نشان می‌دهند، اما داده‌های هیدرولوژیکی عمق بحران را آشکار می‌سازند؛ این داده‌ها شامل افت سالانه ۲۲ سانتی‌متری سطح آب زیرزمینی، کسری ۱۲۶.۹۲ میلیون مترمکعبی، و قرارگیری بیرجند با سرانه آب ۲۲۶ مترمکعب در سال در وضعیت "بحران مطلق آبی" بر اساس شاخص فالکن مارک هستند.

ریشه‌یابی وضعیت، چالش‌های درهم‌تنیده ساختاری، نهادی و اجتماعی را آشکار ساخت: ساختار مدیریتی متمرکز، تعارض منافع وزارت نیرو و جهاد کشاورزی، ضعف شفافیت، ناکارآمدی قانون توزیع عادلانه آب (۱۳۶۱)، و فرسایش سرمایه اجتماعی. این عوامل چرخه‌ای معیوب از بی‌اعتمادی و کاهش پایبندی به قوانین را بازتولید کرده‌اند.

پژوهش حاضر با رویکرد AHP-TOPSIS-SNA، ۲۷ راهکار سیاستی را بر اساس پنج معیار (اثربخشی، امکان‌پذیری، هزینه–فایده، پذیرش اجتماعی و ظرفیت نهادی) ارزیابی و اولویت‌بندی کرد. نتایج نشان داد "ایجاد سامانه ملی داده‌های آب" ($C^* = 0.812$) به عنوان اولویت نخست، "اصلاح الگوی کشت و توسعه گلخانه‌ها" ($C^* = 0.786$) به عنوان اولویت دوم، و "مسدودسازی چاه‌های غیرمجاز و نصب کنتورهای هوشمند" ($C^* = 0.741$) به عنوان اولویت سوم شناسایی شدند. تحلیل SNA ساختار دولت‌محور با مرکزیت استانداری را تأیید کرد و نشان داد بازیگران غیردولتی در موقعیت پیرامونی قرار دارند.

گذار به حکمرانی پایدار، مستلزم تحول پارادایمی از "مدیریت عرضه" به "حکمرانی تقاضامحور" است. این تحول نیازمند بسته سیاستی یکپارچه در چهار محور است: اول، اصلاحات نهادی (واگذاری اختیارات، ایجاد شوراهای حوضه‌ای، تدوین قانون جامع آب)؛ دوم، تقویت مشارکت (توانمندسازی تشکل‌های آب‌بران، شناسایی نهادهای بومی)؛ سوم، ارتقای شفافیت (سامانه یکپارچه اطلاعات، اعمال قاطع قانون)؛ چهارم، مدیریت تقاضا (اصلاح الگوی کشت، قیمت‌گذاری واقعی، استفاده از پساب).

بر اساس اولویت‌بندی TOPSIS و با توجه به فوریت اجرایی، اجرای راهکارها در سه موج پیشنهاد می‌شود: موج اول (اقدامات فوری) شامل ایجاد سامانه ملی داده‌های آب، پلمب چاه‌های غیرمجاز و نصب کنتورهای هوشمند، و تقویت نظارت مستقل؛ موج دوم (اصلاحات میان‌مدت) شامل اصلاح الگوی کشت با رویکرد زنجیره ارزش، قیمت‌گذاری حجمی و پله‌ای آب، و ایجاد نهاد فرابخشی هماهنگ‌کننده؛ موج سوم (تحولات بلندمدت) شامل تدوین قانون جامع آب، کاهش تمرکزگرایی و تفویض اختیارات به شوراهای حوضه‌ای، و نهادینه‌سازی مشارکت بومی. این پژوهش استدلال می‌کند آینده پایدار منابع آب، در بازسازی بنیادین نظام حکمرانی نهفته است و تنها از این رهگذر می‌توان از چرخه "بحران-واکنش" به چرخه "پیش‌بینی-مشارکت-پایداری" گذار کرد.

۵- منابع

1. Ahmad M, Al-Sa'ed R and van der Steen P (2022) Enhancing the governance of industrial wastewater using cleaner production and water footprint principles. Desalination and Water Treatment 275:339-349.
2. Ashtarian, K. (2024). Water Governance Disruption in Iran: Power and Decision Making. Politics Quarterly 54(1):1-20 (In Persian).
3. Banihabib ME and Ghafouri Kharanaq S (2019) Evaluation of traditional aquifer governance characteristics using effective groundwater governance principles. Iranian Indigenous Knowledge 6(12):307-331 (In Persian).
4. Camkin J and Neto S (2017) Roles, rights, and responsibilities in water governance:Reframing the water governance debate. World Affairs 179(4):82-112.
5. Dai L, Dieperink C, Wuijts S and van Rijswick M (2022) Assessing the soundness of water governance:lessons learned from applying the 10 Building Blocks Approach. Water International 47(4):610-631.
6. Fallon A, Jones RW and Keskinen M (2022) Bringing resilience-thinking into water governance:Two illustrative case studies from South Africa and Cambodia. Global Environmental Change 75:102542.
7. Fedaei Tehrani MR and Mirzaei A (2023) Analysis and evaluation of water governance in Iran based on OECD proposed principles. Journal of Iranian Dam and Hydroelectric Powerplant 10(35):107-117 (In Persian).
8. Ghafoori Kharanaq S, Banihabib ME and Javadi S (2020) Social evaluation of groundwater governance scenarios. Water and Irrigation Management 9(2):305-319 (In Persian).
9. Ghasemi A, Alavian M and Hosseini M (2023) Analysis of state-society interactions in Iran's water governance:Strategic implications. Policy Studies Journal 11(42):181-220 (In Persian).
10. Gholami M, Razavian MT, Ahmadi H and Sabernejad E (2023) Factor analysis of water resources governance problem in agricultural sector and its impact on political geography of Iran. Journal of Political Geography Research 7(2):183-208 (In Persian).

ویراستاری شده عبر قالب استناد

11. Hagemann N and Kirschke S (2017) Key Issues of Interdisciplinary NEXUS Governance Analyses:Lessons Learned from Research on Integrated Water Resources Management. Resources 6(1):9.
12. Hashemi SM (2022) Local water governance in Iran:policy implications and recommendations. Water and Sustainable Development 9(1):135-144 (In Persian).
13. Jabbari H (2019) Development of an allocation model for groundwater resources and unconventional water resources (wastewater) considering economic and hydrological considerations. MSc Thesis, Isfahan University of Technology (In Persian).
14. Jamali S and Abdollahi M (2021) Legal barriers to water governance in Iran:with an overview of the law of equitable distribution of water. Iran Water Resources Research 17(3):38-48 (In Persian).
15. Keller N and Hartmann T (2020) OECD water governance principles on the local scale - an exploration in Dutch water management. International Journal of River Basin Management 18(4):439-444.
16. Miremadi T (2018) Critical future studies of water governance in Iran. Journal of Public Policy 3(4):105-124 (In Persian).
17. Mirnazami SJ and Bagheri A (2017) Evaluation of water governance system in the process of protecting Iran's groundwater resources. Iran Water Resources Research 13(2):32-55 (In Persian).
18. Molle F (2009) River-basin planning and management:The social life of a concept. Geoforum 40(3):503-516.
19. Mortazapour MR, Shahnazari A and Khaledian MR (2019) Water governance in the Greater Sefidroud watershed using game theory approach. Journal of Watershed Management Research 10(19):13-21 (In Persian).
20. Nabavi SS, Mostafazadeh R and Asiabi Hir R (2021) Analysis of water stress indices and the network of water governance in the sixth 5-year development plan of Iran. Journal of Irrigation and Water Engineering 12(2):394-413 (In Persian).
21. Navaneeth A, Sreeda P, Vishnu Maya TM, Sathyadas S and Mohan M (2021) Evaluation of the challenges in water governance through citizen's perception and Water Quality Index. H_2Open Journal 4(1):336-351.
22. Rahbar Ghazi M and Taleei Hor R (2024) Challenges of water governance in Iran:examining causes and consequences from a data-driven perspective. Journal of Faculty of Law and Political Science 54(3):415-438 (In Persian).
23. Rasaei A and Bayatani F (2020) Foundations and significance of water governance. Quarterly Journal of Political Research 7(19):70-84 (In Persian).
24. Romano O and Akhmouch A (2019) Water governance in cities:Current trends and future challenges. Water 11(3):500
25. Silima T (2016) Good governance and conflict resolution in Africa. Journal of Public Administration and Development Alternatives 1(1):1-14.
26. Suhardiman D, Karki E and Bastakoti RC (2021) Putting power and politics central in Nepal's water governance. Development Policy Review 39(4):569-587.
27. Veisi, H. (2024). The Impact of Growth Policies on Water Stress and National Security of the Islamic Republic of Iran. Human Geography Research 56(4): 83-102 (In Persian).
28. Von der Porten S and de Loë RC (2013) Collaborative approaches to governance for water and Indigenous peoples:A case study from British Columbia, Canada. Geoforum 50:149-160.
29. Xu L, Chen SS, Guo Z, Wang Y, Liu Y and Wang L (2025) Understanding water governance based on the social-ecological system framework. Environmental Impact Assessment Review 114:107951.

ویراستاری شده و زیر چاپ است

30. Yavari AR, Malekmohamadi B, Alemohammad S and Yazdanpanah M (2017) An analysis of water resources resilience in the governance process of the Iranian plateau. Rahbord Journal 25(4):145-176 (In Persian).
31. Zeitoun M, Lankford B, Krueger T, Forsyth T, Carter R, Hoekstra AY, Taylor R, Varis O, Cleaver F, Boelens R, Swatuk L, Tickner D, Scott CA, Muller M and Matthews N (2016) Reductionist and integrative research approaches to complex water security policy challenges. Global Environmental Change 39:143-154.

ویراستاری نشده، غیر قابل استناد

تحقیقات منابع آب ایران
انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران

Analyzing Challenges and Providing Policy Solutions in the Water Governance Crisis (Case Study: South Khorasan Province)

1- Ali Nasirian

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran. Email: a.nasirian@birjand.ac.ir

2- Sadegh Yaghoubzadeh

PhD Student, Water Resources Engineering and Management, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran.

3- Vahid Khorramnejad

PhD Student, Water Resources Engineering and Management, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran.

Abstract

The water crisis in Iran's arid regions, while influenced by climate change, is predominantly rooted in governance failures, as evidenced by empirical data. This research was conducted with the aim of analyzing the structural vulnerabilities of the water management system in South Khorasan Province and formulating a comprehensive policy roadmap. This study adopts a mixed-methods methodology. Firstly, the issue of water stress is determined through the analysis of thirty years of time-series data (climatic and hydrological). Subsequently, a combination of AHP and TOPSIS techniques along with Social Network Analysis is utilized for root-cause analysis in order to prioritize solutions.

Analysis of the results reveals that the significant imbalance in the aquifer is more related to governance issues such as state centralization, organizational conflicts of interest, and the neglect of demand management, rather than reduced rainfall. Based on the TOPSIS analysis, the highest-priority solutions for urgent implementation are: (1) Establishing a National Water Data System (C*=0.812), (2) Modifying crop practices and establishing greenhouses (C*=0.786), and (3) Sealing unauthorized wells and installing smart water meters (C*=0.741). Furthermore, SNA verifies that the decision structure is indeed unipolar and state-dominated, signifying that the path to sustainability must shift from a structural and centralized governance paradigm to a networked, participatory, and data-driven governance.

Keywords: Water Governance, Water Crisis, Integrated Water Resources Management, Stakeholder Participation, Institutional Reforms, South Khorasan Province

ویراستاری شده غیر قابل استناد