

Scenarios for the Application of Virtual Water in the Local Governance of Isfahan Province with a Future Research Approach

A. Mottaghi^{1*}, M. Yosefi Shatori², A. Ghorbani Sepehr³

1, 2, 3- Professor, Ph.D. Student, and Postdoctoral Researcher in Political Geography, Faculty of Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: a.mottaghi@khu.ac.ir)

Received: 07-04-2024

Revised: 06-11-2024

Accepted: 10-11-2024

Available Online: 19-12-2024

سناریوهای فراروی کاربری آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان با رویکرد آینده‌پژوهی

افشین متقی^۱، محمد یوسفی شاتوری^۲، آرش قربانی سپهر^۳

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانشجوی دکترا و محقق پسادکترای جغرافیای سیاسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

*(نویسنده‌ی مسئول، (E-Mail: a.mottaghi@khu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۱۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۹/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰

Abstract

Isfahan Province is located in the arid and semi-arid region of Iran and is considered one of the country's leaders in the production and export of agricultural and industrial products. These characteristics have created challenges for local governance in this province. In the current research, the upcoming scenarios in the field of virtual water application in the local governance of Isfahan province have been investigated using a future research approach. This research is descriptive-analytical, and data were collected through library and field methods and analyzed using Micmac, Scenario Wizard, and Vensim software. The results of the research showed that coordination between various institutions and stakeholders, management of water resources in the agricultural sector in line with other sectors, the collective interest approach, development of water-intensive industries, climate change, rainfall patterns, and population size are among the key variables affecting the use of virtual water in local governance of Isfahan province. In the analysis of key drivers and possible scenarios, the output of the Scenario Wizard software showed that out of the 18 situations on the scenario page, the largest number of situations are related to scenarios that put the local governance of Isfahan province on a crisis path. These situations comprise 38.88 percent of the total situations on the scenario page. Therefore, the future situation of virtual water use in Isfahan province was assessed as critical.

Keywords: Virtual Water, Local Governance, Crisis Scenario, Isfahan Province.

چکیده

استان اصفهان در منطقه خشک و نیمه‌خشک ایران واقع است و در زمینه تولید و صادرات محصولات کشاورزی و صنعتی از پیشتازان کشور محسوب می‌شود. این ویژگی‌ها چالش‌هایی را برای حکمرانی محلی در این استان ایجاد کرده است. در پژوهش حاضر سناریوهای پیش‌رو در زمینه کاربرد آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان با رویکرد آینده‌پژوهی را بررسی شده است. این پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی بوده و داده‌ها از طریق روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده‌اند. سپس، تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای میک‌مک، سناریویزارد و ونسیم انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد هماهنگی میان نهادها و ذی‌نفعان مختلف، مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی به‌طور هم‌راستا با سایر بخش‌ها، رویکرد منافع جمعی، توسعه صنایع آب‌بر، تغییرات اقلیمی، الگوی بارش و میزان جمعیت، از جمله متغیرهای کلیدی مؤثر در کاربرد آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان هستند. در تحلیل پیش‌ران‌های کلیدی و سناریوهای محتمل، خروجی نرم‌افزار سناریویزارد نشان داد از ۱۸ وضعیت موجود در صفحه سناریو، بیشترین تعداد وضعیت‌ها به سناریوهایی مربوط می‌شوند که حکمرانی محلی استان اصفهان را در مسیر بحران قرار می‌دهند. این وضعیت‌ها ۳۸/۸۸ درصد از کل وضعیت‌های صفحه سناریو را شامل می‌شوند. بنابراین، وضعیت آینده کاربرد آب مجازی در استان اصفهان بحرانی ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، حکمرانی محلی، سناریوی بحرانی، استان اصفهان.

فعالیت‌های اقتصادی متنوع دیگری به صادرات آب می‌انجامد. از طرفی به علت آنکه ما در عصر صنعتی زندگی می‌کنیم و تولید محصولات صنعتی دوره روبه‌رشدی را تجربه می‌کند، سهم فزاینده‌ای از تجارت بین‌الملل را به خود اختصاص داده است (Hou و همکاران، ۲۰۲۳). مطالعات اخیر این نگرانی را ایجاد کرده است که تأثیر نامطلوب تجارت جهانی آب مجازی بر کاهش آب ممکن است خطرات بالقوه‌ای برای تجارت مواد غذایی و امنیت آب در آینده ایجاد کند (Tian و همکاران، ۲۰۲۳).

باتوجه به توزیع محدود و نابرابر منابع آب شیرین در ایران، آب مجازی به معنای مقدار آب مورد نیاز برای تولید محصولات و خدمات که به‌طور گسترده به‌عنوان یک شاخص ارزیابی کمی در زنجیره تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد، نقش بسیار مهمی را در مکانیسم جریان آب در زمینه تجارت اقتصادی بازی می‌کند. علاوه بر این، امروزه باتوجه به گسترش تولید و مصرف و سرعت گرفتن جهانی شدن، نقش بسیار مهمی را در مقیاس‌های محلی، ملی و جهانی دارد (Sun و همکاران، ۲۰۲۱).

اصفهان استانی نیمه‌خشکی، در مرکز ایران است که با روند رو به افزایش بحران آب مواجه است و صادرات آب مجازی از این استان به دیگر شهرها و استان‌های کشور مسأله آب را در این استان در صدر مباحث امنیتی شدن قرار داده و حکمرانی محلی را در آن با بحران روبه‌رو کرده است. اصفهان به‌عنوان استان پیش‌تاز صنعتی و کشاورزی کشور، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی آن نه تنها رقابت بین شهرهای این استان و مکان‌های مختلف جغرافیایی را در بر داشته است، بلکه باعث رقابت بین بخش‌های مختلف صنعت، کشاورزی، خدمات و ... در این استان شده است.

مسأله بحران و امنیت آب در استان اصفهان، اهداف، برنامه‌ها و سیاست‌های توسعه‌ای استان مطابق با پتانسیل و ظرفیت آن را مختل کرده است و حکمرانی محلی را در آن به چالش کشده است. در این راستا پژوهش حاضر با طرح این سوال که عوامل تأثیرگذار کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان کدام است؟ به شناسایی این عوامل و عوامل کلیدی موثر بر کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان می‌پردازد. در نهایت با بهره‌گیری از عوامل کلیدی محتمل‌ترین سناریوی فراروی کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان را تدوین و به تحلیل محتمل‌ترین سناریوهای ممکن می‌پردازد.

مبانی نظری

- آب مجازی

آب مجازی برای اولین بار توسط آن در سال ۱۹۹۳ مطرح شد (Allan، ۱۹۹۶). این مفهوم طی سال‌های اخیر اغلب مورد توجه سیاست‌گذاران، تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان قرار گرفته است.

با توسعه اقتصادی و ارتقای سطح زندگی انسان‌ها، تقاضا برای منابع آب هر ساله افزایش می‌یابد (Xue و همکاران، ۲۰۲۰؛ Sun و همکاران، ۲۰۲۱). رشد سریع جمعیت جهان، تغییر سبک زندگی انسان و روش‌های غیرمنطقی در استخراج و بهره‌برداری از منابع آب به همراه تغییرات اقلیمی و آب و هوایی، امروزه منابع آبی را تحت فشار فزاینده‌ای قرار داده است (Ma و همکاران، ۲۰۲۰). با رشد شهرنشینی، صنعتی شدن و فشارهای کم آبی مرتبط با آن چالش‌های بی‌شماری را در حوزه امنیت آب ایجاد کرده (Wang و همکاران، ۲۰۱۹) و سرعت کاهش منابع آب را تسریع کرده است (Li و Ma، ۲۰۲۰).

باتوجه به این که منابع آب شیرین تنها ۲/۵ درصد از کل منابع آب جهانی را شامل می‌شوند، این مقدار کم به واسطه عوامل متعددی از جمله فعالیت‌های انسانی، تغییرات آب‌وهوایی و مجموعه عوامل دیگر دچار روند کاهش است که نشان دهنده تشدید کمبود آب و مشکلات آلودگی آب است و موجب ایجاد مسائلی از جمله توسعه اقتصادی محدود، عدم پایداری محیط‌زیستی و ناامنی غذایی در مقیاس جهانی شده است (Sun و همکاران، ۲۰۲۱). پایداری در استفاده از آب شیرین تنها شامل جریان فیزیکی و ذخیره آب، نیست (Du و همکاران، ۲۰۲۲)، بلکه آب مجازی در قالب تولید و صادرات محصولات کشاورزی و صنعتی و خدمات در امنیت منابع آب در یک مکان نقش بسزایی دارد.

آب در کشورهای آسیایی و آفریقایی نقش بسیار مهمی در تحول و توسعه پایدار دارد (Qadir و همکاران، ۲۰۰۷). شهرهای آسیایی و آفریقایی با مشکلات دوگانه آب مواجه هستند. از یک طرف خطر در دسترس بودن آب (کمیت و کیفیت) که با تغییرات آب‌وهوایی تشدید شده است و از طرف دیگر تقاضای روزافزون آب به دلیل رشد اقتصادی و جمعیتی این شهرها (Du و همکاران، ۲۰۲۲)، به چالش بحران آب در شهرهای این کشورها دامن زده است.

کشور ایران یکی از کشورهای خشک و نیمه‌خشک واقع در آسیا است که محدودیت منابع آبی در آن عملکرد اکولوژیکی رودخانه‌ها و دریاچه‌ها را تغییر داده و اثرات سوء محیط‌زیستی آن به شدت تحت تأثیر منابع آبی و جریان‌های هیدرولوژیکی قرار گرفته است (Zarei، ۲۰۲۰؛ Moridi، ۲۰۱۷) و بخشی از منابع آب محدود خود را در قالب آب مجازی صادر می‌کند.

از زمان طرح آب مجازی در سال ۱۹۹۳ این مفهوم و کاربردهای تجربی آن بیشتر به تولید محصولات کشاورزی مربوط می‌شد (Kumar و همکاران، ۲۰۰۵). اما واقعیت آن است که تقسیم منابع آب مجازی امکان تمرکز بر سایر بخش‌های اقتصادی غیر از فعالیت‌های کشاورزی را فراهم می‌کند. اگر چه کشاورزی بیشترین سهم را در صادرات آب مجازی به خود اختصاص داده است،

(Allan, ۲۰۰۳؛ Xue و همکاران، ۲۰۲۰؛ Wichelns، ۲۰۱۰؛ Sun و همکاران، ۲۰۲۱؛ Williams و Al-Hmoud، ۲۰۱۵). بنابراین، آب مجازی به آب شیرین مصرف شده برای تولید یک محصول یا ارائه خدمات (Song و همکاران، ۲۰۲۰؛ Ma و همکاران، ۲۰۲۰) اشاره دارد. به عبارتی آب مجازی، آبی است که در یک محصول تجسم شده باشد. لازم به ذکر است که در ادبیات مربوط به آب مجازی نظرات مختلفی وجود دارد. در همین راستا، آلن اظهار داشت که "آب مجازی چیزی شبیه به مفهوم مزیت نسبی است." لانت پیشنهاد کرد آب مجازی عبارت بهینه برای توصیف فرصت‌های بهبود مدیریت آب با محاسبه آب موجود در تولید کالا است. از نظر وی، تجارت آب مجازی نیز کاربرد اصول اساسی جغرافیای اقتصادی است. از سوی دیگر، ویج لِنز استدلال کرد که آب مجازی صرفاً یک استعاره است، نه یک مفهوم، زیرا فقط به صرف آب می‌پردازد، او استدلال کرد که "آب مجازی" آب واقعی است و تجارت آب مجازی جز تجارت غذا وجود ندارد. هورلمن و نوبرت اشاره کردند که طبق نظریه هکسچر-اوهلین، تجارت بین‌المللی مطابق با مزیت‌های هزینه نسبی تنظیم می‌شود. همانطور که در بسیاری از کشورها قیمت آب یا وجود ندارد یا آنقدر پایین است که به هیچ وجه ارزش آب را منعکس نمی‌کند، تجارت فعلی آب مجازی با مزیت‌های هزینه نسبی تنظیم نمی‌شود، بلکه با کمبود مطلق آب تنظیم می‌شود. آنها استدلال کردند اگر ارزش اقتصادی مناسبی برای آب یا عرضه آن قائل شود، نیازی به یک استراتژی تجارت مجازی آب تحت یک سیاست ترویجی خاص وجود نخواهد داشت؛ زیرا تجارت خود را مطابق با مزیت‌های هزینه نسبی تنظیم می‌کند (Yang و Zehnder، ۲۰۰۷).

تحقیقات در مورد آب مجازی را می‌توان به مقیاس جهانی، مقیاس منطقه‌ای، مقیاس ملی و مقیاس محلی تقسیم کرد. تحقیقات تجارت آب مجازی در مقیاس جهانی، همه کشورهایی را که آب مجازی وارد یا صادر می‌کنند، در نظر می‌گیرد. در این مقیاس، علاوه بر کمی کردن حجم تجارت آب مجازی و تحلیل الگوهای تجارت آب مجازی جهانی، محرک‌های شکل‌گیری الگوی تجارت و ارزیابی مجازی جریان آب نیز مورد مطالعه قرار گرفته است. در مقیاس منطقه‌ای شامل اکتشاف جریان‌های آب مجازی در میان کشورهای متعدد در یک منطقه است، مانند تأثیر جریان‌های آب مجازی در میان کشورهای اتحادیه اروپا بر منابع آب منطقه‌ای، کشاورزی و سیاست‌های تجاری یا وضعیت تجارت آب مجازی بین کشورها در یک حوضه را می‌توان از عمده‌ترین مباحث مطالعه آب مجازی در این مقیاس قلمداد کرد. به عنوان مثال می‌توان به صرفه‌جویی در مصرف آب از طریق تجارت نیز در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا اشاره نمود. مطالعه آب مجازی در مقیاس ملی شامل وضعیت جریان آب مجازی بین یک کشور و شرکای تجاری آن می‌شود که الگوهای تجارت آب مجازی تحت

تأثیر عوامل محیطی و اجتماعی-اقتصادی است و تکامل تجارت آب مجازی در یک کشور در طول زمان، در مورد اینکه آیا یک کشور می‌تواند با محاسبه محتوای آب مجازی به خودکفایی در عرضه محصولات کشاورزی دست یابد، مورد بررسی قرار می‌دهد (Sun و همکاران، ۲۰۲۱).

به‌طور کلی، آب مجازی ابزار مهمی برای متعادل کردن منابع آب است و به منابع آب متراکم در یک محصول اشاره دارد. در این راستا، یک کشور یا منطقه می‌تواند از طریق تجارت بین‌المللی محصولات پر مصرف آب را از کشور یا منطقه دیگری خریداری کند تا آب مجازی از طریق تجارت منتقل شود. علاوه بر این، تجارت آب مجازی نه تنها به کشورهای دارای کمبود آب در صرفه‌جویی در منابع آب کمک می‌کند، بلکه به رشد تجارت کشورهای صادرکننده آب مجازی کمک می‌کند (Wang و همکاران، ۲۰۱۹؛ Xue و همکاران، ۲۰۲۰).

دو دیدگاه و رویکرد متفاوت نسبت به آب مجازی وجود دارد: در دیدگاه اول آب مجازی آبی است که در واقع برای تولید کالا یا خدمات استفاده می‌شود و این بستگی به زمان و مکان تولید کالا دارد. به عنوان مثال یک کیلوگرم غلات در یک کشور خشک دو یا سه برابر همین مقدار گندم در یک کشور مرطوب به آب نیاز داشته باشد. رویکرد دوم، رویکرد وارد کردن به جای تولید است. به این ترتیب در این رویکرد این سوال مطرح است اگر محصولی را به جای اینکه خودمان تولید کنیم، وارد کنیم، چقدر آب صرفه‌جویی می‌شود؟ (Han و همکاران، ۲۰۲۳).

- حکمرانی محلی آب

حکمرانی خوب برای بخش آب ضروری است (Tortajada، ۲۰۱۰). بر این اساس، حکمرانی آب که با مدیریت منابع آب موضوعاتی به هم وابسته هستند، همواره در زمره بالاترین و اساسی‌ترین راهبردهای حیاتی بشر محسوب می‌شود که امروزه در کانون توجه اغلب سیاست‌مداران، مدیران، برنامه‌ریزان، اندیشمندان و حتی عموم مردم قرار گرفته است (ولی سامانی و مریدنژاد، ۱۳۹۵). برای حکمرانی آب در سیاست‌گذاری شبکه‌های محلی، دولت باید ضمن مشارکت مردم، مدیریت یکپارچه‌ای را در اعمال تقسیم آب دنبال کند. علاوه بر این، بی‌توجهی به جوامع محلی در روند سیاست‌گذاری‌های منابع آبی، موجب خسارات شدیدی به جوامع محلی شده و در برخی موارد مهاجرت‌های ناشی از آن و بالارفتن تقاضا برای منابع در راستای سیاست افزایش جمعیت شده است (بدیسار و همکاران، ۱۳۹۹؛ افسری و همکاران، ۱۳۹۶). حکمرانی آب سیستم‌های متعدد سیاسی، اجتماعی، اقتصادی بوده (اسکوهی و اسماعیلی، ۱۴۰۰) که افراد و نهادهای مختلف از این مفهوم به راه‌های مختلفی در زمینه‌های گوناگون فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی، حقوقی و سیاسی استفاده می‌کنند.

به این ترتیب، حکمرانی آب را می‌توان به معنای وسیع آن در برگیرنده امور اجتماعی، سازمان‌ها و نهادهای سیاسی، اقتصادی، اداری و نیز روابط آنها با توسعه و مدیریت منابع آب در نظر گرفت که از طریق آنها دولت، بخش خصوصی و جامعه مدنی در مورد بهترین روش‌های استفاده، تخصیص، توسعه و مدیریت منابع آب تصمیم می‌گیرند (Tortajada, 2010). در مقیاس محلی به عنوان یک تفکیک فضایی مفید که برای درک فرایندها و اقداماتی که در محدوده‌های جغرافیایی کوچک‌تر از «منطقه‌ای» رخ می‌دهد، می‌باشد (Gao, 2020). در زمینه حکمرانی آب در مقیاس محلی، حکمرانی پایدار بر تمام جنبه‌ها و اولویت‌های سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و فضایی تعریف می‌شود که به معنای دسترسی به آب در سطح محلی می‌باشد (سالاری و همکاران، 1394؛ Bayu و همکاران، 2020). بنابراین، حکمرانی آب که متأثر از ذی‌مدخلان از جمله سیاست‌گذاران است، دارای مقیاس‌های جغرافیایی از محلی تا منطقه‌ای و ملی بوده که حکمرانی محلی آب مبتنی بر جوامع محلی از جمله کارشناسان، دستگاه‌های دولتی، سمن‌ها و نمایندگان جوامع محلی است. بر این اساس، باتوجه به تمرکزگرایی که با نگاه ملی به مدیریت منابع آب وجود دارد و اغلب مانع از حکمرانی محلی آب می‌شود، سیستم مدیریت منابع آب قادر است تا با یک روند تمرکززدایی از قدرت موجب خلق نگاه محلی به مدیریت منابع آب شود. از این روی، با سیاست‌گذاری پایدار بر روی منابع آب که مستلزم به رسمیت شناختن نهادهای غیر رسمی و محلی در چارچوب حقوقی می‌باشد، نقش بازیگران محلی با نفوذ که تأثیر بسزایی بر خروجی‌های سیاستی دارند، به خوبی در نظر گرفته می‌شود. به این ترتیب، حکمرانی محلی آب یک رویکرد مشارکتی از پایین به بالا در مدیریت منابع آبی محسوب می‌شود که باید در این حکمرانی همه ذی‌مدخلان از جمله کشاورزان محلی تا دارندگان و خواهندگان آب در این سیستم در نظر گرفته شوند که در نهایت، این امر مستلزم به رسمیت شناختن نهادهای غیررسمی و محلی در چارچوب حقوقی با در نظر گرفتن سه مؤلفه رویکردهای فرهنگی و اخلاقی به شیوه‌های مدیریتی آب و خاک است (هاشمی، 1401).

- روش شناسی

پژوهش حاضر ماهیت کاربردی دارد. داده‌های مورد نیاز با روش کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری و با رویکرد ترکیبی کمی-کیفی (آمیخته) و تحلیل ساختاری و بهره‌گیری از نرم‌افزارهای میک‌مک^۱ و سناریوويزارد^۲ مورد واکاوی قرار گرفت. در پژوهش حاضر، ابتدا با مراجعه به منابع کتابخانه‌ای، مهمترین متغیرهای تاثیرگذار بر کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان شناسایی و از طریق مصاحبه با خبرگان صحت

آنها بررسی شد. سپس پرسشنامه پژوهشگر ساخته‌ای در قالب ماتریس تحلیل اثرات، تنظیم و در نرم‌افزار میک‌مک میزان ارتباط متغیرها با حوزه مربوط به آن توسط خبرگان شناسایی و شش متغیر به عنوان متغیرهای کلیدی پژوهش شناسایی شدند. در مجموع 24 حالت برای شش متغیر کلیدی در نظر گرفته شد. بر پایه متغیرهای کلیدی و حالت‌های گوناگون آن پرسشنامه‌ای به صورت متقاطع، طراحی و در اختیار جامعه آماری پژوهش قرار گرفت. پرسشنامه‌های تکمیل شده در نرم‌افزار سناریوويزارد از طریق دستور گروه وارد شد. وزندهی به پرسشنامه به صورت مقایسه‌ای زوجی و میزان ارتباط بین متغیرها با اعداد بین 3- تا 3 سنجیده شد. سید سناریوهای فراروی کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان شناسایی و سناریوهای با سازگاری قوی تحلیل شدند. محتمل‌ترین سناریو شناسایی و راهکارهای مناسب با محتمل‌ترین سناریو تدوین شد. در نهایت نتایج تحقیق در نرم‌افزار ونسیم^۲ شبیه‌سازی شد. لازم به ذکر است روایی پرسشنامه‌های تنظیم شده توسط خبرگان تأیید شد. در جدول (۱) که نشان‌دهنده توزیع تعداد خبرگان دانشگاهی و اجرایی در حوزه‌های مختلف تخصصی در زمینه منابع آب و مرتبط با آن است. در بخش خبرگان دانشگاهی، افراد با تخصص‌های مختلف مانند مهندسی منابع آب، جغرافیای سیاسی، حقوق آب، و علوم سیاسی و روابط بین‌الملل حضور دارند. در بخش خبرگان اجرایی نیز، سازمان‌ها و نهادهای مختلف مانند استانداری استان اصفهان، جهاد کشاورزی، وزارت نیرو، و آب منطقه‌ای استان اصفهان مشارکت دارند. این جدول نشان‌دهنده هم‌راستایی میان تخصص‌های دانشگاهی و اجرایی در حوزه منابع آب است و تعداد افراد متخصص در هر حوزه را بر اساس سازمان‌های مربوط به آن نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات جامعه آماری پژوهش

خبرگان دانشگاه		خبرگان اجرایی	
حوزه تخصصی	تعداد	سازمان	تخصص
مهندسی	۳	استانداری	علوم اجتماعی
منابع آب	۱	استان اصفهان	علوم سیاسی
جغرافیای سیاسی	۱۰	جهاد کشاورزی استان اصفهان	مهندسی منابع آب
حقوق آب	۱	منابع طبیعی و آبخیزداری استان اصفهان	مهندسی کشاورزی (گرایش آب)
علوم سیاسی و روابط بین‌الملل	۵	وزارت نیرو	مهندسی منابع آب
		آب منطقه‌ای استان اصفهان	مهندسی منابع آب

- شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان

در مرحله نخست پس از بررسی پژوهش‌های انجام شده، مستندات و پیشینه پژوهش در قالب کتاب، مقاله، اسناد و مدارک، متغیرهای مؤثر بر کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان توسط پژوهشگران شناسایی شد. سپس متغیرهای شناسایی شده مورد آزمایش قرار گرفت. به این صورت که با خبرگان پژوهش، مصاحبه نیمه ساختار یافته برای بررسی متغیرهای شناسایی شده، انجام و متغیرها بررسی شدند. در این مرحله شماری از متغیرها حذف، برخی اضافه و تعدادی در هم ادغام شدند. سرانجام تعداد ۳۱ متغیر تأثیرگذار بر کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان در قالب چهار بعد مدیریتی، اقتصادی- فنی، جغرافیایی- طبیعی و سیاسی- اجتماعی براساس جدول (۲) شناسایی و تنظیم شد. شایان ذکر است میانگین اهمیت متغیرها بر اساس امتیازاتی که نخبگان به رابطه متغیرها داده‌اند، می‌باشد.

- تحلیل سیستم و تعیین تأثیرگذاری-تأثیرپذیری متقابل متغیرها بر یکدیگر

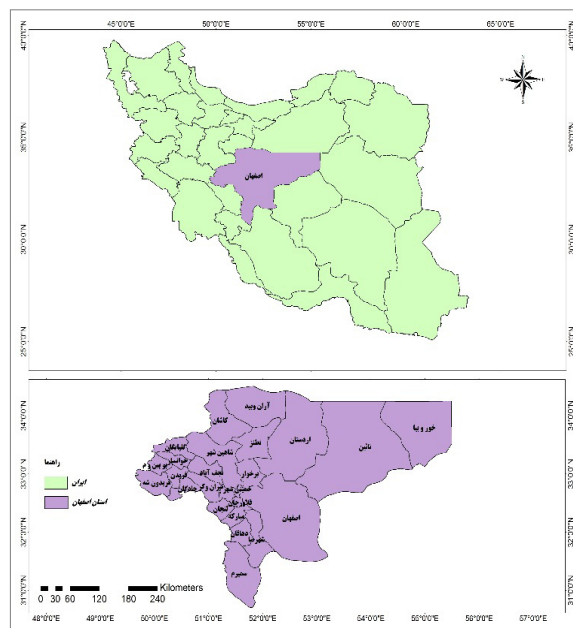
در این پژوهش پس از شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر کاربست آب مجازی در استان اصفهان، پرسشنامه پژوهشگر ساخته‌ای در قالب ماتریس اثرات متقاطع تنظیم و در اختیار خبرگان پژوهش قرار گرفت تا با بهره‌گیری از نظر خبرگان دانشگاهی و مدیران اجرایی به بررسی میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متغیرها پرداخته شود. نتایج پرسشنامه وارد نرم‌افزار میک‌مک شد. خروجی این نرم‌افزار شش متغیر کلیدی مؤثر بر کاربست آب مجازی در حکمرانی آب در استان اصفهان را نشان داد.

جدول (۳) نشان‌دهنده تحلیل اولیه داده‌های ماتریس اثرات متقابل است. این ماتریس با ابعاد ۳۲×۳۲، تعاملات مختلف بین شاخص‌ها و ابعاد مختلف را بررسی می‌کند. در این جدول، تعداد تکرارهای مختلف برای هر میزان اثر (صفر، یک، دو، سه و P) مشخص شده است. به‌طور خاص، تعداد ۱۷۴ مورد با مقدار صفر، ۲۴۳ مورد با مقدار یک، ۱۳۵ مورد با مقدار دو و ۳۱۰ مورد با مقدار سه ثبت شده است. در نهایت، جمع کل مقادیر ۹۱۶ بوده و درصد پُرشدگی ماتریس نیز ۹۲٫۸۸٪ محاسبه شده است. این اطلاعات نشان‌دهنده میزان کامل بودن و پُرشدگی ماتریس اثرات متقابل در تحلیل داده‌ها است.

علاوه بر این، این نتایج گویای آن هستند که تعداد روابط با اثرگذاری زیاد نسبت به دیگر روابط بیشتر است و روابط با تأثیر بالقوه، درصد کمی از مجموع روابط را به خود اختصاص داده است.

شایان ذکر است به دلیل آنکه این مقاله در حوزه دانش هیدروپلیتیک که زیرشاخه‌ای از جغرافیای سیاسی می‌باشد، به نگارش درآمده است، بیشترین تعداد جامعه آماری را به خود اختصاص داده است.

استان اصفهان با مساحتی حدود ۱۰۷۰۱۹ کیلومتر مربع (۶/۵۵ درصد از مساحت کل کشور) می‌باشد که این استان در مرکز ایران واقع شده و از شمال به استان‌های مرکزی، قم و سمنان از جنوب به استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد از شرق به استان‌های یزد و خراسان جنوبی و از غرب به استان‌های لرستان و چهارمحال و بختیاری محدود است. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری، این استان دارای ۲۴ شهرستان بوده که مرکز آن شهر اصفهان است. این استان بعد از استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان، یزد، فارس و خراسان رضوی از نظر وسعت در رتبه هفتم قرار دارد و از منظر جمعیتی از استان‌های پر جمعیت کشور بوده و طی چند دهه اخیر به سبب تحولات اقتصادی ناشی از سرمایه‌گذاری‌های کلان ملی و توسعه یافتگی، جمعیت غیر بومی زیادی را از سایر استان‌های کشور به خود جذب کرده است. استان اصفهان به‌طور کلی دارای سه نوع آب و هوا است که عبارتند از: آب و هوای بسیار خشک تا نیمه‌خشک گرم (دشت‌های شرقی، مرکزی و شمال شرقی)، آب و هوای نیمه‌مرطوب تا سرد (نواحی مرتفع غربی و جنوبی) و آب و هوای نیمه‌خشک (نواحی مرتفع مرکزی و شمالی) است که با توزیع ناهمگون زمانی و مکانی بارش، وضعیت منابع آب استان را در حالت متفاوتی قرار داده است (سالنامه آماری استان اصفهان، ۱۳۹۸؛ باقری و همکاران، ۱۴۰۱؛ باقری و همکاران، ۱۴۰۲) (شکل ۱).



شکل ۱- محدوده استان اصفهان

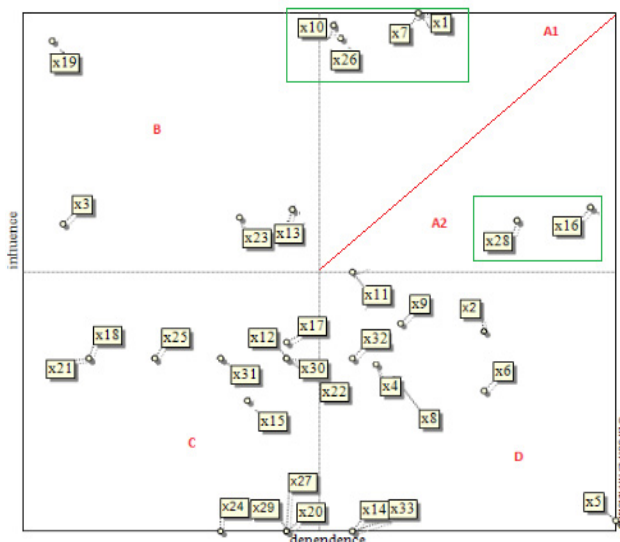
جدول ۲- متغیرهای تاثیرگذار بر کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان

میانگین اهمیت متغیر	متغیرهای تاثیرگذار	کد	بعد
۲/۱	میزان ارتباط و هماهنگی نهادها و گرداران برای حکمرانی آب در استان اصفهان	X۱	
۱/۱	وجود مدیریت بحران به جای مدیریت ریسک در مدیریت منابع آب	X۲	
۱/۲	میزان اراده مسئولان مربوطه برای تغییر وضعیت از مدیریت بحران (انفعالی) به مدیریت پیشگیرانه (فعال)	X۳	
۱/۳	مافیای آب در استان اصفهان	X۴	
۱/۸	مدیریت زراعت و باغبانی در اقصی نقاط شهرستان‌های استان اصفهان	X۵	
۱/۳	مدیریت آب‌های سطحی و روان‌آب‌های جاری	X۶	
۲/۸	مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی هماهنگ با دیگر بخش‌ها	X۷	
۱/۴	سامانه‌های آبیاری	X۸	مدیریتی
۱/۲	الگوهای کشت	X۹	
۲/۷	رویکرد منافع جمعی	X۱۰	
۱/۸	بهره‌وری آب کشاورزی و راندمان آبیاری	X۱۱	
۱/۴	برنامه‌ریزی فضایی و آمایش سرزمین	X۱۲	
۱/۲	سیاست ورزی و لابی‌گری در حکمرانی محلی آب	X۱۳	
۱/۸	مشارکت ذی‌نفعان در بهره‌برداری و حفاظت از منابع آب	X۱۴	
۱/۶	تطابق محصولات کشاورزی با ظرفیت‌های اکولوژیکی	X۱۵	
۲/۵	توسعه صنایع آب بر در استان اصفهان	X۱۶	
۱/۶	میزان تولید محصولات کشاورزی	X۱۷	
۱/۴	تکنولوژی پیشرفته	X۱۸	
۱/۳	الگوی کشت	X۱۹	اقتصادی- فنی
۱/۹	انتقال آب	X۲۰	
۱/۷	شبکه توزیع منابع آب	X۲۱	
۱/۱	معیشت وابسته به کشاورزی	X۲۲	
۱/۶	فرونشست زمین	X۲۳	
۱/۴	خشکسالی و گسترش بیابان‌زایی	X۲۴	جغرافیایی
۱/۳	عدم تطابق فصل برداشت و بارش	X۲۵	- طبیعی
۲/۲	تغییرات اقلیمی و الگوی بارش	X۲۶	
۱/۸	تعارضات (ناآرامی) اجتماعی	X۲۷	
۲/۵	میزان جمعیت	X۲۸	
۱/۲	بقاء تمدن تاریخی اصفهان	X۲۹	اجتماعی-
۱/۳	حاشیه نشینی	X۳۰	فرهنگی
۱/۷	میزان شغل‌های کاذب	X۳۱	
۱/۴	جمعیت روستاها و مهاجرت	X۳۲	

جدول ۳- تحلیل اولیه داده‌های ماتریس اثرات متقابل

شاخص	ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	صفر	یک	دو	سه	P	جمع	درصد پرشدگی
مقدار	۳۲*۳۲	۲	۱۷۴	۲۴۳	۱۳۵	۳۱۰	۱۲۶	۹۱۶	۹۲/۰۸۸

بارش (X26) و میزان جمعیت (X28) به عنوان متغیرهای کلیدی مؤثر بر کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان انتخاب شدند.



شکل ۲- نمودار پراکنندگی متغیرهای مستقیم و جایگاه آن در محور تأثیرگذاری-تأثیر پذیری

- شرح حالت‌های احتمالی متغیرهای کلیدی

برای تدوین سناریوهای محتمل ابتدا شرح حالت‌های احتمالی که ممکن است برای هر متغیر کلیدی رخ دهد، مطابق جدول (۴) بیان می‌شود.

- شناسایی متغیرهای کلیدی (پیشران‌های) مؤثر بر کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان

در نمودار پراکنندگی چهار گروه از متغیرها به شرح زیر قابل شناسایی هستند:

متغیرهای دو وجهی: این متغیرها با قرارگیری در بخش A نمودار، تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بالایی دارند. این متغیرها، متغیرهای کلیدی به‌شمار می‌روند؛ زیرا هم بر پویایی سیستم تأثیرگذارند و هم قابلیت کنترل دارند و به دو دسته متغیرهای ریسک و هدف تقسیم می‌شوند. متغیرهای ریسک (A1) بالای خط قطری در این ناحیه قرار دارند و اهمیت بیشتری دارند. متغیرهای هدف در زیر خط قطری (A2) این ناحیه قرار دارند و در درجه اهمیت پایین تری نسبت به متغیرهای ریسک قرار دارند.

متغیرهای تأثیرگذار: این متغیرها در قسمت B محور مختصات، تأثیرگذاری بالا و تأثیرپذیری پایینی دارند و به علت تأثیرپذیری پایین، این متغیرها کلیدی به‌شمار نمی‌آیند.

متغیرهای مستقل: این متغیرها در قسمت C نمودار پراکنندگی قرار داشته و دارای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پایینی هستند.

متغیرهای وابسته: این متغیرها با قرارگیری در قسمت D محور مختصات تأثیرگذاری پایین و تأثیرپذیری بالا دارند.

با بررسی شکل (۲) و توضیحات بالا شش متغیر شامل: میزان ارتباط هماهنگی نهادها و گروداران برای حکمرانی آب در استان اصفهان (X1)، مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی هماهنگ با دیگر بخش‌ها (X10)، رویکرد منافع جمعی (X10)، توسعه صنایع آب بر در استان اصفهان (X16)، تغییرات اقلیمی و الگوی

جدول ۴- شرح حالت‌های احتمالی برای متغیرهای کلیدی تأثیرگذار بر کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان

کد	متغیر کلیدی	حالت	شرح حالت‌های احتمالی	وضعیت
A	میزان ارتباط هماهنگی نهادها و گروداران برای حکمرانی آب در استان اصفهان	A1	هماهنگی کامل نهادها و گروداران برای حکمرانی آب در استان اصفهان	مطلوب
		A2	ادامه روند موجود	ایستا
		A3	هماهنگی نسبی نهادها و گروداران برای حکمرانی آب در استان اصفهان	نیمه بحرانی
		A4	عدم هماهنگی نهادها و گروداران برای حکمرانی آب در استان اصفهان	بحرانی
B	مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی هماهنگ با دیگر بخش‌ها	B1	هماهنگی کامل بخش کشاورزی با دیگر بخش‌ها	مطلوب
		B2	هماهنگی نسبی بخش کشاورزی با دیگر بخش‌ها	نیمه‌مطلوب
		B3	به روند موجود ادامه داده می‌شود	ایستا
		B4	عدم هماهنگی بخش کشاورزی با دیگر بخش‌ها	بحرانی
C	رویکرد منافع جمعی	C1	توجه اصولی به منافع جمعی	مطلوب
		C2	ادامه روند موجود	ایستا
		C3	عدم توجه به منافع جمعی	بحرانی
D	توسعه صنایع آب بر در استان اصفهان	D1	انتقال صنایع آب بر به مکان‌های با ذخیره آبی مناسب	مطلوب
		D2	ادامه روند موجود	ایستا
		D3	گسترش صنایع آب بر در استان اصفهان	بحرانی

کد	متغیر کلیدی	حالت	شرح حالت‌های احتمالی	وضعیت
E	میزان جمعیت	E1	رشد نسبی متناسب جمعیت با منابع آب	نیمه‌مطلوب
		E2	رشد جمعیت متناسب با منابع آب	مطلوب
		E3	ادامه روند موجود	ایستا
		E4	رشد نسبی نامتناسب جمعیت	نیمه‌بحرانی
		E5	رشد بی‌رویه جمعیت	بحرانی
F	تغییرات اقلیمی و الگوی بارش	F1	بهبود نسبی وضعیت اقلیمی	نیمه‌مطلوب
		F2	بهبود کامل وضعیت اقلیمی	مطلوب
		F3	ادامه روند موجود	ایستا
		F4	تشدید وضعیت موجود	نیمه‌بحرانی
		F5	فجایع اقلیمی	بحرانی

- تهیه سبد سناریو

پس از تهیه فهرست وضعیت‌های احتمالی، به طراحی پرسش‌نامه در قالب ماتریس متقاطع کلیدی پرداخته شد و در اختیار جامع آماری پژوهش قرار گرفت. نتایج پرسش‌نامه داده‌های لازم را برای تدوین سناریو توسط نرم‌افزار سناریویزارد فراهم کرد. با ارزیابی این مسأله که در اینجا هدف تهیه سناریوهای ممکن از ۲۴ وضعیت احتمالی مربوط به شش عامل کلیدی است، انتظار می‌رود بیش از ۳۸۳۵ سناریوی تلفیقی محتمل از میان این وضعیت‌های احتمالی استخراج شود که در برگیرنده همه حالات پیش‌روی کاربست آب مجازی در

حکمرانی محلی استان اصفهان باشد. نتایج به‌دست آمده از نرم‌افزار سناریویزارد نشان داد پنج سناریو با سازگاری قوی و محتمل پیش روی کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان وجود دارد. شکل (۳) تابلوی سناریوهای با سازگاری قوی را نشان می‌دهد. در این تابلو رنگ آبی وضعیت کاملاً مطلوب، سبز نشان‌دهنده وضعیت نیمه‌مطلوب، رنگ زرد بیانگر وضعیت ایستا، رنگ صورتی وضعیت در آستانه بحران، رنگ قرمز نشان‌دهنده وضعیت بحرانی است. تابلوی سناریوهای قوی از ۱۸ وضعیت احتمالی مربوط به پنج سناریو با سازگاری قوی و محتمل تشکیل شده است.

Scenario No. 1	Scenario No. 2	Scenario No. 3	Scenario No. 4	Scenario No. 5
تغییرات اقلیمی و الگوی بارش؛ تشدید وضعیت موجود		رویکرد منافع جمعی؛ عدم توجه به منافع جمعی		تغییرات اقلیمی؛ بهبود نسبی وضعیت اقلیمی
میزان ارتباط نهادها و گردواران برای حکمرانی آب در اصفهان؛ عدم هماهنگی نهادها و گردواران آب		توسعه صنایع آب بر در اصفهان؛ گسترش نسبی صنایع آب بر		توسعه صنایع آب بر در استان اصفهان؛ ادامه روند موجود
گسترش صنایع آب بر در استان اصفهان؛ گسترش صنایع آب بر در استان اصفهان		میزان ارتباط هماهنگی نهادها و گردواران برای حکمرانی آب در استان اصفهان؛ هماهنگی کامل نهادها و گردواران برای حکمرانی آب		
میزان جمعیت؛ رشد نسبی نامتناسب جمعیت		تغییرات اقلیمی و الگوی بارش؛ فجایع اقلیمی		رویکرد منافع جمعی؛ ادامه روند موجود
مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی هماهنگ با دیگر بخش‌ها؛ عدم هماهنگی بخش کشاورزی با دیگر بخش‌ها		میزان جمعیت؛ رشد بی‌رویه جمعیت		میزان جمعیت؛ رشد جمعیت متناسب با منابع آب
تغییرات اقلیمی و الگوی بارش؛ فجایع اقلیمی		مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی هماهنگ با دیگر بخش‌ها؛ هماهنگی نسبی بخش کشاورزی با دیگر بخش‌ها		
میزان ارتباط هماهنگی نهادها و گردواران برای حکمرانی آب در استان اصفهان؛ هماهنگی نسبی نهادها و گردواران برای حکمرانی آب در استان اصفهان				تغییرات اقلیمی و الگوی بارش؛ ادامه روند موجود

شکل ۳- تابلو سناریوهای محتمل و قوی فراروی کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان

براین اساس، لازم است به‌منظور درک بهتر سناریوها، هر کدام یک از آن‌ها توضیح داده شوند که عبارتند از:
سناریوی شماره ۱- بر اساس این سناریو، تغییرات اقلیمی و الگوی بارش در استان اصفهان، به شدت وضعیت منابع آب را تحت تأثیر قرار داده و تهدیدی جدی برای حکمرانی محلی

همان‌گونه که در شکل (۳) مشاهده می‌شود تعداد وضعیت بحرانی بر دیگر وضعیت‌های ممکن برتری دارد. از میان وضعیت‌های احتمالی ۳۸/۸۸ درصد وضعیت بحرانی، ۲۲/۲۲ درصد وضعیت نیمه بحرانی، ۱۶/۶۶ درصد وضعیت ایستا، ۱۱/۱۱ درصد وضعیت نیمه مطلوب و ۱۱/۱۱ درصد وضعیت مطلوب داشته‌اند.

محسوب می‌شود. با تشدید این تغییرات و وقوع فجایع اقلیمی، نظیر خشکسالی‌های طولانی مدت و نوسانات شدید بارش، نیاز به مدیریت بهینه و کارآمد آب در استان بیش از پیش احساس می‌شود. بنابراین مفهوم آب مجازی می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر جهت بهینه‌سازی مصرف آب در بخش‌های مختلف، به ویژه کشاورزی، مورد توجه قرار گیرد. باین‌وجوئ عدم هماهنگی و ارتباط مؤثر بین نهادها و ذی‌نفعان در حکمرانی آب، مانع از اجرای سیاست‌های کارا در این حوزه می‌شود. گسترش صنایع آب‌بر که به دلیل رشد سریع جمعیت و نیازهای روزافزون اقتصادی در استان اصفهان روی داده، فشار بیشتری بر منابع آب وارد کرده است. درحالی‌که مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی نیز نیازمند هم‌سویی و هماهنگی با دیگر بخش‌ها است، اما ناهماهنگی‌های موجود، به ویژه در سطح محلی، کاهش قابلیت پاسخگویی به چالش‌های موجود را به همراه داشته است. بنابراین، باتوجه به نیاز الزامی به راهکارهای پایدار و کارآمد برای مدیریت منابع آب، کاربست آب مجازی به‌عنوان یک استراتژی تطبیق‌پذیر می‌تواند به نهادها و ذی‌نفعان کمک کند تا ضمن کاهش فشار بر منابع آبی، با همکاری‌های بین‌نهادی و ادغام سیاست‌های مختلف، به سوی حکمرانی آبی بهینه در استان اصفهان حرکت کنند.

سناریوی شماره ۲- این سناریو به مانند سناریوی شماره ۱ می‌پردازد که باتوجه به تغییرات اقلیمی و تغییر الگوی بارش‌ها در استان اصفهان، مشکلات مرتبط با مدیریت منابع آب به طور فزاینده‌ای افزایش یافته است. در سال‌های اخیر، شدت پدیده‌های خشکسالی و فجایع اقلیمی، بحران آب را در این منطقه تشدید کرده و ضرورت حکمرانی بهینه بر منابع آبی را بیش از پیش نمایان کرده است. بنابراین استفاده از مفهوم آب مجازی می‌تواند به بهبود مدیریت و توزیع منابع آب کمک کند.

با عدم هماهنگی میان نهادها و گرداران مختلف به‌عنوان یک چالش اساسی در حکمرانی آب استان اصفهان، نه تنها باعث معرفی تصمیمات پراکنده و ناکارآمد می‌گردد، بلکه موجب بروز تعارضات و نارضایتی‌های اجتماعی می‌شود. از سوی دیگر، گسترش صنایع آب‌بر در این استان، مانند صنایع ذوب آهن و فولاد مبارکه، روند مصرف منابع آب را به شدت افزایش داده و به ویژه در شرایط رشد نامتناسب جمعیت، فشار مضاعفی بر منابع آبی وارد کرده است.

سناریوی شماره ۳- بر اساس این سناریو که بیانگر چالش‌ها و فرصت‌های مرتبط با حکمرانی آب در استان اصفهان می‌باشد. لازم به توضیح است، با افزایش جمعیت و رشد بی‌رویه آن، فشار زیادی بر منابع آبی استان وارد شده و این موضوع نیاز به رویکردهای نوین در استفاده از آب مجازی را ضرورت می‌بخشد. بنابراین توسعه صنایع آب‌بر به‌عنوان یکی از عوامل

مؤثر در بحران آب مطرح می‌شود. اگرچه گسترش نسبی این صنایع می‌تواند به توسعه اقتصادی منطقه منجر شود، اما عدم توجه به منافع جمعی و تبعات منفی آن بر منابع آبی استان، به یک چالش جدی برای حکمرانی محلی تبدیل شده است. همچنین، با بروز تغییرات اقلیمی و فجایع مرتبط با آن، بر ابعاد مختلف مدیریت منابع آب تأثیر گذاشته و در شرایطی که هماهنگی نهادها و گرداران برای حکمرانی آب در استان اصفهان در سطحی نسبی قرار دارد، نیاز به تقویت این ارتباطات و همکاری‌ها حس می‌شود. به‌طوری‌که، بدون وجود یک ساختار مدیریتی قوی و هماهنگ، امکان دستیابی به حکمرانی پایدار و مؤثر بر منابع آب، به ویژه در مواجهه با چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی، به شدت کاهش می‌یابد. لذا اتخاذ رویکردهایی مبتنی بر منافع جمعی و بهره‌برداری بهینه از آب مجازی می‌تواند به بهبود حکمرانی محلی در استان اصفهان کمک کند.

سناریوی شماره ۴- این سناریو نشان‌دهنده چالش‌های عمده‌ای است که در زمینه مدیریت منابع آب وجود دارد. یکی از این چالش‌ها، عدم توجه کافی به منافع جمعی در فرآیند توسعه صنایع آب‌بر در استان اصفهان است، که باعث ادامه روند موجود و فزونی مصرف آب در فعالیت‌های صنعتی شده است. درحالی‌که تغییرات اقلیمی و الگوهای بارش، به وقوع فجایع اقلیمی و افزایش شرایط خشکسالی منجر شده که تأثیرات آن بر کشاورزی و تأمین آب شرب قابل توجه است.

رشد بی‌رویه جمعیت در استان اصفهان، فشار مضاعفی بر منابع آبی وارد کرده و ضرورت بهبود مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی و هماهنگی آن با دیگر بخش‌ها را نمایان می‌سازد. لازم به ذکر است اگرچه تلاش‌هایی برای بهبود هماهنگی بین نهادها و گرداران در حکمرانی آب صورت گرفته، اما هنوز این هماهنگی به طور کامل برقرار نیست و نیاز به اقدامات بیشتری در این زمینه احساس می‌شود. به همین دلیل، توجه به کاربست آب مجازی و ارتقای سطح همکاری نهادها می‌تواند به مدیریت بهینه و پایدار منابع آبی استان اصفهان کمک کند.

سناریوی شماره ۵- این سناریو با اشاره به بهبود نسبی وضعیت اقلیمی که می‌تواند فرصت‌های جدیدی را برای مدیریت منابع آب فراهم کند. به توسعه صنایع آب‌بر در استان اصفهان و ادامه روند موجود می‌پردازد که نیاز به اتخاذ تدابیری به‌منظور کاهش فشار بر منابع آبی را برجسته می‌کند. در این راستا، هماهنگی کامل نهادها و گرداران در حکمرانی آب، می‌تواند به بهبود فرآیندهای مدیریتی کمک کرده و از نابود کردن منابع جلوگیری کند.

در این سناریو، رویکرد منافع جمعی استمرار خواهد یافت، درحالی‌که رشد جمعیت نیز به‌صورت متناسب با منابع آب پیش می‌رود. این هماهنگی جمعیتی، می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری در استفاده از آب مجازی شود و به ویژه در بخش کشاورزی تأثیر

قابل توجهی داشته باشد. با وجود چالش‌های موجود، مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی به صورت هماهنگ با دیگر بخش‌ها قرار دارد، که این امر می‌تواند به بهره‌برداری بهینه از منابع آبی کمک کند و از تبعات منفی ناشی از تغییرات اقلیمی جلوگیری نماید. بنابراین، ادامه روند مدیریت و برنامه‌ریزی مؤثر در این زمینه، کلید موفقیت در ایجاد سازوکارهای پایدار برای حکمرانی آب در استان اصفهان خواهد بود.

- تشکیل خانواده سناریوها

سناریوهای قوی با در نظر داشت ویژگی و وضعیت‌های حاکم بر آنها به سه گروه تقسیم می‌شوند و برای هر گروه سناریو تدوین می‌شود.

گروه نخست: محتمل‌ترین سناریو، سناریو بحرانی و نیمه بحرانی کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی منابع آب استان اصفهان بحرانی و نیمه بحرانی نمود یافته است. این سناریو شامل الگوی سناریوهای یکم، دوم، سوم و چهارم است که با تشدید وضعیت موجود تغییرات اقلیمی و الگوی بارش، عدم توجه به رویکرد منافع جمعی، گسترش نسبی صنایع آب‌بر، عدم هماهنگی نهادها و گروداران آب، گسترش صنایع آب‌بر در استان اصفهان، بروز فجایع اقلیمی، رشد نسبی نامتناسب جمعیت، رشد بی‌رویه جمعیت، عدم هماهنگی بخش کشاورزی با دیگر بخش‌ها و هماهنگی نسبی نهادها و گروداران برای حکمرانی آب در استان اصفهان با طیف گسترده‌ای از شرایط نیمه بحرانی تا بحرانی قرار دارند. لازم‌به‌ذکر است ضریب تأثیر این گروه از الگوی سناریوهای دیگر بالاتر بوده که نشان‌دهنده برجسته‌سازی این گروه از سناریوها نسبت به سایر گروه‌های دیگر است که باید به آن توجه ویژه‌ای شود. علاوه بر این، این سناریوها به وضعیت‌هایی اشاره دارند که در آن نه تنها منابع آب کاهش یافته، بلکه عوامل متعددی از جمله تغییرات اقلیمی، الگوهای بارش نامنظم و عدم توجه به منافع جمعی باعث افزایش فشار بر منابع آب می‌شوند. در این شرایط، کاربست آب مجازی به عنوان یک راهکار می‌تواند کمکی به مدیریت این بحران کند. آب مجازی به معنای مقدار آبی است که برای تولید کالاها و خدمات مصرف می‌شود. در این راستا، استفاده مناسب از آب مجازی می‌تواند به بهبود حکمرانی و مدیریت منابع آب کمک کند.

گروه دوم: سناریوی با تغییرات آهسته، ادامه روند موجود

از دیگر سناریوها در کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی آب استان اصفهان را می‌توان به سناریو ادامه روند موجود اشاره نمود. این سناریو که شامل الگوی سناریوهای چهارم و پنجم است و با عنوان تغییرات آهسته در کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی آب استان اصفهان یاد می‌شود و باعث ادامه روند موجود در استان مورد مطالعه می‌شود. از جمله شرایط

حاکم بر این گروه از الگوی سناریوها شامل توسعه صنایع آب‌بر در استان اصفهان، تغییرات اقلیمی و الگوی بارش و رویکرد منافع جمعی می‌باشد. بنابراین، این سناریو از دیگر الگوهای سناریوها می‌باشد که نشان‌دهنده حرکت و تغییرات آهسته این گروه از سناریوها نسبت به دیگر گروه‌ها است که بایستی به این موضوع توجه داشت. در نتیجه، این سناریو به عنوان مدلی از استمرار وضعیت فعلی، به تدریج و به آرامی مشکلات را نمایان می‌کند، که نیاز به توجه و اقدامات جدی‌تر در زمینه مدیریت منابع آب و رویکردهای سازگار با شرایط جدید دارد. در واقع، این سناریو بیانگر ضرورت توجه به مدیریت پایدار و سیاست‌های مناسب برای رشد و توسعه اقتصادی بدون آسیب به منابع آبی می‌باشد. **گروه سوم: ضعیف‌ترین سناریو، سناریو مطلوب و نیمه مطلوب** این سناریو که به عنوان ضعیف‌ترین سناریو در کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی آب استان اصفهان شناخته می‌شود. شامل الگوی سناریوهای سوم، چهارم و پنجم است که با هماهنگی کامل نهادها و گروداران برای حکمرانی آب، رشد جمعیت متناسب با منابع آب، بهبود نسبی وضعیت اقلیمی و در نهایت هماهنگی نسبی بخش کشاورزی با دیگر بخش‌ها با طیف گسترده‌ای از شرایط نیمه مطلوب تا مطلوب قرار دارند. لازم‌به‌ذکر است که ضریب تأثیر این گروه از الگوی سناریوهای دیگر کمتر بوده و نشان‌دهنده ضعیف بودن این گروه از سناریوها نسبت به سایر گروه‌های دیگر است.

بحث

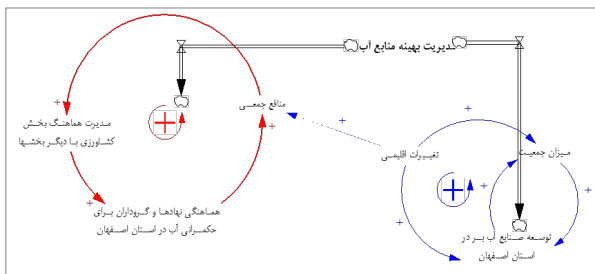
کشور ایران دچار خشکسالی و کم‌آبی شدید است که این مسأله با وجود اینکه تنش‌هایی را در ساخت اجتماعی افزایش داده است، منجر به بروز بی‌ثباتی و فراهم آوردن زمینه‌های فروپاشی نظام سیاسی حاکم شده است. از این رو استدلال می‌شود با افزایش جمعیت، رشد سریع فعالیت‌های اقتصادی و بی‌توجهی به روندهای محیط‌زیستی، سوء مدیریت و عطش توسعه بر دامنه این روند افزوده شود که می‌توان مسائل آب را در پیوند با شیوه حکمرانی یا مدیریتی دولت‌ها نیز مطرح نمود (حاتمی و نوربخش، ۱۳۹۸). بر این اساس، امروزه با توجه به این که استان اصفهان یکی از استان‌های درگیر کمبود آب و با نیاز شدید آبی محسوب می‌شود، این کمبود باعث شده تا در کنار بسیاری از عوامل از جمله رشد صنایع آب‌بر، رشد سریع جمعیت، تغییرات اقلیمی و الگویی بارش وضعیت استان را بیش از پیش بحرانی کند و با افت شدید منابع آب‌های زیرزمینی در استان تقاضا برای آب در بخش کشاورزی استان افزایش پیدا کند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ باقری و همکاران، ۱۴۰۲). از این رو، با وجود اینکه مطالعات زیادیدر رابطه با این مسأله وجود دارد، اما در رابطه با آب مجازی

و کاربست آن در حکمرانی محلی استان اصفهان منابع بسیار اندکی وجود دارد که می‌توان پیشینه این پژوهش را از این حیث نیازمند تلقی کرد.

طی دهه‌های اخیر باتوجه‌به سیاست‌ها و سرمایه‌گذاری‌های کلان دولت در رابطه با ایجاد صنایع سنگین در استان اصفهان که موجب شده تا مصارف آب زیادی را به خود اختصاص بدهند، امروزه با وجه‌به‌افزایش تقاضای آب برای محصولات کشاورزی و فشار بی‌سابقه آن بر سیستم کشاورزی که در استان اصفهان با کمبود آبی که وجود دارد، به شدت به واردات کالای کشاورزی و آب آن وابستگی پیدا کرده و از این رو آب مجازی در تجارت محصولات کشاورزی و دامی و به‌طور ویژه در حکمرانی محلی آب مورد توجه و اهمیت قرار می‌گیرد و بایستی محصولات کشاورزی پر آب را از استان‌های دیگر وارد کند و در عین حال از منابع آبی محدود داخلی خود در راستای فعالیت‌های با ارزش بالاتر استفاده کند. بنابراین، استفاده از آب برای صادرات محصولات کشاورزی و تولیدات صنعتی بر جوامع محلی و محیط زیست تأثیر می‌گذارد. باتوجه‌به وضعیت نابسامان منابع آب در استان اصفهان و حساسیت‌های ناشی از تهدیدات و پیامدهای بحران آب در آن، پیوسته مسأله حکمرانی محلی آب مورد اهمیت قرار گرفته و بدون شک سبب شده تا مصرف آب در بخش‌های کشاورزی، صنعتی و شرب با مشکلات زیادی روبه‌رو شود. علاوه‌براین، با کاهش منابع آب‌های زیرزمینی در استان و پیروی نکردن از الگوی کشت مناسب به همراه الگوی مصرف بهینه و عدم شفاف‌سازی در تخصیص، توزیع و مصرف آب در بخش‌های مختلف و نیز انتقال آب از سرشاخه‌های منابع آبی استان به سایر حوضه‌ها و استان‌های همجوار که حاکی از وجود شکاف در حکمرانی منابع آب استان دارد، باعث شده تا بر دامنه بحران آب و کاهش کمیت و کیفیت منابع آب در استان اصفهان بیافزاید. به این ترتیب این وضعیت با رویکرد بخشی و بدون توجه به رویکرد جمعی در حوزه منابع آب استان اصفهان باعث شده تا روند وضعیت بحرانی موجود تشدید شود و آسیب‌های محیطی دوچندانی را در حوزه‌های مختلف مدیریتی و جغرافیایی به وجود آورد.

می‌توان بیان نمود، مدیریت بهینه منابع آب یکی از مسائل حیاتی در عصر حاضر است، به ویژه در مناطقی مانند استان اصفهان که با چالش‌های مختلفی همچون تغییرات اقلیمی، افزایش جمعیت و توسعه صنایع آب‌بر روبه‌رو است. بر اساس گزارش‌های اخیر، جمعیت استان اصفهان در حال افزایش است و این افزایش فشار بیشتری بر منابع آبی موجود ایجاد می‌کند. با توسعه صنایع آب‌بر در استان اصفهان به‌عنوان یک چالش جدید و اساسی که نیاز فزاینده به منابع آب دارند و می‌توانند منجر به کاهش منابع آبی موجود در استان شود، به ویژه زمانی که مدیریت بهینه منابع

آب به درستی صورت نگیرد، بر تشدید این مسأله تأثیرگذار است. بنابراین، ایجاد منافع جمعی از طریق همکاری و هماهنگی میان نهادهای مختلف و ذی‌نفعان امری ضروری در حفظ و بهبود وضعیت موجود تلقی می‌شود که با مدیریت هماهنگ بخش کشاورزی با دیگر بخش‌ها، به ویژه بخش صنعت و خدمات، می‌توان به یک استراتژی کلیدی برای تحقق این هدف دست یافت. لذا، این مسأله نه تنها به بهینه‌سازی مصرف آب کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی جوامع محلی و حفاظت از اکوسیستم‌های آبی منجر شود. به این ترتیب حکمرانی آب در استان اصفهان نیاز به هماهنگی و همکاری میان دستگاه‌های مختلف دارد. در این راستا، پژوهش حاضر به بررسی کاربست آب مجازی بر سناریوهای حکمرانی محلی آب استان اصفهان پرداخته است که متغیرهای میزان ارتباط هماهنگی نهادها و گروداران برای حکمرانی آب در استان اصفهان، مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی هماهنگ با دیگر بخش‌ها، رویکرد منافع جمعی، توسعه صنایع آب‌بر در استان اصفهان، تغییرات اقلیمی و الگوی بارش و میزان جمعیت به‌عنوان متغیرهای کلیدی مؤثر بر کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان انتخاب شدند (جدول ۲) که باتوجه‌به شکل (۴) استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی مانند «ونسیم» می‌تواند ابزاری مؤثر در تحلیل سناریوهای مختلف مدیریت و حکمرانی محلی آب و پیش‌بینی نتایج تحقیق باشد. همچنین این رویکرد این امکان را می‌دهد تا با شبیه‌سازی نتایج مختلف به بررسی تأثیرات مختلف بر منابع آب پرداخته شود.



شکل ۴- شبیه‌سازی نتایج تحقیق در نرم‌افزار ونسیم

ارزش‌گذاری زیرمتغیرهای مؤلفه‌های جدول (۲) بر پایه نظرات خبرگان در رشته‌های متفاوت مربوط به بحث نشان داد وضعیت پیش‌روی کاربست آب مجازی در حکمرانی محلی استان اصفهان بحرانی و نیمه‌بحرانی است و برای حرکت به سوی وضعیت مطلوب با کمک مدیریت بهینه منابع آب در سطح ملی و استانی که بتوان با یک رویکرد جمعی در قالب مدیریت هماهنگ بخش کشاورزی با سایر بخش‌ها و نیز هماهنگی نهادها و گروداران برای حکمرانی آب در استان اصفهان از رخداد وضعیت بحرانی استان اصفهان جلوگیری نمود (شکل ۴).

- 1-Micmac
2-Scenario Wizard
3-Vensim

منابع

- اسکوهی، مائده، و اسماعیلی، کاظم. (۱۴۰۰). تحلیلی بر نظریه‌های حکمرانی و مدیریت منابع آب در ایران. نشریه آب و توسعه پایدار، ۸(۱)، ۱-۱۰. doi: [10.22067/JWSD.V8I1.88216](https://doi.org/10.22067/JWSD.V8I1.88216)
- افسری، عبدالحمید، حاجی ناصری، سعید، فاضلی، محمد، و فیرحی، داوود. (۱۳۹۶). مدل داده بنیاد بررسی جامعه شناختی حکمرانی آب در بحران دریاچه ارومیه. فصلنامه مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی، ۷(۲۵)، ۷۳-۵۲. https://sspp.iranjournals.ir/article_29726.html
- باقری، مهرداد، مختاری‌هشی، حسین، گندمکار، امیر، و خادم‌الحسینی، احمد. (۱۴۰۱). تاثیر بحران آب بر تخریب بنیادهای زیستی؛ مورد مطالعه: فرونشست زمین در استان اصفهان. آمایش سیاسی فضا، ۴(۴)، ۳۶۳-۳۸۶. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.26455145.2022.4.4.7.3>
- باقری، مهرداد، مختاری‌هشی، حسین، گندمکار، امیر، و خادم‌الحسینی، احمد. (۱۴۰۲). شناسایی و رتبه‌بندی عوامل موثر بر بحران آب در استان اصفهان. فصلنامه جغرافیا، ۲۱(۷۷)، ۱۳-۲۹. <http://dor.net/dor/20.1001.1.27833739.140.2.21.77.2.5>
- بدیسار، سید ناصرالدین، احمدی، سید محمد صادق، و مدبرنژاد، عاطفه سادات. (۱۳۹۹). ارزیابی شاخص‌های حکمرانی خوب در بخش آب. نشریه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۲۲(۲)، ۲۷۵-۲۸۶. <https://doi.org/10.22034/jest.2020.30675.3908>
- حاتمی، عباس، و نوربخش، سوسن. (۱۳۹۸). بازسازی معنایی بحران آب در شرق اصفهان براساس نظریه زمینه‌ای. جامعه‌شناسی کاربردی، ۳۰(۱)، ۱۴۲-۱۳۳. doi: [10.22108/IAS.2018.109357.1299](https://doi.org/10.22108/IAS.2018.109357.1299)
- سالاری، فاطمه، قربانی، مهدی، و ملکیان، آرش. (۱۳۹۴). پایش اجتماعی شبکه ذی‌نفعان در حکمرانی محلی منابع آب (منطقه مورد مطالعه: حوضه آبخیز رزین، شهرستان کرمانشاه). نشریه مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۶۸(۲)، ۲۸۷-۳۰۵. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2015.54931>
- سازمان برنامه و بودجه کشور. (۱۳۹۸). سالنامه آماری شهرستانی استان اصفهان ۱۳۹۸. استان اصفهان، کشور ایران.

در کشور خشک و نیمه‌خشک ایران منابع آب با مسائل سیاسی پیوندی دوجندانی دارد که بایستی مدیریت و حکمرانی منابع آب در مقیاس‌های ملی و فروملی (محلی) مورد توجه قرار گیرد. استان اصفهان در حال تجربه کردن بحران فزاینده‌ای از منابع آب است که متأثر از عوامل و مولفه‌های گوناگونی بوده که این مسأله امروزه با استفاده بی‌رویه از منابع آب در بخش‌های گوناگون امنیت، ثبات و رفاه ساکنان استان را به ویژه در مقیاس محلی دچار آسیب نموده است. از این رو این مسأله در استان اصفهان باعث شده تا پیامدهای مخربی ایجاد کند و در بسیاری از مناطق تأمین آب در بخش کشاورزی به یک معضل روبه‌رشدی تبدیل شده که وضعیت استان را نسبت به گذشته دچار یک شکنندگی کرده است. براین اساس، بر بنیاد چنین شناسایی و ویژگی‌هایی، تدوین وضعیت پیش‌روی کاربری آب مجازی در حکمرانی محلی آب استان اصفهان در این مطالعه مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر این، ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان تحقیق، متغیرهای موثر بر کاربری آب مجازی در حکمرانی محلی آب استان اصفهان شناسایی و با بهره‌گیری از نرم‌افزار میک مک شش متغیر کلیدی (پیش‌ران‌های) تأثیرگذار بر کاربری آب مجازی در حکمران محلی آب استان اصفهان شناسایی شدند. نحوه توزیع و پراکنش متغیرها در صفحه پراکنندگی نشان‌دهنده ناپایداری سیستم است. با نگرش به رویکرد آینده پژوهی، در این تحقیق برای پیش‌ران‌های کلیدی حالت‌های مختلف (عدم قطعیت) از سه تا پنج فرض و در مجموع ۲۴ حالتی طراحی شد. نتایج پژوهش نشان داد، احتمال رخداد وضعیت بحرانی و نیمه بحرانی بیشتر از دیگر رویدادهای ممکن است. به گونه‌ای که ۳۸/۸۸ درصد از وضعیت‌های حاکم بر صفحه سناریو در وضعیت بحرانی و نیمه بحرانی قرار دارند. بنابراین، مسأله مهم در تدوین سناریوهای وضعیت پیش‌روی کاربری آب مجازی در حکمرانی محلی آب استان اصفهان آن است که با رویکرد منافع جمعی، مدیریت هماهنگ بخش کشاورزی با سایر بخش‌ها و هماهنگی نهادها و گرداران برای حکمرانی آب در استان اصفهان بتوانند برای محتمل‌ترین سناریوی ممکن راهکار مناسبی ارائه دهند. بنابراین، با نگرش به وضعیت استان اصفهان مناسب‌ترین راهکار، مدیریت بهینه منابع آب در سطح محلی استان است تا متناسب با آن و کاربری آب مجازی در حکمرانی محلی آب استان اصفهان از رخداد وضعیت بحرانی در استان اصفهان در حال حاضر جلوگیری نمود. این مسأله بایستی در کانون توجه سیاست‌گذاران، قلمروداران در مقیاس محلی قرار گیرد.

- resources in India *Current Science.*, 89(5), 794–811.
- Li, P.C., & Ma, H.W. (2020). Evaluating the environmental impacts of the water-energy-food nexus with a life-cycle approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 157, 104789. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104789>
- Ma, W., Opp, C., & Dewei Yang, D. (2020). Past, Present, and Future of Virtual Water and Water Footprint, *Water* 2020, 12(11), 3068. <https://doi.org/10.3390/w12113068>
- Moridi, A. (2017). State of Water Resources in Iran. *International Journal of Hydrology*, 4, 111-114. <https://doi.org/10.15406/ijh.2017.01.00021>
- Qadir, M., Sharma, B.R., Bruggeman, A., Choukr-Allah, R., & Karajeh, F. (2007). Non-conventional water resources and opportunities for water augmentation to achieve food security in water scarce countries. *Agricultural water management*, 87, 2-22. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.03.018>
- Song, J., Yin, Y., Xu, H., Wang, Y., Wu, P., & Sun, S. (2020). Drivers of domestic grain virtual water flow: A study for China. *Agricultural Water Management*, 239(1), 106175. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106175>
- Sun, J. X., Yin, Y. L., Sun, S. K., Wang, Y. B., Yu, X., & Yan, K. (2021). Review on research status of virtual water: The perspective of accounting methods, impact assessment and limitations. *Agricultural Water Management*, 243, 106407. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106407>
- Tian, Q., Yu, Y., Xu, Y., Li, C., & Liu, N. (2023). Patterns and driving factors of agricultural virtual water imports in China. *Agricultural Water Management*, 281, 108262. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108262>
- Tortajada, C. (2010). Water Governance: Some Critical Issues. *International Journal Of water Resources Development*, 26(2), 297-307. <https://doi.org/10.1080/07900621003683298>
- Wang, Z., Zhang, L., Ding, X., & Mi, Z. (2019). Virtual water flow pattern of grain trade and its benefits in China. *Journal of Cleaner Production*, 223 (20), 445-455. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.151>
- محمدی، حمیدرضا، حکیمی‌خرم، علی، و احمدی، ابراهیم. (۱۳۹۸). امکان‌سنجی اجرای پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در ایران (مطالعه موردی: طرح انتقال آب بهشت آباد-فلات مرکزی)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۵۱(۴)، ۱۰۷۳-۱۰۹۲. doi: [10.22059/jhgr.2018.248156.1007603](https://doi.org/10.22059/jhgr.2018.248156.1007603)
- ولی سامانی، جمال محمد، مریدنژاد، علی. (۱۳۹۵). بررسی تطبیقی و ارائه پیشنهادهایی برای بهبود ساختار حاکمیتی مدیریت آب در ایران. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. تهران، ایران.
- هاشمی، سیدمختار. (۱۴۰۱). حکمرانی محلی آب در ایران: پیامدها و توصیه‌های سیاستی. نشریه آب و توسعه پایدار، ۱(۱)، ۱۳۵-۱۴۴. https://jwsd.um.ac.ir/article_42615.html
- Allan, J.A. (1994). Overall perspectives on countries and regions' In: Rogers, P. and Lydon, P. *Water in the Arab World: perspectives and prognoses*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 65-100. <https://doi.org/10.4236/as.2011.23033>
- Allan, J.A. (2003). Virtual Water - the Water, Food, and Trade Nexus. Useful Concept or Misleading Metaphor?. *Water International*, 28(1), 106-113. <https://doi.org/10.1080/02508060.2003.9724812>
- Bayu, T., Kim, H., & Oki, T. (2020). Water Governance Contribution to Water and Sanitation Access Equality in Developing Countries. *water Resources Research*, 56(4), 1-13. <https://doi.org/10.1029/2019WR025330>
- Du, Y., Fang, K., Zhao, D., Liu, Q., Xu, Z., & Peng, J. (2022). How far are we from possible ideal virtual water transfer? Evidence from assessing vulnerability of global virtual water trade. *Science of the Total Environment*, 828, 154493. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154493>
- Han, A., Liu, A., Guo, Z., Liang, Y., & Chai, L. (2023). Measuring Gains and Losses in Virtual Water Trade from Environmental and Economic Perspectives. *Environmental and Resource Economics*, 85(1), 195-209. <https://doi.org/10.1007/s10640-023-00763-9>
- Hou, S., Xu, M., & Qu, S. (2023). The "Gravity" for global virtual water flows: From quantity and quality perspectives. *Journal of Environmental Management*, 329, 116984. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116984>
- Kumar, R., Singh, R.D., & Sharma, K.D. (2005). *Water*

- Wichelns, D. (2010). Virtual Water: A Helpful Perspective, but not a Sufficient Policy Criterion. *Water Resources Management*, 24, 2203–2219. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9547-6>
- Williams, R.B & Al-Hmoud, R. (2015). Virtual Water on the Southern High Plains of Texas: The Case of a Nonrenewable Blue Water Resource. *Natural Resources*, 6(1), 27-36. <https://doi.org/10.4236/nr.2015.61004>
- Xue, J., Chen, X & Jun Ma. (2020). Regional Virtual Water Trade: The Perspective of Interprovincial Trade in China. *American Journal of Industrial and Business Management*, 12, 1029-1046. <https://doi.org/10.4236/ajibm.2022.125054>
- Yang, H., & Zehnder, A. (2007), Virtual water: An unfolding concept in integrated water resources management. *Water Resources Research*, 43(12), 1-10. <https://doi.org/10.1029/2007WR006048>
- Zarei, M. (2020). The water- energy- food nexus: a holistic approach for resource security in iran, Iraq and turkey. *water- energy*, 3, 81-94. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2020.05.004>