

## Adaptive Governance and Behavioral Sustainability in Agricultural Water Management: Emphasizing Institutional Learning and Farmers' Participation

S. Emami<sup>1\*</sup> and H. Dehghanisani<sup>2</sup>

### Abstract

The growing challenges in managing agricultural water resources in Iran reflect the inefficiency of sectoral approaches to water policymaking. This situation underscores the necessity of transitioning toward adaptive water governance, which considers the interactions among institutions, policies, and farmers' behaviors within a multi-level governance framework. Accordingly, this study aimed to examine the institutional mechanisms influencing behavioral sustainability and improving water productivity in agricultural exploitation systems within the Miandoab Plain, one of the critical sub-basins of Lake Urmia. To achieve this objective, an agent-based analytical framework was developed to simulate farmers' decision-making dynamics under different policy scenarios, including education, monitoring, conditional subsidies, and sustainable water supply. Subsequently, Fault Tree Analysis (FTA) was employed to trace institutional bottlenecks and identify potential failure pathways in participatory water governance. Data were collected through field questionnaires, expert interviews, and regional secondary sources. The simulation results revealed that institutional sustainability and increased farmer participation are achieved when soft and hard policy instruments are designed and implemented in a complementary and integrated manner. Education and monitoring play a pivotal role in strengthening institutional learning and rebuilding trust, and interacting with conditional subsidies and sustainable water provision, they lead to higher physical water productivity. In contrast, one-dimensional policies lacking effective monitoring mechanisms resulted in reduced trust, increased opportunistic behavior, and weakened social capital. The Sustainable Water Supply Index, as a key variable, reflects the linkage between governance quality, equity in resource allocation, and the level of stakeholder participation. From a multi-level governance perspective, improving water productivity depends more on institutional learning capacity, transparency, and accountability across governance levels and less on governmental financial interventions. The findings indicate that achieving effective water governance requires designing integrated policy mixes, establishing learning-based feedback loops, and ensuring coordination among central, meso, and local institutions. These results can provide a foundation for redesigning participatory governance mechanisms and facilitating the transition from short-term support policies to sustainable strategies in agricultural water management.

**Keywords:** Participatory Governance, Water Productivity, Hybrid Policies, Stakeholder Participation, Lake Urmia.

Received: May 10, 2025

Accepted: October 14, 2025

## حکمرانی تطبیقی و پایداری رفتاری در مدیریت منابع آب کشاورزی با تأکید بر یادگیری نهادی و مشارکت کشاورزان

سمیه امامی<sup>۱\*</sup> و حسین دهقانی‌سانج<sup>۲</sup>

### چکیده

چالش‌های روزافزون در مدیریت منابع آب کشاورزی در ایران، بیانگر ناکارآمدی رویکردهای بخشی در سیاست‌گذاری آب است. این وضعیت ضرورت گذار به حکمرانی تطبیقی که تعامل بین نهادها، سیاست‌ها و رفتار بهره‌برداران را در یک نظام چند سطحی در نظر می‌گیرد، برجسته می‌کند. در همین راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی سازوکارهای نهادی مؤثر بر پایداری رفتاری و افزایش بهره‌وری آب در نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی در دشت میاندوآب به عنوان یکی از زیرحوضه‌های بحرانی دریاچه ارومیه انجام شد. برای این منظور، چارچوبی تحلیلی مبتنی بر عامل طراحی شد تا پویایی تصمیم‌گیری کشاورزان را در مواجهه با سناریوهای متفاوت سیاستی شامل آموزش، نظارت، یارانه مشروط و تأمین پایدار آب شبیه‌سازی کند. در ادامه، تحلیل درخت خطا جهت ردیابی گلوگاه‌های نهادی و شناسایی مسیرهای شکست در حکمرانی مشارکتی به کار گرفته شد. داده‌ها از طریق پرسش‌نامه‌های میدانی، مصاحبه‌های کارشناسی و داده‌های ثانویه منطقه‌ای گردآوری شدند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که پایداری نهادی و افزایش سطح مشارکت کشاورزان زمانی حاصل می‌شود که سیاست‌های نرم و سخت در چارچوبی مکمل و یکپارچه طراحی و اجرا شوند. آموزش و نظارت، نقش اصلی را در تقویت یادگیری نهادی و بازتولید اعتماد ایفا کرده و در تعامل با یارانه مشروط و تأمین آب پایدار، منجر به ارتقای بهره‌وری فیزیکی آب شده‌اند. در مقابل، سیاست‌های تک بعدی و فاقد سازوکار نظارتی موجب افت اعتماد، افزایش رفتارهای فرصت‌طلبانه و تضعیف سرمایه اجتماعی شدند. شاخص تأمین آب پایدار به عنوان یک متغیر کلیدی، بیانگر پیوند بین کیفیت حکمرانی، عدالت در تخصیص منابع و میزان مشارکت است. از نظر حکمرانی چند سطحی، بهبود بهره‌وری آب بیش از آن که تابع مداخلات مالی دولت باشد، تحت تأثیر ظرفیت یادگیری نهادی، شفافیت و پاسخ‌گویی در روابط بین سطوحی است. نتایج نشان می‌دهد تحقق حکمرانی کارآمد آب مستلزم طراحی سیاست‌های ترکیبی، ایجاد چرخه‌های بازخورد یادگیرنده و هماهنگی میان نهادهای مرکزی، میان سطحی و محلی است. این نتایج می‌تواند زمینه‌ساز بازطراحی سازوکارهای مشارکتی و گذار از سیاست‌های حمایتی کوتاه‌مدت به سیاست‌های پایدار در مدیریت منابع آب کشاورزی باشد.

**کلمات کلیدی:** حکمرانی مشارکتی، بهره‌وری آب، سیاست‌های ترکیبی، مشارکت

بهره‌برداران، دریاچه ارومیه.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۲/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۷/۲۲

1- Ph.D., in Hydraulic Structures, Department of Water Science and Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: [somayhemami70@gmail.com](mailto:somayhemami70@gmail.com)

2- Professor, Agricultural Research, Education and Extension, Organization, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Alborz, Iran.

\*- Corresponding Author

Doi: [10.22034/iwrr.2025.520591.2873](https://doi.org/10.22034/iwrr.2025.520591.2873)

۱- دکتری سازه‌های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲- استاد، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان زمستان ۱۴۰۴ امکان‌پذیر است.

طرح‌های یارانه‌ای برای توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار، بدون توجه به شرایط اجتماعی و اقتصادی بهره‌برداران، نه تنها به ارتقای بهره‌وری آب منجر نشده، بلکه بستری برای رانت‌جویی، فروش غیرقانونی تجهیزات و بی‌اعتمادی نسبت به دولت شده است. در مقابل، مناطقی که در آن‌ها سیاست‌ها با مشارکت فعال ذی‌نفعان محلی، شوراهای روستایی و نهادهای واسط اجرا شده‌اند، سطح بالاتری از همکاری، تطبیق‌پذیری و اثربخشی را تجربه کرده‌اند. این امر ضرورت تغییر رویکرد از سیاست‌های بالا به پایین به سیاست‌گذاری تطبیقی و مشارکتی را نشان می‌دهد. از دیدگاه نظری، بحران آب را نمی‌توان تنها با ابزارهای اقتصادی یا فنی مدیریت کرد. بازسازی اعتماد عمومی، تقویت انگیزه برای مشارکت بهره‌برداران و طراحی سیاست‌های اثربخش نیازمند تحلیل عمیق سازوکارهای نهادی، شبکه‌های اجتماعی و تعامل بین ساختارهای رسمی و غیررسمی است. ابزارهای متداول تحلیل سیاست که بر روابط خطی متکی‌اند، توانایی بازنمایی پیچیدگی‌های چنین نظام‌هایی را ندارند (Nazemi et al., 2020). در همین راستا، در سال‌های اخیر، توجه پژوهشگران به رویکردهای شبیه‌سازی اجتماعی و به ویژه مدل‌سازی مبتنی بر عامل (ABM) معطوف شده است.

مدل‌سازی مبتنی بر عامل این امکان را فراهم می‌آورد که رفتار فردی و جمعی ذینفعان، واکنش به سیاست‌های مختلف، پویایی‌های نهادی و یادگیری اجتماعی در شرایط عدم قطعیت شبیه‌سازی شود. این روش با توصیف تعاملات چند سطحی و در نظر گرفتن ناهمگنی بهره‌برداران، می‌تواند نقاط شکست سیاست‌ها و مسیرهای احتمالی موفقیت را روشن سازد. در کنار آن، روش تحلیل درخت خطا<sup>۲</sup> (FTA)، به عنوان ابزاری مکمل، ساختار سلسله‌مراتبی عوامل شکست در حکمرانی آب را آشکار می‌کند و نشان می‌دهد که کدام ضعف‌ها در آموزش، نظارت و یا تخصیص منابع نهادی بیشترین نقش را در ناکامی سیاست‌ها دارند. Ghallehban (2015) Tekmedash et al. به بررسی رفتار بهره‌برداران در منابع آب با استفاده از مدل‌های مبتنی بر عامل پرداخته و نتیجه گرفتند که تغییرات در سیاست‌های تخصیص آب می‌تواند به شکل قابل توجهی رفتار بهره‌برداران و مصرف آب را تحت تأثیر قرار دهد. Alijani and Sarmadian (2017) اعتماد نهادی در مدیریت منابع آب را تحلیل کرده و نشان دادند که افزایش شفافیت و اطلاع‌رسانی می‌تواند سطح اعتماد و مشارکت را افزایش دهد. Sobhani (2017) با تمرکز بر نقش قوانین و مقررات در بهره‌برداری از منابع آب با استفاده از مدل‌های ABM نشان داد که اجرای سیاست‌های محدودکننده می‌تواند به کاهش برداشت غیرمجاز و بهبود توزیع منابع آب منجر شود. Lotfi and

در دو دهه اخیر، بحران آب در ایران به یکی از مهم‌ترین چالش‌های ملی تبدیل شده است. این بحران صرفاً به عنوان مسئله‌ای فنی یا محیط‌زیستی قابل بیان نیست، بلکه به عرصه‌ای پیچیده از تنش‌های نهادی، اجتماعی و حکمرانی تبدیل شده است. کمبود بارش، تغییرات اقلیمی و بهره‌برداری ناپایدار از منابع طبیعی، تنها بخش‌های قابل مشاهده این بحران هستند. در لایه‌های عمیق‌تر، مجموعه‌ای از ناکارآمدی‌های ساختاری در سیاست‌گذاری، ضعف در هماهنگی نهادی و عدم اعتماد اجتماعی به نهادهای متولی منابع آب، چرخه‌ای نابسامان از مدیریت ناپایدار را شکل داده است (Emami et al., 2024). ساختار حکمرانی آب در ایران بازتاب روشنی از این چالش‌ها به شمار می‌آید. الگوی حاکم متمرکز، دستوری و از بالا به پایین است. در این چارچوب، بازیگران اصلی مانند بهره‌برداران محلی، شوراهای روستایی، سازمان‌های مردم‌نهاد و مصرف‌کنندگان غیردولتی (صنایع کوچک و خانوارهای شهری)، از حضور مؤثر در فرآیند سیاست‌گذاری محروم مانده‌اند. این کم‌رنگ شدن نقش گروه‌های محلی، سرمایه اجتماعی را تضعیف کرده و سطح اعتماد به نهادهای دولتی را کاهش داده است. این پیامدی خود را در قالب مقاومت منفعل، نافرمانی پنهان و حتی نقض آشکار مقررات نشان می‌دهد (Khorsandi et al., 2023). چنین شکاف‌های نهادی و اجتماعی نه تنها کارآمدی سیاست‌ها را محدود ساخته، بلکه مسیر اجرای برنامه‌های اصلاحی و پروژه‌های احیای منابع آب را نیز مسدود کرده است. یکی از کانون‌های اصلی شکل‌گیری بحران آب در ایران، حوضه دریاچه ارومیه است که به عنوان اساسی‌ترین نمونه بحران‌های محیط‌زیستی کشور شناخته می‌شود. افت شدید تراز آب دریاچه، افزایش شوری و تهدید معیشت ساکنان پیرامون آن، این حوضه را به نماد آشکار ضعف سیاست‌گذاری و ناکامی سازوکارهای حکمرانی آب تبدیل کرده است. در این بین، دشت میاندوآب واقع در بخش جنوب‌شرقی دریاچه ارومیه، جایگاه اساسی در بروز این بحران دارد. برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، ضعف مدیریتی در شبکه‌های آبیاری و فقدان هماهنگی بین برنامه‌های توسعه کشاورزی با سیاست‌های کلان احیای دریاچه، این دشت را به یکی از حساس‌ترین نقاط حوضه تبدیل کرده است. تحلیل دقیق شرایط این منطقه، فرصتی برای درک الگوهای شکست و امکان موفقیت سیاست‌های حکمرانی آب در سطح محلی را فراهم می‌کند. تجربه‌های گذشته نشان داده‌اند که نسخه‌های یکسان و غیرتطبیقی برای سیاست‌گذاری منابع آب، نه تنها مؤثر نبوده‌اند، بلکه به تشدید بحران نیز کمک کرده است. به عنوان مثال، در موارد بسیاری

Araghinejad (2017) عملکرد بازارهای آب را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها معاملات آب میان بهره‌برداران را با مدل‌های عامل‌محور شبیه‌سازی کرده و دریافته‌اند که طراحی مناسب بازار و تعیین قیمت‌های تعادلی، پایداری منابع و رضایت کاربران را افزایش می‌دهد. (Najjar Ghabel et al. (2019) با تمرکز بر رفتار اجتماعی بهره‌برداران، مدل‌های رفتاری-اجتماعی را با داده‌های میدانی تلفیق کردند و نشان دادند که ساختار شبکه‌های اجتماعی و نحوه انتقال اطلاعات، نقش کلیدی در تصمیم‌گیری ذینفعان و بهره‌برداری پایدار از منابع دارد. (Anbari and Zarghami (2019 اثر تغییرات سیاست‌های نهادی و اقتصادی را بر رفتار کاربران مدل‌سازی کرده و نشان دادند که سیاست‌های تشویقی و تنبیهی به صورت همزمان بیشترین تأثیر را بر اصلاح رفتار مصرف آب دارند. (Noori et al. (2020) با تمرکز بر تعاملات بین نهادی و کاربران، مدلی ایجاد کردند که نشان می‌دهد هماهنگی میان نهادهای مدیریت منابع و بهره‌برداران می‌تواند منجر به کاهش تعارض‌ها و افزایش بهره‌وری منابع آب شود. (Torres (2019 تأکید کرد که ترکیب مدل‌های رفتاری با مدل‌های فیزیکی، امکان تحلیل دقیق اثر سیاست‌ها بر پویایی منابع آب را ممکن می‌سازد. (Du and et al., 2017; Lin and et al., 2020) با شبیه‌سازی شبکه‌های اجتماعی و تصمیمات فردی بیان کردند که ساختار اجتماعی و تعاملات فردی ارتباط مستقیمی با رفتار مصرف دارد. (Nhim and et al. (2018) با مدل‌سازی پیچیدگی‌های منابع آب در محیط‌های مختلف، بر اهمیت یکپارچه‌سازی داده‌ها و سیاست‌ها تأکید کردند. (Darbandsari and et al., 2020; Agha-Hoseinali-Shirazi and et al., 2021; Shoushtarian and et al., 2022) نشان دادند که رویکرد ABM ابزار مؤثری برای تحلیل تعارضات و طراحی سیاست‌های مشارکتی در محیط‌های ناهمگون بوده و می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های بهینه و در نتیجه مدیریت پایدار منابع آب کمک کند.

بیشتر پژوهش‌های پیشین بر جنبه‌های فنی مدیریت آب و تحلیل رفتار فردی کشاورزان متمرکز بوده و پیوند میان حکمرانی آب، نظام‌های بهره‌برداری و نقش نهادهای واسط را کمتر مورد توجه قرار داده‌اند. در مطالعات داخل کشور، ارتباط مستقیمی میان یافته‌ها و ضرورت احیای دریاچه ارومیه برقرار نشده است. تجربه دشت میاندوآب نشان می‌دهد تا زمانی که نقش ذینفعان محلی بازتعریف نشود و سازوکارهای اعتمادی و شفافیت نهادی تقویت نشود، در رفتار بهره‌برداران و بهینه‌سازی مصرف آب تغییری ایجاد نخواهد شد. به همین منظور، این پژوهش با رویکردی متفاوت به بازنگری حکمرانی منابع آب در بستر نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی می‌پردازد. تمرکز اصلی پژوهش بر شبیه‌سازی رفتار بهره‌برداران در

پیوند با نهادهای محلی، شوراها و واسطه‌های ارتباطی است. در این چارچوب، از مدل‌سازی مبتنی بر عامل برای توصیف رفتار و تصمیم‌گیری در شرایط ناهمگن و از تحلیل درخت خطا برای شناسایی مسیرهای نهادی و ساختاری شکست سیاست‌ها استفاده شده است. هدف پژوهش حاضر نه بازتولید کلیشه‌های سیاستی، بلکه شناسایی شکاف‌های واقعی حکمرانی و ظرفیت‌های مغفول محلی است. این رویکرد، گامی است به سوی بازاندیشی در سیاست‌گذاری منابع آب، با تأکید بر شرایط خاص ایران و پیوند میان حکمرانی، جامعه و محیط که می‌تواند زمینه طراحی سیاست‌هایی واقع‌گرا، مشارکت‌محور و مبتنی بر اعتماد متقابل را فراهم کند.

## ۲- روش‌شناسی

### ۲-۱- چارچوب مفهومی و نظری

این پژوهش با هدف بهینه‌سازی حکمرانی منابع آب کشاورزی، از تلفیق دو رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان و تحلیل درخت خطا بهره می‌برد. مطالعه موردی در دشت میاندوآب (شکل ۱)، یکی از زیرحوضه‌های بحرانی دریاچه ارومیه، انجام شده که به دلیل تنوع سیستم‌های آبیاری، مشکلات زیست محیطی و تأثیرپذیری از تغییرات اقلیمی، بستر مناسبی برای تحلیل پویایی‌های رفتاری کشاورزان و ارزیابی سیاست‌های آبی فراهم می‌کند. ترکیب ABM و FTA امکان درک هم‌زمان تعاملات چند سطحی بازیگران، ضعف‌های نهادی و مسیرهای احتمالی شکست یا موفقیت سیاست‌های حکمرانی آب را فراهم می‌سازد. انتخاب این منطقه به دلیل موقعیت راهبردی آن در حوضه دریاچه ارومیه و نقش مستقیم برداشت‌های محلی در تشدید روند خشک‌شدن دریاچه انجام شد. این دشت از یکسو دارای منابع آب زیرزمینی ارزشمند و از سوی دیگر با چالش‌های جدی ناشی از برداشت بی‌رویه، مدیریت نادرست شبکه‌های آبیاری، شوری خاک و تغییرات اقلیمی روبه‌رو است. از این رو، بررسی رفتار ذینفعان و ضعف‌های نهادی در این منطقه می‌تواند درک دقیق‌تری از دلایل شکست یا موفقیت سیاست‌های حکمرانی آب در سطح محلی و ارتباط آن با برنامه احیای دریاچه ارومیه ارائه دهد.

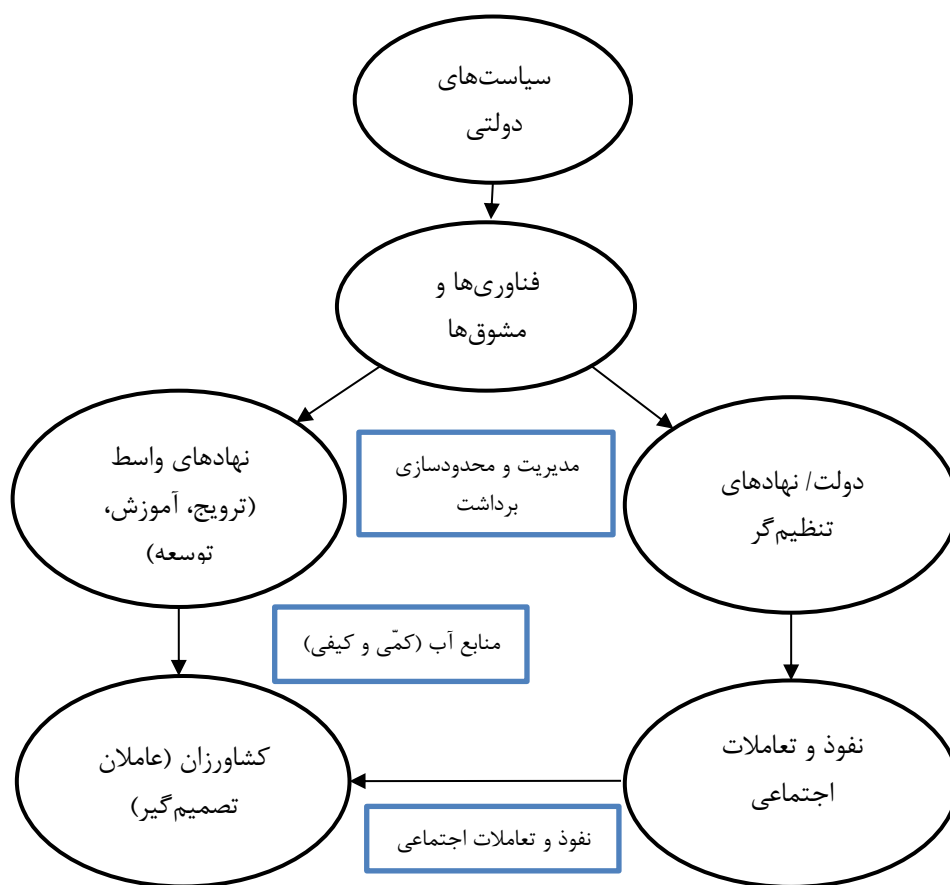


**Fig. 1- Geographical location of the study area**

**شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مطالعاتی**

پایین و نارسایی‌های نهادی در سطح بالا ایجاد می‌کند. در شکل ۲ مدل مفهومی تعامل بازیگران و تأثیر سیاست‌ها در حکمرانی آب کشاورزی ارائه شده است.

در این پژوهش، مدل‌سازی مبتنی بر عامل به عنوان چارچوب مفهومی اصلی برای شبیه‌سازی تصمیم‌گیری کنش‌گران انسانی در نظام بهره‌برداری بخش کشاورزی ایران و روش FTA برای شناسایی ساختاری عوامل شکست حکمرانی آب استفاده شد. ترکیب ABM و FTA به جای تمرکز بر رفتار کشاورزان، ضعف‌های نهادی، مانند ناهماهنگی بین دستگاه‌های دولتی، کمبود منابع مالی و بی‌اعتمادی به نهادهای واسط را نیز تحلیل می‌کند تا نقاط آسیب‌پذیر نظام حکمرانی آب بهتر بررسی شود. همچنین، کاربرد همزمان این دو روش، تصویری از تعاملات رفتاری در سطح



**Fig. 2- Conceptual model of actor interactions and policy impacts in agricultural water governance**  
**شکل ۲- مدل مفهومی تعامل بازیگران و تأثیر سیاست‌ها در حکمرانی آب کشاورزی**

اختلالی در روند اجرای سیاست‌ها شامل، کمبود بودجه، تداخل نهادی و فشارهای سیاسی مواجه بود. نهادهای واسط بر اساس دامنه جغرافیایی فعالیت، سطح اعتماد اجتماعی و توان عملیاتی که در محیط واقعی تعیین کننده سرعت و کیفیت انتقال سیاست‌ها به بهره‌برداران هستند، تعریف شدند (Klerkx and Leeuwis, 2009).

در این پژوهش، با استفاده از داده‌های میدانی حاصل از مصاحبه با بیش از ۷۰ ذی‌نفع کلیدی (کشاورزان، کارشناسان جهاد کشاورزی، مدیران محلی و نمایندگان سازمان‌های غیردولتی) و پرسش‌نامه‌های تکمیلی، ویژگی‌های فردی و ساختاری کشاورزان و پیوند آن‌ها با عوامل زیست محیطی مانند کیفیت آب و خاک بررسی شد. اعتبار و پایایی داده‌ها از طریق بازبینی، کنترل اعضا و مصاحبه‌های همگرا تأیید شد. نتایج نشان داد کشاورزان در برابر سیاست‌های آبی سه نوع رفتار پذیرش داوطلبانه، تمایل مشروط و مقاومت فعال را داشتند. این موارد مبنای طراحی قواعد رفتاری در مدل ABM در نظر گرفته شد تا رفتار شبیه‌سازی شده تا حد امکان

مدل‌سازی مبتنی بر عامل در محیط نرم‌افزاری NetLogo 6.2.2 اجرا شد. در طراحی مدل، چهار دسته عامل شامل، کشاورزان به عنوان کاربران مستقیم منابع آب؛ نهادهای دولتی محلی مانند شرکت آب منطقه‌ای و مدیریت جهاد کشاورزی که نقش سیاست‌گذاری و نظارت را بر عهده دارند، نهادهای واسط شامل مراکز ترویج کشاورزی، تشکل‌های محلی و سازمان‌های مردم نهاد که پل ارتباطی بین دولت و کشاورزان محسوب می‌شوند و محیط طبیعی شامل منابع آب سطحی و زیرزمینی، کیفیت آب و تغییرات اقلیمی، در نظر گرفته شدند. ویژگی‌های هر عامل بر اساس داده‌های میدانی و مطالعات پیشین تعریف شد. کشاورزان در مدل دارای ویژگی‌هایی مانند اندازه مزرعه، نوع محصول، سطح تحصيلات، تجربه، سرمایه اجتماعی و میزان وابستگی به یارانه‌ها بودند. رفتار تصمیم‌گیری کشاورزان به نحوی تنظیم شد که اهدافی مانند افزایش سود، کاهش ریسک و حفظ معیشت پایدار که محور اصلی پایداری در این مدل، پایداری تولید کشاورزی است، را دنبال کنند. در مقابل، علاوه بر نقش حمایتی و نظارتی، دولت با متغیرهای

با واقعیت اجتماعی منطقه منطبق باشد. دو سیاست کلیدی یارانه‌های دولتی و آموزش و نظارت دولت برای شبیه‌سازی انتخاب شدند. سیاست یارانه‌دهی در چهار سناریوی مختلف شامل، افزایش ۳۰ درصدی سطح یارانه، کاهش ۳۰ درصدی، عدم تغییر و تغییرات

تصادفی تعریف شد که بیانگر واقعیت نوسانات بودجه‌ای و شرایط اقتصادی کشور است. سیاست آموزش و نظارت نیز به صورت تعامل میان دولت، نهادهای واسط و کشاورزان مدل‌سازی شد (جدول ۱).

Table 1- Different scenarios for evaluating government subsidies

جدول ۱- سناریوهای مختلف ارزیابی یارانه‌های دولتی

سناریو	نام سناریو در مدل	مشخصات سناریو
افزایش یارانه	enlarge	افزایش سطح یارانه پرداختی به میزان ۳۰٪
کاهش یارانه	diminish	کاهش سطح یارانه پرداختی به میزان ۳۰٪
عدم تغییر	normal	عدم تغییر در سطح یارانه پرداختی
تصادفی	mix of all	هر یک از سناریوهای بالا به صورت تصادفی

در این رابطه، S بیانگر شاخص پایداری منابع آب (%،  $Q_{baseline}$ ) میزان منابع آب در وضعیت پایه (مثلاً قبل از اجرای سیاست) و  $Q_{current}$  میزان منابع آب در وضعیت فعلی (بعد از اجرای سیاست) است.

الگوریتم رفتاری بر اساس پنج مرحله ادراک سیاست توسط کشاورز، یادگیری از تجربه‌های گذشته و تقلید از همسایگان، تصمیم‌گیری بر اساس تحلیل هزینه-فایده، تأثیر شبکه اجتماعی و به‌روزرسانی رفتار تعریف شد. علاوه بر این، برای هر کشاورز، آستانه پذیرش  $(\theta_i)$  به عنوان حداقل سطح تأثیر اجتماعی-اقتصادی تعریف شد که در صورت تحقق، تغییر رفتار و پذیرش سیاست رخ می‌دهد (رابطه ۱). مقادیر آستانه‌ها از داده‌های میدانی استخراج شد، بدین معنا که کشاورزانی با سرمایه اجتماعی بالاتر و دسترسی بیشتر به آموزش، آستانه‌های پایین‌تری داشتند و سریع‌تر به سیاست‌ها واکنش نشان می‌دادند، در حالی که کشاورزان با اعتماد نهادی پایین یا ریسک‌گریزی بیشتر، آستانه‌های بالاتری داشته و تنها در صورت مشاهده تغییر رفتار تعداد زیادی از همسایگان یا دریافت حمایت مالی قابل توجه، اقدام به پذیرش می‌کردند.

پویایی رفتاری -

نرخ تغییر تصمیم‌گیری در بین کشاورزان در دو دوره زمانی به صورت رابطه ۳ محاسبه شد:

$$\Delta_{Behavioral} = \frac{N_{adopt}(t_1) - N_{adopt}(t_2)}{(t_1 - t_2)N} \times 100$$

که در آن،  $N_{adopt}(T)$  بیانگر تعداد کشاورزانی است که در زمان t، سیاست نوین را پذیرفته‌اند، N تعداد کل کشاورزان و  $(t_1 - t_2)$  فاصله بین دو مقطع بررسی است چنانچه مقدار شاخص پویایی رفتاری بزرگ باشد، در مدت کوتاه، تعداد زادی از کشاورزان تغییر رفتار داده‌اند و اگر مقدار این شاخص نزدیک صفر باشد، رفتار کشاورزان تقریباً ثابت مانده و سیاست‌ها اثرگذاری کمی داشته‌اند.

$$\theta_i < \frac{adoptingneighbors}{totalneighbors} : Adoptit \quad (1)$$

که در آن  $\theta_i$  آستانه پذیرش سیاست برای کشاورز i است.

کارایی نهادی -

این شاخص، بیانگر میانگین اعتماد و ارزیابی کشاورزان از نهادهای واسط است و به صورت رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

$$IE = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m L_k$$

در این رابطه، M تعداد مؤلفه‌های پرسش‌نامه‌ای است که اعتماد نهادی را می‌سنجند و  $L_k$  میانگین امتیاز پاسخ‌ها به هر مؤلفه (در مقیاس ۱ تا ۵ لیکرت). هرچه شاخص IE بالاتر باشد، نهادهای

۲-۲- شاخص‌های ارزیابی حکمرانی

شاخص‌های کلیدی برای ارزیابی پیامدهای سیاست‌ها بر سطوح خرد و کلان عبارت‌اند از:

پایداری منابع آب (رابطه ۲):

$$S = \frac{Q_{baseline} - Q_{current}}{Q_{baseline}} \times 100 \quad (2)$$

واسط از نظر کشاورزان قابل اعتمادتر هستند و پایبندی بودن این شاخص بیانگر ضعف نهادی و همکاری کمتر کشاورزان است. در ادامه، برای شناسایی ریشه‌های نهادی شکست سیاست‌ها، از تحلیل درخت خطا استفاده شد. داده‌های این بخش از ترکیب مصاحبه‌های میدانی، پرسش‌نامه‌ها و خروجی‌های ABM حاصل شد. عوامل شکست در پنج دسته اصلی، ضعف در طراحی آموزش‌های بومی‌سازی شده، بی‌اعتمادی نهادی، فقدان نهادهای واسط کارآمد، سیاست‌گذاری یکسان‌نگر بدون توجه به ناهمگنی بهره‌برداران و تخصیص ناکارآمد منابع مالی طبقه‌بندی شدند. تحلیل حساسیت و اولویت‌بندی ریسک‌ها، مسیرهای آسیب‌پذیر حکمرانی آب را مشخص و امکان اتصال نتایج نهادی به رفتارهای فردی را فراهم کرد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- تأثیر سیاست‌های یارانه‌ای بر رفتار کشاورزان

شبیه‌سازی‌ها نشان دادند که سیاست‌های یارانه‌ای صرفاً به عنوان محرک اقتصادی، تنها و بدون پیوست نهادی و اجتماعی، قادر به ایجاد تحول پایدار در رفتار کشاورزان در دشت میاندوآب نیستند. الگوی خاص بهره‌برداری در دشت میاندوآب، وابستگی گسترده به چاه‌های عمیق و تمرکز تولیدات باغی (انگور و سیب)، رفتارهای حداقلی کوتاه‌مدت را تشویق می‌کند که با یک محرک مالی موقت، تغییرات ساختاری مورد نیاز برای پذیرش فناوری‌های نوین و مدیریت پایدار آب اتفاق نمی‌افتد. علاوه بر این، افزایش یارانه‌ها، مشارکت را تا حدود ۵۱٪ بالا برد (جدول ۱)، اما این سطح پذیرش پایدار و همگن نبود. به نحوی که گروه‌هایی با اعتماد نهادی پایین یا سرمایه اجتماعی ضعیف، میزان پذیرش کمتر از میانگین داشتند. کاهش یارانه‌ها نیز موجب افت مشارکت تا حدود ۲۷٪ شد و سناریوی ناپایدار نوسان‌های رفتاری شدیدی ایجاد کرد که نمونه‌ای از حکمرانی بی‌ثبات محلی است (شکل ۳). در مطالعه‌ای مشابه گزارش شد یارانه‌ها به تنهایی میزان پذیرش فناوری یا بهبود مدیریت منابع را تضمین نمی‌کنند و بدون در نظر گرفتن عوامل رفتاری، نهادی و شبکه‌های اجتماعی اثر محدودی خواهند داشت (Alam et al., 2024).

اعتماد نهادی و سرمایه اجتماعی نقش تعدیل‌کننده‌تری در مقایسه با محرک‌های مالی دارند. در دشت میاندوآب، گروه‌هایی که از قبل در شبکه‌های محلی، مشارکت قوی‌تری داشتند یا به نهادهای واسط محلی مانند شوراها و تشکل‌های کشاورزی دسترسی داشتند، با وجود دریافت یارانه کمتر نیز میزان پذیرش بالاتری نشان دادند. این سازوکار از دو مسیر یادگیری شبکه‌ای و نهادهای محلی که

قابلیت اجرا و پایش را افزایش می‌دهند، عمل می‌کند. مطالعات مشابه در شیلی، چین و آسیا نشان داده‌اند که سرمایه اجتماعی و اعتماد، پیش‌بینی‌کننده مهم تمایل به پذیرش فناوری‌های کشاورزی هستند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (Wheeler et al., 2020).

یارانه‌های تجهیزاتی چنانچه بدون سازوکار نظارتی و طراحی متناسب اجرا شوند، می‌توانند پیامدهای معکوسی ایجاد کنند. نتایج نشان داد اختصاص یارانه‌ها بدون نظارت موجب سوءاستفاده و تضعیف سرمایه اجتماعی شده و در برخی خوشه‌ها مصرف آب را افزایش داد که به نوعی یکی از اثرات بازگشتی یارانه‌ها محسوب می‌شود. بررسی سیاست‌های یارانه‌ای در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که تخصیص یارانه‌ها می‌تواند به کاهش بهره‌وری و تشدید تخریب منابع آب منجر شوند مگر اینکه با ابزارهای نهادی همراه شوند. مطالعاتی در هند و آفریقا نشان داده‌اند که اصلاح یارانه‌ها بدون بازسازی نهادی ممکن است به نتایج معکوس منجر شود (Chatterjee et al., 2024).

تحلیل‌های مدل ABM نشان می‌دهد که رفتار کشاورزان وابسته به ناهمگنی در ویژگی‌های فردی، شبکه‌های اجتماعی و پذیرش ریسک بوده و این تفاوت‌ها تعیین‌کننده پاسخ به سیاست‌ها هستند. مدل توسعه یافته در این پژوهش، با لحاظ ناهمگنی، نشان داده که سیاست‌های یکسان‌نگر اثر یکسان تولید نمی‌کنند. با این وجود، تفاوت محوری در این است که تمرکز از پذیرش صرف فناوری به عملکرد حکمرانی محلی تغییر داده است. این بدین معنی است که از ABM به جای مطالعه چگونگی پذیرش یک فناوری، برای نشان دادن اینکه چگونه ساختار نهادی و اعتماد محلی می‌تواند سناریوی اقتصادی را خنثی یا تقویت کند، استفاده شده است. بهره‌گیری از یافته‌های مدل و شواهد موجود برای تدوین توصیه‌های سیاستی ملموس در میاندوآب از چند مسیر باید انجام شود، ابتدا، هدفمندسازی یارانه‌ها به گونه‌ای صورت گیرد که تخصیص محرک‌های مالی مشروط به اثبات فراگیری آموزش و مشارکت محلی باشد. پژوهش‌های متعددی نشان می‌دهند شرط‌گذاری و هدفمندی می‌تواند از پیامدهای معکوس جلوگیری کند (Hunecke et al., 2017). نهادهای واسط کارآمد نقش کلیدی در انتقال فناوری و تضمین نظارت کاربردی دارند. در نهایت، ترکیب ابزارها در قالب یک بسته سیاستی شامل یارانه، آموزش بومی‌سازی شده و نظارت مشارکتی باشد تا هم‌افزایی این سه عنصر اثربخشی سیاست‌ها را چندین برابر کند (Wang and Xu, 2024).

### ۲-۳- پویایی مشارکت و ارزیابی شبیه‌سازی رفتار کشاورزان

مدل مبتنی بر عامل توسعه‌یافته بر اساس الگوریتم تصمیم‌گیری تدریجی طراحی شد که در آن هر عامل (کشاورز) در تعامل با سایر کشاورزان و نهادهای محلی، تصمیم خود را درباره مشارکت در سیاست‌های آبی اتخاذ می‌کند. این تصمیم تحت تأثیر پنج متغیر کلیدی شامل، انگیزه اقتصادی، سطح اعتماد نهادی، تجربه یادگیری، فشار شبکه اجتماعی و ثبات سیاستی است. مدل علاوه بر برآورد نرخ مشارکت، فرایند یادگیری تدریجی و واکنش‌های رفتاری کشاورزان را نیز توصیف می‌کند. براساس نتایج، مدل توسعه داده شده نه تنها نرخ مشارکت نهایی را نشان می‌دهد، بلکه مسیر تغییرات و ناپایداری‌های رفتاری را نیز نمایان می‌کند. خروجی‌های مدل در قالب سری زمانی ۲۰ ساله تولید شدند و تغییرات شاخص‌های مشارکت، اعتماد نهادی و نسبت منابع آب به وضعیت اولیه به طور هم‌زمان ارزیابی شد (جدول ۲). این بررسی زمانی، امکان مشاهده‌ی اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت سیاست‌ها بر پایداری مشارکت و وضعیت منابع آب را فراهم کرد. جهت بررسی رفتار

کشاورزان، چهار سناریوی اصلی شامل، افزایش یارانه، کاهش یارانه، ثبات سیاستی (بدون تغییر) و سیاست تصادفی با نوسانات دوره‌ای تعریف شد. هر کدام از سناریوها با پارامترهای متفاوتی از ثبات نهادی، نرخ یادگیری و حمایت مالی اجرا شد تا پویایی تصمیم‌گیری در شرایط مختلف سیاستی ارزیابی شود. در سناریوی افزایش یارانه، سطح مشارکت کشاورزان در ابتدای دوره با سرعت متوسط رشد کرد و در انتهای دوره شبیه‌سازی به حدود ۵۶٪ رسید. با این حال، بخشی از این مشارکت نه از روی اعتماد پایدار به سیاست، بلکه از روی انگیزه‌های کوتاه‌مدت اقتصادی بود. کشاورزانی که سرمایه اجتماعی بالاتر یا ارتباط قوی‌تری با نهادهای محلی داشتند، سریع‌تر وارد چرخه مشارکت شدند، در مقابل، کشاورزانی که بی‌اعتمادی نهادی بیشتری داشتند، میزان پذیرش پایینی از خود نشان دادند. سناریوی کاهش یارانه نتایج کاملاً متفاوتی را نشان داد. اگرچه در ابتدای دوره شبیه‌سازی، مشارکت حدود ۳۵٪ بود، اما در ادامه با کاهش حمایت‌های مالی و بی‌ثباتی سیاستی، مشارکت به کمتر از ۲۰٪ کاهش یافت.

Table 2- Comparison of outcomes across different government subsidy scenarios

جدول ۲- مقایسه خروجی سناریوهای مختلف یارانه‌های دولتی

سناریو	نام در مدل	نرخ میانگین مشارکت کشاورزان (%)	شاخص پایداری منابع آب	میانگین اعتماد نهادی (مقیاس ۱-۵)	پایداری رفتار (نوسانات تصمیم‌گیری)
افزایش یارانه	enlarge	۵۱٪	۱۰۸	۳/۵	بالا (رفتار پایدار و تثبیت‌شده)
کاهش یارانه	diminish	۲۷٪	۹۱	۲/۳	پایین (رفتار ناپایدار و واکنشی)
عدم تغییر	normal	۳۳٪	۹۷	۲/۸	متوسط (تغییرات محدود)
تصادفی	mix of all	۳۸٪	۹۹	۳	متغیر (نوسانات رفتاری چشمگیر)

تحلیل حساسیت نشان داد که شاخص اعتماد نهادی بیشترین اثر را بر پایداری مشارکت دارد، در حالی که تغییر در میزان یارانه تأثیر کمتری داشت. اکثر کشاورزان در مصاحبه‌های میدانی اشاره کردند که وقتی آینده نامعلوم است، سرمایه‌گذاری در فناوری نوین با ریسک بزرگی همراه خواهد بود. این موضوع نشان می‌دهد که بی‌ثباتی سیاستی، علاوه بر ایفای نقش بازدارنده در مشارکت، از طریق القای احساس ناامنی، فرایند تضعیف سرمایه اجتماعی را نیز سرعت می‌بخشد. سناریوی بدون تغییر، به مشارکتی یکنواخت اما

محدود منجر شد که بیانگر آن است که سیاست‌های منفعل اگرچه موجب فروپاشی مشارکت نمی‌شوند، اما توان ایجاد انگیزه‌ی تحول‌آفرین نیز ندارند. سناریوی تصادفی به بروز شدیدترین ناپایداری منجر شد به نحوی که کشاورزان در مواجهه با نوسانات سیاستی، دچار رفتارهای واکنشی شدند. مشارکت در برخی دوره‌ها به بالای ۴۰٪ و در دوره‌های بعدی به کمتر از ۳۰٪ رسید. این الگوی رفتاری، مثالی از حکمرانی بی‌ثبات است که نتیجه آن، از

بین رفتن اعتماد جمعی و کاهش انگیزه‌های مشارکت در بلندمدت است (شکل ۳).

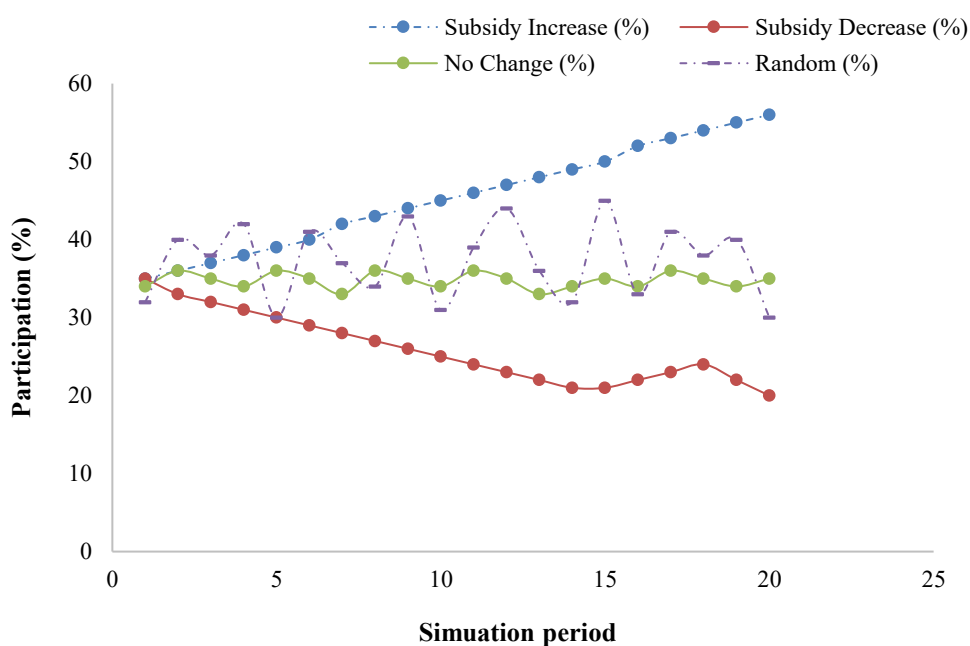


Fig. 3- The trend of farmers' participation in different subsidy scenarios  
 شکل ۳- روند مشارکت کشاورزان در سناریوهای متفاوت یارانه‌ای

پایداری مشارکت در سیاست‌های مدیریت آب هستند. در این کشورها، یارانه‌هایی که بدون حمایت نهادی و سازوکارهای نظارتی ارائه شدند، اگرچه در کوتاه‌مدت موجب افزایش مشارکت شدند، اما این اثر گذرا بوده و در ادامه با کاهش اعتماد و بروز رفتارهای فرصت‌طلبانه، مشارکت به سرعت افت پیدا کرد (Piñeiro et al., 2021). سناریوی افزایش یارانه در کوتاه‌مدت منجر به بهبود نسبی شاخص پایداری منابع آب شد. این در حالی است که کاهش یا نوسان در سیاست‌ها موجب کاهش این شاخص شد. نتایج نشان می‌دهد چالش اصلی در حکمرانی آب، فراتر از محرک‌های مالی، به کیفیت روابط نهادی و توانایی ایجاد اعتماد و پیش‌بینی‌پذیری در سیاست‌گذاری بازمی‌گردد (شکل ۴). بنابراین، برای موفقیت سیاست‌های آبی در بسترهای محلی از جمله دشت میاندوآب، صرفاً تخصیص حمایت مالی کافی نیست، بلکه طراحی و اجرای سیاست باید بر پایه سازوکارهای اعتمادساز، تقویت شبکه‌های اجتماعی محلی و ایجاد حس عدالت اجتماعی استوار باشد.

بی‌ثباتی در پرداخت‌های یارانه‌ای یا تغییرات ناگهانی در سیاست‌های آبیاری، مشارکت کشاورزان در چین را به سرعت کاهش داد و به تضعیف سرمایه اجتماعی منجر شد که با نتایج پژوهش حاضر در سناریوی کاهش یارانه‌ها همخوانی دارد (Wang et al., 2020). مطالعاتی که در هند انجام شد، نشان داده‌اند که تخصیص یارانه برای برق چاه‌های آب، منجر به رفتارهای واکنشی و غیرپایدار کشاورزان شده و حتی مصرف بیش از حد منابع زیرزمینی را تشدید کرده است که الگوی مشابهی از بی‌ثباتی در سناریوی تصادفی مدل توسعه یافته پژوهش حاضر نیز مشاهده شد (Chatterjee et al., 2024). پایداری مشارکت کشاورزان بیش از آنکه به سطح یارانه‌ها وابسته باشد، به پیش‌بینی‌پذیری سیاست‌ها و احساس عدالت در فرایند حکمرانی بستگی دارد که با یافته‌های پژوهش حاضر همسو است، چراکه در دشت میاندوآب مشاهده شد حتی زمانی که سطح یارانه‌ها افزایش یافت، کشاورزانی که اعتماد نهادی کمتری داشتند، رفتار مشارکتی ناپایدار از خود نشان دادند (Bolognesi et al., 2023).

مطالعات انجام‌شده در شیلی و مکزیک نشان دادند که سرمایه اجتماعی و کیفیت تعاملات شبکه‌ای در سطح محلی، عامل اصلی

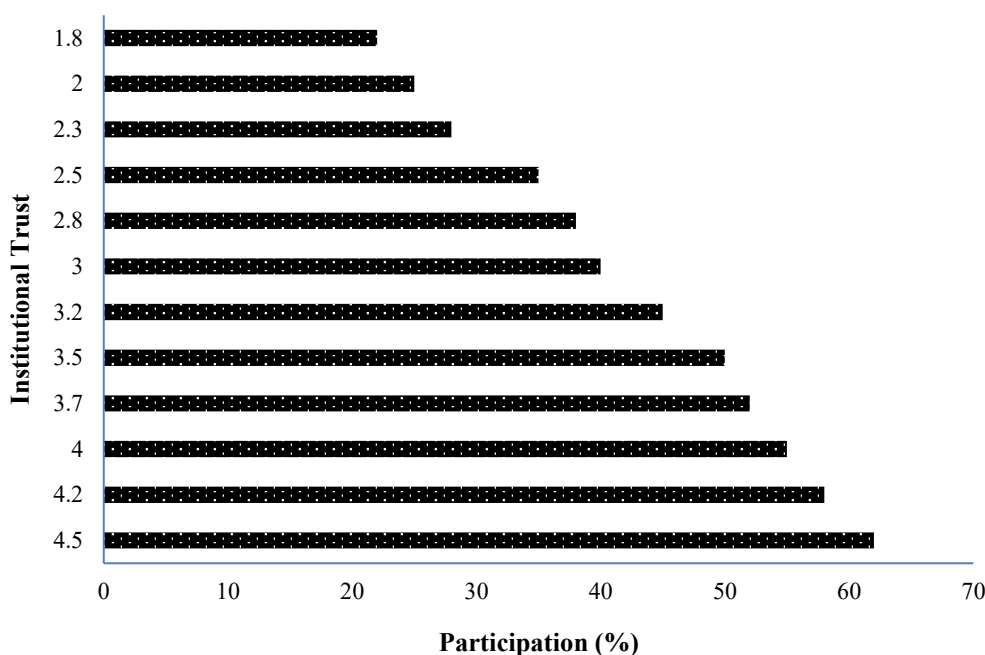


Fig. 4- The relationship between institutional trust and farmers' participation in Miandoab Plain

#### شکل ۴- رابطه اعتماد نهادی و مشارکت کشاورزان در دشت میاندوآب

ایجاد تغییر رفتاری پایدار نیست، بلکه کارآمدی سیاست‌ها در گرو هماهنگی بین‌بخشی، یادگیری نهادی و هم‌افزایی میان ابزارهای مختلف است. در واقع، سیاست‌های حمایتی نظیر یارانه زمانی به نتایج مطلوب منجر می‌شوند که در بستر یک نظام حکمرانی پاسخ‌گو قرار گیرند. یارانه بدون آموزش فنی، نه تنها نمی‌تواند مشارکت را افزایش دهد، بلکه در برخی موارد موجب بروز رفتارهای فرصت‌طلبانه می‌شود. در مقابل، هنگامی که حمایت مالی با نظارت فعال همراه است، موجب مشارکت منصفانه در کشاورزی می‌شود. در این بین، شاخص SWS به‌عنوان یک متغیر کلیدی عمل کرده و منجر به پیوندی معنادار میان کیفیت حکمرانی و اعتماد بهره‌برداران می‌شود. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که هرچه کشاورزان اطمینان بیشتری به پایداری، عدالت و شفافیت در مدیریت منابع آب پیدا کنند، احتمال مشارکت فعالانه آن‌ها به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. این روند نشان می‌دهد که تعامل بین ابزارهای نرم و سخت حکمرانی آب (اعتمادسازی، آموزش، نظارت و حمایت مالی)، اساس اصلی پایداری رفتاری و نهادی در بخش کشاورزی است (شکل ۳). در چارچوب مدیریت یکپارچه آب، این سیاست‌های ترکیبی نشان‌دهنده گذار از رویکردهای بالا به پایین و سلسله‌مراتبی به سمت الگوهای شبکه‌ای، تطبیقی و تعاملی هستند. در چنین الگوهایی، دولت به جای ایفای نقش اجرایی، نقش تسهیل‌کننده را بر عهده دارد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که واکنش

تحلیل رفتار کشاورزان نشان می‌دهد که موفقیت سیاست‌های آبی و یارانه‌ای، فراتر از سطح حمایت مالی به کیفیت حکمرانی آبی وابسته است. اگرچه یارانه‌ها می‌توانند محرک اولیه‌ای برای پذیرش فناوری‌های نوین آبیاری باشند، اما بدون وجود نهادهای پاسخ‌گو، مشارکت پایدار تضمین نمی‌شود. تجربه‌های پیشین کشاورزان از پروژه‌های شکست‌خورده، موجب کاهش اعتماد و تضعیف سرمایه اجتماعی شده است. تحلیل کمی نیز این روند را تأیید می‌کند، کشاورزی با امتیاز اعتماد نهادی بالاتر از  $\frac{3}{5}$  بیش از  $50\%$  مشارکت و کشاورزی با اعتماد کمتر از  $\frac{2}{5}$  با وجود یارانه، مشارکت کمتر از  $30\%$  داشته‌اند (شکل ۲). مطالعات مشابه در کنیا، چین و برزیل نشان می‌دهد که اعتماد به نهادهای محلی، شرط لازم برای پذیرش فناوری‌های نوین آبیاری است و فقدان اعتماد با وجود حمایت مالی، موجب کاهش مشارکت می‌شود (Wang et al., 2020; Muriithi et al., 2021; Suzuki et al., 2024).

#### ۳-۳- سیاست‌های ترکیبی و حکمرانی تطبیقی آب

نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد که بیشترین سطح مشارکت کشاورزان در سناریوهایی اتفاق می‌افتد که مجموعه‌ای از سیاست‌های مکمل شامل آموزش، نظارت، یارانه و تأمین پایدار آب (SWS) به صورت هم‌زمان و در تعامل با یکدیگر اجرا شده‌اند. این الگو نشان‌دهنده آن است که در حوزه حکمرانی آب، هیچ سیاستی به تنهایی قادر به

### ۳-۴- بهبود بهره‌وری آب در چارچوب حکمرانی چند سطحی

تحلیل مدل مبتنی بر عامل نشان داد که افزایش بهره‌وری فیزیکی آب<sup>۴</sup> (SWR)، نتیجه مستقیم کیفیت حکمرانی در دو محور آموزش و نظارت با  $F=1441/14$  است. این نتایج بر اهمیت نقش ظرفیت نهادی و سرمایه دانشی در بهبود بهره‌وری تأکید دارد و نشان می‌دهد که فقدان ساختارهای پشتیبان آموزشی و نظارتی، حتی سیاست‌های مالی یا فناورانه نیز نمی‌توانند به تغییر پایدار منجر شوند. از دیدگاه حکمرانی چند سطحی، آموزش و نظارت تنها ابزارهای اجرایی نبوده، بلکه سازوکارهایی برای انتقال دانش، پاسخ‌گویی و یادگیری اجتماعی محسوب می‌شوند (جدول ۳).

کشاورزان به سیاست‌های دولتی، تنها تابعی از ملاحظات اقتصادی نیست، بلکه به صورت معناداری تحت تأثیر کیفیت روابط نهادی، میزان اعتماد به ساختار حکمرانی، تجربه‌های گذشته در تعامل با نهادهای دولتی و هنجارهای اجتماعی در شبکه‌های محلی قرار دارد.

مطالعات مشابه نیز نقش انگیزش‌های روان‌شناختی، ساختارهای اعتماد و تعاملات اجتماعی را در تغییر رفتار بهره‌برداران حیاتی می‌دانند که با نتایج پژوهش حاضر هم‌راستا است (Pouladi et al., 2019; Agha-Hoseinali-Shirazi et al., 2021). مطالعات نشان می‌دهند که سیاست‌های اثربخش در حوزه آب، مستلزم ترکیب سازوکارهای حمایتی با ابزارهای مشارکتی، آموزش تعاملی و نظام‌های نظارت اجتماعی می‌باشند، در حالی که اعتماد نهادی نه تنها شرط پذیرش این سیاست‌ها، بلکه عامل تداوم رفتارهای اصلاحی در بلندمدت است (Anbari and Zarghami, 2019; Najjar Ghabel et al., 2019).

**Table 3- Effects of combined policies and governance quality on water productivity and farmers' participation**

**جدول ۳- اثر سیاست‌های ترکیبی و کیفیت حکمرانی بر بهره‌وری آب و مشارکت کشاورزان**

اثر سیاست‌ها	تغییر نسبت به پایه (%)	سطح مشارکت کشاورزان (%)	شاخص بهره‌وری فیزیکی آب	شاخص پایداری تأمین آب	ترکیب سیاست‌ها	سناریوی سیاستی
سطح پایین مشارکت و بهره‌وری: نبود هماهنگی نهادی بهبود موقتی: رفتارهای فرصت‌طلبانه و افت اعتماد در بلندمدت بهبود قابل توجه	-	۲۲	۱۷	۰/۴۲	-	پایه (بدون مداخله)
بهبود موقتی: رفتارهای فرصت‌طلبانه و افت اعتماد در بلندمدت	+۱۳	۳۵	۲۵	۰/۴۵	اختصاص یارانه	یارانه‌محور (بدون آموزش و نظارت)
بهبود قابل توجه: دلیل یادگیری و پاسخ‌گویی نهادی	+۳۶	۵۸	۳۵	۰/۶۲	ابزارهای نرم حکمرانی	آموزش + نظارت
بالاترین سطح مشارکت و بهره‌وری: هم‌افزایی بین سیاست‌ها کاهش اعتماد، رفتار انحرافی و تضعیف پایداری نهادی	+۶۱	۸۳	۵۵	۰/۷۸	ترکیب هم‌زمان ابزارها	آموزش + نظارت + یارانه (سیاست ترکیبی)
کاهش اعتماد، رفتار انحرافی و تضعیف پایداری نهادی	-۴	۱۸	۱۵	۰/۳۹	یارانه بدون چارچوب نهادی	حکمرانی ناقص (یارانه بدون نظارت)

سطح ملی، نهادهای مرکزی نقش سیاست‌گذاری و تأمین منابع را بر عهده دارند و در سطح میانی وظیفه ارائه سیاست‌ها به زبان

در چنین ساختاری، بهبود بهره‌وری آب زمانی تحقق می‌یابد که تعامل سازنده‌ای میان سطوح مختلف تصمیم‌گیری برقرار باشد. در

اجرای و تسهیل ارتباط بین دولت و بهره‌برداران انجام می‌شود. در سطح محلی نیز آموزش، اعتمادسازی و تغییر رفتار واقعی کشاورزان انجام می‌شود و تعیین‌کننده میزان موفقیت سیاست‌ها است. سیاست‌های تک بعدی (ارائه یارانه بدون لحاظ آموزش و نظارت)، در چنین نظامی اثر بخش نبوده و می‌توانند منجر به استفاده نادرست از منابع و از بین رفتن اعتماد شوند. در مقابل، سیاست‌های ترکیبی که بین آموزش، نظارت و حمایت مالی تعادل برقرار می‌کنند، نه تنها موجب افزایش SWR می‌شوند، بلکه موجب کاهش تلفات آب، ارتقای عدالت در تخصیص و بهبود حس مالکیت جمعی نسبت به منابع آب می‌شوند. از نظر حکمرانی آب، لازم است آموزش و نظارت را به عنوان دو ستون اصلی یادگیری نهادی دانست. ترکیب این دو، حلقه‌ای از یادگیری و بازخورد ایجاد می‌کند که در آن، خطاها اصلاح و رفتارهای سازگار با پایداری تقویت می‌شوند. هنگامی که کشاورزان احساس می‌کنند که در فرایند تصمیم‌گیری و اجرا مشارکت دارند و دولت نقش پشتیبان را ایفا می‌کند، بهره‌وری آب از یک هدف فنی به یک فرآیند حکمرانی مشارکتی تبدیل می‌شود. چنین سازوکاری هم موجب ارتقای بهره‌وری آب و هم اعتماد، مسئولیت‌پذیری و پایداری اجتماعی را در مدیریت منابع آبی بهبود می‌بخشد.

### ۳-۵- پیامدهای حکمرانی ناقص

تحلیل روند زمانی مشارکت کشاورزان نشان داد که سیاست‌های یارانه‌ای بدون نظارت و پشتوانه نهادی، موجب افزایش ظاهری مشارکت در کوتاه‌مدت می‌شوند. با این حال، این روند موقتی بوده و در ادامه با افت شدید تمایل، کاهش اعتماد و بروز رفتارهای فرصت‌طلبانه همراه است. در مقابل، سیاست‌های تلفیقی که ترکیبی از آموزش، نظارت و حمایت مالی هستند، توانسته‌اند مشارکت کشاورزان را در بازه‌های بلندمدت حفظ کرده و منجر به ثبات رفتاری و نهادی شوند. این الگوها نشان می‌دهند که مشارکت واقعی در حکمرانی آب زمانی پایدار می‌شود که میان انگیزه‌های اقتصادی و سازوکارهای اعتماد نهادی توازن برقرار شود. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد که حمایت مالی بدون نظارت، اثر پایداری نداشته و می‌تواند موجب ایجاد رفتارهای انحرافی شود. در اکثر موارد، کشاورزان تجهیزات دریافتی را فروخته یا از آن‌ها به درستی استفاده نکرده‌اند و حتی در برخی مناطق با هویت‌های متفاوت به دفعات متعدد از حمایت‌های دولتی بهره‌مند شده‌اند. این نوع رفتارها در سطح خرد ممکن است فردی به نظر برسند، اما در مقیاس کلان موجب تضعیف سرمایه اجتماعی، بی‌اعتمادی نسبت به نهادهای دولتی و سستی در بنیان‌های حکمرانی مشارکتی می‌شوند. بنابراین،

کارآمدی سیاست‌های حمایتی در حوزه آب به کیفیت چارچوب نهادی و نظارتی وابسته است. نظارت مؤثر زمانی به عملکرد واقعی خود می‌رسد که به عنوان بخشی از سازوکار حکمرانی مشارکتی شناخته شود. در چنین ساختاری، سیاست‌های حمایتی از سطح اقداماتی موقتی و مالی فراتر رفته و به ابزارهایی برای تقویت اعتماد، یادگیری نهادی و پایداری اجتماعی تبدیل می‌شوند.

### ۶-۳- نتایج تحلیل درخت خطا

تحلیل درخت خطا به عنوان یک ابزار تشخیص ساختاری در ارزیابی حکمرانی منابع آب، توانست پنج مسیر کلیدی برای شکست سیاست‌های مربوط به مدیریت منابع آبی در زیرحوضه دشت میان‌دوآب را مشخص کند. این مسیرها نه تنها بازتاب‌دهنده وضعیت محلی هستند، بلکه ریشه در نارسایی‌های نهادی، رفتاری و ساختاری عمیق‌تری دارند که در سطح ملی نیز ملموس هستند.

### - ضعف در طراحی و اجرای آموزش‌های فنی

عدم طراحی آموزش‌های بومی‌سازی شده و مبتنی بر نیاز واقعی بهره‌برداران، موجب کاهش آگاهی کاربردی درباره فناوری‌های نوین آبیاری و مدیریت منابع طبیعی شده است. این موضوع با یافته‌های (Emami and Dehghanisanij, 2024) هم‌راستا است که نشان می‌دهند آموزش‌های ناکارآمد یکی از موانع اصلی در تحقق حکمرانی مشارکتی در مدیریت آب محسوب می‌شود. در پژوهش حاضر نیز این ضعف منجر به بهره‌برداری ناپایدار و اتلاف منابع شده است.

### - نبود نهادهای واسط قابل اعتماد

ارزیابی‌ها نشان دادند که خلأ نهادی در میان‌بخشی‌ترین سطح، یکی از نقاط شکست اصلی حکمرانی منابع آب در دشت میان‌دوآب است. مطالعات مشابه نتیجه گرفتند که نهادهای میانجی توانمند، پل ارتباطی حیاتی میان سیاست‌گذاران و جوامع محلی هستند. در نبود این واسطه‌ها، ظرفیت بسیج اجتماعی و انتقال اطلاعات به شدت تضعیف می‌شود، که نتیجه آن کاهش مشارکت معنادار ذینفعان در فرایندهای احیا است (Anbari et al., 2021; Emami and deghanisanij, 2024).

### - بی‌اعتمادی نهادی و ضعف سرمایه اجتماعی

نتایج نشان داد که بی‌اعتمادی به نهادهای دولتی و غیردولتی، نه تنها مانع اجرای مؤثر سیاست‌ها می‌شود، بلکه منجر به شکل‌گیری مقاومت فعال در برابر آن‌ها نیز می‌شود. نتایج پژوهش حاضر با

سیاست‌ها بدون توجه به تفاوت‌های اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و حتی اقلیمی میان بهره‌برداران تدوین شده‌اند. این نتایج با یافته‌های Molle (2009) درباره آسیب‌های تعمیم سیاست‌های آبی بدون درک زمینه‌های محلی همخوانی دارد.

یافته‌های Pretty (2003) و Putnam et al. (1994) در تطابق است که سرمایه اجتماعی را یکی از ارکان اساسی حکمرانی مشارکتی معرفی کرده‌اند. در دشت میاندوآب، نبود اعتماد به نهادها، مشارکت کشاورزان را به حداقل رسانده و سیاست‌ها را بی‌اثر کرده است.

#### – ناکارآمدی در تخصیص منابع مالی و نهادی

تحلیل نشان داد که توزیع نامتناسب و ناکارآمد منابع مالی و نهادی، مسیرهای شکست سیاستی را تشدید کرده است (شکل ۴).

#### – سیاست‌گذاری یکسان‌نگر بدون توجه به ناهمگنی بهره‌برداران

یکی از خطاهای بنیادین در سیاست‌گذاری منابع آب، رویکرد نسخه یکسان برای تمام بهره‌برداران است. در دشت میاندوآب نیز

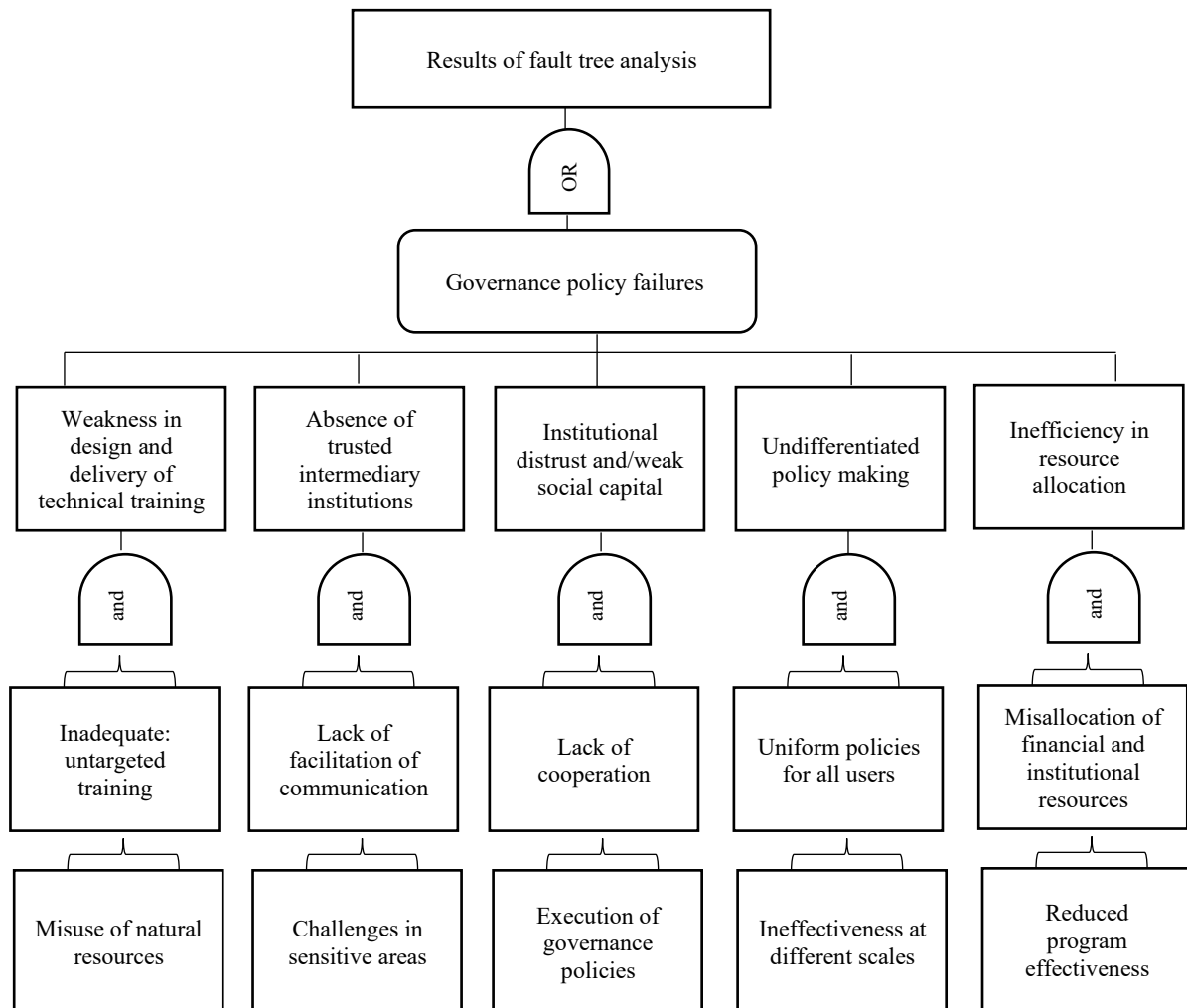


Fig. 4- Fault Tree Analysis Structure of Miandoab Plain

شکل ۴- ساختار تحلیل درخت خطای دشت میاندوآب

در اکثر پروژه‌های منابع آب، از جمله برنامه‌های ستاد احیای دریاچه ارومیه، مشاهده شد که منابع مالی بدون ارزیابی نیاز واقعی مناطق و ظرفیت جذب آن‌ها تخصیص یافته‌اند. در مطالعه‌ای مشابه Allan (2001) به چنین ناکارآمدی‌هایی در سیاست‌های آبی در کشورهای خشک اشاره دارد و آن را یکی از دلایل شکست اصلاحات نهادی می‌داند.

نتایج تحلیل درخت خطا نشان داد که شکست حکمرانی در دشت میاندوآب، بیش از آنکه ناشی از کمبود منابع طبیعی باشد، ریشه در ساختارهای ناکارآمد اجتماعی و نهادی دارد. ترکیب بی‌اعتمادی نهادی، فقدان نهادهای واسطه‌ای و سیاست‌های بالا به پایین، موجب رکود پویایی کنش‌گران محلی شده است. در مقایسه با سایر مطالعات منطقه‌ای، مانند بررسی‌های انجام شده در حوضه‌های زاینده‌رود و رودخانه کرخه (Madani et al. 2016)، می‌توان اظهار کرد که الگوی شکست در حکمرانی آب در ایران یک ساختار تکراری دارد، اما راهکارهای مقابله با آن باید به شدت بومی و مبتنی بر شناخت ویژگی‌های خاص هر زیرحوضه طراحی شوند.

#### ۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

پژوهش حاضر با بهره‌گیری از ترکیب مدل‌سازی مبتنی بر عامل و تحلیل درخت خطا نشان داد که پایداری مدیریت منابع آب در دشت میاندوآب، تنها وابسته به ابزارهای اقتصادی یا مداخلات فناورانه نیست، بلکه تحت تأثیر عوامل اجتماعی، نهادی، فرهنگی و رفتاری قرار دارد. سیاست‌های آبی در دشت میاندوآب، زمانی اثربخش و پایدار می‌شوند که درک درستی از شیوه‌های رفتاری، اعتمادی و یادگیری کنشگران محلی در بستر اجتماعی و نهادی آن‌ها شکل گیرد. یافته‌های این پژوهش بر ضرورت دگرگونی در منطق سنتی که تاکنون بر کنترل مصرف و توزیع یارانه‌ها بدون توجه به سازوکارهای انسانی، اجتماعی و نهادی مؤثر بر رفتار بهره‌برداران استوار بوده، تأکید دارد. تحلیل‌های انجام شده نشان دادند که رفتار کشاورزان در مواجهه با سیاست‌های آبی، برآیند تعامل پیچیده‌ای از اعتماد نهادی، شبکه‌های اجتماعی، تجربه‌های پیشین، یادگیری جمعی و ادراک از عدالت و اثربخشی سیاست‌ها است. تصمیمات آبی، علاوه بر توجه به قیمت یا قانون، در چارچوب ذهنی و اجتماعی خاصی اتخاذ می‌شود که ریشه در حافظه جمعی، روابط محلی و میزان مشروعیت نهادهای حاکم دارد. بنابراین، مسئله آب در حوضه دریاچه ارومیه بیش از آنکه فنی یا اقتصادی باشد، پدیده‌ای اجتماعی- نهادی است که برای مدیریت آن باید به کنش متقابل میان دولت و بهره‌برداران و به کیفیت گفت‌وگو و اعتماد بین آن‌ها توجه شود. در چنین چارچوبی، پایداری حکمرانی آب تنها زمانی

امکان‌پذیر است که سیاست‌گذاری از منطق مداخله از بالا به پایین به منطق یادگیری و تعامل چند سطحی تغییر یابد. تلفیق یافته‌های مدل‌سازی و تحلیل علی، پنج گره بحرانی شامل، ضعف در طراحی آموزش‌های بومی‌سازی شده، کمبود نهادهای واسطه‌ای قابل اعتماد، بی‌اعتمادی نهادی و کاهش سرمایه اجتماعی، نادیده‌گرفتن ناهمگنی بهره‌برداران و ناکارآمدی در تخصیص منابع مالی و نهادی را در ساختار حکمرانی آب منطقه مورد مطالعه شناسایی کرد. این گره‌ها نه تنها نشانه‌های آسیب در ساختار موجود هستند، بلکه نقشه راهی برای اصلاح حکمرانی در آینده فراهم می‌کنند.

بر اساس این تحلیل‌ها، مجموعه‌ای از پیشنهادات سیاستی که به صورت مستقیم به چالش‌های واقعی پاسخ می‌دهد، تدوین شد. به عنوان مثال، پیشنهاد مربوط به تجهیز شرکت‌های خدمات مشاوره‌ای به فناوری‌های دیجیتال ناشی از مشاهده نقاط ضعف در سیستم نظارتی و چالش‌ها در انتقال مؤثر دانش بین کارشناسان و کشاورزان است. علاوه بر این، پیشنهاد ایجاد دفاتر مشترک بین سازمان جهاد کشاورزی، شوراهای محلی و تعاونی‌ها یک پاسخ نهادی به شکاف روابط و عدم انسجام بین سطوح اجرایی و پایینی می‌باشد. این اقدامات، علاوه بر قابلیت عملیاتی، مستقیماً با یافته‌های مدل ABM و تحلیل درخت خطا مرتبط هستند و پاسخ به مشکلات اصلی دشت میاندوآب، از جمله کاهش اعتماد نهادی، فقدان نهادهای واسطه‌ای و اثرات منفی سیاست‌های مالی منفرد، محسوب می‌شوند. علاوه بر این، دشت میاندوآب بخشی از حوضه دریاچه ارومیه بوده و مدیریت ناپایدار منابع آب در این دشت، فشار مستقیم بر وضعیت اکولوژیک دریاچه وارد می‌کند. بنابراین، پیشنهادهای مذکور، با هدف کاهش فشار بر منابع آب، افزایش بهره‌وری مصرف، تقویت اعتماد نهادی و ارتقای حکمرانی مشارکتی، به‌طور مستقیم در بهبود وضعیت دریاچه و مقابله با بحران خشک شدن آن مؤثر هستند. حکمرانی مؤثر آب مستلزم هم‌افزایی میان سه سطح تصمیم‌گیری شامل، سطح ملی، سطح میانی و سطح محلی است. این سه سطح، نه در سلسله مراتبی خطی، بلکه در چرخه‌ای باز از یادگیری، بازخورد و انطباق با شرایط محلی به یکدیگر متصل شوند. در غیر این صورت، سیاست‌ها همچون لایه‌هایی مجزا بر هم انباشته می‌شوند، بدون آنکه نیرویی هم‌افزا برای تغییر پایدار ایجاد کنند. پیشنهادهای عملی پژوهش حاضر زمانی اثربخش خواهند بود که همزمان ظرفیت یادگیری، اعتماد نهادی و تعامل انسانی را بهبود بخشند. راه‌اندازی سامانه‌های بازخورد ساده، امکان ارزیابی عملکرد کارشناسان را فراهم کرده و اعتماد متقابل بین نهادها و بهره‌برداران را بازسازی می‌کند. مهارت‌های نرم ترویجی و کارشناسان، نقشی اساسی در پیوند دادن زبان فنی دولت با کشاورزان دارند. تجربه دشت میاندوآب، به عنوان

یکی از زیرحوضه‌های کلیدی در حوضه دریاچه ارومیه، نشان می‌دهد که پایداری منابع آب نه تنها مسئله‌ای محلی، بلکه بخشی از نظام اکولوژیک و اجتماعی گسترده‌تری است که سرنوشت آن به پویایی‌های انسانی وابسته می‌باشد. به بیان دیگر، بحران آب در دشت میاندوآب، بازتاب بحران حکمرانی در مقیاسی بزرگ‌تر است و هر اصلاحی در ساختار حکمرانی آب این منطقه، گامی برای احیای اعتماد عمومی، بازسازی ظرفیت‌های نهادی و تقویت پایداری زیست‌محیطی در سطح ملی محسوب می‌شود. آینده حکمرانی آب در ایران و مناطق مشابه، مشروط به آن است که منطق سیاست‌گذاری از الگوی کنترل و تخصیص، به الگوی اعتمادسازی و یادگیری جمعی تغییر یابد. یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بازسازی اعتماد، یادگیری اجتماعی و تقویت نهادهای واسطه، نه تنها مسیر اصلاح حکمرانی آب در دشت میاندوآب را هموار می‌سازد، بلکه کلید گذار ایران به سوی حکمرانی تطبیقی، انعطاف‌پذیر و انسان‌محور در عرصه‌ی منابع طبیعی به شمار می‌آید. در حالت کلی، طراحی و اتخاذ سیاست‌های آبی در دشت میاندوآب باید زمینه‌محور، مشارکتی و یادگیرنده باشد. ترکیب حمایت مالی هدفمند، آموزش عملی، نظارت مشارکتی و تقویت اعتماد نهادی می‌تواند به حکمرانی پایدار و مشارکت‌محور منابع آب منجر شود و از اثرات منفی سیاست‌های منفرد و بالا به پایین جلوگیری کند. این رویکرد، گذار از مدیریت خشک و دستوری به حکمرانی تطبیقی، شبکه‌ای و تعاملی را ممکن ساخته و پایداری بلند مدت منابع آب و رفتار کشاورزان در دشت میاندوآب را تضمین می‌کند.

## پی‌نوشت‌ها

- 1- Agent-Based Model
- 2- Fault Tree Analysis
- 3- Sustainable Water Supply
- 4- Improving Irrigation Productivity

- Agha-Hoseinali-Shirazi M, Bozorg-Haddad O, Laituri M, and DeAngelis D (2021) Application of agent base modeling in water resources management and planning. In *Essential tools for water resources analysis, planning, and management*, Singapore: Springer Singapore (pp. 177–216)
- Alam MF, McClain M, Sikka A, and Pande S (2024) Subsidies alone are not enough to increase adoption of agricultural water management interventions. *Frontiers in Water* 6:1444423
- Allan T (2001) *The Middle East water question*. I.B.Tauris Publishers, London, 1-400
- Alijani Z, and Sarmadian F (2017) A study on combating land degradation: Application of agent-based modeling. 15th Iranian Soil Science Congress, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
- Anbari MJ, and Zarghami M (2019) An agent-based model to improve groundwater resources conditions with a participatory approach in the Shabestar-Sofian plain. *Iran-Water Resources Research* 15(2):73–87 (In Persian)
- Anbari MJ, Zarghami M, and Nadiri AA (2021) An uncertain agent-based model for socio-ecological simulation of groundwater use in irrigation: A case study of Lake Urmia Basin, Iran. *Agricultural Water Management* 249:106796
- Bolognesi T, Pinto FS, and Farrelly M (2023) *Routledge handbook of urban water governance*. Routledge
- Chatterjee S, Lamba R, and Zaveri ED (2024) The role of farm subsidies in changing India's water footprint. *Nature Communications* 15(1):8654
- Darbandsari P, Kerachian R, Malakpour-Estalaki S, and Khorasani H (2020) An agent-based conflict resolution model for urban water resources management. *Sustainable Cities and Society* 57:102112
- Du E, Cai X, Brozović N, and Minsker B (2017) Evaluating the impacts of farmers' behaviors on a hypothetical agricultural water market based on double auction. *Water Resources Research* 53:4053–4072
- Emami S and Dehghanisanij H (2024) Fault tree analysis of trade-offs between environmental flows and agricultural water productivity in the Lake Urmia sub-basin using agent-based modeling. *Water* 16(6):844
- Ghallelban Tekmedash M, Taheri Tizro A, and Zare Abyane H (2015) Agent based modeling framework in simulation of stakeholder's behavior for managing water resources. *Journal of Water and Sustainable Development* 2(1):87–94 (In Persian)
- Hunecke C, Engler A, Jara-Rojas R, and Poortvliet PM (2017) Understanding the role of social capital in adoption decisions: An application to irrigation technology. *Agricultural Systems* 153:221–231
- Islamic Parliament Research Center of Iran (2023) Review of the agriculture and natural resources sector in the national budget bill for the year 1403 (2024). Report No. 1808334 (In Persian)
- Jabbari R, Zarghami M, Anbari MJ, and Nadiri AA (2022) Development of agent-based model with the aim of discussion groundwater resources management policies; case study of Damghan aquifer. *Iran-Water Resources Research* 17(4):131–143 (In Persian)
- Khorsandi M, Omidi T, and van Oel P (2023) Water-related limits to growth for agriculture in Iran. *Heliyon* 9(5):e16132
- Klerkx L and Leeuwis C (2009) Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological Forecasting and Social Change* 76(6):849–860
- Lillo-Saavedra M, Velásquez-Cisterna P, García-Pedrero Á, Salgado-Vargas M, Rivera D, Cisterna-Roa V, and Gonzalo-Martín C (2024) Socio-hydrological agent-based modeling as a framework for analyzing conflicts within water user organizations. *Water* 16(22):3321
- Lin Z, Lim SH, Lin T, and Borders M (2020) Using agent-based modeling for water resources management in the Bakken region. *Journal of Water Resources Planning and Management* 146(1):05019020
- Lotfi S and Araghinejad S (2017) A review on challenges in application of agent-based models in water resources systems. *Iran-Water Resources Research* 13(2):115–126 (In Persian)
- Madani K, Aghakouchak A, and Mirchi A (2016) Iran's socio-economic drought: Challenges of a water-bankrupt nation. *Iranian Studies* 49(6):997–1016
- Molle F (2009) Water scarcity, prices and quotas: A review of evidence on irrigation volumetric pricing. *Irrigation and Drainage Systems* 23:43–58
- Muriithi LN, Onyari CN, Mogaka HR, Gichimu BM, Gatumo GN, and Kwena K (2021) Adoption determinants of adapted climate smart agriculture technologies among smallholder farmers in Machakos, Makueni, and Kitui counties of Kenya. *Journal of Agricultural Extension* 25(2):75–85
- Najjar Ghabel S, Zarghami M, Akhbari M, and Nadiri AA (2019) Groundwater management in Ardabil

- plain using agent-based modeling. *Iran-Water Resources Research* 15(3):1–16 (In Persian)
- Nazemi N, Foley RW, Louis G, and Keeler LW (2020) Divergent agricultural water governance scenarios: The case of Zayanderud basin, Iran. *Agricultural Water Management* 229:105921
- Nhim T, Richter A, and Zhu X (2018) The resilience of social norms of cooperation under resource scarcity and inequality-An agent-based model on sharing water over two harvesting seasons. *Ecological Complexity* 40:100755
- Noori M, Emadi A, and Fazloulou R (2020) Agent based model development for optimal water allocation from dam reservoir; case study Shahid Rajaei dam. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 51(4):937–948 (In Persian)
- Piñeiro V, Melia-Marti E, and García Alvarez-Coque JM (2021) Collaboration for social innovation in the agri-food system in Latin America and the Caribbean. *Spanish Journal of Agricultural Research* 19(4):1–13
- Pooralihosseini SS, Delavar M, Ghorbani A, Van Derzaag P, Morid S, and Abbasi E (2020) Development of an agent-based model to simulate the behavior of agricultural users in water and land management. *Journal of Ecohydrology* 7(2):421–435
- Pouladi P (2019) Socio-hydrological approach in analysis and management of water systems using agent-based modeling: A case study of Miandoab plain. M.Sc. Thesis, Iran University of Science and Technology, Tehran (In Persian)
- Pouladi P, Afshar A, Afshar MH, Molajou A, and Farahmand H (2019) Agent-based socio-hydrological modeling for restoration of Urmia Lake: Application of theory of planned behavior. *Journal of Hydrology* 576:736–748
- Pretty J (2003) Social capital and the collective management of resources. *Science* 302(5652):1912–1914
- Putnam RD, Nanetti RY, and Leonardi R (1994) *Making democracy work: Civic traditions in modern Italy*. Princeton University Press
- Shoushtarian F, Negahban-Azar M, and Crooks A (2022) Investigating the micro-level dynamics of water reuse adoption by farmers and the impacts on local water resources using an agent-based model. *Socio-Environmental Systems Modelling* 4:18148
- Sobhani AA (2017) Simulation of consumer behavior in water usage using agent-based modeling. The First National Conference on Water Consumption Management and Loss Reduction, Tehran (In Persian)
- Suzuki LEAS, Casalinho HD, and Milani ICB (2024) Strategies and public policies for soil and water conservation and food production in Brazil. *Soil Systems* 8(2):45
- Torres Pena M, Breidbach C, and Turpin A (2019) Crafting agent-based models to analyze service platforms. Conference: International Conference on Information Systems (ICIS), At: Munich, GER
- Wang G and Xu M (2024) The role of social interaction in farmers' water-saving irrigation technology adoption: Testing farmers' interaction mechanisms. *Scientific Reports* 14(1):24969
- Wang J, Zhu Y, Sun T, Huang J, Zhang L, Guan B, and Huang Q (2020) Forty years of irrigation development and reform in China. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 64(1):126–149
- Wang W, Wang J, Liu K, and Wu YJ (2020) Overcoming barriers to agriculture green technology diffusion through stakeholders in China: A social network analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(19):6976
- Wheeler SA, Carmody E, Grafton RQ, Kingsford RT, and Zuo A (2020) The rebound effect on water extraction from subsidizing irrigation infrastructure in Australia. *Resources, Conservation and Recycling* 159:104755