Vol 15, No. 4, Winter 2026

University of Tehran Press

Journal of Water and Irrigation Management Online ISSN: 2382-9931

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

Effective water resources governance through strengthening collective action in the Social–Ecological System (Case study: Qaresou River Basin)

Ghazal Jafari[1] | Babak Omidvar[2]✉

1. Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: ghazal.jafari@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: bomidvar@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 8 May 2025
Received in revised form
23 July 2025
Accepted 4 November 2025
Published online 17 March 2026

Keywords:
Coastal aquifer
Social–Ecological Systems Framework
Water resource management
Causal loop diagrams

ABSTRACT

Given the increasing and uncontrolled depletion of groundwater resources, rethinking the design of necessary management measures to maximize the potential of collective action among users has become an inevitable necessity. This study, addressing the absence of foresight-based and systematic analytical approaches, utilizes the Social–Ecological Systems Framework and the assumptions underlying self-organization of users to analyze how policy interventions impact ten key variables influencing the capacity of farmers for collective action in the Qaresou Basin. To assess these effects, causal relationships between the policy interventions outlined in Iran's national document on water scarcity adaptation and the key variables were examined. The findings indicate that during the 18-year study period, in the absence of collective action and purposeful alignment between water and agricultural policies, social sustainability consistently posed a threat to ecological sustainability. In the tightly interwoven social–ecological system of the Qaresou Basin, this requires an analysis of the cumulative impact of interventions on policy-responsive variables including "user knowledge", "collective-choice rules"," "local leadership", "institutional trust", and "system productivity" and contextual variables such as "resource importance", "groundwater mobility", and "the number of farming households". This study provides a practical basis for assessing the implementation of participatory water management, in accordance with clause "T", article 40 of the law of the seventh five-year development plan of the Islamic Republic of Iran.

Cite this article: Jafari, Gh., & Omidvar, B. (2026). Effective water resources governance through strengthening collective action in the Social-Ecological System (Case study: Qaresou River Basin). *Journal of Water and Irrigation Management*, 15 (4), 745-765. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2025.394738.1227

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2025.394738.1227

دوره پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴

انتشارات دانشگاه تهران

مدیریت آب و آبیاری

شاپا الکترونیکی: ۹۹۳۱-۲۳۸۲

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

حکمرانی مؤثر منابع آب با تقویت مشارکت جمعی در سیستم اجتماعی–اکولوژیکی (مطالعه موردی: حوضه آبریز قره‌سو)

غزال جعفری[۱] | بابک امیدوار[۲]✉

۱. مهندسی محیط زیست–منابع آب، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: ghazal.jafari@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: bomidvar@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۲۶

کلیدواژه‌ها:

آبخوان ساحلی

چارچوب سیستم اجتماعی–اکولوژیکی

مدیریت منابع آب

نمودارهای حلقه علی

چکیده

با توجه به روند فزاینده و غیرقابل کنترل برداشت از منابع آب زیرزمینی، بازاندیشی در طراحی گزینه اقدامات موردنیاز برای مدیریت منابع آب با هدف بهره‌مندی حداکثری از ظرفیت مشارکت جمعی بهره‌برداران ضروری است. این پژوهش با بهره‌گیری از چارچوب سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیکی و فرضیات حاکم بر خودسازماندهی بازیگران، در نبود رویکردهای تحلیلی پیش‌نگر و نظام‌مند، به تحلیل نحوه تأثیرگذاری مداخلات سیاستی بر ۱۰ متغیر مؤثر بر ظرفیت مشارکت جمعی کشاورزان در حوضه آبریز قره‌سو پرداخته است. بر این اساس، روابط علّی میان گزینه‌های اجرایی سند سازگاری با کم‌آبی با متغیرهای کلیدی مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که در دوره ۱۸ ساله موردبررسی، پایداری اجتماعی در غیاب مشارکت جمعی و عدم هم‌سویی هدف‌مند میان سیاست‌های بخش آب و کشاورزی، تهدیدی برای پایداری اکولوژیکی در منطقه است. در سیستم اجتماعی–اکولوژیکی درهم تنیده حوضه قره‌سو، حل این چالش نیازمند تحلیل اثر تجمعی مداخلات بر متغیرهای سیاست‌پذیر شامل "دانش بهره‌برداران"، "قوانین منتخب جمعی" ، "رهبران محلی"، "اعتماد کشاورزان" و "بهره‌وری سیستم" و متغیرهای زمینه‌ای شامل "اهمیت منبع برای کشاورز"، "تغییرپذیری آب زیرزمینی" و "تعداد خانوار کشاورزان" است. این پژوهش به شیوه‌ای کاربردی امکان ارزیابی استقرار مدیریت مشارکتی آب در راستای اجرای بند "ت" ماده ۴۰ قانون برنامه پنج ساله هفتم پیشرفت را در حوضه‌های آبریز فراهم می‌سازد.

استناد: غزال، جعفری و امیدوار، بابک (۱۴۰۴). حکمرانی مؤثر منابع آب با تقویت مشارکت جمعی در سیستم اجتماعی–اکولوژیکی (منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز قره‌سو). *نشریه مدیریت آب و آبیاری*، ۱۵ (۴)، ۷۴۵-۷۶۵. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2025.394738.1227

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، از جمله غرب آسیا و خاورمیانه، منابع آب زیرزمینی به‌عنوان منابع حیاتی تأمین آب کشاورزی و شرب، نقشی اساسی در معیشت و پایداری اقتصادی ایفا می‌کنند. در این میان، آبخوان‌های ساحلی به‌واسطه سهولت دسترسی و هزینه پایین بهره‌برداری، به‌ویژه در نظام‌های خرده‌مالکی، مورد استفاده گسترده قرار گرفته است. افزایش بهره‌برداری بی‌رویه و تشدید افت منابع آب زیرزمینی، بحران‌های فزاینده‌ای مانند فرونشست زمین، تغییر کیفیت آب در آبخوان‌ها، تهاجم آب شور دریا به سمت خشکی در مناطق ساحلی را در پی داشته است (Sarami-Foroushani *et al*., 2024; Bouchet *et al*., 2019). مطالعات متعدد نشان می‌دهد که سیاست‌های حاکم بر مدیریت منابع آب، به‌ویژه در بخش کشاورزی، اغلب با تمرکز صرف بر کاهش تقاضای آب و نادیده‌گرفتن شرایط اجتماعی و معیشتی بهره‌برداران، به‌ویژه کشاورزان خرده‌مالک طراحی شده (Naderi *et al*., 2024; Tohidimoghadam *et al*., 2023) و در نهایت این غفلت، کاهش انگیزه و مشارکت بهره‌برداران و ناکامی بسیاری از برنامه‌های مدیریت منابع آب را موجب شده است (Naderi *et al*., 2024). به نحوی که در نبود حمایت‌های اجتماعی و اقتصادی، اجرای سیاست‌های صرفه‌جویی آب نه‌تنها بهره‌وری در مصرف آب را موجب نشده بلکه امنیت غذایی و معیشت خانوارهای روستایی و ناپایداری اجتماعی را تشدید نموده است (Tohidimoghadam *et al*., 2023). گزارش واحد ارزیابی FAO[1] در سال ۲۰۱۵ تصریح کرده که در بسیاری از کشورها، پای‌بندی به قوانین مرتبط با حفاظت از منابع مشترک مانند منابع آب زیرزمینی بسیار ضعیف بوده و عملاً خارج از کنترل نهادهای دولتی است.

در دهه‌های اخیر، پژوهش‌گران متعددی تأکید کرده‌اند که غفلت از پویایی متقابل در سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیکی (SES_S)[2] منجر به بروز بحران‌های گسترده‌ای در منابع مشترک شده است (Slootweg *et al*., 2011; Ojha, 2023). برخلاف تصور رایج، آبخوان‌ها تنها مخازن هیدروژئولوژیکی نیستند، بلکه بخشی از یک SES پیچیده هستند که در آن تعاملات پیچیده‌ای میان بهره‌برداران، سیستم آب زیرزمینی و زیست‌بوم‌های وابسته به آب برقرار است (Bouchet *et al*., 2022). در چنین سیستم‌هایی، هرگونه تغییر در یکی از مؤلفه‌های انسانی یا اکولوژیکی مانند تغییر در الگوی بهره‌برداری از آب یا نوع الگوی کشت یا تغییرات تدریجی مانند تغییر در تراز آب زیرزمینی یا پیشروی آب شور به سمت آبخوان‌ها، الزاماً با تغییرات متناظر ساده یا خطی همراه نخواهد بود و گاه بازخوردهای جبران‌ناپذیری را به جای می‌گذارد. مدیریت سنتی آب زیرزمینی که بیش‌تر مبتنی بر رویکردهای مهندسی و بخشی‌نگر است، قادر به درک این پیچیدگی نیست و اغلب به شکل‌گیری سیاست‌هایی منجر می‌شود که ناپایداری را تشدید می‌کنند (Development, 2018). در پاسخ به این ضعف، پژوهش‌گران بر بازاندیشی در حکمرانی منابع مشترک با تأکید بر مشارکت محلی، خودسازمان‌دهی و ارتقای سرمایه اجتماعی تأکید کرده‌اند (Madani *et al*., 2020; Acheampong *et al*., 2016; Morçöl, 2014). با وجود این تأکیدات نظری، تحلیل ساختارهای حکمرانی و تنظیم‌گری در مدیریت آبخوان‌های کم‌عمق به‌ویژه در مناطق ساحلی، هنوز محدود مانده است (Tsuyuguchi *et al*., 2020). برای شناخت SES حوضه آبریز و تحلیل حکمرانی منابع مشترک به‌ویژه در حل تعارضات پیچیده در مدیریت یکپارچه منابع آب، چارچوب سیستم اجتماعی–اکولوژیکی (SESF)[3]، به‌عنوان یکی از چارچوب‌های معتبر مطرح است (Binder et al., 2013; Hileman et al., 2016). الینور استروم به‌عنوان پایه‌گذار این چارچوبOstrom (2009)، بر پایه نظریه تحلیل و توسعه نهادی خود نشان داد که در شرایطی که منافع حاصل از حفاظت و مدیریت یک منبع، بیش‌تر از هزینه‌های تخریب آن باشد، احتمال شکل‌گیری نهادهای خودسازمان‌یافته و کنش جمعی افزایش می‌یابد. برخلاف نظریه «تراژدی منابع مشترک» که بر خودمحوری بهره‌برداران تأکید داشت (Hardin, 1968)، نظریه‌های جدیدتر نشان می‌دهند که جوامع محلی در صورت وجود انگیزه و ساختار مناسب، می‌توانند با ایجاد نهادهای خودسازمان‌یافته از منابع خود محافظت کنند (Doneo *et al*., 2024; Bouchet *et al*., 2019). اگرچه SESF در تحلیل‌های پسینی کاربرد زیادی یافته (Cox, 2014; Doneo and Conrad, 2024)،

اما از ظرفیت آن در طراحی مداخلات پیشینی، که ارزیابی می‌کند آیا امکان واگذاری اختیارات مدیریت منابع به جوامع محلی وجود دارد یا نه، کم‌تر استفاده شده است (Tsuyuguchi *et al*., 2020). یکی از عواملی که کاربرد این چارچوب را محدود نموده، فقدان روشی برای تعیین نحوه تأثیرگذاری و روابط بازخوردی بین متغیرهای آن است. در این پژوهش، برای پرنمودن این شکاف، نظریه پویایی سیستم‌ها به‌عنوان یکی از رویکردهای برجسته برای تحلیل تعاملات پویای SES و طراحی مداخلات و گزینه‌های اقدام در مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار گرفت (Elsawah *et al*., 2017; Herrera de Leon *et al*., 2019; Inam *et al*., 2017).

این پژوهش با هدف استفاده از SESF به شیوه نوآورانه به نحوی انجام شده است که بتواند ۱- اثر سیاست‌ها و گزینه اقدامات فعلی در حوزه مدیریت منابع آب را بر تقویت یا تضعیف مشارکت جمعی بهره‌برداران تحلیل و نقاط ضعف احتمالی را شناسایی نماید و ۲- با شناسایی متغیرهای مؤثر، منجر به طراحی مداخلات تکمیلی گردد که از طریق ارتقای خودسازماندهی بهره‌برداران، پایداری اجتماعی-اکولوژیکی را بهبود ببخشد. برای دست‌یابی به این هدف، پژوهش حاضر با بازتعریف روابط علّی نهفته در مفروضات SESF در تحلیل ظرفیت مشارکت جمعی بازیگران، به بررسی موردی حوضه آبریز قره‌سو واقع در شمال کشور ایران پرداخته است. این منطقه با دارابودن ذی‌نفعان متنوع و تضاد منافع میان بخش‌های آب، کشاورزی و محیط‌زیست، بستری مناسب برای پیاده‌سازی روش‌شناسی پیشنهادی پژوهش فراهم می‌سازد. حوضه آبریز قره‌سو به‌عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی کشور، طی دهه‌های اخیر با افت شدید سطح آب زیرزمینی و کاهش خدمات اکوسیستمی تالاب میانکاله در منتهی‌الیه حوضه آبریز قره‌سو مواجه است که در صورت تشدید می‌تواند تبعات اکولوژیکی و اجتماعی گسترده‌ای در دو سطح منطقه‌ای و ملی داشته‌باشد.

۲. معرفی چارچوب سیستم اجتماعی-اکولوژیکی

SESF با ارائه چک‌لیستی ساختاریافته برای تعریف مؤلفه‌ها و متغیرهای SES امکان ارزیابی نظام‌مند ساختارهای حکمرانی و ارزیابی خودسازماندهی بازیگران در حفاظت از منابع مشترک را فراهم می‌کند (Binder *et al*., 2013). نسخه اصلاح‌شده این چارچوب در سال ۲۰۱۳ با تمرکز بر متغیرهای اصلی تشکیل‌دهنده ارتباط انسان و طبیعت، SES را با چهار مؤلفه اصلی تعریف می‌کند؛ سیستم‌های منبع، واحدهای منبع، سیستم‌های چندلایه حکمرانی و بازیگران. شکل (۱) نشان‌دهنده تصویر مفهومی اجزای SESF در نحوه ارتباط با هم و با عوامل محیطی و تعاملات درونی است.

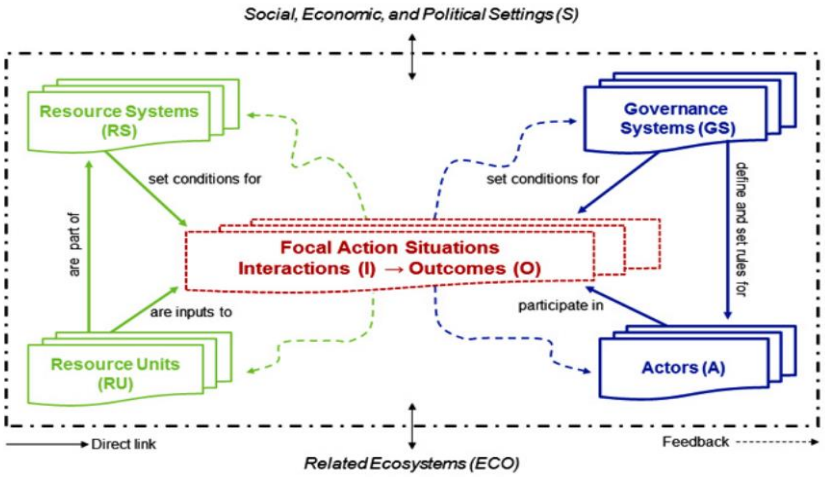

Figure 1. Revised framework for social-ecological systems (McGinnis *et al*., 2014)

در چارچوب استروم واحد منبع، آن چیزی است که بازیگر آن را از سیستم استخراج می‌نماید (Rova *et al*., 2017). مانند آب، محصولات کشاورزی یا تنوعی از آبزیان در سیستم‌های دریایی. این مؤلفه‌ها، در ارتباط با عوامل خارجی مانند شرایط اجتماعی، اقتصادی و سیاسی و محیط بیرونی مرتبط، چارچوب کلی سیستم را شکل می‌دهند (Hileman et al., 2016; Morçöl, 2014; Ojha, 2023). در چارچوب استروم تعاملات، بازتاب رفتارهای متقابل میان بازیگران، سیستم‌های منبع و واحدهای منبع هستند و مشخص می‌کنند در نهایت چگونه منابع در یک سیستم مصرف، مدیریت یا حفاظت می‌شود. در این میان، موقعیت‌های اقدام، صحنه‌هایی هستند که تحلیل‌گر بر آن‌ها تمرکز می‌کند تا رفتار کنش‌گران، شکل‌گیری قواعد و پیامدهای حاصل را بهتر بشناسد (Sarami-Foroushani *et al*., 2024). در واقع، هر اقدام کانونی یک بستر اصلی برای رخداد تعاملات است، مانند برداشت منابع یا خودسازماندهی بازیگران برای وضع قواعد جمعی.

استروم به‌طور استقرایی متغیرهایی را شناسایی کرده‌است که پتانسیل مشارکت بازیگران را برای حفظ منبع مشترک تحت تأثیر قرار می‌دهند و تأثیر نامتناسب و بالایی بر توان اقدام جمعی دارند (McGinnis Doneo and Conrad, 2024; and Ostrom, 2014; Ostrom, 2009). تعداد ۱۰ متغیر ارائه‌شده توسط او و همکارانش نتیجه تحلیل عمیق و مقایسه‌ای در بیش از ۲۰۰ مطالعه موردی میدانی در نقاط مختلف جهان درباره منابع مشترک نظیر جنگل‌ها، شیلات، مراتع، و منابع آب زیرزمینی هستند که به‌طور تجربی آزموده شده‌اند (Morçöl, 2014). این متغیرها برای پاسخگویی به این سؤال تعریف شدند که آیا بازیگران وارد فرایند خودسازماندهی می‌شوند یا خیر. تعداد ۱۰ متغیر معرفی‌شده شامل اندازه منبع، بهره‌وری سیستم، قابلیت پیش‌بینی پویایی رفتار سیستم، تعداد بازیگران، وجود رهبران و ریش سفیدان، میزان اعتماد بازیگران به یکدیگر، سطح دانش بازیگران، اهمیت منبع برای بازیگر، قوانین منتخب جمعی و تغییرپذیری منبع هستند. مشخصات این متغیرها و نحوه تأثیر آن ها بر خودسازماندهی بازیگران در جدول (۱) ارائه شده است.

Table 1. Impact of key sub-variables on actors' self-organization, Doneo and Conrad (2024)

Variable	Mechanisms influencing collective action/ actors' self-organization
Size of resource system RS3	In very large common-pool resources, the potential of self-organizing for collective action to preserve the resource is low due to high costs associated with identifying system boundaries and monitoring. Similarly, in small resources, the potential of self-organization is low because of limited flow and the lack of cost-effectiveness for any investment. Therefore, in medium-sized resources, the probability of actors' self-organizing is higher.
Productivity of system RS5	If, in a system, low productivity is not perceived by the actors, the potential of their self-organizing to preserve the common resources will be low.
Predictability of system dynamics RS7	If actors can understand the effects of their actions or environmental factors on the system, the potential of their self-organizing will increase.
Resource unit mobility RU1	If the resource exhibits consistent and predictable behavior over time, the potential of self-organizing to preserve the resource will be higher, as monitoring and utilization costs will be reduced.
Number of relevant actors A1	In general, as the number of actors increases, the costs of collective action for reaching an agreement will be higher, and the potential of self-organization will decrease. However, there is contradictory evidence regarding the relationship between the number of actors and their potential of self-organization, which appears to be heavily influenced by other variables.
Leadership/entrepreneurship A5	The presence of experienced individuals can increase the potential of collective action and self-organization among actors in the use of a common resource.
Norms (trust-reciprocity)/social capital A6	The greater the trust between communities and governance, the higher the social capital for responding to shocks and the greater the potential of self-organization.
Knowledge of SES/mental models A7	The greater the actors' knowledge of the system's behavior, the higher the potential that they will employ a participatory management strategy through self-organization.
Importance of resource (dependence) A8	If users do not rely on the system for a significant portion of their livelihood or do not place high value on the sustainability of the resource, the costs of maintaining a common resource may outweigh the benefits of having it. In this case, the potential of self-organization will be low.
Collective-choice rule GS6	The costs of collective action decrease when users are given sufficient independence to create and implement their own rules. Top-down enforcement of rules and the lack of collectively chosen regulations hinder the capacity of local actors to manage effectively on their own, thereby reducing the potential of self-organization.

پژوهش‌گران برای تعیین متغیرهای خودسازماندهی از روش هایی چون مشاوره با خبرگان، روش کیو و داده‌های ثانویه استفاده نموده‌اند (Doneo and Conrad, 2024; Sarami-Foroushani *et al*., 2024). در عین‌حال، ذهنی‌بودن داده‌های خبرگان، نیاز به طراحی دقیق و تحلیل آماری در روش کیو و محدودیت تطابق داده‌های ثانویه با شرایط بومی از جمله چالش‌های اصلی این روش‌ها محسوب می‌شود. بنابراین، پژوهش‌گران عموماً ترکیبی از این روش‌ها را برای غلبه بر محدودیت‌های آن موردتوجه قرار داده‌اند (Doneo and Conrad, 2024).

۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع کیفی–تحلیلی و از نظر هدف در گروه مطالعات پژوهشی–کاربردی است و چارچوب نظری آن مبتنی بر نظریه سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیکی و مفروضات استروم در خودسازماندهی جوامع در استفاده از منابع مشترک است. به‌منظور شناسایی مداخلاتی که بتواند زمینه‌ساز تقویت حکمرانی مشارکتی در مدیریت منابع آب زیرزمینی در منطقه قره‌سو باشد، از رویکردی تحلیلی استفاده شد که به‌جای تمرکز بر اندازه‌گیری مستقیم متغیر خودسازماندهی و مؤلفه‌های آن، بر سنجش متغیرهای واسط و قابل مشاهده در بستر اجتماعی–اکولوژیکی منطقه موردبررسی تکیه دارد.

برای گردآوری داده‌ها از گزارشات و مستندات رسمی وزارت نیرو شامل گزارش‌های بیلان منابع آب (۱۳۹۰، ۱۳۹۵، ۱۴۰۰)، طرح جامع ملی آب (۱۳۹۰) و برنامه سازگاری با کم‌آبی استان گلستان (۱۴۰۰)، سالنامه‌های آماری و گزارش‌های تحلیلی وزارت جهاد کشاورزی در منطقه قره‌سو و گزارش اداره کل حفاظت محیط زیست استان‌های مازندران و گلستان در تعیین نیاز آبی محیط‌زیستی تالاب میانکاله، استفاده شده است. دوره زمانی موردبررسی در حوضه آبریز قره‌سو، ۱۸ سال منتهی به سال ۱۳۹۸ می‌باشد.

در راستای بومی‌سازی متغیرهای چک‌لیست استروم و اعتبارسنجی روابط علّی، از ۱۲ مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و سه جلسه تخصصی با خبرگان ملی، منطقه‌ای و محلی استفاده شد. این خبرگان با روش نمونه‌گیری هدف‌مند، توسط شرکت مدیریت منابع آب ایران معرفی شدند و در سه مرحله کلیدی مشارکت داشتند؛ ۱- بازتعریف متغیرهای SESF براساس شرایط حوضه قره‌سو، ۲- اصلاح و تأیید روابط علّی و ۳- بررسی مداخلات جدید ارایه شده. مصاحبه‌شوندگان شامل مدیران و کارشناسان آب،کشاورزی، محیط زیست و نمایندگان کشاورزان بودند که مشخصات آنان در جدول (۲) ارائه شده است. ضمناً سابقه ۱۵ ساله یکی از اعضای تیم پژوهش در مدیریت منطقه موردبررسی نیز به فهم عمیق‌تر بستر اجتماعی و تعامل با خبرگان کمک شایانی نمود.

Table 2. Purposive sampling of consulted parties selected by method

Field of expertise	Region of activity	Academic degree	Years of experience	Role in the study
Water resource management	National	PhD	20	Refinement of Causal Loops
	National	MSc	28	Redefinition of the variables in the Ostrom's checklist, Refinement of causal loops
	Regional	MSc	25	
Agriculture and irrigation	Regional	MSc	17	
Environmental science	National	MSc	18	Refinement of causal loops
	Regional	PhD	20	Refinement of causal loops
Representative farmers	Local	High school diploma	10	Redefinition of the variables in the Ostrom's checklist
			14	
Water policy and governance	Regional	MSc	15	Elimination of inappropriate policy options and introduction of new interventions
Agricultural policy and governance	Regional	MSc	15	

۳. ۱. منطقه موردبررسی

حوضه آبریز قره‌سو با وسعتی معادل ۱۷۸۳۴ هکتار در استان گلستان در شمال ایران واقع شده و از اراضی هموار کشاورزی در بالادست حوضه تا تالاب میانکاله و در نهایت دریای خزر در پایین‌دست امتداد می‌یابد (شکل ۲). این منطقه به‌عنوان یکی از قطب‌های تولید گندم و برنج کشور بر نظام خرده‌مالکی و کشاورزی سنتی استوار است و نقش مهمی در امنیت غذایی و توسعه کشاورزی ایران ایفا می‌کند. به‌طوری‌که استان گلستان رتبه سوم کشور در تولید گندم و رتبه چهارم در تولید برنج را داراست (Mazraeh *et al.*, 2022). بیش‌تر اراضی کشاورزی سنتی این منطقه در دو شهرستان گرگان و کردکوی متمرکز شده‌اند.

آب موردنیاز کشاورزی این منطقه به‌صورت ترکیبی از منابع آب سطحی و زیرزمینی تأمین می‌شود. منابع آب زیرزمینی، بیش‌تر متکی بر آبخوان کم‌عمق آبرفتی قره‌سو است. بنابراین تمرکز این پژوهش نیز بر ارزیابی شرایط آبخوان کم‌عمق قره‌سو با وسعت تقریبی ۲۶۰۰ کیلومترمربع است که بخش عمده آن در حوضه آبریز قره‌سو قراردارد. طبق گزارش‌های ارزیابی منابع و مصارف آب وزارت نیرو تا سال ۱۴۰۰، برداشت سالانه آب زیرزمینی از این آبخوان آزاد بیش از ۵۰۰ میلیون مترمکعب است که بیش‌تر آن به مصارف آبیاری اختصاص دارد. تراکم بالای چاه‌های کم‌عمق در نوار ساحلی (نقاط قرمز در شکل ۲) گویای شدت بهره‌برداری و فشار بر آبخوان ساحلی است. طی گزارش‌های منتج از آماربرداری سراسری دور سوم منابع آب توسط وزارت نیرو در این منطقه، گسترش سطح زیرکشت گندم و برنج منجر به کاهش تراز سطح آب زیرزمینی و بروز شواهدی ناشی از افت کیفیت آب در برخی از چاه‌های ساحلی شده است. این آبخوان از طریق فرایندهای مختلف هیدرولوژیکی نظیر بارش مستقیم، نفوذ رواناب سطحی، برگشت جریان آبیاری و جریان‌های زیرسطحی جانبی تغذیه می‌شود، درحالی‌که برداشت‌های کشاورزی مهم‌ترین عامل تخلیه آن به‌شمار می‌آید (Mazraeh *et al.*, 2022).

هم‌چنین رودخانه قره‌سو با دبی متوسط سالانه ۱/۸۶ مترمکعب بر ثانیه، یکی دیگر از منابع اصلی تأمین آب کشاورزی در منطقه است. این رودخانه به‌عنوان یکی از رودخانه‌های اصلی تخلیه‌شونده به تالاب میانکاله سهم مهمی در تأمین نیاز محیط زیستی این تالاب دارد. طبق مطالعات رسمی سازمان حفاظت محیط زیست، حداقل نیاز آبی تالاب از رودخانه قره‌سو حدود ۴۸ میلیون مترمکعب در سال است. با این‌حال، استفاده فزاینده از پمپ‌های سیار برای برداشت آب رودخانه در فصل‌های خشک، تحقق این سهم را با مشکل مواجه کرده است.

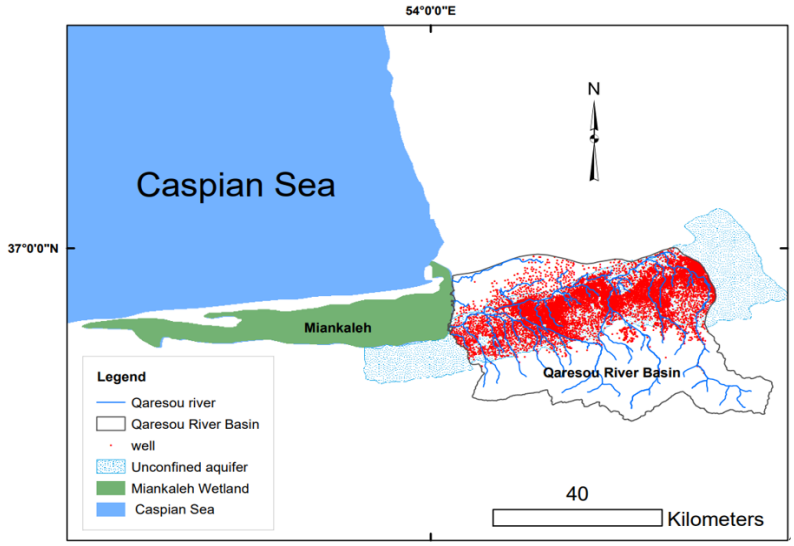

Figure 2. Location of the Qaresou River Basin along the Caspian Sea coast in Golestan province, Iran, and the Miankaleh wetland situated downstream of the Qaresou River

تالاب میانکاله با وسعتی بیش از ۴۵۰۰۰ هکتار، حدود ۵۰ درصد از آب ورودی شیرین خود را از رودخانه قره‌سو دریافت می‌کند (GhorbanzadehZafarani *et al*., 2023). این تالاب نیمه‌محصور از طریق کانال چپقلی به دریای خزر متصل است. اکوسیستم آب لب‌شور این تالاب بر پایه تعادل ظریفی میان ورودی آب رودخانه و نفوذ آب شور شکل گرفته و نقش مهمی در تولید خاویار، دام‌پروری، پرورش ماهی و زیستگاه ۲۴ گونه آبزی ایفا می‌کند. با کاهش جریان رودخانه و افزایش استفاده از پمپ‌های برداشت، سهم جریان‌های برگشتی کشاورزی در تأمین آب تالاب افزایش یافته است. این جریان‌ها حاوی رسوبات و بقایای کودها و سموم کشاورزی (به‌ویژه نیترات و فسفر) هستند که منجر به کاهش کیفیت آب و بروز اختلال در عملکرد اکوسیستم تالاب شده‌اند (GhorbanzadehZafarani *et al*., 2023).

۳. ۲. تعیین متغیرهای کلیدی، اقدامات کلیدی و مرز سیستم

متغیرهای سطح اول و دوم چک لیست استروم براساس ارزیابی نظام‌مند مطالعات پیشین McGinnis and Ostrom (2014) و راهنمای شاخص‌های ارائه‌شده در پژوهش Partelow (2018) استخراج گردید. سپس این متغیرها بر مبنای شناخت حاصل از تحلیل گزارش‌های رسمی منطقه و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با پنج نفر از خبرگان حوزه آب و کشاورزی (خبرگان تعریف‌شده در جدول۲)، برای حوضه قره‌سو بازتعریف گردید. به‌طورکلی SES حوضه آبریز قره‌سو براساس جدول‌های (۳) و (۴)، با ۵۶ متغیر تعریف شد. بازتعریف این متغیرها اگرچه زمان‌بر بود، اما منجر به ایجاد زبان مشترک در شناخت منطقه موردبررسی مابین گروه پژوهش و خبرگان گردید. هر متغیر متناسب با هدف پژوهش و نوع سیستم بازتعریف شد. به‌عنوان نمونه متغیر اجتماعی–اقتصادی (متغیر ۳۸# در جدول ۴) برای سیستم کشاورزی سنتی منطقه براساس راهنمای Partelow (2018)، نسبت مجموع درآمد حاصل از کشت گندم و برنج در هرسال به مجموع متوسط هزینه تولید محصول و هزینه زندگی هر خانوار کشاورز در نظر گرفته شد و براساس آمارنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی تعیین شد. هم‌چنین در راستای هدف پژوهش، تحلیل دو اقدام کانونی؛ ۱- خودسازماندهی بهره‌برداران در حفاظت از منابع آب مشترک و ۲- میزان برداشت از منابع، موردبررسی قرارگرفت. درپیاده سازی SESF، براساس مرور ادبیات، رویکرد پژوهش‌گران در نحوه تعریف مرز سیستم نیز متفاوت است. تعدادی از پژوهش‌گران، مرز حوضه آبریز را به‌عنوان واحد تحلیل فرض نموده‌اند و گروهی هم مرز آبخوان را. در این پژوهش، حوضه آبریز به‌عنوان واحد تحلیل SES، در نظرگرفته شد تا بتوان شرایط تالاب، رودخانه و آبخوان را به‌طور توام بررسی نمود.

۳. ۳. ترسیم نمودار حلقه‌های علّی

ترسیم نمودار حلقه‌های علّی با استفاده از نرم‌افزار Vensim PLE (نسخه ۵.۳.۷) و با پیروی از مراحل معرفی‌شده توسط Elsawah *et al*. (2017) انجام گرفت. این مراحل به‌ترتیب شامل ۱- تهیه مدل مفهومی برای شناسایی متغیرهای کلیدی و سیاست‌های حاکم بر رفتار سیستم، ۲- تعیین مرز سیستم و هدف مدل‌سازی، ۳- استخراج فرضیات پویایی سیستم، ۴- ترسیم حلقه‌های علّی بر مبنای فرضیات و ۵- ارزیابی اعتبار روابط، می‌باشد.

مراحل اول و دوم در قالب پیاده‌سازی SESF در حوضه‌آبریز قره‌سو به شیوه‌ای سیستماتیک انجام شد. برای پیاده‌سازی مرحله سوم، فرضیات حاکم از دو دسته فرضیه استخراج شدند؛ نخست، فرضیات مربوط به ارتباط بین بیلان منابع آب حوضه قره‌سو و الگوهای مصرف آب کشاورزی و دوم، فرضیات استروم در تحلیل خودسازماندهی بازیگران در مدیریت منابع مشترک. روابط علّی مابین ۱۰ متغیر ارائه‌شده در چک‌لیست استروم و پتانسیل خودسازماندهی بازیگران به این صورت است که شش متغیر تأثیر مستقیم و مثبت بر مشارکت جمعی دارند و در جدول‌های (۳) و (۴) با رنگ سبز مشخص

شده‌اند که عبارتند از پیش‌بینی‌پذیری پویایی سیستم (#۱۷)، سطح آگاهی و دانش کاربران از سیستم اجتماعی–اکولوژیکی حوضه قره‌سو (#۴۳)، قوانین منتخب جمعی در نحوه توزیع و مصرف آب در بین مزارع (#۴۸)، وجود رهبران محلی در میان کشاورزان (#۴۱)، میزان اعتماد کشاورزان به نهادهای رسمی و غیررسمی (#۴۲)، اهمیت منابع و وابستگی به آن (#۴۴). در مقابل، چهار متغیر دیگر دارای اثر معکوس بر خودسازماندهی هستند، به این معنا که با افزایش مقدار آن‌ها، احتمال شکل‌گیری کنش جمعی کاهش می‌یابد. این متغیرها عبارتند از، بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی (#۱۳)، مجموع خانوار کشاورزان فعال در منطقه (#۳۷)، تغییرپذیری منبع (#۲۲)، مساحت آبخوان (#۸). در نهایت بعد از ترسیم روابط، با انجام جلسات مجزا با شش نفر از خبرگان مطابق جدول (۲)، روابط با تحلیل هم‌زمان متغیرها برمبنای رفتار مشاهده‌شده برخی متغیرها و نظرات کارشناسی کنترل شدند.

Table 3. Sub-variables related to resource systems and resource units in the Qaresou River Basin, based on Ostrom's checklist (self-organization second-level variables highlighted in green)

	Sector RS1	1- Agricultural Sub-system	2- Groundwater Sub-system	3- River-Wetland Sub-system
(1) Resource systems (RS)	Clarity of system boundaries RS2	4- Agricultural lands located at the boundary of the Qaresou River Basin	5- The intersection of the aquifer boundary and the Qaresou River Basin	6- Qaresou River Basin - The intersection of the Miankaleh Wetland catchment and the Qaresou River Basin
	Size of resource system RS3	7- Area of the farmland where wheat and rice are the primary crops (hectares) in the Qaresou River Basin	8- Area of the coastal aquifer (hectares) in the Qaresou River Basin	9- Area of the Qaresou River Basin (in hectares)
	Human constructed facilities RS4	10- Traditional irrigation canals branching from the river/ Small water storage ponds locally known as Abbandan	11- Number of wells drilled in the region / Installing smart flowmeters on wells	12- Number of mobile pumps
	Productivity of system RS5	13- Water-use productivity in farming systems		
	Equilibrium properties RS6	14- Achievement of targeted wheat production volume in the region as a strategic crop	15 -No signs of seawater intrusion	16- Maintaining wetland ecosystem services
	Predictability of system dynamics RS7		17- Strong Influence of Rainfall on Groundwater Yield	18-Low predictability of the Qaresou River due to its seasonal nature
	Storage characteristics RS8	19- Limited water storage in Abbandans shared by multiple private farms	20- Rainfall as main recharge source; constant external recharge beyond the Qaresou Basin; positive balance leads to sea outflow	21- A seasonal river without any flow-regulating structures such as dams, with return flow
(2) Resource units (RU) (wheat/ Groundwater/ Surface water)	Resource unit mobility RU1		22- Increased groundwater mobility (quantity and quality) due to over-extraction and declining recharge	
	Growth and replacement rate RU2		24- Trend of groundwater table change(m)	25- Annual volume of water entering into the wetland (MCM)
	Interaction among resource units RU3	26- The relationships are illustrated through the causal loop diagram presented in Figure 4 of the article		
	Economic value RU4	27- Guaranteed purchase price of wheat/ Market purchase price of rice		
	Number of units RU5	28- Annual wheat production (tons)/ Annual rice production (tons) as a second crop	29- Groundwater extraction volume (MCM)/ Permissible groundwater extraction volume from the aquifer(MCM)	30- Volume of surface water extracted from the river(MCM)/ / Annual water volume needed by the wetland from the Qaresou River Basin (MCM)
	Distinctive characteristics RU6	31-Crop pattern change in response to economic conditions	32- Increase in groundwater extraction, or illegal well drilling to compensate for water deficit	33- Increased river water extraction using mobile pumps to compensate for water deficit
	Spatial and temporal distribution RU7	34-Time series of wheat and rice production in the region	35- Time series of extracted groundwater volume (Inside and outside the Qaresou River Basin)	36- Time series of flow volume in Qaresou River

Table 4. Sub-variables related to actors, governance systems, related ecosystems, and focal actions in the Qaresou River Basin, based on Ostrom's checklist (second-level variables relevant to self-organization are highlighted in green)

(3) Actors (A)		(4) Governance systems (GS)	
Number of relevant actors A1	37-Number of farming households	Government organizations GS1	46- Number of government departments (the water sector/ the agricultural sector/ the environmental sector
Socioeconomic attributes A2	38- Annual household income from wheat and rice cultivation/ (Average production cost of wheat and rice+ Average household living expense)* Number of farming households	Network structure GS3	47- Top-down management
History or past experiences A3	39- Migration or occupational shift in the region; salinization of the aquifer; continuity of minimum environmental flow from river to wetland	Collective-choice rules GS6	48- Rules for resource harvesting and distribution
Location A4	40- Wheat production hub in the country		
Leadership/entrepreneurship A5	41- Local individuals who are capable of leading resource management and are respected by their peers	Constitutional choice rules GS7	49- Fair Water Distribution Law, National Water Scarcity Adaptation Plan, Mandatory Cropping Patterns, Subsidies Allocated to Agricultural Inputs, Guaranteed Wheat Purchase, Mandatory Installation of Smart Water Meters on Wells
Norms (trust-reciprocity)/social capital A6	42- Social capital/Levels of social and institutional interactions among users		
Knowledge of SES/mental models A7	43- Awareness of SES dynamics	Monitoring and sanctioning rules GS8	50-the water sector focuses on controlling unauthorized withdrawals and limiting aquifer depletion, the agricultural sector prioritizes maximizing wheat production as a strategic commodity, and the environmental sector aims to maintain the minimum ecological flow necessary for wetland sustainability
Importance of resource (dependence) A8	44- Dependence on natural system to sustain livelihood		
Technologies available A9	45-Limited access to modern agricultural infrastructure in the region		
(5) Related ecosystems (ECO)		(7) Action situations: Interactions (I) → Outcomes (O)	
Climate patterns ECO1	51- Precipitation	Harvesting I1	53- Quantity of resources harvested by users
(6) Social, economic, and political settings (S)		Self-organizing activities I7	54- Collective action activities to govern SES
Social, economic, and political settings (S)	52- Increasing Inflation and global wheat prices	O1	55- Social sustainability
		O2	56-Ecological sustainability

۳. ۴. طبقه‌بندی متغیرها و تحلیل گزینه اقدامات سیاستی

به‌منظور شناسایی مداخلاتی که می‌تواند منجر به تأثیر مثبت بر خودسازماندهی بازیگران شود، ۱۰ متغیر معرفی‌شده توسط استروم که بر مشارکت جمعی کشاورزان مؤثر هستند از منظر نوع روابط بازخوردی که با سایر متغیرها داشتند در سه دسته مفهومی طبقه‌بندی گردیدند؛ ۱- متغیرهای سیاست‌پذیر و قابل مداخله که به‌طور مستقیم متأثر از رویکردهای سیاستی سیستم‌های حکمرانی و عوامل خارجی هستند، ۲- متغیرهای زمینه‌ای که تحت تأثیر متغیرهای کنترل‌گرآرامی هستند که پایداری سیستم اجتماعی و اکولوژیکی را تعیین می‌نمایند و می‌توانند تأثیر چندگانه‌ای بر رفتار علّی سیستم

بگذارند (Bouchet *et al*., 2022) و ۳- متغیرهای مستقلی که بر اثر ویژگی‌های طبیعی سیستم تعریف می‌شوند و توسط سیاست‌گذاران قابل تغییر نیستند؛ مانند اندازه منبع Van steenbergen (2006).

برای تحلیل پتانسیل مشارکت جمعی کشاورزان در شرایط فعلی، «گزینه اقدامات موجود»، از نسخه استانی سند ملی سازگاری با کم‌آبی که با هدف ارتقای تاب‌آوری استان‌ها و حوضه‌های آبریز کشور در برابر کم‌آبی طراحی و ارائه شده است، استخراج شد. سپس با اتکا بر روابط علّی مابین متغیرهای کلیدی، تأثیر هر گزینه اقدام به تفکیک بر متغیرهای متغیرهای زمینه‌ای و سیاست‌پذیر تحلیل شد. با شناسایی عوامل تضعیف‌کننده پتانسیل مشارکت جمعی، مجموعه‌ای از گزینه اقدامات جدید به نحوی تعریف شد که اولاً، با بهبود شرایط متغیرهای کنترل‌گر تأمین‌کننده پایداری اجتماعی و اکولوژیکی و اثری که بر متغیرهای زمینه‌ای می‌گذارد، افزایش پتانسیل مشارکت جمعی بهره‌برداران را نیز موجب شود. ثانیاً، مداخلات مکمل دیگری تعریف شد که با اثرگذاری مستقیم بر متغیرهای سیاست‌پذیر، تقویت ظرفیت خودسازماندهی و مشارکت جمعی بهره‌برداران را موجب گردد. در نهایت، بر پایه شناخت حاصله، سبدی از مجموعه گزینه‌های اقدام ارائه شد و گزینه‌هایی که توسط خبرگان مورد توافق حداکثری نبود حذف گردید.

۴. یافته‌های پژوهش

۴. ۱. شناخت سیستم اجتماعی–اکولوژیکی حوضه آبریز قره‌سو

مطابق نتایج ارایه شده در جدول‌های (۳) و (۴)، زیرسیستم‌های کشاورزی، آبخوان کم عمق ساحلی و رودخانه–تالاب ساحلی میانکاله در منتهی‌الیه حوضه آبریز قره‌سو، سه زیرسیستم کلیدی شکل‌دهنده روابط اجتماعی و اکولوژیکی واقع در مرز حوضه آبریز قره‌سو هستند (متغیرهای ۱ تا ۳). زیرسیستم اول نمادی از سیستم اجتماعی منطقه و دو زیرسیستم دیگر، نمادی از سیستم اکولوژیکی است. پایداری SES حوضه قره‌سو تحت تأثیر سه سیستم حکمرانی با اهداف متفاوت است (#۴۶). هدف بخش مدیریت منابع آب حفظ تراز آبخوان و جلوگیری از نفوذ آب شور دریا به سمت خشکی (#۱۵) از طریق ممنوعیت حفر چاه غیرمجاز (#۵۰)، هدف بخش کشاورزی حفظ تولید گندم به‌عنوان محصول استراتژیک در کشور (#۱۴) از طریق پایش میزان تولید گندم سالانه (#۵۰) و هدف بخش محیط زیست حفظ خدمات اکوسیستمی تالاب (#۱۶) با پایش میزان حجم آب سالانه وارده به آن است (#۵۰). این ضوابط و سیاست‌ها در منطقه، به‌صورت مدیریتی کاملاً یک طرفه و از بالا به پایین پیاده می‌شود (#۴۷). اهم قوانین و ضوابطی که در دو بخش آب و کشاورزی دراین منطقه اجرا می‌شود منشعب از قانون توزیع عادلانه آب، سند سازگاری با کم آبی، ابلاغ الگوهای کشت تکلیفی، نحوه اختصاص یارانه‌ها و سوبسیدها به نهاده‌ها، نحوه قیمت‌گذاری خرید تضمینی گندم می باشد (#۴۹). در SES حوضه قره‌سو، روند رشد تورم (#۵۲) و الگوهای اقلیمی (#۵۱) به‌عنوان عوامل برون‌زا مؤثر بر سیستم اجتماعی–اکولوژیکی حوضه آبریز قره‌سو درنظر گرفته شدند. مهم‌ترین بحران‌هایی که در منطقه گزارش شده است شامل تغییر شغل و مهاجرت از منطقه به‌ویژه در دهه‌های اخیر، وقوع شواهدی از شوری در چاه‌های واقع در مزارع نزدیک به خط ساحلی و روند افزایشی افت در تراز آبخوان و گزارش‌هایی از سوی سازمان حفاظت محیط زیست مبنی بر کم‌شدن مساحت تالاب میانکاله و تغییر اکوسیستم وابسته به آن، می‌باشد (#۳۹).

۴. ۲. حلقه های علّی شکل دهنده دو اقدام کانونی خودسازماندهی و برداشت از منابع

مطابق شکل (۳)، براساس چک لیست متغیرهای تعریف‌شده در جدول‌های (۳) و (۴)، رابطه علّی مابین پارامترهای کلیدی مؤثر بر پایداری SES حوضه قره‌سو ایجاد گردید. در حلقه تعادلی B1، کاهش مشارکت جمعی کشاورزان منجر به افزایش برداشت آب زیرزمینی و تخلیه آبخوان می‌شود. ادامه این روند به‌طور تدریجی با کاهش تراز سطح آب زیرزمینی و افزایش نفوذ آب شور،

ظرفیت تخلیه از آبخوان را محدود خواهد نمود. در مقابل، حلقه تقویتی R1 نشان می‌دهد افت تراز آب زیرزمینی و افزایش تحرک‌پذیری آبخوان ناشی از اضافه‌برداشت، موجب کاهش مشارکت کشاورزان در حفاظت از آبخوان به‌دلیل مشاهده تغییرپذیری رفتار آبخوان و در نتیجه افزایش فشار بیش‌تر بر آبخوان می‌شود. البته براساس رفتار حلقه تعادلی B2، افزایش وابستگی معیشتی کشاورزان به منابع آب زیرزمینی به‌دلیل بهبود درآمد حاصل از افزایش برداشت آب و افزایش تولید محصول جنبه مثبتی است که می‌تواند بر افزایش پتانسیل خودسازماندهی بهره‌برداران در حفاظت از آبخوان کمک نماید.

با توجه به گستردگی اراضی دیم در حوضه آبریز قره‌سو، در صورتی‌که امکان برداشت آب زیرزمینی برای کشاورزان فراهم آید، این ظرفیت به‌طور مستقیم موجب توسعه سطح زیرکشت و گسترش کشت دوم (به‌ویژه برنج‌کاری پس از برداشت گندم) خواهد شد. این روند نه‌تنها بهره‌برداری حداکثری از اراضی را به‌دنبال دارد، بلکه با بهبود وضعیت معیشتی بهره‌برداران، پیامدهای سیستماتیک دیگری از جمله مهاجرت معکوس و افزایش جمعیت کشاورزان فعال را در پی خواهد داشت که در نهایت موجب افزایش رقابت بر سر منابع مشترک و کاهش مشارکت جمعی می‌شود. این فرایند در قالب حلقه تقویتی R2 بازنمایی شده است. بنابراین، پتانسیل خودسازماندهی کشاورزان در حفاظت از آبخوان، هم از شرایط آبخوان و هم از وضعیت معیشتی کشاورزان تأثیر می‌پذیرد.

افزایش تقاضای آب، به‌دلیل تنظیمی‌نبودن رودخانه قره‌سو، منجر به افزایش برداشت مستقیم از رودخانه و مهار سیلاب‌ها در استخرهای کوچک سنتی به نام آب‌بندان گردیده است. این امر کاهش حجم آب ورودی به تالاب از طرف قره‌سو و محدودنمودن سهم تالاب به سیلاب‌های غیرقابل توسط کشاورزان را در پی‌دارد. ازآنجاکه تالاب به صورت مستقیم به دریای خزر متصل است، کاهش ورود آب شیرین منجر به افزایش نفوذ آب شور و تهدید گونه‌های حساس به شوری می‌شود. هم‌چنین با افزایش تقاضا و افزایش تخلیه از آبخوان، زه‌آب کشاورزی تخلیه‌شونده به تالاب نیز افزایش می‌یابد. بنابراین کاهش حجم آب ورودی و افزایش زه‌آب اراضی، می‌تواند تهدید جدی برای پایداری بلندمدت تالاب باشد.

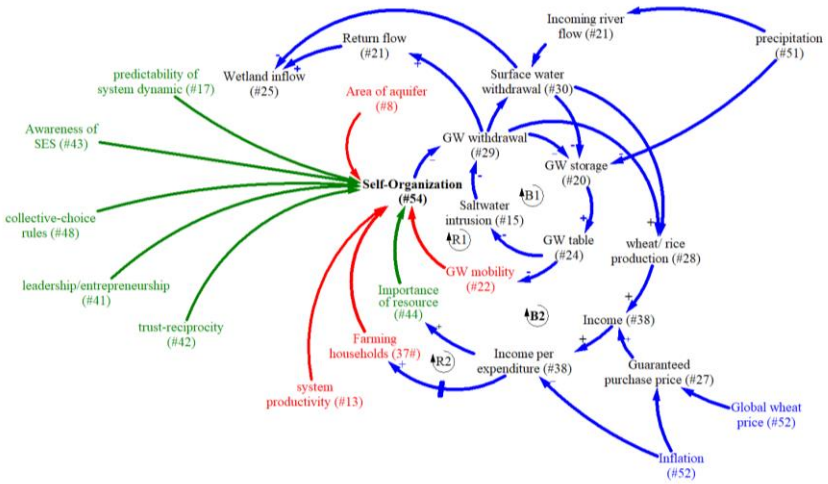

Figure 3. A simplified causal loop diagram of the SES in the Qaresou River Basin, with reference to the identification numbers of each variable from table 3

عوامل برون‌زا نظیر نرخ تورم و قیمت جهانی گندم نیز بر رفتار سیستم و نحوه حکمرانی بر آن تأثیر گذار است. سیاست‌های بخش کشاورزی در تعیین الگوی کشت اجباری و نحوه قیمت‌گذاری تضمینی خرید گندم نیز به‌طور مستقیم بر معیشت کشاورزان اثرگذار بوده است و تصمیم‌گیری آن‌ها را در نحوه مشارکت در حفظ منابع آب مشترک تحت تأثیر

قرار می‌دهد. البته درصورتی‌که این سیاست‌ها با عواملی نظیر نقش‌آفرینی رهبران محلی، افزایش اعتماد کشاورزان به دولت، ارتقای بهره‌وری مصرف آب و تدوین قواعد جمعی در بهره‌برداری از منابع همراه شوند، می‌توانند به تقویت مشارکت جمعی کشاورزان در حفاظت از آبخوان و در نهایت تضمین پایداری منابع آب حوضه آبریز قره‌سو بینجامد. سیاست‌های بخش آب در برخورد با برداشت‌کنندگان غیرمجاز آب، پر و مسلوب‌المنفعه‌نمودن چاه‌های کشاورزی و نحوه تأمین شرایط پایدار برای آبخوان و نظارت بر نحوه استحصال آب از رودخانه به روش سنتی نیز می‌تواند به‌طور مستقیم بر پایداری اکوسیستم تالاب، رودخانه و به‌طور غیر مستقیم بر معیشت کشاورزان تأثیر بگذارد.

۴. ۳. طبقه‌بندی متغیرها

مطابق شکل (۳)، سه متغیر "اهمیت منبع برای کشاورز ۴۴#"، "تغییرپذیری آب زیرزمینی ۲۲#" و "تعداد خانوار کشاورزان ۳۷#" که از طریق دو متغیر کنترل‌گر آهسته، یعنی "تراز آبخوان ۲۴#" و "نسبت درآمد به هزینه کشاورزان ۳۸#" کنترل می‌شوند و به نوعی جهت‌گیری و پایداری سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهند به‌عنوان متغیرهای زمینه‌ای حوضه آبریز قره‌سو شناسایی شدند. بنابراین، پایش مستمر این دو متغیر کنترل گر توسط سیستم های حکمرانی، نه‌تنها از منظر تأثیری که بر پویایی درونی سیستم می‌گذارند بلکه از منظر تأثیری که بر پتانسیل مشارکت جمعی کشاورزان در حوضه آبریز قره‌سو می‌گذارند نیز از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. علاوه بر این، پنج متغیر "سطح دانش بهره‌برداران از SES ۴۳#"، "قوانین منتخب جمعی ۴۸#" در نحوه توزیع و مصرف آب در بین مزارع، "وجود رهبران ۴۱#" محلی در میان کشاورزان، "میزان اعتماد کشاورزان ۴۲#" به نهادهای رسمی و غیر رسمی و "میزان بهره‌وری سیستم ۱۳#"، اگرچه از دل ساختارهای اجتماعی برآمده‌اند، اما به‌طور مستقیم تحت تأثیر سیاست‌ها و اقدامات اتخاذشده در دو حوزه آب و کشاورزی قرار دارند. بنابراین این پنج متغیر در گروه متغیرهای سیاست‌پذیر و قابل مداخله قرارگرفتند. دو متغیر "مساحت آبخوان ۸#" و "قابلیت پیش‌بینی دینامیک سیستم ۱۷#" نیز، به‌دلیل وابسته‌بودن به مشخصات فیزیکی سیستم به نوعی مستقل از سیاست‌ها و اقدامات مدیریتی هستند. بنابراین این دومتغیر نیز در گروه متغیرهای مستقل قرار گرفتند. براساس روابط علّی ارائه‌شده در شکل (۳)، برآیند تجمعی اثر ۱۰ متغیر مؤثر بر مشارکت جمعی کشاورزان در متغیر "میزان تخلیه از آبخوان ۲۹#" و "برداشت از آب سطحی ۳۰#" نمود پیدا می‌نماید.

۴. ۴. تحلیل پویایی سیستم اجتماعی و اکولوژیکی حوضه آبریز قره‌سو

مطابق شکل (a–۴) و (b–۴) تحلیل هم‌زمان روند دو متغیر کلیدی کنترل‌گر "نسبت درآمد به هزینه کشاورزان" و "تعداد خانوار کشاورزان" طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱ (۲۰۰۶–۲۰۱۲)، نشان می‌دهد که سال ۱۳۹۱ (۲۰۱۲) نقطه عطفی در پایداری اجتماعی و اکولوژیکی حوضه محسوب می‌شود. در این سال، نسبت درآمد به هزینه کشاورزان به کم‌ترین مقدار ثبت‌شده در دوره موردبررسی رسید. هم‌زمان، تعداد خانوارهای فعال در بخش کشاورزی با کاهش ۸ درصدی نسبت به سال قبل، روند کاهشی معنی‌داری را تجربه کرده است. پس از این فروپاشی، با اجرای سیاست‌های حمایتی نظیر اصلاح قیمت خرید تضمینی گندم (مطابق شکل ۵)، این روند نزولی در سال ۱۳۹۶ (۲۰۱۷) مهار شد. بر این اساس، در شرایط فعلی که "تعداد خانوار کشاورزان" کاهش یافته و "نسبت درآمد به هزینه کشاورزان" بهبود یافته است، می‌توان گفت، از یک‌سو، کاهش فشار رقابتی میان بهره‌برداران و از سوی دیگر، افزایش اهمیت اقتصادی منابع آب برای کشاورزان، بستر مساعدتری برای شکل‌گیری مشارکت جمعی نسبت به دوره پیش از فروپاشی اجتماعی در سال ۱۳۹۱ (۲۰۱۲) فراهم کرده است. هم‌چنین مطابق شکل (c–۴) و (d–۴) بررسی هم‌زمان روند تخلیه آب از آبخوان و سری زمانی متغیر کلیدی کنترل‌گر "تراز آبخوان" طی سال‌های ۱۳۸۵

الی۱۳۹۱ (۲۰۰۶ الی ۲۰۱۲) نشان می‌دهد، باوجود اعمال سیاست‌های کنترل تخلیه از منابع آب زیرزمینی در راستای اجرای قانون توزیع عادلانه آب و پیاده‌سازی طرح تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی، تراز آبخوان تقریباً روند نزولی داشته است. اما در دوره ناپایداری اجتماعی در منطقه سال‌هایی که کشاورزی در منطقه به شدت غیراقتصادی بوده و مهاجرت و تغییر شغل در منطقه رخ داده است، حد فاصل سال ۱۳۹۱ الی ۱۳۹۶ (۲۰۱۷–۲۰۱۲)، تراز آبخوان به‌طور موقت تثبیت شده و منجر به بهبود شرایط آبخوان گردیده است. بنابراین در این دوره، اقتصادی‌نبودن کشاورزی، اگرچه ناپایداری اجتماعی در بخش کشاورزی را موجب شده اما منجر به بهبود شرایط آبخوان و کاهش افت تراز آن گردیده است. بعد از آن مجددا با افزایش افت و بروز شواهدی از شوری چاه‌ها در منطقه، روند "تغییرپذیری آب زیرزمینی" صعودی و در نتیجه کاهش پتانسیل مشارکت جمعی کشاورزان نسبت به سال ۱۳۹۱ (۲۰۱۲) را می‌تواند موجب گردد.

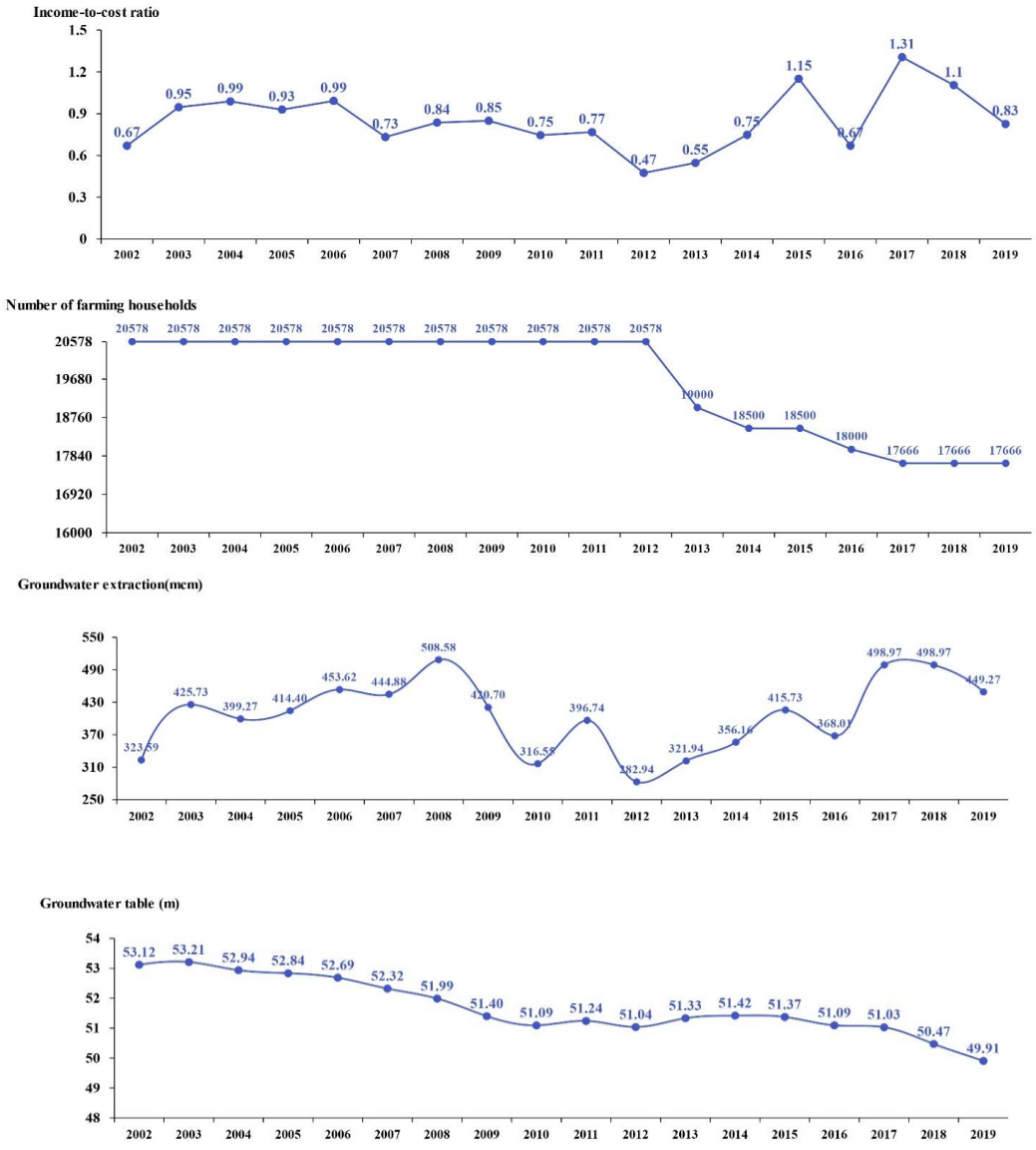

Figure 4. 18-Year time series of four key variables: 4a. Income-to-cost ratio, 4b. Number of farming households, 4c. Groundwater table and 4d. Groundwater extraction volume

علاوه بر این، مطابق شکل (۶)، براساس داده‌های ایستگاه هیدرومتری سیاه‌آب در انتهای رودخانه قره‌سو، تالاب میانکاله پس از سال ۱۳۹۱ (۲۰۱۲) در اغلب سال‌ها (به‌جز دوره‌های سیلابی)، موفق به دریافت حقابه زیست‌محیطی خود از رودخانه قره‌سو نشده است. این در حالی است که طبق مطالعات سازمان حفاظت محیط زیست، حقابه موردنیاز این تالاب به‌طور میانگین ۴۸ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است.

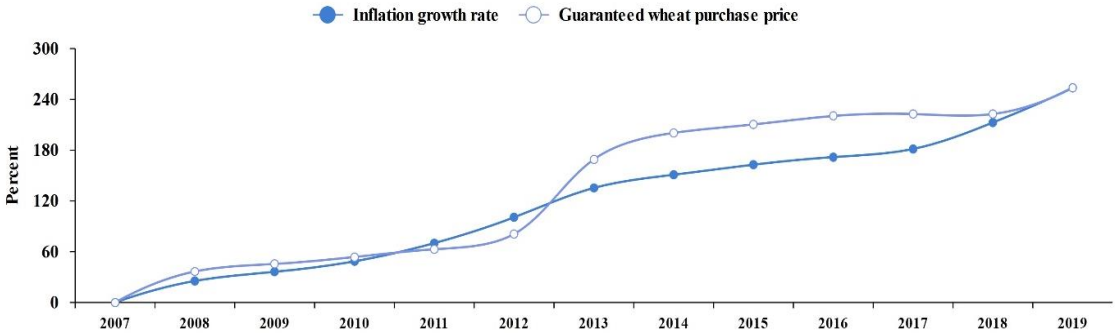

Figure 5. Comparison of the inflation growth rate and the percentage increase in guaranteed purchase prices

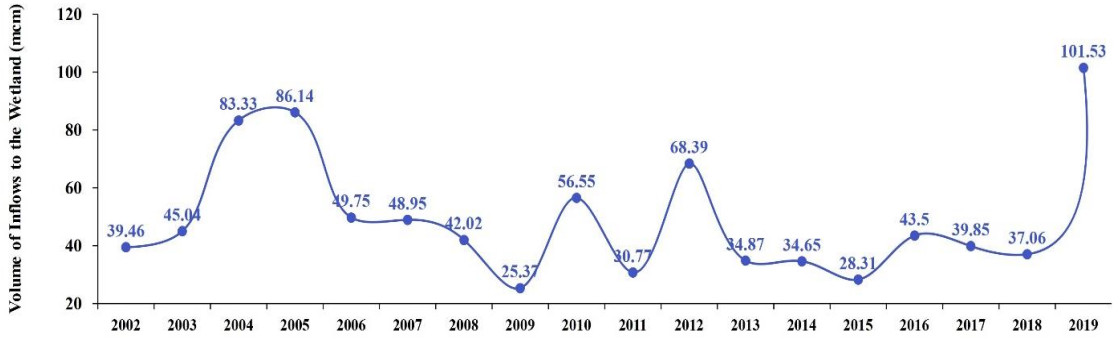

Figure 6. Trend of changes in the volume of water entering the wetland from the Qaresou River

با این‌حال، مطابق با مدل علّی ارائه‌شده، هیچ بازخورد مستقیمی میان وضعیت خدمات اکوسیستمی تالاب و رفتار بهره‌برداران کشاورزی در منطقه مشاهده نشده است. در واقع، روابط بین این دو بخش به‌صورت یک‌سویه باقی مانده و کاهش کارکردهای اکولوژیکی تالاب، تاکنون منجر به تغییر معنی‌دار در رفتار کشاورزان نشده است. این مسئله، نبود هم‌پیوندی نهادی و فقدان آگاهی نسبت به پیامدهای زیست‌محیطی را به‌عنوان یکی از موانع اصلی در شکل‌گیری مشارکت جمعی مؤثر در حفاظت از منابع مشترک برجسته می‌سازد.

تحلیل روند متغیر "تخلیه از آبخوان" به‌عنوان شاخص تجمیعی و نهایی تأثیرگذاری متغیرهای مؤثر بر مشارکت جمعی بهره‌برداران، نشان داد که در فاصله سال‌های ۱۳۸۷ الی ۱۳۹۱ (۲۰۰۸ الی ۲۰۱۲) روند برداشت از آبخوان نزولی بوده است. این کاهش را می‌توان به بهبود نسبی عملکرد سازوکارهای خودسازماندهی و مشارکت جمعی کشاورزان تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل اجتماعی و نهادی نسبت داد. با این‌حال، پس از سال۱۳۹۱ (۲۰۱۲)، روند برداشت از منابع زیرزمینی دوباره افزایش داشته که این تغییر جهت، می‌تواند نشانه‌ای از تضعیف کنش جمعی و کاهش اثربخشی الگوی خودسازماندهی، باوجود بهبود شرایط اقتصادی کشاورزان در مدیریت منابع مشترک باشد. اگرچه به‌دلیل پیچیدگی روابط

علّی و تأثیرگذاری متقابل متغیرها، نمی‌توان سهم هر متغیر را به‌صورت منفرد و قطعی تعیین کرد، اما رفتار کلی سیستم و روند تغییرات نشان می‌دهد که سازوکار مشارکت جمعی در شرایط اخیر نتوانسته به‌طور مؤثر از منابع حفاظت کند و اجرای الگوی خودسازماندهی با چالش مواجه بوده است.

۴. ۵. تحلیل اثر گزینه اقدامات مدیریتی فعلی و ارایه گزینه اقدامات جدید

مطابق سند ملی سازگاری با کم‌آبی، گزینه اقدامات مدیریتی فعلی در راستای سازگاری با کم‌آبی در استان گلستان متمرکز بر ۱۰ اقدام اصلی است که در جدول (۵) ارایه شده‌است. این ۱۰ مداخله، شامل انسداد چاه‌های غیر مجاز، تعیین تکلیف چاه‌های فاقد پروانه، اصلاح و تعدیل پروانه‌های چاه‌های کشاورزی، نصب کنتور هوشمند بر روی چاه‌ها، جلوگیری از اضافه برداشت از چاه‌های مجاز و ... است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر شش متغیر مؤثر در فرایند مشارکت جمعی کشاورزان (سه متغیر سیاست‌پذیر و سه متغیر زمینه‌ای) اثرگذار هستند. به‌عنوان نمونه، اقداماتی مانند انسداد چاه‌های غیرمجاز، گرچه از طریق کاهش تخلیه آبخوان، افزایش حجم ذخیره آبخوان، بهبود تراز آبخوان و کاهش تغییرپذیری آب زیرزمینی، می‌توانند در کوتاه‌مدت ظرفیت مشارکت جمعی کشاورزان در حفاظت از منابع آب را ارتقا دهند، اما به‌طور هم‌زمان ممکن است پیامدهای غیرمنتظره‌ای نیز به‌دنبال داشته باشند. کاهش برداشت از آبخوان می‌تواند منجر به کاهش سطح تولید محصولات کشاورزی، افت نسبت درآمد به هزینه کشاورزان و تضعیف اهمیت معیشتی منابع آب برای بهره‌برداران شود. عواملی که در نهایت ممکن است انگیزه و توان مشارکت جمعی را تضعیف نماید. از سوی دیگر، کاهش نسبت درآمد به هزینه می‌تواند منجر به کاهش تعداد خانوارهای فعال در کشاورزی شود که در برخی شرایط، با کاهش فشار بر منابع و کاهش رقابت بین بهره‌برداران، می‌تواند بهبود نسبی در پتانسیل خودسازماندهی ایجاد کند. این تحلیل نشان می‌دهد که اثرات یک مداخله، به‌ویژه آن‌هایی که با محدودسازی مصرف منابع همراهند، می‌تواند چندوجهی، غیرخطی و زمینه‌محور باشد و نیازمند ارزیابی دقیق اثرات متقابل اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی پیش از اجرا باشد.

به‌طور مشابه، اقداماتی مانند ایجاد و تقویت تشکل‌های مردمی، اگرچه از طریق کاهش هزینه‌های تولید و بهبود نسبت درآمد به هزینه، می‌تواند اهمیت اقتصادی منابع آب برای بهره‌برداران را افزایش داده و به ارتقای ظرفیت مشارکت جمعی در حفاظت از آبخوان کمک کند، اما در عین‌حال ممکن است پیامدهای منفی دیگری نیز به‌دنبال داشته باشد. بهبود شرایط معیشتی ناشی از این مداخلات می‌تواند موجب افزایش تعداد خانوارهای فعال در کشاورزی شود که به‌نوبه خود رقابت بر سر منابع آب مشترک را تشدید می‌کند و احتمال کاهش خودسازماندهی مؤثر را افزایش می‌دهد. این تحلیل نشان می‌دهد که حتی اقدامات هدف‌مند در راستای توانمندسازی اجتماعی نیز ممکن است در صورت عدم توجه به اثرات جانبی و تعاملات نهادی، به نتایجی دوگانه و متناقض در پویایی مشارکت جمعی منجر شوند.

بنابراین، با هدف تقویت تأثیرات مثبت و کاهش یا خنثی‌سازی تأثیرات منفی اقدامات موجود، مجموعه‌ای از اقدامات تکمیلی به نحوی پیشنهاد شد (گزینه‌های ۱۱ تا ۱۸) که با تمرکز بر اثر متغیرهای کنترل‌گر بر زمینه‌ای و هم‌چنین متغیرهای سیاست‌پذیر به‌عنوان نقاط مداخله، منجر به افزایش پتانسیل خودسازماندهی کشاورزان گردد. به‌عنوان نمونه، اقدام شماره ۱۱ بر متناسب‌سازی قیمت خرید تضمینی گندم با نرخ تورم و جبران کاهش تولید ناشی از کاهش مصرف آب تمرکز دارد. هدف از این اقدام، حفظ پایداری درآمد کشاورزان در شرایطی است که به‌منظور حفاظت از آبخوان، میزان برداشت آب کاهش می‌یابد. در نبود چنین مکانیزم حمایتی، کاهش تولید می‌تواند نسبت درآمد به هزینه کشاورزان را کاهش داده و انگیزه مشارکت در برنامه‌های مدیریت پایدار منابع آب را تضعیف کند. از سوی دیگر، با جبران کاهش درآمد از طریق

سیاست‌های قیمتی هوشمند، ضمن حفظ معیشت بهره‌برداران، از فشار برای برداشت بی‌رویه آب جلوگیری شده و شرایط لازم برای تقویت مشارکت جمعی در حفاظت از منابع آبی فراهم می‌شود. این رویکرد، براساس اصول اقتصاد نهادی، به ایجاد پیوند مثبت میان صرفه‌جویی در مصرف آب و ارتقای رفاه اقتصادی کشاورزان کمک می‌کند.

در گزینه اقدام مدیریت آمایش محور جمعیت کشاورزان (ایجاد توازن منطقه‌ای) (اقدام ۱۲)، هدف توجه به نحوه تغییر شاخص «تعداد خانوار کشاورزان» به‌عنوان معیاری کلیدی برای سنجش پایداری اجتماعی منطقه است. سیاست‌های حمایتی در بخش کشاورزی در منطقه نباید به‌گونه‌ای عمل کنند که با تشویق بیش از حد به ماندگاری یا ورود جمعیت جدید، زمینه افزایش رقابت بر سر منابع محدود و در نهایت تضعیف ظرفیت خودسازماندهی کشاورزان موجب شود. در مقابل، تمرکز باید بر حفظ جمعیتی باشد که بتواند با بهره‌وری بالا، نقش مؤثری در تولید پایدار محصولات استراتژیکی مانند گندم ایفا کند، بدون آن‌که فشار اضافی بر اکوسیستم تحمیل گردد. بدین ترتیب، توسعه پایدار کشاورزی در منطقه تضمین شده و هم‌زمان زمینه‌های ارتقاء مشارکت جمعی در حفاظت از منابع آب مشترک میز تقویت خواهد شد.

اصلاح الگوهای کشت (اقدام ۱۳) با ترویج محصولات کم‌مصرف و سودده، با هدف کاهش مصرف آب و افزایش هم‌زمان درآمد ناشی از کشت محصولات جدید، راهبردی مهم و دووجهی برای حفاظت از منابع و پایداری معیشتی به‌شمار می‌آید. در شرایطی که تولید گندم به‌عنوان یک محصول استراتژیک در منطقه قره‌سو اهمیت بالایی دارد و باید همچنان حفظ شود، ترویج علمی و دقیق کشت محصولات جایگزین برنج (کشت دوم رایج در منطقه)، می‌تواند رویکردی کلیدی در کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی باشد.

از سوی دیگر، تقویت مکانیسم‌های پایش مشارکتی با حضور نمایندگان منتخب کشاورزان (اقدام ۱۴) می‌تواند نقش مؤثری در ارتقای سطح شناخت عمومی نسبت به رفتارهای اکوسیستم حوضه، به‌ویژه تراز آب زیرزمینی و وضعیت تالاب میانکاله ایفا کند. این شناخت، نه‌تنها درک بهتری از پیش‌بینی‌پذیری رفتار SES را فراهم آورده بلکه می‌تواند منجر به بهبود قوانین منتخب جمعی، تقویت عملکرد رفتار رهبران محلی و در نهایت افزایش پتانسیل مشارکت جمعی گردد. در سطح نهادی، اصلاح قوانین سنتی و تقویت رهبران محلی نقش کلیدی در نهادینه‌سازی مشارکت ایفا می‌کند. رهبران محلی می‌توانند به‌عنوان پل ارتباطی میان سیاست‌گذاران و جامعه محلی، فرایند تصمیم‌گیری را شفاف‌تر و بومی‌تر سازند.

افزون بر این، تسهیل‌گری دولت در بهره‌مندی کشاورزان از بیمه‌های کشاورزی (برای جبران کاهش تولید)، می‌تواند ریسک فعالیت‌های اقتصادی را کاهش داده و امنیت اقتصادی کشاورزان را تأمین و منجر به افزایش اعتماد میان ذی‌نفعان و ارتقای مشارکت در برنامه‌های حفاظتی گردد (اقدام ۱۵). تقویت شبکه‌سازی میان کشاورزان، نخبگان، سیاست‌گذاران و سرمایه‌گذاران (اقدام ۱۶) به‌همراه توسعه زیرساخت‌ها و به‌کارگیری فناوری‌های نوین کشاورزی (اقدام ۱۷)، بهره‌وری سیستم را بدون تحمیل فشار بیش‌تر بر منابع طبیعی افزایش خواهد داد. با توجه به سطح پایین بهره‌وری فعلی در سامانه‌های زراعی، اتخاذ راه‌کارهایی که منجر به افزایش تولید شود، می‌تواند موجب افزایش انگیزه مشارکت جمعی گردد. ترویج اهمیت تالاب (اقدام ۱۸) به‌عنوان یک مؤلفه کلیدی در شکل گیری میکرو اقلیم منطقه و تأثیر مثبت آن بر کشاورزی منطقه نیز می‌تواند به تقویت این درک مشترک کمک کند.

مجموعه این اقدامات، با ایجاد اعتماد، افزایش دانش عمومی در راهبری جمعی و انتخاب قوانین منتخب جمعی و بهبود بهره‌وری، ظرفیت مشارکت جمعی در مدیریت منابع آب را در منطقه به شکل معنی‌داری افزایش می‌دهد و زمینه را برای تحقق مدیریت مشارکتی و پایداری درازمدت فراهم می‌کند.

Table 5. Current and proposed water management interventions in the Qaresou River Basin: affected variables and their influence on collective action

Ref.	ID	Intervention	Objective	Affected variable/ Type of impact on collective action
National Water Scarcity Adaptation Plan	1	Sealing unauthorized wells	Water use reduction	Groundwater mobility #22/ Increasing Importance of resource #44/ Decreasing Farming household #37/ Increasing
	2	Legalizing unlicensed wells		
	3	Revising and adjusting agricultural well permits		
	4	Installing smart meters on wells		
	5	Preventing over-extraction from wells		
	6	Deploying monitoring and inspection teams		
	7	Promoting water-use efficiency through cultural awareness	Improved water productivity	System productivity #13/ Increasing
	8	Setting Up meteorological and hydrometric stations	Enhanced basin insight	Awareness of SES #43/ Increasing
	9	Implementing participatory water management via water user associations	Strengthened collective-choice rules	Collective-choice rules #48/ Increasing
	10	Forming community-based organizations	Reduced production costs	Importance of resource#44/ Increasing Farming household#37/ Decreasing
Findings of this study	11	Adjusting guaranteed wheat purchase price based on water use reduction and inflation	Maintained social–ecological sustainability	Importance of resource #44/ Increasing or constant Farming households #37/ Increasing or constant
	12	Managing the distribution of the farming population		
	13	Revising cropping patterns and promoting low-water, high-profit models		
	14	Co-monitoring aquifer and wetland inflows with elected farmer representatives	Enhanced insight into water basin behavior	Awareness of SES #43/ Increasing Collective-choice rules #48/ Increasing Local leadership #41/ Increasing
	15	Strengthening agricultural insurance for crop losses due to reduced yields	Increased farmer trust	Trust-reciprocity #42/ Increasing
	17	Developing agricultural infrastructure and promoting modern technologies	Improved water productivity	System productivity #13/ Increasing

۵. بحث

این پژوهش با بهره‌گیری از چارچوب SESF و رویکرد پویایی سیستم، به تحلیل اثر سیاست‌های فعلی سازگاری با کم‌آبی بر ظرفیت خودسازماندهی کشاورزان در حوضه آبریز قره‌سو پرداخت. یافته‌ها نشان داد که پایداری آبخوان، وابسته به بازخوردهای پیچیده مابین عوامل مؤثر بر مشارکت جمعی کشاورزان و وضعیت اکولوژیکی حوضه آبریز قره‌سو است و نیازمند مداخلات متنوعی می‌باشند، که هم‌راستا با نتایج پژوهش Bouchet *et al.* (2022) در بررسی تعاملات انسانی–اکولوژیکی در پایداری آبخوان‌ها می‌باشد.

نتایج این پژوهش در حوضه آبریز قره‌سو بر ضرورت عبور از سیاست‌های یک‌بعدی متمرکز بر کنترل برداشت آب به سمت سیاست‌هایی چندلایه و تلفیقی تأکید دارد. زیرا حتی سیاست‌هایی که به ظاهر در جهت حفاظت از منابع هستند، ممکن است به‌دلیل بی‌توجهی به معیشت بهره‌برداران، مشارکت محلی را تضعیف کرده و موجب تشدید آسیب‌پذیری اجتماعی و در نهایت ناپایداری سیستم اکولوژیکی شود. این یافته‌ها با نتایج پژوهش Madani and Shafiee-Jood (2020) و Gohari *et al.* (2017) مطابقت دارد که تأکید می‌کنند مداخلات صرفاً فیزیکی مانند انتقال آب به مناطق دارای بحران یا اجرای ضوابط سخت‌گیرانه کنترل برداشت آب از آبخوان، بدون تحلیل بازخوردهای اجتماعی، نه‌تنها موجب پایداری نمی‌شود، بلکه می‌تواند پیامدهای معکوس در رفتار بهره‌برداران را موجب شود.

در ادامه، یافته‌ها نشان دادند که سیاست‌های مانند افزایش تأمین منابع آب یا افزایش تعرفه خرید تضمینی محصولات، اگر بدون ملاحظات آمایشی و کنترل جمعیت بهره‌برداران باشد، خود به عامل تشدید رقابت بر سر منابع به‌دلیل رشد جمعیت و مهاجرت معکوس تبدیل خواهد شد. همان‌طور که Naderi *et al.* (2024)، در تحلیل خود از حوضه آبریز رودخانه زاینده‌رود نشان دادند تمرکز بر بهبود معیشت مردم با انتقال آب بیش‌تر بدون توجه به الگوی رشد جمعیت، می‌تواند منجر به افزایش تعداد بهره‌برداران و رقابت فزاینده بر سر منابع و افزایش آسیب‌پذیری SES گردد.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که یکی از چالش‌های اساسی در پایداری تالاب میانکاله در حوضه آبریز قره‌سو، نبود پیوند بازخوردی مؤثر میان رفتار کشاورزان و وضعیت اکولوژیکی تالاب است. عدم آگاهی بهره‌برداران از تأثیر فعالیت‌هایشان بر کیفیت و کمیت تالاب، موجب نهادینه‌نشدن اهداف حفاظت از تالاب مابین کشاورزان منطقه شده است. مطابق با ادبیات موضوع، برقراری پیوند بازخوردی میان فعالیت‌های کشاورزی و وضعیت اکولوژیکی تالاب، از پیش‌شرط‌های حکمرانی پایدار اکولوژیکی تالاب‌ها محسوب می‌شود. درحالی‌که مطابق با پژوهش‌های Ghorbanzadeh Zafarani *et al.* (2023) حکمرانی مؤثر منابع آب در منطقه بدون توجه به نیازهای محیط زیستی تالاب‌ها و بازیابی پیوند عملکردی بین کاربران و اکوسیستم ممکن نیست.

در نهایت، نتایج پژوهش بر اهمیت پایش مشارکتی منابع آب حوضه آبریز توسط بهره‌برداران تأکید دارد. مشارکت در پایش، ضمن ارتقای حس تعلق و مسئولیت‌پذیری، زمینه‌ساز شکل‌گیری قواعد مشارکتی مؤثر و واقع‌بینانه می‌شود. Cox (2014) نیز نشان داد که چنین سازوکاری می‌تواند به‌جای تحمیل مقررات از بالا، رفتارهای جمعی هماهنگ‌تری در حفاظت از منابع طبیعی ایجاد کند. البته برخلاف مطالعاتی که توسعه تشکل‌های محلی را راه‌حل نهایی می‌دانند (Herrera *et al.*, 2022)، نتایج این پژوهش در حوضه آبریز قره‌سو نشان داد که ایجاد تشکل‌ها بدون مداخلات اقتصادی، نهادی و معیشتی مکمل، کافی نیست. نبود نهادهای رسمی، رهبران محلی فعال و فرایندهای شفاف سیاست‌گذاری، ممکن است به تضعیف ظرفیت خودسازماندهی منجر شود. یافته‌ای که با هشدارهای Van steenbergen (2006) درباره محدودیت‌های خودسازماندهی بازیگران در مناطق فاقد زیرساخت‌های اجتماعی همسو است.

۶. نتیجه‌گیری

این پژوهش با بهره‌گیری از چارچوب استروم، به ارزیابی ظرفیت خودسازماندهی کشاورزان در مدیریت منابع آب حوضه آبریز قره‌سو پرداخته است. یافته‌ها نشان داد که فرضیات استروم درباره خودسازماندهی بازیگران، در طول دوره ۱۸ ساله موردبررسی به‌طور مؤثری کاربردی بوده و توانسته است پویایی متغیرهای مؤثر بر مشارکت جمعی بهره‌برداران را به‌خوبی تبیین کند. برخلاف مدل‌های سنتی مبتنی بر بهینه‌سازی در نظریه بازی، این چارچوب تمرکز ویژه‌ای بر تبیین اثرات کنش‌گران بر پایداری بلندمدت سیستم دارد. با این‌حال، پیاده‌سازی عملی آن مستلزم شناسایی دقیق متغیرهای کلیدی، ساختارهای علّی و بازخوردی و تحلیل دقیق زمینه‌های اجتماعی و اکولوژیکی است.

سهم علمی این پژوهش در افزودن یک لایه تحلیل سیستماتیک اجتماعی–اکولوژیکی به مطالعات مدیریت منابع آب است. این پژوهش با تمرکز بر متغیرهای سیاست‌پذیر و ارائه الگویی عملیاتی، شکاف موجود در ارتباط بین نظریه‌های حکمرانی منابع مشترک و طراحی سیاست‌های اجرایی را پر می‌کند. محدودیت‌های پژوهش شامل همگن‌فرض کردن رفتار بهره‌برداران در سراسر حوضه و تمرکز بر منابع آب زیرزمینی بدون تحلیل تعارضات احتمالی در مصرف آب سطحی بوده است. پژوهش‌های آینده می‌تواند با تفکیک کنش‌گران براساس موقعیت جغرافیایی (بالادست/پایین‌دست) و تحلیل تعارضات منابع سطحی و زیرزمینی، تصویری دقیق‌تر از پویایی‌های حکمرانی در این حوضه ارائه دهد. مدل‌سازی کمی حوضه آبریز برمبنای مدل مفهومی ارائه‌شده در این پژوهش نیز می‌تواند به بهینه‌نمودن قیمت خرید تضمینی محصولات متناسب با آب قابل برنامه‌ریزی در هر سال کمک شایانی نماید.

نتایج نشان می‌دهد که گذار از مدیریت سنتی منابع به سوی مدیریت مشارکتی نیازمند سیاست‌هایی است که به جای تأکید صرف بر کنترل برداشت، بر ارتقای ظرفیت‌های جمعی، درک اکولوژیکی و پیوند بازخوردی بین بهره‌برداران و اکوسیستم تمرکز داشته باشند. روش ارائه‌شده می‌تواند مبنایی برای طراحی سیاست‌های بومی و کارآمد در مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی مناطق مشابه باشد.

۷. پی‌نوشت‌ها

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations
2. Social-Ecological systems
3. Social-Ecological System Framework

۸. تشکر و قدردانی

از شرکت مدیریت منابع آب ایران و زحمات کارشناسان و خبرگان طرف مشورت که در پیشبرد اهداف این پژوهش نهایت همکاری را داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۹. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۱۰. منابع

Acheampong, E. N., Swilling, M., & Urama, K. (2016). Developing a framework for supporting the implementation of integrated water resource management (IWRM) with a decoupling strategy. *Water Policy, 18*(6), 1317-1333. doi:10.2166/wp.2016.155

Binder, C. R., Hinkel, J., Bots, P. W. G., & Pahl-Wostl, C. (2013). Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems. *Ecology and Society, 18*(4).

Bouchet, L., Thoms, M. C., & Parsons, M. (2019). Groundwater as a social-ecological system: A framework for managing groundwater in Pacific Small Island Developing States. *Groundwater for Sustainable Development, 8*, 579-589. doi:https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.02.008

Bouchet, L., Thoms, M. C., & Parsons, M. (2022). Using causal loop diagrams to conceptualize groundwater as a social-ecological system. *Frontiers in Environmental Science, 10*, 836206.

Cox, M. (2014). Applying a Social-Ecological System Framework to the Study of the Taos Valley Irrigation System. *Human Ecology, 42*(2), 311-324. doi:10.1007/s107-45-014-9651y

Development, W. a. S. (2018). Special section: The need for the change in the country's water policies. *Water and Sustainable Development, 4*(2), 169-190. doi:10.22067/jwsd.v4i2.72223

Doneo, A., & Conrad, E. (2024). Managing groundwater from the ground up: an ex ante assessment of the potential for collective action.

Elsawah, S., Pierce, S. A., Hamilton, S. H., van Delden, H., Haase, D., Elmahdi, A., & Jakeman, A. J. (2017). An overview of the system dynamics process for integrated modelling of socio-ecological systems: Lessons on good modelling practice from five case studies. *Environmental Modelling & Software, 93*, 127-145. doi:https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.03.001

GhorbanzadehZafarani, G., Karbalaei, S., Al-Attar, W. M., Golshani, R., Tayefeh, F. H., & Ashrafizadeh, A. (2023). Baseline occurrence of organochlorine and organophosphate pesticides in water, sediment, and fish in the Miankaleh wetland, Iran. *Marine Pollution Bulletin, 192*, 115097.

Gohari, A., Mirchi, A., & Madani, K. (2017). System dynamics evaluation of climate change adaptation strategies for water resources management in central Iran. *Water Resources Management, 31*, 1413-1434.

Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons: the population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. *SCIENCE, 162*(3859), 1243-1248.

Herrera de Leon, H. J., & Kopainsky, B. (2019). Do you bend or break? system dynamics in resilience planning for food security. *System Dynamics Review, 35*(4), 287-309. doi:https://doi.org/10.1002/sdr.1643

Herrera, H., Schütz, L., Paas, W., Reidsma, P., & Kopainsky, B. (2022). Understanding resilience of farming systems: Insights from system dynamics modelling for an arable farming system in the Netherlands. *Ecological Modelling, 464*, 109848. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109848

Hileman, J., Hicks, P., & Jones, R. (2016). An alternative framework for analysing and managing conflicts in integrated water resources management (IWRM): linking theory and practice. *International Journal of Water Resources Development, 32*(5), 675-691. doi:10.1080/07900627.2015.1076719

Inam, A., Adamowski, J., Prasher, S., Halbe, J., Malard, J., & Albano, R. (2017). Coupling of a distributed stakeholder-built system dynamics socio-economic model with SAHYSMOD for sustainable soil salinity management– Part 1: Model development. *Journal of Hydrology, 551*, 596-618. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.03.039

Madani, K., & Shafiee-Jood, M. (2020). Socio-hydrology: a new understanding to unite or a new science to divide. *water, 12*(7), 1941.

Mazraeh, F., Amirnejad, H., & Nikooie, A. (2022). Application of integrated hydro-economic optimization model for water resources management of qarehsou river basin to wetland protection and food security. *Journal of Agricultural Economics and Development, 36*(1), 17-35.

McGinnis, M. D., & Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society, 19*(2).

Morçöl, G. (2014). Self-organization in collective action: Elinor Ostrom's contributions and complexity theory. *Complexity, Governance & Networks, 1*(2), 9-22.

Naderi, L., Karamidehkordi, E., Badsar, M., & Moghadas, M. (2024). Impact of climate change on water crisis and conflicts: Farmers' perceptions at the ZayandehRud Basin in Iran. *Journal of Hydrology: Regional Studies, 54*, 101878.

Ojha, S. (2023). Study of Social-Ecological Systems and Climate-Related Disasters in the Indian Sundarbans. *Applied Science and Biotechnology Journal for Advanced Research, 2*(1), 8-13.

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *SCIENCE, 325*(5939), 419-422. doi:doi:10.1126/science.1172133

Partelow, S. (2018). A review of the social-ecological systems framework. *Ecology and Society, 23*(4).

Rova, S., & Pranovi, F. (2017). Analysis and management of multiple ecosystem services within a social-ecological context. *Ecological Indicators, 72*, 436-443.

Sarami-Foroushani, T., Balali, H., Movahedi, R., & Partelow, S. (2024). Indicator assessment of groundwater resource sustainability: Using the framework of socio-ecological systems in Hamedan-Bahar Plain, Iran. *Journal of Hydrology: Regional Studies, 54*, 101889.

Slootweg, R., & Jones, M. (2011). Resilience thinking improves SEA: a discussion paper. *Impact Assessment and Project Appraisal, 29*(4), 263-276. doi:10.3152/146155111X12959673795886

Tohidimoghadam, A., PourSaeed, A., Bijani, M., & Samani, R. E. (2023). Towards farmers' livelihood resilience to climate change in Iran: A systematic review. *Environmental and Sustainability Indicators, 19*, 100266.

Tsuyuguchi, B. B., Morgan, E. A., Rêgo, J. C., & Oliveira Galvão, C. d. (2020). Governance of alluvial aquifers and community participation: a social-ecological systems analysis of the Brazilian semi-arid region. *Hydrogeology Journal, 28*(5), 1539-1552.

Van steenbergen, F. (2006). Promoting local management in groundwater. *Hydrogeology Journal, 14*(3), 380-391. doi:10.1007/s10040-005-0015-y