نوع مقاله: پژوهشی

DOR: 20.1001.1.20081758.1402.19.1.5.5

تدوین سناریوهای بازتخصیص منابع آب بخش کشاورزی در حوضه آبریز کارون بزرگ؛ کاربست همبست آب- غذا- انرژی

سمیرا جابری[۱]، منصور غنیان[۲*]، مصطفی مردانی نجف‌آبادی[۳] و مهدی شعبانی‌گلوگردی[۴]

(دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۳؛ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۹)

چکیده

استان خوزستان با برخورداری از بیش‌ترین منابع آب‌های روان و اراضی حاصلخیز به عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ی مواد غذایی کشور، نقشی تعیین‌کننده در امنیت‌غذایی کشور ایفا می‌کند. در عین حال طی دو دهه گذشته، وضعیت منابع آب این استان نیز به موازات دیگر مناطق کشور، به لحاظ کمی و کیفی دستخوش تغییرات اساسی شده است. در این راستا، هدف اصلی پژوهش حاضر ارائه سناریوهای مختلف بازتخصیص منابع آب کشاورزی با توجه به همبست آب- غذا- انرژی در حوضه آبریز کارون بزرگ است. این پژوهش به لحاظ هدف، کاربردی و از روش آمیخته بر اساس روش‌شناسی تحلیل اثرات متقابل استفاده شده است. مشارکت‌کنندگان در این پژوهش شامل صاحب‌نظران سه حوزه آب، غذا و انرژی می‌باشند که با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند موارد شناخته شده انتخاب شدند. پیشران‌های اولیه با استفاده از نظر متخصصان و همچنین با مرور سیستماتیک منابع معتبر شناسایی شدند. ماتریس‌های قضاوت آثار متقابل بر مبنای پیشران‌های شناسایی شده، طراحی گردید و پس از تکمیل و وزن‌دهی این ماتریس‌ها توسط پنل پاسخگویان، تجزیه و تحلیل اطلاعات در محیط نرم‌افزارهای MICMAC و Scenario Wizard انجام گرفت. در این پژوهش، شش پیشران به عنوان عوامل کلیدی در بازتخصیص منابع آب کشاورزی بر اساس همبست آب، غذا و انرژی در حوضه آبریز کارون بزرگ شناسایی گردید. در نهایت نیز ضمن ارائه‌ی سه سناریوی اصلی، پیشنهادهایی جهت بهبود سیستم بازتخصیص منابع آب بین بخش‌های آب، غذا و انرژی در منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: سناریوپردازی، آینده‌پژوهی، بازتخصیص منابع آب، همبست آب- غذا- انرژی، کارون بزرگ.

[۱] دانشجوی دکتری ترویج کشاورزی، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

[۲] استاد گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

[۳] دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

[۴] کارشناس ارشد سازمان آب و برق خوزستان، اهواز، ایران.

[*] نویسنده مسئول، پست الکترونیک: m_ghanian@asnrukh.ac.ir

This Journal is an open access Journal Licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 405)

مقدمه

آب یک منبع ضروری برای تمام موجودات در جهان است (Nicol, 2000). کاهش سطح منابع آب، تهدیدی برای پایداری کشاورزی، تولید مواد غذایی، سلامت و محیط‌زیست می‌باشد و دسترسی به این منابع و مدیریت پایدار آن‌ها، پایه و اساس توسعه پایدار است؛ بنابراین، استفاده کارآمد از این منبع محدود برای توسعه پایدار ضروری می‌باشد (میرزایی، ۱۳۹۷). در واقع، تخریب منابع آب به منزله‌ی تخریب پایه‌های توسعه خواهد بود (غنیان و جابری، ۱۳۹۵)؛ چراکه بسیاری از پژوهشگران و نظریه‌پردازان محیط‌زیست، بر این باور هستند که بحران محیط‌زیستی یک فاجعه منابع مشترک است و آب به عنوان یکی از مظاهر زیست‌محیطی، به عنوان تنها متغیر مهم در دنیای در حال تغییر، تلقی می‌شود (صالحی و همکاران، ۱۳۹۶). در این میان، با توجه به این‌که بخش کشاورزی با محدودیت منابع تولید روبه‌رو بوده و از سوی دیگر این بخش تأمین‌کننده امنیت-غذایی جمعیت در حال رشد است، باید تعادل و توازنی بین جریان بهره‌برداری و برداشت از منابع تولید و میزان تولید محصولات کشاورزی برقرار گردد (شاه‌محمدی و همکاران، ۱۳۹۶ و شریفی‌مقدم و صادقی، ۱۳۹۷). بخش کشاورزی به عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی نه تنها وظیفه تأمین امنیت‌غذایی آحاد جامعه را به عهده دارد، بلکه در روند توسعه نیز به طرق مختلف ایفای نقش می‌کند (مؤمنی و همکاران، ۱۳۹۶ و سازمان برنامه و بودجه استان خوزستان، ۱۳۹۵). با این حال، در حال حاضر مصرف آب در بسیاری از کشورها افزایش چشمگیری داشته، به طوری که منجر به کمبود منابع آب موجود شده است. به همین ترتیب نیز بر تولید کشاورزی و امنیت‌غذایی تأثیر خواهد گذاشت (Musa, 2021)، این موضوع بخش کشاورزی را با چالش جدی تأمین پایدار غذا مواجه کرده است (خاکی‌فیروز و همکاران، ۱۴۰۱)؛ در نتیجه نرخ بهره‌برداری و مزایای همه‌جانبه منابع آب کشاورزی پایین می‌آید و تضاد بین عرضه و تقاضا برجسته می‌شود (Li *et al*., 2021). در واقع تعامل بین سه سیستم آب، غذا و انرژی مستلزم بهینه‌سازی و تخصیص مناسب منابع موجود و همچنین ایجاد سیاست‌هایی است که بتوان برای امنیت منابع ایجاد کرد (De Andrade *et al*., 2021).

آب، غذا و انرژی ((Water-Food-Energy (FEW) سه منبع مهم برای حفظ زندگی و رفاه انسان‌ها هستند (Tian *et al*., 2018; Allam & Eltahir, 2019) و پویایی ارتباطات بین آن‌ها ا بر روی سرمایه‌های معیشتی تأثیر می‌گذارد (Biggs *et al*., 2015). آب، غذا و انرژی با یکدیگر همبستگی دارند، بنابراین نمی‌توان مدیریت یکی از آن‌ها را به تنهایی در نظر گرفت، بلکه باید به عنوان بخشی از یک سیستم یکپارچه دیده شوند (El-Gafy, 2017 ; Hoolohan *et al*., 2019). از طرف دیگر، فشارهای محیطی، تغییرات اقلیمی و رشد جمعیتی و اقتصادی، همراه با توسعه شهرنشینی، ارتباط این سه زیرسامانه را تشدید می‌کنند (شریفی‌مقدم و صادقی، ۱۳۹۷؛ Ringler et al., 2013; El-Gafy, 2017; Saladini *et al*., 2018; Komendantova *et al*., 2020; Shadkam *et al*., 2020). بنابراین باید به دنبال روش‌هایی بود که بتوان در جهت کاهش این فشارها بر منابع آب گام برداشت. یکی از این روش‌ها تخصیص مناسب آب بین تمام بهره‌برداران در بخش‌های مختلف غذا و انرژی می‌باشد. تخصیص و مدیریت مؤثر آب مستلزم درک در دسترس بودن و قابلیت اطمینان آب با در نظر گرفتن عدالت، کارایی و پایداری به عنوان اصول کلیدی در تخصیص آب است (Hussen *et al*., 2018). در حالت ایده‌آل، تخصیص آب باید از نظر اقتصادی، کارآمد و از نظر فنی، عملی و از نظر اجتماعی، عادلانه باشد (شاه‌محمدی و همکاران، ۱۳۹۶). تخصیص کارآمد از نظر اقتصادی، به توزیع آب برای به حداکثر رساندن سود اقتصادی اشاره دارد و تخصیص با عدالت اجتماعی به توزیع آب برای حفظ منافع و تخصیص عادلانه‌ی آب به گروه‌هایی که از نظر اقتصادی ضعیف‌اند؛ می‌پردازد. بنابراین، نیاز به سیستم تخصیص آب مناسب که در آن، آب به عنوان کالای اجتماعی و اقتصادی در نظر گرفته شود؛ ضروری به نظر می‌رسد (غزالی و همکاران، ۱۳۹۴). در ایران اصطلاح تخصیص که از وظایف وزارت نیرو به شمار می‌رود کاملاً متداول و جا افتاده است. واژه تخصیص برای مواردی قابل اطلاق است که پیش‌تر مصرفی برای آن آب تعریف نشده است؛ در صورتی‌که بازتخصیص مربوط به آب‌هایی است که از گذشته برای مصرف معینی بهره‌برداری می‌شدند. بازتخصیص به مفهوم جابجایی آب بین مصرف‌کنندگانی است که به طور رسمی یا غیررسمی نسبت به میزان مشخصی از آب مُحِق شناخته می‌شوند؛ گفته می‌شود (طالبی‌اسکندری و میرنظامی، ۱۳۹۹).

با توجه به اهمیت موضوع آب، پژوهش و مطالعه در این حوزه با رویکردی آینده‌نگرانه به منظور افزایش افق دید و ایجاد آمادگی برای مواجهه با شرایط احتمالی در آینده و نیز تدوین سیاست‌های اجرایی مناسب، یکی از مهم‌ترین اولویت‌های علمی-پژوهشی کشور محسوب می‌شود (زینتی‌فخرآباد و عسگری‌مقدم، ۱۴۰۰). در این راستا، آینده‌پژوهی به عنوان یکی از

این ابزارها در راستای مدیریت جامع منابع آب قابل تأمل است (علی‌بیگی و همکاران، ۱۳۹۷). امروزه تفکر آینده‌پژوهی در حوزه‌های محیط‌زیست و بحران‌های زیست‌محیطی به ویژه بحران آب از مهم‌ترین مسائل جوامع امروز است؛ چراکه مهم‌ترین چالش قرن حاضر، چالش‌های زیست‌محیطی است و اگر نگاه بلندمدت و تفکر آینده‌پژوهی در ابعاد مختلف جامعه صورت نگیرد، نمی‌توان بحران‌های زیست‌محیطی را به موقع و ماهرانه پیش‌بینی کرد و در کنترل بحران‌های زیست‌محیطی از جمله بحران آب کارآمد بود (غفاری‌مقدم و همکاران، ۱۴۰۰). پرداختن به موضوع مدیریت منابع آب در شرایط بحرانی همراه با خشکسالی‌های پی‌درپی جزء جدانشدنی فرآیند آینده‌پژوهی محسوب می‌شود (مرجانی‌بجستانی و همکاران، ۱۳۹۹) و توسعه‌ی سناریو از جمله ابزارهایی است که می‌تواند به منظور بررسی پیامدهای آتی مدیریت آب مورد استفاده قرار گیرد و به این ترتیب پیامدهای بالقوه‌ی اجرای سیاست‌های مختلف عملیاتی و نهادی را روشن سازد (بهشتی و همکاران، ۱۳۹۹). در این زمینه مطالعاتی در داخل کشور با رویکرد آینده‌پژوهی منابع آب انجام پذیرفته است، زینتی‌فخرآباد و عسگری‌مقدم (۱۴۰۰) در پژوهشی در ایران به این نتیجه رسیدند که در صورت اجرای سناریوی اصلاح ساختار و اعمال مدیریت صحیح و واقع‌گرایانه و به‌کارگیری فناوری‌های نوین و متناسب با شرایط اقلیمی، می‌توان کشور را از آسیب‌های جدی ناشی از بحران آبی آینده جهان مصون نگاه داشت. بابونا و همکاران (Babuna *et al*., 2023) در پژوهشی در کشور غنا، بیان نمودند امنیت آبی از جمله پارامترهای اساسی مؤثر بر استفاده پایدار از منابع آب می‌باشد که می‌توان آن را از طریق تدوین سیاست‌ها و تصمیم‌گیری درست ایجاد نمود. همچنین با حکمرانی مناسب آب، می‌توان نابرابری آب را از طریق تدوین و اجرای رویکردهایی که تخصیص برابر و استفاده‌ی پایدار از منابع آب را به همراه دارد، از بین برد. یافته‌های پژوهش آبروشان و همکاران (Abroshan *et al*., 2022) در آدلاید (Adelaide) استرالیا نیز گویای این حقیقت است که امنیت‌غذایی حاصل تخصیص مناسب و بهینه‌ی منابع آب می‌باشد. همچنین، نتایج پژوهش حاضر بیانگر آن است که امنیت انرژی، پیشران کم تأثیر در زمینه‌ی بازتخصیص منابع آب کشاورزی می‌باشد؛ که نباید به طور کامل از آن غافل شد. نتایج پژوهش غنیان (Ghanian, 2022) در شبکه همبست آب- غذا- انرژی در حوضه کارون بزرگ نشان داد که بازیگران دستگاه‌های مختلف عمدتاً تمایل دارند تا ارتباطات درون‌سازمانی برقرار کنند و تمایلی به برقراری ارتباطات میان سازمانی ندارند. همچنین، نتایج پژوهش کومندانتوا و همکاران (Komendantova *et al*., 2020) در اردن نشان داد که با استفاده از یک چارچوب مشارکتی چند ذی‌نفع و چند معیاره، می‌توان موقعیت گروه‌های مختلف ذی‌نفعان در پیوند آب و انرژی را مشخص نمود؛ که در ادامه روند مذاکرات بین این دو بخش، همکاری‌های ملی و بین‌المللی و همچنین ترویج و توسعه پیشنهادهای قابل قبولی برای حل مشکلات پیچیده این دو بخش ارائه کرده است کهمی‌تواند پایداری بخش‌های آب و انرژی را افزایش دهد. بررسی‌های محققان نشان می‌دهد که موضوع آینده‌پژوهی همبست آب- غذا- انرژی با تمرکز بر مدیریت منابع آب زمینه‌ای نوین در تحقیقات است و تاکنون مطالعه‌ای که سناریوهایی جهت بازتخصیص منابع آب در بخش کشاورزی با توجه به همبست آب- غذا- انرژی را شناسایی کرده باشد؛ انجام نشده است.

استان خوزستان به عنوان یکی از قطب‌های اصلی کشاورزی و با دارا بودن حدود ۳۳ درصد از منابع آب سطحی کشور، همواره از جایگاه ویژه‌ای در برنامه‌ریزی‌های منابع آب و انرژی برخوردار است (ایزدپناه و همکاران، ۱۳۹۰؛ سازمان برنامه و بودجه استان خوزستان، ۱۳۹۴؛ خسروی‌پور و مهراب‌قوچانی، ۱۳۹۵؛ بانج‌شفیعی، ۱۳۹۹). با توجه به وجود منابع غنی و کم نظیر آب و خاک در استان خوزستان، این استان در صدر برنامه‌های جامع توسعه آبی قرار دارد و طی دو دهه گذشته بزرگ‌ترین طرح‌های سازه‌ای آبی کشور در این منطقه اجرا شده و هم‌اکنون نیز طرح‌های عظیم و گسترده‌ای در زمینه توسعه منابع آب استان در مراحل مختلف اجرایی قرار دارند (خسروی‌پور و مهراب‌قوچانی، ۱۳۹۵). هم‌راستا با تمام استان‌های کشور، استان خوزستان نیز در سال‌های اخیر با خشکسالی و کم‌آبی و در پی آن کاهش کیفیت منابع آب روبه‌رو شده است (رحمانی‌پیانی، ۱۳۹۳). با توجه به محدودیت منابع، یکی از نگرانی‌های اصلی در سطح ملی، استفاده بهینه از منابع آب و انرژی جهت تأمین برنامه‌های کشاورزی و دست‌یابی به اهداف پایداری اقتصادی است. در این راستا، بخش کشاورزی استان با این واقعیت روبه‌روست که در آینده بایستی ضمن مصرف آب و انرژی کم‌تر، تولید بیش‌تری را عرضه نماید. در میان رودخانه‌های کشور، رودخانه کارون بزرگ، بزرگ‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه در این حوزه و کل ایران می‌باشد. رودخانه کارون منبع اصلی برای آبیاری زمین‌های کشاورزی استان می‌باشد و کشاورزی در این استان تا حد زیادی به میزان آب کارون وابسته است. بنابراین

حوضه آبریز این رودخانه به عنوان منطقه مورد مطالعه برگزیده شد و ضروری است که چشم‌اندازی جهت بازتخصیص منابع آب کشاورزی مبتنی بر همبست آب- غذا- انرژی در حوضه آبریز کارون بزرگ، ترسیم گردد که مبنای برنامه‌ریزی‌های آتی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در سطح ملی و منطقه‌ای، جهت کاهش منازعات بر سر تخصیص‌های قدیمی و نیز استفاده بهینه از منابع آب قرار گیرد. در این راستا، پژوهش حاضر با اهداف شناسایی پیشران‌های مدیریت منابع آب- غذا- انرژی در حوضه آبریز کارون بزرگ؛ و نیز ارائه و طراحی سناریوهای سازگار بازتخصیص منابع آب در بخش کشاورزی با توجه به همبست آب- غذا- انرژی در حوضه آبریز کارون بزرگ انجام شده است.

روش پژوهش

بر اساس ادبیات آینده‌پژوهی، به آنچه آینده را برای ما به تصویر می‌کشد، سناریو گفته می‌شود. به عبارت دیگر سناریو تصویری فرضی از آینده می‌باشد که نمونه‌ای از یک فضای تثبیت‌شده و راه‌های پیشرفت را توصیف کرده و مانند یک راهنما عمل می‌کند (غفاری‌مقدم و همکاران، ۱۴۰۰). هدف اصلی سناریونویسی، به عنوان ابزاری برای برنامه‌ریز، بالا بردن کارایی و کیفیت برنامه‌ریزی در شرایط عدم‌اطمینان در آینده است (علی‌بیگی و همکاران، ۱۳۹۷). حوزه‌ی آینده‌پژوهی و سناریونگاری در زمینه‌ی مدیریت منابع آب کشاورزی نوپا بوده و پژوهش‌های اندکی در مورد آن صورت گرفته است (مهراب‌قوچانی و همکاران، ۱۳۹۸). هدف این پژوهش این است که با ارائه‌ی صورت‌بندی‌های متفاوت، سناریوهایی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شود که امکان وقوع آن‌ها بسته به شرایط آینده، وجود داشته باشد. از آنجا که پیچیدگی و عدم قطعیت از موضوعات اساسی در اکتشاف آینده می‌باشد؛ برنامه‌ریزان با چالش انتخاب دیدگاه‌ها و ابزارهای جدید روبه‌رو هستند تا بتوانند با پیچیدگی‌ها و عدم قطعیت‌ها روبه‌رو شوند و سیاست‌گذاران را در تصمیم‌گیری‌های خردمندانه یاری کنند (صدیقی و همکاران، ۱۴۰۰). تغییرات پرشتاب دنیای امروز گویای آن است که تمام مسائل مطابق پیش‌بینی انسان با روش‌های متداول پیش نمی‌روند و از تأثیرات متقابل بر یکدیگر نیز بی‌نصیب نیستند. به همین دلیل می‌توان با استفاده از تدوین سناریو، بینشی کلی نسبت به وقایعی که قادرند مسیر آینده را از روندهای جاری جدا کنند، به دست آورد. در نتیجه هدف کلی این پژوهش، شناسایی پیشران‌های مدیریت منابع آب- غذا- انرژی در حوضه آبریز کارون بزرگ و طراحی سناریوهای سازگار جهت بازتخصیص منابع آب در بخش کشاورزی با توجه به همبست آب- غذا- انرژی در حوضه آبریز کارون بزرگ می‌باشد. این پژوهش به لحاظ هدف کاربردی و دارای روش آمیخته (کیفی و کمی) است. در این پژوهش، به منظور تحلیل سناریو از رهیافت تحلیل متوازن تأثیر متقابل ((Cross-Impact Balance Approach (CIB) استفاده شده است. هدف این تحلیل ساخت مجموعه‌هایی فرضی و سازگار از حوزه‌ی تحلیل سناریو به صورت درونی می‌باشد. به همین منظور باید چیدمان‌های باورکردنی از شبکه‌ی عوامل مؤثر شامل فرض‌های حمایتی دوسویه، مشخص شوند. این روش که یکی از نوین‌ترین روش‌های تدوین سناریو در مطالعات آینده‌پژوهی است؛ عمدتاً در مطالعات میان‌رشته‌ای استفاده می‌شود و به وسیله‌ی ترکیبی از گفتمان‌های میان متخصصان، سناریوهایی معتبر را ایجاد می‌نماید. در پژوهش حاضر، عوامل کلان و پیشران‌های بازتخصیص منابع آب کشاورزی با توجه به همبست آب، غذا و انرژی و منطقه مورد مطالعه، بر اساس مرور منابع معتبر و نیز استفاده از نظر متخصصان به‌دست آمد. این روش، ابزاری قوی برای تحقیق و تشخیص همه‌جانبه و تحلیل مطالعات مرتبط برای پاسخگویی به پرسش‌های مطالعه‌ی مورد نظر است (Rabie & Curtis, 2006).

در این پژوهش، الگوریتم CIB در پنج گام متوالی (تعیین پنل متخصصان، تدوین فهرست پیشران‌ها، قضاوت آثار متقابل، تدوین سناریوهای معتبر و تأیید اعتبار سناریوها) عملیاتی گردید.

تعیین پنل متخصصان: در تحلیل CIB پنلی از صاحب‌نظران و متخصصان موضوعی با طیف کاملی از دانش موضوعی انتخاب و شناسایی شدند. به همین منظور داشتن سابقه‌ی اجرایی حداقل پنج سال در حوزه‌ی مدیریت منابع آب، غذا و انرژی یا داشتن سابقه‌ی پژوهشی مدون به مدت پنج سال در این زمینه‌ها دو شرطی است که برای عضویت افراد در پنل متخصصان مد نظر قرار گرفت. به منظور انتخاب افراد در پنل متخصصان، از روش نمونه‌گیری هدفمند موارد شناخته شده یا معروف استفاده شد. فهرست مشخصات اعضای پنل متخصصان در جدول ۱ قابل مشاهده است. نمونه‌گیری تا زمان رسیدن به اشباع نظری ادامه پیدا نمود (یعنی تا زمانی که نتایج تکراری حاصل گردد). در این مطالعه از نظرات افراد متخصص و صاحب‌نظر از مراحل

اولیه‌ی تحقیق تا تدوین سناریو استفاده شده است، به طوری که پیشران‌ها با استفاده از نظر متخصصان مورد بازنگری قرار گرفتند. همچنین، در طراحی مجموع حالات هر متغیر نیز از نظرهای متخصصان استفاده شد. در گام بعدی، متخصصان میزان وابستگی هر یک از سطوح عوامل پیشران را به صورت متقابل با سطوح سایر عوامل پیشران قضاوت نمودند.

جدول ۱- مشخصات اعضای پنل متخصصان

وزارت /سازمان	تعداد (نفر)	زمینه تخصصی	تعداد (نفر)
جهاد کشاورزی	۱۱	ترویج و آموزش کشاورزی و توسعه روستایی	۷
علوم، تحقیقات و فناوری	۴	مدیریت منابع آب	۱۲
سازمان حفاظت از محیط‌زیست	۵	اقتصاد کشاورزی	۵
نیرو/ اداره کل آب منطقه‌ای	۱۲	اقلیم و آب و هواشناسی	۸
سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری	۴	انرژی	۴
تحصیلات	تعداد (نفر)	جنسیت	تعداد (نفر)
کارشناسی ارشد	۱۴	مرد	۲۱
دکتری	۲۲	زن	۱۶
جمع		۳۶	

تدوین فهرست پیشران‌ها: به منظور دستیابی به فهرست پیشران‌های بازتخصیص منابع آب کشاورزی در حوضه آبریز کارون بزرگ از دو روش متوالی بهره گرفته شد. در اولین گام، از تکنیک مرور سیستماتیک منابع استفاده گردید. در این مرحله، جهت شناسایی پیشران‌ها، کلیه‌ی مؤلفه‌ها و نشانگرهای مرتبط با مدیریت منابع آب بخش کشاورزی شناسایی و استخراج شد. در این زمینه کلیدواژه‌هایی از قبیل «مدیریت منابع آب، تخصیص و بازتخصیص منابع آب، پایداری منابع آب بخش کشاورزی، حفاظت از منابع آب در بخش کشاورزی، همبست آب- غذا- انرژی و غیره» در هنگام جستجوی اینترنتی منابع به دو زبان فارسی و انگلیسی مورد استفاده قرار گرفت. از تعداد ۱۷۶ منبع شناسایی شده، تعداد ۱۵۹ منبع مرتبط بوده است. سپس، در دومین گام با توجه به فهرست اولیه‌ی پیشران‌ها و با استفاده از مصاحبه نیمه ساختار یافته، دیدگاه پنل متخصصان در خصوص بازتخصیص منابع آب کشاورزی در حوضه آبریز کارون بزرگ مورد ارزیابی قرار گرفت. این گام از رهیافت تحلیل متوازن تأثیر متقابل، با استفاده از مصاحبه‌های نیمه ساختار یافته با متخصصان موضوعی پیرامون سؤال‌های کلیدی زیر انجام شد.

- چشمان خود را ببندید و ۳۰ سال دیگر را متصور شوید (سال ۲۰۵۰)؛
- وضعیت منابع آب چگونه خواهد بود؟
- وضعیت منابع انرژی چگونه خواهد بود؟
- وضعیت امنیت‌غذایی چگونه خواهد بود (با توجه به افزایش جمعیت)؟
- وضعیت منابع طبیعی (زمین، هوا و غیره) چگونه خواهد بود؟
- وضعیت اقتصادی و معیشت کشاورزان در چه سطحی خواهد بود؟
- محیط‌زیست برای رسیدن به امنیت آبی، غذایی و انرژی چه هزینه‌هایی را باید متحمل شود؟
- تا چه اندازه می‌توان غذا تولید نمود (یا ما برای تولید بیش‌تر مواد غذایی با چه محدودیت‌ها و مسائلی مواجه خواهیم شد)؟
- وضعیت تخصیص آب در حوضه کارون بزرگ چگونه خواهد بود؟
- تخصیص آب چه نقشی در مدیریت سرزمینی ایفا خواهد نمود؟
- از نظر شما عوامل اصلی پیش‌برنده بازتخصیص منابع آب با توجه به همبست آب- غذا- انرژی در حوضه آبریز کارون بزرگ کدام‌اند؟

-از نظر شما موانع و چالش‌های پیش روی بازتخصیص منابع آب با توجه به همبست آب- غذا- انرژی در حوضه آبریز کارون بزرگ کدام‌اند؟

مصاحبه‌ها تا زمان دستیابی به اشباع نظری در میان افراد مشارکت‌کننده ادامه داشت و در نهایت تعداد ۳۶ مصاحبه جمع‌آوری شد. سپس به منظور تحلیل داده‌ها از تکنیک تحلیل محتوا بهره گرفته شد. داده‌های حاصل از مطالعه در دو مرحله کدگذاری شدند. در اولین گام از کدگذاری، پژوهشگران تلاش نمودند تا با مرور مکرر داده‌ها نسبت به اطلاعات جمع‌آوری شده به یک دید کلی دست یابند. در مرحله‌ی بعدی، با استفاده از راهبرد جمله به جمله، عبارت‌های مهم و مرتبط با موضوع پژوهش مشخص شدند. در مرحله بعد کدهای اولیه به علت تعداد فراوانی آن‌ها به کدهای ثانویه تبدیل شدند (کدهای اولیه در قالب طبقه‌های مشابه قرار می‌گیرند). به بیان بهتر، چند کد اولیه تبدیل به یک کد مفهومی می‌شود. همچنین، در این مرحله پیشران‌های استخراج شده بر اساس مرور منابع در پیشران‌های حاصل از مصاحبه‌ها ادغام شدند. در نهایت، لیست پیشران‌ها همراه با سطوح کیفی هریک از آن‌ها تدوین و برای هر یک از اعضای پنل متخصصان ارسال گردید تا نظرات اصلاحی نهایی و تأیید خود را اعلام دارند.

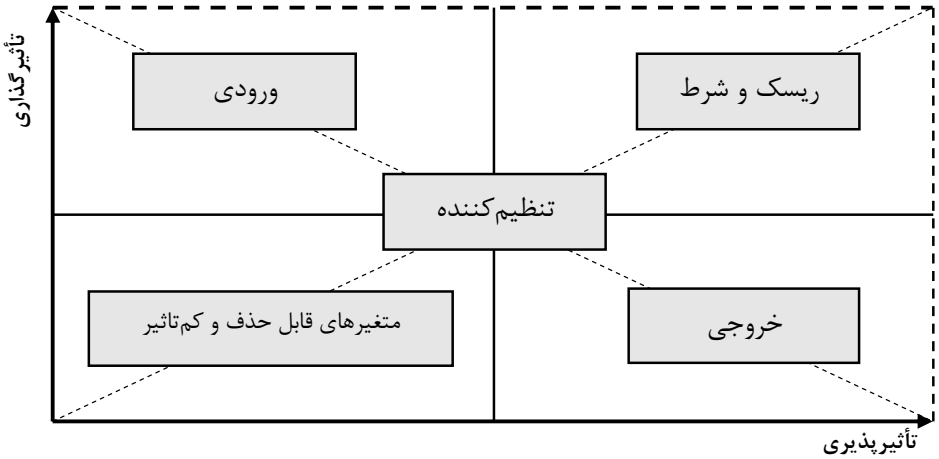
قضاوت آثار متقابل: پس از گردآوری عوامل پیشران در گام قبل، پرسشنامه ماتریس آثار متقابل تشکیل شد. ساختار این پرسشنامه به گونه‌ای است که هریک از پیشران‌ها و سطوح آن‌ها در سطرها و ستون‌های این ماتریس قرار گرفتند. سپس، تمامی سطوح به صورت مقایسه زوجی بر اساس طیف هفت گزینه‌ای کیفی (اثر محدود کننده قوی تا اثر تسریع بخش قوی) توسط متخصصان ارزیابی شد.

تدوین سناریوهای معتبر: برای تحلیل اطلاعات، از نرم‌افزارهای MICMAC و Scenario Wizard استفاده شد. نرم‌افزار MICMAC، جهت انجام محاسبات سنگین ماتریس اثرات متقابل و سهولت انجام تحلیل ساختاری طراحی شده است که مخفف کلمه فرانسوی «ماتریس ضرایب تحلیل اثر متقاطع به منظور طبقه‌بندی» است. در این نرم‌افزار، ابتدا متغیرها و مؤلفه‌ها را در حوزه‌ی مورد نظر شناسایی کرده و آن را در ماتریسی مانند ماتریس تحلیل اثرات وارد نموده، سپس میزان ارتباط میان این متغیرها با حوزه مربوطه توسط پنل متخصصان، بر اساس میزان تأثیرگذاری سطرها بر ستون‌ها تشخیص داده شد. به همین ترتیب، مجموع متغیرهای داده‌های سطرها، میزان تأثیرگذاری و مجموع داده‌های متغیرهای ستون‌ها، میزان تأثیرپذیری را نشان می‌دهد. سپس، میزان ارتباط اعداد بین صفر تا سه سنجیده می‌شود. در این مقیاس عدد صفر به منزله "بدون تأثیر"، عدد یک به منزله "تأثیر ضعیف"، عدد دو به منزله "تأثیر متوسط" و عدد سه به منزله "تأثیر زیاد" می‌باشد. بنابراین، اگر تعداد متغیرهای شناخته شده x باشد؛ یک ماتریس X×X به‌دست می‌آید. خروجی مدل تحلیل اثر متقابل، روابط بین متغیرها را نشان می‌دهد که نرم‌افزار میک‌مک (MICMAC) قابلیت تبدیل روابط به اشکال و نمودارهای ویژه را دارد و با امکانات خود تحلیل آسان روابط و ساختار سیستم را امکان‌پذیر می‌نماید. به طور کلی، ماتریس‌ها و نمودارهای خروجی نرم‌افزار دو نوع‌اند: یکی ماتریس آثار مستقیم متغیرها و نمودارهای مربوطه و دیگری ماتریس روابط غیرمستقیم متغیرها و نمودارهای مرتبط با آن. در صورتی که در ماتریس اولیه، روابط بالقوه بین متغیرها مشخص شده باشد؛ نرم‌افزار، ماتریس بالقوه‌ی مستقیم بین متغیرها و ماتریس روابط بالقوه غیرمستقیم بین متغیرها را نیز در اختیار قرار می‌دهد. بر این اساس، متغیری که بر تعداد محدودی از متغیرها اثر مستقیم دارد، تأثیرگذاری اندکی نیز در کل سیستم دارد. همه‌ی متغیرها و محیط در برگیرنده‌ی آن‌ها را می‌توان با نمایش در یک نمودار مفهومی یا یک محور مختصات (تأثیرگذاری–تأثیرپذیری) نمایش داد (صفایی‌پور و شنبه‌پور، ۱۳۹۸). در نگاره ۱، انواع متغیرها در مختصات نشان داده شده است.

نرم‌افزار Scenario Wizard، بر اساس روش تحلیل CIB به بررسی سیستم‌های مورد مطالعه می‌پردازد. این نرم‌افزار علاوه بر نمایش ماتریس اثرگذاری و اثرپذیری و شبکه‌ی روابط مستقیم و غیرمستقیم عوامل بر یکدیگر، سناریوهای دارای هم‌افزایی و همبستگی بالاتر را نیز معرفی می‌کند. به همین ترتیب، پس از گردآوری عوامل پیشران، ماتریس آثار متقابل نیز ساخته شده است. ساختار این ماتریس به نحوی است که هریک از پیشران‌ها و سطوح آن‌ها در سطرها و ستون‌های این ماتریس جای گرفتند. سپس، تمامی سطوح به صورت مقایسه زوجی، بر اساس طیف هفت قسمتی کیفی (اثر محدود کننده قوی تا اثر تسریع بخش قوی) توسط متخصصان و صاحب‌نظران مورد ارزیابی قرار گرفتند. به این صورت که با نمره‌دهی به حالت‌های

مختلف هر عامل، ترکیب‌های متفاوتی از حالت‌های عوامل مختلف مورد بررسی قرار گرفته و بهترین سناریوها در قالب سناریوهای برتر معرفی می‌شود.

تأیید اعتبار سناریوها: در این مرحله، سناریوهای تدوین شده اعتبار سنجی می‌شوند. به این صورت که در ابتدا گزارشی از سناریوهای تدوین شده تهیه گردید و در اختیار تمامی اعضای پنل متخصصان قرار گرفت. سپس، با بررسی نظرات متخصصان، مرحله نهایی پژوهش یعنی تأیید سناریوهای تدوین شده، انجام گردید.



نگاره ۱- پلان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری (صفایی‌پور و شنبه‌پور، ۱۳۹۸)

یافته‌ها و بحث

پیشران‌های بازتخصیص منابع آب کشاورزی در حوضه آبریز کارون بزرگ

پیشران‌های این پژوهش از طریق مصاحبه‌های عمیق نیمه ساختار یافته استخراج شدند. در اولین گام از کدگذاری، پس از حذف موارد تکراری و ادغام موارد مشابه ۶۶ کد کلیدی شناسایی شد که در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کدهایی در این بخش ارائه شده‌اند که حداقل یک‌سوم پاسخگویان به آن‌ها اشاره نموده‌اند.

جدول ۲- کدگذاری اولیه پیشران‌های بازتخصیص منابع آب کشاورزی در حوضه آبریز کارون بزرگ

ردیف	کدهای اولیه مستخرج	فراوانی	ردیف	کدهای اولیه مستخرج	فراوانی
۱	بحران آب	۳۲	۳۴	کاهش میزان حقابه‌ها	۲۵
۲	خشکسالی شدید	۳۲	۳۵	افزایش اهمیت بار تخصیص منابع طبیعی (آب، انرژی، زمین و غیره)	۲۴
۳	افزایش جمعیت	۳۱	۳۶	عدم توجه دولت به بهره‌برداری‌های بی‌رویه از منابع طبیعی	۲۴
۴	کاهش غذای در دسترس	۳۱	۳۷	افزایش تنش بین کشاورزان برای تصاحب منابع	۲۴
۵	رشد و توسعه صنایع	۳۰	۳۸	کاهش آب‌های زیرزمینی	۲۳
۶	تغییر اقلیم	۳۰	۳۹	افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی	۲۳
۷	افزایش تقاضای آب	۳۰	۴۰	توسعه زیرساخت‌ها	۲۳
۸	کاهش منابع آب	۳۰	۴۱	اصلاح الگوی مصرف	۲۳
۹	توزیع غیراصولی منابع	۳۰	۴۲	افزایش گازهای گلخانه‌ای	۲۳

ادامه جدول ۲

ردیف	کدهای اولیه مستخرج	فراوانی	ردیف	کدهای اولیه مستخرج	فراوانی
۱۰	افزایش تقاضا برای تولید غذا	۲۹	۴۳	افزایش رقابت برای منابع	۲۲
۱۱	صرفه‌جویی در مصرف آب	۲۹	۴۴	افزایش شهرنشینی	۲۲
۱۲	تغییر کاربری اراضی	۲۹	۴۵	افزایش هزینه‌های تأمین برای بشر	۲۲
۱۳	کاهش تولید محصولات کشاورزی	۲۹	۴۶	افزایش مناقشات سیاسی	۲۱
۱۴	تخریب محیط‌زیست	۲۹	۴۷	افزایش فشار بر محیط‌زیست	۲۱
۱۵	کاهش تولید برق‌آبی	۲۹	۴۸	کاهش کیفیت منابع آب	۲۱
۱۶	اصلاح روش‌های تولید مواد غذایی	۲۸	۴۹	افزایش استفاده و روی آوردن به آب‌های زیرزمینی	۲۰
۱۷	افزایش راندمان آب	۲۸	۵۰	وضع مقررات جدید میزان برداشت آب	۱۹
۱۸	کاهش نزولات جوی	۲۸	۵۱	صرفه‌جویی در مصرف انرژی	۱۸
۱۹	افزایش استفاده از سموم شیمیایی	۲۸	۵۲	هزینه‌های بسیار بالای بهره‌برداری از انرژی	۱۸
۲۰	به‌کارگیری روش‌های نوین آبیاری و کشت	۲۸	۵۳	در معرض خطر بودن معیشت کشاورزان	۱۸
۲۱	مدیریت جامع منابع آب	۲۸	۵۴	مشارکت تمام ذینفعان برای حل مشکلات	۱۸
۲۲	کاهش منابع سوخت‌های فسیلی	۲۷	۵۵	آینده‌نگری در همه مسائل و برنامه‌ریزی برای آن‌ها	۱۷
۲۳	روی آوردن به منابع انرژی تجدیدپذیر	۲۷	۵۶	تشکیل بازار آب	۱۵
۲۴	افزایش میزان آلاینده‌ها در هوا	۲۷	۵۷	توجه به منفعت تمام ذینفعان	۱۵
۲۵	از بین رفتن زمین‌های حاصلخیز	۲۷	۵۸	تخریب تالاب‌ها و رودخانه‌ها	۱۵
۲۶	کمبود منابع مالی	۲۷	۵۹	چرای بی‌رویه دام‌ها	۱۴
۲۷	افزایش واردات محصولات کشاورزی	۲۷	۶۰	انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری	۱۴
۲۸	افزایش مشکلات مربوط به حقابه‌های گذشته	۲۶	۶۱	افزایش جنگل‌زدایی	۱۳
۲۹	افزایش فقر و شکاف طبقاتی	۲۶	۶۲	گرمایش زمین	۱۳
۳۰	بهره‌برداری بهینه از منابع آب	۲۶	۶۳	کاهش ظرفیت محیطی برای جذب آلاینده‌ها	۱۳
۳۱	افزایش واردات انرژی	۲۵	۶۴	افزایش تنش‌های بین‌المللی بر سر منابع آب	۱۲
۳۲	کشت محصولات با نیاز آبی کم‌تر	۲۵	۶۵	افزایش درگیری‌های داخلی بر سر منابع آب	۱۲
۳۳	ایجاد و توانمندسازی تشکل‌های آب‌بران	۲۵	۶۶	کاهش یارانه‌های بخش انرژی	۱۲

کدگذاری ثانویه و شکل‌دهی مقولات

در جدول ۳، نتایج کدگذاری ثانویه و کدهای مفهومی به‌دست آمده، ارائه گردیده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تعداد ۶۶ پیشران اولیه شناسایی شده در ۶ عامل به عنوان پیشران‌های بازتخصیص منابع آب کشاورزی مقوله‌بندی و مورد تأیید تمامی متخصصان قرار گرفت (جدول ۴).

جدول ۳- کدگذاری ثانویه و شکل‌دهی طبقات مفهومی

کدهای مفهومی	کدهای اولیه
امنیت آبی	• بحران آب • افزایش تقاضای آب • کاهش منابع آب • صرفه‌جویی در مصرف آب • افزایش راندمان آب • به‌کارگیری روش‌های نوین آبیاری و کشت • مدیریت جامع منابع آب • افزایش مشکلات مربوط به حقابه‌های گذشته • بهره‌برداری بهینه از منابع آب • کشت محصولات با نیاز آبی کم‌تر • کاهش میزان حقابه‌ها • کاهش آب‌های زیرزمینی • کاهش کیفیت منابع آب • افزایش استفاده و روی آوردن به آب‌های زیرزمینی • وضع مقررات جدید میزان برداشت آب • تشکیل بازار آب
امنیت‌غذایی	• کاهش غذای در دسترس • افزایش تقاضا برای تولید غذا • کاهش تولید محصولات کشاورزی • اصلاح روش‌های تولید مواد غذایی • افزایش واردات محصولات کشاورزی
امنیت انرژی	• کاهش تولید برق‌آبی • کاهش منابع سوخت‌های فسیلی • روی آوردن به منابع انرژی تجدیدپذیر • افزایش واردات انرژی • افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی • صرفه‌جویی در مصرف انرژی • هزینه‌های بسیار بالای بهره‌برداری از انرژی • کاهش یارانه‌های بخش انرژی
حکمرانی آب	• افزایش تنش بین کشاورزان برای تصاحب منابع • توسعه زیرساخت‌ها • اصلاح الگوی مصرف • افزایش مناقشات سیاسی • آینده‌نگری در همه مسائل و برنامه‌ریزی برای آن‌ها • افزایش تنش‌های بین‌المللی بر سر منابع آب • افزایش درگیری‌های داخلی بر سر منابع آب • ایجاد و توانمندسازی تشکل‌های آب‌بران • مشارکت تمام ذینفعان برای حل مشکلات • توجه به منفعت تمام ذینفعان
معیشت بهره‌برداران	• رشد و توسعه صنایع • کمبود منابع مالی • افزایش فقر و شکاف طبقاتی • افزایش هزینه‌های تأمین برای بشر • در معرض خطر بودن معیشت کشاورزان

ادامه جدول ۳

کدهای مفهومی	کدهای اولیه
حکمرانی محیط‌زیست	• خشکسالی شدید • افزایش جمعیت • افزایش شهرنشینی • تغییر اقلیم • توزیع غیراصولی منابع • تغییر کاربری اراضی • تخریب محیط‌زیست • کاهش نزولات جوی • افزایش استفاده از سموم شیمیایی • از بین رفتن زمین‌های حاصلخیز • افزایش میزان آلاینده‌ها در هوا • عدم توجه دولت به بهره‌برداری‌های بی‌رویه از منابع طبیعی • افزایش اهمیت بازتخصیص منابع طبیعی (آب، انرژی، زمین و ...) • افزایش رقابت برای منابع • افزایش گازهای گلخانه‌ای • افزایش فشار بر محیط‌زیست • تخریب تالاب‌ها و رودخانه‌ها • چرای بی‌رویه دام‌ها • انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری • افزایش جنگل‌زدایی • گرمایش زمین • کاهش ظرفیت محیطی برای جذب آلاینده‌ها

در نهایت این ۶ پیشران کلیدی بازتخصیص منابع آب کشاورزی که حاصل فرایند تحلیل محتوا می‌باشد، در ماتریسی با پهنای ۶×۶ تنظیم شد.

جدول ۴- فهرست پیشران‌های بازتخصیص منابع آب کشاورزی

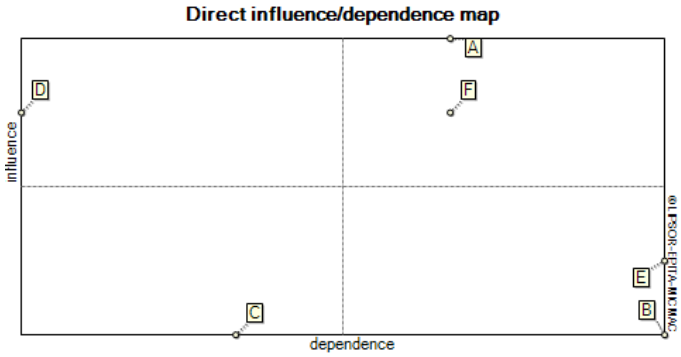
برچسب	پیشران	برچسب	پیشران
A	امنیت آبی	**D**	حکمرانی آب
B	امنیت‌غذایی	**E**	معیشت بهره‌برداران
C	امنیت انرژی	**F**	حکمرانی محیط‌زیست

پس از قضاوت متقابل صاحب‌نظران، ماتریس با استفاده از نرم‌افزار MICMAC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. درجه پرشدگی (Fillrate) ماتریس ۰/۷۸ به‌دست آمد، که نشان می‌دهد پیشران‌های انتخاب شده در بیش از ۷۸ درصد از موارد بر یکدیگر تأثیر گذاشته‌اند. از مجموع ۳۶ رابطه ماتریسی قابل ارزیابی، یک رابطه، معادل ۲/۷۸ درصد، دارای اثرات متقاطع ۳ می‌باشد، یعنی پیشران‌ها از هم تأثیر پذیرفته‌اند و یا بر روی هم تأثیر گذاشته‌اند. ۱۱ رابطه، معادل ۳۰/۵۶ درصد، دارای اثرات متقاطع ۲ می‌باشند، یعنی نقش تقویت‌کننده داشته‌اند. ۱۶ رابطه، معادل ۴۴/۴۴ درصد، دارای اثرات متقاطع ۱ می‌باشد، یعنی بر روی دیگر شاخص‌ها تأثیر بیش‌تری گذاشته‌اند. هشت رابطه، معادل ۲۲/۲۲ درصد، دارای اثرات متقاطع نیستند، یعنی از هم تأثیر نپذیرفته‌اند و بر روی هم نیز تأثیر نگذاشته‌اند.

جدول ۵- ماتریس MDI

ابعاد ماتریس	تکرار	بدون تأثیر	تأثیرگذار	تقویت‌کننده	توانمندساز	درجه پرشدگی	جمع
۶×۶	۲	۸	۱۶	۱۱	۱	۷۸	۳۶

ماتریس نهایی برگرفته از پژوهش در برگیرنده‌ی پنج ناحیه مهم و اساسی می‌باشد که شامل موارد زیر می‌باشند: متغیرهایی که در نزدیکی منطقه شمال غربی هستند، عامل‌های تأثیرگذار را نشان می‌دهند. عامل حکمرانی آب، بر کل سیستم تأثیرگذار است. سمت راست شکل و قسمت شمال شرقی متغیرهای دو وجهی را نشان می‌دهد. این متغیرها دارای دو ویژگی مشترک تأثیرگذاری بالا و تأثیرپذیری بالا هستند که به دو دسته متغیرهای ریسک و هدف تقسیم می‌شوند. متغیرهای ریسک که در بالای خط قطری ناحیه شمال شرقی شکل قرار گرفته‌اند؛ ظرفیت بسیار زیادی برای تبدیل شدن به بازیگران کلیدی سیستم دارند. دو عامل کلیدی امنیت آبی و حکمرانی محیط‌زیست در این قسمت قرار گرفته‌اند. متغیرهای هدف، زیر ناحیه قطری شمال شرقی صفحه قرار می‌گیرند. در واقع این متغیرها، نتیجه‌ی تکامل سیستم و نمایان‌گر اهداف ممکن در یک سیستم هستند که در پژوهش حاضر هیچ‌کدام از متغیرها در این قسمت جای نگرفته‌اند. متغیرهای تأثیرپذیر در قسمت جنوب شرقی شکل قرار گرفته‌اند و می‌توان آن‌ها را متغیرهای نتیجه نیز نامید. این متغیرها، تأثیرپذیری بسیار بالایی از سیستم و تأثیرگذاری بسیار پایینی بر سیستم دارند. این متغیرها نتیجه‌ی متغیرهای مستقل هستند و اگر متغیرهای مستقل و تأثیرگذار روند مثبتی داشته باشند، این متغیرها نیز مثبت خواهند بود. دو متغیر امنیت‌غذایی و معیشت بهره‌برداران در این قسمت واقع شده‌اند. قسمت جنوب غربی، متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد که این متغیرها تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پایینی دارند. در واقع این متغیرها به نوعی فاقد نقش کلیدی و مهم در بازتخصیص منابع آب کشاورزی هستند؛ ولی نباید آن‌ها را کاملاً فراموش کرد. متغیر امنیت انرژی در پژوهش حاضر در این ناحیه قرار گرفته است. متغیرهای تنظیم‌کننده در نزدیکی مرکز شکل قرار می‌گیرند. این متغیرها حالت تنظیمی دارند و گاهی به عنوان اهرم ثانویه عمل می‌کنند. بر اساس سیاست‌هایی که برنامه‌ریزان برای اهداف خود به کار می‌گیرند، این متغیرها قابلیت ارتقاء به متغیرهای تأثیرگذار، متغیرهای تعیین‌کننده یا متغیرهای هدف و ریسک را دارند.



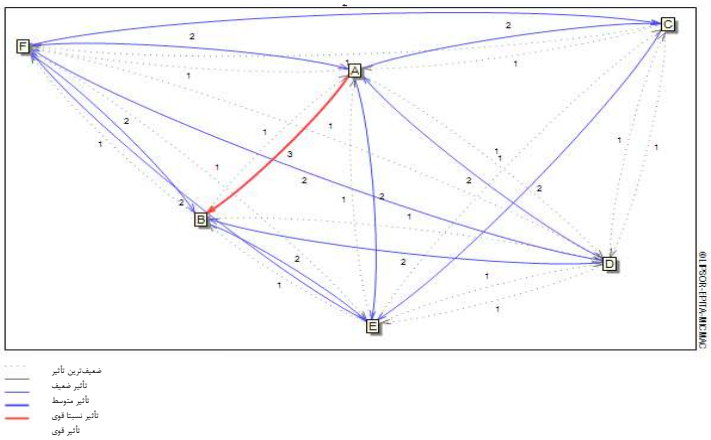
نگاره ۲- نقشه تأثیرات متقاطع (اثرگذاری و اثرپذیری و پراکنش متغیرها بر اساس اثرات مستقیم)

*برچسب‌های (A, B, C, D, E, F) منطبق بر جدول ۴ می‌باشند.

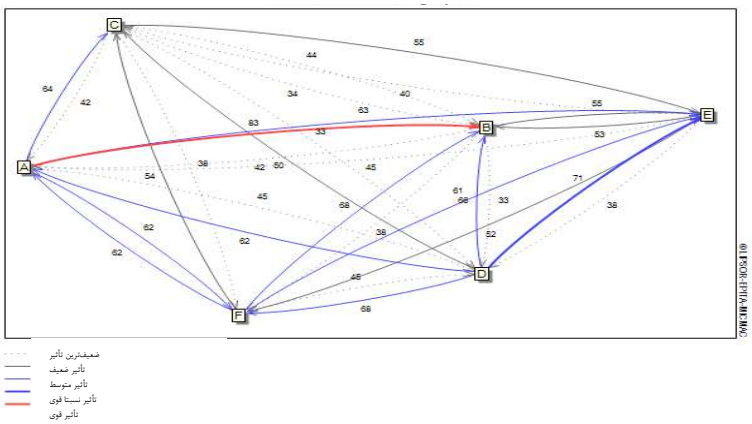
روابط فضایی شکل‌گرفته در زمینه‌ی بازتخصیص منابع آب کشاورزی نشان می‌دهد که برای طراحی سازمان فضایی مدیریت منابع آب کشاورزی، پیشران امنیت آب، پیشران مستقیم در پوشش ۱۰۰ درصدی و پیشران حکمرانی محیط‌زیست در پوشش ۱۰۰ درصدی غیرمستقیم از مهم‌ترین پیشران‌ها می‌باشند.

شناسایی سناریوهای مطلوب با روش CIB

برای هریک از عوامل اصلی، وضعیت‌های احتمالی پیش‌روی بازتخصیص منابع آب کشاورزی حوضه کارون بزرگ مشخص شد. به همین منظور از متخصصان در زمینه‌ی آب، غذا و انرژی نظرخواهی شد (جدول ۶). در نهایت، با بررسی نتایج، برای شش عامل اصلی، ۱۴ وضعیت احتمالی مشخص شد.



نگاره ۳- آثار مستقیم با پوشش ۱۰۰ درصدی



نگاره ۴- آثار غیرمستقیم با پوشش ۱۰۰ درصدی

جدول ۶- عوامل اصلی و وضعیت‌های احتمالی پیش‌روی آن در آینده‌ی پیش‌روی بازتخصیص منابع آب کشاورزی حوضه کارون بزرگ

عوامل اصلی مؤثر بر بازتخصیص منابع آب کشاورزی	وضعیت	برچسب	زیرمجموعه هر عامل
امنیت آبی	خوش‌بینانه	A1	افزایش آورد آب و بهبود دسترسی بهره‌برداران به آب
	بینابین	A2	ادامه روند فعلی
	بدبینانه	A3	کاهش آورد آب و افزایش تنش آبی
امنیت‌غذایی	خوش‌بینانه	B1	تولید غذای بیش‌تر و سالم‌تر
	بینابین	B2	ادامه روند فعلی
	بدبینانه	B3	کاهش کمی و کیفی محصولات غذایی تولیدی
امنیت انرژی	خوش‌بینانه	C1	افزایش استفاده از انرژی‌های پاک و مقرون‌به‌صرفه
	بدبینانه	C2	ادامه روند فعلی
حکمرانی آب	خوش‌بینانه	D1	توجه به حکمرانی خوب منابع آب
	بدبینانه	D2	ادامه روند فعلی
معیشت بهره‌برداران	خوش‌بینانه	E1	پایداری بیش‌تر در سرمایه‌های معیشتی بهره‌برداران
	بدبینانه	E2	ناپایداری بیش‌تر سرمایه‌های معیشتی بهره‌برداران
حکمرانی محیط‌زیست	خوش‌بینانه	F1	استقرار سیستم مدیریت یکپارچه سرمایه‌ها و عرصه‌های طبیعی
	بدبینانه	F2	ادامه روند فعلی

پس از طراحی وضعیت‌های احتمالی ماتریس متقاطع ۱۴×۱۴ تهیه شد که همانند مرحله‌ی قبل (تعیین عوامل اصلی)، به صورت پرسشنامه‌ای جامع در اختیار پنل صاحب‌نظران قرار گرفت. با طرح این پرسش که اگر هریک از وضعیت‌های ۱۴ گانه در حوزه بازتخصیص منابع آب کشاورزی در حوضه آبریز کارون بزرگ اتفاق بیفتد، چه تأثیری بر وقوع یا عدم وقوع سایر وضعیت‌ها خواهد داشت؟. به همین ترتیب، بر اساس قضاوت‌های صاحب‌نظران، ارتباطات و تعاملات پیشران‌ها و فرایندهای ساختار یافته سناریوهای بازتخصیص منابع آب کشاورزی بر اساس رویکرد همبست آب، غذا و انرژی در حوضه مورد مطالعه شکل گرفته است. نرم‌افزار سناریو ویزارد (Scenario Wizard)، فقط بر اساس روابط منفی تأثیرگذار و مثبت تأثیرگذار سناریو را طراحی می‌کند. بنابراین، سناریوهای انتخاب شده می‌توانند کاملاً مطلوب یا کاملاً بحرانی باشند؛ به همین دلیل منطقی است که از میان سناریوهای معرفی شده، آن سناریوهایی به عنوان مبنای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری قرار بگیرند که دارای سازگاری بالا و همچنین امتیاز بالایی باشند. نتایج نشان می‌دهد که ۳ سناریو با احتمال وقوع بسیار بالا در شرایط پیش‌روی بازتخصیص منابع آب کشاورزی در حوضه آبریز کارون بزرگ وجود دارد. در میان سناریوهای ارائه شده، سناریو شماره ۲ (تصمیم‌سازی ناهمگون) بالاترین امتیاز را از آن خود کرده، پس احتمال وقوع آن نسبت به سایر سناریوها بالاتر است.

جدول ۷- وضعیت‌های هریک از عوامل به تفکیک هر سناریو

سناریو ۱ (مدینه فاضله)	سناریو ۲ (تصمیم‌سازی ناهمگون)	سناریو ۳ (قهقرای بازتخصیص منابع آب کشاورزی)
افزایش آورد آب و بهبود دسترسی بهره‌برداران به آب	ادامه روند فعلی	کاهش آورد آب و افزایش تنش
تولید غذای بیش‌تر و سالم‌تر	ادامه روند فعلی	کاهش کمی و کیفی مواد غذایی برای همگان
افزایش استفاده از انرژی پاک و مقرون‌به‌صرفه	ادامه روند فعلی	ادامه روند فعلی
توجه به حکمرانی خوب منابع آب		ادامه روند فعلی
پایداری بیش‌تر در سرمایه‌های معیشتی بهره‌برداران		ناپایداری بیش‌تر سرمایه‌های معیشتی بهره‌برداران
استقرار سیستم مدیریت یکپارچه سرمایه‌ها و عرصه‌های طبیعی	ادامه روند فعلی	ادامه روند فعلی
امتیاز ۴۱	امتیاز ۴۴	امتیاز ۴۳

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر تلاش نمود تا با رویکرد سناریونگاری و استفاده از پیشران‌ها، سناریوهای محتمل بازتخصیص منابع آب کشاورزی بر اساس همبست آب- غذا- انرژی در حوضه آبریز کارون بزرگ را تدوین نماید. نتایج نشان داد که پیشران‌های امنیت آبی و حکمرانی محیط‌زیست از جمله پیشران‌های بسیار مؤثر و مهم در زمینه‌ی بازتخصیص منابع آب کشاورزی بر اساس همبست آب- غذا- انرژی در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. این یافته هم‌راستا با پژوهش بابونا و همکاران (Babuna *et al*., 2023) است که اعلام نمودند امنیت آب از جمله پارامترهای اساسی مؤثر بر استفاده‌ی پایدار از منابع آب می‌باشد و امنیت آب را می‌توان از طریق تدوین سیاست‌ها و تصمیم‌گیری درست ایجاد نمود. یافته‌های پژوهش عبدالله و همکاران (Abdullah *et al*., 2023) و وونگ (Wong, 2023) نشان دادند که مسائل مربوط به حکمرانی محیط‌زیست مانند آلودگی آب، تغییرات آب و هوایی و رشد سریع شهرنشینی معیارهایی هستند که امنیت آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

همچنین، نتایج گویای آن است که حکمرانی آب به عنوان پیشران تنظیم‌کننده یا حد واسط شناسایی شده است. این پیشران نقشی تأثیرگذار در روابط میان پیشران‌ها ایجاد می‌کند و در آینده‌ی بازتخصیص منابع آب در بخش کشاورزی نقش مهمی را بر عهده دارد. به عبارتی می‌توان گفت که با رعایت اصول حکمرانی آب می‌توان به بهترین شکل بازتخصیص منابع آب را انجام داد. این مهم با یافته‌های بابونا و همکاران (Babuna *et al*., 2023) مطابقت دارد که بیان نمودند با حکمرانی مناسب آب، نابرابری آب را از طریق تدوین و اجرای رویکردهایی که تخصیص برابر و استفاده‌ی پایدار از منابع آب را به همراه دارد؛ می‌توان

از بین برد. علاوه بر این، امنیت‌غذایی و معیشت بهره‌برداران، به عنوان پیشران‌های نتیجه یا خروجی بازتخصیص منابع آب کشاورزی که بیش‌تر تأثیرپذیر و کمتر تأثیرگذارند و به نوعی از روابط بین دیگر پیشران‌ها تأثیر می‌پذیرند، شناسایی شدند. این دو پیشران به میزان زیادی به میزان تخصیص آب وابسته هستند و در واقع می‌توان گفت که بر اساس میزان آب تخصیص داده شده به یک محصول یا منطقه می‌توان برنامه‌ریزی مناسبی برای افزایش تولید محصولات کشاورزی و در نهایت رسیدن به امنیت‌غذایی و بهبود معیشت خانوارهای بهره‌برداران کشاورزی، تدوین نمود. در این راستا، یافته‌های پژوهش آبروشان و همکاران (Abroshan *et al*., 2022) گویای این حقیقت بود که امنیت‌غذایی حاصل تخصیص مناسب و بهینه‌ی منابع آب می‌باشد. همچنین، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که امنیت انرژی، به عنوان پیشران کم تأثیر در زمینه‌ی بازتخصیص منابع آب کشاورزی می‌باشد؛ اما نبایستی به طور کامل از آن غافل شد. در این خصوص می‌توان گفت که ممکن است دلیل آن ارزان بودن قیمت انرژی و حامل‌های انرژی در کشور باشد که معمولاً توجه اندکی به این مسئله می‌شود.

نتایج مطالعه، سه سناریوی اصلی با امتیاز بالا را در خصوص بازتخصیص منابع آب کشاورزی بر اساس همبست آب- غذا- انرژی در منطقه مورد مطالعه شناسایی نمود. این سناریوها عبارت بودند از: سناریو اول (مدینه فاضله)، سناریو دوم (تصمیم‌سازی ناهمگون) و سناریو سوم (قهقرای بازتخصیص منابع آب کشاورزی). آنچه از تحلیل سناریوهای مستخرج بر می‌آید آن است که این سناریوها نشان‌دهنده‌ی یکی از آینده‌های بازتخصیص منابع آب کشاورزی بر اساس همبست آب- غذا- انرژی در حوضه‌ی آبریز کارون بزرگ می‌باشند. سناریوی شماره یک (مدینه فاضله) نسبت به سایر سناریوهای مورد مطالعه، دارای امتیاز پایین‌تری است. لذا از نظر تیم متخصصان، احتمال وقوع آن در منطقه مورد مطالعه کمتر از سایر سناریوهاست. در این سناریو تمامی پیشران‌ها در وضعیت خوش‌بینانه واقع شده‌اند. از نظر منابع همبست آب- غذا- انرژی، مطلوب‌ترین حالت برای این سه منبع وجود خواهد داشت که معیشت بهره‌برداران حوضه کارون بزرگ را به بالاترین حد ممکن خواهد رساند. بر اساس این سناریو، با استقرار سیستم مدیریت یکپارچه سرمایه‌ها و عرصه‌های طبیعی و با توجه به حکمرانی خوب منابع آب، اهداف توسعه‌ی هزاره‌ی مورد مطالعه در این پژوهش مانند افزایش آورد آب و بهبود دسترسی بهره‌برداران به آب، تولید غذای بیش‌تر و سالم‌تر، افزایش استفاده از انرژی پاک و مقرون به‌صرفه و پایداری بیش‌تر در سرمایه‌های معیشتی بهره‌برداران در منطقه مورد مطالعه محقق خواهند شد. در نهایت می‌توان گفت با توجه به این سناریو، بازتخصیص منابع آب کشاورزی بر اساس همبست آب- غذا- انرژی در حوضه‌ی آبریز کارون بزرگ به بهترین شکل ممکن انجام خواهد شد. سناریوی دوم (تصمیم‌سازی ناهمگون) که از نظر متخصصان بالاترین امتیاز را کسب نموده است، بیش‌ترین احتمال وقوع را نسبت به سایر سناریوها در حوضه کارون بزرگ دارد. این سناریو نشان از استانداردهای دوگانه دارد و بر اساس آن توجه مناسبی به حکمرانی منابع آب و مسائل محیط‌زیستی آن از سوی مسئولان منطقه مورد مطالعه نمی‌شود؛ که نتیجه‌ی آن کم‌توجهی نسبت به امنیت آبی، امنیت‌غذایی، امنیت انرژی و استقرار سیستم مدیریت یکپارچه سرمایه‌ها و عرصه‌های طبیعی می‌باشد. اما از طرف دیگر دولت برای کاهش فقر و بالا بردن سطح معیشت بهره‌برداران به اقداماتی از قبیل کمک‌های حمایتی و متنوع‌سازی اقتصاد روستایی برای راضی نگه‌داشتن مردم محلی روی خواهند آورد. در نهایت این سناریو، کم‌توجهی به منابع‌طبیعی و افزایش یافتن تخریب محیط‌زیست نسبت به امروز در منطقه مورد مطالعه را به ارمغان خواهد آورد. در سناریوی سوم (قهقرای بازتخصیص منابع آب کشاورزی) نیز تمامی پیشران‌ها در بدبینانه‌ترین وضعیت خود قرار دارند و نمی‌توان به هیچ‌وجه انتظار پیشرفت در زمینه بازتخصیص منابع آب کشاورزی در حوضه‌ی آبریز کارون بزرگ را داشت؛ زیرا علاوه بر اینکه برنامه‌ریزی درستی جهت حکمرانی خوب منابع آب در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد، با بی‌توجهی نسبت به استقرار سیستم مدیریت یکپارچه سرمایه‌ها و عرصه‌های طبیعی، وضعیت این منابع در حوضه روز به روز در حالت تخریب قرار خواهند گرفت. در این سناریو، کاهش آورد آب و افزایش تنش، عدم توجه نسبت به استفاده از انرژی پاک و مقرون به‌صرفه و نیز ناپایداری بیش‌تر سرمایه‌های معیشتی بهره‌برداران منجر به کاهش کمی و کیفی مواد غذایی برای همگان و در نهایت افزایش فقر در منطقه خواهد شد. در نتیجه، با افزایش استفاده بی‌رویه و بدون برنامه‌ریزی از منابع، محیط‌زیست و سرمایه‌ها و عرصه‌های طبیعی موجود در منطقه به نابودی کشیده خواهند شد. این مسئله با نتایج پژوهش غنیان (Ghanian, 2022) مطابقت دارد که بیان داشت در شبکه همبست آب- غذا- انرژی در حوضه کارون بزرگ بازیگران دستگاه‌های مختلف عمدتاً تمایل دارند تا ارتباطات درون‌سازمانی برقرار کنند و تمایلی به برقراری ارتباطات میان سازمانی ندارند.

بر مبنای نتایج مطالعه‌ی حاضر بایستی بیان داشت که مادامی که یک شناخت یکسان و اولویت هماهنگ و مطلوب در خصوص بازتخصیص منابع آب در میان سه بخش آب- غذا- انرژی اتخاذ نشود و در عمل به اجرا در نیاید، بدیهی است که در شرایط مشکل و بحران، تحولی نیز ایجاد نخواهد شد. حصول به یک وفاق و تصویر جامع، نیاز به رعایت اصول و راهبردهای درست و صحیح دارد. در واقع از بُعد مفهومی، ایجاد یک وفاق و درک مشترک بین ذی‌نفعان و ایجاد یک تصویر مشترک برخاسته از واقعیات، نخستین و اساسی‌ترین گام در مواجهه با بحران آب است. از جنبه‌ی عملی و اجرایی، مقوله‌ی مدیریت آب از تعامل سه رکن اصلی مردم (اعم از مصرف‌کننده، بهره‌بردار و حفاظت‌کننده)، منابع آب (مجموعه آب قابل استحصال از چرخه‌ی آب طبیعی) و حاکمیت (شامل سه رکن قانون‌گذار، مجری و داوری یا قضاییه) تشکیل شده و حل بحران آب در گرو مشارکت فعال و تعامل هر سه عنصر است.

این مطالعه تلاش نموده است تا با بهره‌گیری از ابزار سناریو به‌عنوان واحدهای تشکیل‌دهنده‌ی تصویر کلان آینده، به گونه‌ای کمبود پژوهش‌های موجود در حوزه مدیریت منابع آب به ویژه در بخش کشاورزی با تمرکز بر همبست آب- غذا- انرژی را پر نماید؛ چراکه پژوهش‌های موجود معمولاً نمی‌توانند نگاه کلانی به این زمینه داشته باشند. در این پژوهش کوشش شد تا ضمن بررسی جنبه‌های مختلف همبست آب- غذا- انرژی، با بهره‌گیری از دیدگاه خبرگان به صورت ضمنی شاخص‌هایی که در پژوهش‌های متعدد به آن‌ها اشاره شده است را به صورت یک‌جا و در ارتباط با یکدیگر جهت ارزیابی راه‌های ممکن توسعه به کار ببندد. از این‌رو می‌توان این پژوهش را به تابلوی راهنمایی بر سر چند راهی مدیریت همبست آب- غذا- انرژی که زمینه‌ی مطالعاتی نسبتاً جدیدی است، تشبیه کرد. چرا که تلاش نموده تا توصیفی کلی از راه‌های پیش رو را در اختیار مخاطب قرار دهد. این مطالعه تلاش کرده است تا علاوه بر حوزه آب، در بخش قیمت‌گذاری محصولات غذایی، صادرات و واردات محصولات کشاورزی، قیمت‌گذاری مناسب آب در بخش کشاورزی و غیره نیز راهگشا باشد. به طور کلی این پژوهش می‌تواند راهنمای خوبی برای سیاست‌گذاری در بخش‌های آب، مدیریت منابع‌طبیعی، غذا، انرژی و تجارت مواد غذایی باشد.

منابع

ایزدپناه، ز.، بهزاد، م.، و حیدری، ص. (۱۳۹۰). وضعیت بهره‌برداری از سفره‌های آب زیرزمینی در استان خوزستان جهت مصارف کشاورزی. مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور، کرمان، ۱۰ اسفند، صص ۱۱-۱.

بانج‌شفیعی، ش.، سیداخلاقی، ج.، سیداخلاقی، ع.، و قاسمی‌آریان، ی. (۱۳۹۹). تحلیلی بر کشاورزی خوزستان از نگاه مدیریت مصرف آب. *طبیعت ایران*، دوره ۵، شماره ۲، صص ۵۱-۴۵. Doi:10.22092/IRN.2020.121630

بهشتی، م.، بهبودی، د.، زالی، ن.، و احمدزاده‌دلجوان، ف. (۱۳۹۹). سناریوهای مدیریت منابع آب بر مبنای رویکرد آینده‌پژوهی: مطالعه موردی شهرستان تبریز. *دوفصلنامه آینده‌پژوهی ایران*، سال ۵، شماره ۲، صص ۲۲۸-۲۰۳. Doi:10.30479/JFS.2020.12446.1150

خاکی‌فیروز، ز.، نیک‌نامی، م.، کشاورز، م.، و صبوری، م. (۱۴۰۱). شناسایی عوامل مؤثر بر افزایش تاب‌آوری کشاورزان دشت سیستان در مواجهه با خشکسالی. *علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران*، جلد ۱۸، شماره ۱، صص ۱۷۹-۱۶۱. Doi:20.1001.1.20081758.1401.18.1.10.3

خسروی‌پور، ب.، و مهراب‌قوچانی، ا. (۱۳۹۵). تبیین نگرش و نیت رفتاری کشاورزان نسبت به تعاونی آب‌بران منطقه جنوب رودخانه کرخه‌نور. *تعاون و کشاورزی*، سال ۵، شماره ۲۰، صص ۱۱۱-۸۹. Doi:20.1001.1.27835464.1395.5.20.4.2

رحمانی‌پیانی، ش. (۱۳۹۳). تبیین آسیب‌پذیری گندم‌کاران نسبت به خشکسالی (مورد مطالعه: شهرستان باوی). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

زینتی‌فخرآباد، م.، و عسگری‌مقدم، م. (۱۴۰۰). آینده‌پژوهی پیامدهای امنیتی بحران منابع آبی در نواحی مرزی ایران. *جغرافیا و روابط انسانی*، دوره ۴، شماره ۳، صص ۱۷-۱. Doi:10.22034/GAHR.2021.301648.1602

سازمان برنامه و بودجه استان خوزستان. (۱۳۹۴). گزارش اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی استان خوزستان، صص ۲۹۸-۱.

سازمان برنامه و بودجه استان خوزستان. (۱۳۹۵). گزارش رتبه‌بندی شهرستان‌های استان خوزستان از منظر برخی شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی. *معاونت هماهنگی برنامه و بودجه*، صص ۲۳۷-۱.

شاه‌محمدی، ع.، مفاخری، ص.، ویسی، ه.، و خوشبخت، ک. (۱۳۹۶). رهیافتی برای دست‌یابی به توسعه پایدار: پیوند آب، غذا و انرژی. *شبکه مطالعات سیاست‌گذاری عمومی*، دوره ۱، صص ۶-۱.

شریفی‌مقدم، ا.، و صادقی، ح. (۱۳۹۷). کاربرد همبست آب_ انرژی_ غذا در مدیریت منابع آب. مجموعه مقالات اولین همایش ملی راهبردهای مدیریت منابع آب و چالش‌های زیست‌محیطی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ۱۱-۱۰ اردیبهشت، صص ۷-۱.

صالحی، س.، چیذری، م.، صدیقی، ح.، و بیژنی، م. (۱۳۹۶). تأثیر باورهای زیست‌محیطی بر رفتار پایدار کشاورزان استان فارس در بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی. *علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران*، جلد ۱۳، شماره ۱، صص ۱۹۳-۱۷۵. Doi:20.1001.1.20081758.1396.13.1.12.0

صدیقی، ا.، سلمان‌ماهینی، ع.، دلیری، ح.، دی‌فث، ب.، و میرکریمی، ح. (۱۴۰۰). تحلیل جایگاه سناریوپردازی در آینده‌نگاری و ارائه چارچوب آینده‌پژوهی و روش‌های کمی و کیفی آن. *مدیریت راهبردی و آینده‌پژوهی*، دوره ۴، شماره ۲، صص ۲۷-۱.

صفایی‌پور، م.، و شنبه‌پور، ف. (۱۳۹۸). آینده‌نگاری توسعه شهری مبتنی بر سناریونویسی (مطالعه موردی: کلان‌شهر اهواز). *جغرافیا و روابط انسانی*، دوره ۲، شماره ۳، صص ۴۷۵-۴۵۶. Doi:20.1001.1.26453851.1398.2.3.29.1

طالبی‌اسکندری، س.، و میرنظامی، ج. (۱۳۹۹). بازتخصیص خاموش آب در حوضه زاینده‌رود. *تحقیقات منابع آب ایران*، سال ۱۶، شماره ۲، صص ۳۱۱-۲۹۲. Doi:20.1001.1.17352347.1399.16.2.20.6

علی‌بیگی، ج.، جلالیان، ح.، عزیزپور، ف.، و مهدی‌زاده، ح. (۱۳۹۷). شناسایی عوامل کلیدی آینده‌پژوهی اثرات اجرای طرح انتقال آب رودخانه سیروان (طرح سامانه گرمسیری) بر تحولات مکانی- فضایی (مطالعه موردی: شهرستان مهران- استان ایلام). *تحقیقات منابع آب ایران*، سال ۱۴، شماره ۳، صص ۱۳۲-۱۱۸.

غزالی، م.، روزبهانی، ع.، هنر، ت.، و محمدی، ف. (۱۳۹۴). اولویت‌بندی سناریوهای تخصیص آب سد زاینده‌رود به مصرف‌کنندگان مختلف؛ با رویکرد مدل‌های خبره‌ی تصمیم‌گیری چند شاخصه. *مدیریت آب و آبیاری*، دوره ۵، شماره ۱، صص ۱۱۳-۹۷. Doi:10.22059/JWIM.2015.55220

غفاری‌مقدم، ز.، مرادی، ا.، هاشمی‌تبار، م.، و سردارشهرکی، ع. (۱۴۰۰). تحلیل بر بحران آب در بخش کشاورزی منطقه سیستان در سناریوهای مختلف: رهیافت آینده‌پژوهی. *پژوهش آب در کشاورزی*، جلد ۳۵، شماره ۲، صص ۲۱۷-۲۰۱. Doi:10.22092/jwra.2021.354315.864

غنیان، م.، و جابری، س. (۱۳۹۵). شاخص‌ها و نشانگرهای حکمرانی خوب در مدیریت منابع آب کشاورزی. *دانش غذا و کشاورزی*، سال ۱۴، شماره ۱۴۹، صص ۲۴-۲۰.

مرجانی‌بجستانی، م.، اکبری، م.، قربانپوردشتکی، ع.، و چمانده، م. (۱۳۹۹). اولویت‌بندی پیشران‌های مدیریت فضای سبز مبتنی بر آینده‌پژوهی و برنامه‌ریزی سناریو در شرایط بحران منابع آب. *جغرافیا و توسعه‌ی فضای شهری*، سال ۷، شماره ۲، صص ۸۶-۶۵. Doi:10.22067/JGUSD.2021.48275.0

مؤمنی، ف.، دشتبانی، س.، و بانوئی، ع. ا. (۱۳۹۶). اهمیت بخش کشاورزی در حفظ تعادل اقتصادی- اجتماعی ساختار شهری و روستایی ایران. *اقتصاد فضا و توسعه روستایی*، سال ۶، شماره ۴، صص ۴۶-۱۷.

مهراب‌قوچانی، ا.، دبیری، د.، و غنیان، م. (۱۳۹۸). بررسی کلان‌پیشران‌های مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی ایران. *سیاستگذاری عمومی*، دوره ۵، شماره ۲، صص ۷۸-۵۹. Doi:10.22059/PPOLICY.2019.72272

میرزایی، ش. (۱۳۹۷). معرفی همبست (Nexus) و نقش آن در پایداری منابع. *آب و توسعه پایدار*، سال ۵، شماره ۱، صص ۱۴۶-۱۴۵. Doi:10.22067/JWSD.V5I1.75946

Abdullah, L., Mohd Pouzi, H., and Awang, N. A. (2023). Intuitionistic fuzzy DEMATEL for developing causal relationship of water security. *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics*, 16(3), 520-544. Doi: 10.1108/IJICC-11-2022-0296.

Abroshan, H., Wisnes, T., Michelsen, D., Kishta, A., and Krasniqi, N. (2022). Water management to improve resilience of food production: System dynamics approach for greater Adelaide. 40th International System Dynamics Conference, July 18-22th, Frankfurt, Germany.

Allam, M. M., and Eltahir, E. A. (2019). Water-energy-food nexus sustainability in the upper blue nile (UBN) basin. *Frontiers in Environmental Science*, 7(5), 1-13. Doi: 10.3389/fenvs.2019.00005.

Babuna, P., Yang, X., Tulcan, R. X. S., Dehui, B., Takase, M., Guba, B. Y., ..., and Li, M. (2023). Modeling water inequality and water security: The role of water governance. *Journal of Environmental Management*, 326, 116815. Doi: 10.1016/j.jenvman.2022.116815.

Biggs, E. M., Bruce, E., Boruff, B., Duncan, J. M., Horsley, J., Pauli, N., Mc_Neill, K., Neef, A., Van_Ogtrop, F., Curnow, J., Haworth, B., Duce, S., and Imanari, Y. (2015). Sustainable development and the water–energy–food nexus: A perspective on livelihoods. *Environmental Science & Policy*, 54, 389-397. Doi: 10.1016/j.envsci.2015.08.002.

De Andrade, J. B. S. O., Berchin, I. I., Garcia, J., da Silva Neiva, S., Jonck, A. V., Faraco, R. A., ... and Ribeiro, J. M. P. (2021). A literature-based study on the water–energy–food nexus for sustainable development. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment,* 35(1), 95-116. Doi: 10.1007/s00477-020-01772-6.

El-Gafy, I. (2017). Water–food–energy nexus index: Analysis of water–energy–food nexus of crop's production system applying the indicators approach. *Applied Water Science*, 7(6), 2857-2868. Doi: 10.1007/s13201-017-0551-3.

Ghanian, M. (2022). Exploring the food, energy, and water governance in South West Iran. *Regional Science Policy & Practice*, 1-16. Doi: 10.1111/rsp3.12578.

Hoolohan, C., Soutar, I., Suckling, J., Druckman, A., Larkin, A., and McLachlan, C. (2019). Stepping up innovations in the water–energy–food nexus: A case study of anaerobic digestion in the UK. *The Geographical Journal*, 185(4), 391-405. Doi: 10.1111/geoj.12259.

Hussen, B., Mekonnen, A., and Pingale, S. M. (2018). Integrated water resources management under climate change scenarios in the sub-basin of Abaya-Chamo, Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4(1), 221-240. Doi: 10.1007/s40808-018-0438-9.

Komendantova, N., Marashdeh, L., Ekenberg, L., Danielson, M., Dettner, F., Hilpert, S., Wingenbach, C., Hassouneh, K., and Al-Salaymeh, A. (2020). Water–energy nexus: Addressing stakeholder preferences in Jordan. *Sustainability*, 12(15), 1-16. Doi: 10.3390/su12156168.

Li, H., Yu, D., Shuang, W., Zhaolong, Z. h., and Musa, A. A. (2021). Goal programming model for optimal water allocation of limited resources under increasing demands. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 5956-5984. Doi: 10.1007/s10668-020-00856-1.

Musa, A. A. (2021). Goal programming model for optimal water allocation of limited resources under increasing demands. *Environment, Development and Sustainability,* 23(4), 5956-5984. Doi: 10.1007/s10668-020-00856-1.

Nicol, A. (2000). *Adopting a sustainable livelihoods approach to water projects: implications for policy and practice.* UK: Overseas Development Institute.

Rabie, T., and Curtis, V. (2006). Handwashing and risk of respiratory infections: A quantitative systematic review. *Tropical medicine & international health*, 11(3), 258-267. Doi: 10.1111/j.1365-3156.2006.01568.x.

Ringler, C., Bhaduri, A., and Lawford, R. (2013). The nexus across water, energy, land and food (WELF): potential for improved resource use efficiency?. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6), 617-624. Doi: 10.1016/j.cosust.2013.11.002.

Shadkam, S., van Oel, P., Kabat, P., Roozbahani, A., and Ludwig, F. (2020). The water-saving strategies assessment (WSSA) framework: An application for the Urmia Lake restoration program. *Water*, 12(10), 2789. Doi: 10.3390/w12102789.

Tian, H., Lu, C., Pan, S., Yang, J., Miao, R., Ren, W., ..., and Melillo, J. (2018). Optimizing resource use efficiencies in the food–energy–water nexus for sustainable agriculture: From conceptual model to decision support system. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, (33), 104-113. Doi: 10.1016/j.cosust.2018.04.003.

Wong, T. (2023). Tackling climate risks to urban water security in coastal cities in Asia. *Climate risks to water security: Framing effective response in Asia and the pacific*, pp. 89-117. Cham: Springer International Publishing. Doi: 10.1007/978-3-031-16648-8_5.

Article Type: Research Article **DOR:** 20.1001.1.20081758.1402.19.1.5.5

Developing Scenarios for the Reallocation of Water Resources in the Agriculture Sector in the Karun-e-Bozorg basin; Application of Water-Food-Energy Nexus

S. Jaberi[1], M. Ghanian[2*], M. Mardani-Najafabadi[3] and M. Shabani-Galoogerdi[4]

(Received: Feb. 22. 2023; Accepted: Apr. 29. 2023)

Abstract

Khuzestan province, with its abundant flowing water and fertile lands, is the largest producer of food in the country and plays a decisive role in the country's food security. However, over the last two decades, the water resources situation in this province has undergone fundamental changes in terms of quantity and quality, similar to other regions of the country. This research aims to present different scenarios for the reallocation of agricultural water resources in relation to the water-food-energy nexus in the Karun-e-Bozorg basin. This applied research uses a mixed methods approach based on the Cross-Impact Balance analysis methodology. The participants in this study included experts in the fields of water, food, and energy, who were selected using a purposeful sampling method. Primary driving forces were identified using expert opinion and a systematic review of authoritative sources. Interaction judgment matrices were designed based on the identified driver forces. After completing and weighing the matrices by a panel of respondents, data was analyzed using MIC-MAC and Scenario Wizard software. In this research, six driving forces were identified as key factors in the reallocation of agricultural water resources based on the water-food-energy nexus in the Karun-e-Bozorg basin. Finally, while presenting three main scenarios, suggestions have been presented for improving the reallocation system of water resources between water, food, and energy sectors in the study area.

Keywords: Scenario planning, Future research, Reallocation of water resources, Water-food-energy nexus, Karun-e-Bozorg.

[1] Ph.D. Student, Department of Agricultural Extension and Education, Agricultural Science and Natural Resources University of Khuzestan, Molasani, Iran.

[2] Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Agricultural Science and Natural Resources University of Khuzestan, Molasani, Iran.

[3] Associate Professor. Department of agricultural economics, Agricultural Science and Natural Resources University of Khuzestan, Molasani, Iran.

[4] Master of Science, Khuzestan Water and Electricity Association, Ahvaz, Iran.

[*] Corresponding Author, Email: m_ghanian@asnrukh.ac.ir

This Journal is an open access Journal Licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 405)