

حکمرانی موثر منابع آب با تقویت مشارکت جمعی (منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز قره‌سو)

چکیده

با توجه به روند فزاینده و غیرقابل کنترل برداشت از منابع آب زیرزمینی، بازاندیشی در طراحی گزینه اقدامات مورد نیاز 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 موثر بر ظرفیت مشارکت جمعی کشاورزان در حوضه آبریز قره‌سو پرداخته است. براین اساس، روابط علی میان گزینه‌های اجرایی سند سازگاری با کم‌آبی با متغیرهای کلیدی مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که در دوره ۱۸ ساله مورد بررسی، 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.

کلمات کلیدی: آبخوان ساحلی، چارچوب سیستم اجتماعی-اکولوژیکی، مدیریت منابع آب و نمودارهای حلقه علی.

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 به واسطه 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 نادیده گرفتن شرایط اجتماعی و معیشتی بهره‌برداران، به‌ویژه کشاورزان خرده‌مالک طراحی شده (Naderi et al. (2024)، Tohidimoghdam 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 نه تنها بهره‌وری در مصرف آب را موجب نشده بلکه امنیت غذایی و معیشت خانوارهای روستایی و ناپایداری اجتماعی را تشدید نموده است (Tohidimoghdam et al. (2023). گزارش واحد ارزیابی FAO^۱ 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 (SESs)^۲ منجر به بروز بحران‌های گسترده‌ای در منابع مشترک شده است (Slootweg et al. (2011)، Ojha (2023). برخلاف تصور رایج، آبخوان‌ها صرفاً 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 مولفه‌های 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 عمدتاً 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 ارتقاء 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 خصوصاً در حل تعارضات پیچیده در مدیریت یکپارچه منابع آب، چارچوب سیستم اجتماعی-اکولوژیکی^۳ (SESF)، به‌عنوان یکی از چارچوب‌های معتبر مطرح است (Binder et al. (2013)، Hileman et al. (2016). الینور استروم به عنوان پایه‌گذار این چارچوب (Ostrom (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 پر نمودن این شکاف، نظریه پویایی سیستم‌ها به عنوان 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. ۲- با شناسایی متغیرهای موثر، منجر به طراحی مداخلات تکمیلی گردد که از طریق ارتقا خودسازماندهی بهره‌برداران، پایداری اجتماعی-اکولوژیکی را بهبود ببخشد. برای دستیابی به این هدف، پژوهش حاضر با بازتعریف روابط علی نهفته در مفروضات SESF در تحلیل ظرفیت مشارکت جمعی بازیگران، به بررسی موردی حوزه آبریز قره‌سو واقع در شمال کشور ایران پرداخته است. این منطقه با دارا بودن ذی‌نفعان متنوع و تضاد منافع میان بخش‌های آب، کشاورزی و محیط‌زیست، بستری مناسب برای پیاده سازی روش‌شناسی پیشنهادی پژوهش فراهم می‌سازد. حوزه آبریز قره سو به عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی کشور، طی دهه‌های اخیر با افت شدید سطح آب زیرزمینی و کاهش خدمات اکوسیستمی تالاب میانکاله در منتهی الیه حوزه آبریز قره سو مواجه است که در صورت تشدید می‌تواند تبعات اکولوژیکی و اجتماعی گسترده‌ای در دو سطح منطقه‌ای و ملی داشته باشد.

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 اصلاح شده 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.

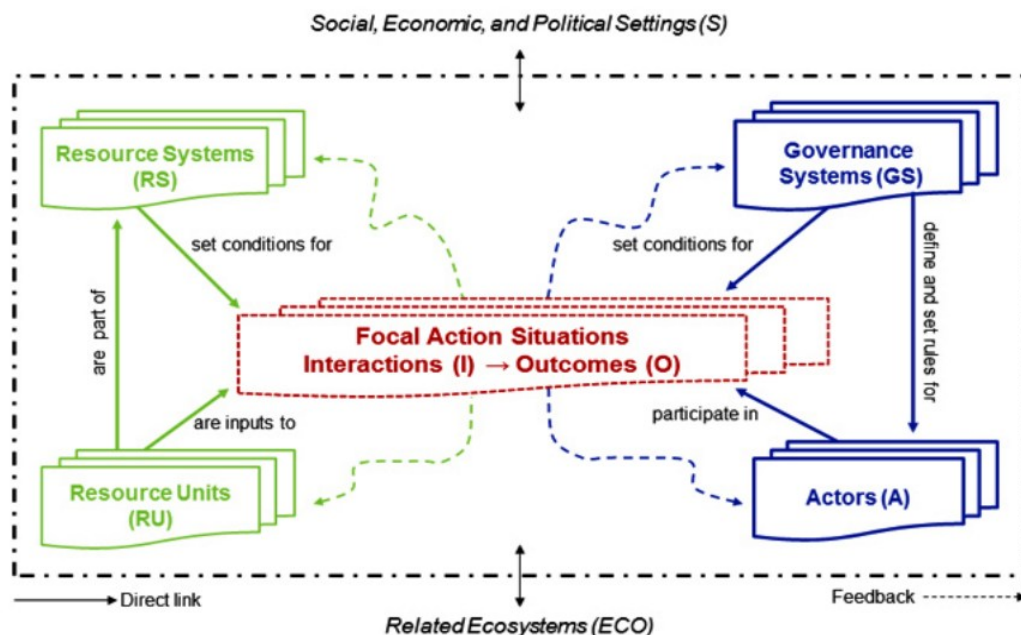


Figure 1. Revised framework for social-ecological systems, McGinnis et al. (2014)

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 به طور 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 (Doneo and Conrad (2024، Ostrom، McGinnis and Ostrom (2014). ۱۰ متغیر ارایه شده 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 به طور تجربی آزموده شده‌اند (Morçöl (2014. این متغیرها برای پاسخگویی به این سوال تعریف شدند که آیا بازیگران وارد فرآیند خودسازماندهی می‌شوند یا خیر. ۱۰ متغیر معرفی شده 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 آن‌ها بر خودسازماندهی بازیگران در جدول ۱ ارایه شده‌است.

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.

محققین برای تعیین متغیرهای خودسازماندهی از روش‌هایی چون مشاوره با خبرگان، روش کیو و داده‌های ثانویه استفاده نموده‌اند (Sarami-Foroushani et al. (2024، Doneo and Conrad (2024. در عین حال، ذهنی بودن داده‌های خبرگان، نیاز به طراحی دقیق و تحلیل

آماري در روش کيو و محدوديت تطابق داده‌هاي ثانويه با شرايط بومي از جمله چالش‌هاي اصلي اين روش‌ها محسوب مي‌شود. بنابر اين محققان عموماً ترکيبي از اين روش‌ها را براي غلبه بر محدوديت‌هاي آن مورد توجه قرار داده‌اند (Doneo and Conrad (2024).

۳. مواد و روش‌ها

اين پژوهش از نوع کيفي-تحليلي و از نظر هدف در گروه مطالعات پژوهشي-کاربردي است و چارچوب نظري آن مبتني بر نظريه سيستم‌هاي اجتماعي-اکولوژيکي و مفروضات استروم در خودسازماندهي جوامع در استفاده از منابع مشترک است. به‌منظور شناسايي مداخلاتي که بتواند زمينه‌ساز تقويت حکمراني مشارکتي در مدیریت منابع آب زیرزميني در منطقه قره‌سو باشد، از رويکردي تحليلي استفاده شد که به‌جاي تمرکز بر اندازه‌گيري مستقيم متغير خودسازماندهي و مؤلفه‌هاي آن، بر سنجش متغيرهاي واسطه و قابل مشاهده در بستر اجتماعي-اکولوژيکي منطقه مورد بررسي تکیه دارد.

براي گردآوری داده‌ها از گزارشات و مستندات رسمي وزارت نيرو شامل گزارش‌هاي بيلان منابع آب (۱۳۹۰، ۱۳۹۵، ۱۴۰۰)، طرح جامع ملي آب (۱۳۹۰) و برنامه سازگاري با کم‌آبي استان گلستان (۱۴۰۰)، سالنامه‌هاي آماري و گزارش‌هاي تحليلي وزارت جهاد کشاورزي در منطقه قره‌سو و گزارش اداره کل حفاظت محيط زيست استان‌هاي مازندران و گلستان در تعيين نياز آبي محيط‌زيستي تالاب میانکاله، استفاده شده‌است. دوره زماني مورد بررسي در حوضه آبريز قره سو، ۱۸ سال منتهي به سال ۱۳۹۸ مي‌باشد.

در راستاي بومي‌سازي متغيرهاي چک‌ليست استروم و اعتبارسنجي روابط علي، از ۱۰ مصاحبه نيمه‌ساختاريافته و ۳ جلسه تخصصي با خبرگان ملي، منطقه‌اي و محلي استفاده شد. اين خبرگان با روش نمونه‌گيري هدفمند، توسط شرکت مدیریت منابع آب ايران معرفي شدند و در سه مرحله کليدي مشارکت داشتند: ۱) بازتعريف متغيرهاي SESF براساس شرايط حوضه قره‌سو، ۲) اصلاح و تأييد روابط علي، و ۳) بررسي مداخلات جديد ارايه شده. مصاحبه‌شوندگان شامل مديران و کارشناسان آب، کشاورزي، محيط زيست و نمايندگان کشاورزان بودند که مشخصات آنان در جدول ۲ ارائه شده است. ضمناً سابقه ۱۵ ساله يکي از اعضاي تيم پژوهش در مدیریت منطقه مورد بررسي نيز به فهم عميق‌تر بستر اجتماعي و تعامل با خبرگان کمک شاياني 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	

۱.۳. منطقه مورد بررسي

حوضه آبريز قره‌سو با وسعتي معادل ۱۷۸۳۴ هکتار در استان گلستان در شمال ايران واقع شده و از اراضي هموار کشاورزي در بالادست حوضه تا تالاب میانکاله و در نهايت دريای خزر در پايين‌دست امتداد مي‌يابد (شکل ۲). اين منطقه به‌عنوان يکي از قطب‌هاي توليد گندم و برنج کشور بر نظام خرده مالکي و کشاورزي سنتي استوار است و نقش مهمي در امنيت غذايي و توسعه کشاورزي ايران ايفا مي‌کند. به‌طوري

که استان گلستان رتبه سوم کشور در تولید گندم و رتبه چهارم در تولید برنج را داراست (Mazraeh et al. (2022). بیشتر اراضی کشاورزی سستی این منطقه در دو شهرستان گرگان و کردکوی متمرکز شده‌اند.

آب مورد نیاز کشاورزی این منطقه به صورت ترکیبی از منابع آب سطحی و زیرزمینی تأمین می‌شود. منابع آب زیرزمینی عمدتاً متکی بر آبخوان کم‌عمق آبرفتی قره‌سو است. بنابراین تمرکز این پژوهش نیز بر ارزیابی شرایط آبخوان کم‌عمق قره‌سو با وسعت تقریبی ۲۶۰۰ کیلومتر مربع است که بخش عمده آن در حوضه آبریز قره‌سو قرار دارد. 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 شده‌است. این آبخوان از طریق فرآیندهای مختلف هیدرولوژیکی نظیر بارش مستقیم، نفوذ رواناب سطحی، برگشت جریان آبیاری و جریان‌های زیرسطحی جانبی تغذیه می‌شود، در حالی که برداشت‌های کشاورزی مهم‌ترین عامل تخلیه آن به شمار 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 به عنوان یکی از رودخانه‌های اصلی تخلیه شونده 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 این حال، استفاده فزاینده از پمپ‌های سیار برای برداشت آب رودخانه در فصل‌های خشک، تحقق این سهم را با مشکل مواجه کرده است.

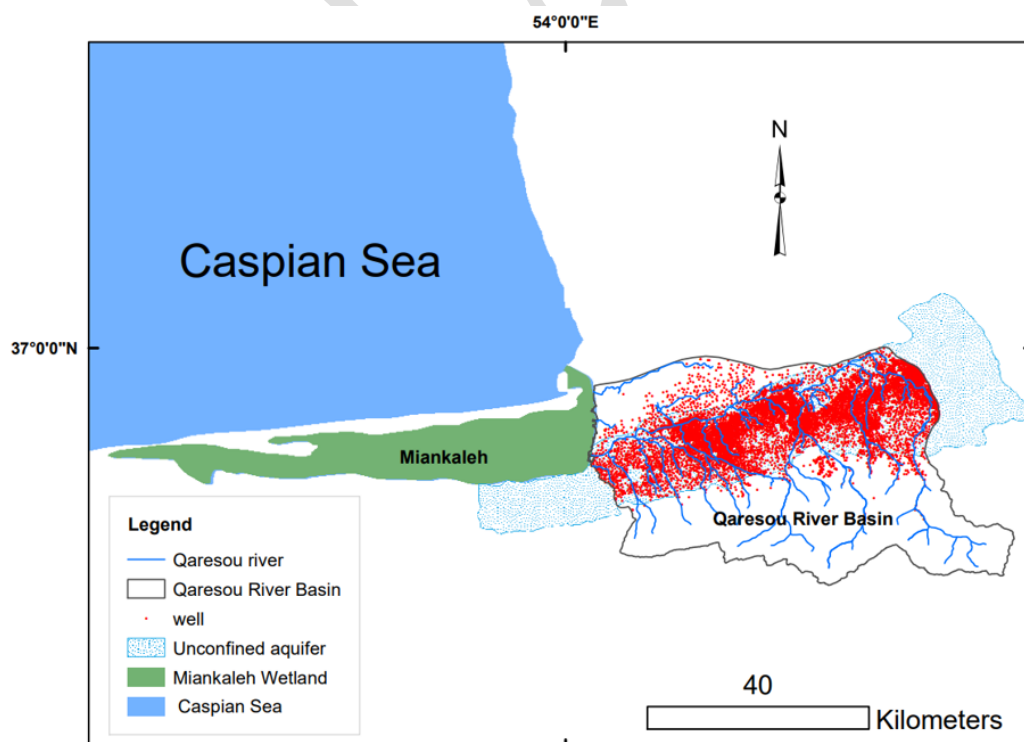


Figure 2. Location of the Qaresou River Basin along the Caspian Sea coast in Golestan province, Iran, and the Miankaleh wetland situated downstream of the Qaresou River.

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 چققلی به دریای خزر متصل است. اکوسیستم آب لب‌شور این تالاب بر پایه تعادل ظرفیتی میان ورودی آب رودخانه و نفوذ آب شور شکل گرفته و نقش مهمی در تولید خاویار، دام‌پروری، پرورش ماهی و زیستگاه ۲۴ گونه آبی 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).

۲.۳. 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 تحقیق (Partelow (2018 استخراج گردید. سپس این متغیرها بر مبنای شناخت حاصل از تحلیل گزارشات رسمی منطقه و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با پنج نفر از خبرگان حوزه آب و کشاورزی (خبرگان تعریف شده در جدول ۲)، برای حوضه قره‌سو بازتعریف گردید. به طور کلی SES حوضه آبریز قره‌سو براساس جداول ۳ و ۴، با ۵۶ متغیر تعریف شد. بازتعریف این متغیرها اگرچه زمانبر بود اما منجر به ایجاد زبان مشترک در شناخت منطقه مورد بررسی مابین گروه تحقیق و خبرگان گردید. هر متغیر متناسب با هدف پژوهش و نوع سیستم بازتعریف شد. به عنوان 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 هر سال به مجموع متوسط هزینه تولید محصول و هزینه زندگی هر خانوار کشاورز در نظر گرفته شد و براساس آمارنامه‌های وزارت جهادکشاورزی تعیین شد. همچنین در راستای هدف پژوهش، تحلیل دو اقدام کانونی ۱- خودسازماندهی بهره‌برداران در حفاظت از منابع آب مشترک، ۲- میزان برداشت از منابع، مورد بررسی قرار گرفت. در پیاده سازی SESF، براساس مرور ادبیات، رویکرد محققین در نحوه تعریف مرز سیستم نیز متفاوت است. تعدادی از محققین، مرز حوضه آبریز را به عنوان واحد تحلیل فرض نموده‌اند و گروهی هم مرز آبخوان را. در این پژوهش، حوضه آبریز به‌عنوان واحد تحلیل SES، در نظر گرفته شد تا بتوان شرایط تالاب، رودخانه و آبخوان را به طور توأم بررسی نمود.

۳.۳. ترسیم نمودار حلقه‌های علی

ترسیم نمودار حلقه‌های علی با استفاده از نرم افزار Vensim PLE نسخه ۷.۳.۵ و با پیروی از مراحل معرفی‌شده توسط Elsawah et al. (2017) انجام گرفت. این مراحل به ترتیب شامل ۱- تهیه مدل مفهومی برای شناسایی متغیرهای کلیدی و سیاست‌های حاکم بر رفتارسیستم ۲- تعیین مرز سیستم و هدف مدل‌سازی ۳- استخراج فرضیات پویایی سیستم ۴- ترسیم حلقه‌های علی بر مبنای فرضیات و ۵- ارزیابی اعتبار روابط، می‌باشد. مراحل اول و دوم در قالب پیاده‌سازی SESF در حوضه آبریز 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 علی مابین ۱۰ متغیر ارایه شده در چک لیست استروم و پتانسیل خودسازماندهی بازیگران به این صورت است که شش متغیر تأثیر مستقیم و مثبت بر مشارکت جمعی دارند و در جداول 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 غیر رسمی (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 بر مبنای رفتار مشاهده شده 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
	Resource unit mobility RU1		22-Increased groundwater mobility (quantity and quality) due to over-extraction and declining recharge	
(2) Resource units (RU) (wheat/ Groundwater/ Surface water)	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 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
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	
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 wheat prices	Inflation and global	O1	55-Social sustainability
			O2	56-Ecological sustainability

۴.۳. طبقه‌بندی متغیرها و تحلیل گزینه اقدامات سیاستی

به‌منظور شناسایی مداخلاتی که می‌تواند منجر به تاثیر مثبت بر خودسازماندهی بازیگران شود، ده متغیر معرفی شده توسط استروم که بر مشارکت جمعی کشاورزان موثر هستند از منظر نوع روابط بازخوردی که با سایر متغیرها داشتند در سه دسته‌ی مفهومی طبقه‌بندی گردیدند. ۱- متغیرهای سیاست‌پذیر و قابل مداخله که به طور مستقیم متأثر از رویکردهای سیاستی سیستم‌های حکمرانی و عوامل خارجی هستند. ۲- متغیرهای زمینه‌ای که تحت تاثیر متغیرهای کنترل‌گری هستند که پایداری سیستم اجتماعی و اکولوژیکی را تعیین می‌نمایند و می‌توانند تاثیر چندگانه‌ای بر رفتار علی 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 steenberg (2006).

برای تحلیل پتانسیل مشارکت جمعی کشاورزان در شرایط فعلی، «گزینه اقدامات موجود»، از نسخه استانی سند ملی سازگاری با کم‌آبی که با هدف ارتقاء تاب‌آوری استان‌ها و حوضه‌های آبریز کشور در برابر کم‌آبی طراحی و ارایه شده است، استخراج شد. سپس با اتکا بر روابط علی مابین متغیرهای کلیدی، تاثیر هرگزینه اقدام به تفکیک بر 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 تامین‌کننده 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، سبدهی از مجموعه گزینه‌های اقدام ارایه شد و گزینه‌هایی که توسط خبرگان مورد توافق حداکثری نبود حذف گردید.

۴. نتایج

۴.۱. شناخت سیستم اجتماعی-اکولوژیکی حوضه آبریز قره‌سو

مطابق نتایج ارایه شده در جداول ۳ و ۴، زیرسیستم‌های کشاورزی، آبخوان کم عمق ساحلی و رودخانه-تالاب ساحلی میانکاله در منتهی‌الیه حوضه آبریز قره‌سو، سه زیرسیستم کلیدی شکل دهنده روابط اجتماعی و اکولوژیکی واقع در مرز حوضه آبریز قره‌سو هستند (متغیرهای ۱ الی ۳). زیرسیستم اول نمادی از سیستم اجتماعی منطقه و دو زیرسیستم دیگر، نمادی از سیستم اکولوژیکی است. پایداری SES حوضه قره‌سو تحت تاثیر 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 به عنوان 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، به صورت مدیریتی کاملاً یک طرفه و از بالا به پایین پیاده می‌شود (۴۷#). اهم قوانین و ضوابطی که در دو بخش آب و کشاورزی در این منطقه اجرا می‌شود منشعب از قانون توزیع عادلانه آب، سند سازگاری با کم‌آبی، ابلاغ الگوهای کشت تکلیفی، نحوه اختصاص یارانه‌ها و سوبسیدها به نهاده‌ها، نحوه قیمت‌گذاری خرید تضمینی گندم می‌باشد (۴۹#). در SES حوضه قره‌سو، روند رشد تورم (۵۲#) و الگوهای اقلیمی (۵۱#) به عنوان عوامل برون‌زا موثر بر سیستم اجتماعی-اکولوژیکی حوضه آبریز قره‌سو در نظر گرفته شدند. مهم‌ترین بحران‌هایی که در منطقه گزارش شده‌است شامل تغییر شغل و مهاجرت از منطقه خصوصاً در ده‌های اخیر، وقوع شواهدی از شوری در چاه‌های واقع در مزارع نزدیک به خط ساحلی و روند افزایشی افت در تراز آبخوان و گزارشاتی از سوی سازمان حفاظت محیط زیست مبنی بر کم شدن مساحت تالاب میانکاله و تغییر اکوسیستم وابسته به آن، می‌باشد (۳۹#).

۲.۴. حلقه های علی شکل دهنده دو اقدام کانونی خودسازماندهی و برداشت از منابع

مطابق شکل ۳، بر اساس چک لیست متغیرهای تعریف شده در جداول ۳ و ۴، رابطه علی مابین پارامترهای کلیدی موثر 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 به طور 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 به دلیل 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 به دلیل 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 صورتی که 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 فرآیند 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 تاثیر می‌پذیرد.

افزایش تقاضای آب، به دلیل تنظیمی نبودن رودخانه قره‌سو، منجر به افزایش برداشت مستقیم از رودخانه و مهار سیلاب‌ها در استخرهای کوچک سنتی به نام آب‌بندان گردیده‌است. این امر کاهش حجم آب ورودی به تالاب از طرف قره‌سو و محدود نمودن سهم تالاب به سیلاب‌های غیر قابل توسط کشاورزان را در پی دارد. از آنجا که 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 تخلیه شونده به تالاب نیز افزایش می‌یابد. بنابراین کاهش حجم آب ورودی و افزایش زه‌آب اراضی، می‌تواند تهدید جدی برای پایداری بلند مدت تالاب باشد.

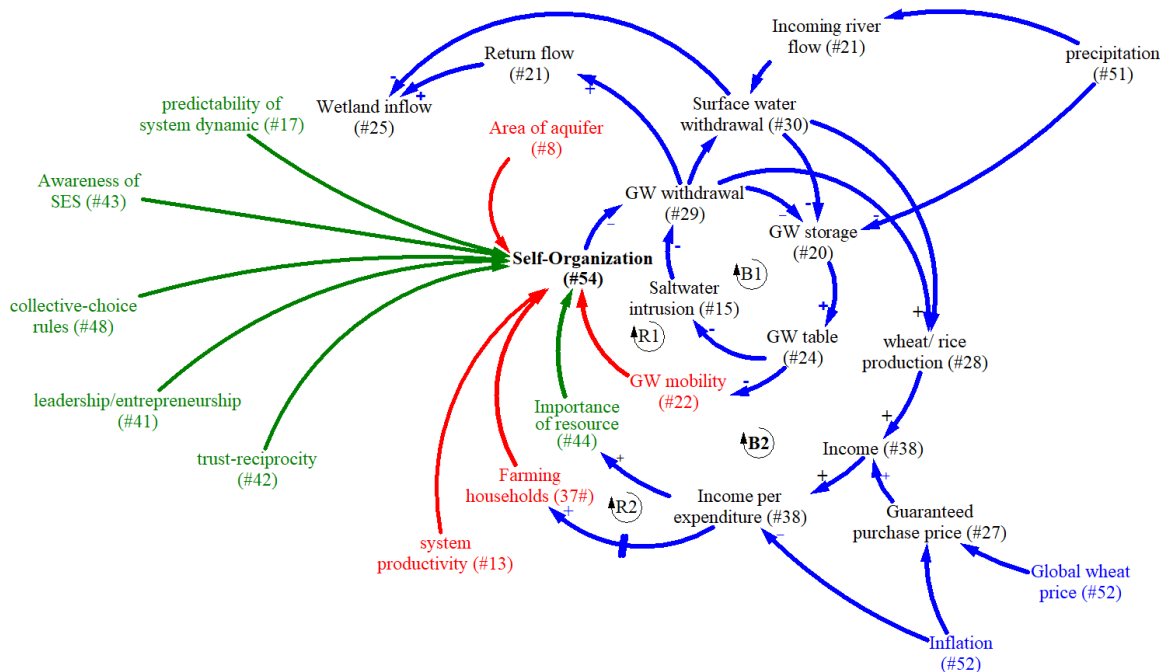


Figure 3. A simplified causal loop diagram of the SES in the Qaresou River Basin, with reference to the identification numbers of each variable from Table 3 and Table 4

عوامل برونزا نظیر نرخ تورم و قیمت جهانی گندم نیز بر رفتار سیستم و نحوه حکمرانی بر آن تاثیر گذار است. سیاست‌های بخش کشاورزی در تعیین الگوی کشت اجباری و نحوه قیمت‌گذاری تضمینی خرید گندم نیز به‌طور مستقیم بر معیشت کشاورزان اثرگذار بوده‌است و تصمیم‌گیری آن‌ها را در نحوه مشارکت در حفظ منابع آب مشترک تحت تاثیر قرار می‌دهد. البته در صورتی که این سیاست‌ها با عواملی نظیر نقش‌آفرینی رهبران محلی، افزایش اعتماد کشاورزان به دولت، ارتقاء 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 بیانجامد. سیاست‌های بخش آب در برخورد با برداشت‌کنندگان غیرمجاز آب، پر و مسلوب المنفعه نمودن چاه‌های کشاورزی و نحوه تامین 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 تاثیر بگذارد.

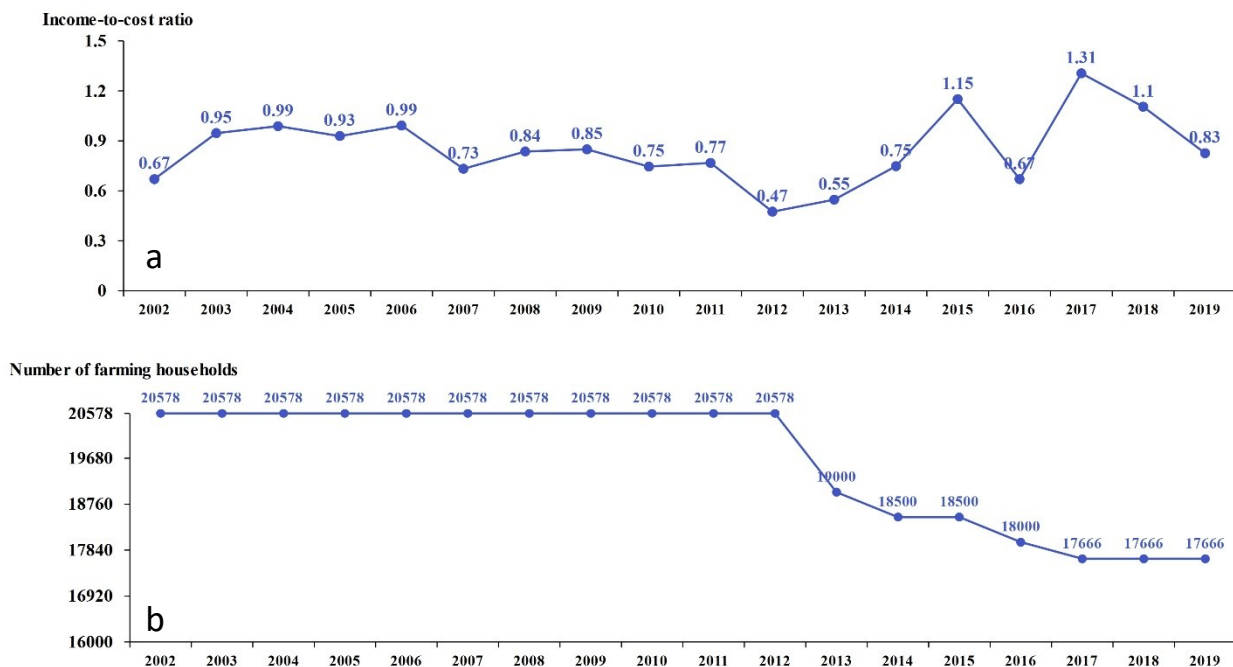
۴.۳. طبقه‌بندی متغیرها

مطابق شکل ۳، سه متغیر "اهمیت منبع برای کشاورزان #۴۴"، "تغییرپذیری آب زیرزمینی #۲۲" و "تعداد خانوار کشاورزان #۳۷" که از طریق دو متغیر کنترل‌گر، یعنی "تراز آبخوان #۲۴" و "نسبت درآمد به هزینه کشاورزان #۳۸" کنترل می‌شوند و به نوعی جهت‌گیری و پایداری سیستم را تحت تاثیر قرار می‌دهند به عنوان متغیرهای زمینه‌ای حوضه آبریز قره‌سو شناسایی شدند. بنابراین، پایش مستمر این دو متغیر کنترل‌گر توسط سیستم‌های حکمرانی، نه تنها 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 بسزایی 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

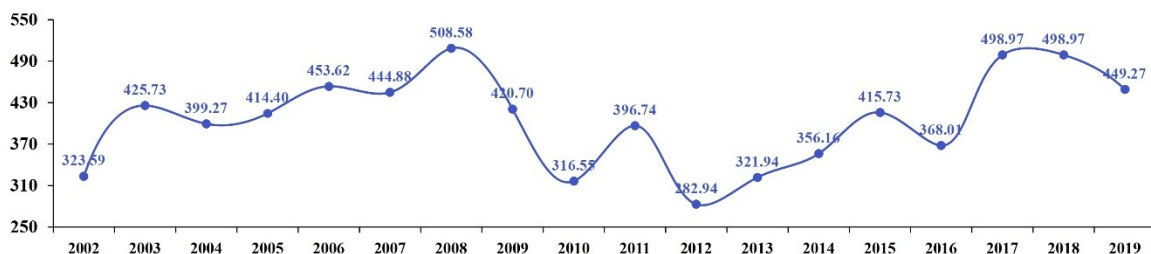
اجتماعی برآمده‌اند، اما به‌طور مستقیم تحت تأثیر سیاست‌ها و اقدامات اتخاذشده در دو حوزه آب و کشاورزی قرار دارند. بنابراین این پنج متغیر در گروه متغیرهای سیاست‌پذیر و قابل مداخله قرار گرفتند. دو متغیر "مساحت آبخوان #۸" و "قابلیت پیش‌بینی دینامیک سیستم #۱۷" نیز، به‌دلیل وابسته بودن به مشخصات فیزیکی سیستم به نوعی مستقل از سیاست‌ها و اقدامات مدیریتی هستند. بنابراین این دو متغیر نیز در گروه متغیرهای مستقل قرار گرفتند. براساس روابط علی‌ارایه شده در شکل ۳، برآیند تجمعی اثر ۱۰ متغیر موثر 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 قره سو

مطابق شکل ۴a و ۴b 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) نقطه‌ی عطفی در پایداری اجتماعی و اکولوژیکی حوضه محسوب می‌شود. در این سال، نسبت درآمد به هزینه کشاورزان به کم‌ترین مقدار ثبت‌شده در دوره‌ی مورد بررسی رسید. هم‌زمان، تعداد خانوارهای فعال در بخش کشاورزی با کاهش ۸ درصدی نسبت به سال قبل، روند کاهشی معناداری 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 یک سو، 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.



Groundwater extraction(mcm)



Groundwater table (m)

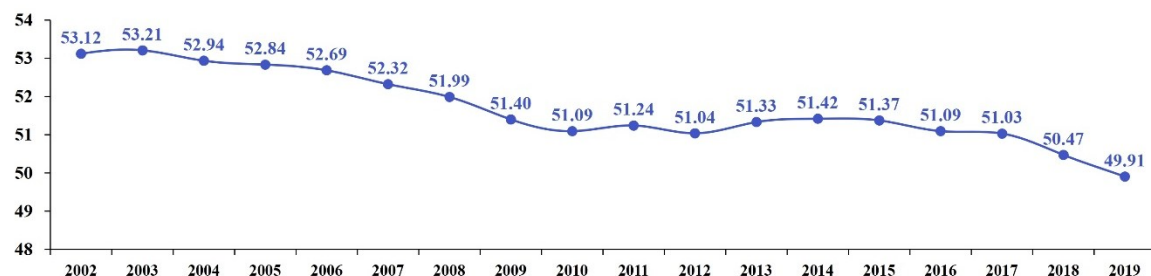


Figure 4. 18-Year time series of four key variables: 4a. Income-to-cost ratio, 4b. Number of farming households, 4c. Groundwater table and 4d. Groundwater extraction volume

همچنین مطابق شکل ۴c و ۴d بررسی همزمان روند تخلیه آب از آبخوان و سری زمانی متغیر کلیدی کنترل گر "تراز آبخوان" طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۱ (۲۰۰۶ الی ۲۰۱۲) نشان می‌دهد، علیرغم 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 دوره، اقتصادی نبودن 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 مجدداً 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.

علاوه بر این، مطابق شکل ۶، بر اساس 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 مورد نیاز این تالاب به‌طور میانگین ۴۸ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است.

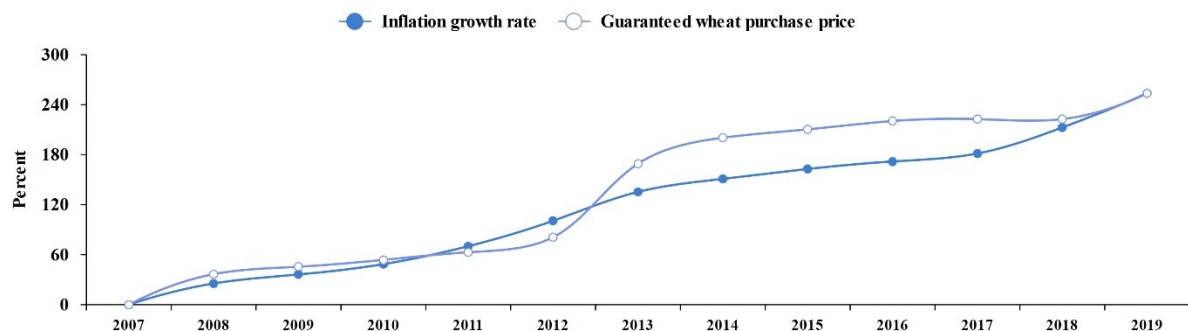


Figure 5. Comparison of the inflation growth rate and the percentage increase in guaranteed purchase prices

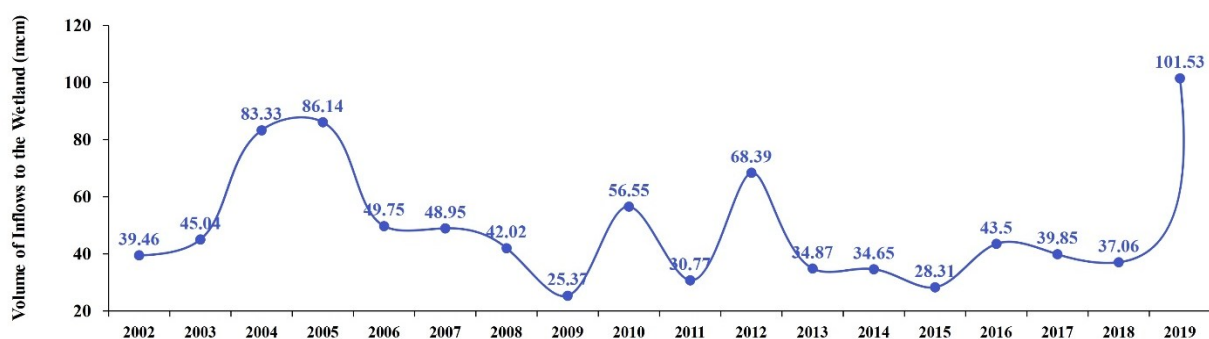


Figure 6. Trend of changes in the volume of water entering the wetland from the Qaresou River

با این حال، مطابق با مدل علی ارائه شده، هیچ بازخورد مستقیمی میان وضعیت خدمات اکوسیستمی تالاب و رفتار بهره‌برداران کشاورزی در منطقه مشاهده نشده است. در واقع، روابط بین این دو بخش به صورت یک سویه باقی مانده و کاهش کارکردهای اکولوژیکی تالاب، تاکنون منجر به تغییر معنادار در رفتار کشاورزان نشده است. این مسئله، نبود هم‌پیوندی نهادی و فقدان آگاهی نسبت به پیامدهای زیست‌محیطی را به عنوان یکی از موانع اصلی در شکل‌گیری مشارکت جمعی مؤثر در حفاظت از منابع مشترک برجسته می‌سازد.

تحلیل روند متغیر "تخلیه از آبخوان" به عنوان شاخص تجمعی 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 این حال، پس از سال ۱۳۹۱ (۲۰۱۲)، روند برداشت از منابع زیرزمینی مجدداً افزایش داشته که این تغییر جهت، می‌تواند نشانه‌ای از تضعیف کنش جمعی و کاهش اثربخشی الگوی خودسازماندهی علیرغم بهبود شرایط اقتصادی کشاورزان در مدیریت منابع مشترک باشد. اگرچه به دلیل پیچیدگی روابط علی و تأثیرگذاری متقابل متغیرها، نمی‌توان سهم هر متغیر را به صورت منفرد و قطعی تعیین کرد، اما رفتار کلی سیستم و روند تغییرات نشان می‌دهد که سازوکار مشارکت جمعی در شرایط اخیر نتوانسته به طور 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 فرآیند مشارکت جمعی کشاورزان (۳ متغیر سیاست‌پذیر و ۳ متغیر زمینه‌ای) اثرگذار هستند. به عنوان نمونه، اقداماتی مانند انسداد چاه‌های غیرمجاز، گرچه از طریق کاهش تخلیه آبخوان، افزایش حجم ذخیره آبخوان، بهبود تراز آبخوان و کاهش تغییرپذیری آب زیرزمینی، می‌تواند در کوتاه‌مدت ظرفیت مشارکت جمعی کشاورزان در حفاظت از منابع آب را ارتقاء دهند، اما به‌طور همزمان ممکن است پیامدهای غیرمنتظره‌ای نیز به دنبال 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 ارتقاء ظرفیت مشارکت جمعی در حفاظت از آبخوان کمک کند، اما در عین حال ممکن است پیامدهای منفی دیگری نیز به دنبال داشته باشد. بهبود شرایط معیشتی ناشی از این مداخلات می‌تواند موجب افزایش تعداد خانوارهای فعال در کشاورزی شود که به نوبه 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 الی ۱۶) که با تمرکز بر اثر متغیرهای کنترل‌گر بر زمینه‌ای و همچنین متغیرهای سیاست‌پذیر به عنوان نقاط مداخله، منجر به افزایش پتانسیل خودسازماندهی کشاورزان گردد. به عنوان 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، بر اساس اصول اقتصاد نهادی، به ایجاد پیوند مثبت میان صرفه‌جویی در مصرف آب و ارتقاء 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» به عنوان معیاری کلیدی برای سنجش پایداری اجتماعی منطقه است. سیاست‌های حمایتی در بخش کشاورزی در منطقه نباید به گونه‌ای عمل کنند که با تشویق بیش از حد به ماندگاری یا ورود جمعیت جدید، زمینه‌ای 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 توام درآمد ناشی از کشت محصولات جدید، راهبردی مهم و دوجبه‌ای برای حفاظت از منابع و پایداری معیشتی به شمار 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 ارتقاء سطح شناخت عمومی نسبت به رفتارهای اکوسیستم حوضه، به‌ویژه تراز آب زیرزمینی و وضعیت تالاب میانکاله ایفا کند. این شناخت، نه تنها درک بهتری از پیش‌بینی پذیری 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 تامین و منجر به افزایش اعتماد میان ذی‌نفعان و ارتقاء مشارکت در برنامه‌های حفاظتی گردد (اقدام ۱۵). 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.

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 معناداری 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#۲۲/ Increasing Importance of resource#۴۴/ Decreasing Farming household#۳۷/ 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	Improved water productivity	System productivity#۱۳/ Increasing
	7	Promoting water-use efficiency through cultural awareness		
	8	Setting Up meteorological and hydrometric stations	Enhanced basin insight	Awareness of SES#۴۳/ 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#۴۴/ 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#۳/ 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
16	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 ما بین عوامل مؤثر بر مشارکت جمعی کشاورزان و وضعیت اکولوژیکی حوضه آبریز قره‌سو است و نیازمند مداخلات متنوعی می‌باشند. یافته‌ای که هم‌راستا با نتایج تحقیق (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 به دلیل 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 تحقیق (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، نه تنها موجب پایداری نمی‌شود، بلکه می‌تواند پیامدهای معکوس در رفتار بهره‌برداران را موجب شود.

در ادامه، یافته‌ها نشان دادند که سیاست‌های مانند افزایش تامین 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 به دلیل 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 پیش شرط‌های حکمرانی پایدار اکولوژیکی تالاب‌ها محسوب می‌شود. در حالی که مطابق با پژوهش‌های (GhorbanzadehZafarani 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 ارتقاء حس تعلق و مسئولیت‌پذیری، زمینه‌ساز شکل‌گیری قواعد مشارکتی مؤثر و واقع‌بینانه می‌شود. (Cox (2014 نیز نشان داد که چنین سازوکاری می‌تواند به جای 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 تشکلهای بدون مداخلات اقتصادی، نهادی و معیشتی مکمل، کافی نیست. نبود نهادهای رسمی، رهبران محلی فعال و فرآیندهای شفاف

سیاست‌گذاری، ممکن است به تضعیف ظرفیت خودسازماندهی منجر شود. یافته‌ای که با هشدارهای (2006) Van steenberg دربارۀ محدودیت‌های خودسازماندهی بازیگران در مناطق فاقد زیرساخت‌های اجتماعی همسو است.

۶. جمع‌بندی

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 دربارۀ خودسازماندهی بازیگران، در طول دوره ۱۸ ساله مورد بررسی 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 این حال، پیاده‌سازی عملی آن مستلزم شناسایی دقیق متغیرهای کلیدی، ساختارهای علی 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. تحقیقات آینده می‌تواند با تفکیک کنشگران بر اساس 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 ارائه شده در این پژوهش نیز می‌تواند به بهینه نمودن 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 ارتقاء ظرفیت‌های جمعی، درک اکولوژیکی و پیوند بازخوردی بین بهره‌برداران و اکوسیستم تمرکز داشته باشند. روش ارائه شده می‌تواند مبنایی برای طراحی سیاست‌های بومی و کارآمد در مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی مناطق مشابه باشد.

۷. تشکر و قدردانی

مؤلفین لازم می‌دانند بدینوسیله از شرکت مدیریت منابع آب ایران و همچنین زحمات کارشناسان و خبرگان طرف مشورت که در پیشبرد اهداف این تحقیق نهایت همکاری را داشتند، تشکر و قدردانی نمایند.

۸. پی‌نوشت‌ها

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

۹. مراجع

- 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/s107-9651-014-45y
- 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., Karbalaee, 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. (2019). 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), 287-3. 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 steenberg, F. (2006). Promoting local management in groundwater. *Hydrogeology Journal*, 14(3), 380-391. doi:10.1007/s10040-005-0015-y

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

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.

Key words: Coastal aquifer, Social–Ecological Systems Framework, Water resource management, and Causal loop diagrams.